



ISTITUTO DI MEDICINA DEL SOCCORSO

**MASTER IN
SOCCORSO AVANZATO IN EMERGENZE EXTRAOSPEDALIERE**

**VALUTAZIONE STAY & PLAY
ECG ED IMPEDENZIOMETRICA DEL TRAUMA TORACO-
ADDOMINALE**

**IN PAZIENTE IPOTERMICO, VITTIMA DI VALANGA POSTO IN
VENTILAZIONE MECCANICA IN ELISOCCORSO**

Tesi

CANDIDATO

DOTT. DANILO MAZZARELLA

RELATORE

DOTT. GIOVANNI MANGANIELLO

CO RELATORE

DOTT. MASSIMO CAROSI

Anno Accademico 2018 – 2019



Consorzio Interuniversitario per la Formazione e la Comunicazione

Premessa

Con questa dissertazione si è cercherà di analizzare il concetto di autonomia e quindi quello di responsabilità dell'infermiere, che opera nell'emergenza extra ospedaliera e che per molti versi non è proprio completamente sovrapponibile a tutti i professionisti infermieri che operano nella realtà sanitaria.

Si vedrà che questi concetti vanno di pari passo con l'acquisizione di competenze, le quali garantiscono che il nostro agire come responsabile dell'assistenza nel contesto extra-ospedaliero ma anche in generale l' "infermieristica" fornisca "un'assistenza che sia la migliore possibile. Quindi competenze intese come capacità di fornire la prestazione giusta, eseguendola al meglio.

Per questa motivazione si è cercato il metodo che potesse aiutare l'acquisizione di competenze al fine di elevare l'autonomia del professionista infermiere.

Il Governo Clinico mette a disposizione una serie di strumenti; quelli che sono stati approfonditi, ossia le linee guida, l'audit clinico, la gestione del rischio, le carte di controllo, la pratica basata su prove di efficacia e la formazione continua in medicina rappresentano, probabilmente, i più utili per raggiungere l'obiettivo prefissato.

La redazione di questa dissertazione, sicuramente non esaustiva dell'argomento trattato, è stata di grande stimolo per l'approfondimento di un argomento solitamente poco conosciuto e visto, da coloro che lo ignorano, come tema non vicino al proprio agire da professionista. Con questo breve elaborato si è cercato di sensibilizzare e magari interessare o, perché no, appassionare quei colleghi che vedono in questi argomenti un potenziale elemento mancante nella propria crescita professionale o anche per quelli che finalizzano la professione ad una mera attività lavorativa fine a sé stessa priva di etica e soprattutto di spinta alla crescita.

Introduzione

La legislazione che inquadra i vari aspetti della professione infermieristica è in continua evoluzione. Ne abbiamo la prova con la recente legge 43 del 2006. Questo provvedimento, molto atteso, ha contribuito a dar valore alla professione. La legge definisce l'importanza dell'aggiornamento professionale, da eseguirsi con modalità identiche a quello dei medici.

Un'altra novità portata da questo provvedimento è caratterizzata dalla trasformazione dei Collegi provinciali Ispasvi in Ordini professionali e dall'istituzione dei nuovi ordini per le professioni attualmente prive. Infine questa legge definisce l'articolazione del personale infermieristico in generalista (in

possesso di diploma di laurea o precedenti titoli equipollenti), professionista coordinatore, individuandone anche i requisiti (master di primo livello in management o per le funzioni di coordinamento e un'esperienza triennale nel profilo di appartenenza), professionista specialista (in possesso di master universitario di primo livello per le funzioni specialistiche), e infine i professionisti dirigenti (in possesso di laurea specialistica e esperienza lavorativa professionale di almeno 5 anni oppure con incarico dirigenziale ai sensi della 251 del 2000).

Il governo clinico rappresenta il tentativo di trovare un approccio integrato al problema della qualità dell'assistenza, riconoscendo che non si tratta solo di intervenire sulle singole decisioni cliniche per orientarle verso una migliore appropriatezza, ma anche di fare in modo che i sistemi assistenziali nel loro insieme siano orientati verso questo obiettivo. In questo senso, si tratta di costruire le condizioni che rendano possibile un agire in modo coordinato e coerente sull'insieme dei determinanti della pratica clinica e quindi della qualità di quest'ultima, attraverso la formazione dei professionisti (life learning), il monitoraggio dei processi assistenziali e dei loro risultati (audit clinico) e la gestione dei rischi clinici implicati dall'assistenza sanitaria (risk management).

Per realizzare il necessario cambiamento culturale entro i servizi, il governo clinico ha la necessità di fondarsi su principi e valori condivisi che lo legittimino e gli conferiscano la necessaria credibilità.

Non c'è una vera e propria definizione di autonomia e responsabilità infermieristica, ma è riconducibile all'insieme degli inquadramenti giuridici e formativi, nonché deontologici, propri della nostra professione. Inoltre è fondamentale anche considerare lo stato delle competenze di ogni singolo professionista per poter riconoscere il suo livello di autonomia e responsabilità.

È comunque importante e necessario tenere a mente cosa comporta l'acquisizione di autonomia e quindi l'aumento di responsabilità. Quindi l'autonomia decisionale è una conquista importante, che non può ovviamente prescindere da una "responsabilità" personale riconducibile in un comportamento corretto e coscienzioso nei confronti del paziente.

Capitolo 1

1. Autonomia e responsabilità infermieristica operante nell'emergenza extra-ospedaliera

1.1 La normativa

Nella seconda metà dell'800 avviene la prima vera riforma infermieristica attraverso l'attuazione del rigoroso sistema educativo-formativo di Florence Nightingale. La scuola della Nightingale prese avvio nel 1860 presso l'ospedale St. Thomas di Londra, grazie a questo si determinò un aumento della considerazione sociale per la professione infermieristica. Le prime quindici allieve provenivano dalla borghesia medio alta: era richiesta per l'ammissione una moralità ineccepibile ed una buona cultura generale. All'inizio del XX secolo in Italia non esistevano ancora riferimenti normativi precisi sulla figura dell'infermiere. Pochissime erano le scuole esistenti, ad esempio nel 1902 erano solo 25 su 1304 ospedali esistenti nel Regno. La nascita ufficiale della professione infermieristica risulta successiva alla prima guerra mondiale, attraverso il regio decreto n. 1832 del 1925 (convertito in legge nel 1926). Si afferma che "le scuole-convitto professionali per infermiere debbono funzionare presso un pubblico ospedale medico-chirurgico che abbia sufficiente disponibilità di servizi in proporzione al numero delle allieve, e provvedere con le proprie infermiere (capo-sala, infermiere diplomate, allieve) all'assistenza immediata di una parte almeno delle corsie dell'ospedale"; inoltre che "nelle scuole-convitto le allieve compiono un corso biennale teorico- pratico con relativo tirocinio. Quelle di dette allieve che, alla fine del biennio, abbiano superato apposito esame, secondo i programmi che verranno applicati del ministero dell'interno di concerto con quello dell'istruzione, conseguono un diploma di Stato per l'esercizio della professione di infermiera. Il possesso di tale diploma costituisce titolo di preferenza per l'assunzione a posti di servizio di assistenza immediata negli ospedali dei comuni delle istituzioni pubbliche di beneficenza e di altri enti morali".

Il Regio decreto n. 1265 del 1934 sancisce che le "scuole sono sottoposte alla vigilanza dei Ministeri dell'interno e dell'educazione nazionale" contribuendo ad un effettivo miglioramento dell'assistenza agli infermi.

La necessità di ostacolare l'abusivismo in ambito assistenziale contribuì ad una precisa regolamentazione dell'operatività dell'infermiere attraverso un dettagliato elenco delle sue mansioni, presente nel RD n. 1310 del 1940. Si definiscono le "attribuzioni organizzative e amministrative" nell'ambito del reparto ospedaliero; le "attribuzioni assistenziali dirette ed indirette" ospedaliere e private; ed inoltre che "l'infermiere generico coadiuva l'infermiere professionale in tutte le sue attività e su prescrizione del medico". Successivamente, furono pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale delle

modifiche al suddetto Decreto Regio attraverso la DPR n. 225 del 1974.

La necessità di contrastare l'abusivismo contribuisce inoltre alla regolamentazione delle professioni sanitarie, arrivando ad una definitiva organizzazione della professione infermieristica nel 1954 attraverso l'istituzione dei Collegi provinciali.

Nel 1971 la legge 124 sopprime l'obbligo di internato e la denominazione Scuola-convitto viene sostituita con quella di "Scuola per infermieri professionali", consentendo per la prima volta l'accesso agli uomini.

In ottica di continuo miglioramento del livello tecnici-culturale nella stessa legge si dichiara che “gli aspiranti all'ammissione alle scuole devono essere in possesso del diploma di istruzione secondaria di primo grado e di un certificato attestante l'ammissione al terzo anno di scuola secondaria”.

1.2 Percorso didattico

L' Accordo europeo di Strasburgo del 25 ottobre 1967 sull'istruzione e formazione dell'infermiere, stabilisce i requisiti minimi di accesso per le Scuole infermieristiche e il monte-ore minimo di insegnamento da impartire, che è pari a 4600 ore.

La legge 795 del 15 novembre 1973 ratifica il dettato comunitario e il successivo Dpr 867 del 13 ottobre 1975 modifica gli ordinamenti didattici prevedendo un percorso formativo di tre anni, a cui si accede con una scolarità di 10 anni (biennio di scuola media superiore). Le discipline previste consistevano in: scienze fondamentali umane (ad esempio psicologia), lingue straniere, etica professionale, organizzazione professionale in Italia e all'estero, scienze fondamentali mediche (ad esempio biologia), principi di legislazione ed organizzazione sanitaria, statistica sanitaria, tecniche infermieristiche ed un tirocinio pratico.

Con il Dpr 761 del 20 ottobre 1979, quando vengono definiti i profili professionali delle figure infermieristiche, per la prima volta si parla di “operatore professionale dirigente” e successivamente, con la normativa concorsuale del 1982, il diploma conseguito presso le Scuole universitarie dirette a fini speciali per dirigenti e docenti dell'assistenza infermieristica diventa requisito obbligatorio per chi voglia partecipare ai concorsi per Direttore didattico e Capo dei servizi sanitari ausiliari.

La legge n. 341 del 1990, sulla riforma degli ordinamenti didattici universitari, istituisce, tra l' altro, il “diploma universitario di primo livello in Scienze infermieristiche”. Secondo questa legge il nuovo titolo di studio “ha il fine di fornire agli studenti adeguata conoscenza di metodi e contenuti culturali e

scientifici orientata al conseguimento del livello formativo richiesto da specifiche aree professionali".

Il Dm n. 42 del 24 luglio 1996 disegna il nuovo ordinamento didattico universitario e rivede ancora una volta la denominazione del titolo, che diventa "diploma universitario per infermiere", mentre la legge n. 509 del 1999 ridefinisce gli assetti del sistema universitario, affidando agli atenei l'istituzione del corso di laurea di primo livello e specialistica e definendo le norme e gli obiettivi che li regolano.

1.3 Profilo professionale

Il decreto legislativo n. 502 del 1992, definisce per la prima volta l'aziendalizzazione, ovvero la definizione della Usl come "azienda dotata di personalità giuridica pubblica, di autonomia organizzativa, amministrativa, patrimoniale, contabile, gestionale e tecnica".

Inoltre segna un passo avanti nella definizione del percorso formativo degli infermieri, che potranno accedere ai corsi professionali solo dopo aver conseguito un diploma quinquennale.

Il decreto ministeriale n. 739 del 1994 definisce il nuovo profilo professionale dell'infermiere, con una propria autonomia e responsabilità.

Viene descritta la figura professionale dell'infermiere con il seguente profilo: "l'infermiere è l'operatore sanitario che, in possesso del diploma universitario abilitante e dell'iscrizione all'Albo professionale è responsabile dell'assistenza generale infermieristica"; inoltre "l'assistenza infermieristica si definisce come preventiva, curativa, palliativa e riabilitativa, di natura tecnica, relazionale, educativa"; "l'infermiere contribuisce alla formazione del personale di supporto e concorre direttamente all'aggiornamento relativo al proprio profilo professionale e alla ricerca"; infine "Il percorso formativo viene definito con decreto del ministero della Sanità e si conclude con il rilascio di un attestato di formazione specialistica che costituisce titolo preferenziale per l'esercizio delle funzioni specifiche nelle diverse aree, dopo il superamento di apposite prove valutative. La natura preferenziale del titolo è strettamente legata alla sussistenza di obiettive necessità del servizio e recede in presenza di mutate condizioni di fatto".

Con la legge n. 42 del 1999 si segna un passaggio importantissimo per la professione infermieristica. La professione non è più definita "ausiliaria", e viene abrogato il mansionario (cfr Dpr 225 del 1974) all'interno del quale vi erano puntigliosi elenchi di singole prestazioni. Vengono determinati "i relativi profili professionali e gli ordinamenti didattici dei rispettivi corsi di diploma universitario e di formazione postbase nonché' degli specifici codici deontologici, fatte salve le competenze previste per le professioni mediche e per le altre professioni del ruolo sanitario per l'accesso alle quali è richiesto il

possesso del diploma di laurea, nel rispetto reciproco delle specifiche competenze professionali”.

1.4 Disciplina della professione sanitaria infermieristica

In materia di autonomia e responsabilità la legge n. 251 del 2000 definisce che “gli operatori delle professioni sanitarie dell’area delle scienze infermieristiche svolgono con autonomia professionale attività dirette alla prevenzione, alla cura e salvaguardia della salute individuale e collettiva, espletando le funzioni individuate dalle norme istitutive dei relativi profili professionali nonché dagli specifici codici deontologici ed utilizzando metodologie di pianificazione per obiettivi dell’assistenza. Lo Stato e le regioni promuovono, nell’esercizio delle proprie funzioni legislative, di indirizzo, di programmazione ed amministrative, la valorizzazione e la responsabilizzazione delle funzioni e del ruolo delle professioni infermieristico- ostetriche al fine di contribuire alla realizzazione del diritto alla salute, al processo di aziendalizzazione nel Servizio sanitario nazionale, all’integrazione dell’organizzazione del lavoro della sanità in Italia con quelle degli altri Stati dell’Unione europea”.

Un primo concreto passo verso l’attivazione della laurea specialistica invece arriva attraverso il decreto Murst del 2 aprile 2001, che definisce le competenze dei laureati specialisti, che devono possedere “una formazione professionale avanzata per intervenire con elevate competenze nei processi assistenziali, gestionali, formativi e di ricerca e sono in grado di esprimere competenze avanzate di tipo assistenziale, organizzativo, gestionale, di ricerca in risposta ai problemi prioritari di salute della popolazione e ai problemi di qualità dei servizi”. Queste competenze sono in linea con l’evoluzione di quel processo di professionalizzazione che è stato più volte sostenuto da un’offerta formativa diversificata e coerente con la crescita del ruolo e delle funzioni infermieristiche. L’accesso a tale livello di formazione è consentito anche a coloro che sono in possesso del titolo abilitante all’esercizio professionale rilasciato in base al vecchio ordinamento, nonché della maturità quinquennale (legge 1/2002).

1.5 Le ultime novità

Recentemente, più precisamente l’1 febbraio 2006, è stata approvata una legge con l’obiettivo di assicurare una maggior qualificazione della professione infermieristica. Questo provvedimento, molto atteso, oltre a dar valore alle professioni sanitarie, serve anche a sostegno del diritto alla salute dei cittadini. Al suo interno definisce l’obbligo di un’abilitazione rilasciata dallo stato per l’esercizio delle professioni sanitarie; inoltre viene finalmente chiarito che l’esame finale di laurea ha valore di esame di Stato abilitante all’esercizio della professione. Con questa norma si mette fine ad un’incertezza legislativa che tanto aveva fatto discutere prima di allora: l’iscrizione all’Albo professionale è

obbligatoria per tutti, anche per i dipendenti pubblici. Questo come garanzia di prestazioni altamente qualificate ed erogate da professionisti sanitari iscritti ad un Albo per i quali la deontologia costituisce un importante valore di riferimento. La legge definisce anche l'importanza dell'aggiornamento professionale, da eseguirsi con modalità identiche a quello dei medici. Una delle novità di questo provvedimento è caratterizzata dalla trasformazione dei Collegi provinciali Ipasvi in Ordini professionali e dall'istituzione dei nuovi ordini per le professioni attualmente prive. Questa trasformazione contribuisce a dare coerenza al sistema delle professioni, pari dignità professionale a tutti i professionisti della salute, implementando la funzione degli Ordini quali garanti delle competenze e dell'impegno deontologico dei professionisti. Infine questa legge definisce l'articolazione del personale infermieristico in generalista (in possesso di diploma di laurea o precedenti titoli equipollenti), professionista coordinatore, individuandone anche i requisiti (master di primo livello in management o per le funzioni di coordinamento e un'esperienza triennale nel profilo di appartenenza), professionista specialista (in possesso di master universitario di primo livello per le funzioni specialistiche), e infine i professionisti dirigenti (in possesso di laurea specialistica e esperienza lavorativa professionale di almeno 5 anni oppure con incarico dirigenziale ai sensi della 251 del 2000).

1.6 Il governo clinico

Con il termine governo clinico, importato dall'anglosassone clinical governance, si intende un programma di gestione e miglioramento della qualità e dell'efficienza di un'attività medica, generalmente operata a livello di Dipartimento di un'Azienda ospedaliera. Il programma è primaria responsabilità del Capo Dipartimento che, con l'aiuto del personale amministrativo, predispone e sottopone all'Amministrazione dell'Ente (Ospedale o AUSL) piano di azione triennale che miri nell'ambito di un budget assegnato, a trattare il maggior numero possibile di casi e a garantire l'out come del trattamento. Inoltre il programma di clinical governance non può prescindere da una sistematica azione di aggiornamento del personale in tutte le sue forme (lezioni accademiche, dimostrazioni pratiche, stage, formazione continua, convegni nazionali ed internazionali) da un sistematico sostegno della cultura e della qualità, da incentivi che premiano la partecipazione del personale ai programmi di miglioramento della qualità e che premiano il conseguimento degli obiettivi prefissati. I vantaggi di un buon sistema di governo clinico sono numerosi, sia in termini di indicatori di salute che in termini economici.

1.7 Governo clinico e politica sanitaria

Il governo clinico rappresenta il tentativo di trovare un approccio integrato al problema della qualità dell'assistenza, riconoscendo che non si tratta solo di intervenire sulle singole decisioni cliniche per

orientarle verso una migliore appropriatezza, ma anche di fare in modo che i sistemi assistenziali nel loro insieme siano orientati verso questo obiettivo. In questo senso, si tratta di costruire le condizioni che rendano possibile un agire in modo coordinato e coerente sull'insieme dei determinanti della pratica clinica e quindi della qualità di quest'ultima, attraverso la formazione dei professionisti (life learning), il monitoraggio dei processi assistenziali e dei loro risultati (audit clinico) e la gestione dei rischi clinici implicati dall'assistenza sanitaria (risk management).

La rinnovata attenzione verso l'assistenza ai pazienti indicata come "clinical governance" sottolinea l'importanza della funzione clinico/assistenziale dell'attività dei servizi, delle diverse figure professionali che ne sono direttamente responsabili, l'esigenza che efficacia e appropriatezza clinica diventino parte dei criteri operativi dei servizi e, infine, l'esigenza di monitoraggio indirizzo e regolazione dei processi assistenziali. Il governo clinico rappresenta una politica sanitaria che mette al centro della propria attenzione l'efficacia e l'appropriatezza clinica delle prestazioni, creando le situazioni necessarie per fare in modo che la valutazione della qualità di queste ultime diventi parte integrante dell'attività istituzionale dei servizi e non un fatto occasionale ed episodico. La realizzazione concreta del governo clinico richiede interventi a cascata, ai diversi livelli decisionali e operativi del sistema: in particolare, a livello macro (l'ambito di livello regionale), meso (l'ambito decisionale inter ed intra-aziendale) e micro (il livello decisionale rappresentato dal singolo team di operatori). A livello macro assume rilevanza la relazione tra la sanità e gli altri settori della vita sociale, tra la medicina specialistica e la medicina generale, tra ospedale e territorio, tra prevenzione, cura e riabilitazione. A livello meso, occorre coerenza nel portare a livello delle strutture la tecnologia, la formazione, la gestione fatta da scelte strategiche, progetti ed investimenti dove domina l'adeguatezza e l'efficienza. A livello micro, il team di operatori si gioca sulle prestazioni fatte dai singoli atti professionali dove domina il principio di eccellenza possibile e dei risultati quantificabili attraverso valutazioni epidemiologiche, sociologiche ed ambientali guidate dall'obiettivo dell'efficacia. Ogni livello deve tendere allo sviluppo delle risorse umane, fatto di partecipazione, appartenenza, spinta all'autovalutazione e dal miglioramento per la costruzione di una forte motivazione. Il decreto legislativo 229/99 "Norme per la razionalizzazione del Servizio sanitario nazionale" esplicitamente, in una logica di governo clinico, sollecitava scelte di governo regionali che spingessero verso criteri di accreditamento dei servizi e dei professionisti, fortemente caratterizzati sul piano delle capacità di rendere trasparente e valutabile la qualità delle proprie prestazioni. In questo senso, la qualità cessa di essere una sorta di dimensione separata, collaterale e parallela e diventa invece parte integrante del processo di identificazione degli obiettivi del sistema e delle singole aziende, dei meccanismi di definizione dei processi organizzativi come pure di quelli che presiedono alla definizione dell'allocazione delle risorse, oltre che, ovviamente, degli

strumenti di valutazione delle attività delle singole unità operative e dei percorsi formativi offerti ai professionisti.

1.8 Organizzazione e modalità operative

Il governo clinico di un sistema sanitario, come strategia gestionale, intende rendere ogni azione (clinica, economico/finanziaria, gestionale) coerente e finalizzata alla qualità dell'assistenza ed al suo miglioramento; vuole inoltre mettere in grado l'organizzazione di evolvere, sviluppando meccanismi di feed-back che le permettano di apprendere continuamente dalle proprie esperienze.

Gli aspetti che dovrebbero caratterizzare il concetto di "governo della pratica clinica" sono:

1. la condivisione multidisciplinare: il risultato degli interventi e dei servizi sanitari non è dato dall'abilità e capacità tecnica dei singoli operatori, ma piuttosto dalla buona capacità operativa dei team di addetti all'erogazione dei servizi. Per ottenere i risultati desiderati, infatti, occorre che le capacità tecnico-cliniche dei team siano adeguatamente supportate da un ambiente organizzativo e amministrativo funzionale al raggiungimento degli obiettivi clinici dei servizi. Un'organizzazione dipartimentale favorisce una visione integrata dell'assistenza, centrata sul paziente e sull'insieme del suo percorso assistenziale, e non sui singoli momenti che lo compongono.
2. La responsabilizzazione: il porsi l'obiettivo di una buona qualità dell'assistenza nei confronti del sistema all'interno del quale si opera (il SSN e suoi utenti), non è compito del singolo operatore, ma un impegno dei team nel loro insieme. La scelta responsabile di sottoporsi a forme di controllo e monitoraggio delle proprie prestazioni secondo principi di valutazione professionalmente condivisi è il punto di partenza per il mantenimento e il raggiungimento di una buona qualità dell'assistenza. Il perseguimento degli obiettivi di qualità prefissati è di responsabilità sia dei Collegi di Direzione, sia delle direzioni sanitarie che dei singoli capi dipartimento. I tre livelli decisionali dovrebbero operare in modo coordinato per far sì che la valutazione delle qualità delle prestazioni cliniche diventi parte integrante delle attività istituzionali dei servizi e non una sporadica iniziativa.
3. La partecipazione: un processo di condivisione e partecipazione attiva degli utenti all'attività dei servizi corrisponde a un generico diritto del paziente, ed è una delle condizioni necessarie per il raggiungimento degli obiettivi clinici desiderati³³. Partecipazione dell'utenza significa avviare una politica di comunicazione e informazione con il pubblico. È necessario migliorare la consapevolezza rispetto a quanto ci si può ragionevolmente attendere dagli interventi sanitari disponibili e dalla tipologia di offerta dei servizi. Ciò implica anche migliorare la comunicazione con il paziente al fine

di una maggiore collaborazione con gli operatori; e mettere il paziente in grado di operare delle scelte, laddove varie opzioni diagnostico-terapeutiche siano possibili e dove il problema sia quello di trovare l'opzione più adatta alle esigenze e alle preferenze del singolo.

4. Un sistema od organizzazione sanitaria in grado di praticare una politica di governo clinico è un contesto in grado di acquisire, in modo tempestivo, informazioni dettagliate sui processi assistenziali erogati a determinate categorie di pazienti e sui risultati ottenuti e in cui siano attivate linee di responsabilità sufficientemente chiare da garantire che tali informazioni siano poi effettivamente utilizzate per orientare in modo congruente le scelte cliniche ed organizzative.

Il governo clinico non vuol porsi come l'ennesima metodologia per migliorare la qualità dell'assistenza, ma piuttosto come la costruzione dell'infrastruttura necessaria al pieno utilizzo delle metodologie già conosciute e come lo stimolo ad un ripensamento critico rispetto al modo in cui tali strumenti sono stati sino ad ora impiegati.

Tra alcuni esempi di metodologie e strumenti come non citare l'audit clinico, le linee-guida, le cartelle di controllo, le tecniche di monitoraggio e sorveglianza del rischio clinico; il governo clinico si adopera per fare in modo che i servizi siano in grado di utilizzarli, di integrarli nei propri meccanismi organizzativi e gestionali.

1.9 Principi generali e strumenti del governo clinico

Per realizzare il necessario cambiamento culturale entro i servizi, il governo clinico ha la necessità di fondarsi su principi e valori condivisi che lo legittimino e gli conferiscano la necessaria credibilità. La tabella 1 illustra alcuni principi generali del governo clinico, con i corrispondenti strumenti operativi.

L'integrazione degli strumenti consente di assicurare che tutti i professionisti sanitari abbiano la giusta formazione educazione, abilità e competenza per fornire l'assistenza necessaria ai pazienti, che il processo di miglioramento della qualità assistenziale sia posto in essere in tutta l'organizzazione, che siano utilizzate tecniche che anticipino e prevengano potenziali problemi, che si realizzino tecniche per il monitoraggio e il miglioramento della pratica esistente, che la scarsa performance sia riconosciuta e si possa così agire affinché tutto il personale possa imparare dagli errori e, infine, che sia facilitata l'implementazione della "buona pratica".

1.10 Le linee guida

Quando si parla di linee-guida, la definizione più comunemente accettata, le riconosce come "raccomandazioni di comportamento, elaborate in modo sistematico e finalizzate a indirizzare il clinico

a prendere decisioni appropriate in specifiche circostanze cliniche. In sostanza rappresentano uno strumento finalizzato ad indirizzare le pratiche professionali verso un utilizzo clinicamente razionale delle risorse, favorendo l'impiego d'interventi sanitari efficaci nei pazienti che effettivamente ne possano beneficiare. Da circa vent'anni caratterizzano la medicina moderna e la loro produzione si può ricondurre a varie ragioni: il fenomeno della variabilità della pratica clinica, la necessità di contenere i costi dell'assistenza sanitaria, le crisi di credibilità della professione medica e dei servizi sanitari nei confronti dei cittadini, la spiccata attenzione che ormai tutti i sistemi sanitari sono portati a rivolgere alla qualità delle proprie prestazioni. Anche nel nostro paese, come in altri, dal 1999, è stato avviato il Programma Nazionale per le linee-guida, organo impegnato nel coordinamento e nell'appropriata produzione delle linee-guida. Le linee-guida sono una tecnologia dinamica che finisce per acquisire caratteristiche diverse a seconda dei contesti culturali e politico-amministrativi entro i quali viene adottata. È fondamentale quindi definire come queste debbano essere utilizzate per qualificare lo strumento linea-guida in maniera più precisa. Le linee-guida sono state concepite sia come semplici raccomandazioni di comportamento che il singolo professionista è libero di decidere se adottare o meno, sia come "direttive" amministrative che delimitano rigidamente le opzioni diagnostico-terapeutiche accettabili. Entrambe queste possibilità non sono auspicabili. Nel primo caso perché la sola messa a disposizione di raccomandazione per la pratica clinica non ha alcun impatto sostanziale sull'assistenza. Nel secondo caso perché un uso troppo intrusivo delle linee-guida non farebbe che stimolare una conflittualità permanente tra componente clinica dei servizi e quella amministrativa, la prima con minimi margini di autonomia, la seconda a verificarne continuamente l'effettiva adozione delle singole decisioni cliniche. L'uso ottimale delle linee-guida, evitando appunto questi problemi, consiste nel loro impiego oggi come strumenti che rendono possibile una valutazione della qualità delle prestazioni erogate dai servizi, sulla base di principi nello stesso tempo scientificamente validi e condivisi dagli operatori. Quindi, le linee-guida, non sono da intendersi come indicazione che ciascun singolo operatore è vincolato ad applicare ai singoli pazienti, ma come fonte di indicatori attraverso cui le prestazioni di team di operatori e di servizi possono essere valutate, anche in modo comparativo, rispetto alla qualità medico-tecnica dell'assistenza fornita. Questa applicazione dello strumento linee-guida risponde alla duplice esigenza di non ledere l'autonomia dei professionisti, ribadendone però al contempo la responsabilità nei confronti del sistema all'interno del quale essi operano. La produzione di linee-guida rappresenta un'attività complessa, che necessita di tempi, risorse e competenze adeguate. Le caratteristiche che deve possedere una linea-guida per essere basata sulle evidenze e per essere successivamente applicata sono molteplici, e riguardano elementi relativi sia alla sua elaborazione, sia ai suoi contenuti. La revisione sistematica della letteratura scientifica pertinente consultata per la costruzione della linea-guida deve poter essere esaminata, valutata dal punto di vista

della validità metodologica e della trasferibilità dei risultati, ed infine sintetizzata in modo appropriato.

Il primo elemento è rappresentato dalla dichiarazione del livello delle evidenze scientifiche e dalla forza delle raccomandazioni. Questo consente agli utilizzatori di conoscere il livello delle evidenze utilizzate per produrre le raccomandazioni, ossia di conoscere il livello di qualità delle informazioni, nonché l'importanza, la rilevanza, la fattibilità e la priorità delle stesse, ossia la forza delle raccomandazioni.

Il secondo elemento per distinguere una buona linea-guida è rappresentato dalla realizzazione di revisioni sistematiche quale metodo per individuare, raccogliere e sintetizzare le informazioni da cui estrapolare le raccomandazioni. Infatti le revisioni sistematiche costituiscono il miglior mezzo conoscitivo che i professionisti sanitari hanno a loro disposizione. Esse sono studi scientifici che cercano, valutano, analizzano e sintetizzano le informazioni prodotte da tutti gli studi clinici eleggibili, pubblicati e non, riuscendo così a fornire un'informazione solida, talvolta definitiva, rispetto a una specifica tematica clinica.

Nel processo di sviluppo di una linea guida il gruppo di lavoro deve identificare tutti i quesiti clinici ai quali è necessario fornire risposte e sui quali occorre produrre raccomandazioni, realizzando per ognuno di essi una revisione sistematica. Essendo un processo alquanto oneroso, nel caso non si sia certi di disporre delle possibilità per condurre un lavoro così importante, è metodologicamente più corretto e sicuro aggiornare e adattare linee-guida basate sulle evidenze prodotte da altri gruppi o istituti.

Nella costruzione di una linea-guida basata sulle evidenze è necessario un gruppo di lavoro multidisciplinare costituito da rappresentanti di tutti coloro che rientrano e sono coinvolti nella gestione ordinaria della condizione o patologia in oggetto. Perciò devono essere presenti professionisti sanitari delle diverse discipline e professioni, nonché rappresentanti dei pazienti e dei loro familiari. Inoltre il gruppo deve comprendere anche esperti sulla metodologia di costruzione delle linee-guida basate sulle evidenze. Una delle grandi ricchezze offerta dalle linee-guida è la presenza della valutazione dei vantaggi e degli svantaggi, ossia l'esplicitazione delle alternative di trattamento e i loro effetti sugli esiti: la loro natura infatti è quella di fornire un supporto informativo utile per ridurre la variabilità ingiustificata dei comportamenti. Un altro elemento di qualità, relativo ai contenuti, è costituito dalla presenza di indicatori per monitorare la reale applicazione delle raccomandazioni, nonché dei vantaggi dell'applicazione delle stesse sugli esiti dei pazienti. Le raccomandazioni contenute nelle linee-guida basate sull'evidenza devono essere adattabili e flessibili alle diverse condizioni locali. Una linea-guida rigida e fortemente vincolata dalle caratteristiche dell'ambiente in cui è nata non è utile al di fuori del quel contesto, quindi è di scarso valore. Per questo scopo esistono altri documenti, derivati dalle linee-guida, come i protocolli e le procedure. Infine, una buona linea-guida deve contenere le indicazioni per

la programmazione del suo aggiornamento. Questo tipo di documento, infatti, invecchia con il progredire delle conoscenze prodotte dalla ricerca scientifica e rischia di diventare obsoleta se non aggiornata con regolarità. Per riassumere possiamo elencare i requisiti che definiscono la qualità delle linee-guida basate sull'evidenze scientifiche:

Premessa dello schema di graduazione o grading (per identificare il livello dell'evidenza da cui nasce ogni informazione)

Sviluppo delle raccomandazioni partendo da revisioni sistematiche

- Multidisciplinarietà del gruppo di lavoro
- Esplicazione delle alternative di comportamento clinico e loro effetti sugli esiti
- Flessibilità e adattabilità dell'applicazione delle raccomandazioni
- Presenza di indicatori di monitoraggio
- Regolare aggiornamento del contenuto
- Chiarezza e immediatezza di consultazione. Pur essendo strumenti per ridurre le variabilità ingiustificate di comportamento nelle condotte cliniche, le linee-guida non aspirano e standardizzare totalmente l'assistenza ai singoli pazienti, ma forniscono indicazioni di comportamento, che si fondano sulle migliori evidenze scientifiche disponibili, sono in grado, se applicate, di ridurre quella varietà di pratiche assistenziali che comporta maggiori costi, senza apportare benefici ai pazienti. Questo aspetto è estremamente importante nel contesto politico sanitario attuale, che è comune a molti paesi. A partire dagli anni novanta la dimensione del controllo della spesa sanitaria è diventata sempre più urgente, in seguito alla necessità di razionalizzare le risorse da destinare all'assistenza sanitaria, che non possono essere illimitate. In uno stato che riconosce la salute come diritto fondamentale del cittadino, il Servizio Sanitario Nazionale (SSN) è chiamato a erogare prestazioni sanitarie in modo razionale e appropriato. Esse sono individuate tra quelle che hanno dimostrato la propria efficacia tramite i mezzi incontestabili e condivisi delle evidenze scientifiche.

Da questo punto di vista il fenomeno dell'Evidence Based Practice ha superato la sola dimensione clinica, giungendo a livelli politici e decisionali fondando l'Evidence Based Health Care (EBHC), che

viene praticata da tutti coloro che decidono l'investimento delle risorse da destinare alla tutela della salute dei cittadini tenuto conto dell'autorevolezza delle prove di efficacia.

L'EBHC è arrivata in Italia con il Piano Sanitario Nazionale (PSN) 1998-2000 e con il decreto legislativo 19 giugno 1999 n. 229, "Norme per la realizzazione del Servizio Sanitario Nazionale, a norma dell'articolo 1 della legge 30 novembre 1998, n. 419".

Il PSN 1998-2000 ha apportato alcune novità assolute nell'ambito del SSN, come la definizione dei suoi principi ispiratori, tra i quali troviamo quello dell'efficacia e appropriatezza, in base al quale le risorse devono essere indirizzate verso le prestazioni la cui efficacia è riconosciuta in base alle evidenze scientifiche e verso i soggetti che maggiormente ne possono trarre beneficio, quindi ha introdotto, per la prima volta, i Livelli Essenziali di Assistenza (LEA), che definiscono le garanzie che il SSN si impegna ad assicurare nei confronti dei cittadini, al fine di realizzare la coerenza fra l'obiettivo generale di tutela della salute e il finanziamento a disposizione del SSN (art. n. 1, c. 1 D. Lgs. 502/1992 e successive modifiche e integrazioni; PSN 1994-1996). Infine ha istituito il Programma Nazionale per le Linee Guida (SNLG), con l'obiettivo di realizzare l'elaborazione, la diffusione e la valutazione di linee-guida e percorsi diagnostico terapeutici.

Il PNLG è un progetto coordinato dall'Agenzia per i Servizi Sanitari Regionali e dall'Istituto Superiore di Sanità. I suoi compiti specifici sono produrre informazioni utili a indirizzare le decisioni degli operatori, clinici e non, verso una maggior efficacia e appropriatezza, oltre che verso una maggior efficienza nell'uso delle risorse; rendere le informazioni facilmente accessibili; seguirne l'adozione esaminando le condizioni ottimali per l'introduzione nella pratica; valutarne l'impatto organizzativo e di risultato. Gli strumenti utilizzati per perseguire questi fini sono appunto le linee-guida clinico- organizzative, documenti di indirizzo all'implementazione e documenti di indirizzi alla valutazione dei servizi.

Rispetto all'applicazione dell'EBHC, il D.LGS 229/99 ha avuto un ruolo rafforzativo, ribadendo l'introduzione dei LEA e della efficacia e appropriata, quali criteri per la loro individuazione, e confermando il ruolo del PSN nell'individuazione dei temi che devono essere affrontati mediante le linee guida, che sono considerate effettivi strumenti di tutela della salute e di controllo della spesa sanitaria.

1.11 L'audit clinico

L'Audit clinico rappresenta uno dei principali strumenti di cui il governo clinico dispone.

Il Ministero della Salute definisce l'Audit clinico come una "metodologia di analisi strutturata e

sistematica per migliorare la qualità dei servizi sanitari, applicata dai professionisti attraverso il confronto sistematico dell'assistenza prestata con criteri espliciti, per identificare scostamenti rispetto a standard conosciuti o di best practice, attuare le opportunità di cambiamento individuato ed il monitoraggio dell'impatto delle misure correttive introdotte". La definizione originariamente adottata nel 1985 dal Department of Health del Regno Unito era quella di: "analisi critica e sistematica della qualità della assistenza medica (o sanitaria) che include le procedure utilizzate per la diagnosi e il trattamento, l'uso delle risorse, gli out come risultati e la qualità di vita per i pazienti". Tale definizione è stata di recente aggiornata, diventando "iniziativa condotta da clinici che cerca di migliorare la qualità e gli out come della assistenza attraverso una revisione tra pari strutturata, per mezzo della quale i clinici esaminano la propria attività e i propri risultati in confronto a standard espliciti e la modificano se necessario". È importante sottolineare che nella nuova definizione è presente una migliore puntualizzazione dell'attore (il clinico), del metodo e delle finalità (il miglioramento), nonostante l'oggetto rimanga la pratica clinica e i suoi risultati. Nell'ambito del soccorso, esso consiste nella meticolosa ed attenta ricostruzione della successione degli eventi, dei tempi d'intervento sulla scena, delle dinamiche del caso, dell'impegno delle forze impiegate e delle scelte compiute dai membri dell'equipe intervenuta. È uno strumento di grande qualità, in grado di offrire uno spunto per la revisione critica dei fatti, l'aggiornamento professionale, la formazione, la rivalutazione e l'adeguamento di procedure anche al fine di elaborare la scelta di nuovi materiali e strategie d'intervento. Con Audit clinico quindi si intende un processo finalizzato a promuovere la qualità ed a migliorare gli esiti dell'assistenza attraverso un esame sistematico delle modalità diagnostiche e terapeutiche utilizzate ed i loro relativi risultati.

Questo esame consiste principalmente nel confronto dei processi assistenziali impiegati, ed i risultati clinici ottenuti, in specifiche categorie di pazienti con criteri ed indicatori di riferimento. In particolare il processo dell'Audit clinico ha un andamento circolare: si misura la realtà della pratica clinica in rapporto a determinati criteri, vengono successivamente messe in atto una serie di azioni per ottenere un miglioramento, poi si valuta l'eventuale miglioramento al fine di sostenerlo.

Il ciclo dell'Audit si articola in cinque tappe, come viene rappresentato nella figura1.

La principale potenzialità dell'Audit clinico è quella di essere uno strumento fondamentale per acquisire informazioni che altrimenti non sarebbero rintracciabili.

Attualmente le diverse fonti informative disponibili ai servizi sanitari sono orientate a raccogliere informazioni utili esclusivamente dal punto di vista amministrativo, e non utilizzabili per una valutazione della tipologia di prestazioni e di interventi adottati in specifiche condizioni cliniche.

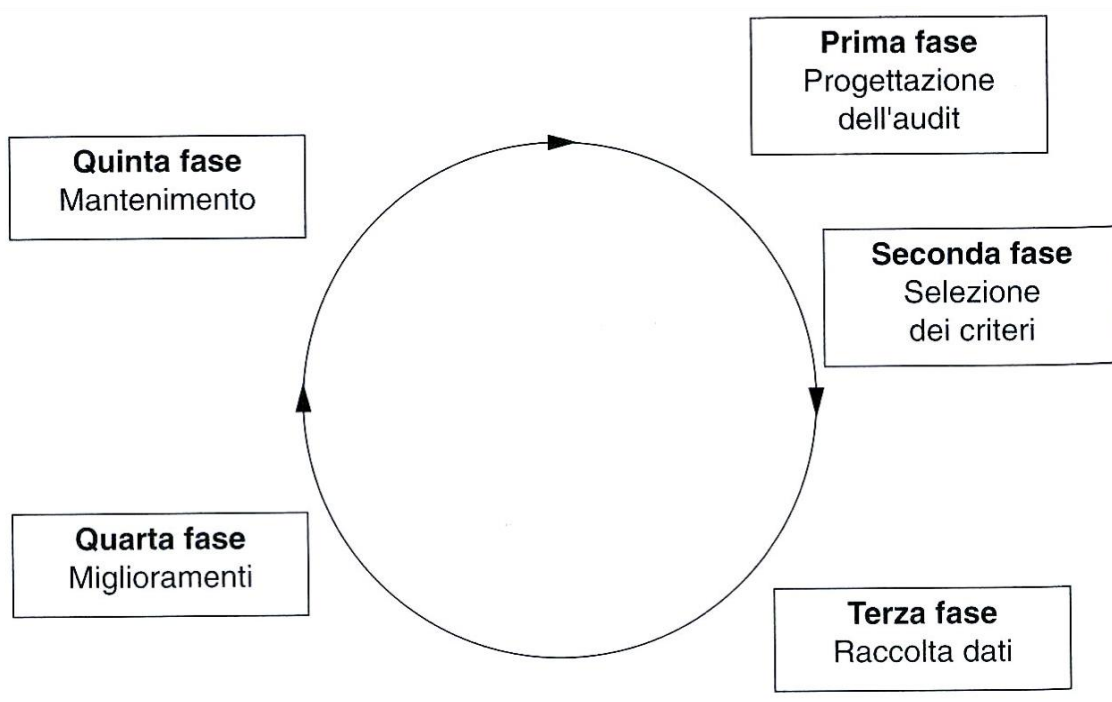


Figura 1: le cinque tappe dell'audit clinico

In realtà le diverse dimensioni in cui si articola la qualità dell'assistenza sono:

- L'efficacia e l'appropriatezza dell'uso degli interventi sanitari: le informazioni derivabili dalle attività di out consentono una valutazione dei processi assistenziali adottati in specifiche categorie di pazienti e, quindi, una verifica dei risultati clinici ottenuti (efficacia) e delle indicazioni cliniche di impiego di tecnologie di interventi (appropriatezza).
- Il rischio clinico: ossia tutti gli eventi avversi che il paziente può sperimentare nel corso della sua relazione con un servizio sanitario e che possono essere dovuti a problemi organizzativi, ad esempio come un errata esecuzione di interventi o di procedure. Si tratta di un fenomeno ancora poco esplorato e quindi non quantificato nella sua incidenza, anche se altrove ne è stata ampiamente documentata la rilevanza. Il Risk management è una metodologia attraverso la quale l'evenienza degli eventi può essere monitorata, metodologia che verrà discussa nel paragrafo successivo.
- L'accessibilità dei servizi e la tempestività della loro erogazione: gli studi di audit ad esempio, possono essere condotti al fine di descrivere le caratteristiche dei pazienti inseriti in una lista d'attesa per accedere a uno specifico intervento e verificare se i tempi di accesso osservati sono congruenti con i loro effettivi bisogni assistenziali.
- L'appropriatezza organizzativa: ad esempio si riferisce alla coerenza di uno specifico intervento con i bisogni assistenziali del paziente e con la complessità delle prestazioni da erogare. A questa specifica dimensione della qualità dell'assistenza, si riferiscono anche le molteplici

esperienze relative all'uso degli strumenti di valutazione dell'appropriatezza dei ricoveri o delle giornate di degenza.

La verifica dell'efficacia dell'audit clinico, come processo di miglioramento, ha dimostrato che può condurre a risultati variabili. Esso funziona solo quando viene realizzato come meccanismo interno agli operatori, ossia quando è organizzato dai professionisti.

L'audit clinico ha come obiettivo quello di condurre ad un'autovalutazione della pratica erogata e ad apportare le modifiche necessarie per migliorarsi. Attraverso l'audit clinico vengono raccolti dati mediante l'analisi e l'osservazione della realtà. Ciò che lo distingue dalla ricerca è il fatto che quest'ultima ha come obiettivo quello di individuare quali siano le pratiche assistenziali più idonee per migliorare gli esiti delle cure, mentre l'audit va a verificare che tali metodiche siano applicate a tutti i pazienti.

L'audit clinico è un processo sistematico continuo che prevede l'esecuzione di specifiche fasi in sequenza.

Esso comprende:

- Una fase preliminare, in cui si identificano i partecipanti al gruppo di progetto, l'argomenti, gli obiettivi, gli standard e gli indicatori di obiettivo;
- una fase di misurazione di specifici criteri;
- una fase di analisi dei dati raccolti;
- una fase di valutazione delle discrepanze tra standard, indicatori e criteri;
- una fase di attuazione delle eventuali azioni correttive.

La definizione e concezione di audit rappresentano la fase preliminare della progettazione, mentre lo scopo finale è il miglioramento delle cure erogate al paziente. Questo può avvenire per effetto di azioni che tendono a dei risultati di diversa natura, quali ad esempio: aumentare la cultura del clinico, risolvere un problema, ridurre la variabilità dei comportamenti professionali (standardizzare), ridurre il gap fra standard progettati (standard di prodotto) o dichiarati (carta dei servizi) e realizzati. I risultati attesi definiscono la direzione che si intende perseguire per il raggiungimento dello scopo, mentre gli obiettivi sono dei traguardi chiari ed espliciti che rappresentano aspetti verificabili del risultato atteso.

Un obiettivo ben definito ha caratteristiche precise, in quanto è: specifico, ossia chiaramente correlato al risultato che si intende ottenere; misurabile attraverso metodi quantitativi o qualitativi; raggiungibile

e rilevante; efficace, in quanto produce il risultato che ci si attende; ed infine “research based”. Per individuare una buona realizzazione dell’audit in base al suo oggetto o argomento, occorre chiedersi quali siano le migliori caratteristiche che deve possedere in riferimento: alle migliori evidenze di efficacia disponibili; alle esperienze del gruppo di professionisti coinvolti; alle preferenze del paziente e alle esigenze e vincoli della organizzazione o del contesto più allargato. La definizione della buona pratica può oggi giovare degli strumenti forniti dall’approccio della medicina basata sulle evidenze, oppure lo standard può derivare da linee guida, da percorsi strutturati clinico- terapeutici, da indicazioni o disposizioni di autorità sovraordinate. Lo standard deve essere chiaro ed esplicito, così come l’indicatore che si intende utilizzare per la rilevazione e i criteri per la valutazione della conformità della pratica allo standard.

I livelli di standard possono essere diversi: minimo (livelli minimi di prestazioni o di risultati accettabili); di eccellenza (livelli eccellenti di prestazioni o risultati); di accettabilità (la gamma di prestazioni o di risultati accettabili).

Lo standard individuato deve essere condiviso e discusso sia a priori che a posteriori, e può essere revisionato alla luce di quanto emerso dall’audit stesso.

L’individuazione del target, dell’ambito e della disponibilità a partecipare all’audit, in questa fase descritto come idea di massima, conclude la prima fase della progettazione (definita come ‘concezione’ dell’idea o avanprogetto).

La fase della misurazione è un momento di confronto e di riflessione che deve servire a far crescere i professionisti. La misurazione avviene in base a criteri che permettono di verificare il raggiungimento degli standard e degli indicatori. Tali criteri sono definiti come “un elemento o una variabile che permette il raggiungimento di uno standard e la valutazione del suo raggiungimento”.

I criteri possono essere:

- di struttura: riferiti alle risorse, ossia a ciò di cui si ha bisogno per poter implementare lo standard (ad esempio: personale, tempo, strumenti, etc.);
- di processo: riconducibili a ciò che è necessario fare per implementare lo standard assistenziale, le azioni da porre in essere e le decisioni da prendere;
- di risultato: rappresentati dai risultati attesi o da ciò che ci si aspetta di raggiungere attraverso l’implementazione dello standard.

Una volta definiti i criteri, si procede alle rilevazioni. Per fare ciò, occorre definire un campione dei casi

sui quali si effettuerà la misurazione. La misura del campione deve essere abbastanza ampia al fine di dare una rappresentatività di ciò che accade nella pratica.

Deve essere definita la modalità di raccolta dei dati necessari: essa può essere realizzata su cartelle cliniche mediante questionario ai pazienti, ricercando e registrando dati amministrativi, oppure su schede individuali predisposte ad hoc nel caso di un audit prospettivo. Deve analogamente essere definito il setting: il momento della dimissione, ad esempio, o quello della esecuzione della procedura, o una seduta di verifica delle cartelle, ecc.

L'analisi dei dati può essere compiuta con modalità diverse, sono necessarie competenze statistiche ed informatiche per l'organizzazione, l'elaborazione e l'analisi dei dati.

Infine la valutazione dei dati implica il confronto dei risultati ottenuti nella misurazione con li standard e gli indicatori identificati nella fase precedente. Se si riesce ad individuare cosa ostacola la realizzazione della buona pratica si è già sulla buona strada per definire le soluzioni, le quali dovranno rispondere alle lacune individuate. Una volta identificate le azioni da intraprendere è necessario definire: la giusta successione delle azioni, il responsabile di ogni passaggio e quanto tempo si ha a disposizione, oltre al periodo di tempo nel quale ripetere l'audit (re-auditing) per valutare il cambiamento nella pratica. Tale verifica potrà quindi dimostrare i miglioramenti nella pratica o indicare se ce ne sono ancora da effettuare al fine di raggiungere standard migliori. Essa è da condursi periodicamente fino a quando la pratica non avrà raggiunto gli obiettivi definiti in base agli standard e agli indicatori.

1.12 La gestione del rischio

Il tema dell'errore in medicina è esploso negli USA col rapporto dell'Institute of Medicine (IOM) sicurezza del paziente è diventato argomento sempre più discusso.

Affinché l'organizzazione sanitaria garantisca cure di qualità è necessario implementare dei sistemi per la gestione del "rischio", quest'ultimo inteso come la condizione o evento potenziale, che può modificare l'esito atteso del processo e quindi anche comportare perdite o danni per l'azienda e per le persone coinvolte.

Il Risk Management, letteralmente "Gestione del Rischio", è l'insieme degli strumenti, dei metodi e delle azioni attivate, mediante cui si misura o si stima il rischio e successivamente si sviluppano strategie per governarlo. L'introduzione di una metodologia logica e sistematica che consenta, attraverso step successivi, di identificare, valutare, comunicare, eliminare e monitorare i rischi associati a qualsiasi attività sanitaria, può e deve poi essere promossa con una "cultura del rischio" fondata sulla

convinzione che gli errori rappresentano, se adeguatamente analizzati, preziose opportunità di apprendimento e di miglioramento.

L'evento avverso non è conseguenza di un singolo errore umano, ma il frutto di una interazione tra fattori tecnici, organizzativi e di processo. Non si deve pertanto perseguire un approccio punitivo ma promuovere invece l'analisi approfondita e la ricerca delle cause con la finalità di prevenire il ripetersi delle stesse condizioni di rischio o di limitare il danno quando questo si è ormai verificato.

L'errore, secondo J.T.Reason, è il fallimento del raggiungimento di un obiettivo desiderato, per difetto di progettazione o di esecuzione, che non può essere attribuito al caso e perciò è potenzialmente prevedibile. È ormai accettato da tutte le organizzazioni il fatto che il rischio possa essere minimizzato ma mai completamente eliminato.

Esistono diverse teorie sulla classificazione degli errori, che si distinguono anche in base alla relazione da cui si parte nel sistema di classificazione. Le tipologie di errore possono essere:

- In relazione al tipo: umani/errori attivi o organizzativi/errori latenti.

Gli errori attivi sono atti commessi da chi è in diretto contatto col paziente, che infrangono le barriere di sicurezza, hanno effetti diretti e puntuali, sono visibili e apparentemente facili da imputare.

Gli errori latenti sono tutti difetti che restano normalmente silenti nel sistema finché un evento scatenante non li renda manifesti. Questi solitamente originano da decisioni assunte da persone non direttamente coinvolte nei settino operativi (ad esempio manager o responsabili di struttura).

- In relazione alla causa: slips, lapsus, mistakes, violazioni.

Reason distingue tre errori d'esecuzione e tre azioni compiute secondo le intenzioni e delinea così queste tre diverse tipologie d'errore: slips, ossia errori di esecuzione che si verificano a livello di abilità, lapsus, ossia errori di esecuzioni provocati da un fallimento della memoria, mistakes, ossia errori non commessi durante l'esecuzione pratica ma durante i processi di pianificazione delle strategie, i quali possono essere di due tipi:

1. Ruled based : si è scelto di applicare una regola o una procedura, che non permette il conseguimento di quel determinato obiettivo
2. Knowledge-based: sono errori che riguardano la conoscenza, a volte troppo scarsa che porta a ideare percorsi d'azione che non permettono di raggiungere l'obiettivo prefissato, in questo

caso è il piano stesso ad essere sbagliato.

Le violazioni sono azioni che vengono eseguite anche se formalmente impedita da un regolamento, da una direttiva o da una legge.

- In relazione all'azione: di commissione o di omissione.

Gli errori di commissione sono errori dovuti all'esecuzione di atti medici o assistenziali non dovuti o praticati in modo non corretto, mentre gli errori di omissione sono errori dovuti alla mancata esecuzione di atti medici o assistenziali ritenuti, in base alle conoscenze e all'esperienza professionale, necessari per la cura del paziente.

Il presupposto di base della classificazione tra errori attivi ed errori latenti risiede nella convinzione che gli incidenti veri e propri siano solo la punta dell'iceberg, come mostra la figura. Da questa visione sistemica Reason propone un modello all'interno del quale vi è la convinzione che il verificarsi di un errore sia il frutto di una concatenazione di eventi che hanno superato tutte le difese che normalmente sono messe in atto consapevolmente, o a volte inconsapevolmente.

Reason ha chiarito in modo figurativo il significato di errore latente con la famosa immagine delle fette di formaggio svizzero.

Ogni fetta di formaggio rappresenta uno strato difensivo dell'organizzazione. Vari sono gli strati difensivi e si possono basare sull'affidabilità di sistemi informatizzati o sull'umana abilità, altri ancora sono dipendenti da controlli e procedure.

Idealmente ogni strato dovrebbe non presentare punti critici, rappresentati nella figura dai buchi nel formaggio, ma sappiamo che, nella realtà, tali criticità si spostano e si modificano nelle diverse organizzazioni e all'interno delle stesse variano a seconda del tempo e delle caratteristiche del momento.

La presenza dei diversi buchi/criticità non è sufficiente per determinare l'errore: esso può verificarsi solo nel caso in cui si trovino allineati permettendo così la "traiettoria delle opportunità". I buchi sono causati sia da errori attivi, cioè commessi da operatori che sono a diretto contatto con il paziente, sia da errori latenti, cioè remoti nel tempo e riferibili a progettazione di sistema o errori di pianificazione. Poiché gli errori attivi non sono mai totalmente eliminabili, secondo questo modello si può intuire che per aumentare la sicurezza di un'organizzazione è necessario lavorare sulle criticità latenti, sulle quali gli errori attivi si innescano.

L'importanza del modello di Reason per la gestione del rischio è principalmente data dal superamento del concetto di colpa ed errore dell'approccio classico a favore dell'utilizzo gestionale delle informazioni derivate dallo studio dell'incidente. All'interno di questo approccio organizzativo viene focalizzato quindi il modo per individuare e trattare i difetti di sistema.

Da quanto detto, si dovranno controllare i fattori di rischio rappresentati da:

- I fattori legati ai compiti (ad esempio: disponibilità ed utilizzo delle procedure);
- I fattori legati al team di lavoro (ad esempio: comunicazione verbale o scritta, struttura del team);
- I fattori individuali (ad esempio: conoscenze ed abilità, motivazione);
- Le caratteristiche del paziente (ad esempio: complessità, gravità, barriere linguistiche).

All'interno delle strutture sanitarie, le possibilità di creare condizioni sicure per i pazienti e per gli operatori derivano dalla capacità che i professionisti hanno di ridurre la probabilità che si verifichino errori (prevenzione) e di contenere gli effetti di quelli che comunque si verificano (protezione).

Occorre implementare anche i sistemi di analisi affinché si possa realmente parlare di un sistema di gestione del rischio. Le fasi del processo di gestione del rischio sono:

1. identificazione del rischio;
2. analisi del rischio;
3. trattamento del rischio;
4. monitoraggio.

Quando si parla di analisi reattiva si intende uno studio a posteriori degli incidenti che mira ad individuare le cause che hanno permesso il loro verificarsi. Occorre procedere a ritroso dal verificarsi dell'errore attivo per individuare quali fattori di rischio hanno permesso il suo verificarsi.

Le fonti informative e gli strumenti operativi maggiormente utilizzati sono:

- A. sistema di segnalazione spontanea degli eventi o incident reporting. L'incident reporting è una modalità di raccolta strutturata e volontaria delle segnalazioni degli incidenti e dei quasi eventi, in modo da fornire una base di analisi per la predisposizione di azioni di miglioramento atte a prevenire il suo riaccadere in futuro. Le schede dell'incident reporting sono standardizzate e

comprendono: elementi anagrafici; dove, quando, a chi è occorso l'evento; elementi "oggettivi descrittivi"; cosa è successo, come cosa ha contribuito; elementi di valutazione dell'evento; stima della gravità dell'esito attuale e stima dell'esito futuro.

- B. Segnalazione di utenti attraverso la procedura dei reclami;
- C. Richieste di risarcimento danni;
- D. Revisione della documentazione clinica;
- E. Sistemi di sorveglianza.

Raccogliendo le informazioni relative all'errore con uno di questi strumenti, sarà possibile individuare le condizioni di insufficienza latenti che hanno permesso il verificarsi dell'incidente. Ciò permetterà di individuare e correggere i punti deboli (buchi del formaggio) trasformando così un fallimento in un'occasione di crescita, a vantaggio della sicurezza del paziente.

L'analisi proattiva mira all'individuazione e all'eliminazione delle criticità del sistema prima che l'errore si verifichi ed è basata sull'analisi dei processi che costituiscono l'attività, individuandone i punti critici con l'obiettivo di progettare sistemi sicuri.

Il processo viene suddiviso in macro attività scomposte in base a tutti i singoli compiti che devono essere portati a termine affinché l'attività sia conclusa con successo. Per ogni singolo compito si cercano di individuare gli errori che si possono verificare durante l'esecuzione e vengono valutate quantitativamente al fine di verificare il rischio associato a ciascuna. La tecnica revisionale maggiormente utilizzata in campo sanitario è la Failure Mode and Effects Criticality Analysis (FMECA).

Le fasi metodologiche di questa tecnica sono:

- Identificazione dell'oggetto di analisi (ad esempio: prodotto, servizio, processo);
- Identificazione/descrizione delle attività a esso connesse;
- Identificazione delle modalità di errore;
- Analisi e determinazione dell'indice di priorità del rischio;
- Identificazione delle azioni (preventive, migliorative, correttive) e delle misure per i risultati attesi.

Questo strumento è molto utile nella pratica clinica quando si vuole implementare un sistema di sicurezza.

Identificato il processo che si vuole analizzare si descrive il corretto svolgimento delle attività necessarie per realizzarlo elencando tutte le possibili modalità di errore, i loro effetti (nessun effetto/danno) e le

cause potenziali. Dopo aver analizzato questi tre elementi occorrerà associare a ciascuno di essi un giudizio di valore su criteri predefiniti (con una scala Likert da 1 a 10) che permetterà di calcolare l'indice di priorità di rischio (IPR). Vengono considerate la probabilità che si verifichi l'errore, la gravità degli effetti dell'errore stesso e la sua rilevabilità. Tali valori verranno moltiplicati tra loro e si otterrà in questo modo un valore numerico: l'indice di priorità di rischio.

Questa tecnica è idonea per essere utilizzata nella pratica infermieristica, in quanto è un sistema “attivo” con un approccio bottom-up (dal basso verso l'alto) per un'analisi di processo qualitativa e quantitativa, in cui è fondamentale l'apporto dell'esperienza e delle competenze dei professionisti; inoltre stimola gli operatori direttamente coinvolti nel processo, a ripercorrere le attività effettuate routinariamente per andare a individuare i “possibili errori/modi di guasto”.

1.13 Le carte di controllo

Il problema principale del governo clinico è rappresentato dalla possibilità di creare le condizioni per inserire all'interno dei servizi sanitari l'erogazione dei processi assistenziali, accompagnato dalla capacità di documentare i risultati e gli eventuali scostamenti da quelli che sono gli standard professionali di riferimenti. In questo modo si fissa l'attenzione sull'autovalutazione da parte degli operatori delle proprie performance cliniche, attraverso l'esecuzione di audit clinici, i quali rappresentano il riferimento essenziale per consentire agli ambiti di responsabilità aziendali di esprimere le proprie capacità di controllo e verifica sui processi assistenziali erogati e sui loro esiti.

La “tecnologia” dell'audit clinico si è andata, negli ultimi anni, arricchendo di strumenti finalizzati ad una tempestiva identificazione degli episodi di cura in cui la qualità assistenziale pare scendere al di sotto di livelli considerati ottimali o accettabili. In particolare grande attenzione è stata dedicata all'utilizzo delle carte di controllo, nate in ambito industriale per la misura delle performance di un determinato processo e per il miglioramento della qualità di un certo prodotto.

In realtà questi strumenti possono essere impiegati a livelli di singoli o gruppi di dipartimento/unità operative, per indirizzare in modo adeguato le attività di verifica della qualità interne alle équipe di professionisti.

L'aspetto oggetto di interesse del controllo statistico di processo è senza dubbio la misura della variabilità, che può essere “naturale” o “non naturale”.

La variabilità naturale di un processo è da considerarsi come parte integrante del processo oggetto di analisi. Viceversa esistono processi che presentano eventi che suggeriscono significativi cambiamenti,

sia in positivo che in negativo, dovuti ad un'atipica variabilità, che dovrebbero essere evidenziati per intervenire sulle possibili cause.

In questo contesto il termine “controllo statistico” si riferisce alla stabilità e alla possibilità di compiere previsioni di un determinato processo con riferimento ad un certo arco temporale e al tipo di variabilità individuata. Un processo che si presenta stabile nel tempo è caratterizzato unicamente da una variabilità “normale” e tutte le oscillazioni (deviazioni) che si mostrano sono da ritenersi sotto controllo. D'altra parte un processo che presenta cambiamenti notevoli rispetto al suo andamento, viene definito come fuori controllo, presentando dei segni (picchi esterni alle bande limite) che diverranno l'oggetto dell'analisi. Questo ci fa notare come risulti difficoltosa l'individuazione, in assenza delle carte di controllo, del tipo di variabilità, normale o meno, di un processo.

Le carte di controllo hanno diverse possibili applicazioni:

- A. Interpretazione delle performance di dati storici: in questo caso l'interesse è rivolto essenzialmente alla determinazione della stabilità o meno di un processo utilizzando fondamentalmente dati già rilevati e riferiti al processo oggetto di analisi.
- B. Definizione dello stato di controllo statistico: spesso può risultare importante assicurarsi che un determinato processo sia sotto controllo “statistico”, ossia che non sussistano oscillazioni anomale. Vengono dunque implementati dei sistemi sperimentale di monitoraggio a fine di individuare le possibili cause che determinano l'instabilità di un processo in modo tale da mettere in atto delle azioni mirate a modificare lo stato del processo e riportarlo sotto controllo.
- C. Monitoraggio della stabilità di un processo: verificata la stabilità di un processo le carte di controllo vengono utilizzate per monitorare il processo stesso al fine di intercettare, quanto più rapidamente possibile, eventuali segnali fuori controllo. Le cause di un segnale devono essere analizzate per evitare che in qualche modo possano ripetersi.

Le carte di controllo sono essenzialmente delle rappresentazioni grafiche di un processo nel tempo, utilizzate per comprendere e controllare il processo stesso che, basandosi su teorie statistiche, rimangono di facile interpretazione e gestione anche per utenti meno esperti.

Esistono vari tipi di carte di controllo, la cui lettura si può considerare sempre la stessa. I modelli grafici che ne derivano si differenziano in base alle caratteristiche stesse dei dati, dividendosi sostanzialmente in due gruppi principali: per attributi, se i valori utilizzati sono discreti, e per variabili, se i valori sono continui. Ciascun tipo di dato può essere descritto da una distribuzione statistica che viene utilizzata per determinare un certo valore atteso, un valore di deviazione standard e una misura di tendenza

centrale. La figura n.2 riporta le diverse tipologie di carte di controllo con alcune delle loro principali caratteristiche.

In estrema sintesi, nonostante esistano numerosi tipi di diverse carte di controllo, se ne possono identificare due principali, le cosiddette CuSum e le Vlad.

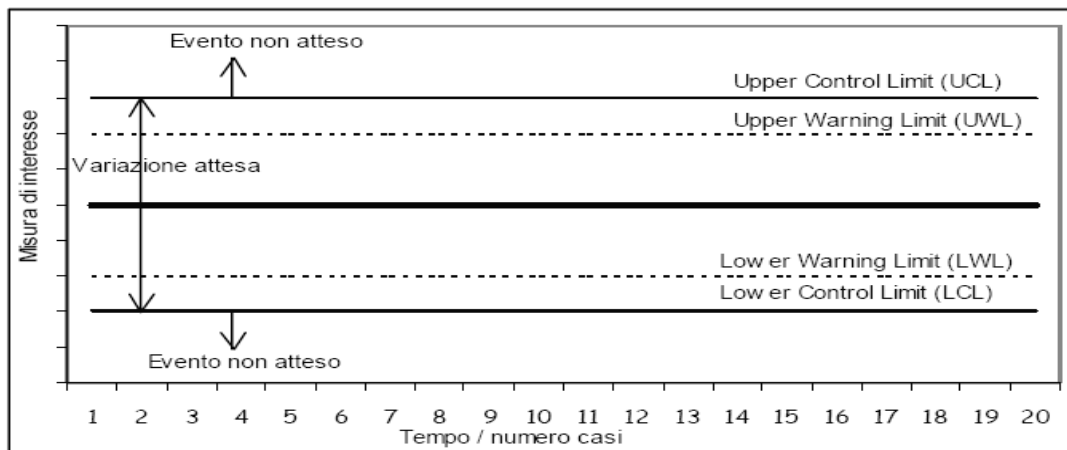


Figura 2: tipologie di carte di controllo

La prima, la Cumulative Sum, è una carta di controllo che riporta in ordinata la somma cumulata delle differenze da un determinato valore/obiettivo e in ascissa i casi osservati cumulati nel tempo. Questa particolare carta di controllo consente di monitorare, in tempo reale o meno, un determinato processo e di verificarne il suo andamento, riscontrando eventuali criticità (variazioni anomale) mediante anche la rappresentazione di bande di confidenza che consentono l'individuazione di segnali di attenzione nel momento in cui vengono superati predeterminati valori soglia.

La Vlad (Variable life adjusted display), particolare applicazione della carta di controllo CuSum, è uno strumento grafico che rappresenta la cumulata della differenza tra mortalità attesa (specifica per singolo paziente e calcolata in base a n modello di predizione precedentemente validato) e quella effettivamente osservata. In pratica la curva si muove verso l'alto, di un ammontare pari alla probabilità stimata di morte per i pazienti che sopravvivono, e verso il basso, di una quantità pari alla probabilità di sopravvivenza attesa, per i pazienti che muoiono.

In generale la curva si sposta verso l'alto in presenza di un buon esito clinico, salendo tanto più quanto la prognosi di quello specifico paziente era negativa, mentre si muove verso il basso in presenza di un esito negativo, scendendo tanto più quanto la prognosi di quello specifico paziente era teoricamente buona. Nel caso in cui l'esito osservato corrisponda pienamente a quello atteso, la curva si mantiene piatta.

Il sistema di valutazione non ha quindi la logica di penalizzare/premiare i casi che si comportano come l'atteso, quanto di evidenziare gli scostamenti dell'atteso.

La tecnica è indipendente dal volume di casi osservati e consente di mettere in evidenza particolari momenti/periodi i cui il fenomeno si manifesta con una variabilità tale da suggerire possibili problemi.

La valutazione degli esiti attesi nei singoli pazienti si basa su modelli di predizione del rischio di uno specifico evento, ad esempio di morte, che attribuiscono a ciascun paziente una probabilità di evento attesa (da 0 a 10).

Le carte di controllo offrono quindi la possibilità di documentare l'andamento dei risultati nel tempo e di consentire una tempestiva segnalazione di eventi negativi meritevoli di essere indagati in modo specifico da parte di chi ha la responsabilità nella gestione clinico-organizzativa dei servizi. In questo seno rappresentano delle tecniche che si prestano facilmente ad essere integrate nelle comuni modalità di lavoro dei reparti/dipartimenti: infatti le CuSum e le Vlad indicano chiaramente quali siano i casi clinici meritevoli di essere oggetto dei momenti di discussione e verifica all'interno del team, indirizzando quindi queste attenzioni all'analisi di quei singoli casi clinici in cui, più probabilmente, vi siano stati problemi assistenziali.

Inoltre si tratta di strumenti che risultano particolarmente utili per valutare il grado di apprendimento di nuove tecnologie e interventi di singoli operatori.

È bene sottolineare come le carte di controllo siano in grado di offrire il meglio delle proprie potenzialità se usate in modo prospettico sui singoli casi assistiti e all'interno di contesti assistenziali che abbiano affrontato e risolto due problemi di fondo, distinti ma tra loro connessi: per primo la capacità di condurre audit clinico, ossia la capacità da parte del team di operatori di rilevare in modo continuativo e sistematico le informazioni necessarie per consentire un monitoraggio tempestivo delle prestazioni e tenere conto della diversa complessità dei singoli pazienti; per secondo l'attribuzione di precise responsabilità sul versante della valutazione della qualità dell'assistenza, a livello aziendale e dipartimentale.

Le fasi di cattiva performance che le carte di controllo possono segnalare richiedono quindi un'organizzazione che intervenga in modo conseguente per analizzare le cause e correggerle.

1.14 La pratica basata su prove di efficacia

Nella medicina e in tutti gli insegnamenti delle professioni sanitarie l'approccio dominante

all'apprendimento e all'acquisizione delle competenze professionali si basava fino a qualche anno fa sulle autorità del settore. L'approccio era essenzialmente autoritario, in quanto il portatore delle conoscenze è colui che detiene l'autorità formale nel settore disciplinare. Le novità dell'attività professionale venivano valutate sulla base del buon senso, dell'esperienza clinica e dei meccanismi biologici, tutti e tre intesi come criteri unici e sufficienti ad autorizzarne l'insegnamento e l'impegno. Gli strumenti posti in essere e sviluppati rispetto a questo approccio sono sostanzialmente: gli esperti, i libri di testo e la consensus conference (conferenza di consenso).

Fino agli anni '90 viene ritenuto questo paradigma, nell'ambito della medicina, condiviso da tutti. Ma proprio agli inizi degli anni '90 si diffonde nella medicina un nuovo paradigma che afferma la necessità di basare le decisioni cliniche e assistenziali non più sul principio d'autorità, ma sulle evidenze provenienti dalla ricerca clinica e sanitaria in genere. Con la nascita del movimento Evidence-Based Medicine (EBM) inizia la costruzione del nuovo paradigma. Ben presto questo approccio si differenzia nelle diverse professioni e discipline, come l' Evidence-Based Nursing (EBN), fino a giungere all' Evidence-Based Practice (EBP) che raggruppa in un unico insieme tutte le diverse professioni e discipline che operano sinergicamente per la cura e l'assistenza del singolo paziente.

L' Evidence-Based Health Care (EBHC) fornisce un ulteriore contributo spostando l'asse di attenzione dal singolo paziente all'assistenza sanitaria per comunità e gruppi di persone, dal singolo problema clinico e assistenziale ai problemi di salute di una regione o di una nazione.

I nuovi assunti riconoscono ancora l'importanza dell'esperienza clinica, ma l'osservazione clinica deve essere svolta in modo sistematico, riproducibile e con attenzione al dato quantitativo. La metodologia della ricerca assume un ruolo fondamentale e permea tutte le attività. La conoscenza dei meccanismi biologici viene ancora ritenuta importante, ma in termini di necessità e non di esaustività: non è sufficiente per garantire la realizzazione della migliore attività sanitaria.

Il contributo maggiore al paradigma Evidence-Based è la definizione di un nuovo percorso di conoscenza che porta alla consapevolezza che la miglior pratica clinico-assistenziale deriva dall'acquisizione delle migliori evidenze possibili, basate cioè su ricerche scientifiche di buona qualità, derivanti da una precisa identificazione dei problemi di salute dei pazienti e dalla capacità di consultare la letteratura scientifica e le banche dati biomediche. In altre parole l'Evidence-Based è un processo di autoapprendimento in cui l'assistenza al paziente stimola la ricerca di informazioni clinicamente rilevanti, di tipo diagnostico, prognostico e terapeutico o relative ad altri aspetti della pratica clinica, nella letteratura biomedica. Si tratta in sostanza di identificare i problemi che si generano nell'attività quotidiana o nell'assistere un particolare paziente e nel tradurre queste incertezze in quesiti focalizzati

e ricercabili. A questo punto è possibile ricercare in letteratura, con apposite strategie, gli studi che aiutano a rispondere al quesito. Una volta recuperati gli articoli sarà necessario analizzarli criticamente e, se la ricerca lo suggerisce, adeguare la pratica clinica alle indicazioni individuate.

Un esempio di analisi dettagliata nelle singole fasi può essere così rappresentato:

- Decidere gli obiettivi della ricerca
- Identificare gli strumenti a disposizione (accesso a banche dati su cd-rom o su rete come CINAHL o Meline, o a documenti nella biblioteca dell'ospedale o azienda)
- Decidere le parole da usare, le banche dati rilevanti e il formato di stampa
- Eseguire la ricerca
- Rivedere l'elenco di articoli, testi e report trovati (usare una sola banca dati per esempio potrebbe essere limitante)
- Decidere quali pubblicazioni recuperare e cercare di procurarsele
- Leggere attentamente le pubblicazioni
- Valutare la correttezza metodologica e le implicazioni Bisogna anche tenere in considerazione il cosiddetto livello delle evidenze, ossia il tasso di credibilità scientifica dell'efficacia di un intervento. Il livello 1 corrisponde agli interventi più rilevanti per fornire le prove ai quesiti scientifici; scendendo dal 2 al 3 e via così fino al 5 che identifica i meno rilevanti, perché affetti da maggior errori sistematici. Si possono elencare in quest'ordine:
 1. Trial clinici controllati randomizzati.
 2. Trial non randomizzati o con importanti errori alfa e beta.
 3. Studi osservazionali analitici.
 4. Confronti multipli riguardanti luoghi o periodi, esperimenti non controllati.

5. Opinioni di esperti, studi descrittivi di frequenza, case report, report di serie di casi.

La definizione dei livelli si è raffinata in questi ultimi anni, apportando ulteriore differenziazione, rappresentabili nella cosiddetta piramide delle evidenze.

Nella pratica clinica quotidiana, l'accesso alle fonti di informazione biomediche e loro valutazione critica sono ostacolati da diversi fattori, i quali si concentrano all'interno della cosiddetta zona grigia. Questa è definita come la zona dove non sono reperibili evidenze sull'efficacia di un intervento assistenziale e/o delle sue alternative. In generale la delimitazione delle aree grigie non deve rappresentare un limite invalicabile ma essere un punto di partenza per la pianificazione dei futuri progetti di ricerca.

Le attività dell' EBHC, integrando le diverse componenti clinico-organizzative del sistema sanitario, la partecipazione degli utenti e le migliori evidenze recuperate dalla letteratura scientifica di valutata buona qualità, costituiscono il substrato alla realizzazione del Governo Clinico. Il confronto fra le diverse componenti clinico-organizzative avviene sulla base delle evidenze scientifiche, quando disponibili, e ricorrendo alle diverse metodiche di costruzione del consenso, quando non vi sono prove di efficacia.

Il Governo Clinico, per realizzare il suo obiettivo, non dispone, quindi, di nuovi strumenti, ma integra in una cultura, in una struttura e in una modalità di lavoro nuovo, gli strumenti fino ad ora sviluppati nel sistema sanitario con il contributo dell'EBN, dell'EBM, dell'EBHC e delle altre strutture di supporto.

1.15 La formazione continua in medicina (ECM)

L'Educazione continua in medicina (ECM) consiste in un percorso di attività formative finalizzate a sviluppare nel tempo le conoscenze, le qualifiche e le competenze degli operatori sanitari. Richiede una spinta permanente, dinamica, che rappresenta un diritto-dovere soggettivo, che attiva conoscenze, capacità, intuizioni, attitudini, esperienze, competenze, responsabilità. È un processo permanente della vita professionale, necessario a governare i problemi e i cambiamenti delle professioni sanitarie e dell'assistenza. Considerando l'insieme degli operatori di una struttura sanitaria, l'ECM è anche un requisito per lo sviluppo della qualità dell'assistenza e dell'organizzazione. In Italia l'Educazione continua in medicina è stata introdotta con il D. Lgs 229 del 1994, la cosiddetta "riforma Bindi". La necessità di rendere questo processo manifesto e di governarlo secondo finalità prestabilite è un'esigenza delle organizzazioni e del vivere sociale. L'innovazione e l'apprendimento sono elementi centrali e inestricabili dello sviluppo del servizio sanitario. La formazione continua risulta essere, quindi, non solo uno strumento fondamentale di cambiamento individuale, ma una funzione specifica del servizio sanitario stesso, indispensabile a garantire nel tempo le sue prestazioni. Nessuno può

sostenere che la formazione continua sia sufficiente di per sé a risolvere i non pochi problemi del servizio sanitario, ma tutti dovremmo considerarla un elemento necessario per dare agli operatori una sempre maggiore consapevolezza dei problemi e una più sicura padronanza della strumentazione metodologica, scientifica e tecnica. L'elaborazione del programma di ECM è stata affidata, ai sensi dell'art. 16-ter del predetto decreto legislativo, alla Commissione nazionale per la Formazione Continua, che ha il compito, tra l'altro, di "...definire i crediti formativi che devono essere maturati dagli operatori in un determinato arco di tempo..." e di "...definire i requisiti per l'accREDITAMENTO dei soggetti pubblici e privati che svolgono attività formative...".

La Commissione, costituita con decreto del Ministro della salute del 5 luglio 2000, ha ritenuto di elaborare, sulla base di precedenti esperienze europee, extraeuropee e nazionali, un programma di ECM, i cui punti salienti possono così essere riassunti:

- È rivolto a tutto il personale sanitario, medico e non medico, dipendente o libero professionista, operante nella Sanità, sia privata che pubblica; è esonerato dall'obbligo dell'ECM il personale sanitario che frequenta, in Italia o all'estero, corsi di formazione post-base propri della categoria di appartenenza.
 - I Crediti formativi ECM sono una misura dell'impegno e del tempo che ogni operatore della Sanità ha dedicato annualmente all'aggiornamento ed al miglioramento del livello qualitativo della propria professionalità. Il credito è riconosciuto in funzione sia della qualità dell'attività formativa che del tempo ad essa dedicato in ragione delle specifiche professionalità. I crediti per il primo quinquennio sono stati fissati in complessivi 150, con un obbligo progressivo di crediti da 10 per il primo anno fino a 50 per il quinto anno con un minimo annuale di almeno il 50% del debito formativo previsto per l'anno e con un massimo annuale del doppio del credito formativo previsto per l'anno. Il numero dei crediti da conseguire ogni anno e nel quinquennio è uguale per tutte le categorie. Uno stesso evento formativo, diretto a più categorie, può avere attribuito un numero di crediti differente per ciascuna categoria interessata.
- A. L'accREDITAMENTO di un evento formativo, con la relativa attribuzione dei crediti, fa rientrare lo stesso nel programma nazionale di ECM. A questo scopo vengono valutati il programma e gli altri dati forniti dall'organizzatore, assegnando il punteggio attraverso una serie di parametri di giudizio, o indicatori di qualità, quali la rilevanza delle attività didattico-formative, l'importanza degli argomenti, la autorevolezza professionale dei docenti, l'esistenza o meno di sistemi di valutazione delle attività da parte dei partecipanti, la qualità della organizzazione, la sua durata,

ecc. La Commissione nazionale, per questa valutazione, si avvale della collaborazione di esperti suddivisi per specifiche aree professionali. Gli esperti sono scelti tra operatori della Sanità che hanno accettato di collaborare in via riservata; ad essi sono trasmesse, via internet, le informazioni (fornite dagli organizzatori) relative agli eventi formativi per i quali è richiesta l'attribuzione dei crediti. Se il punteggio complessivo attribuito dagli esperti e dalla Commissione all'evento formativo avrà superato il valore minimo, allora l'evento, previo pagamento del contributo dovuto, sarà accreditato ai fini della ECM. L'accREDITamento consiste nell'assegnazione all'evento di un certo numero di Crediti formativi ECM, che sono formalmente riconosciuti ai partecipanti all'evento. È compito degli organizzatori segnalare ai partecipanti il valore dei Crediti formativi ECM assegnati dalla Commissione Nazionale e rilasciare agli stessi un attestato apposito; l'attestato deve essere conservato dall'interessato per essere presentato, ai fini della registrazione dei crediti, all'Ordine, Collegio o Associazione professionale secondo le istruzioni che indicherà la Commissione nazionale per la formazione continua.

- B. Gli eventi organizzati che possono rientrare nel programma di ECM appartengono a due grandi categorie: le attività formative residenziali e le attività formative a distanza. Le prime sono la modalità di formazione più tradizionale e diffusa e per partecipare a queste attività l'utente deve recarsi nella sede in cui esse vengono svolte. Esse consistono in: congresso/simposio/conferenza/seminario, tavola rotonda, conferenze clinico-patologiche volte alla presentazione e discussione epicritica interdisciplinare di specifici casi clinici, consensus meeting interaziendali finalizzati alla revisione delle casistiche per la standardizzazione di protocolli e procedure operative ed alla pianificazione e svolgimento di attività legate a progetti di ricerca finalizzata, corsi di formazione e/o applicazione in materia di costruzione, disseminazione ed implementazione di percorsi diagnostico-terapeutici, corso di aggiornamento tecnologico e strumentale, corso pratico finalizzato allo sviluppo continuo professionale, progetto formativo aziendale, corso pratico per lo sviluppo di esperienze organizzativo-gestionali, frequenza clinica con assistenza di tutore e programma formativo presso una struttura assistenziale.

Le attività formative a distanza, invece, consistono in programmi per i quali l'utente non deve spostarsi sul luogo di lavoro o dal domicilio, da svolgersi sia in gruppo che individualmente, usando materiale cartaceo o informatico. Per questi programmi di formazione a distanza è previsto un sistema di valutazione con un livello minimo di apprendimento; in altri termini, l'utente deve superare un "test" che comprovi il raggiungimento di un certo livello di apprendimento. L'offerta formativa che attualmente può essere accreditata nell'ambito dei processi di ECM di solito affronta temi di carattere generale, utilizza

metodi didattici passivi (lezioni, conferenze, relazioni, discussioni in cui solo pochi prendono la parola) ed è spesso lontana dal contesto organizzativo in cui operano i partecipanti.

Gli studi sull'apprendimento degli adulti mostrano che la qualità formativa è legata a tre elementi in particolare:

1. l'esistenza di concreti e specifici problemi da risolvere;
2. la possibilità di utilizzare metodi e tecniche didattiche che permettano un elevato grado di interattività e di diretto coinvolgimento;
3. contesti organizzativi favorevoli, interessati alla formazione in quanto fattore positivo di evoluzione.

La possibilità di utilizzare per l'apprendimento direttamente le strutture sanitarie, le competenze degli operatori impegnati nelle attività assistenziali e le occasioni di lavoro rappresenta un'opportunità assai fertile di formazione che è tuttora poco utilizzata. La delibera regionale 1072/2002, che avvia il sistema di ECM, propone chiaramente l'obiettivo di valorizzare la formazione sul campo (FSC) come componente essenziale dei processi di ECM. Non si tratta di una scorciatoia per accumulare crediti a buon mercato, ma anzi dell'incentivazione a rafforzare molte attività importanti anche sul piano didattico con il rigore richiesto dall'accreditamento. Non si tratta neppure di un metodo per sostituire la formazione tradizionale, che deve mantenere un suo ruolo. È, piuttosto, un modo per integrarla e per ricercare strade più efficaci.

In base a un censimento effettuato nelle Aziende sanitarie, pubbliche e private, dell'Emilia-Romagna sono state identificate le seguenti 5 principali tipologie di FSC che possono essere utilizzate per l'acquisizione di crediti validi per l'ECM:

1. attività di addestramento
2. partecipazione a commissioni o comitati
3. audit clinico
4. partecipazione a progetti di miglioramento
5. partecipazione a ricerche.

Il quadro della formazione continua delineato in questo capitolo presuppone operatori motivati e

strutture sanitarie responsabili, ma ha anche bisogno di infrastrutture dedicate alla formazione che siano competenti, accessibili e davvero in grado di supportare l'apprendimento in modo integrato con chi ha la responsabilità clinica e assistenziale. Queste strutture devono gestire la complicata macchina dell'accreditamento senza che pesi sulla qualità della formazione, devono facilitare l'utilizzazione di metodi e delle tecniche didattiche più appropriati ai diversi obiettivi, ma soprattutto devono saper collaborare per costruire una rete di competenze specifiche diffuse nelle articolazioni delle strutture sanitarie che aiuti lo sviluppo dei processi di apprendimento in modo integrato a quello delle organizzazioni.

1.16 Autonomia e Responsabilità

Non c'è una vera e propria definizione di autonomia e responsabilità infermieristica, ma essa è riconducibile all'insieme degli inquadramenti giuridici e formativi, nonché deontologici, propri della nostra professione. Inoltre è fondamentale anche considerare lo stato delle competenze di ogni singolo professionista per poter riconoscere il suo livello di autonomia e responsabilità. Infatti le competenze non sono uguali per tutti, ma vengono acquisite in base ai percorsi formativi e lavorativi. Come discusso nella prima parte, dopo la trasformazione della professione infermieristica da "professione sanitaria ausiliaria" a "professione sanitaria" con la legge 739/94, si cambia la prospettiva di responsabilità e autonomia affidata agli infermieri. Questo cambiamento si presenta quasi come una vera e propria "rivoluzione", anche considerando il riferimento alla legge 42/99, la quale, oltre a sancire l'abrogazione del mansionario, stabilisce che "...il campo proprio di attività e responsabilità delle professioni sanitarie di cui all'art. 6 comma 3, del decreto legislativo 30 dicembre 1992 n° 502 e successive integrazioni, è determinato dai contenuti dei decreti ministeriali istitutivi dei relativi profili professionali e degli ordinamenti didattici dei rispettivi corsi di diploma universitario e di formazione post-base nonché degli specifici codici deontologici, fatte salve le competenze previste per le professioni mediche e per le altre professioni del ruolo sanitario per l'accesso alle quali è richiesto il possesso del diploma di laurea, nel rispetto delle reciproche competenze". Ma per comprendere meglio bisogna definire cosa s'intende per competenze, ossia in termini di conoscenze, capacità/abilità e comportamenti costituiscono il valore aggiunto del professionista, che viene messa in atto in un determinato contesto per raggiungere un determinato scopo. Le competenze appartengono alla dimensione psicologica e non sono né comportamenti né modelli di comportamento, ma si esprimono attraverso comportamenti osservabili e misurabili. La mappatura delle competenze porta a modificare il sistema in cui è inserito il professionista perché implica l'analisi di varie coordinate: valorizzazione dell'esperienza, centralità del soggetto, centralità dell'apprendere ad apprendere e formazione intesa come processo continuo. Si passa quindi dall'insegnamento, inteso come trasferimento di conoscenze dove la figura principale è il docente,

all'apprendimento inteso come un processo che comporta un cambiamento relativamente stabile nel modo di pensare, sentire e agire, che modifica l'organizzazione di conoscenze ed esperienze e che porta all'esercizio di nuove capacità modificando l'immagine di sé e del proprio ruolo. L'apprendimento è un fenomeno emozionale e intellettuale, la cui figura centrale è il professionista che sviluppa, appunto, nuove competenze. In questo modo anche il singolo professionista godrà di maggiori garanzie sul riconoscimento della propria professionalità e avrà la possibilità di auto valutare le proprie competenze per inserirsi in percorsi formativi individualizzati e professionalizzanti. Inoltre il regolamento adottato dal DM 739/94 all'art. n. 5 sancisce che la "formazione infermieristica post base per la pratica specialistica è intesa a fornire agli infermieri di assistenza generale delle conoscenze cliniche avanzate". Una definizione ancora più esplicativa di cosa s'intende per competenza può essere quella di G. Le Boterf secondo cui la competenza "non è uno stato di o una conoscenza posseduta. Non è riconducibile né a un sapere, né a ciò che si è acquisito con la formazione. La competenza non risiede nelle risorse (conoscenza, capacità...) da mobilitare, ma nella mobilitazione stessa di queste risorse. Qualunque competenza è finalizzata (o funzionale) e contestualizzata: essa non può dunque essere separata dalle proprie condizioni di "messa in opera". La competenza è un saper agire o reagire riconosciuto. Qualunque competenza per esistere necessita del giudizio altrui".

Per classificare le competenze dobbiamo scegliere in che casella introdurle. Un'ipotesi, proposta dall'ISFOL (Istituto per la Formazione dei Lavoratori), è quella di dividerle in:

- competenze di base (quelle per l'ingresso nell'ambito lavorativo non specifiche del processo di lavoro, ma essenziali per l'accesso ad esso);
- competenze tecnico professionali (conoscenze e abilità operative collegate alla capacità di presidiare specifiche procedure di lavoro);
- competenze trasversali (un insieme di abilità di ampio spessore che sono implicati in numerosi tipi di compiti, dai più elementari ai più complessi, e che si esplicano in condizioni tra loro diverse e quindi ampiamente generalizzabili. La loro individuazione può essere frutto dell'analisi e della scomposizione dell'attività del DM n. 739 del 14 settembre 1994, Regolamento concernente l'individuazione della figura e del relativo profilo professionale dell'infermiere soggetto al lavoro posto di fronte al compito).
- La prima è alla base delle altre due, la terza presuppone le altre (vedi figura).

Possiamo identificare nelle competenze trasversali quelle comunemente chiamate metacompetenze, ovvero quelle competenze che ci consentono di usare le altre, cioè quei saperi per il trasferimento degli stessi. Il concetto di metacompetenze finisce per configurarsi nei termini della capacità, propria di ogni individuo, di adattarsi e riadattarsi alle dinamiche evolutive del suo sistema ambientale e relazionale di riferimento, costruendo e trasformando continuamente i propri modelli di conoscenza e d'azione.

Alla luce di quanto affermato fino a qui, per determinare i livelli di accettazione di responsabilità, di autonomia e di progettazione, dobbiamo differenziare il livello professionale, richiamandoci alle competenze. Così avremo l'infermiere generalista, l'infermiere con competenze esperte e l'infermiere con competenze avanzate.

L'infermiere generalista (IG), in base alla precedente definizione dell'ISFOL, sarà sicuramente in possesso delle competenze di base e di quelle trasversali, che riguardano essenzialmente gli apprendimenti organizzativi, il funzionamento dei contesti produttivi, le procedure, le regole formali ed informali, il clima, il sistema premiante esplicito ed implicito, le comunicazioni, gli stili operativi e di leadership, ecc.. Inoltre sarà in possesso di quelle competenze tecnico professionali proprie di un professionista fornite dallo specifico corso di laurea.

Il passaggio al livello d'infermiere con competenze esperte (ICE) avviene solitamente dopo almeno cinque anni di pratica, ma questo non è sempre così in tutti i professionisti. L'ICE acquisisce competenze esperte nel momento in cui la competenza esperta è determinata dalla padronanza delle basi scientifiche e tecniche della professione e dalle condizioni di lavoro. Quindi l'ICE applica nell'agire professionale la sua perizia, ossia l'insieme delle cognizioni tecniche che sono state acquisite sia attraverso lo studio che tramite l'esperienza e tali da consentire l'esecuzione di prestazioni secondo le regole d'arte, con un livello di successo superiore alla media. Questo aspetto ha ricadute importanti in relazione alla valutazione della colpa professionale.

Infatti particolare rilevanza è attribuita, dalla giurisprudenza, al concetto di perizia (e di conseguenza all'imperizia) intesa come complesso di regole tecniche e professionali espresse dal livello medio della categoria di appartenenza. La valorizzazione di tale concetto risulta, tra l'altro, strumentale al fine del riconoscimento di un dovere di aggiornamento costante del professionista, posto che tale standard medio deve, per forza di cose, essere quello derivante da conoscenze aggiornate e tecnicamente apprezzabili. Quindi possiamo considerare con il termine esperto colui che fornisce prestazioni superiori. Osservando la prestazione di un esperto si è tentati di pensare che questa non richieda sforzi e di spiegare questo fatto con l'esistenza di talenti speciali, mentre in realtà l'ICE ha acquisito una perfetta padronanza nell'agire. Possiamo definire come padronanza le forme esperte e consolidate di

competenze, classificabili come tali in virtù della loro capacità di adattarsi e rispondere adeguatamente anche in situazione di significative variazioni del contesto in cui sono adottate.

Utilizzando la classificazione di competenze dell'ISFOL, inseriamo nell'ICE quelle già possedute dall'IG (competenze di base, tecnico professionali e trasversali) con però l'aumento di quelle tecnico professionali e trasversali, capaci di trasformare l'agire del nostro infermiere in un agire esperto.

Solo dopo essersi inserito in un percorso formativo ad hoc il nostro collega con competenze esperto diviene infermiere con competenze avanzate (ICA). Tra questi percorsi possiamo sicuramente citare sia i master universitari di I livello che la laurea magistrale. Per definire le competenze dell'ICA dobbiamo creare un giusto mixage di competenze "altre", ossia un insieme di competenze manageriali e metacompetenze, che si inseriscono sul pool di competenze esperte. Fornire allo studente solo formazione manageriale non trasformerebbe questo in ICA, così come offrirgli solo formazione tecnica. Ed è quindi la loro unione che consente di produrre un ICA.

Questo collega dovrà possedere tutti e tre i gruppi di competenze viste dall'ISFOL; infatti queste non debbono essere possedute esclusivamente da chi sceglie di percorrere una strada nel coordinamento o direzione, bensì sono il necessario bagaglio di ogni leader, quindi anche di un clinical leader. A questo livello di definizione delle varie competenze, risulta lecito immaginare quale sia la condizione in cui si viene a trovare il nostro collega ICA, formato con un addestramento specifico nell'ambito dell'emergenza, di fronte all'eventualità di reale pericolo di vita del paziente, in assenza di un medico responsabile. Il quesito che ci poniamo è sul come potrà attivarsi con manovre considerate da sempre di totale ed esclusiva competenza medica (come ad esempio l'infusione di farmaci, l'intubazione o la cricotiroidotomia d'urgenza) nel tentativo di salvare la vita del paziente: questo sarà considerato perseguibile giuridicamente? Il DPR 27 marzo 1992, "atto di indirizzo e coordinamento delle regioni per la determinazione dei livelli di assistenza sanitaria di emergenza", stabilisce che nell'ambito del servizio d'emergenza il personale infermieristico può essere autorizzato a praticare farmaci per via endovenosa ed a "svolgere altre attività e manovre atte a salvaguardare le funzioni vitali previste dai protocolli decisi dal medico responsabile del servizio". Da ciò sembra potersi evincere che, nell'ambito appunto di protocolli approvati dal responsabile del servizio, il personale infermieristico sia legalmente autorizzato ad effettuare manovre definibili come "avanzate".

A questo punto diventa spontaneo porsi un'altra domanda: come dovrebbe comportarsi l'infermiere in possesso di competenze avanzate qualora dovessero mancare i protocolli in grado di autorizzarlo a praticare questo tipo di manovre? Probabilmente si può rispondere a ciò solamente facendo riferimento

al piano dell'etica e della deontologia professionale che, insieme ad un altro concetto, quello della responsabilità, sono insiti all'interno dei fondamenti normativi citati prima.

È estremamente importante pensare che chi acquisisce delle professionalità e si addestra periodicamente per mantenerle e migliorarle, debba poi risponderne di fronte al paziente che gli si affida. Il professionista, e quindi anche l'infermiere, deve, responsabilmente, sapere valutare quando fermarsi, conoscere i propri limiti e ciò che sa fare e metterlo in pratica con sicurezza senza timore di sanzioni. Nelle situazioni in cui è in pericolo la vita del paziente, ed è necessario prendere delle decisioni in tempi rapidi, la formazione e l'addestramento diventano aspetti prioritari della professione. Del resto saper fare determinate manovre comporta, di pari passo, un aumento delle proprie responsabilità, alle quali si sarebbe senza dubbio chiamati a rispondere qualora ci si trovasse di fronte alla magistratura inquirente.

Ancora di più sarebbe difficile dover rispondere alla propria coscienza se, di fronte a situazioni estremamente stressanti e coinvolgenti, quale può essere l'arresto cardiaco di un paziente, sapendo di possedere determinate competenze, si scegliesse di non agire per timore di essere poi, nell'immediato futuro, giudicati negativamente da colleghi e medici.

È comunque importante e necessario tenere a mente cosa comporta l'acquisizione di autonomia e quindi l'aumento di responsabilità.

Come sempre accade oltre agli "onori", aumentano anche gli "oneri", in quanto dietro al concetto di autonomia non vi può che essere ricollegato il concetto di responsabilità diretta e l'infermiere è pertanto tenuto ad una diligenza fortemente caratterizzata dalla qualifica specialistica acquisita dopo l'abrogazione del mansionario.

Sul concetto di responsabilità professionale è quindi doveroso esprimere alcune considerazioni. La responsabilità è strettamente collegata all'autonomia professionale. La legislazione che regola la professione dell'infermiere prevede, infatti, la facoltà, ed in taluni casi l'obbligo, di prendere iniziative e decisioni nel quadro della competenza specifica riconosciuta; questa autonomia comporta che, in caso di violazione degli obblighi professionali, l'infermiere è chiamato a rispondere del danno da lui prodotto con le sue azioni od omissioni.

La responsabilità professionale dell'infermiere, come di qualunque operatore nella sanità sia esso medico, sia tecnico sanitario riguarda i tre ambiti: penale, civile e disciplinare.

In ambito penale il diritto elenca in modo tassativo quali comportamenti sono puniti con la sanzione di

una pena e questi comportamenti configurano il concetto di “reato”, cioè un “..comportamento umano che si attua mediante una azione od omissione” per il quale la legge stabilisce una pena; ed è importante la problematica relativa all’azione o omissione in quanto stabilisce di fatto che in alcuni casi vi è l’obbligo di intervenire per scongiurare situazioni più gravi.

Nel comportamento umano vi può essere il “dolo” che si caratterizza per la volontarietà della condotta offensiva e questa fattispecie, a rigore di logica dovrebbe poco interessare l’attività professionale, mentre fattispecie più ricorrente è quella della “colpa” che invece si caratterizza per la non volontà di compiere una determinata azione o non azione.

La stessa colpa, che come abbiamo segnalato sarà sicuramente più frequente del dolo, ha diverse gradazioni: negligenza (trascuratezza, mancanza di diligenza), imperizia (insufficiente preparazione e capacità professionale), imprudenza (comportamento avventato, cattiva valutazione delle possibili conseguenze) e preterintenzione (quando il soggetto compie un’azione il cui “risultato” è oltre l’intenzione posta in essere).

Non ci dilunghiamo sulle diverse fattispecie in quanto la loro gravità è direttamente proporzionale all’ordine in cui sono riportate ed è facilmente evincibile dal concetto espresso. In ambito civile, fermo restando che si risponde con le stesse caratteristiche dinanzi riportate, riguardo al dolo ed alla colpa c’è da rilevare che siamo in un ambito di natura privatistica con finalità di difesa degli interessi privati e la reintegrazione del diritto leso per cui bisogna far riferimento all’art. 2043 del Codice Civile (c.c.): “...qualunque fatto doloso o colposo che causa ad altri un danno ingiusto, obbliga colui che ha commesso il fatto a risarcire il danno...”. Infine, in ambito disciplinare, possiamo far riferimento sia a responsabilità “amministrativo” disciplinare per i professionisti dipendenti (contratto di lavoro), sia a quelli di tipo “ordinistico” disciplinare per i liberi professionisti che nel caso di specie è il Codice deontologico.

In tema di responsabilità, quindi, la professione infermieristica rientra nel disposto dell’art. 2229 del c.c. come professione intellettuale, cioè attività da esercitare solo dopo l’iscrizione in un apposito albo professionale.

Non riteniamo di entrare nello specifico delle limitazioni delle responsabilità civili “soggettive” e “oggettive” (art. 2236 del c.c.): il Codice Civile stabilisce che “...se la prestazione implica la soluzione di problemi tecnici di speciale difficoltà, il prestatore d’opera non risponde dei danni se non in caso di dolo o colpa grave...”. Ci limitiamo a segnalare che vi è una graduazione delle sanzioni che vanno da quelle disciplinari (D.Lgs. n. 29/93 e CCNL 1995), al rimprovero verbale, a quello scritto (censura), alla

multa con importo non superiore a 4 giornate lavorative, alla sospensione dal lavoro e dalla retribuzione fino a un massimo di 10 giorni, sino al licenziamento con preavviso, o addirittura al licenziamento senza preavviso.

Quindi l'autonomia decisionale è una conquista importante, che non può ovviamente prescindere da una "responsabilità" personale che si traduce in un comportamento corretto e coscienzioso nei confronti del paziente.

CAPITOLO 2

2. La pericolosità da valanga calcolata e visualizzata

I bollettini valanghe informano sul pericolo di valanghe in maniera qualitativa, iconografica e testuale, senza un'evidenza geografica dettagliata delle zone realmente pericolose. Nel tentativo di superare questa limitazione, è stato sviluppato un modello numerico per visualizzare e quantificare automaticamente le zone pericolose previste dagli esperti, offrendo loro un supporto oggettivo. Il modello, infatti, calcola la predisposizione al distacco di valanghe a lastroni secondo le condizioni nivometeorologiche del momento. I parametri del modello, frutto dell'estensione di un algoritmo esistente, sono stati determinati analizzando i bollettini e mediante un'indagine rivolta a professionisti del settore. Sono stati integrati la stabilità del manto nevoso, le esposizioni e le quote ritenute più pericolose, e una maschera della copertura nevosa dai limiti variabili; inoltre, il modello calcola la frazione dei pendii ripidi più pericolosi in un'area. I casi di studio riportati illustrano le differenze rispetto al modello originale. Non sono tuttavia considerate le valanghe a debole coesione, né lo studio reologico della dinamica delle valanghe: in futuro, la ricerca dovrebbe integrare questi fattori e, migliorati i parametri ed effettuate più simulazioni, il modello andrà validato per renderlo pienamente operativo.

2.1 Le valanghe hanno da sempre rappresentato un pericolo per l'uomo

Negli ultimi anni, con la maggior frequentazione della montagna a scopo ricreativo, ad ogni stagione invernale veniamo puntualmente raggiunti da notizie di incidenti dovuti a valanghe. Nel marzo 2016 sei scialpinisti persero la vita nelle Alpi Pusteresi; nel gennaio 2017, una grande valanga seppellì l'Hotel Rigopiano, in comune di Farindola (Pescara), col tragico bilancio di 29 morti. Solo per citare due casi di grande risonanza mediatica. Ci si potrebbe domandare: «possibile che nessuno gli abbia avvisati? Non hanno letto le previsioni?».

Purtroppo non è così semplice. . . Sebbene le valanghe siano degli eventi deterministici, ancor oggi non è possibile prevedere se, dove e quando avverrà un distacco.

Durante il tirocinio che ho svolto presso l'ufficio valanghe della Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia è sorta l'idea, grazie al coordinatore Daniele Moro, di sviluppare uno strumento per consentire ai previsori valanghe di visualizzare la pericolosità da valanga in maniera più dettagliata rispetto a come viene fatto negli attuali bollettini.

2.2 Motivazioni e scopi

I bollettini di avviso valanghe sono strumenti per informare ed allertare qualsiasi soggetto potenzialmente esposto al pericolo di valanghe.

I bollettini valanghe in Europa sono formati, generalmente, da una parte iconografica ed una testuale, con simboli e glossario uniformi e condivisi tra i servizi di avviso valanghe europei (European Avalanche Warning Services, EAWS). L'informazione più importante del bollettino è quella sul pericolo di valanghe, informazione sintetizzata dal grado di pericolo della scala europea del pericolo da valanga, in maniera generalmente iconografica. La parte testuale riporta informazioni scritte riguardanti, ad esempio, quote, versanti, esposizioni geografiche e morfologie critiche per il distacco di valanghe per un certo territorio in un dato momento.

Tuttavia, queste aree vengono solamente espresse a parole ed il grado di pericolo, uniformemente assegnato ad un'area estesa, non consente di localizzare le zone pericolose. In altre parole: non vi è evidenza geografica di pendii, esposizioni e quote identificate come potenzialmente pericolose, né esiste una loro quantificazione numerica, rimanendo queste informazioni espresse in maniera iconografica e testuale.

2.3 Stato dell'arte

Attualmente i previsori dei servizi di avviso valanghe si basano in gran parte sulla propria esperienza e non esiste un modello che consenta loro di calcolare e visualizzare geograficamente le aree pericolose da essi previste nei bollettini.

La Struttura stabile centrale per l'attività di prevenzione del rischio da valanga (ufficio valanghe) proprio della Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia ha espresso l'esigenza di visualizzare e calcolare tali aree per supportare il compito dei previsori.

2.4 Valanghe

2.4.1 Definizione

Esistono diverse definizioni del termine valanga.

Il vocabolario scrive: «massa di neve che, staccatasi dall'alto di un pendio e rotolando verso il basso, assume dimensioni sempre maggiori trascinando e sommergendo quanto incontra lungo il percorso».

L'utilizzo di pendio sembra circoscrivere l'evento ad ambienti naturali; tuttavia, una valanga può mantenere le stesse dimensioni durante il suo percorso e non rotolare affatto.

McClung e Schaerer [1996] definiscono valanghe come «masse di neve in caduta, a volte contenenti rocce, terra o ghiaccio». Questa definizione, di carattere volutamente molto ampio, comprende sia le gigantesche valanghe himalayane, che la caduta a terra di neve da un tetto: entrambe sono infatti masse di neve in caduta.

Schweizer, Jamieson e Schneebeli [2003] offrono invece questa definizione:

Le valanghe sono masse nevose che discendono rapidamente pendii scoscesi. Possono contenere rocce, terra, vegetazione, o ghiaccio.

L'avverbio rapidamente è importante, in quanto caratteristica peculiare delle valanghe: la durata del movimento di una valanga è dell'ordine dei secondi. Esistono movimenti, sempre di masse nevose, che possono tuttavia durare mesi, come la reptazione del manto nevoso.

A volte, con una sineddoche, capita di impiegare il termine valanga per riferirsi all'intero processo di movimentazione delle masse nevose, o al loro accumulo.

Ad esempio, la Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe (CLPV), non è una carta dove sono riportate delle masse nevose, bensì una carta dove viene cartografato l'intero perimetro interessato dal loro movimento.

I termini slavina e lavina vengono considerati sinonimi di valanga e identificano il medesimo fenomeno naturale.

Il termine massa va qui inteso nell'accezione di insieme di materia di forma non definita, considerata un tutto unico. Altrimenti, con l'accezione fisica di quantità di materia si può ottenere un bizzarro sillogismo. . .

Una massa di neve in caduta è una valanga; una nevicata è una massa di neve in caduta; una nevicata è una valanga.

Zona	Criterio	Caratteristiche	Denominazione
Distacco	Modalità d'innescio	Da un punto	Val. a debole coesione
		Da una linea	Valanga a lastrone
	Posizione strato debole	Nel manto nevoso	Valanga di superficie
		Al suolo	Valanga di fondo
	Acqua liquida nella neve	Assente	Valanga di neve asciutta
		Presente	Valanga di neve bagnata
Scorrimento	Morfologia del percorso	Pendio aperto	Valanga non confinata
		Gola o canalone	Valanga incanalata
	Forma del movimento	Nube di neve polverosa	Val. di neve polverosa
		Scorrimento al suolo	Valanga radente
Accumulo	Scabrezza in superficie	Grossolana	Accumulo grossolano
		Fine	Accumulo fine
	Acqua liquida nella neve	Assente	Accumulo di val. asciutta
		Presente	Acc. di val. bagnata
	Altri materiali	Non apparenti	Valanga pulita
		Detriti rocciosi, terra, rami, alberi	Valanga contaminata

Tabella 1: Classificazione morfologica delle valanghe

Classificazione: Ogni valanga presenta una zona di distacco, una di scorrimento ed una di accumulo. La zona di distacco è l'area in cui la neve instabile si frattura e comincia a muoversi. La zona di scorrimento è l'area sottostante la zona di distacco che collega quest'ultima con l'area dove si accumula la valanga. La zona di accumulo (o deposito) è l'area dove avviene una rapida decelerazione, la neve si accumula e la valanga si arresta.

Basandosi su queste tre zone, la Commissione Internazionale Neve e Ghiaccio dell'unesco ha classificato le valanghe secondo criteri morfologici (tab.1): vengono considerati, tra gli altri, il meccanismo d'avvio (cioè il tipo di distacco), la forma di movimento, il contenuto di acqua nella neve e la posizione della superficie di scorrimento. Questa classificazione è illustrata graficamente dalla figura 3. Viene ora approfondita la suddivisione delle valanghe secondo il tipo di distacco: valanghe a debole coesione e valanghe a lastroni.

2.4.2 Valanghe a debole coesione

Una valanga di neve a debole coesione (fig. 4) prende avvio da un punto situato in uno strato superficiale del manto; la neve, che può essere sia asciutta che bagnata, ha una coesione bassa o nulla. Il meccanismo iniziale del collasso è analogo allo scivolamento rotazionale di sabbie o suoli

senza coesione, ma avviene con volumi minori ($< 1 \text{ m}^3$) rispetto a quelli necessari per l'innescare di frane.

Le valanghe a debole coesione si formano negli strati superiori e all'inizio trascinano con sé neve in superficie. Iniziato lo scorrimento della valanga, la neve degli strati interni, soprattutto se bagnata, può mettersi in movimento assieme a quella di superficie.

Le valanghe di neve bagnata a scarsa coesione possono essere molto più grosse di quelle a neve asciutta.

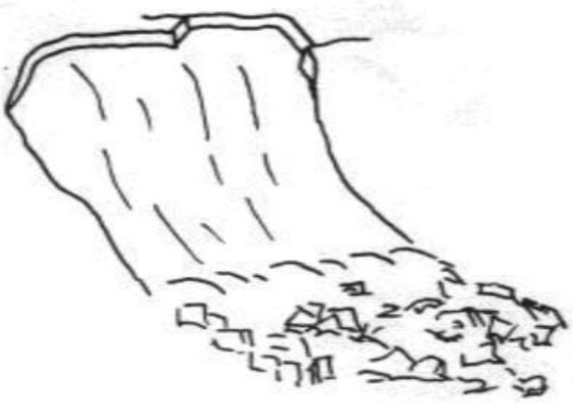
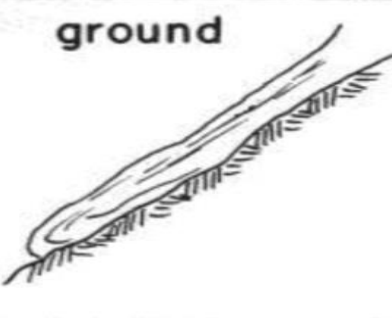
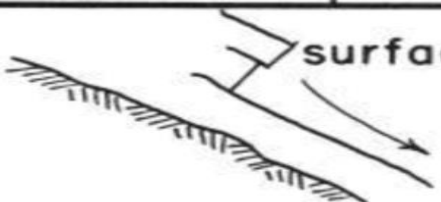
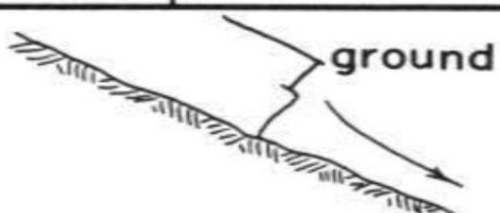
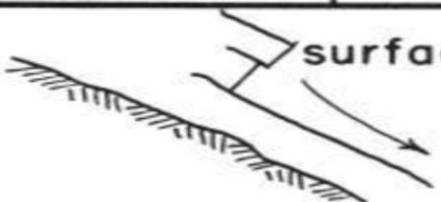
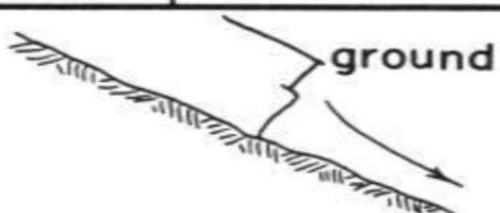
type of release	slab		loose snow	
				
motion	air		ground	
				
free water	dry		wet	
				
sliding base	surface		ground	
				

Figura 3: Classificazione delle valanghe. Secondo il tipo di distacco (type of release), si hanno valanghe a lastrone (slab avalanche) o a debole coesione (loose snow avalanche); secondo il movimento (motion), valanghe polverose (air), radenti il terreno (ground) o miste (mixed); secondo il contenuto di acqua (free water), valanghe asciutte (dry), bagnate (wet), ed

eventualmente umide (damp); secondo la superficie di scorrimento (sliding base), valanghe di superficie (surface) o di fondo (ground)



Figura 4 : Debole coesione



Figura 5 : Lastrone

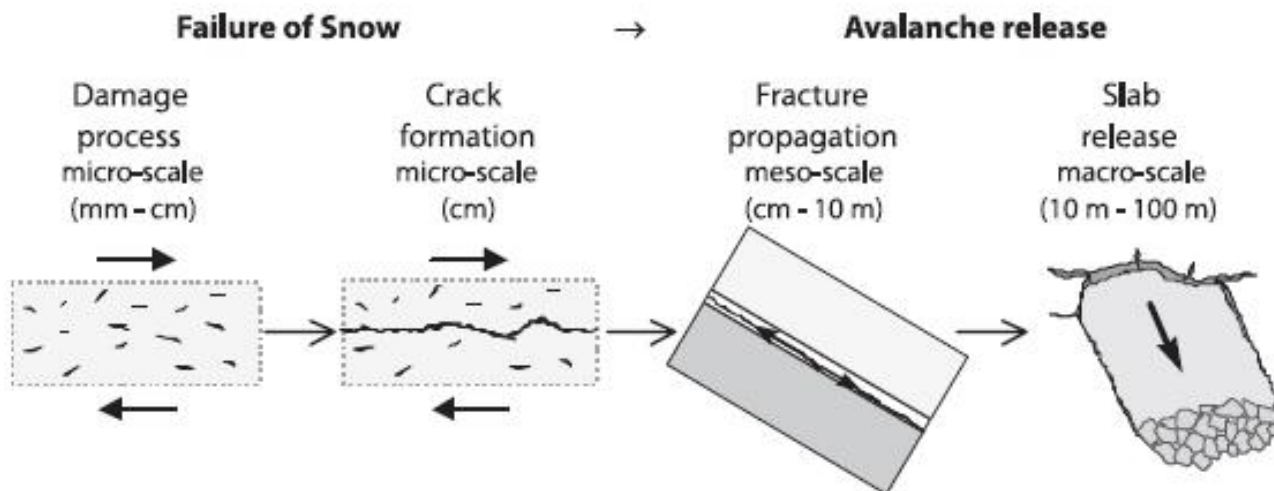


Figura 6 : Valanghe secondo il tipo di distacco. Modello concettuale del distacco di una valanga a lastrone di neve asciutta. Il collasso della neve (failure of snow) inizia con un processo di danno (damage process) alla micro-scala che forma una fessura (crack formation). Il distacco della valanga (avalanche release) avviene grazie alla propagazione della frattura (fracture propagation) generata nelle fasi precedenti, portando infine al distacco del lastrone (slab release).

2.4.3 Valanghe a lastroni

Una valanga a lastroni (fig. 5), la più pericolosa per l'incolumità delle persone, è causata dal distacco di un lastrone coeso su un esteso piano stratigrafico di debolezza; un esempio di strato debole è la brina di superficie prodotta durante una notte fredda ed inglobata nel manto da una nevicata. Nella figura 7 è schematizzato il processo di collasso della neve che porta al distacco di una valanga a lastroni.

Il rapporto osservato tra larghezza e spessore di un lastrone varia tra 10 e 10:3, ciò vuol dire che un lastrone alto 50 cm può essere largo da 5 a 500 m. Lo spessore di un normale lastrone è mediamente < 1 m, in un campione di 193 misurazioni, ha rilevato uno spessore massimo di 4.2 m ed uno minimo di 0.08 m.

Questo genere di valanghe presenta analogie col collasso planare di pendii rocciosi, come ad esempio la frana del monte Toc del 1963 nell'invaso del Vajont: in entrambi i casi, il movimento non avviene per ribaltamento rotazionale, bensì per scivolamento planare.

Inoltre, sia per questo tipo di frane che per le valanghe a lastrone, è necessaria la presenza di uno strato di debolezza per innescare il movimento.

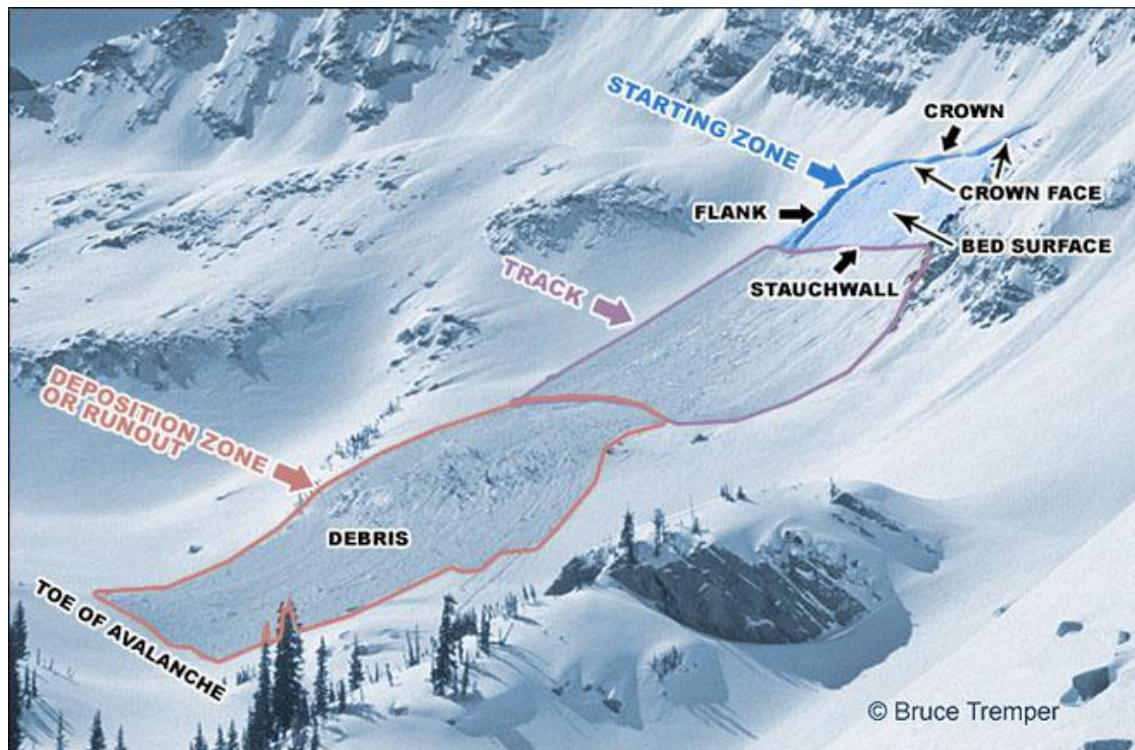


Figura 7: Zonizzazione di una valanga a lastrone. Essa prende origine da una zona d'avvio (starting zone) dove si possono riconoscere un coronamento (crown) e la sua fronte (crown face), una superficie di scorrimento (bed surface), un fianco (flank) ed un piede del lastrone (Stauchwall), il limite inferiore della zona di distacco; la valanga prosegue lungo un percorso (track) e si esaurisce in una zona di deposizione o fine corsa (deposition zone or runout), composta dall'accumulo (debris) e dal piede della valanga (toe of avalanche)

Le principali zone di una valanga a lastroni, coerenti con la letteratura scientifica, sono schematizzate nella figura.

Il distacco di una valanga a lastrone può avvenire per:

1. rapido sovraccarico della superficie (persone, esplosivi. . .);
2. sovraccarico graduale ed uniforme (es. precipitazioni);
3. modifiche delle caratteristiche del manto, senza sovraccarico (es. riscaldamento della superficie).

La differenza principale tra questi meccanismi è la maggior o minor importanza del sovraccarico a provocare il distacco.

Il sovraccarico è qualunque forza che grava sul manto nevoso: può essere rappresentato da un animale, un masso che cade, uno scialpinista in salita. Tutti questi sovraccaricano il manto

proporzionalmente alla propria forza-peso. Lo stesso peso della neve superficiale grava sugli strati sottostanti del manto e, secondo l'acclività del pendio, favorisce maggiormente la componente normale o la componente tangenziale del vettore forza-peso. La prima determina la compressione (assestamento) del manto, la seconda è la deformazione di taglio. I veri responsabili della formazione delle valanghe sono quest'ultima e le sollecitazioni di taglio: esse sono le forze destabilizzanti, mentre le forze normali di compressione (assestamento) contribuiscono alla stabilità del manto. Föhn [1987] ha formalizzato questi concetti formulando un indice di stabilità S corretto secondo l'equazione

$$S = \frac{\tau_s}{\tau_{xz}} = \frac{2(c + \tan \phi \sigma_z)}{\rho g h \cdot \sin 2\psi}$$

dove τ_s è la resistenza media al taglio dello strato più debole, τ_{xz} la componente dello sforzo di taglio parallela al pendio, c la resistenza al taglio misurata (coesione, in Pa), ϕ l'angolo di attrito interno dello strato più instabile, ρ la densità della neve, ψ l'angolo d'inclinazione del pendio e $\sigma_z = \rho g h \cdot \cos \psi$ la pressione normale al pendio. Lo stesso Föhn [1987] ha definito un ulteriore indice di stabilità S_0 che integra l'influenza di sovraccarichi esterni secondo l'equazione

$$S' = \frac{\tau_s}{\tau_{xz} + \Delta \tau_{xz}}$$

dove $\Delta \tau_{xz}$ è il massimo sforzo di taglio nello strato debole a causa di sovraccarichi esterni.

Gaume et al. [2016] hanno proposto, per le valanghe provocate da sciatori, un nuovo indice di stabilità S_p che considera non le tensioni, bensì le lunghezze per l'avvio e la propagazione della frattura secondo l'equazione

$$S_p = \frac{a_c}{l_{sk}}$$

dove a_c è la lunghezza critica della frattura per la sua propagazione e l_{sk} è la lunghezza della frattura provocata dallo sciatore. Alti valori di l_{sk} e/o bassi valori di a_c portano a bassa stabilità e viceversa.

I fattori che influenzano tanto il rafforzamento quanto il sovraccarico del manto nevoso sono le caratteristiche del terreno, quali acclività ed esposizione dei pendii, altitudine, presenza di bosco e scabrezza del terreno, e fattori meteorologici come le precipitazioni (in particolare la nuove nevicate), il vento e la temperatura. Si rimanda all'appendice A per approfondimenti.

Una precisazione riguardo al distacco: con un manto nevoso particolarmente instabile, è possibile provocare il distacco a distanza di un lastrone anche quando ci si trova fuori dal suo perimetro, ad esempio su una superficie piana o poco inclinata. Sono frequenti casi di valanghe a lastroni provocate da sciatori che percorrono una zona apparentemente sicura, a poi la frattura per trazione si verifica a monte di costoro: questo significa che il cedimento interno si è propagato verso l'alto.

2.5 Bollettino valanghe

Il bollettino valanghe è uno strumento informativo.

Esso ha le caratteristiche tipiche di un avviso: indica infatti il pericolo di valanghe in un determinato territorio e fornisce al pubblico un quadro sinottico dell'innevamento, dello stato del manto nevoso e delle condizioni meteorologiche [AINEVA 2011]. Se intercorre più di un giorno tra l'emissione di due bollettini, possono essere riportate delle previsioni sull'andamento del pericolo; la previsione viene effettuata su base meteorologica, ipotizzando il possibile sviluppo del manto nevoso.

Il bollettino si rivolge a tutte le persone che possono essere esposte al pericolo A chi di valanga e/o sono responsabili della sicurezza di altre persone: residenti in centri si rivolge abitati di montagna, personale dei servizi di sicurezza degli impianti di risalita, guide alpine, personale del soccorso, sciatori, scialpinisti, alpinisti.

Precisazione: Si definisce pericolo l'evento calamitoso che può colpire una certa area. Un terremoto, un'eruzione vulcanica, una frana, una valanga. . . rappresentano dei pericoli. Il pericolo viene descritto dalla probabilità che l'evento si verifichi (pericolosità) e dalle sue dimensioni previste [SLF 2015]. Il rischio rappresenta le possibili conseguenze del pericolo, cioè il danno che si può attendere (effetto) : il rischio dipende dalla pericolosità dell'evento e dalla vulnerabilità del sistema. Per questo, il rischio presuppone l'esistenza di persone o beni esposti al pericolo [SLF 2015].

Il bollettino valanghe descrive il pericolo, cioè il solo fenomeno naturale, e la sua probabilità di accadimento (pericolosità), non il rischio.

Storia I primi bollettini valanghe d'Europa furono emessi in Svizzera nel 1936 dalla Federazione svizzera di sci, basandosi su osservazioni della Commissione per lo studio della neve e delle valanghe. Nel 1945 [SLF 2015] il servizio di prevenzione valanghe, e con questo l'emissione dei bollettini, passò all'Istituto per lo studio della neve e delle valanghe SLF (wsl — Institut für Schnee- und Lawinenforschung slf) di Davos, tutt'ora uno dei massimi centri di riferimento in questo campo.

In Italia, la pubblicazione sistematica dei bollettini valanghe iniziò nell'autunno del 1967 ad opera della Commissione neve e valanghe del Club Alpino Italiano (cai); nel 1969, con l'istituzione del Servizio Valanghe Italiano del cai, venne pubblicato il primo bollettino valanghe nazionale [Silvestri 1973]. Nel 1983 venne fondata l'Associazione Interregionale di coordinamento e documentazione per i problemi inerenti alla neve e alle valanghe (AINEVA); da allora, l'AINEVA coordina il lavoro dei centri regionali e provinciali che si occupano di pericolo valanghe ed emettono i bollettini.

2.5.1 Contenuti

Il bollettino funge da base per valutare il pericolo di valanga. I suoi contenuti sono strutturati secondo la piramide dell'informazione (fig. 1.5): dapprima vengono fornite le informazioni più semplici e rilevanti (grado di pericolo, punti pericolosi. . .) e successivamente quelle più specialistiche e dettagliate.



Figura 8: «I contenuti del bollettino valanghe sono strutturati secondo la piramide dell'informazione: l'importante innanzitutto. Con i livelli successivi aumenta il dettaglio dell'informazione.» [SLF 2015]

Le informazioni contenute nel bollettino valanghe riguardano [SLF 2015]:

- 1) il pericolo di valanghe, espresso da
 - i) grado di pericolo
 - ii) parti del terreno più pericolose
 - iii) problema principale (neve fresca, neve ventata, . . .)
 - iv) descrizione scritta dettagliata;
- 2) la struttura e la stabilità del manto nevoso;
- 3) le condizioni meteorologiche.

Il contenuto più importante è l'informazione sul pericolo valanghe (punto 1 dell'elenco). Esso descrive la probabilità di distacco e la possibile entità di una valanga in una regione.

L'elenco sopra riportato è di carattere generale; a seconda dell'ente e delle circostanze al momento dell'emissione, non è necessario che tutti i punti siano contemporaneamente presenti. Alcuni bollettini presentano il solo grado di pericolo per una regione, le quote e le esposizioni critiche, e poche altre indicazioni, mentre altri possono presentare una sola parte testuale. A tal proposito, sono stati effettuati studi di scienza della comunicazione per individuare il metodo ottimale di rappresentazione epistolare e grafica dei contenuti del bollettino: è emerso che le persone sono propense a cogliere immediatamente un messaggio visivo ed a leggere poco il testo. La base informativa del bollettino è costituita da dati meteorologici e nivologici Base rilevati manualmente e/o automaticamente, profili stratigrafici e test di stabilità del manto nevoso, previsioni meteorologiche, segnalazioni di distacchi e riscontro sulla valutazione del pericolo da parte di scialpinisti e simili. La terminologia dei bollettini è condivisa tra i servizi valanghe europei [EAWS Terminologia 2003]. Il glossario multilingue dei vocaboli più usati nei bollettini valanghe, rifatto nel 2015, è consultabile all'indirizzo www.avalanches.org alla pagina Glossary (ultima consultazione il 10 marzo 2017).

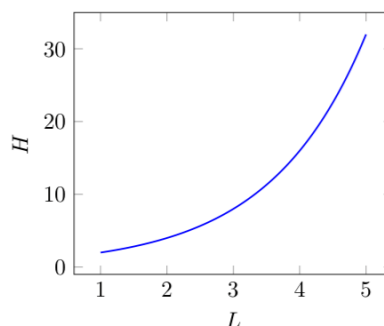


Figura 9: Crescita esponenziale: la pericolosità H all'aumentare del grado di pericolo L. (in percentuale) raddoppia

2.5.2 Grado di pericolo

Al VI convegno EAWS di Wild Kreuth (Baviera, aprile 1993) i rappresentanti di La scala euroAustria, Francia, Germania, Italia, Spagna e Svizzera, adottarono una scala unificata per il pericolo di valanga che rispondesse alle esigenze di omogeneità e confrontabilità del pericolo di valanga dell'informazione nivometeorologica: la scala europea del pericolo da valanga (tab.1).

La scala è stata perfezionata durante gli incontri del 2001, 2003 e 2005, specialmente per uniformare la terminologia e le procedure da adottare per i bollettini (vedi EAWS 2003). Nel 1994 la scala è stata introdotta anche in Canada e negli Stati Uniti d'America [Statham et al. 2010]. Essa è divisa in cinque gradi di pericolo:

Cinque gradi di pericolo

- 1-debole
- 2-moderato
- 3-marcato
- 4-forte
- 5-molto forte

La pericolosità H non cresce linearmente col grado di pericolo L [AINEVA 2011], bensì in maniera esponenziale (fig. 1.6). La base dell'esponente non è stata ben definita, ma nella pratica si assume che la pericolosità raddoppi col grado di pericolo ($H = 2^L$). I fattori influenti, la determinazione e la validazione del grado di pericolo possono essere consultati nell'appendice.

Il grado mediano 3-marcato esprime una situazione di pericolosità superiore, già critica per i fenomeni valanghivi ed i fattori predisponenti il distacco. Per questo motivo, nel 2010, si propose di ridenominare il grado 5 da “molto forte” a “estremo”, similmente alla scala di pericolo attualmente in uso in America del nord, ma il cambiamento non venne effettuato [EAWS 2010].

Grado	Simbolo	Colore	Stabilità del manto nevoso	Probabilità di distacco	Condizioni* e indicazioni per gli sciatori fuori pista
5 molto forte			Il manto nevoso è in generale debolmente consolidato e per lo più instabile.	Sono da aspettarsi molte grandi, e talvolta anche molto grandi valanghe spontanee, anche su terreno moderatamente ripido.	Condizioni molto sfavorevoli. Rinnuncia raccomandata.
4 forte			Il manto nevoso è debolmente consolidato sulla maggior parte dei pendii ripidi.	Il distacco è probabile già con debole sovraccarico su molti pendii ripidi. In alcune situazioni sono da aspettarsi molte valanghe spontanee di media grandezza, e talvolta anche grandi valanghe.	Condizioni sfavorevoli. È necessaria molta esperienza nel giudicare la situazione sul fronte valanghe. Limitarsi a zone moderatamente ripide; attenzione anche alle zone di deposito delle valanga.
3 marcato			Il manto nevoso presenta un consolidamento su molti pendii ripidi da moderato a debole.	Il distacco è possibile con un debole sovraccarico soprattutto sui pendii ripidi indicati in bollettino. In alcune situazioni sono possibili alcuni valanghe spontanee di media grandezza e in singoli casi anche grandi valanghe.	Condizioni in parte sfavorevoli. È necessaria esperienza nel giudicare la situazione sul fronte valanghe. Pendii ripidi di quota ed esposizioni indicate sono da evitare il più possibile.
2 moderato			Il manto nevoso è moderatamente consolidato su alcuni pendii ripidi, per il resto è ben consolidato.	Il distacco è possibile soprattutto con un forte sovraccarico sui pendii ripidi indicati in bollettino. Non sono da aspettarsi grandi valanghe spontanee.	Condizioni in buona parte favorevoli. Prudente scelta dell'itinerario, soprattutto sui pendii ripidi di quota e delle esposizioni indicate.
1 debole			Il manto nevoso è in generale ben consolidato e stabile.	Il distacco è generalmente possibile soltanto con un forte sovraccarico su isolati punti sul terreno ripido estremo. Sono possibili solo scaricamenti e piccole valanghe spontanee.	Condizioni in generale sicure.

Tabella 2: Scala europea del pericolo da valanga, con indicazioni aggiuntive (fonte: SLF 2015, rielaborato)

Condizioni: si riferiscono esclusivamente al pericolo di valanghe. Le condizioni della neve (neve polverosa, neve primaverile, crosta non portante) o quelle meteorologiche (nebbia, vento tempestoso), quantunque possano rappresentare un pericolo, non sono contemplate.

2.5.3 Modelli esistenti

Oggigiorno, la previsione e lo studio delle valanghe vengono supportati, data la loro diffusione sempre maggiore, dalla tecnologia dei sistemi informativi geografici (Geographic Information Systems, GIS).

Un esempio risale già al 1996, quando si visualizzò geograficamente le informazioni espresse dalla parte testuale del bollettino valanghe svizzero. LAWIPROG, questo modello, produce mappe di pericolo previsto mediante operazioni tra alcuni parametri di criticità. Per ogni cella della mappa viene così calcolato un indice di pericolo numerico, ma qualitativo.

A fini di previsione, i GIS sono stati impiegati per determinare e descrivere le zone di distacco di valanghe, per analizzare e visualizzare la distribuzione spaziale delle valanghe, per guidare il processo di avviso e stimare il pericolo di valanghe anche con dati in tempo reale, per identificare modelli spaziali tipici del pericolo valanghe grazie a dati storici per esaminare la distribuzione spaziale delle valanghe, per integrare i dati necessari alla valutazione del pericolo valanghe, per produrre mappe di pericolo valanghe giornaliere sulla base di dati meteorologici, per la previsione spaziotemporale del pericolo valanghe con approcci fisici e statistici ai dati nivometeorologici.

Questi modelli presentano tuttavia degli inconvenienti: adottano parametri semplici, un approccio discreto alle analisi ed esprimono i risultati con indici perlopiù qualitativi; inoltre, non consentono di identificare le aree di distacco potenziale di valanghe a scala di dettaglio.

Oltre a prevedere ed informare relativamente al pericolo di valanghe, i GIS vengono largamente impiegati per identificare automaticamente le aree di distacco potenziale delle valanghe (Potential Release Area, PRA) o per creare mappe di pericolo potenziale a fini ingegneristici, di simulazione o di pianificazione e governo del territorio.

Per questi fini, grazie alla maggior disponibilità di GIS e di modelli digitali del terreno (Digital Terrain Model, DTM), negli ultimi due decenni sono stati sviluppati diversi algoritmi. Essi si basano principalmente su parametri topografici derivabili da un DTM, come l'acclività e l'esposizione geografica dei versanti, e la curvatura del terreno. Altri parametri frequentemente utilizzati sono la copertura forestale e la scabrezza del terreno. Alcuni algoritmi considerano ulteriori parametri nivometeorologici, come la quota dell'isoterma degli 0 °C [Cía et al. 2014], la durata della copertura nevosa ed un indice di umidità topografica.

Autori	Acclività	Curvatura	Scabrezza	Quota	Dist. ^{za} creste	Esposizione	Ris. ^{ne} DTM [m]	Approccio
BLAHUT et al. [2017]	•	•	•	•		•	5	Booleano
BOLTIŽIAR et al. [2016]	•	•	•	•		•	10	Discreto
BÜHLER et al. [2013]	•	•	•				5	Booleano
Cía et al. [2014]	•	•					5	Booleano
GHINOI e CHUNG [2005]	•	•		•	•	•	20	Continuo
MAGGIONI e U. GRUBER [2003]	•	•			•	•	25-50	Booleano
PEITZSCH et al. [2014]	•	•	•	•	•	•	10	Booleano
PISTOCCHI e NOTARNICOLA [2013]	•	•		•	•	•	10	Continuo
SELÇUK [2013]	•		•	•		•	25	Discreto
VONTOBEL [2011]	•	•	•		•	•	2-25	Booleano
VEITINGER et al. [2016]	•		•		o ¹		2	Continuo

Tabella 3: Parametri topografici, risoluzione del DTM e approccio della classificazione di alcuni algoritmi per il calcolo delle aree di distacco potenziale (PRA) o del pericolo potenziale da valanga.

Questo algoritmo utilizza l'esposizione come parametro per calcolare un indice di riparo dal vento.

Alcuni autori adottano un approccio discreto nel classificare i parametri ed i risultati, servendosi di operazioni algebriche tra le variabili geografiche considerate (map algebra) ottenendo valori "a gradini"; altri autori adottano invece un approccio continuo, quale ad esempio quello della logica fuzzy, mentre

la maggior parte adotta un approccio Booleano, ottenendo una netta separazione tra le aree potenzialmente pericolose e quelle no.

Una visione d'insieme dei parametri topografici usati da alcuni di questi algoritmi è riportata nella tabella. In particolare, il modello di Veitinger corregge la scabrezza topografica secondo l'altezza del manto nevoso e considera l'effetto eolico su di esso con un apposito indice; questo modello non fornisce un risultato unico bensì, al variare dello spessore della neve e della direzione del vento impostati nei parametri, individua diversi scenari e aree potenziali di distacco. Questo modello adotta la logica fuzzy, consentendo di distinguere in maniera continua diversi gradi di predisposizione al distacco. Poiché tali gradi variano tra 0 e 1, essi rappresentano una probabilità, e possono essere utilizzati come un indice della pericolosità da valanga.

I modelli citati identificano, tuttavia, le aree solo potenzialmente pericolose, calcolando generalmente gli scenari peggiori per il distacco e il pericolo: il motivo risiede nei fini di questi algoritmi, diversi da quelli di previsione ed avviso propri dei bollettini valanghe.

2.5.4 Approfondimenti

Questa appendice approfondisce alcuni aspetti in merito a valanghe e bollettini valanghe. Il paragrafo A.1 illustra i fattori che influenzano la predisposizione al distacco delle valanghe, rendendo conto dei motivi fisici che hanno portato a scegliere i parametri del modello proposto. Il paragrafo illustra i fattori considerati dai previsori nella scelta dei gradi di pericolo, mentre il paragrafo spiega come venga determinato e validato il grado di pericolo dei bollettini valanghe, riportando infine opportunità e limiti della sua applicazione (....).

Valanghe: fattori per il distacco

Oltre al profilo stratigrafico della neve, esistono diversi fattori che influenzano tanto il rafforzamento quanto il sovraccarico del manto nevoso, questi sono:

1. le caratteristiche del terreno (topografiche e vegetazionali):

- acclività
- esposizione
- altitudine

- bosco

- scabrezza superficiale

2. i fattori meteorologici:

- precipitazioni (specialmente la neve fresca)

- vento

- temperatura (inclusi gli effetti radiativi).

Al contrario delle condizioni meteorologiche, la topografia di un territorio è un fattore costante nella previsione delle valanghe; in quanto tale, essa viene facilmente incorporata in modelli a base GIS.

Selçuk nel 2013 suggerì, attraverso duecento simulazioni, che l'acclività e l'altitudine siano le caratteristiche topografiche più importanti per le valanghe; egli scopre inoltre che le zone a più alta pericolosità da valanga sono quelle a quote elevate con acclività media.

Vengono ora approfonditi i seguenti fattori legati alla topografia: acclività, esposizione, altitudine, vento, bosco e scabrezza del terreno.

Valanghe: fattori per il distacco

Inclinazione [°]	Indicazione
10–25	Valanghe di neve bagnata e di neve fradicia, non frequenti
25–35	Valanghe a lastroni non frequenti; val. di neve bagnata a debole coesione
35–45	Valanghe a lastroni di ogni dimensione
45–55	Frequenti valanghe a lastroni di piccole dimensioni
55–60	Valanghe di neve asciutta a scarsa coesione
60–90	Valanghe rare; frequenti colate di neve in piccole quantità

Tabella 4: Indicazioni relative all'angolo d'inclinazione della zona di distacco

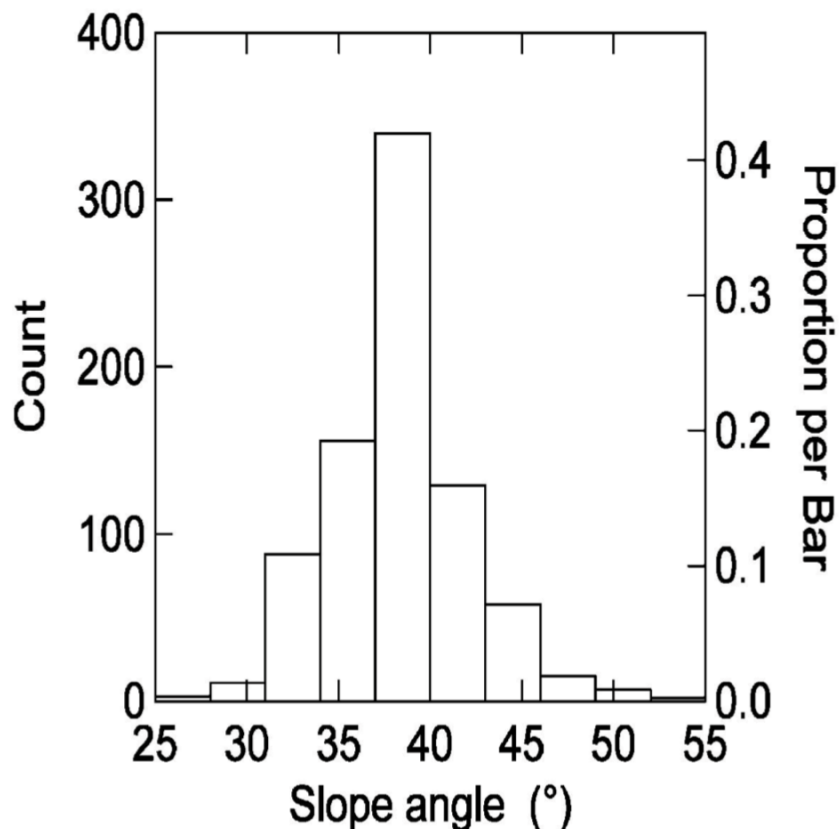


Figura 10: Angolo d'inclinazione (slope angle) nella zona di distacco di valanghe causate dall'uomo. Numerosità del campione $N = 809$, primo quartile 37° , mediana 39° , terzo quartile 41° . Media 38.8° con $\sigma = 3.8^\circ$. Spessore medio dei lastroni 0.49 m con $\sigma = 0.22$

2.5.5 Acclività

L'acclività del pendio (slope) è il più importante fattore topografico che influenza il distacco di una valanga: questa permette l'innesco e l'accelerazione della valanga. Altre caratteristiche del terreno hanno un'importanza secondaria. Sia l'acclività che l'esposizione del versante influenzano il movimento degli strati nevosi. Più un pendio è ripido, più il manto nevoso si muove per una semplice ragione fisica: l'aumento della componente parallela al piano del vettore forza-peso, la quale rappresenta il fattore destabilizzante.

La figura 8 riporta i valori degli angoli d'inclinazione della zona di distacco desunti dell'esperienza, ma coerenti con la letteratura scientifica. Il distacco di valanghe, nella pratica, non si verifica mai sotto i 10° d'inclinazione. Le valanghe di neve asciutta hanno origine in un punto del pendio con inclinazione $\geq 25^\circ$ (limite critico). Angoli d'inclinazione minori possono creare valanghe di neve umida, come ad esempio valanghe di slittamento, per le quali è sufficiente un'inclinazione del pendio $\geq 15^\circ$ [Cagnati 2016]. L'intervallo più pericoloso è $28^\circ - 45^\circ$, ed in particolare sopra i 35° si osserva



Figura 11: Cima del Cerro Torre, Patagonia, Argentina: la neve aderisce a pareti subverticali.

una maggior probabilità di distacco. Sopra i 45° c'è un'alta frequenza di scaricamenti, ma poco accumulo a causa dell'elevata acclività. Con inclinazioni maggiori di 60° , le valanghe sono molto frequenti e di piccole dimensioni poiché non è possibile una deposizione di neve importante e duratura. Ciò non toglie che trovarsi su pendii estremamente acclivi possa essere ugualmente rischioso: l'alta inclinazione del pendio non ripara infatti da eventuali valanghe generate su pendii sovrastanti.

In altri climi, come nelle zone costiere o nelle regioni himalayane, le valanghe possono verificarsi anche su versanti più ripidi rispetto alle Alpi o alle Montagne Rocciose nordamericane. Nelle zone costiere, per la vicinanza col mare, la neve ha un alto grado di umidità ed è perciò molto coesa: in questa maniera può aderire a pareti molto ripide per diverso tempo, mentre nelle Alpi l'aderenza alle pareti per feltratura della neve è un fenomeno temporaneo. In Himalaya, invece, la fenomenologia può essere diversa: ad alte ed altissime quote, per la presenza di nevi perenni, può avvenire il distacco di seracchi pensili verticali o addirittura aggettanti. In questo caso la massa di neve e ghiaccio cade in caduta libera, fino ad incontrare acclività minori della parete, ed innescare allora una valanga sui pendii innevati. Riassumendo: a fini pratici, versanti con angolo di inclinazione compreso tra 25° e 60° sono potenzialmente in grado di generare valanghe.

L'acclività del pendio determina inoltre la densità di flusso radiativo sul versante.



Figura 12: Valanga sull'Annapurna, Himalaya, Nepal: il crollo del seracco pensile dà avvio al fenomeno

Secondo le teorie l'angolo di incidenza ϑ dei raggi solari su un versante di pendenza s ed esposizione (azimuth) è

$$\vartheta = \arccos[\cos s \cos z + \sin s \sin z \cos(\varphi\epsilon)]$$

dove z è lo zenith solare e ϕ è l'azimuth solare. L'angolo ϑ determina la radiazione solare diretta R_d [$W m^{-2}$] su una superficie inclinata

$$R_d = R_a \exp\left\{\frac{-O}{\sin(\pi/2 - z)}\right\} \cos \theta$$

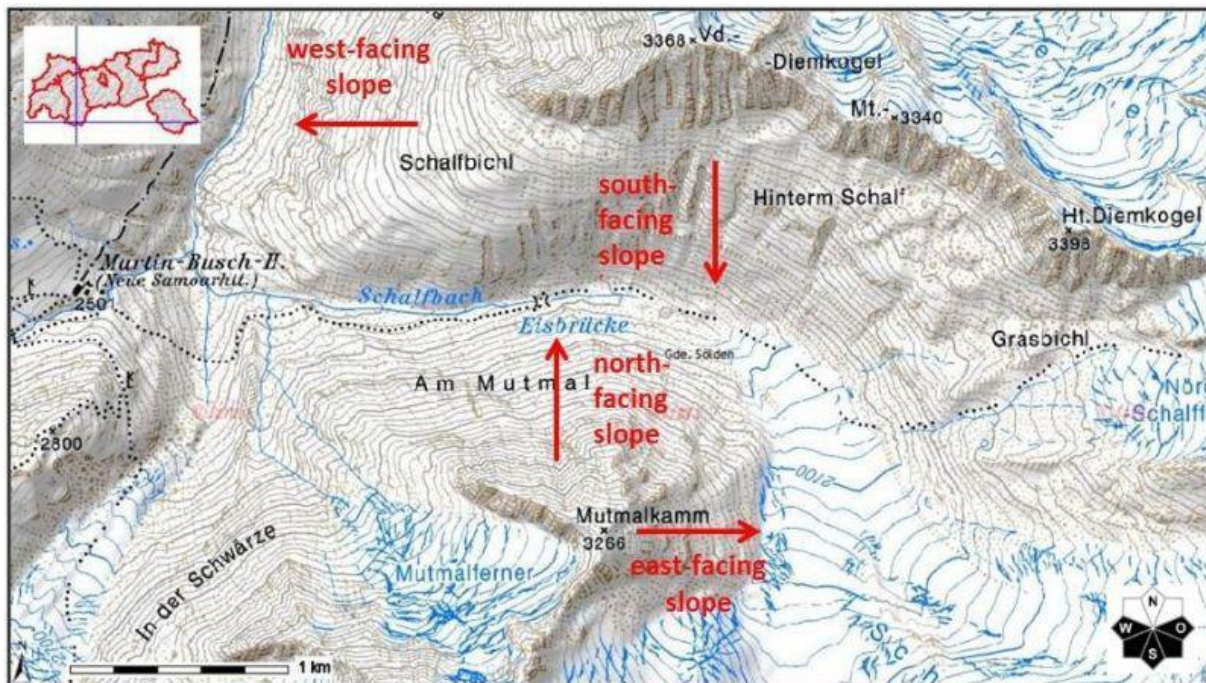
dove R_a è la densità di flusso radiativo che giunge ad una superficie perpendicolare ai raggi solari, e è l'eccentricità dell'orbita terrestre (adimensionale) e O la profondità ottica dell'atmosfera

(adimensionale). L'angolo ϑ , dunque il valore di R_d , dipende dalla latitudine, dalla stagione e dall'ora del giorno.

D'inverno, alle latitudini alpine, il sole è basso sull'orizzonte: la densità di flusso radiativo massima si ha per angoli di inclinazione prossimi a 45° .

2.5.6 Esposizione

L'esposizione di un versante (aspect) è la direzione cardinale verso la quale è rivolta la sua pendenza. Per esempio, un pendio esposto a sud è rivolto verso sud. Immaginando un osservatore che guarda verso un punto cardinale (per es. nord), il versante di fronte a costui è esposto verso il punto cardinale opposto (sud). L'esposizione influisce sugli effetti dell'irraggiamento solare, che determina le temperature e le resistenze del manto nevoso. Nell'emisfero nord, i versanti meridionali ricevono una quantità di radiazione solare 4–10 volte maggiore rispetto a quelli settentrionali. La neve esposta a sud, avendo più energia a disposizione, va incontro a metamorfismo distruttivo più velocemente di quella a nord: temperature e stabilità del



© Land Tirol, BEV



Figura 13: Esposizione di un pendio. Sono evidenziati quattro versanti esposti verso ciascuno dei quattro punti cardinali

manto sono maggiori rispetto ad un pendio in ombra d'inverno, mentre in primavera si raggiunge l'instabilità più rapidamente.

Alle esposizioni settentrionali, il consolidamento del manto nevoso è più lento: a causa del metamorfismo costruttivo si formano strati deboli composti da brine di profondità (alla base del manto nevoso), brine superficiali e cristalli sfaccettati. I versanti più ombreggiati corrispondono, il più delle volte nelle Alpi, ai versanti sottovento per quanto riguarda la direzione prevalente del vento. Alle esposizioni meridionali (soleggiate) si osserva un minor numero di aree di distacco potenziale e di valanghe rispetto alle esposizioni settentrionali. Questo si spiega generalmente con i diversi spessori e stabilità del manto nevoso tra versanti ombreggiati e soleggiati.

2.5.7 Altitudine

L'altitudine (altitude) influisce sulla formazione delle valanghe in quanto le nevicate, il vento e le temperature variano con la quota. Il manto nevoso è generalmente più spesso ad altitudini elevate per due motivi:

- 1) in quota nevica più di frequente che a valle a causa delle temperature più basse, salvo inversione termica e
- 2) l'intensità delle nevicate generalmente aumenta con l'altitudine su montagne di altezza limitata a causa degli effetti orografici; per le cime più alte del mondo, invece, oltre una certa quota si assiste ad una diminuzione delle precipitazioni.

A quote elevate, le temperature più basse implicano un più lento assestamento del manto, a causa del basso tasso di metamorfismo; i pendii in quota

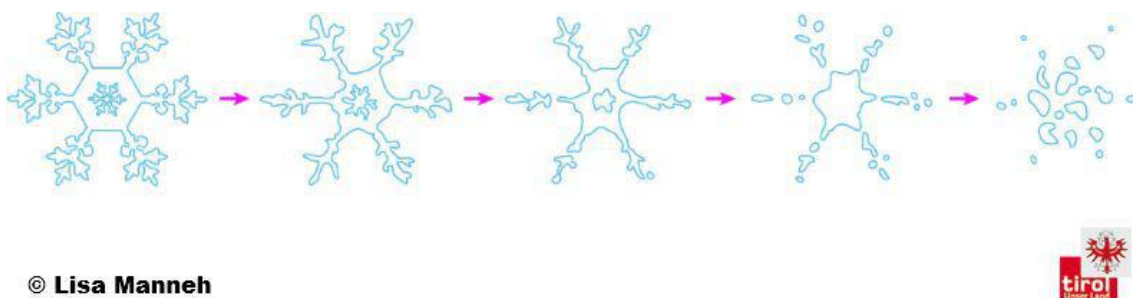


Figura 14: Metamorfismo distruttivo. I cristalli di neve fresca, diminuendo l'entropia, perdono le ramificazioni, semplificano la loro struttura e diventano grani rotondi. Questo comporta l'assestamento e il consolidamento della neve fresca

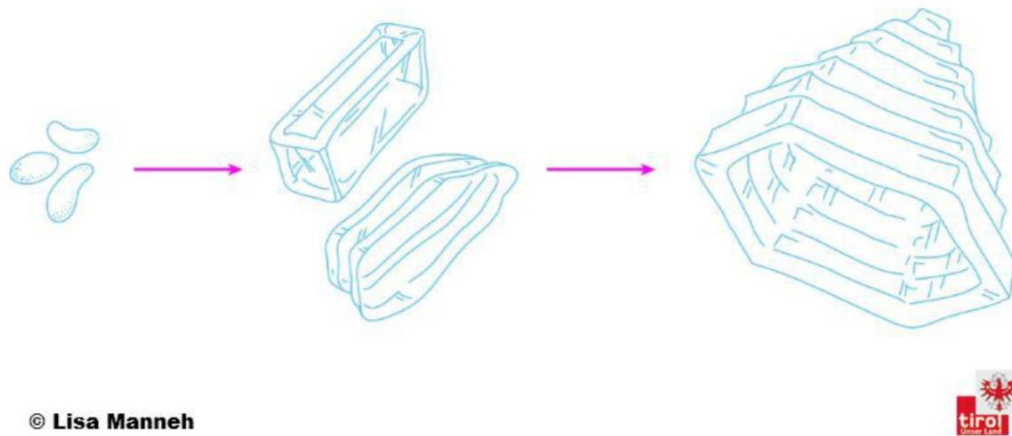


Figura 14: Metamorfismo costruttivo. I grani di neve crescono in dimensioni, diventando cristalli sfaccettati e calici cavi. I piccoli grani tendono a scomparire, accrescendo progressivamente quelli di grandi dimensioni. Lo strato di neve così trasformato diminuisce in resistenza. Questo tipo di metamorfismo avviene nella prima parte dell'inverno, in zone d'ombra e con una modesta altezza della neve (alto gradiente termico del manto)

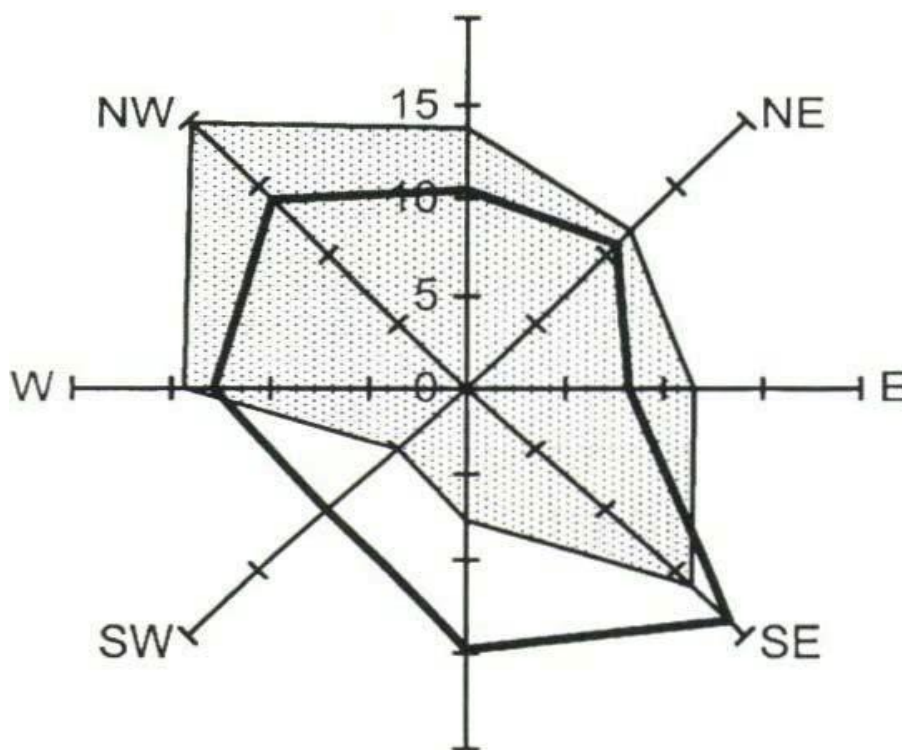


Figura 15: Frequenza relativa dell'esposizione di valanghe osservate (tratto sottile) rispetto alle aree di distacco potenziale (tratto spesso)

posso presentare una diversa stratigrafia del manto nevoso, subire effetti diversi da parte del vento ed avere un diverso terreno di fondo. Queste differenze possono causare il distacco di valanghe sui pendii in quota quando vi sono condizioni di stabilità più in basso, e viceversa .

2.5.8 Vento

Tra i fattori meteorologici, il vento (wind) riveste grande importanza nella formazione delle valanghe in quanto rimaneggia gli strati superficiali del manto, arrivando a depositare la neve tre volte più velocemente rispetto ad una semplice nevicata . La velocità e la direzione del vento variano con la quota e l'orografia della regione, oltre che in base alle caratteristiche della perturbazione nevosa. In genere, alle medie ed elevate latitudini, la velocità del vento aumenta con la quota .I versanti sopravvento, nei punti dove vi è accelerazione del vento, tendono ad essere erosi dall'azione eolica che mobilita la neve degli strati superficiali ; la neve mobilizzata viene in seguito depositata nei versanti sottovento, dove c'è decelerazione, arrivando a formare, cornici e lastroni da vento con alta coesione interna e sprovvisti di legami con gli strati sottostanti: la condizione ideale per formare grandi valanghe a lastroni. I pendii con maggior accumulo eolico sono quelli che possono dar luogo a valanghe con la maggior probabilità. La neve trasportata dal vento può depositarsi sui versanti sottovento al di là delle creste ,dietro dorsali orientate perpendicolarmente alla linea di massima acclività dei versanti (carico incrociato, su qualsiasi tratto ripido che presenta un avvallamento e dietro file di alberi). La velocità e la direzione del vento variano con la quota e le caratteristiche del terreno, oltre che in base alle caratteristiche dei singoli fenomeni meteorici.



Figura 16 (a) Neve erosa



Figura 16 (b) Neve depositata (lastrone da vento fratturato)

Figura 16 a, b: Effetti del vento: (a) erosione e (b) accumulo



Figura 17: Cornice di neve in cresta



Figura 18 (a) Carico sotto cresta

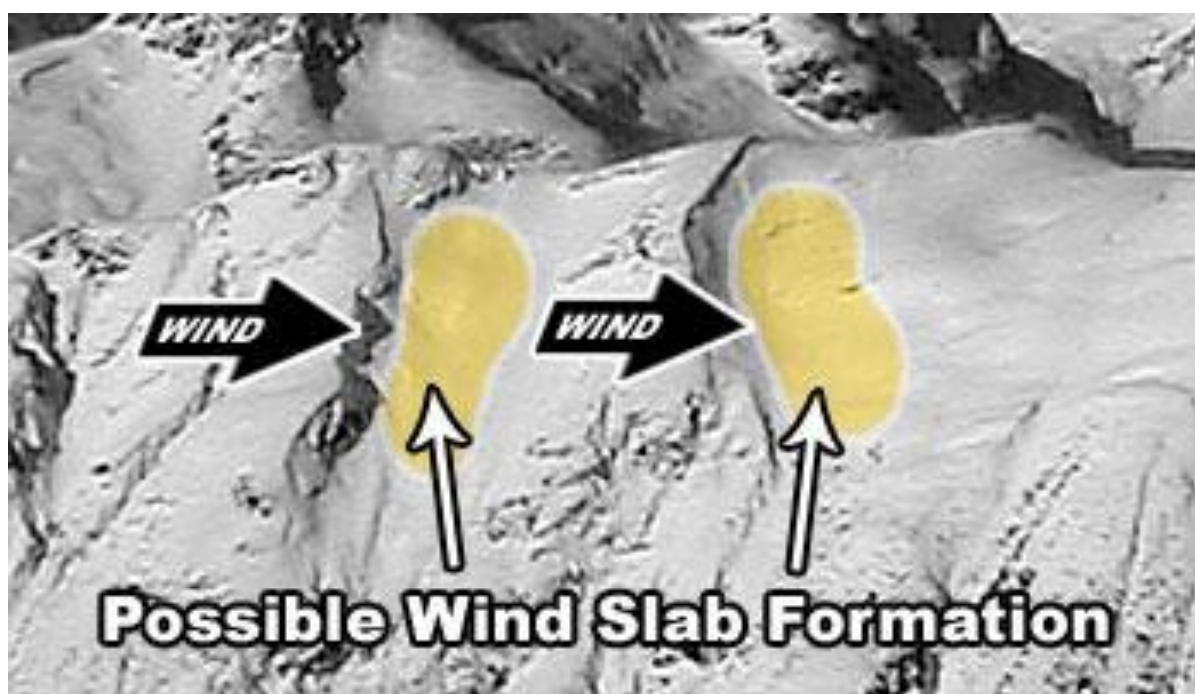


Figura 18 (b) Carico incrociato

Figura 18: Localizzazioni tipiche dei lastroni di neve ventata secondo la direzione prevalente del vento

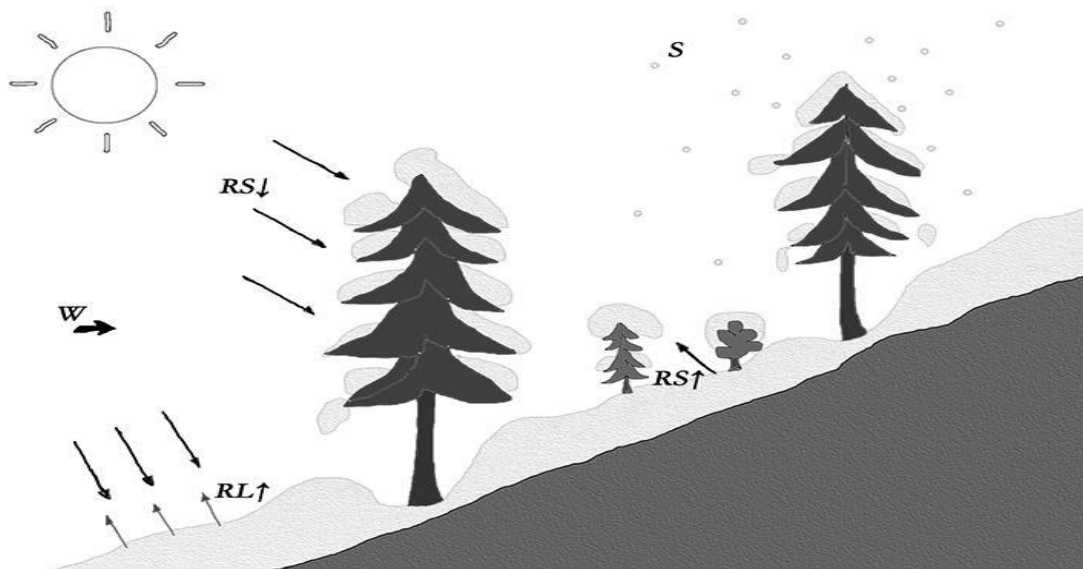


Figura 19: Effetti del bosco sul manto nevoso Il bosco, intercettando il vento (W), interrompe ed impedisce il deposito di accumuli eolici. Gli alberi intercettano la nevicata (S), rilasciando poi la neve in blocchi o per fusione. La vegetazione può intercettare tanto la radiazione solare in arrivo ($RS_{\downarrow}$) che la radiazione solare riflessa dalla neve ($RS_{\uparrow}$) e la radiazione ad onda lunga emessa dalla Terra ($RL_{\uparrow}$)

2.5.9 Bosco

L'efficacia di bosco e foreste (forest) nella protezione dalla valanghe è oggetto di studio: sono stati sviluppati differenti scenari di copertura forestale e identificato le aree di distacco potenziale di valanghe all'interno dei boschi. Si è calcolato il rischio da valanga per ogni scenario: dallo studio emerge che aree denudate nelle parti superiori di un bosco più che raddoppiano il livello di rischio. Infatti, le valanghe a lastroni con una profondità della frattura > 1 m possono staccarsi solo in presenza di uno strato debole ininterrotto in un'area larga circa 10 m e lunga 10–20 m .

Un bosco che cresce su un ripido pendio impedisce la formazione di grosse valanghe poiché influisce sulle caratteristiche del manto nevoso.

Da un punto di vista meccanico, i tronchi degli alberi fungono da strutture di trattenimento e possono impedire la formazione di valanghe a lastroni: in un bosco fitto (> 200 alberi ha -1 di diametro > 16 cm) la neve è troppo irregolare per innescare una valanga .

Per una protezione efficace, un bosco dovrebbe essere disetaneo (alberi di diverse altezze ed età) con una densità di almeno 500 piante ha -1 per pendii di moderata acclività, e di 1000 piante ha -1 per quelli più ripidi.



Figura 20: Terreno ad alto grado di scabrezza: si notano arbusti, grossi massi, pietraie (Valentintal, Carinzia, 25/4/2016).

Molti modelli GIS per il calcolo delle aree potenziali di distacco si basano sull'assunto che dove è presente bosco fitto non vi possono essere zone di distacco di valanghe: le zone forestate vengono escluse dal modello, applicando una "maschera" ai risultati. Ciò non toglie che una valanga generata altrove possa interessare, nel suo movimento, un bosco.

2.5.10 Scabrezza del terreno

La più importante caratteristica superficiale per il distacco di valanghe è la scabrezza del terreno (roughness), cioè la sua irregolarità. Un terreno irregolare ha una funzione stabilizzante: esso evita la formazione di estesi e continui strati deboli all'interno del manto ed offre un supporto meccanico allo stesso. Questo effetto vale fino a che il manto non è abbastanza spesso da annullare le irregolarità della superficie: l'incremento dello spessore del manto nevoso addolcisce la scabrezza superficiale, diminuendo la variabilità degli strati superficiali del manto nevoso ed il supporto meccanico offerto ad un lastrone. In questo modo, gli effetti stabilizzanti della scabrezza superficiale scompaiono, o addirittura si invertono: viene facilitata la formazione di strati deboli continui e lastroni, che favoriscono la propagazione della frattura che provoca il distacco. Tutto ciò influenza la dimensione e la posizione delle PRA, specialmente per le valanghe a lastrone.

Nella tabella 2 sono riportate alcune indicazioni circa il massimo spessore che il manto nevoso può presentare, secondo le caratteristiche della superficie sottostante, affinché non si distacchino valanghe a lastroni.

Le valanghe di slittamento innescate da cause naturali, si verificano più facilmente su rocce lisce ed erba lunga che non su detriti ed erba corta. Sulle Alpi è stato notato che le valanghe si staccano più facilmente dopo che l'erba di pendii non ricoperti dal bosco non viene più sfalciata .



Figura 21: Terreno a basso grado di scabrezza. La neve annulla le irregolarità, rendendo i massi appena evidenti (Marmolada, Dolomiti 9/11/2016)

Altezza neve [m]	Tipo di terreno
1.0	Terreno irregolare: detriti permanenti, grosse pietraie, ceppi.
0.6	Terreno mediamente irregolare: arbusti, alberelli, pietraie, superfici irregolari.
0.3	Terreno relativamente regolare: erba, roccia compatta, ghiaioni fini.

Tabella 4: Altezza massima della neve in relazione al tipo di terreno per evitare valanghe a lastroni

2.6 Bollettini valanghe: grado di pericolo

2.6.1 Fattori

I gradi di pericolo dei bollettini valanghe dipendono da vari fattori: stabilità del manto nevoso, probabilità di distacco, frequenza dei pendii critici, eventuale sovraccarico necessario al distacco, dimensioni e tipo di valanghe previste, e acclività dei versanti. Questi termini sono definiti secondo il glossario EAWS.

2.6.2 Stabilità del manto nevoso

È la capacità del manto di resistere alle sollecitazioni esterne, data dal rapporto tra la resistenza al taglio del manto e lo sforzo di taglio al quale è sottoposto. La stabilità del manto è funzione del grado di consolidamento (coesione) dello stesso, dato da qualità e quantità dei legami tra cristalli/grani e tra gli strati. Generalmente, se la stabilità del manto nevoso è buona, cioè la resistenza è alta, il pericolo valanghe è basso e viceversa. L'unica evidenza diretta della stabilità del manto nevoso proviene, eccetto che dall'osservazione delle valanghe, da misure in campo di stabilità; un esempio di misura è il test del blocco di slittamento.

2.6.3 Probabilità di distacco

Fornisce indicazioni riguardo la probabilità P di accadimento del distacco, distinguendo eventi probabili ($P > 0.5$) e possibili ($0 < P \leq 0.5$). Dipende direttamente dalla stabilità del manto nevoso e può aumentare applicandovi un sovraccarico.

Debole sovraccarico	Singolo sciatore/snowboarder che fa curve dolci, gruppo che rispetta le distanze di sicurezza (≥ 10 m), singolo escursionista con racchette da neve
Forte sovraccarico	Due o più sciatori/snowboarder che non rispettano le distanze di sicurezza, mezzo battipista, esplosione, escursionista a piedi/alpinista

Tabella 5: Tipi di sovraccarico [EAWS 2003]

2.6.4 Debole sovraccarico

Singolo sciatore/snowboarder che fa curve dolci, gruppo che rispetta le distanze di sicurezza (≥ 10 m), singolo escursionista con racchette da neve

2.6.5 Forte sovraccarico

Due o più sciatori/snowboarder che non rispettano le distanze di sicurezza, mezzo battipista, esplosione, escursionista a piedi/alpinista

2.6.6 Frequenza dei pendii critici

È la diffusione areale del pericolo. Indica quanti pendii di una determinata regione sono potenzialmente pericolosi.

2.6.7 Sovraccarico

È un carico supplementare applicato al manto nevoso [AINEVA 2011].

Si divide in debole e forte (tab.3). Questa suddivisione è qualitativa e deve essere ritenuta come indicativa [SLF 2015].

2.6.8 Dimensione delle valanghe

Per questa classificazione, si considerano i danni potenziali, l'avanzamento, la lunghezza ed il volume (tab. 4). La classificazione adottata si basa su quella canadese.

2.6.9 Acclività

L'acclività viene espressa come angolo d'inclinazione di un pendio, misurato su carta 1:25 000 sulla linea di massima pendenza o misurato sul terreno.

Nel bollettino vengono indicati gli angoli di inclinazione del pendio come descritto nella tabella 5. Inoltre, il distacco viene diviso in a) spontaneo, se il distacco di valanga avviene per cause naturali, senza influenza esterna del manto nevoso e b) provocato, se viene causato da carichi supplementari sul manto nevoso. Una bassa stabilità del manto nevoso (dunque un'alta probabilità di distacco) innalza il grado di pericolo. All'aumentare del grado di pericolo aumentano la frequenza dei pendii critici e le dimensioni previste per le valanghe.

2.6.10 Determinazione e validazione del grado di pericolo

Il grado di pericolo dato in un bollettino, per una regione ed in un dato momento, viene valutato dai previsori dei servizi valanghe. Ancora oggi, per questo compito viene utilizzato il metodo cosiddetto Il metodo convenzionale, un metodo sintetico che consente un'approssimazione convenzionale della stabilità del manto nevoso e conseguentemente del pericolo di valanghe. Gli elementi fondamentali su cui si basa il metodo sono:

1. un forte determinismo, basato sulla conoscenza dei processi fisici;
2. fiducia nelle fonti d'informazione riguardo a neve, tempo atmosferico e valanghe;
3. un alto grado di competenza sviluppato attraverso l'esperienza empirica.

Dimensione	Nome	Danno potenziale	Avanzamento	Lunghezza indicativa	Volume indicativo
1	Colata, scaricamento, scioglimento	Relativamente innocua per le persone. Seppellimento improbabile, eccetto quando la zona di deposito è sfavorevole. Attenzione al pericolo di caduta sui pendii estremi	Si ferma su un pendio ripido	10–30 m	10^2 m^3
2	Valanga di piccole dimensioni	Può seppellire, ferire o causare la morte di persone	Può raggiungere il piede del pendio	50–200 m	10^3 m^3
3	Valanga di medie dimensioni	Può seppellire e distruggere automobili, danneggiare autocarri. Può distruggere piccoli edifici e piegare alberi isolati	Può percorrere terreni pianeggianti (nettamente inferiore a 30°) per una distanza $< 50 \text{ m}$	$> 200 \text{ m}, < 1 \text{ km}$	10^4 m^3
4	Valanga di grandi dimensioni	Può seppellire e distruggere autocarri pesanti e vagoni ferroviari. Può distruggere edifici più grandi e parti del bosco	Percorre terreni a ridotta acclività (nettamente inferiore a 30°) per una distanza superiore ai 50 m e può raggiungere il fondo valle	1–2 km	10^5 m^3
5	Valanga di dimensioni molto grandi	Può devastare il paesaggio, ha un potenziale distruttivo catastrofico	Raggiunge il fondovalle e le massime dimensioni note	3 km	$> 10^6 \text{ m}^3$

Tabella 6: Dimensioni delle valanghe sulla base della classificazione canadese [EAWS 2011; SLF 2015,]

Classe	Inclinazione $[\circ]$
Poco ripido	≤ 30
Ripido	$> 30, < 35$
Molto ripido	$> 35, < 40$
Estremamente ripido	≥ 40

Tabella 7: Classi di inclinazione del pendio adottate nei bollettini [EAWS 2003]

Al “forte determinismo” di cui al punto 1 sono abbinate le decisioni, ampiamente non-deterministiche, riguardo alle previsioni del momento.

Il punto 2 implica l’adozione di una rete informativa molto vasta. Rilevante è l’informazione fornita dall’analisi degli strati del manto attraverso i profili stratigrafici: questi consentono di considerare, per via grafica, le caratteristiche fisiche e meccaniche del manto nel punto in cui è stato rilevato il profilo.

Tuttavia, l’elevata variabilità del manto nevoso limita fortemente la rappresentatività spazio-temporale di un rilievo stratigrafico puntuale. Per questa ragione, la previsione col metodo convenzionale può essere supportata dall’uso di modelli fisici di modelli fisici: il più importante e rappresentativo è SNOWPACK, un modello che consente di simulare lo sviluppo del manto nevoso durante un inverno.

Creato principalmente per l'avviso di valanghe, SNOWPACK simula la stratigrafia del manto nevoso e la microstruttura della neve basandosi su dati trasmessi da stazioni meteorologiche automatiche. SNOWPACK è implementato in un software open source liberamente scaricabile.

Per contenere la soggettività nell'assegnare i gradi di pericolo, sono state sviluppate nel tempo diverse procedure.

In sede europea, successivamente alla riunione EAWS di Davos del 2005 è stata adottata la matrice bavarese. La matrice, presentata da bavarese a Monaco di Baviera [EAWS 2003], è ormai integrata nella maggior parte dei flussi decisionali dei servizi valanghe europei .

Essa fornisce un valido supporto al previsore valanghe per determinare oggettivamente il grado di pericolo. La matrice è divisa in due sezioni, una relativa ai distacchi provocati da sovraccarico (parte sinistra) ed una relativi ai distacchi spontanei (parte destra). Incrociando la distribuzione areale dei siti pericolosi e la probabilità di distacco, viene determinato il grado di pericolo in entrambe le situazioni. Di norma, viene scelto il grado di pericolo più alto risultante dal confronto delle due sezioni .

L'uso regolare della matrice bavarese ha permesso di verificare l'esistenza di scenari di pericolosità intermedi tra i gradi 2-moderato, 3-marcato ed anche 4-forte, portando a formulare 11 gradi di pericolo (1, 2-, 2, 2+, 3-, 3, 3+, 4-, 4, 4+, 5). Per questa ragione è stata proposta l'adozione di nuove icone , assegnando un fattore d'importanza al grado di pericolo per ogni riquadro della matrice [EAWS 2011].

Müller, propose di unire i concetti della matrice bavarese con quelli del modello concettuale del pericolo di valanga nordamericano

Bavarian Matrix (auxiliary matrix for preparing the avalanche bulletin)									
Distribution of hazards sites	Probability of avalanche release								
		generally only with high additional loads	particularly with high additional loads (possibly also with low additional loads)	already with low additional loads possible	with low additional loads probable	OR	spontaneous release of small-sized avalanches possible	spontaneous release of medium-sized, in some cases large-sized avalanches possible	spontaneous release of many medium-sized, in several cases large-sized avalanches probable
	single hazard sites (specificable in the AR*)	1	2	2	2		1	2	
	hazard sites on some steep slopes (specificable in the AR*)	2	2	3	3		2	3	3
	hazard sites on many/most steep slopes (specificable in the AR*)	2	2	3	4		2	3	4
	hazard sites on many/most steep slopes (not definable in the AR*)	2	3	4	4		3	4	5
	hazard sites also in moderately steep slopes				5		4	5	5

Figura 22: Matrice bavarese Le celle colorate col grado di pericolo sono state approvate il sede EAWS e rappresentano le situazioni più comuni

Le celle col grado di pericolo senza colore sono situazioni poco frequenti, non ancora ben studiate e non approvate. Le celle vuote sono indeterminate e rappresentano situazioni irrealistiche. AR: Avalanche Report (bollettino valanghe).

(Conceptual Model of Avalanche Hazard, CMAH), il quale esprime in maniera comprensibile il processo di valutazione del pericolo. Il risultato dell'unione è una matrice di valutazione del pericolo di valanga (Avalanche Danger Assessment Matrix, ADAM) che consiste in una matrice di probabilità ed una matrice di pericolo. È stato inoltre proposto di integrare nella matrice bavarese l'informazione della dimensione prevista delle valanghe .

Un uso sistematico e condiviso a livello nazionale ed europeo della matrice bavarese garantisce, oltre alla riduzione della soggettività nella valutazione, una maggior uniformità da parte dei servizi valanghe nell'esprimere il grado di pericolo: in questo modo vengono ridotte le differenze di valutazione tra regioni o Stati confinanti, fornendo un servizio di avviso omogeneo .

In Italia, un metodo più complesso per determinare e verificare il grado di Il metodo pericolo emesso dal bollettino è stato sviluppato al centro valanghe di Arabba AINEVA . Esso consiste nella raccolta manuale di dati, in più fasi, lungo un itinerario scialpinistico: vengono considerate l'attività eseguita dai rilevatori, l'attività valanghiva osservata (spontanea e/o programmata), viene eseguita una prova

penetrometrica per valutare la resistenza del manto nevoso ed il test del blocco di slittamento (Rutschblocktest) .

Ogni fase, spiegata ora in dettaglio, è costituita da una serie di operazioni che portano ad un indice di pericolo del tutto simile al grado di pericolo della scala europea nei colori e nella numerazione, ma diverso nella logica: l'indice ricavato è, infatti, rappresentativo del solo luogo di rilievo, sebbene quello ottenuto con maggior frequenza da diversi rilievi sia una buona stima del grado di pericolo.

2.6.9.1 Attività dei rilevatori

I rilevatori devono attraversare molti/pochi/nessun pendio ripido, in funzione del pericolo valanghe presente. A seconda dell'attività svolta ed ai distacchi e/o assestamenti del manto percepiti, si determina un indice di pericolo della zona rilevata.

2.6.9.2 Attività valanghiva

Se assente, l'indice di pericolo può essere 1, 2 o 3. Se presente, l'indice viene determinato in funzione della dimensione delle valanghe. L'attività valanghiva viene osservata dal rilevatore sul terreno, e può essere integrata da ulteriori informazioni derivanti da stazioni di rilevamento nell'area.

2.6.9.3 Prova penetrometrica

È un test effettuato con una speciale sonda dotata di massa battente per ricavare il profilo della resistenza del manto. Il profilo ottenuto va confrontato con la classificazione dei profili penetrometrici AINEVA (fig. A.15), ricavando l'indice di pericolo. 2

2.6.9.4 Test del blocco di slittamento

Il Rutschblocktest prevede l'isolamento di un blocco di 2 × 1.5 m scavando, ai lati ed a valle, una trincea di 0.5 m e, a monte, tagliando la neve con un apposito strumento.

Per stimare la stabilità del manto, si applica una procedura standard che, con fasi successive, può provocare il cedimento, totale o parziale, del blocco.

In seguito alle quattro prove, il risultato finale è dato dall'indice ricavato dalla prova dell'attività dei rilevatori e confermato da almeno un'altra prova.

Classificazione dei profili penetrometrici AINEVA							
Tipo di profilo/spessore della neve		30 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
1		bc	bc	bc	bc	bc	bc
2		mc	mc	mc	mc	bc	bc
3		bc	bc	bc	bc	mc	mc
4		dmc	dmc	dmc	mc	mc	mc
5		bc	bc	mc	mc	dmc	dmc
6		mc	mc	mc	dmc	dmc	dmc
7		bc	bc	mc	mc	dmc	dmc
8		bc	mc	mc	dmc	dmc	dmc
9		mc	dmc	dmc	dmc	dmc	dmc
10		dmc	dmc	dmc	dmc	mc	mc
11		mc	dmc	dc	dmc	mc	mc
12		bc	mc	dmc	dmc	dc	dc
13		mc	dmc	dc	dmc	dmc	mc
14		dmc	dc	dc	dc	dc	dc
15		mc	dmc	dc	dc	dc	dc
16		dmc	dmc	dc	dc	dc	dmc

Figura 23: Classificazione dei profili penetrometrici AINEVA. Il grado di consolidamento del manto nevoso si deduce confrontando la stratigrafia effettuata con quelle presenti nella matrice, tenendo conto dello spessore della neve. bc: ben consolidato. mc: moderatamente consolidato. dmc: da moderatamente a debolmente consolidato. dc: debolmente consolidato

2.7 Opportunità e limiti

Il metodo convenzionale per la previsione delle valanghe si basa sia sulla trattazione deterministica di parametri nivometeorologici sia sull'esperienza empirica del previsore: ciò implica un'importante componente soggettiva nel valutare le singole situazioni nell'applicare la scala di pericolo . Sia le previsioni meteorologiche che quelle del bollettino valanghe, che in parte si basano sulle prime, possono contenere errori: tale eventualità risiede nella natura stessa delle previsioni

[SLF 2015], che è quella probabilistica. Le previsioni possono venir affiancate da un grado di attendibilità, solitamente espresso in percentuale. Il bollettino valanghe si basa su dati limitati: la densità areale delle fonti dei dati grezzi determina il dettaglio dell'informazione fornita dal bollettino. Nel bollettino valanghe possono essere specificate le zone dei pendii in cui sono previsti punti particolarmente critici; ciononostante, le condizioni locali ed i singoli versanti non possono essere valutati dal bollettino [AINEVA 2011]. Attualmente, il pericolo è possibile prevedere il pericolo valanghe solamente a scala regionale: il grado di valutato pericolo viene assegnato ad aree geograficamente omogenee o gruppi montuosi di a scala regionale estensione $\geq 100 \text{ km}^2$ [EAWS 2010]. Ad esempio, l'AINEVA suddivide l'arco alpino in 50 zone (fig. A.16), l' SLF suddivide la Svizzera in circa 120: i bollettini assegnano, di volta in volta, un grado di pericolo a ciascuna di queste zone. Per tutti questi motivi, il bollettino non può sostituire la valutazione locale del pericolo: spetta all'utente mettere in relazione, sul posto, il grado di pericolo regionale, la possibile attività valanghiva locale ed i relativi effetti [AINEVA 2011; SLF 2015].

Nota importante

Si tenga presente che le valanghe non sono un evento casuale: il 90 % degli incidenti è provocato dalla vittima stessa o da altri membri del gruppo. Il bollettino valanghe è soltanto una delle possibili fonti d'informazione di cui si può entrare in possesso: in qualsiasi decisione devono confluire tutte le informazioni disponibili.

Per minimizzare i rischi sono necessari [SLF 2015]:

- solida formazione sulle valanghe;
- informazioni recenti (da persone del luogo e da osservazioni personali);
- equipaggiamento di emergenza (apparecchio di ricerca travolti in valanga, pala e sonda da valanga);
- comportamento adeguato alla situazione.

Capitolo 3

3. Il soccorso in montagna, mentalità e scopi

Il corpo Nazionale del Soccorso Alpino e Speleologico (CNSAS) è una sezione specialistica del Club Alpino Italiano i cui elementi hanno precise competenze di portare soccorso con efficacia e rapidità a persone infortunate e pericolanti, compreso l'eventuale recupero delle salme, la ricerca di persone disperse in zone impervie, non necessariamente in alta quota, che richiedono l'impiego di personale specializzato in tecniche alpinistiche, tecniche di primo soccorso e in quelle di soccorso alpino e in grotta. L'operatività del CNSAS si estende per tutto il territorio nazionale, dalle Alpi agli appennini, in particolare in ambiente ostile e in tutte le zone impervie. Per le stesse si devono intendere non solo, come solitamente si pensa, le classiche pareti rocciose o le vie ferrate, ma anche e soprattutto i nevai ed i ghiacciai, le cascate di ghiaccio, le valanghe, gli impianti a fune, le piste da sci, le grotte, i torrenti ed ogni altro ambiente (colline, boschi, ecc....) che richiedono, per le particolari condizioni di tempo e di luogo, l'esclusivo impiego di personale qualificato. La specifica caratteristica del CNSAS, è quella di essere un'associazione di volontariato; nonostante questo la struttura è cresciuta in professionalità, tanto da essere a livello nazionale il punto di riferimento principale, cui tutti gli enti e le strutture deputate al soccorso si rapportano per sfruttare capacità e competenza. La sezione speciale è composta da personale qualificato di cui sanitari (medici ed infermieri). Durante la stagione invernale si moltiplicano le attività svolte sulla neve anche al di fuori degli ambienti controllati e, con esse, aumentano gli incidenti in montagna da parte di coloro che la frequentano in qualità di alpinisti, sci alpinisti, chiamando a un severo lavoro coloro che si occupano di primo soccorso. Dal 1975 al 2000 circa, nei 17 Paesi europei e nordamericani che fanno parte della Commissione Internazionale per il Soccorso Alpino (CISA-IKAR), ogni anno vengono registrati mediamente 146 decessi causati da valanghe. Se ci si riferisce al territorio italiano nel periodo dal 1967 al 2009 sono decedute, a causa di valanghe, 827 persone. La media, sul periodo di 42 anni, è di 19 vittime a stagione. Nel periodo 1985-2009, in Italia sono state travolte da valanga 2035 persone in 958 incidenti, 467 sono decedute (23%), mentre 1569 sono sopravvissute (77%). Determinante nella definizione di queste percentuali si è rilevato il tipo di seppellimento. Infatti un parziale seppellimento nella neve porta al decesso solo nel 3% dei casi, nella situazione di totale di seppellimento si arriva facilmente al 54% di mortalità. Generalmente si può supporre che, adottando diversi accorgimenti finalizzati all'autosoccorso, si possa evitare un seppellimento completo.

Altri due aspetti molto importanti e determinanti per la percentuale di sopravvivenza sono il tempo di seppellimento e la competenza dei professionisti nel soccorrere il soggetto travolto da valanga.

Il problema assume dunque una dimensione particolare al di là dei numeri. Nel momento dell'evento valanghivo scattano una serie di operazioni che coinvolgono diverse persone con ruoli definiti: il personale della centrale operativa (medici ed infermieri) e l'equipaggio del CNSAS.

All'interno del CNSAS, il medico e l'infermiere diventano quindi uno degli "anelli" fondamentali ad erogare le prime cure di assistenza e a creare le situazioni affinché l'infortunato sia stabilizzato sul posto e proprio questo elaborato ha come obiettivo quello di conoscere in modo più approfondito la gestione del soccorso in valanga e, in particolare, il ruolo del personale sanitario.

La gestione del Soccorso in Valanga è uno degli argomenti che mi interessano in modo particolare; la scelta è stata un'opportunità per conoscere in modo più approfondito l'evento, la straordinaria competenza, motivazione e passione delle persone che fanno parte del Soccorso Alpino.

3.1 Il Club Alpino Italiano

un'associazione con una storia di ben 150 anni

Costituito il 23 ottobre 1863 a Torino - anche se si può affermare che la sua fondazione ideale sia avvenuta il 12 agosto dello stesso anno, durante la celeberrima salita al Monviso ad opera di Quintino Sella, Giovanni Barracco, Paolo e Giacinto di Saint Robert - il Club Alpino Italiano è una libera associazione nazionale che, come recita l'articolo 1 del suo Statuto, "ha per scopo l'alpinismo in ogni sua manifestazione, la conoscenza e lo studio delle montagne, specialmente di quelle italiane, e la difesa del loro ambiente naturale". L'Associazione è costituita da Soci riuniti liberamente in Sezioni, coordinate in raggruppamenti regionali: a dicembre 2009 i Soci del CAI risultano essere 315.032, che partecipano alle attività di 490 Sezioni e 306 Sottosezioni appartenenti a 21 gruppi regionali di cui 2 raggruppamenti provinciali (Trentino e Alto Adige) All'interno dell'ordinamento italiano, la struttura centrale del Club Alpino Italiano si configura come un Ente pubblico non economico, mentre tutte le sue strutture periferiche (Sezioni, raggruppamenti regionali e provinciali) sono soggetti di diritto privato. In particolare, in applicazione della legge 24 dicembre 1985, n. 776 relativa a nuove disposizioni sul Club Alpino Italiano, l'Associazione provvede, a favore sia dei propri Soci sia di altri e nell'ambito delle facoltà previste dallo Statuto delle seguenti attività:

- diffusione della frequentazione della montagna e all'organizzazione di iniziative alpinistiche, escursionistiche e speleologiche, capillarmente diffuse sul territorio nazionale;

- organizzazione ed alla gestione di corsi d'addestramento per le attività alpinistiche, sci-alpinistiche, escursionistiche, speleologiche, naturalistiche volti a promuovere una sicura frequentazione della montagna;
- formazione di 22 diverse figure di titolati (istruttori, accompagnatori ed operatori), necessarie allo svolgimento delle attività citate;
- tracciamento, realizzazione e manutenzione di sentieri, opere alpine e attrezzature alpinistiche;
- realizzazione, manutenzione e gestione dei rifugi alpini e dei bivacchi d'alta quota di proprietà del Club Alpino Italiano e delle singole Sezioni – quantificati ad oggi in 761 strutture per un totale di 21.681 posti letto - fissandone i criteri ed i mezzi;
- organizzazione, tramite il Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico (CNSAS), struttura operativa del CAI, di idonee iniziative tecniche per la vigilanza e la prevenzione degli infortuni nell'esercizio delle attività alpinistiche, escursionistiche e speleologiche, per il soccorso degli infortunati o dei pericolanti e per il recupero dei caduti;
- promozione di attività scientifiche e didattiche per la conoscenza di ogni aspetto dell'ambiente montano nonché di ogni iniziativa idonea alla protezione ed alla valorizzazione dell'ambiente montano nazionale, anche attraverso l'operato di organi tecnici nazionali e territoriali;
- promozione di iniziative di formazione di tipo etico-culturale, di studi dedicati alla diffusione della conoscenza dell'ambiente montano e delle sue genti nei suoi molteplici aspetti, della fotografia e della cinematografia di montagna, della conservazione della cultura alpina;
- organizzazione e gestione di corsi di preparazione professionale per guida speleologica nonché di corsi di formazione professionale per esperti e rilevatori del Servizio Valanghe Italiano (SVI).

3.2 Soccorso Alpino - CNSAS

3.2.1 Istituzione del Soccorso Alpino

“La storia del Soccorso Alpino non può prescindere da quella dell'alpinismo poiché n'è diretta conseguenza...”

Il fascino della montagna ha da sempre incantato gli esseri umani, alpinisti e non, a cominciare dai suoi primi esploratori.

Nell'alpinismo in genere sono tangibilmente presenti vari aspetti dell'animo umano, vi è spesso un gran desiderio d'esplorazione e di conoscenza, il piacere puramente estetico di godersi una gran bella vista, il fatto di estraniarsi dalla folla, allontanarsi per così dire dalla vita comune e starsene per proprio conto; vi può essere un forte interesse scientifico a conoscere come uomini e animali si adattano a condizioni difficili; infine vi può essere anche una forte propensione al cimento, e in pratica il fatto di doversi misurare con difficoltà di grado variabile, in parte commisurate alle proprie forze, e per alcuni con la motivazione ferrea di ricercare condizioni particolarmente impegnative, estreme. Il cimento pone inevitabilmente il problema della competizione, dell'anelito alla "prima ascensione". La storia dell'alpinismo include quindi questi vari aspetti. Certo, agli albori, ha dominato l'aspetto esplorativo, mentre oggi essendo stato quasi tutto esplorato il nostro pianeta, prevale un atteggiamento di ricerca di difficoltà. Naturalmente è sempre possibile andare in montagna per il semplice piacere di farlo, scegliendo i percorsi che più si addicono alle proprie propensioni, con animo equilibrato e pronto ad accogliere alcuni elementi essenziali di questo sport e vale a dire: una notevole frugalità di costumi, tolleranza nei confronti di una serie d'inevitabili scomodità, una saggia distribuzione delle proprie forze, sopportazione della fatica, una buona condizione fisica. Oggi la montagna, lo dicono i numeri in rilevante crescita, è visitata ogni giorno, in estate e in inverno. Purtroppo questo fenomeno è sempre stato accompagnato anche da tragedie, basti pensare che nella prima salita del Cervino di poco più di un secolo fa, quattro dei sette componenti della vittoriosa cordata precipitarono durante la discesa. I loro corpi furono recuperati il giorno dopo dalle squadre di soccorso, formate dalle guide di Zermatt. Il soccorso alpino trova le sue radici tra l'innato senso di solidarietà delle popolazioni montane e il fenomeno dell'alpinismo moderno. L'alpinismo favorì anche la creazione di sodalizi atti a diffondere questa nuova pratica e la conoscenza del mondo alpino in genere. Nel 1863 per opera dell'allora Ministro delle Finanze Quintino Sella, fu fondato anche in Italia il Club Alpino Italiano. Fra i vari compiti statutari ci fu anche quello di provvedere a un servizio di soccorso per i propri Soci e per quanti frequentassero le montagne. I tempi non erano ancora maturi per la creazione di una solida organizzazione di soccorso e per parecchio tempo le iniziative furono portate avanti da singoli gruppi, che operavano autonomamente nei paesi posti ai piedi di grandi gruppi montuosi. Nel 1926 la Sezione di Lecco, il CAI-UGET di Torino, la Società Alpina delle Giulie costituiscono squadre di soccorso alpino. Nel 1932 il CAI, tramite il proprio Comitato scientifico diretto da Ardito Desio, approva il "Regolamento per l'assistenza sanitaria in Montagna" con la creazione di alcune stazioni di soccorso appoggiate alle locali sezioni CAI. Nel 1938 il CAI istituisce il "Contributo di Soccorso Alpino" in tutti i rifugi per l'acquisto di attrezzature sanitarie. Il conflitto bellico interruppe anche queste attività ma già dal 1946 numerose Sezioni CAI organizzano squadre di soccorso alpino e la SAT di Trento istituisce un vero e proprio Corpo di Soccorso Alpino.

Il problema fu nuovamente affrontato e radicalmente risolto, grazie anche alla lungimiranza dell'allora Presidente Generale del CAI Bartolomeo Figari, nel 1954 quando, il 12 dicembre, il Consiglio Centrale del CAI deliberò l'istituzione del Corpo Soccorso Alpino (CSA). Alla guida dello stesso fu chiamato il dott. Scipio Stenico che aveva maturato notevole esperienza nella conduzione delle squadre trentine di soccorso. L'Italia fu divisa in Delegazioni e Stazioni di Valle, rette da un Responsabile. Nel primo anno i Volontari iscritti al Corpo furono 1414, racchiusi in 76 stazioni e 10 Delegazioni (Tarvisio-Udine, Belluno, Alto Adige, Trento, Edolo, Bergamo, Sondrio, Borgosesia, Aosta e Domodossola). Compito dei vari Delegati fu di impiantare a livello locale squadre di Volontari, composte d'elementi di provata capacità alpinistica, creare una rete d'allertamento con posti di chiamata e provvedere alla dotazione dei materiali occorrenti.

Nel 1960 fu stipulato con il S.A.R. dell'Aeronautica Militare una convenzione per il reciproco intervento in caso di soccorso ad alpinisti o la ricerca di velivoli dispersi in territorio montano, tale accordo sarà poi rinnovato nel 1970 ed è tuttora in piena attuazione.

Nel 1963 lo Stato italiano con la legge n° 91 del 23 gennaio, affidava al C.A.I. " ...il compito di assumere adeguate iniziative tecniche per il soccorso d'alpinisti ed escursionisti infortunati o pericolanti per qualsiasi causa, nonché per il recupero delle salme dei caduti...".

Nel 1967, grazie al nuovo regolamento, il Corpo assunse la denominazione di "Corpo Nazionale Soccorso Alpino (CNSA) ".

Nel 1968 entra a far parte del CNSA il Soccorso Speleologico.

Nel 1969 il Corpo è insignito della Medaglia d'oro al Valore Civile.

Nel 1976 fu risolto lo spinoso problema delle comunicazioni radio, con l'assegnazione da parte del competente Ministero di un' apposita frequenza operante sulla banda dei 4 metri. Il 24 dicembre 1985 lo Stato italiano promulgava la legge n° 776, che rifacendosi alla legge n° 91 del 1963 all'art. 2 cita " Il Club Alpino Italiano provvede a favore sia dei propri soci sia di altri all'organizzazione d'idonee iniziative tecniche per la vigilanza e la prevenzione degli infortuni nell'esercizio delle attività alpinistiche, escursionistiche e speleologiche, per il soccorso degli infortunati o dei pericolanti o per il recupero dei caduti".

Nel 1990 il CAI delibera il passaggio del CNSA a Sezione Particolare con l'attuale denominazione di CNSAS.

Nel 1992, lo Stato italiano varava la legge n°162: “Provvedimenti per i Volontari del Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico per l’agevolazione delle relative operazioni di soccorso”, dove l’art. 1, sancisce ai Volontari il diritto ad astenersi dal lavoro nei giorni in cui si svolgono le operazioni di soccorso alpino e speleologico o le relative esercitazioni di carattere nazionale o regionale.

Nel 1996 è stato firmato un protocollo d’intesa con le squadre S.A.G.F. (Soccorso Alpino Guardia di Finanza), per la collaborazione durante operazioni o esercitazioni congiunte di soccorso. Nella legge 21 marzo 2001, n° 74 “Disposizioni per favorire l’attività svolta dal Corpo Nazionale Soccorso alpino e Speleologico” l’art. 1 cita: “La Repubblica riconosce il Valore di solidarietà sociale e la funzione di servizio di pubblica utilità del CNSAS”. Sono altresì riconosciute le Scuole nazionali ed il CNSAS diventa soggetto di riferimento con il Sistema sanitario nazionale per il soccorso in montagna e per la formazione tecnica del personale d’altre organizzazioni, nonché interlocutore privilegiato con ENAC per la predisposizione delle certificazioni per i tecnici dell’elisoccorso in montagna.

Il 27 dicembre 2002 l’articolo 80 della legge finanziaria evidenzia che il soccorso in montagna, in grotta ed in ambienti ostili è di norma attribuito al CNSAS con il compito di coordinare i soccorsi in caso di presenza d’altri enti od organizzazioni, con esclusione delle grandi calamità, di competenza della Protezione civile.

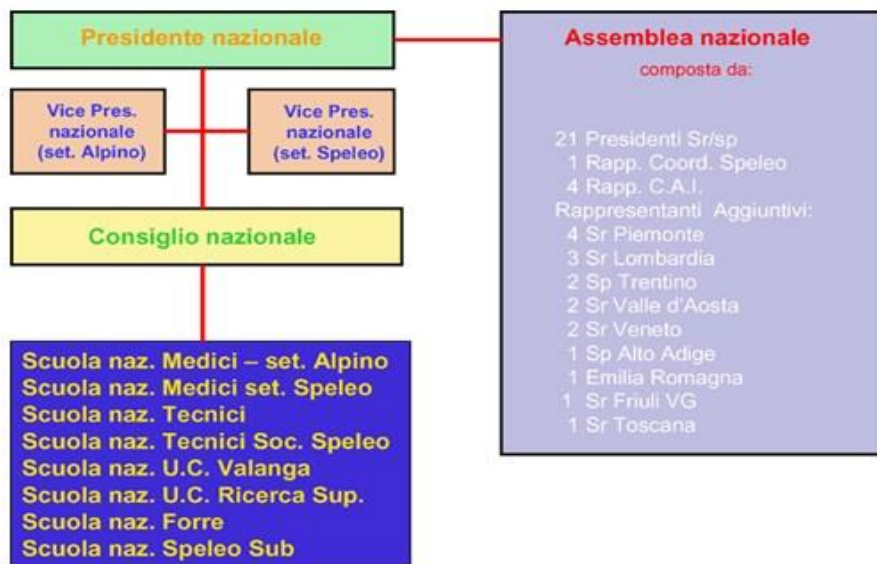
Il Corpo Nazionale del Soccorso Alpino e Speleologico (CNSAS) è una sezione specialistica del Club Alpino Italiano i cui elementi hanno precise competenze di portare soccorso con efficacia e rapidità a persone infortunate e pericolanti, compreso l’eventuale recupero salme, la ricerca di persone disperse in zone impervie, non necessariamente in alta quota, che richiedono l’impiego di personale specializzato in tecniche alpinistiche, tecniche di primo soccorso e in quelle di soccorso alpino e di soccorso in grotta. L’operatività del CNSAS si estende per tutto il territorio nazionale, dalle Alpi agli Appennini, in particolare in ambiente ostile e in tutte le zone impervie. Per le stesse si devono intendere non solo, come solitamente si pensa, le classiche pareti rocciose o le vie ferrate, ma anche e soprattutto i nevaï ed i ghiacciai, le cascate di ghiaccio, le valanghe, gli impianti a fune, le piste da sci, le grotte, i torrenti ed ogni altro ambiente (colline, boschi, ecc...), che richiedono, per le particolari condizioni di tempo e di luogo, l’esclusivo impiego di personale qualificato. Il personale è



Figura 23 stemma corpo nazionale soccorso alpino e speleologico

composto da operatori, di cui sanitari, tra Infermieri e Medici, oggi il CNSAS è attivo su tutto il territorio nazionale. Una Direzione Nazionale, 21 servizi regionali, articolati in 32 delegazioni, costituiscono la spina dorsale della struttura.

La copertura capillare è assicurata da 240 stazioni alpine e speleologiche.



• stazioni soccorso alpino

• stazioni soccorso speleologico

Il CNSAS Lombardo esplica la sua funzione su tutto il territorio montuoso ed impervio della regione. Uomini e mezzi fanno capo alle delegazioni del CNSAS Lombardia, che a loro volta si distribuiscono sul territorio in stazioni, dislocate in punti cruciali del territorio alpino lombardo:

- V delegazione Bresciana
- VI delegazione Orobica
- VII delegazione di Valtellina e Valchiavenna
- XIX delegazione Lariana
- delegazione speleologica

Animati da spirito solidaristico e dalla profonda conoscenza dell'ambiente montano, i volontari del CNSAS, da mezzo secolo rappresentano un punto di riferimento per le richieste di soccorso in montagna ed in ambiente impervio.

3.2.2 Dove opera il Soccorso Alpino

L'insieme di scenari dove opera il Soccorso alpino si possono unificare con la sola definizione di "impervio". Con il termine "impervio" si intende luogo difficile da raggiungere, da percorrere, da attraversare perché scosceso, accidentato, mal agevole.

Ma, quando si deve pensare a un'emergenza sanitaria, l'ambiente impervio va pensato come luogo in cui si devono considerare i seguenti elementi:

- Accesso alla scena
- Condizioni climatiche
- Luce naturale
- Terreno
- Speciali necessità di trasporto e gestione

- Tempi di accesso e trasporto
- Personale disponibile
- Comunicazioni

Il paziente “vittima” di questo ambiente può aver bisogno di una squadra di soccorso con corde, picozze da ghiaccio e ramponi pertanto i sanitari si trovano ad affrontare problematiche assistenziali impegnative quali ad esempio ipotermia, stabilizzazione del paziente, gestione delle ferite e fabbisogno di cibo e liquidi

I principali scenari dove opera il Soccorso Alpino sono in ambiente montano, impervio, ipogeo e forra; eccezionalmente in ambiente antropico e subacqueo.

Soccorso in ambiente montano



Figura 24 soccorso in roccia



Figura 25 soccorso in valanga

Intervento via “aria”:

- tempi rapidi
- medicalizzazione rapida

- evacuazione rapida
- possibilità di trasportare più squadre e più materiali
- trasporto rapido verso la struttura più idonea
- agevole assistenza durante il trasporto
- intervento solo diurno
- direttamente correlato alla situazione ambientale e meteorologica
- stress non abituato al mezzo aereo



Figura 26 Soccorso in ambiente ipogeo



Figura 27 soccorso in grotta

Soccorso in ambiente antropico



Figura 28 soccorso in grandi emergenze

Soccorso in ambiente subacqueo

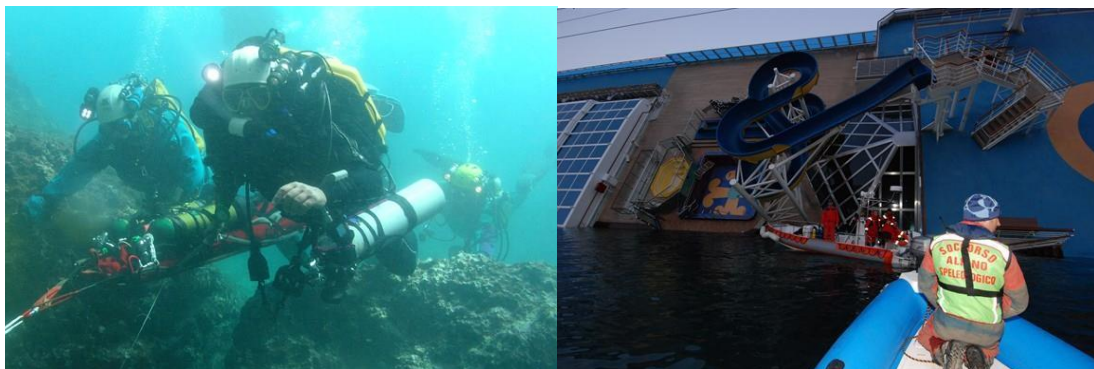


Figura 29 soccorso in recuperi sottomarini

Soccorso in ambiente forra



Figura 30 soccorso in forra

3.2.3 Figure professionali che operano nel Soccorso Alpino

Ciascun volontario può svolgere compiti appartenenti a diverse categorie, nel rispetto dei percorsi formativi ed addestrativi previsti .

Le figure professionali che costituiscono il Corpo Nazionale del Soccorso Alpino sono:

- Operatore di Soccorso Base (O.S.B.)

La qualifica permette un'autonomia di movimento dell'Operatore, su sentieri di tutte le difficoltà, terreni impervi con limitati salti di roccia e terreni innevati con difficoltà modeste che non richiedano l'uso di attrezzature specifiche tipo piccozza o ramponi.

L'Operatore svolge operazioni di ricerca e soccorso, con esclusione di manovre tecniche che prevedano l'uso di corde durante il trasporto di feriti. L'uso delle corde è consentito limitatamente alla gestione della sicurezza personale (corda fissa, discesa a corda doppia) o assistenza ad altro personale del C.N.S.A.S. (brevi calate su corda singola).

- Operatore di Soccorso Alpino (O.S.A.)

La qualifica abilita l'Operatore a interventi su tutti i terreni trattati nelle fasi di formazione e verifica, con autonomia di movimento anche su terreni alpinistici in ambiente roccia, neve e ghiaccio. L'Operatore svolge operazioni di ricerca e soccorso, effettuando anche manovre tecniche che prevedono la messa in sicurezza di terreni impervi e/o alpinistici, la collaborazione nella gestione della sicurezza del personale impegnato nelle operazioni di soccorso e il trasporto dei feriti con l'impiego dei vari sistemi previsti.

- Operatore Tecnico Sanitario (O.T.S.)

La preparazione di questa figura è prevalentemente di tipo sanitario e ha lo scopo principale di portare un soccorso tecnico-medicalizzato anche in ambiente escursionistico e alpinistico. Gli Operatori devono tuttavia garantire un minimo di preparazione tecnica individuale, tale da permettere il raggiungimento dei luoghi d'intervento in tempi ragionevoli e con modalità di sicurezza adeguate.

- Tecnico di Soccorso Alpino (Te.S.A.)

Questa figura tecnica deve avere una buona capacità tecnica-organizzativa nelle operazioni di soccorso, assumendo il ruolo di Capo squadra nelle fasi di gestione della sicurezza del personale e nelle scelte tecniche più appropriate allo svolgimento corretto del soccorso.

- Tecnico di Elisoccorso (T.E.)

E' la qualifica operativamente a livello più avanzato che richiede grande esperienza di movimentazione e soccorso su tutti i terreni, oltre ad una buona capacità di valutazione operativa e di scelta in tempi rapidi. E' abilitato a tutte le manovre con l'elicottero. Di fondamentale importanza la capacità di rapportarsi con le altre figure impegnate nelle operazioni di soccorso (parte aeronautica, sanitaria, soccorso a terra ed altre organizzazioni).

- Unità Cinofile.

Le Unità Cinofile da Valanga (U.C.V.) sono costituite da conduttori con almeno qualifica O.S.A., e da un cane ed è abilitata ad eseguire operazioni di soccorso di ricerca travolti da valanga.

- Unità Cinofile da Ricerca in Superficie (U.C.R.S.)
- Unità Cinofile da Ricerca Molecolare (U.C.R.M.) Unità Cinofile da Ricerca Catastrofe (U.C.R.C.)

- Operatore di Soccorso Speleologico

La qualifica abilita l'Operatore a interventi su tutti i terreni trattati nelle fasi di formazione e verifica. L'Operatore svolge operazioni di soccorso, effettuando anche manovre tecniche che prevedono la messa in sicurezza di terreni impervi, la collaborazione nella gestione della sicurezza del personale impegnato nelle operazioni di soccorso e il trasporto dei feriti con l'impiego dei vari sistemi previsti.

3.2.4 Organigramma delle figure professionali appartenenti al soccorso alpino

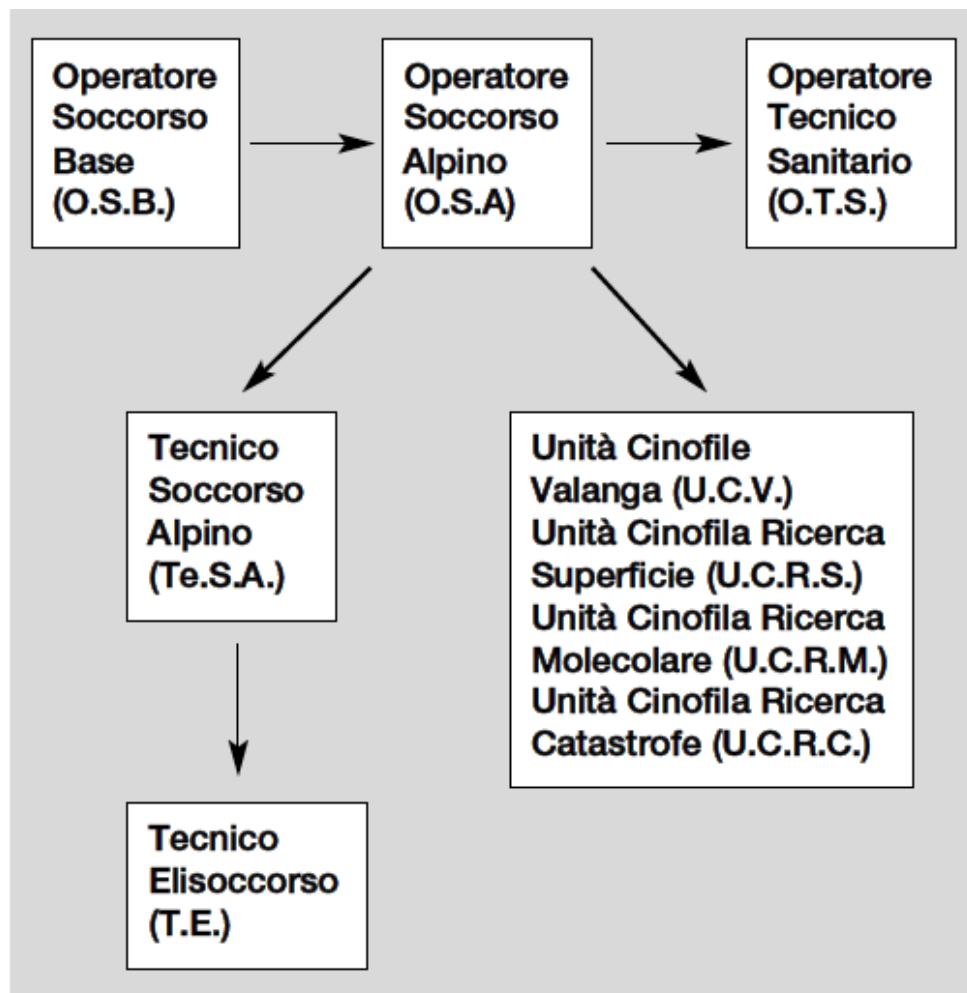


Tabella 7 organigramma

3.2.4.1 l'equipe sanitaria del CNSAS

L'attività e la presenza di molti medici, spesso medici condotti delle valli alpine ha permesso lo sviluppo di un soccorso efficace che, in tempi relativamente brevi, permetteva di prestare le prime cure all'incidentato.

Anche l'attrezzatura in dotazione al Soccorso ha subito importanti modifiche; gli zaini sanitari, le barelle e i presidi utilizzati sono sempre più tecnici e pratici. Il Dott Scipio Stenico è stato uno dei fondatori del corpo Nazionale del Soccorso Alpino e Speleologico e della CISA/ IKAR (un'organizzazione internazionale che raccoglie tutte le organizzazioni di Soccorso Alpino dei diversi paesi del mondo). Attualmente il CNSAS è composto da circa 300 medici ed infermieri, una commissione medica nazionale e 2 scuole, una alpina e una speleo che collaborano nel progetto formativo di medici, infermieri e tecnici laici al fine di mantenere una competenza sanitaria adeguata all'ambiente in cui

operano. Il profilo professionale del sanitario prevede che lo stesso abbia il titolo di studio di Laurea In Medicina e Chirurgia o Laurea in Scienze Infermieristiche o qualifica di Infermiere.

3.2.4 2 L'infermiere del CNSAS

L'infermiere CNSAS è colui che pianifica l'assistenza infermieristica nell'area dell'emergenza urgenza in ambiente impervio ed ostile. L'infermiere valuta lo stato di criticità del paziente e stabilisce le priorità assistenziali collaborando all'interno dell'equipe multiprofessionale, collabora allo sviluppo delle competenze del gruppo sanitario e dei soccorritori CNSAS. Le capacità che lo distinguono sono:

- Autocontrollo ; saper conservare un atteggiamento equilibrato anche in condizioni di forte tensione, mantenendo sicurezza nelle prestazioni sanitarie assistenziali in situazioni di emergenza che tendono a coinvolgere emotivamente
- Decisione; capacità di stabilire priorità scegliendo l'intervento più adeguato tra diverse alternative, con ponderatezza e tempestività, anche in condizioni di incertezza, carenza o compessità delle informazioni e/o ambientali.
- Cooperazione ; volontà di lavorare in collaborazione con gli altri e di essere parte di un gruppo di professionisti.
- Organizzazione; capacità di pianificare e organizzare l'intervento dal punto di vista sanitario, tenendo in considerazione le variabili ambientali e i materiali a disposizione.
- Valutazione; capacità di raccogliere informazioni sullo stato di salute del paziente valutandole attraverso il ragionamento diagnostico, per prendere delle decisioni operative.

In aggiunta a queste capacità distintive, emerge l'importanza dello sviluppo e mantenimento delle competenze tecnico-alpinistiche affiancate a quelle sanitarie–formative. La formazione sanitaria può essere esterna ed interna:

- Esterna, di tipo curriculare, lavorativa o da corsi accreditati che hanno come argomento la medicina di urgenza/ emergenza, la medicina di montagna.
- Interna, acquisita con la partecipazione dei singoli professionisti ai corsi di formazione della scuola nazionale medici per l'emergenza ad alto rischio in ambiente montano CNSAS o programmi accreditati dalla stessa che formano e operano con professionalità, entusiasmo, per tutto il tempo

necessario. Le abilità prioritarie che devono essere mantenute possono essere riassunte nella capacità di:

- Saper riconoscere e gestire le situazioni che sono argomento di ALS medico e traumatico (ILCOR / AHA / ERC – PHTLS)
- Saper riconoscere e gestire le situazioni più specifiche dell'ambiente in cui si opera (es: i problemi determinati dal trasporto in barella via terra e via aerea, gestione del travolto da valanga, mal di montagna , sindrome da sospensione, folgorazione, morsi d'animale) per quanto di competenza

All'interno del CNSAS, l'infermiere diviene quindi uno degli “anelli” fondamentali ed indispensabili, è infatti quest'ultimo ad erogare le prime cure di assistenza ,in collaborazione con il medico, e a creare le situazioni affinché l'infortunato sia stabilizzato sul posto.

Grazie alle competenze in suo possesso, unite a specifiche conoscenze delle tecniche di soccorso in montagna, l'equipe sanitaria è in grado di portare l'ospedale sul luogo dell'evento, per garantire un notevole miglioramento del follow-up dei pazienti ed allo stesso tempo, assicurare un ruolo di centralità e grande responsabilità..

Un'opportunità ricca di esperienza per una crescita professionale che amplifichi i comuni orizzonti e gli scenari dell'infermieristica dell'emergenza.

3.2.4.3 Impatto emotivo del soccorritore

Gli operatori del Corpo nazionale soccorso alpino e speleologico sono volontari la cui preparazione è per lo più orientata all'addestramento operativo nei possibili scenari d'intervento; la preparazione psicologica, invece, non sempre risulta essere appropriata e sufficiente per affrontare le situazioni in cui essi sono chiamati ad intervenire.

I soccorritori, durante gli interventi in cui sono impegnati, si trovano ad affrontare una sorta di compito paradossale che consiste nel dover far funzionare in modo sano all'interno di un contesto in cui le vittime (e gli eventuali parenti presenti) hanno diritto di funzionare in modo folle.

Per folle si intende l'insieme delle reazioni di difesa e adattamento delle vittime e dei loro congiunti, che sono da considerarsi assolutamente normali visto il contesto di emergenza, ma che denotano una grande sofferenza e che possono essere difficili da gestire: tra questi si ricorda la paura, la rabbia, il senso di colpa, l'inibizione dei sentimenti, la confusione, lo sconforto e il dolore. Generalmente i

professionisti e i volontari che operano in situazioni di emergenza, sviluppano una soglia di tolleranza abbastanza elevata nei confronti delle situazioni che possono mettere a repentaglio il loro equilibrio psichico.

Tuttavia, il rischio che essi siano coinvolti nelle esperienze traumatiche, delle persone che soccorrono deve essere tenuto in considerazione: traumatizzazione vicaria è il nome che viene dato a questo particolare processo a causa del quale il soccorritore vive in prima persona il trauma, non per esposizione diretta, ma per il contatto con la persona soccorsa e per il coinvolgimento empatico con il suo vissuto traumatico.

Così mentre i nervi saldi e il cuore freddo consentono di affrontare le situazioni più drammatiche ed emotivamente crudeli, l'essere sottoposti troppo a lungo o troppo spesso a queste circostanze, che richiedono un controllo emotivo particolare, possono condurre ad uno stato d'iperattività permanente e lentamente può manifestarsi "una sindrome da stress del soccorritore". Un'utilizzazione eccessiva del sistema adrenergico produce un sovraccarico, con veri segni e sintomi riconducibili ad una patologia distribuita a più livelli.

Il soccorritore adrenergicamente sovraccaricato, ha alterato l'asse ipotalamo-ipofisario, la funzione delle ghiandole surrenali (che producono adrenalina) e parallelamente nei casi trascurati, si possono verificare alterazioni a carico del sistema di controllo del ritmo cardiaco ed un aumento del catabolismo metabolico.

Inoltre se la capacità sviluppata od innata, in chi opera nell'ambito del soccorso, di riuscire a rispondere prontamente ad una situazione di crisi con un attivazione immediata che gli antichi nominavano con "estote parati" (state pronti), permette in qualsiasi momento del giorno e della notte di rispondere al top delle proprie funzioni psicofisiche, la permanenza in questo stato di allerta per troppo tempo, mantiene iperattivo il sistema neuromuscolare oltre che endocrino e può arrivare ad interferire con il ritmo sonno-veglia, riducendo i processi di scarica e di rilassamento.

In un quadro così descritto può suonare forse allarmante ed in parte può diventarlo, se non viene in qualche misura corretto sia dalla consapevolezza psicologica che esiste questo rischio, sia tramite la variazione e la modulazione dei propri comportamenti.

E' perciò necessario rivisitare le proprie risorse, rispettare i propri limiti, impegnarsi nella giusta misura, senza peraltro far scadere le motivazioni.

Ci dobbiamo consentire uno spazio personale di rilassamento della mente e del corpo. In particolare per ridurre od arrestare l'evolversi di questa sindrome, è utile il confronto ed il dialogo con i colleghi per rivivere in maniera differita le esperienze comuni e rivedere i comportamenti.

E' bene essere disposti ad accettare le proprie reazioni emotive e condividerle con chi ha maturato maggior esperienza, cercando di esprimere i motivi da cui nascono. La famiglia può essere un ambito di ricongiungimento psicologico con l'attività del soccorso, quando si riesca a convolgerla in maniera utile nel proprio vissuto e a presentarle positivamente l'ambiente lavoro. Questa però non è la strada sempre percorribile perché se la famiglia non riesce a comprendere, oppure è oppositiva nei confronti del tempo che dedicate all'emergenza, può essere questa stessa a generare tensioni che aumentano o alimentano lo stato di stress.

Un' importanza particolare deve essere riservata ai corsi di aggiornamento o di formazione, questo perché da un lato permettono di rendere più sicuro dei propri mezzi il soccorritore e dall'altro lo portano a confrontarsi criticamente con quanto spesso viene fatto per abitudine.

Nei casi di stress più avanzati, è necessario diminuire l'attività e magari prendersi una piccola vacanza. Rivalutare e rivivere le ragioni che hanno portato a questa scelta in un ambiente dove sono presenti stimoli diversi permetterà di ritrovare le giuste prospettive, misure e motivazioni; riscoprire la gioia del lavoro svolto, riacquistando magari l'umorismo perduto, senza rischiare di scivolare nel cinismo per eccessiva abitudine al dolore degli altri.

In definitiva arrivare a "conoscere se stessi" per recuperare anche le proprie fragilità e fallibilità.

3.2.5 L'evento valanghivo:

3.2.5.1 Definizione

Con il termine valanga si intende ogni processo di mobilitazione di masse nevose che prendono avvio da un versante montano e proseguono la loro corsa sino a quando la ridotta pendenza e/o ostacoli ne provocano l'arresto. La causa è la rottura della condizione di equilibrio presente all'interno del manto nevoso per effetto di uno stress interno che porta al raggiungimento del carico di rottura ovvero, quando la forza di gravità che agisce sul pendio innevato supera le forze di coesione del manto nevoso che agiscono in senso opposto.

3.2.5.2 Il termine slavina è essenzialmente sinonimo

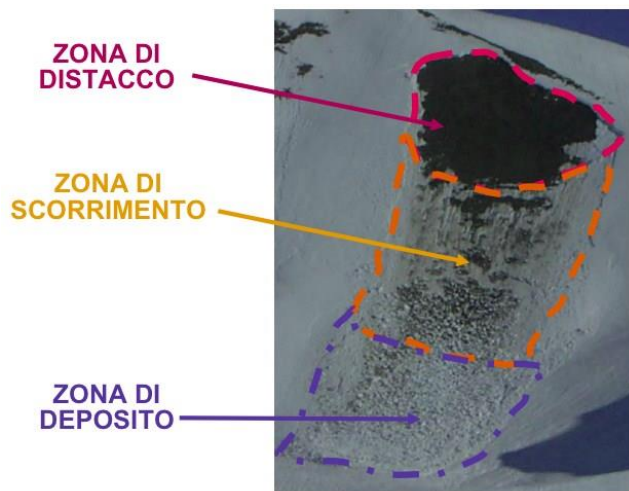
Durante la discesa la valanga può coinvolgere altra massa nevosa assumendo così dimensioni via via maggiori e raggiungere velocità anche superiori ai 300 km/h. Il distacco della massa di neve può essere provocato da varie cause: naturali, umane (sciatori), azione del vento, ecc. I meccanismi fisici e la dinamica sono dunque simili per certi versi a quella di una frana con il manto nevoso che sostituisce il terreno (8)

3.2.5.3 Fattori scatenanti

Le cause di una valanga possono essere: naturali, artificiali o naturali ed artificiali.

A) Tra le cause naturali:

- IL sovraccarico nevoso al di sopra di un pendio che causa un aumento della forza di gravità che agisce contro la forza di coesione dei cristalli di ghiaccio; tale rischio aumenta con l'aumentare della pendenza e, nei versanti sottovento, per l'accumulo eolico di neve come esempio nei canaloni. Questo specifico fattore di rischio causa frequentemente valanghe di fondo.



nt

- Le precipitazioni nevose su un pendio innevato ghiacciato o già fortemente consolidato. In tale situazione, la ridotta coesione tra i due strati formatisi, determina una disomogeneità o discontinuità del profilo di coesione del manto nevoso che facilita lo slittamento e scorrimento a valle della massa nevosa superficiale (effetto scivolo e valanghe di superficie); queste valanghe superficiali sono comunemente dette slavine ed il rischio aumenta se la qualità della neve superficiale è resa pesante dall'alta umidità dell'aria.

- Le precipitazioni piovose su un pendio abbastanza innevato che aumentano il carico gravitazionale e riducono contemporaneamente la forza di coesione sono situazioni che accompagnate all'innalzamento termico potrebbero innescare un evento valanghivo.
- L'innalzamento termico che favorisce l'instabilità del pendio innevato, diminuisce la forza di coesione e, se provoca anche la fusione parziale del manto nevoso, il rischio di valanghe aumenta soprattutto nei versanti esposti a sud, per via della maggiore insolazione, nelle ore centrali della giornata e nel periodo primaverile di disgelo.
- Il vento in quanto agisce meccanicamente aumentando localmente il carico gravitazionale o diminuendo le forze di coesione fino al raggiungimento e superamento del carico di rottura; tale rischio aumenta con l'intensità del vento e nei versanti sopravvento.
- Il distacco di seracchi o frane che possono innescare valanghe sui pendii innevati sottostanti se vicini al limite del carico di rottura. I distacchi di seracchi o frane sono le cause tipiche dell'alta quota e delle stagioni calde.

B) Tra le cause artificiali:

- IL passaggio di uno o più sciatori o alpinisti su un pendio a rischio ovvero vicino alla soglia limite di rottura; l'azione scatenante potrebbe essere causata anche solo attraverso il peso di uno sciatore mentre si dirige verso valle o sta effettuando manovre brusche o fortemente sconsigliate come la traversata longitudinale di un pendio a rischio.
- Le cariche di esplosivo volutamente innescate al fine di produrre una valanga artificiale e diminuire il rischio connesso all'instabilità conclamata del pendio. Si parla in questo caso di distacco preventivo .

Le valanghe sono più frequenti nel periodo primaverile quando si sommano molti dei fattori di rischio sovraesposti.

3.2.6 Classificazione delle valanghe

Le valanghe vengono classificate in base al:

- Tipo di distacco (valanga a debole coesione e valanga a lastroni)
- Superficie di slittamento (di superficie o di fondo)

- Umidità della neve (umida/bagnata o polverosa / nubiforme)
- Forma del percorso (incanalata o di versante)
- Tipo di movimento (radente al pendio, solitamente neve molto bagnata e non supera i 50 km/h – nubiforme, solitamente neve asciutta e può arrivare a 300 km/h – combinata)
- Causa scatenante (spontanea - provocata) con forte o con debole sovraccarico.

3.2.6.1 Alcune rappresentazioni di valanghe

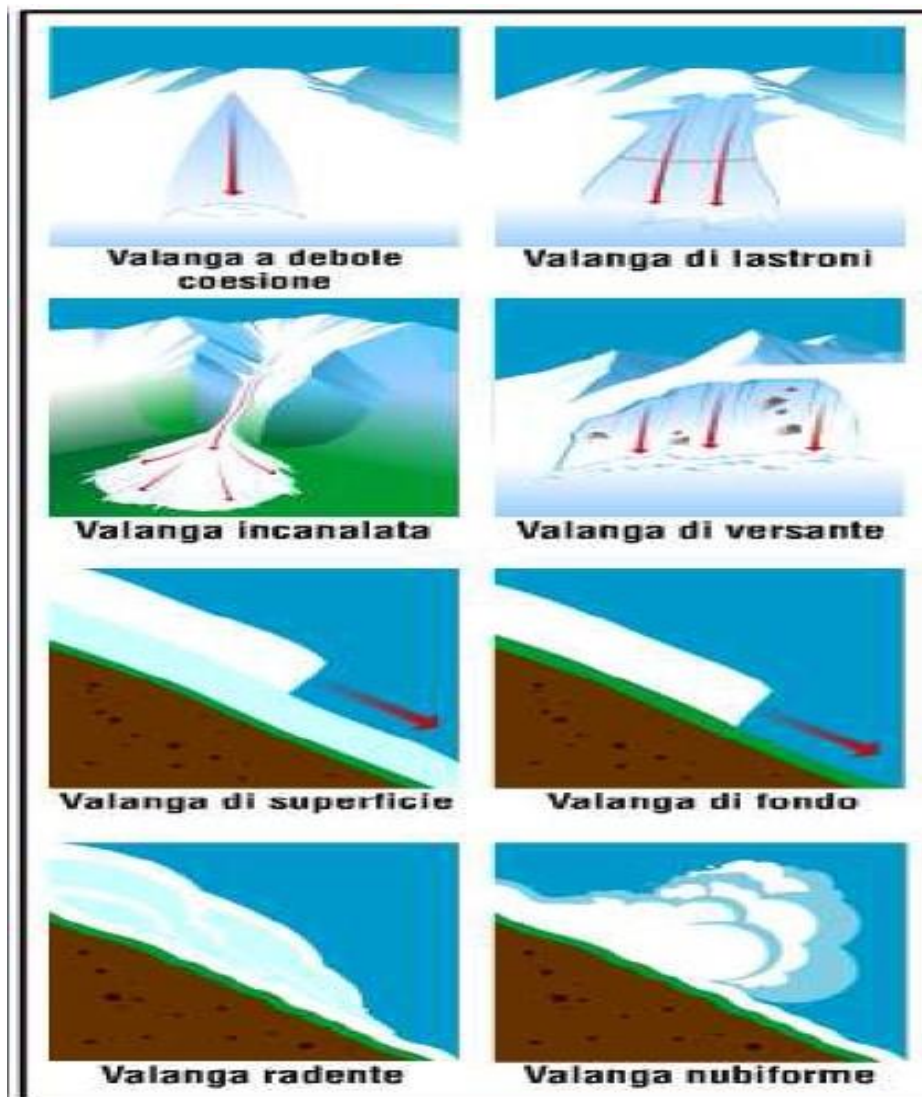


Figura 31 tipologia valanghe

3.2.6.1.1 Classificazioni incidenti da valanga:

a. Incidenti in aree isolate:

In questo gruppo rientra il maggior numero di incidenti mortali, le vittime sono solitamente persone praticanti sci alpinismo che provocano la valanga attraversando la zona di distacco. A volte il distacco della stessa va a colpire il gruppo di persone più a valle.

b. Incidenti nei comprensori sciistici:

le vittime possono essere rappresentate sia da chi scia per motivi di servizi che dal pubblico in genere

c. Incidenti sulle strade:

Una valanga può avere forza sufficiente da spostare o capovolgere anche autoveicoli transitanti sulle strade di montagna. I grossi mezzi meccanici addetti allo sgombero della neve corrono rischi elevati essendo i primi mezzi a transitare in zone a rischio. In questi casi il conducente ha una maggior probabilità di sopravvivenza se rimane all'interno della macchina, a meno che la neve, rompendo i vetri non lo abbia immobilizzato e ne impedisca la respirazione.

Principali categorie di persone coinvolte:

Secondo le classificazioni adottate dalla CISA-IKAR, gli incidenti da valanga riguardano due principali categorie di attività:

- Attività ricreative che comprendono lo sci alpinismo (escursionismo con pelli di foca e/o racchette da neve); lo sci fuori pista (sciatori/snowboarder); lo sci in pista e l'alpinismo (anche su cascate di ghiaccio);
- Attività non ricreative quali gli incidenti avvenuti su vie di comunicazione, o che hanno coinvolto case o centri abitati.

Lo sci alpinismo è attività ricreativa che ha il maggior numero di vittime in Italia con una media di 9 all'anno e una percentuale del 49%.

Le attività legate all'alpinismo in Italia sono al secondo posto con il 19% di vittime in seguito al crescente numero di incidenti alpinistici estivi e alla disciplina dell'ice climbing.

La terza attività più rappresentata, che in Italia conta il 17% delle vittime con 4 morti a stagione invernale è lo sci fuori pista. rappresentazione grafica delle distribuzioni per categorie delle vittime da valanga in Italia dal 1985 al 2009.

3.2.6.2 Distribuzione temporale degli incidenti da valanga

Dal 1984 ad oggi in Italia sono avvenuti incidenti da valanga tutti i mesi dell'anno con una maggior concentrazione stagionale, peraltro ovvia, da dicembre ad aprile (89%). I mesi di novembre e maggio hanno avuto circa lo stesso numero di incidenti.

Per quanto riguarda la distribuzione settimanale, il maggior numero di incidenti si verifica durante il fine settimana (55%), mentre la restante percentuale si distribuisce equamente fra gli altri giorni, con la sola eccezione del lunedì (12%) con un numero lievemente superiore.

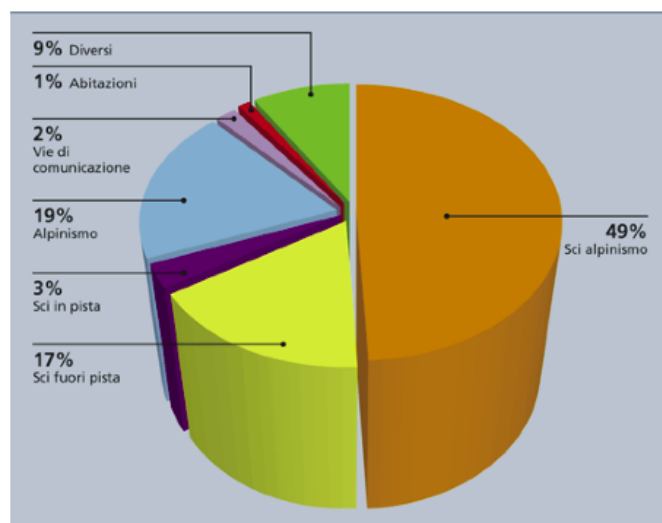


Figura 32 (rappresentazione grafica della distribuzione degli incidenti da valanga in relazione ai giorni della settimana)

MORTALITA'

Nel periodo 1985-2009, in Italia sono state travolte da valanghe 2035 persone in 958 incidenti, 467

sono decedute (23%), mentre 1569 sono sopravvissute(77%) . Determinante nella definizione di queste percentuali si è rivelato il tipo di seppellimento.



Figura 33 (rappresentazione grafica delle vittime da valanga in Italia dal 1967 al 2009)

Altro aspetto molto importante e determinante per la percentuale di sopravvivenza è il tempo di seppellimento. La curva di sopravvivenza in valanga, elaborata sulla base di 422 casi verificatisi tra il 1981 e il 1991, indica che nei primi 15 minuti le persone sepolte sotto la neve possono essere salvate se non hanno riportato lesioni fatali.

Successivamente, fra i 15 e i 35 minuti del seppellimento si verifica una brusca caduta delle probabilità di sopravvivenza dal 92% al 30%. Solo i travolti che dispongono di una cavità d'aria riescono a

sopravvivere senza rischi mortali fino a 90 minuti, poiché le cause principali dei decessi sono l'asfissia e l'ipotermia.

3.2.7 Rappresentazione della “Curva di sopravvivenza”

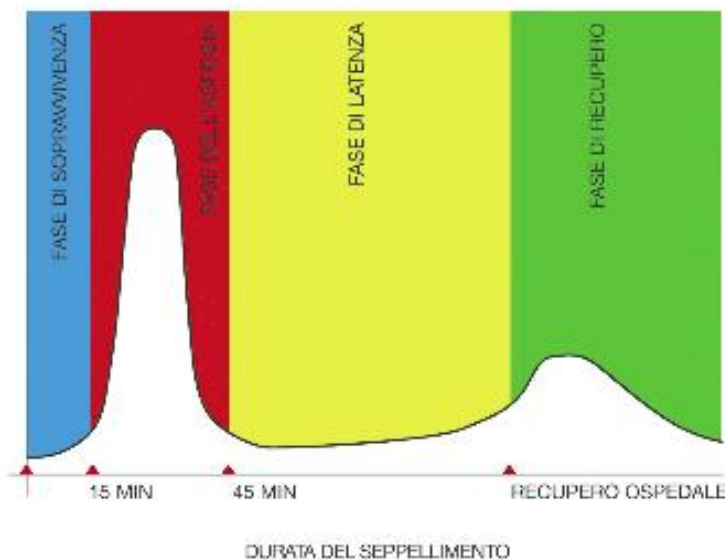


Figura 33 tempo di seppellimento

Prevenzione:

Alcune conoscenze teoriche quali i fattori scatenanti dell'evento valanghivo, le tipologie di valanghe, insieme alla conoscenza della situazione nivometeo attuale, la pianificazione della gita, l'utilizzo di una attrezzatura adeguata e il saper mettere in atto comportamenti corretti in situazioni difficili o rischiose sono fattori determinanti nel capitolo della prevenzione. Nel capitolo della prevenzione è prioritario l'abituale consultazione dei bollettini nivometereologici che permettono di conoscere l'innevamento, lo stato del manto nevoso (quantità, struttura e grado di consolidamento); inoltre individuano tipologie di zone a rischio, probabilità e condizioni di distacchi, quantità e dimensioni delle valanghe. I bollettini nivologici indicano anche la probabile evoluzione degli eventi sopra descritti. La consultazione fatta con regolarità permette di conoscere, oltre alla situazione attuale e alle previsioni, la "storia" del manto nevoso nella stagione; ad esempio: precipitazioni, temperature, venti; vecchi accumuli da vento, pericolosi; lo zero termico (quota min con t sempre < 0) ed il regime delle temperature nel tempo.

Nella prevenzione rientra anche la conoscenza della scala europea del rischio.

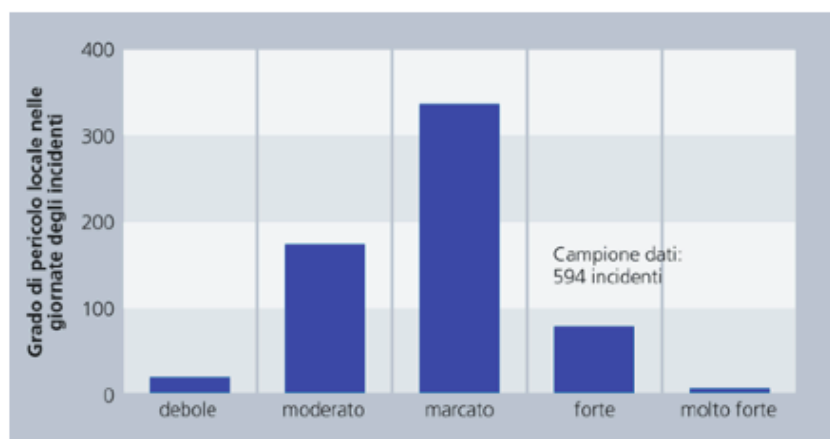


Figura 34: rappresentazione grafica della relazione tra incidenti da valanga e indice di pericolo

La Scala Europea del rischio valanga è uno strumento per oggettivare il pericolo. Il pericolo è quantificato con un valore che va da 1 a 5.

Dove solo con grado 1 c'è una certa tranquillità; con il grado 2 vanno considerate locali zone pericolose, con il grado 3 le possibilità sono limitate, con il 4 fortemente limitate, con il 5 meglio "stare a casa".

La scala non è lineare, quindi il grado 3 non è un rischio medio ma più elevato; per il distacco può bastare in vari casi un debole sovraccarico (peso della persona).

Al crescere del grado aumenta la possibilità di distacchi spontanei, con frequenza, diffusione e dimensioni via via crescenti.

E' importante ricordare che il rischio provocato è legato alle linee di percorso scelte, quello spontaneo anche all'ambiente sovrastante il percorso.

3.2.8 Scala europea del rischio valanghe

Anche la pianificazione della gita è un'azione fortemente raccomandata nel capitolo della prevenzione primaria.

Pianificare la gita significa ipotizzare una meta solo dopo aver consultato i bollettini nivometereologici, la scala europea del rischio, dopo aver valutato la

Scala del pericolo		Probabilità di distacco di valanghe	Indicazioni per escursionisti, alpinisti e sciatori fuori pista
1	DEBOLE	Il distacco è generalmente possibile solo con forte sovraccarico su pochissimi punti sul terreno ripido estremo. Sono possibili solo piccole valanghe spontanee e scaricamenti.	Condizioni generalmente sicure per le gite sciistiche.
2	MODERATO	Il distacco è possibile soprattutto con un forte sovraccarico soprattutto sui pendii ripidi indicati. Non sono da aspettarsi grandi valanghe spontanee.	Condizioni favorevoli per gite sciistiche ma occorre considerare adeguatamente locali zone pericolose.
3	MARCATO	Il distacco è possibile con debole sovraccarico soprattutto sui pendii ripidi indicati. In alcune situazioni sono possibili valanghe spontanee di media grandezza e, in singoli casi, anche grandi valanghe.	Le possibilità per le gite sciistiche sono limitate ed è richiesta una buona capacità di valutazione locale.
4	FORTE	Il distacco è probabile già con un debole sovraccarico su molti pendii ripidi. In alcune situazioni sono da aspettarsi molte valanghe spontanee di media grandezza e, talvolta, anche grandi valanghe.	Le possibilità per gite sciistiche sono fortemente limitate ed è richiesta una grande capacità di valutazione locale.
5	MOLTO FORTE	Sono da aspettarsi molte grandi valanghe spontanee, anche su terreno moderatamente ripido.	Le gite sciistiche non sono generalmente possibili.

Figura 35 scala di pericolosità

preparazione di ogni componente del gruppo e stabilito un orario di partenza tenuto conto anche dei possibili imprevisti, contrattempi e soste. Per quanto riguarda l'attrezzatura è fondamentale che sia adeguata.

Con il termine adeguata si intende oltre a quella "normale" (sci + coltelli, racchette) è indispensabile avere con sé ARTVA, sonda, pala, i ramponi, il telino di sopravvivenza ed eventuale attrezzatura alpinistica (corda, piccozza, etc.); da ultimo può essere necessario munirsi di specifici sistemi di protezione quali: piastre Recco, ABS (per galleggiamento), AVALUNG (boccagli e filtro per respirare), funicelle da valanga, etc.

Mettere in atto misure di protezione significa in oltre saper mantenere per tutta la durata dell'itinerario un livello alto di attenzione al fine di:

- riconoscere la presenza di pericoli (lastroni, accumuli, cornici in cresta); evitare pendii sottovento, specie se molto inclinati e in ombra, e sotto cornici;
- far attenzione ai pendii appena sotto creste/costoni (possibili sedi di lastroni), ai canaloni, alle concavità del terreno, agli accumuli
- privilegiare costoni, dorsali, gobbe, creste.
- seguire punti che offrono protezione naturale (rocce, alberi, pianetti). •superare i pendii sospetti lungo la massima pendenza, magari sci in spalla e ricordare che non è detto che le tracce esistenti siano sicure.
- rispettare gli orari (es. il sole allenta la neve e può renderla pericolosa, oltre che faticosa)
- garantire una progressione a distanza di sicurezza e mantenere una sciata poco brusca al fine di ridurre il sovraccarico

Inoltre è bene tenere presente che la nebbia può far perdere tempo/energie e che i rialzi termici a volte non sono percepibili “direttamente” perché si è in “ombra di vento” o in conche più fredde. In caso si sospetti un pericolo di non stabilità del manto nevoso è buona norma saper effettuare prove empiriche di stabilità quale il test del bastoncino, test della pala, test di compressione, test del cuneo di slittamento, per individuare strati deboli, determinare il grado di coesione, e decidere il "passo/non passo" . Le manovre di autosoccorso sono azioni da compiere per effettuare prevenzione secondaria quando si viene investiti da valanga pertanto devono essere conosciute per essere messe in atto in modo corretto.

Pertanto, se si viene investiti, cercare la fuga laterale, liberarsi degli sci, tentare di galleggiare/nuotare, chiudere la bocca, cercare di crearsi una camera d'aria. Se si è osservatori fissare il punto di scomparsa per ridurre l'area di ricerca dal punto di scomparsa in giù.

Nel capitolo della prevenzione secondaria è fondamentale il corretto funzionamento dell' ARTVA (Apparecchio Ricerca Travolti in Valanga) poichè è lo strumento di ricetrasmisione fondamentale che permette una localizzazione della vittima sepolta entro pochi minuti solo se correttamente indossato e acceso.

Tale strumento deve essere provato prima di iniziare la gita, le pile devono essere tenute ben cariche e deve essere messo in trasmissione all'inizio della gita; in ricezione per la ricerca. ARTVA, pala e sonda sono strumenti indispensabili per disseppellire la vittima. La pala permette di scavare circa 1 m³ in meno di 10 minuti, utilizzando gli sci si riesce a scavare la stessa quantità in circa 30 minuti e a mano in circa 1 ora. Se in profondità, la zona individuata può essere ampia (alcuni m²), la sonda permette una localizzazione puntuale, evitando di scavare molti m³ risparmiando così tempo prezioso.

L'obiettivo del personale che opera nel CNSAS è quello di accorciare il GAP temporale che intercorre fra l'evento ed il disseppellimento e fra quest'ultimo e l'inizio del trattamento dell'ipotermia, possibile solo con le complesse tecnologie presenti in centri specialistici di cardiocirurgia e rianimazione.

La procedura d'intervento nel caso di incidente in valanga ha inizio dalla ricezione della chiamata di soccorso.

Alla chiamata rispondono operatori di centrale 118 addestrati per conseguire due tipi di competenze.

La prima riguarda le tecniche di assistenza sanitaria ed il coordinamento delle risorse di soccorso. L'altra consiste nel padroneggiare varie aspetti della comunicazione telefonica: accogliere la chiamata di emergenza, raccogliere le informazioni necessarie anche da persone coinvolte dal punto di vista emozionale per trasmetterle ai soccorritori, istruire l'utente su come comportarsi in attesa dei soccorsi e, guidarlo nell'effettuazione di manovre prioritarie (esempio iniziare la ricerca mediante l'ausilio di ARVA e sonda se non già iniziata e/o manovre di primo soccorso)

L'operatore della centrale operativa 118 raccoglie informazioni mediante uno schema di domande la cui sequenza logica ha lo scopo di stabilire la priorità di allertamento e l'invio dei soccorsi. In sintesi la ricezione della chiamata avviene nella seguente sequenza:

3.2.9 Ricezione della chiamata

La chiamata, che può arrivare o da personale del C.N.S.A.S. o da utente qualsiasi, viene filtrata dall'operatore di centrale SUEM che dovrà ottenere le sottoelencate informazioni:

- luogo (zona, valle, versante, quota e condizioni meteorologiche locali etc...)
- n° di telefono del chiamante
- n° persone coinvolte

- se le persone coinvolte sono sepolte o in superficie
- tempo trascorso dall'evento
- condizioni meteo
- se sono stati allertati altri enti di soccorso in particolare nelle zone di confine di regione o di stato.

Contemporaneamente verrà allertato tutto l'equipaggio. Questo è possibile già durante il filtro attivando la chiamata generale tramite i Cerca Persone "BIP" attraverso un meccanismo di chiamata a "cascata"

Se in Centrale Operativa è presente l'Unità Cinofila o il Tecnico del CNSAS verranno invitati dall'Operatore a seguire la chiamata supportandolo così durante il filtro

Alcuni accorgimenti che vengono forniti al chiamante:

- se possibile togliersi dal pericolo
- risparmiare le batterie del telefono
- razionalizzare cibi e bevande
- cercare un riparo
- rimanere sempre contattabile
- mettersi se possibile in un luogo visibile

Invio sul posto l'elicottero con l'equipaggio composto da pilota, specialista, tecnico elisoccorritore CNSAS, medico, infermiere ed unità cinofila da valanga

Pianificare un secondo volo per il recuperare almeno altre 3 unità cinofile.

Nel caso in cui l'intervento si dovesse svolgere di notte o con situazione ambientale e meteorologica avversa l'intervento dovrà effettuarsi "via terra".

L'intervento via terra è possibile nelle 24 ore in condizioni di scarse limitazioni ambientali e di scarse o nulle limitazioni meteo; i limiti del intervento sono:

- tempi lunghi
- medicalizzazione spesso tardiva
- evacuazione spesso lenta e quasi sempre oltre la golden hour
- maggior difficoltà al trasporto di materiale sul posto
- trasporto meno atraumatico per il paziente (temperatura, meteo, movimentazione)

3.2.9.1 Azioni da intraprendere sul evento valanghivo

Arrivati i soccorsi sulla valanga, l'equipaggio decide dove sbarcare e dove iniziare la ricerca; Prima di scendere l'equipe dei soccorritori controlla la sicurezza della scena e richiedono alla centrale operativa l'invio di un secondo elicottero SAR se necessario.

Arrivati sul luogo dell'evento, l'Unità Cinofila procede con la propria ricerca, il Tecnico d'Elisoccorso CNSAS procede con la ricerca ARTVA e il sanitario mantiene i collegamenti radio.

Le ricerche si distinguono in:

1- Valutazione dell'obiettività dei testimoni: il soccorritore deve valutare l'obiettività delle testimonianze dichiarate dai partecipanti della gita rimasti illesi dal punto di vista fisico ma non emotivo.

2- Ricerca visiva udito: tale ricerca prevede l'attenta osservazione del fronte valanghivo per verificare se sulla scena sono presenti materiali della o delle vittime e attento ascolto per percepire suoni, rumori, che possono aiutare ad individuare la localizzazione del sepolto.

3- Ricerca con ARTVA: tale ricerca permette la localizzazione della vittima mediante apparecchi ARTVA, la localizzazione avviene in 3 fasi:

A- Ricerca primaria del primo segnale; il soccorritore individuato dispone l'apparecchio ARTVA in ricezione e invita i restanti componenti del gruppo a spegnere il dispositivo. Nel caso siano presenti

numerosi soccorritori, il responsabile suddivide la zona di ricerca in fasce parallele e ne assegna una per ciascuno di essi; la divisione può avvenire in senso orizzontale o verticale.

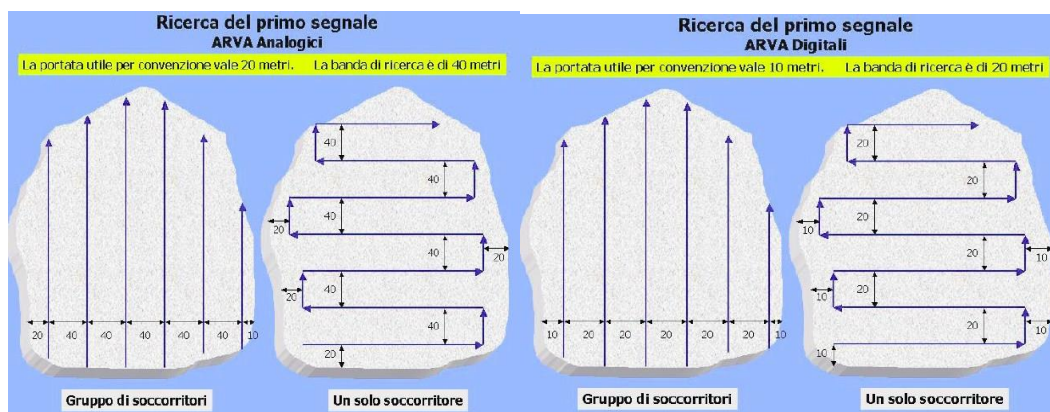


Figura 36 tecniche di ricerca

B- Ricerca secondaria: avviene dopo che è stato rilevato un segnale ben stabile; il dispositivo deve essere tenuto in posizione orizzontale al terreno. Spostando lentamente il braccio da sinistra verso destra per un angolo di 120° finché non si individua la direzione che fornisce la maggior intensità del segnale

C- Ricerca finale di precisione; si adotta il "sistema a croce" per cui il soccorritore compiendo movimento che disegna una simbolica croce tenendo l'ARTVA il più possibile vicino alla neve, localizza il punto esatto di seppellimento.

In questa fase di precisione individuata con la sonda la posizione e la profondità del sepolto, i soccorritori procedono con cautela allo scavo che viene effettuato a valle della posizione del travolto in modo da arrivare sul travolto dal margine laterale

Una volta liberata la vittima spegnere il suo apparecchio se ci sono altri sepolti, in caso contrario tutti i soccorritori rimettono gli apparecchi in trasmissione

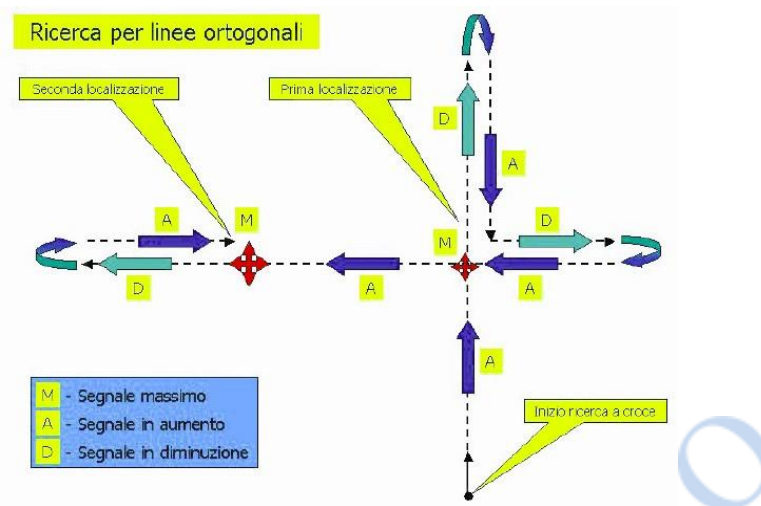


Figura 37a calibrazione ARTVA

4- Sondaggio: Il sondaggio permette al soccorritore di tastare ciò che è stato sepolto. La sonda deve essere introdotta a piccoli colpi, per la lunghezza stabilita dal soccorritore sondatore. Colpendo il corpo umano con la sonda, il soccorritore avverte un piccolo contraccolpo e un leggero rimbalzo; esistono diversi metodi di sondaggio, quello più diffuso ed efficace in funzione del tempo e dei soccorritori a disposizione è quello a maglia larga, che prevede l'individuazione dell'area primaria dove eseguire il sondaggio, l'allineamento dei sondatori con le spalle a stretto contatto su una linea orizzontale procedendo passo dopo passo in modo coordinato.

5- Scavo e disseppellimento: la tecnica più appropriata consiste nello scavare lontano dalla sonda dirigendosi verso la sua punta allargando poi lo scavo man mano che si espongono le parti corporee; tale tecnica favorisce il crearsi di una più vasta area che fungerà da nicchia per la medicalizzazione e da corridoio per evacuare il ferito.

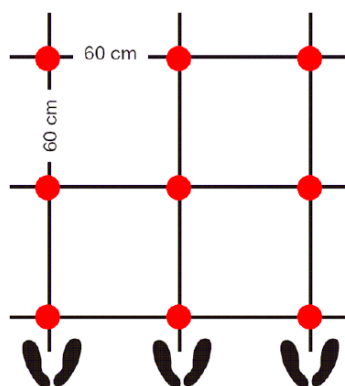


Figura 37b tecniche di ricerca

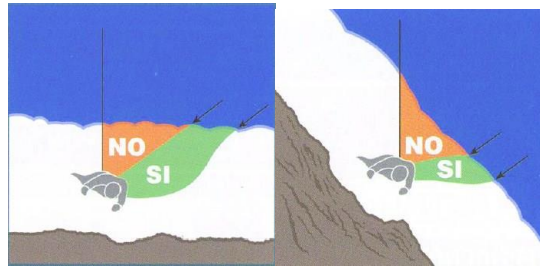


Figura 37c Tecniche di disseppellimento

3.2.9.2 Al ritrovamento dei sepolti

Il sanitario si porta sul luogo del ritrovamento, due sono i parametri che devono essere stimati dal sanitario:

- 1- il tempo ipotetico di seppellimento
- 2- l'esistenza o meno di una cavità aerea intorno al capo, in particolare intorno la bocca e naso, (ricordando che l'assenza di cavità aerea si ha in caso di narici e bocca ostruite dalla neve).

Questi 2 parametri devono essere ricercati con il massimo scrupolo perché la loro corretta interpretazione ha notevole valore diagnostico e prognostico per il travolto. La medicalizzazione inizia con la valutazione delle condizioni del soggetto.

I sanitari effettuano la valutazione primaria secondo la sequenza A-B-C-D-E sempre mantenendo adeguate comunicazioni con la centrale operativa 118 e con gli altri operatori del soccorso.

E' da sottolineare che l'ipotermia è per il sanitario una sorta di barriera che offusca la reale situazione clinica, celando tutti quegli indizi che permetterebbero una diagnosi differenziale fra una morte reale e una morte apparente.

L'algoritmo formulato da Brugger, approvato dalla CoMed internazionale della CISA, è un valido aiuto in quei momenti cruciali nei quali, di fronte ad una vittima da valanga priva di funzioni vitali, si deve sciogliere quell'angosciante dubbio se decidere di continuare nell'iter terapeutico volto al suo recupero o se decretarne la morte.

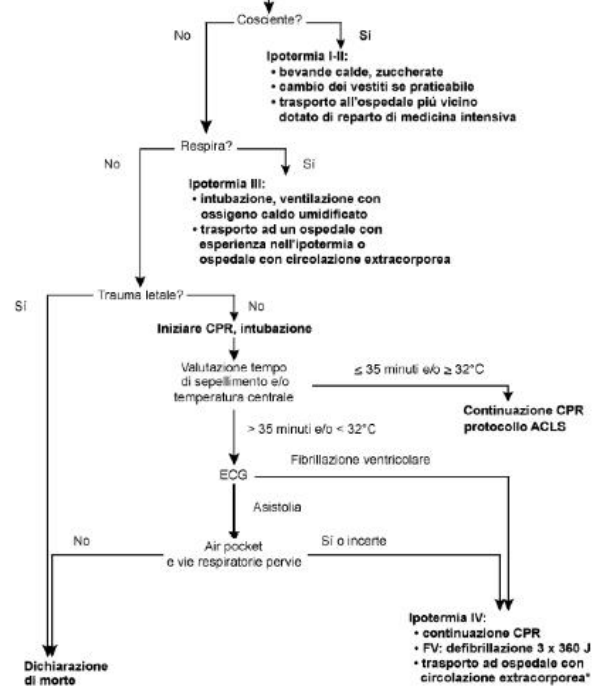


Figura 38 algoritmo soccorso

Algoritmo per il trattamento preclinico di pazienti travolti da una valanga. * trasporto all'ospedale più vicino per la determinazione della potassiemia.

Le possibili terapie che possono essere praticate in ambiente ospedaliero hanno prognosi nettamente migliore se si tratta di pazienti in cui l'ipotermia severa ed il conseguente arresto cardiocircolatorio è dovuto a cause diverse (immersione in acqua fredda, intossicazioni, esposizioni a temperatura molto bassa, ecc) che non in quelli in cui l'ipotermia, e il conseguente arresto cardio circolatorio è dovuto al seppellimento sotto una valanga. Come già accennato, nei travolti da valanga oltre al "danno da freddo" spesso si associano importanti traumi e patologie asfittiche che peggiorano in maniera drastica la prognosi.

Le scelte terapeutiche ed organizzative devono essere ben definite al fine di recuperare " il paziente". Le scelte terapeutiche devono essere precedute da momenti ben precisi di valutazione.

Capitolo 4

4.1 Protocolli e comportamenti rapidi appropriati generali da assimilare

4.1.1 L'autosoccorso

Dalle statistiche appare abbastanza evidente come, per il problema valanghe la migliore protezione sia la prevenzione, e cioè la messa in atto di tutte quelle precauzioni in modo da evitare nella maniera più assoluta di essere travolti.

L'escursionista invernale mai dovrebbe avventurarsi in montagna da solo: i compagni di gita possono essere di aiuto alle valutazioni ed alle scelte da fare sul terreno ma, soprattutto, sono indispensabili per effettuare un soccorso immediato in caso di travolgimento da valanga. Perché si possa intervenire efficacemente nei primi 15 minuti e recuperare i sepolti è necessario che tutti siano in possesso e sappiano utilizzare:

- ARTVA, apparecchio di ricerca per la rapida localizzazione di sepolti in valanga. Questo apparecchio, posto in trasmissione all'inizio dell'escursione, viene commutato in modalità di ricerca nel caso di incidente;
- sonda leggera, per l'individuazione del punto esatto in cui si trova la persona sepolta;
- pala, per poter liberare il più velocemente possibile una persona sepolta. Nella maggior parte dei casi la profondità di seppellimento si aggira intorno al metro.

4.1.2 Asfissia e rapidità

L'asfissia è la maggior causa di morte da sepolti in quanto non si ha accesso all'aria esterna, può inoltre insorgere assieme al trauma e all'ipotermia.

La sopravvivenza scende rapidamente nella "asphyxia phase" fino ai 35 minuti.

I compagni devono localizzare ed estrarre rapidamente le vittime sepolte, mentre i soccorsi organizzati devono essere mobilitati prontamente.

4.1.3 Asfissia – Pervietà delle vie aeree

La pervietà delle vie aeree è essenziale per sopravvivere ad oltre 35 minuti di sepoltura critica. Non è stato segnalato nessun sopravvissuto in casi di sepoltura oltre i 35 minuti che presentavano vie aeree ostruite. Se la sepoltura è sopra i 35 minuti deve essere verificata la pervietà delle vie aeree, quindi appena possibile durante o dopo l'estricazione vedere il volto. E' raccomandato scavare verso la vittima in modo da non ferirla e da non distruggere la "air pocket" per tutelare le vie aeree.

4.1.4 Asfissia – Rianimazione Cardio Polmonare

E' raccomandata la Rianimazione Cardio Polmonare standard in arresti cardiopolmonari ipossiemicici. Le ventilazioni devono essere combinate con le compressioni toraciche. Per le vittime sepolte da meno di 35 minuti trovate in arresto cardiaco, si presume l'asfissia e si inizia con RCP e ventilazioni appena la testa e il torace sono liberi senza preoccuparsi della pervietà delle vie aeree. Per le vittime sepolte da oltre 35 minuti in arresto cardiaco con attività elettrica e che presentino vie aeree pervie e una temperatura centrale superiore ai 32 gradi iniziare RCP con ventilazioni appena testa e torace sono liberi.

Per le vittime sepolte da più di 35 minuti trovate in arresto cardiaco con vie aeree ostruite la rianimazione può essere iniziata.

4.1.5 Asfissia – Gestione avanzata delle vie aeree

La gestione avanzata delle vie aeree è molto importante: se effettuata da personale esperto permette una ventilazione efficace, riduce la probabilità di aspirazione e può migliorare la sopravvivenza. Durante i trasporti di lunga percorrenza è associata ad un tasso di sopravvivenza superiore. Attenzione però che le complicazioni sono frequenti quando questa viene effettuata da personale non adeguatamente addestrato ed esperto. Per i soccorritori meno esperti i presidi sovraglottici sono più efficaci e sicuri rispetto all'intubazione endotracheale. Per le vittime in stato di incoscienza la gestione delle vie aeree avanzate dovrebbe esser effettuata se il soccorritore ne ha la competenza e se si riesce ad ottenere in tempo ragionevole. Nel caso in cui i soccorritori non siano addestrati alla gestione avanzata delle vie aeree la ventilazione è più efficace tramite maschera facciale. Per un potenziale sopravvissuto, che presenta vie aeree non pervie, il trasferimento ospedaliero dovrebbe esser affrettato e dovrebbe esser preventivamente allertata la necessità di supporto alla ventilazione.

4.1.6 Asfissia - Trasporto

Durante il trasporto l'ipotermia terapeutica può aumentare la sopravvivenza. Dispositivi meccanici di compressione toracica aumentano la sicurezza dei soccorritori ed evitano un loro ulteriore dispendio di energie migliorando l'efficacia del trasporto.

Se la rianimazione è stata efficace o se non ci sono le condizioni per terminare la RCP le vittime dovrebbero esser trasportate all'ospedale più vicino, preferibilmente provvisto di terapia intensiva. I dispositivi meccanici di compressione toracica e l'ipotermia terapeutica possono esser presi in considerazione per trasporti molto lunghi.

4.1.7 Trauma

I soccorritori devono fornire adeguata stabilizzazione spinale durante le fasi di estricazione, gestione sul posto e trasporto. Le squadre di soccorso specializzate dovrebbero esser addestrate ed equipaggiate per effettuare eventuale toracostomia, per l'uso del laccio emostatico, per l'incannulazione venosa ed intraossea con infusione controllata di fluidi per lo shock, per la gestione avanzata delle vie aeree, per la cricotiroidotomia e per l'uso di antibiotici nel caso di fratture esposte. Il trasporto dovrebbe esser effettuato appena possibile riducendo al minimo il tempo di gestione sul posto e preferibilmente avendo come meta un trauma-center.

4.1.8 Ipotermia

L'ipotermia è comunemente riscontrata nelle vittime di valanga. E' stato dimostrato che si può sopravvivere ad arresto cardiaco ipotermico, se associato a vie aeree pervie. Raramente l'ipotermia è la principale causa di morte, perché spesso si manifesta contemporaneamente ad asfissia e trauma.

A basse temperature centrali il cervello tollera l'arresto cardiocircolatorio superiore ai 5 minuti, senza presentare danni permanenti.

4.1.9 Ipotermia – Velocità di raffreddamento

La velocità di raffreddamento durante la sepoltura è variabile, ma può esser accelerata dalla presenza dei seguenti fattori: vestiti leggeri, sudorazione e spossatezza. La combinazione di ipercapnia ed ipossia può aumentare il raffreddamento portando all'ipotermia. Questa combinazione di condizioni è stata denominata come la "triple H syndrome" (hypothermia, hypercapnia, hypoxia), sebbene non se ne conoscano le dinamiche. Durante una sepoltura di 100 minuti è stato calcolato un raffreddamento massimo di 9°C/h, mentre sono stati riportati raffreddamenti inferiori in letteratura ed in esperimenti su umani

Alla velocità massima di raffreddamento di 9°C/h, sono necessari 35 minuti per raggiungere temperature inferiori ai 32°C. Pertanto se una vittima viene trovata con una temperatura centrale inferiore ai 32°C si deduce che è rimasta sepolta per almeno 35 minuti. Per esser sopravvissuto ad una sepoltura di almeno 35 minuti deve aver avuto la possibilità di respirare, presentando così vie aeree pervie al momento della dissepolitura. Al contrario, se presenta arresto cardiaco e vie aeree ostruite al momento della dissepolitura, si presume asfissia ed è improbabile la sopravvivenza.

4.1.9 Ipotermia – Collasso durante il salvataggio

I 32°C sono considerati la soglia al di sotto della quale incorre la fibrillazione ventricolare. L'Afterdrop consiste nell'abbassarsi della temperatura interna anche quando la vittima non è più al freddo e può innescare aritmie letali del miocardio. Questo avviene per il ritorno del sangue venoso dalla periferia più fredda al centro più caldo. Il collasso di una vittima ipotermica durante il salvataggio è associato ad aritmie letali. In una simulazione su suini è stato provato che in condizione di ipotermia le stimolazioni meccaniche producono aritmie letali. Perciò le irritazioni meccaniche sulla vittima ipotermica dovrebbero esser ridotte al minimo, evitando estensione eccessiva degli arti, spostamenti bruschi e compressioni toraciche non necessarie. La vittima va trasportata in posizione orizzontale.

Il monitoraggio ECG dovrebbe esser applicato durante l'estricazione e continuato durante il trasporto usando l'amplificazione massima se i complessi si presentano piccoli.

4.1.10 Ipotermia – Temperatura interna

L'ipotermia accidentale è definita come la diminuzione non intenzionale della temperatura interna sotto i 35°C. L'ipotermia può esser stadiata tramite la Stadiazione Svizzera basata sulla temperatura interna. La misurazione della temperatura più affidabile è la temperatura esofagea ed è quella raccomandata nelle vittime intubate. La misurazione timpanica è ragionevolmente accurata nel paziente non intubato che non è in arresto cardiaco, se il condotto uditivo è libero e se si applica correttamente la sonda mantenendo l'isolamento dall'aria esterna fredda. In ambienti freddi i termometri timpanici ad infra-rossi non sono efficaci, bisogna usare quelli a termoresistenza per misurare la temperatura centrale. Da studi su umani le temperature timpaniche, del cervello e della vescica sono simili tra loro. Invece la temperatura rettale è inferiore a quella esofagea durante la fase di riscaldamento nel ripristino della temperatura corporea. Rilevare la temperatura interna è fondamentale nella gestione dell'ipotermia, bisogna ottenerla da sonda esofagea se c'è intubazione, altrimenti da sonda timpanica per il rischio di aspirazione.

4.1.11 Ipotermia – Isolare

Tutte le linee guida raccomandano l'isolamento da ulteriore raffreddamento e molte di rimuovere i vestiti se bagnati. Studi effettuati su manichini mostrano che aumentando l'isolamento attorno ai vestiti bagnati, si riduce la perdita di calore similmente a come fossero stati rimossi. E' inoltre sempre necessaria una copertura anti-vento attorno all'isolamento prodotto. Per isolare da ulteriore perdita di calore le vittime di ipotermia in maniera efficace utilizzare mezzi asciutti, a bassa conduzione, sufficienti per tutto il corpo, avvolgere poi se possibile in uno scudo anti-vento e idrorepellente. I vestiti bagnati vanno rimossi solo se si ha il materiale adatto per un efficace isolamento. Le vesti vanno tagliate cautamente se è presente uno stadio di ipotermia moderata o peggiore.

4.1.12 Ipotermia – Riscaldare, heat pack, infusioni, bevande e movimento

Applicare heat pack può migliorare il comfort, sebbene non rialzi la temperatura interna. Fornire ossigeno umidificato e riscaldato offre benefici limitati. Infusioni di fluidi riscaldati hanno un contributo minimo all'aumento di temperatura corporea, con una crescita teorica di 0.3°C per ogni litro infuso alla temperatura costante di 40°. Inoltre vi è la difficoltà di mantenere riscaldate le infusioni sul campo. Per un riscaldamento sul posto efficace si raccomanda di applicare fonti sicure di calore come heat pack chimici al tronco e mantenere infusioni a 38-42°C. Due revisioni sistematiche Cochrane e la linea guida pratica della American Society of Anesthesiologists non hanno riscontrato effetti collaterali da fluidi chiari fino a 2 ore prima dell'intervento chirurgico in pazienti in salute. Se si prevede che le vittime coscienti non necessiteranno di sedazione o anestesia nelle successive 2 ore, stimolarle all'assunzione di bevande chiare calde anche caloriche, non alcoliche e prive di caffeina. Stimolare le vittime in ipotermia lieve (35-32°C) a riscaldarsi col movimento.

4.1.13 Ipotermia – Ossigenoterapia e pulsossimetro

Una adeguata ossigenazione può ridurre il rischio di collasso post soccorso perché migliora la stabilità cardiaca. Il pulsossimetro non è attendibile con l'esposizione al freddo a causa della vasocostrizione periferica, dei limiti dello strumento, dell'elevata altitudine e l'accecante luce ambientale. Si raccomanda di somministrare ossigeno a vittime di ipotermia e di considerare inaffidabile il pulsossimetro.

4.1.14 Ipotermia – Gestione avanzata delle vie aeree

Il posizionamento di presidi per la gestione delle vie aeree avanzate fornisce ossigenazione e protezione dall'aspirazione avendo un basso rischio di scatenare aritmie maligne. I rilassanti neuromuscolari depolarizzanti possono aumentare il livello di potassio sierico, considerarne l'impatto sul percorso di rianimazione e di riscaldamento.

4.1.15 Ipotermia – Rianimazione Cardio Polmonare

In presenza di ipotermia severa i segni vitali sono di molto attenuati tanto da rendere impercettibili gli atti respiratori ed il polso. Pertanto si raccomanda di controllare attentamente la presenza di segni vitali e l'attività elettrica all'ECG anche fino ad 1 minuto. Se i segni vitali sono assenti si raccomanda di iniziare RCP secondo BLS. In una vittima trovata in arresto cardiaco ipotermico, che non presenta vie aeree ostruite, la rianimazione RCP non dev'essere interrotta finché non viene riscaldata portando la temperatura interna al di sopra dei 32 gradi. Successivamente bisogna valutare il proseguo della RCP.

4.1.16 Ipotermia – Defibrillazione

La defibrillazione in caso di fibrillazione ventricolare e temperature interne inferiori ai 28°C è stata inutile nella maggior parte dei casi. Sono stati segnalati alcuni risultati positivi a temperature non inferiori ai 25.6°C.

Si raccomanda di usare la defibrillazione standard quando vi è la necessità, e di utilizzarla per più di tre tentativi solo quando la temperatura interna supera i 30°C. Evitare di superare i tre tentativi se causano interruzione della RCP e l'interruzione del trasporto.

4.1.17 Ipotermia – Farmaci ALS

Il metabolismo dei farmaci è ridotto a temperature interne inferiori ai 30°C. Si raccomanda di non utilizzare farmaci ALS sotto i 30°C .

4.1.18 Ipotermia – Trasporto e destinazione appropriata

Durante il trasporto si è dimostrato efficace il riscaldamento esterno con convettori ad aria calda forzata su vittime di ipotermia con ritmo di perfusione. In presenza di una temperatura interna superiore ai 28°C e di attività cardiaca stabile trasportare all'ospedale più vicino per il riscaldamento esterno e mini invasivo. Se vi è una temperatura interna inferiore ai 28°C, vie aeree non ostruite e presenza di instabilità cardiaca o arresto, dovrebbe esser pianificato il trasporto verso un ospedale con Ossigenazione Extracorporea a Membrana-ECMO o Bypass Cardio Polmonare-CPB, o in alternativa

un centro che fornisca riscaldamento interno attivo. Continuare sempre la RCP durante il trasporto e avvertire il centro di destinazione alla partenza.

4.1.19 Ipotermia – Potassio sierico

Il livello massimo di potassio sierico riscontrato in vittima di valanga con Ritorno alla circolazione spontanea-ROSC è stato di 8.0 mmol/l, mentre quello di una vittima in seguito sopravvissuta è stato di 6.4mmol/l. Il livello di potassio sierico più alto riscontrato in un sopravvissuto di ipotermia accidentale è stato di 11.8 mmol/l. In caso di vittima di ipotermia in arresto cardiaco con incerta pervietà delle vie aeree, che deve esser trasportata ad un centro con ECMO o che necessita di rianimazione prolungata, il livello di potassio sierico è orientativo. Un livello di potassio sierico inferiore ai 8 mmol/l indica di procedere, superiore ai 12mmol/l indica di terminare la rianimazione.

4.1.20 Soccorsi organizzati

Le squadre di soccorso organizzato dovrebbero mobilitarsi prontamente, preferibilmente in elicottero e dovrebbero includere medici esperti in emergenze di montagna in proporzione al numero delle vittime sepolte. I cani da ricerca e i loro gestori possono affiancare la squadra di ricerca per le vittime completamente sepolte fino a che non siano localizzate tutte. Ogni membro della squadra deve avere l'equipaggiamento di sicurezza, specialmente i ricetrasmittitori da valanga e air-bag di salvataggio. L'equipaggiamento medico dovrebbe comprendere strumenti per la misurazione della temperatura interna, monitoraggio ECG e defibrillazione; tutta la dotazione dovrebbe essere isolata e le batterie sempre cariche.

E' necessario sempre valutare il rischio per i soccorritori, prendere meno rischio dopo sepolture da lungo tempo.

4.1.21 Triage

In presenza di numerose vittime e pochi soccorritori le risorse vanno indirizzate alle vittime con maggior probabilità di sopravvivenza. Se le risorse sono limitate e vi sono numerose vittime in arresto cardiaco la priorità va alle vittime con un ritmo cardiaco e una temperatura interna maggiore.

4.1 22 Terminare la rianimazione

Si dovrebbe terminare la rianimazione quando la sicurezza dei soccorritori sia un pericolo, quando sono presenti lesioni non compatibili con la vita come la decapitazione, quando il corpo è

completamente congelato o quando vi sia una valida disposizione contro la rianimazione. La rianimazione può esser sospesa nell'arresto cardiaco non testimoniato quando, dopo 20 minuti di rianimazione non c'è stato ROSC senza l'avviso di shock del DAE o quando l'ECG ha sempre mostrato asistolia e se la condizione di ipotermia non sussiste più.

4.1.23 Algoritmo

Se non sono presenti lesioni letali e il corpo non è congelato la strategia di soccorso è correlata alla durata della sepoltura e se questa non è conosciuta dalla temperatura interna della vittima. Se il tempo è $\leq 35\text{min}$ o la temperatura $\geq 32^{\circ}\text{C}$ è importante la rapida estricazione e l'applicazione dell'ALS standard. Se il tempo è $> 35\text{min}$ o la temperatura interna $< 32^{\circ}\text{C}$ è raccomandato il trattamento dell'ipotermia che include l'estricazione delicata, l'isolamento completo del corpo, il monitoraggio della temperatura interna e dell'ECG e se appropriata la gestione delle vie aeree avanzata. Le vittime non vigili che presentano segni vitali dovrebbero esser trasportate in ospedali per il riscaldamento esterno o minimamente invasivo. Le vittime con instabilità cardiaca o in arresto cardiaco con le vie aeree pervie dovrebbero esser trasportate con continua RCP ad un centro per il riscaldamento ECMO o CPB. Bisogna sempre utilizzare la protezione per la colonna vertebrale e valutare la possibilità di eventuali traumi.

4.1.24 Checklist e formazione continua

Lo scenario del soccorso in zona di valanga, dove devono esser prese decisioni importanti come iniziare o terminare una rianimazione, anche su numerose vittime, può risultare molto stressante e caotico. Le informazioni acquisite sul campo possono venir deteriorate durante il passaggio in ospedale. La checklist per incidenti di massa è stata promossa dalla World Health Organization ed ha ricevuto molta attenzione dato il potenziale per migliorare la qualità delle cure. E' stata creata la "Avalanche victim resuscitation Checklist". Essa si basa sulle migliori evidenze disponibili e su standard richiesti di checklists. E' stata approvata dalla International Commission for Mountain Emergency Medicine nel 2013. Si tratta di uno strumento pratico, progettato per migliorare l'aderenza alle linee guida e il trasferimento delle informazioni dal sito dell'incidente alla fase di trattamento ospedaliero. Per garantire corretti ed efficaci interventi alla vittima sepolta da valanga, sono richieste abilità tecniche e conoscenze specifiche, oltre che la conoscenza clinica primaria. La tecnologia sicuramente evolverà gli strumenti da utilizzare e l'efficacia degli interventi da effettuare, quindi sarà necessaria continua formazione ed esercitazione, nonché studio dell'efficacia di nuovi presidi o metodiche.

Capitolo 5

5.1 Elisoccorso nel lazio e in italia

5.1.1 Servizio elisoccorso

Il primo elicottero al mondo ad ottenere un certificato di navigabilità fu il Bell 47, fu il primo a volare in Italia in un servizio pubblico spargendo sostanze chimiche per combattere la malaria in Sardegna nel 1949. Gli stessi velivoli furono impiegati con successo nel Novembre del 1951 durante l'alluvione del Polesine. E' stata in questa circostanza che si sono svolte le prime operazioni di soccorso con l'uso dell'elicottero. Il reparto Addestramento Elicotteri dell'Aeronautica Militare, costituito nel 1953 fu il primo esempio cui le F.F.A.A. si sono occupate di soccorso, e furono inviate in Grecia per dar sostegno alle popolazioni colpite dal terremoto nello stesso anno. Il soccorso aereo si è reso utile contemporaneamente alla nascita dell'Aviazione Mondiale, in quanto ci si è resi conto di quale sia l'importanza di riuscire a trasportare con rapidità, in un luogo difficilmente raggiungibile, dei soccorritori e, sopra tutto, quale è il notevole vantaggio di poter recuperare delle persone ferite al fine di trasportarle rapidamente in centri ospedalieri ben organizzati.



Figura 39 elisoccorso con verricello

Nel 1954 a San Remo e Milano, si tenne il terzo Congresso Internazionale sul volo verticale. In uno dei primi studi - dibattito sul tema elicottero, l'ing. Capoccia, Presidente del Comitato Organizzatore, affermò: “per quanto riguarda l'elicottero, ci troviamo di fronte ad una macchina che non ha rivali nei confronti degli apporti alla solidarietà umana”. L'elicottero è stato per lungo tempo considerato la “Cenerentola” delle macchine volanti perchè goffo, complesso, rumoroso, difficile da pilotare, relegato per lunghi periodi a ruoli militari o chiamato in causa solo quando nessun altro mezzo era in grado di intervenire. Per arrivare all'impiego dell'elicottero nel Soccorso Alpino, si dovrà aspettare fino alla metà degli anni '50 con l'utilizzo di macchine più potenti della serie 47, che si era dimostrata valida ma troppo limitata per volare in alta quota. Nel 1957 nasceva in Italia a Viterbo, il Centro Addestramento dell'Aviazione Leggera dell'Esercito, il quale ebbe in dotazione i primi elicotteri della serie 47 e successivamente i famosi AB204 e AB205.



Figura 40 intervento primario su statale

5.1.2 Normativa Elisoccorso

Il D.P.R. 27 marzo 1992, presupposto normativo imprescindibile, sancisce i livelli di assistenza sanitaria d'emergenza: nell'ambito di questa norma, sono disciplinati tra l'altro, il

sistema di emergenza sanitaria(art. 2), il sistema di allarme sanitario (art. 3), le competenze e le responsabilità delle Centrali Operative (art. 4), e la disciplina delle attività (art. 5).

L'art. 5 comma 2 del predetto D.P.R. stabilisce che “ L'attività di soccorso sanitario costituisce competenza esclusiva del Servizio Sanitario Nazionale”. Il governo determina gli standard tipologici e di dotazione dei mezzi di soccorso ed i requisiti professionali del personale di bordo in intesa con la Conferenza Stato - Regioni.

L'atto di intesa tra Stato e Regioni di approvazione delle linee guida sul sistema di emergenza sanitaria in applicazione del predetto decreto per quanto relativo al sistema territoriale - mezzi di soccorso - prevede, al punto 5, l'eliambulanza: “Mezzo di norma integrativo delle altre forme di soccorso”.

Il coordinamento del servizio di Elisoccorso con il sistema dell'Emergenza urgenza è assicurato dalla Centrale Operativa.

La dotazione di personale sanitario è composta prioritariamente da un medico specialista in anestesia e rianimazione o altro specialista che possieda comunque comprovata esperienza e formazione nel campo dell' emergenza con competenze tali da attuare le procedure in seguito descritte, da un infermiere con documentata esperienza e formazione e/o da altro personale da stabilire in sede regionale.

L'ubicazione delle basi aeroportuali deve tenere conto della dislocazione degli ospedali afferenti al sistema dell'emergenza, dell'orografia, della meteorologia, dei nodi stradali, degli agglomerati urbani ed industriali.

Da quanto sopra esposto si evince inequivocabilmente che la rete dell'emergenza-urgenza, d'esclusiva competenza del Servizio Sanitario Nazionale, è costituita da:

- Centrali Operative dotate di un numero telefonico unico nazionale di accesso breve(118) alle quali convergono tutti i collegamenti di allarme sanitario che consentono un unico coordinamento del sistema territoriale di soccorso;
- Una rete di servizi e presidi, funzionalmente differenziati, in grado di rispondere alle necessità della popolazione in relazione alle potenzialità strutturali ed organizzative richieste.

Per quanto sopra enunciato il servizio di Soccorso Sanitario con elicottero appartiene a pieno titolo a tale sistema. Alla realizzazione di tale servizio possono concorrere Enti ed Organizzazioni pubblici e privati oltre alle Società di Lavoro Aereo in possesso dei requisiti richiesti dalle vigenti norme in materia aeronautica e garantiscono una completa e totale

disponibilità ed osservanza dei protocolli di impiego dei mezzi ed equipaggi unilateralmente predisposti dal titolare del servizio. Ulteriori norme inerenti alle operazioni del Servizio Medico di Emergenza (HEMS) SAR-Elisoccorso in Montagna sono indicate nel D.D. 41/5321/M.3E del 08/11/1994 del Ministero dei Trasporti e della Navigazione Direzione Generale Aviazione Civile Servizio Navigazione Aerea.

5.1.3 Parametri per l'identificazione del numero delle basi necessarie a livello regionale.

I Servizi d'Eliambulanza-Elisoccorso devono essere istituiti su tutto il territorio nazionale ed in particolare devono essere messi a disposizione di quelle popolazioni incidenti su aree dove non è possibile o non è credibile, in termini temporali, qualitativi e quantitativi, utilizzare correttamente mezzi e metodologie di soccorso alternativi. Devono essere quantizzate ed analizzate una serie di condizioni oggettivabili anche in base ad un oculato costo/beneficio e definendo una serie di variabili:

- Morfologia del territorio e superficie da “servire”;
- Densità demografica;
- Numero, tipologia e potenzialità diagnostico - terapeutica della rete Ospedaliera di riferimento ivi compresi i D.E.A., TRAUMA CENTER, ecc.
- Vie di comunicazioni;
- Numero e tipologia dei mezzi di soccorso ordinariamente predisposti;
- Altri fattori storicamente ostili.

Per quanto attiene il soccorso sanitario primario dovrà essere garantito di norma un intervento nell'ambito di un tempo non superiore ai 20 minuti di volo.

D.P.R. 27 marzo 1992 sancisce i livelli di assistenza sanitaria di emergenza.

A tale proposito, nell'ambito di questa norma, viene sancita la disciplina delle attività (art. 5).

L' articolo 5 comma 2, del sopracitato D.P.R. .nelle linee guida sistema di emergenza urgenza n° 1/1996 in applicazione del decreto del Presidente della Repubblica 27 marzo 1992, sono fornite indicazioni sui requisiti organizzativi e funzionali della rete dell'emergenza e al punto 5 si individua “l'eliambulanza quale mezzo di norma integrativo delle altre forme di soccorso”. Il coordinamento del Servizio di Soccorso Sanitario con elicottero nell'ambito del sistema dell'emergenza-urgenza è assicurato alla Centrale Operativa. L'equipaggio è composto da un medico specialista in anestesia e rianimazione e da uno o due infermiere/i con documentata esperienza e formazione e/o da altro personale qualificato da stabilire in

sede regionale. L'ubicazione delle basi eliportuali deve tener conto della dislocazione degli ospedali afferenti al sistema dell'emergenza, dell'orografia, della meteorologia, dei nodi stradali, degli agglomerati urbani e industriali. Da quanto sopra si evince inequivocabilmente che la rete dell'emergenza è sostanzialmente costituita da:

1. Centrali Operative dotate di un numero telefonico unico nazionale di accesso breve (118) alla quale convergono tutti i collegamenti di allarme sanitario che consentono un unico coordinamento del sistema territoriale di soccorso;
2. Una rete di servizi e presidi, funzionalmente differenti, in grado di rispondere alle necessità della popolazione in relazione alle potenzialità strutturali ed organizzative richieste.

Ne consegue che il Soccorso Sanitario con elicottero appartiene a pieno titolo a tale sistema, che inserito nel Sistema Sanitario Nazionale, si adopera per la tutela della salute. Il servizio di emergenza, infatti, ha il compito di tutelare la salute dei cittadini garantendo a chiunque si trovi in una situazione di emergenza sanitaria, reale o potenziale, ogni intervento volto a portare sul luogo dell'evento, il soccorso più qualificato favorendone una corretta ospedalizzazione. Alla luce delle nuove concezioni del soccorso sanitario, un moderno sistema di emergenza, deve trovare soluzioni sempre più avanzate per la medicalizzazione rapida del paziente critico e per il trattamento della patologia specifica. I servizi di Soccorso Sanitario con elicottero, risorse di elevatissimo livello professionale, appartenendo operativamente al Sistema 118, contribuiscono al raggiungimento dei suoi obiettivi. In relazione alla elevata potenzialità operativa, ma anche in osservanza ai noti limiti meteorologici che ne condizionano la possibilità di impiego, tali servizi risultano necessariamente integrativi e non sostitutivi dei mezzi terrestri. Il numero delle Basi necessarie a livello delle singole Regioni, non può che prescindere dall'analisi accurata di una serie di condizioni oggettivabili e contestualmente da un oculato rapporto costo-beneficio. Per quanto riguarda il soccorso sanitario primario un intervento dovrà essere garantito, di norma, nell'ambito di un tempo non superiore ai venti minuti di volo. Mediamente si può affermare che l'elicottero, integrato in un efficiente sistema di gestione compartimentale del soccorso sanitario, permette di ridurre il "therapy free interval" al di sotto dei 20 minuti su di un raggio di circa 70-80 km dalla base di riferimento. Quest'ultima caratteristica aggiunge una variabile ulteriore alla gamma di valutazioni, organizzative, diagnostiche e terapeutiche che l'equipaggio sanitario deve operare sul luogo dell'evento.

Ne deriva così il concetto estensivo di ospedalizzare il paziente in tempi rapidi presso il centro clinico più indicato per patologia, come detto in precedenza. Il soccorso è una filosofia di vita per chi lavora nell'emergenza, una sorta di codice di intesa e comune denominatore per tutti i professionisti impegnati "on the road" e, racchiude in atti e comportamenti tutto il reale significato dell'essere un professionista che sa, sa fare, sa essere, in continua evoluzione verso il saper divenire.

5.1.4 Utilizzo dell'Elisoccorso

L'impiego degli aeromobili è Previsto nei seguenti casi:

- Intervento di tipo PRIMARIO, ovvero soccorso sanitario extraospedaliero che prevede il trattamento e l'eventuale trasferimento del paziente dal luogo in cui si è verificato l'evento acuto al presidio ospedaliero più idoneo; in tutte le situazioni e per tutte quelle patologie che mettono a rischio la sopravvivenza di una singola persona o di una collettività, eventualmente in collaborazione con altri enti preposti alla fase del soccorso;
- Interventi di tipo SECONDARIO, anche programmabile, ovvero trasferimento di pazienti critici da ospedali periferici a centri dotati di servizi ad alta specializzazione, per esecuzione di accertamenti diagnostici oppure di trattamenti terapeutici non effettuabili nell'ospedale di provenienza. Questi trasporti si rendono necessari per trattamenti urgenti per pazienti acuti in immediato pericolo di vita o affetti da patologie la cui prognosi è legata al tempo di inizio di una specifica terapia, o differibili per pazienti gravi non acuti o comunque già stabilizzati, la cui patologia imponga di contenere i tempi di trasferimento assistito o sia aggravata da un trasporto via terra con possibilità pertanto di una sua programmazione.

Soccorso a persone in località disagiate: anche se non in gravi condizioni ma in cui sia ravvisabile una evoluzione della patologia. Trasporto urgente di sangue, plasma, e loro derivati, antidoti e farmaci rari(qualora non disponibili altri mezzi alternativi).

Esercitazione ed attività formative del personale nel pieno rispetto dell'operatività.

Il settore dell'intervento primario costituisce, in vario grado, la parte preponderante dell'attività degli Elisoccorsi in Italia. I problemi che si configurano sono tutti quelli legati alla fase preospedaliera del soccorso: finalizzata alla stabilizzazione del paziente (PHTLS: Pre Hospital Trauma Life Support). A questa problematica, che del resto è comune a tutti i mezzi di soccorso avanzato (MSA), vanno aggiunte variabili connesse con l'utilizzo di un vettore in grado di operare in tempi ristretti su un vasto territorio. Mediamente si può affermare che l'elicottero, integrato in un efficiente sistema di gestione compartimentale del soccorso sanitario, permette di ridurre il "therapy free interval" al di sotto dei 20 minuti su un raggio di circa 70-80 Km dalla base.

Quest' ultima caratteristica aggiunge una variabile ulteriore alla gamma di valutazioni, organizzative, diagnostiche e terapeutiche che l'equipaggio sanitario, deve operare sul luogo dell'evento morboso.

Ne deriva così il concetto estensivo di ospedalizzazione mirata quale possibilità di ospedalizzare il paziente in tempi rapidi non già presso l'ospedale più vicino, bensì presso l'ospedale più indicato per patologia presentata dal paziente.

Ancora, la consolidata presenza dell'elicottero sanitario quale strumento della Centrale Operativa contribuisce in maniera determinante a ridurre, in generale, la mortalità per trauma a fronte di un forte incremento degli incidenti; inoltre la possibilità di poter operare su un vasto bacino di utenza permette al personale sanitario, medico e infermieristico, di operare un elevato numero di interventi su pazienti critici e quindi di mantenere e migliorare gli standard di efficienza.

5.1.5 Definizione e compiti istituzionali del servizio

E' compito istituzionale del S.S.N. ed in particolare dell'ARES 118 (Ex Sistema di Urgenza Emergenza Sanitaria "118") la tutela della salute dei cittadini garantendo a chiunque si trovi in una situazione di emergenza sanitaria, reale o potenziale, ogni intervento volto a portare sul luogo dell'evento, il soccorso più qualificato con i propri mezzi disponibili sul territorio, favorendone una corretta ospedalizzazione. Alla luce delle nuove concezioni del soccorso sanitario, un moderno sistema d'emergenza deve trovare soluzioni sempre più avanzate per la medicalizzazione rapida del paziente critico e per il suo trasporto in condizioni di piena sicurezza nei centri attrezzati per il trattamento della patologia specifica (D.E.A. II° livello o trauma Center).

A livello internazionale il Servizio di soccorso Sanitario con elicottero è classificato:

1. HEMS (Helicopter Emergency Medical Service) Servizio di Emergenza Medica con elicottero. Ha lo scopo di facilitare l'assistenza sanitaria d'emergenza, anche con tecniche speciali, dov'è essenziale il trasporto rapido ed immediato di:

- Personale sanitario;
- Equipaggiamento sanitario;
- Persone malate o infortunate;
- Attrezzature, sangue, organi, farmaci.

L'equipaggio HEMS è regolato dalla Direttiva Dirigenziale (D.D.) 41/6821/M.3 E., in linea con le norme europee JAR-OPS3.

2. HSR o SAR (Helicopter Search and Rescue - Servizio di ricerca e salvataggio) che ha lo scopo di dare immediata assistenza alle persone minacciate da grave pericolo o da ambiente ostile.

3. HAA (Helicopter air Ambulance Flight) volo di eliambulanza, che ha lo scopo di facilitare l'assistenza sanitaria, in un volo normalmente pianificato in anticipo, dove non è essenziale un immediato e rapido trasporto e rientra nella normativa per il Trasporto Pubblico Passeggeri.

Queste definizioni sono state adottate con decorrenza marzo 1999 dalla Comunità Economica Europea, nell'ambito della quale la Y.A.A.R. (Yoint Aviation Authorities Requirements) lascia alle autorità dei singoli Paesi sia il potere di definire con chiarezza quali operazioni debbano considerarsi appartenenti alle singole definizioni che di regolamentare i turni di volo, di servizio e di riposo degli equipaggi di volo. Obiettivo primario del servizio di Eliambulanza ed Elisoccorso sanitario è intervenire per soccorrere ed in alcune situazioni prioritariamente per salvare chiunque abbia necessità di un intervento, che solo mezzi ad ala rotante, possono garantire o che risenta sensibilmente del vantaggio dell'intervento di tali mezzi rispetto ad altre alternative. I servizi di Eliambulanza-Elisoccorso, esclusivamente impiegati per interventi sanitari di Urgenza-Emergenza, in particolari contesti, quali quelli connessi all'attività di competenza della Protezione Civile, possono essere straordinariamente utilizzati su disposizione dell'Autorità competente. In ogni caso, anche in questi peculiari contesti, detti Servizi rimangono sotto il controllo diretto della Centrale Operativa "118" che ne gestisce unilateralmente l'impiego in funzione dei propri compiti istituzionali stabilendo le varie priorità di intervento anche in relazione alle

estemporanee esigenze ed in funzione del complesso dei supporti logistici e dei mezzi alternativi a disposizione. Il Servizio di Eliambulanza e telesoccorso è gratuito per il cittadino ai sensi dell'Art. 11 del D.P.R. 27/3/1992. Per quanto riguarda il soccorso sanitario primario dovrà essere garantito, di norma un intervento nell'ambito di un tempo non superiore ai 20 minuti di volo. A livello internazionale, tramite un'autoregolazione dei singoli gruppi di Elisoccorso, sono stati identificati i criteri di attivazione dell'Elisoccorso.

A livello regionale e locale, il responsabile del servizio, il direttore del 118, può effettuare variazioni ai protocolli in uso alla presenza di situazioni ambientali particolari, oppure a seconda delle risorse di cui il servizio può fruire (elicottero dotato di verricello, di gancio baricentro, o con limitato numero di passeggeri per cui è stabilito in certi casi l'ausilio di mezzi dei VV.F. o Polizia).

L'infermiere di Centrale Operativa attiva l'elicottero in base a tre criteri, con l'intento di ridurre la discrezionalità dell'operatore.

1. Criterio dinamico;
2. Criterio diagnostico (codice di presunta criticità dell'evento);
- 3 Criterio tempo (tempo stimato di intervento).

A. **CRITERIO DINAMICO:** la lettura e l'esperienza hanno dimostrato che taluni tipi di incidente sono caratterizzati da una elevata gravità in rapporto alla dinamica dell'evento. Nelle seguenti situazioni viene allertato l'Elisoccorso:

- Incidenti agricoli (ribaltamento di trattore, infortuni con mezzi agricoli);
- Incidenti di montagna;
- Incidenti ferroviari;
- Incidenti aerei (parapendio, aereo precipitato, paracadutismo);
- Cadute da cavallo;
- Esplosioni;
- Incidenti edili;
- Incidenti idrici (cadute nei pozzi, incidenti in presenza di laghi, fiumi, mare, piscine);
- Investimento pedoni, ciclisti, motociclisti su strade a grande scorrimento;
- Incidenti con mezzi pesanti;
- Incidenti di caccia

B. CRITERIO DIAGNOSTICO: criterio fondato sulla valutazione circa la gravità dell'utente eseguita:

Dall'infermiere di Centrale, con valutazione desunta sulla base dell'intervista telefonica alla persona che chiede il soccorso (dispach) grazie all'uso di protocolli vigenti all'interno del servizio, che attribuiscono a sintomi diversi indice di criticità integrati con le conoscenze proprie del singolo professionista integrate con l'esperienza.

Dall'equipaggio di soccorso giunto sul targhet.

C. CRITERIO DI TEMPO: ogni sistema di emergenza territoriale definisce il tempo stimato entro il quale un paziente deve essere soccorso. In genere ci si basa sulla dislocazione dei mezzi ed i loro tempi di percorrenza per giungere sul luogo dell'evento.

L'elicottero è attivato se sul luogo, per motivi di dislocazione dei mezzi terrestri o per orografia, non è possibile giungere nei tempi presunti dalle linee guida di applicazione del DPR 27 marzo 1992, le quali stabiliscono uno stimato di arrivo di otto minuti in ambiente urbano e venti minuti in ambiente extraurbano.

L'infermiere di Centrale è chiamato ad operare la scelta dell'elicottero utilizzando i tre criteri sopracitati, quando almeno uno di questi soddisfa il criterio di urgenza che è stato definito dal proprio sistema di emergenza territoriale.

A tale proposito citiamo il DM 15 maggio 1992 "Criteri e requisiti per la classificazione degli elementi di un intervento d'emergenza", il quale pone le basi alla codifica uniforme di tutti gli elementi di un intervento d'emergenza, tra cui l'identificazione della gravità identificato con un codice¹ colore ed affidandosi alla professionalità dell'infermiere.

5.1.5 CODICI DI GRAVITA'

CODICE 5

Non urgenza; situazione di intervento differibile e/o programmabile. Paziente indenne o con patologia (traumatica o non) poco rilevante.

CODICE 4

Urgenza minore; condizione stabile senza rischio evolutivo che solitamente richiede prestazioni diagnostiche terapeutiche semplici mono-specialistiche

CODICE 3

Urgenza differibile; condizione stabile senza rischio evolutivo con sofferenza e ricaduta sullo stato generale che solitamente richiede prestazioni complesse

CODICE 2

Urgenza: Rischio di compromissione delle funzioni vitali. Condizione stabile con rischio evolutivo o dolore severo

CODICE 1

Emergenza: interruzione o compromissione di una o più funzioni vitali

5.1.6 Elementi relativi alla identificazione della tipologia del luogo dove si è verificato l'evento

S strada. Si definiscono accaduti in strada tutti gli eventi localizzabili sulla viabilità pubblica o privata o che comunque hanno avuto origine da essa;

P uffici ed esercizi pubblici. Si definiscono accaduti in uffici ed esercizi pubblici tutti gli eventi localizzabili in porzioni di edifici adibiti in prevalenza a uffici o attività commerciali (ad es. negozi, uffici postali, alberghi, pensioni);

Y Impianti sportivi. Si definiscono accaduti in impianti sportivi tutti gli eventi localizzabili in strutture prevalentemente adibite ad attività sportive, (ad es. palestre);

K casa. Si definiscono accaduti in casa tutti gli eventi localizzabili in edifici prevalentemente adibiti ad abitazione;

L impianti lavorativi. Si definiscono accaduti in impianti lavorativi tutti gli eventi localizzabili

in sede dove si effettuano in modo esclusivo e organizzato lavori opere (ad es. fabbriche, laboratori, cantieri);

Q .Si definiscono accaduti in scuole tutti gli eventi localizzabili in sedi dove si effettuano prevalentemente attività prescolastiche o scolastiche organizzate per l'insegnamento di una o più discipline, (ad es. asilo nido, scuole elementari, università);

Z altri luoghi. Si definiscono accaduti in altri luoghi tutti gli eventi localizzabili in ambienti diversi da quelli precedentemente definiti.

Il concetto di "RAGGIUNGIBILE" e "NON RAGGIUNGIBILE" al codice di identificazione del luogo Nell'ambito dei lavori della commissione mista, (CNSAS), Protezione civile, dei Vigili del fuoco e del 118 Regionale, atti a dare soluzione alle problematiche inerenti al nuovo servizio, si sono concordate le definizioni che individuano la risorsa S.A.R., nella fase di ricezione al processo della chiamata, da parte della CO118.

L'elicottero S.A.R. sarà pertanto individuato come risorsa attivabile quando durante l'intervista, dovuta ad una richiesta di soccorso in zona montana, l'operatore 118 individuerà che il luogo di intervento NON è RAGGIUNGIBILE. Sarà invece messo in solo "preallarme" quando non vi fossero informazioni. Di conseguenza il percorso di definizione del luogo di intervento, in corso di intervista, dovrà generare una delle tre ipotesi sottostanti:

- Per "Luogo raggiungibile" si intende un luogo a cui si può accedere con mezzi ruotati non fuoristrada o elicottero sanitario.
- Per "Luogo non raggiungibile" si intende un luogo raggiungibile solo a piedi o con vettore aereo e lontano da sede stradale.
- Per "Luogo non so" intendiamo luogo non classificabile per mancanza di informazioni.

5.1.7 Ipotesi di patologia prevalente

- 1 Patologia di origine Traumatica;
- 2 Patologia di origine Cardiocircolatoria;
- 3 Patologia di origine Respiratoria;
- 4 Patologia di origine Neurologica;

- 5 Patologia di origine psichiatrica;
- 6 Patologia di origine Neoplastica;
- 8 Intossicazione;
- 9 Altra patologia;
- 0 Etilista.

L'elicottero viene peraltro inviato anche quando pur in presenza di un paziente stabilizzato sul luogo da un equipaggio ALS (Advance Life Support), si renda necessario by-passare un ospedale locale, sebbene vicino al luogo dell'evento, per ospedalizzare il paziente in una struttura idonea alla specifica patologia nel più breve tempo possibile.

In genere la richiesta dell'elicottero viene effettuata dall'equipaggio presente sulla scena.

5.1.8 Vantaggi e svantaggi dell'utilizzo dell'Elisoccorso

vantaggi:

- Copertura di un territorio molto vasto in tempi brevi, in quanto, per il suo raggio d'azione, l'elicottero, in area pianeggiante, moltiplica per quindici l'area di intervento efficace di un mezzo di soccorso avanzato via terra, non essendo limitato dai problemi di viabilità e traffico. In aree montuose, lacustri o con orografia complessa, l'Elisoccorso diviene l'unico mezzo idoneo per un soccorso rapido;
- Assenza di accelerazioni e decelerazioni brusche lineari ed angolari cui sono sottoposti gli autoveicoli ed i trasportati;
- Possibilità di espletare un soccorso mediatizzato rapido;
- Corretta e rapida centralizzazione del paziente all'interno della struttura di riferimento più idonea.

Svantaggi:

- Fermi tecnici per manutenzione mezzi;
- Scadenza effemeridi per i servizi in cui non è previsto il volo notturno;
- Minimi meteorologici secondo le normative vigenti(D.D. 41/6821/M3E);

5.1.9 Efficacia ed efficienza

Definiamo un servizio efficace se ha la capacità di raggiungere gli obiettivi prefissati ed

efficiente. Se questi obiettivi sono stati raggiunti con minor utilizzo di risorse possibile, siano questi di natura umana, economica ecc.. Partendo da questo presupposto l'efficacia di un servizio di Elisoccorso, rispetto ad un servizio di emergenza terrestre, dipende essenzialmente da:

- Rapido intervento dell'elicottero;
- Personale sanitario specializzato operativo sul luogo in breve tempo;
- Vasta area di copertura;
- Centralizzazione dei pazienti in ospedali specializzati.

Tutto ciò riduce:

- la durata di degenza in Terapia Intensiva (da 10 giorni contro i 14) e in
- ospedale (16 contro 21);²
- La mortalità del 34%;
- Questo rappresenta indubbiamente un risparmio di denaro che giustifica l'impiego dell'elicottero.
- E' da sottolineare come la reale efficacia dipenda da vari fattori, determinati da una perfetta integrazione del sistema Elisoccorso con la rete dei servizi di emergenza extra ospedaliera:
- Coordinamento da parte di una Centrale Operativa;
- Stesura ed applicazione di un protocollo che preveda i criteri di utilizzo dell'elicottero sia per quanto riguarda gli interventi primari che quelli secondari.

Il criterio di efficienza di un servizio di Elisoccorso dipende dai seguenti fattori:

- Avere un territorio di competenza raggiungibile in circa 20';
- Disporre di un elicottero dedicato alla specifica attività: nel caso di un servizio HEMS-SAR l'elicottero deve essere allestito quale eliambulanza e non impiegato per altri servizi se non quello sanitario;
- Morfologia del territorio e superficie di competenza;
- Densità demografica;
- Vie di comunicazione;

- Disporre di un equipaggio esperto per il tipo di attività;
- Disporre di un equipaggio sanitario che effettui diversi turni mensili;
- Disporre di una base organizzata per accogliere l'equipaggio in attesa del soccorso e di un hangar per l'elicottero dotato di presidi tecnico - manutentivi di base;
- Possedere una completa integrazione con il sistema di emergenza territoriale ove l'elicottero interagisce. Questo significa avere dei sistemi radio e telefonici a bordo per permettere il collegamento con la Centrale Operativa, ambulanze, ospedali, nonché protocolli di attivazione concordati da tutti gli enti di soccorso (per es. protocolli di operatività con la società Autostrade per quanto riguarda la movimentazione dell'elicottero sull'autostrada; oppure per le aree industriali, porti ecc.).

5.1.10 Qualità nell'emergenza

Oltre all'aspetto tecnico - professionale, non bisogna dimenticare quello relazionale e comunicativo, verbale e non, non meno importanti anche se in regime di emergenza.

La valutazione della qualità dell'assistenza infermieristica, tanto più nel campo dell'emergenza deve essere finalizzata e coerente con i principi etici cui la professione fa riferimento. Quindi valutare il proprio operato significa riconoscere nell'altro da sé non solo il destinatario delle nostre cure, ma l'uomo in senso olistico, con diritti e valori.

Diverse sono le definizioni di qualità:

1. La qualità è l'insieme delle proprietà e delle caratteristiche che conferiscono ad un prodotto o servizio la capacità di soddisfare esigenze espresse o implicite (norme ISO),;
2. La qualità è la capacità dell'operatore di gestire un problema dell'utente (Donabedian);
3. La qualità dell'assistenza sanitaria è il livello di salute più elevato possibile, ottenibile con mezzi più desiderabili utilizzati allo scopo (Donabedian).
4. Avedis Donabedian, padre della qualità, identifica tre elementi su cui basarsi per valutare la qualità dell'assistenza sanitaria ³:

- a) **La struttura** indica le risorse umane, fisiche, finanziarie ed organizzative;
- b) **Il processo** indica il livello di competenza con cui gli operatori esercitano la loro

professione;

- c) **L'esito** indica il cambiamento delle condizioni di salute attribuibile al processo assistenziale ed il grado di soddisfare di chi riceve l'assistenza.

Gli strumenti per dare misura alla qualità sono:

- a) criteri livelli ottimali che si propone di raggiungere;
- b) standard valore soglia di accettabilità di un servizio;
- c) indicatori parametri che rappresentano ciò che avviene realmente.

Nei programmi di VRQ (Verifica e Revisione della Qualità) si parte dall'identificazione dei piccoli problemi e si procede gradualmente sino alla risoluzione.

Uno strumento importante è il brainstorming (tempesta di idee), che consiste in una discussione, guidata da un leader, dove i componenti del gruppo possono generare liberamente il maggior numero di idee.

La valutazione della qualità deve essere fatta da tutti i soggetti facenti parte del servizio, tramite la verifica tra pari, l'autovalutazione, la valutazione da parte dell'utente e da parte dell'azienda.

Il controllo della qualità si affronta e si motorizza con una raccolta periodica di alcuni parametri:

- a. Formazione periodica del personale e delle associazioni in convenzione;
- b. Verifica degli standard operativi e del sistema dispatch;
- c. Valutazione della frequenza di situazioni di emergenza - urgenza contemporanee;
- d. Valutazione di ricoveri impropri, tempi di degenza, qualità e complessità delle cure, mortalità precoce, deficit funzionali ecc.;
- e. Verifica del Burn-out e del turn-over del personale;
- f. Valutazione del costo-beneficio.

Il miglioramento della qualità è una metodologia valida per valutare la qualità del proprio

operato, ed è fondamentale il confronto tra pari, attraverso debriefing, convegni, consulenze ed ogniqualvolta il servizio dia lo spazio per farlo. In questo modo avremo uno scambio di informazioni ed esperienze e la creazione di gruppi di ricerca infermieristica che possano analizzare e migliorare sia i metodi con cui la qualità si esprime, sia arricchire e rendere visibile il patrimonio infermieristico e le sue fondamenta teoriche.

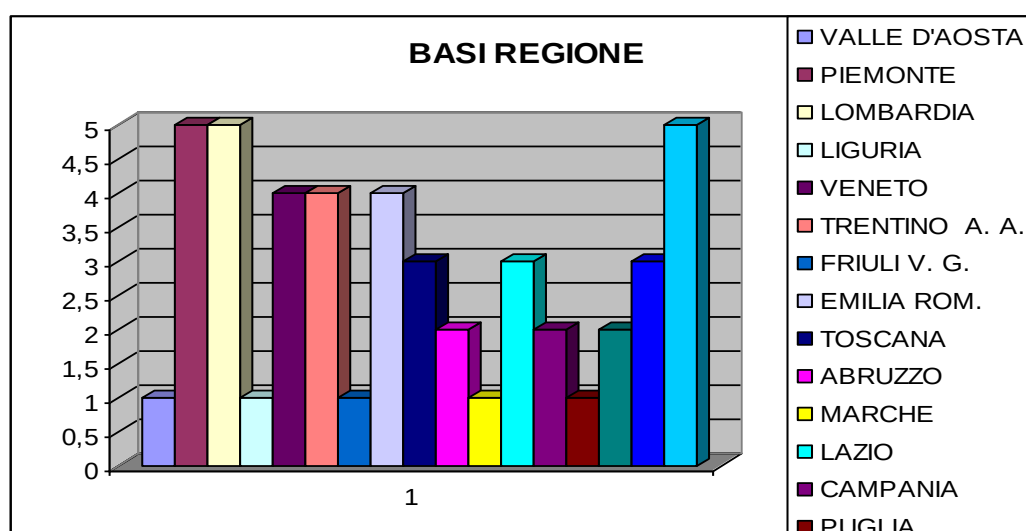


Figura 41 In questo grafico è riportato il numero di basi presenti per singole regioni.

Solo tre regioni hanno 5 basi, a prescindere dal numero di abitanti o dall'orografia del territorio e sono il Piemonte, la Lombardia, la Sicilia.

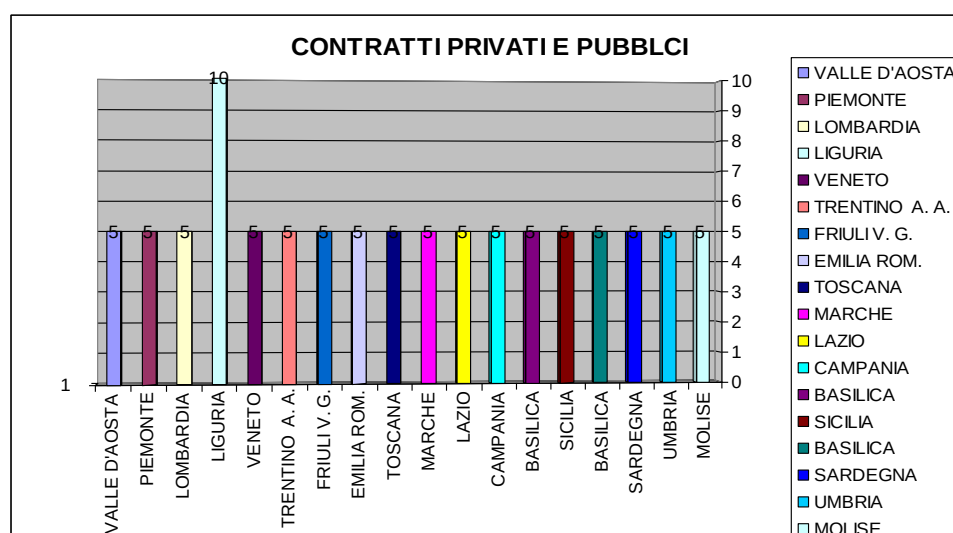


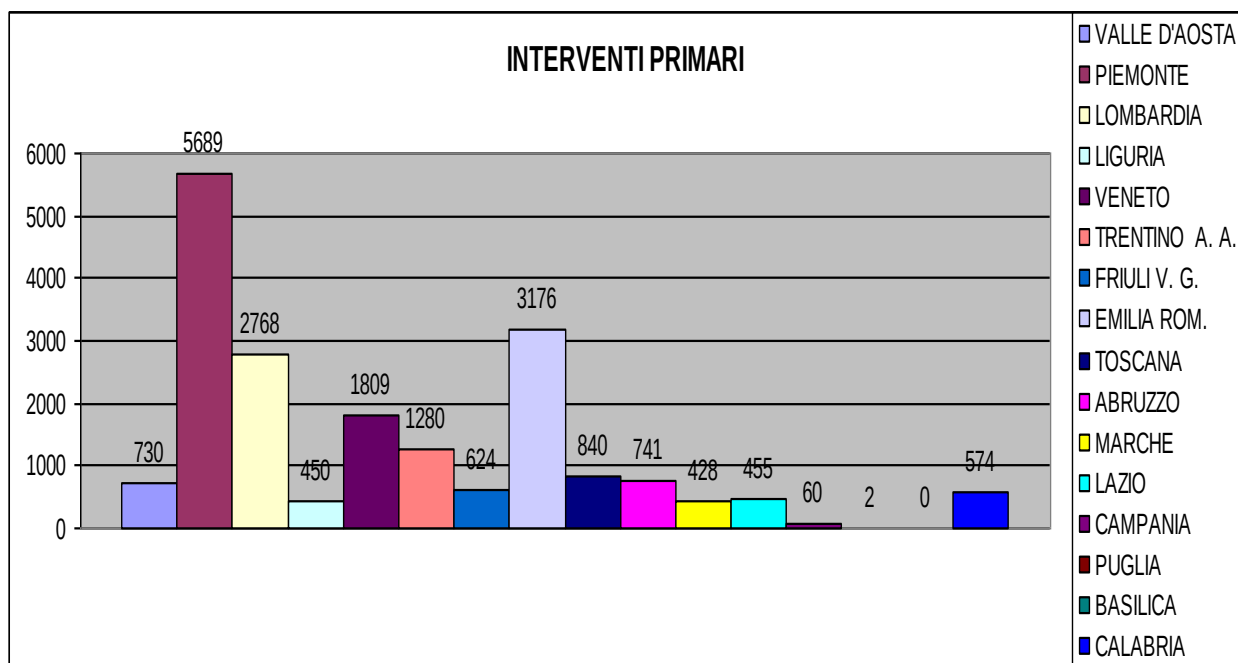
Figura 42 In questo grafico è riportato il numero contratti presenti per singole regioni.

L'unico contratto in cui la società appaltante è un ente pubblico è quello della Regione Liguria. Questo significa che per la sanità della Regione il costo di gestione del mezzo è sicuramente molto più basso che per le altre, visto che i costi relativi vengono ricaricati ai

Vigili del Fuoco che sono l'ente appaltante. Questa che era la modalità di gestione presente anche nel Lazio in precedenza, è sicuramente la modalità più economica per la Regione, e anche più sicura, visto che il nucleo elicotteri dei Vigili del Fuoco vanta una vasta esperienza soprattutto nell'ambito dei salvataggi.

INTERVENTI PRIMARI	
VALLE D'AOSTA	730
PIEMONTE	5689
LOMBARDIA	2768
LIGURIA	450
VENETO	1809
TRENTINO A. A.	1280
FRIULI V. G.	624
EMILIA ROM.	3176
TOSCANA	840
ABRUZZO	741
MARCHE	428
LAZIO	455
CAMPANIA	60
PUGLIA	2
BASILICA	0
CALABRIA	574
SICILIA	

Tabella 8 numero interventi primari



Fiura 43 numero interventi primari per regione

La Regione Piemonte è in assoluto la Regione con il più alto numero di interventi primari n°5689.

La Regione Basilicata al contrario non ha effettuato nessun intervento primario.

La Regione Puglia solo due.

INTERVENTI SECONDARI	
VALLE D'AOSTA	30
PIEMONTE	232
LOMBARDIA	679
LIGURIA	130
VENETO	847
TRENTINO A. A.	820
FRIULI V. G.	125
EMILIA ROM.	286
TOSCANA	250
ABRUZZO	234
MARCHE	182
LAZIO	920
CAMPANIA	114

PUGLIA	232
BASILICA	184
CALABRIA	548
SICILIA	
SARDEGNA	
UMBRIA	
MOLISE	

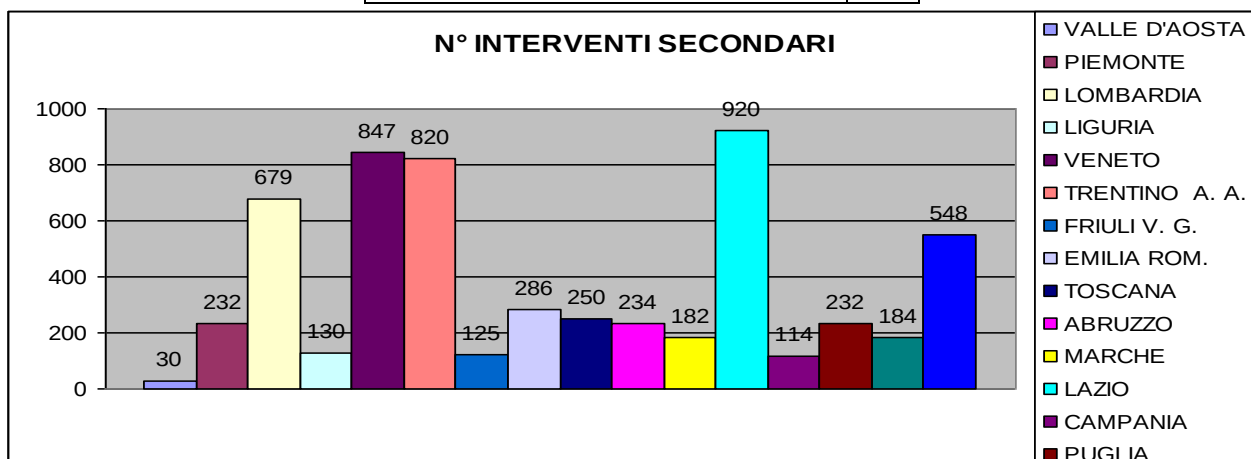


Figura 44 numero interventi secondari

Il Lazio è stata la Regione che ha effettuato il maggior numero di trasferimenti secondari seguita dal Veneto, la Valle d'Aosta ne ha effettuati 30.

5.1.11 Requisiti all'attività hems

- Alle attività HEMS si applicano i requisiti operativi e tecnici del trasporto pubblico con elicotteri, con le variazioni indicate nel presente Regolamento.
- Il Servizio Medico di Emergenza con Elicotteri, HEMS, può essere svolto solo da un operatore in possesso di un Certificato di Operatore Aereo (COA) per impresa di trasporto aereo, che comprenda l'approvazione HEMS per il tipo di elicottero che si intende impiegare
- Per poter ottenere l'approvazione HEMS per il tipo di elicottero, l'operatore deve inoltre soddisfare i requisiti contenuti nell'Appendice 1 alla JAR-OPS 3 *Amendment 2* del 01/01/2002 o versioni successive se adottate dall'ENAC, con le limitazioni ed integrazioni indicate nel presente regolamento.

d) Se non indicato diversamente dal presente Regolamento i requisiti citati dal comma c) devono essere applicati integralmente, compresi i rimandi ad altri articoli, sezioni e sottoparti della JAR-OPS 3 nella versione adottati dall'ENAC.

5.1.12 Base operativa HEMS.

a) La base operativa HEMS deve essere approvata dall' ENAC secondo i requisiti riportati in *Appendix 1 to JAR-OPS 3*.

b) L'elisuperficie che serve la base operativa HEMS, deve essere munita di segnaletica (S).

5.1.13 Destinazioni sanitarie.

a) Ai fini del presente regolamento sono considerate destinazioni sanitarie:

- le strutture ospedaliere o sanitarie di riferimento verso le quali viene effettuato il trasporto;
- le comunità isolate interessate da significativa attività HEMS, per le quali il servizio HEMS costituisce il principale mezzo di trasporto medico.
- Le destinazioni sanitarie devono essere servite da elisuperfici munite di segnaletica (S) per operazioni diurne e, ove richiesto, per quelle notturne.
- La gestione delle elisuperfici delle destinazioni sanitarie è subordinata alla approvazione dell'ENAC.

5.1.14 Assistenza antincendio delle elisuperfici.

a) Le elisuperfici asservite alle destinazioni sanitarie devono essere classificate in accordo alla normativa vigente, e fornite dei relativi agent estinguenti e dotazioni.

b) Per esse, nel corso delle operazioni, deve essere disponibile personale abilitato per l'assistenza antincendio e l'impiego delle relative dotazioni.

c) Il responsabile della struttura sanitaria nell'ambito della quale è inserita l'elisuperficie è il responsabile ultimo del rispetto delle disposizioni applicabili in materia di protezione da incendi.

d) Ai fini della conduzione delle operazioni di volo il responsabile della gestione dell'elisuperficie dichiara all'ENAC la conformità dell'elisuperficie alle disposizioni di cui ai commi precedenti.

e) Analoga dichiarazione è resa al Comando provinciale dei vigili del fuoco, unitamente alle informazioni ed ai dati utili a stabilire la conformità dell'elisuperficie.

5.1.15 Limiti di impiego degli equipaggi di volo.

a) I limiti di impiego degli equipaggi di volo sono quelli riportati nella corrente versione della Circolare ENAC OPV 02.

5.1.16 Qualificazione di area di operazioni dei membri dell'equipaggio di volo.

a) L'operatore deve assicurare che ciascun membro di equipaggio di volo, prima di poter essere nominato Comandante o Pilota responsabile del volo, venga qualificato per la particolare rotta, area di operazioni e ruolo in accordo a quanto previsto da JAR-OPS 3.

b) La qualificazione deve essere assicurata anche per le operazioni notturne se previste.

c) Scadenza e periodo di validità della qualificazione, nonché la successiva riqualificazione devono essere effettuate in accordo a quanto previsto da JAR-OPS 3.

5.1.17 Membro di equipaggio HEMS.

a) Il membro di equipaggio HEMS deve essere qualificato o addestrato dall'operatore in accordo a programmi approvati dall'ENAC.

b) A differenza di quanto riportato in *Appendix 1 to JAR-OPS 3*, la lettura e l'uso delle liste di controlli normali, anormali e di emergenza non rientra tra i compiti del membro di equipaggio HEMS.

c) Nel corso delle operazioni HEMS il membro di equipaggio HEMS occupa il posto previsto per il copilota previa rimozione dei comandi di volo o loro inattivazione con sistemazione approvata ENAC.

d) E' accettabile che il membro di equipaggio HEMS non occupi il posto del copilota nei seguenti casi.

- ?? Nelle tratte verso la destinazione sanitaria se ricopre anche le funzioni di membro di equipaggio sanitario e il suo intervento in tale veste è richiesto;
- Nelle tratte verso una destinazione sanitaria nel caso la configurazione di cabina sia tale da non permettere l'occupazione del posto del copilota una volta che la barella è installata;
- Nel corso delle operazioni con verricello, nel caso svolga le funzioni di operatore verricellista;
- Quando l'equipaggio di condotta è costituito dal pilota e copilota;

- e) non è richiesta la presenza del membro di equipaggio HEMS a bordo nel caso che, dopo il primo atterraggio ad un sito HEMS, all'elicottero sia richiesta la spola tra la destinazione sanitaria e il sito stesso per il trasporto di ulteriore materiale sanitario e la presenza del membro di equipaggio HEMS sia richiesta sul sito HEMS, se il pilota giudica che le condizioni del sito HEMS siano tali da non richiedere l'ausilio del membro di equipaggio HEMS;
- f) Il membro di equipaggio HEMS deve poter comunicare con il pilota tramite un impianto interfonico.

5.1.18 Operazioni notturne.

- a) A differenza di quanto previsto in Appendix 1 to JAR-OPS 3, l'attività notturna è consentita solo da o per:
- aeroporti ed eliporti aperti alle operazioni notturne;
 - elisuperfici "munite di segnaletica " (S) e dotate di impianti per le operazioni notturne.
- b) Le operazioni notturne possono essere svolte solo da elicotteri ed equipaggi abilitati al volo strumentale.

5.1.19 Operazioni con verricello di recupero.

- a) L'operazione può utilizzare il verricello di recupero per le operazioni HEMS nei casi riportati all'articolo 1, comma b) del presente regolamento.
- b) Le operazioni con il verricello possono essere effettuate solo se in possesso della specifica approvazione dell'ENAC.
- c) Per ottenere l'approvazione ENAC devono essere soddisfatti i seguenti requisiti:
- ?? a partire dal (01/01/2004) l'installazione del verricello e dei relativi equipaggiamenti e impianti deve essere approvata e per le operazioni che prevedono l'imbarco e lo sbarco di persone l'approvazione del verricello e degli impianti connessi deve prevedere esplicitamente i carichi umani;
 - l'equipaggio minimo di missione deve prevedere un operatore di verricello qualificato e addestrato in accordo a programmi approvati dall'ENAC in aggiunta all'equipaggio di condotta;
 - l'operatore di verricello deve poter comunicare con l'equipaggio di condotta tramite un impianto interfonico;

- l'operatore deve elaborare e sottoporre all'approvazione ENAC procedure operative che garantiscano un accettabile livello di sicurezza; ?? l'elicottero deve essere certificato in categoria A o equivalente ai sensi della JAR-OPS 3;
- l'operatore predisponga per gli elicotteri che effettuano tali operazioni un programma di monitoraggio dei parametri motore (Engine Condition Monitoring).

d) Nel caso di sbarco o imbarco con il verricello di membri dell'equipaggio questi devono:

- essere fisicamente idonei e privi di anomalie psico-fisiche incompatibili con l'esercizio dell'attività di volo;
- aver ricevuto un addestramento iniziale e ricorrente per il tipo di operazioni;
- essere dotati di opportuni dispositivi di protezione individuale;
- essere contatto radio a due vie almeno con l'operatore del verricello.

5.1.20 Sbarco e imbarco di membri dell'equipaggio di missione da volo stazionario.

a) L'operatore può utilizzare le tecniche di sbarco e imbarco di membri dell'equipaggio di missione da volo stazionario qualora, a giudizio del comandante, nessuna scelta alternativa risulti disponibile a fronte dei tempi di intervento richiesti dall'emergenza sanitaria;

b) lo sbarco e imbarco da volo stazionario può essere effettuato solo se in possesso della specifica approvazione dell'ENAC.

c) Per ottenere l'approvazione ENAC devono essere soddisfatti i seguenti requisiti:

- l'operatore deve elaborare e sottoporre all'approvazione ENAC procedure operative che garantiscano un accettabile livello di sicurezza;
- membri di equipaggio che devono essere sbarcati da volo stazionario siano dichiarati fisicamente idonei e prive di anomalie psico-fisiche incompatibili con l'esercizio dell'attività di volo, e abbiano ricevuto un addestramento iniziale e ricorrente per il tipo di operazioni;
- i membri di equipaggio siano dotati di opportuni dispositivi di protezione individuale;
- l'operatore abbia in essere per gli elicotteri che effettuano tali operazioni un programma di monitoraggio dei parametri motore (Engine Condition Monitoring).

5.1.21 Cumulabilità delle funzioni.

- a) Le funzioni di membro di equipaggio HEMS sono cumulabili con quelle di operatore di verricello e con quelle di membro di equipaggio sanitario, ove opportunamente qualificato.
- b) Le funzioni di addetto ai servizi antincendio dell'elisuperficie non sono cumulabili con alcuna funzione che richieda la contemporanea presenza dell'interessato a bordo dell'elicottero.

5.1.22 Radiofaro di emergenza.

- a) Gli elicotteri impegnati in attività HEMS devono essere dotati di trasmettitore localizzatore automatico di emergenza.

5.1.23 Limitazioni operative

5.1.24 La velocità dell'aria.

Il limite che maggiormente penalizza l'uso dell'elicottero nei confronti dell'aereo è la velocità. L'elicottero è soggetto a due velocità:

1. Quella di rotazione del rotore.
2. Quella di avanzamento.

Considerando la somma delle due velocità, quella di traslazione e quella delle estremità della estremità della pala avanzate, nell'istante in cui si trova a 90° rispetto alla direzione del volo, tale somma raggiunge valori notevoli.

Tali valori raggiungono facilmente la soglia della velocità del suono, questo può provocare fenomeni da rumori quale quello della compressibilità nella estremità della pala. Aumentando la quota, il valore della velocità del suono diminuisce, quindi dovrà diminuire la velocità dell'aria dell'elicottero, dovendo mantenere costante il numero dei giri del rotore. Il pilota ha disponibile costantemente una tabellina con i dati corrispondenti ai limiti di velocità per le relative quote operative.

5.1.25 Operazioni con vento al traverso o in coda

L'elicottero ha capacità di movimento in direzione pressochè illimitate ma è stato progettato privilegiando determinati assetti di volo sia per profilo aerodinamico della fusoliera sia per gli assetti del rotore principale e di coda; le migliori prestazioni si ottengono in assetti con vento relativo parallelo con l'asse longitudinale dell'elicottero proveniente da prua. In queste condizioni si ha una maggiore resistenza prodotta dalla fusoliera e minore uso dei comandi

per correggere. Massima è la resistenza della fusoliera con vento relativo a traverso, con conseguente massimo uso dei comandi per constatare, che per operazioni vicino ad ostacoli può diventare pericoloso avvicinandosi il limite massimo di escursione dei comandi stessi.

5.1.26 Volo durante le precipitazioni nevose

Per alcuni tipi di elicottero, a seconda della configurazione e collocazione degli impianti, componenti, ecc. è escluso il volo durante le precipitazioni nevose a causa della collocazione dei suoi impianti. La neve può accumularsi sulle prese d'aria dei motori, dei circuiti di raffreddamento od altre parti compromettendone il funzionamento.

5.1.27 Volo in condizioni di formazione di ghiaccio

Particolarmente pericolosa è la formazione di ghiaccio sulle superfici portanti. La potenza è infatti conseguente ad un preciso profilo aerodinamico; il ghiaccio su quel corpo ne modifica sostanzialmente il profilo compromettendo la potenza. Inoltre, la distribuzione del ghiaccio non essendo mai uguale alla superficie di tutto il corpo si vengono a creare degli scompensi di estrema pericolosità a causa delle vibrazioni.

5.1.28 Volo in condizioni di turbolenza

La turbolenza è caratterizzata da movimenti di masse d'aria con variazioni in intensità e di direzione improvvise sia in orizzontale che in verticale. Gli effetti sul volo sono a carico della potenza e, per valori estremi, della resistenza delle strutture. In alcune condizioni, comporta la perdita del controllo dell'aeromobile proprio per i limiti di escursione dei comandi a correggere e contrastare.

5.1.29 Casi particolari

Spesso la morfologia del luogo in cui ci si trova ad operare o l'affollamento non ci consentono di avere a disposizione una piazzola di atterraggio nei pressi del ferito. E' quindi necessario, a questo punto, trattare alcuni casi in cui non è possibile l'atterraggio dell'elicottero nelle immediate vicinanze. Se si ha a disposizione un'ambulanza o un mezzo

di soccorso idoneo è preferibile impiegarlo per trasportare l'infortunato dal luogo dell'incidente all'elicottero, perché questa soluzione si rivela più sicura e spesso più rapida che un atterraggio in condizioni critiche. Per velocità e comodità è quindi consigliato informarsi preventivamente sulle piazzole di emergenza convenzionali. Se ci si trova su un lago con una spiaggia ampia, è possibile far allontanare la gente della zona in atterraggio creando una catena umana per delimitare l'area.

N.B: per motivi precedentemente visti è importantissimo controllare che le persone non lascino a terra zaini, teli, stuoie, asciugamani, bottiglie, lattine e tutto il materiale leggero lasciando il più possibile pulita la zona.

E' altresì importante mantenere la catena umana fino all'avvenuto decollo in modo da tenere lontani i curiosi e dare modo ai soccorritori di operare con la dovuta tranquillità. Se al contrario, la spiaggia non offre le minime condizioni di sicurezza è opportuno trasportare il ferito con una autolettiga fino alla zona di atterraggio convenzionale. Questi esempi valgono anche sui torrenti con simili caratteristiche. Nei torrenti, però, ci si può imbattere in un pericolante che si trova in una gola dove è impossibile sia l'atterraggio dell'elicottero sia l'avvicinamento con mezzi di soccorso. In questo caso è possibile recuperare il ferito utilizzando il verricello dell'elicottero per calare il medico o la barella.

Questo sistema però può mettere a rischio il medico e il pericolante, perché, se il pilota la ritiene inattuabile, è necessario trasportare l'infortunato a piedi fino ad un punto raggiungibile con mezzi di soccorso. In questo caso, se non si è provvisti di una barella, si deve usare mezzi di fortuna come pagaie o bastoni e delle giacche per crearne una. Se inoltre il pericolante presenta sospetti traumi alla colonna vertebrale non si devono usare gommoni per trasportarlo lungo il torrente in quanto gli scossoni potrebbero peggiorare la situazione già critica.

5.1.30 Elisuperfici occasionali

La scelta del punto di atterraggio è di esclusiva responsabilità del pilota. Il personale dell'ambulanza che richiede l'intervento dell'elicottero deve valutare sul terreno circostante il sinistro, un probabile punto di atterraggio. Il pilota in avvicinamento a tale punto di atterraggio, valuterà dall'alto la sua agibilità e se tale valutazione risulterà positiva

(elisupeficie idonea e sicura), seguirà un sentiero di avvicinamento deve essere libera da ostacoli alti ed avere una inclinazione massima di 15/20°.

La zona prescelta quale punto di atterraggio deve essere, quindi sufficientemente ampia da consentire un sicuro sentiero di avvicinamento che sia il più piatto possibile, meno ripido possibile. Tale zona deve essere quindi più AMPIA se, è circondata da alti ostacoli (alberi, abitazioni, piloni alta tensione, ecc.).

Il punto di atterraggio dovrebbe rispondere ai seguenti requisiti:

- Garantire un sentiero di avvicinamento-decollo sufficientemente sicuro.
- Essere adeguatamente ampio.
- Essere libero da ostacoli (specie quelli aerei).
- Il fondo non dovrebbe essere con pendenze superiori ai 6° circa e sufficientemente uniforme e compatto (sono idonei prati, campi sportivi, ampi spazi asfaltati).
- Sono da evitare superfici ricoperte da fogliame, polvere, sabbia, neve farinosa. Se motivi di forza maggiore impongono una scelta di un'area polverosa, dovrà essere abbondantemente bagnata prima dell'atterraggio.
- Le piazzole a fondo nevoso devono essere ben battute per accertarsi della consistenza del fondo ed impedire il sollevamento della neve farinosa.
- Se l'atterraggio deve avvenire su strada è necessario bloccare il traffico su tutta la carreggiata ed in entrambe le direzioni e mantenere tutti i veicoli, compresi quelli di soccorso, a distanza di sicurezza.

Si ribadisce comunque che la decisione finale spetta al pilota.

5.1. 31 Organizzazione delle centrali operative

Lo sviluppo delle infrastrutture telecomunicative e l'evoluzione delle esperienze delle Regioni, già in essere fin dai primi anni '70 e concretizzatesi nell'allegato "E" della Legge regionale 9 Marzo 1990, n. 15 22° Piano Sanitario Regionale", consentono di definire con più precisione le caratteristiche del sistema di allarme sanitario che per altro si ritrovano anche nei contenuti del D.P.R. 27.3.92 "Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni per la determinazione dei livelli di assistenza sanitaria di emergenza".

5.1.32 Individuazione delle strutture delegate al coordinamento delle emergenze sanitarie

Le strutture delegate al coordinamento delle emergenze sanitarie sono individuate nelle Centrali Operative a cui sono attestate le linee del numero unico nazionale per l'emergenza sanitaria "118".

5.1.33 Registrazione delle chiamate

Ai fini della documentazione dell'attività svolta, le chiamate giunte alle centrali operative 118 devono essere registrate e codificate secondo quanto già previsto dal D.M. 15 Maggio 1992 "Criteri e requisiti per la codificazione degli interventi di emergenza".

Le schede di registrazione dovranno comunque riportare in modo chiaro ed inequivocabile il/i nominativo/i, anche codificato, del/degli operatore/i che in base al protocollo operativo deciso dal coordinatore medico hanno: compilato la scheda di registrazione della chiamata, determinato la criticità dell'intervento, stabilito la tipologia dell'intervento ovvero sono intervenuti "in appoggio" per consulenza.

5.1.34 L'organizzazione delle centrali operative per le emergenze sanitarie

I nodi nevralgici su cui si incardina l'organizzazione sanitaria dei soccorsi sono individuati nelle centrali operative a valenza provinciale ed esistenti nella regione.

Tali centrali operative assolvono le seguenti funzioni:

- accoglimento informazioni: ricezione delle richieste di soccorso, input relativi alle attività delle altre strutture deputate all'allertamento quali il Centro Operativo della Società Autostrade, i Vigili del Fuoco, la Pubblica Sicurezza, i Carabinieri, l'ACI 116; ricezione di richieste sanitarie specialistiche, di diagnostica strumentale, di trasporto sanitario ordinario;
- analisi delle informazioni: valutazione delle informazioni raccolte e conseguenti decisioni relative all'allertamento delle strutture periferiche di trasporto, in rapporto allo stato della viabilità ed alla dislocazione delle risorse disponibili, nonché ad una prima valutazione telefonica di carattere medico in base alla quantità ed alla qualità delle informazioni assunte;
- attivazione delle risorse da mettere a disposizione, invio dei mezzi di soccorso con o senza medico a bordo, trasporto di équipe specializzate con gli aeromobili.

Durante la ricezione della chiamata gli operatori della centrale operativa stabiliscono attraverso un'intervista codici di definizione del luogo e codici di criticità per l'intervento:

Intervista:

Durante la fase d'intervista che come risultante deve fornire la classificazione prevista dal D.M. del 25.5.1992, la CO 118 acquisisce tutte le informazioni atte a modulare la risposta nel luogo identificato, sia in termini di mezzi che di professionalità.

Ogni centrale operativa 118 effettuerà la fase di intervista secondo le proprie procedure e modalità interne, integrandole con una serie di domande necessarie alla attività S.A.R.

5.1.35 Ruolo della c.o.nella gestione delle missioni hems-sar

Obiettivo di un Servizio di Elisoccorso è quello di erogare un intervento ad elevata specializzazione integrato con le altre strutture di soccorso territoriali (118).

Le tipologie di intervento sono suddivise in:

- Interventi primari
- Interventi secondari
- Soccorso in località disagiate
- Soccorsi sanitari in eventi catastrofici
- Trasporto di organi, équipe, farmaci urgenti, ecc.

Tale suddivisione ha permesso di raggiungere un compromesso accettabile tra esigenze ottimali di copertura territoriale (legate all'orografia) ed esigenze logistiche (stazionamento degli aeromobili presso gli aeroporti, dove è possibile).

Il Servizio è organizzato su base regionale inserito nell'organizzazione dei sistemi 118 provinciali, i protocolli di utilizzo e gestione del servizio sono stati stilati congiuntamente dai responsabili delle basi di Elisoccorso e dai responsabili delle Centrali.

Cosa vuol dire "gestione dell'intervento"

Il primo passo è l'individuazione del target, ossia permettere all'équipe dell'Elisoccorso di arrivare nel più breve tempo possibile e in sicurezza sul luogo dell'evento. Questo comporta, che l'operatore di gestione, nel breve tempo tra il decollo e il finale, riesca a:

1. ottenere tutte le informazioni necessarie
2. comunicarle in modo chiaro al mezzo
3. allertare le FFOO
4. allertare il mezzo di supporto terrestre
5. reperire un punto di atterraggio alternativo.

1. Obiettivo è quello di sbarcare in sicurezza e il più vicino possibile al target l'équipe sanitaria. La ricerca delle informazioni viene effettuata ricontattando l'utente/richiedente, cercando di evidenziare dei punti di riferimento che possano facilitarne l'individuazione, la possibilità eventuale di un atterraggio sul posto o nelle immediate vicinanze, l' "istruzione" delle persone presenti sul comportamento da tenersi durante la fase di avvicinamento atterraggio, suggerire eventuali strumenti di riconoscimento (lenzuola, fumogeni). Nella ricerca di informazioni utili dobbiamo tenere presente che non ci stiamo rapportando con tecnici o addetti ai lavori ma con persone che non conoscono i criteri di utilizzo dell'elicottero e che a volte faticano a capire perché lo stiamo inviando. E' fondamentale utilizzare un linguaggio comprensibile e adeguato all'interlocutore; le informazioni ottenute vanno valutate ed elaborate per poterle comunicare all'equipaggio che interviene, con termini tecnici ed idonei. Es. se l'utente ci dà come riferimento il campanile della chiesa a destra del cimitero uscendo dal paese, all'équipe verrà comunicato come riferimento il "campanile della chiesa a sud del paese ad est del cimitero".

2. Le comunicazioni tra la C.O. e l'elicottero vengono effettuate di norma utilizzando un sistema radio Regionale dedicato. La copertura del territorio è garantita da sei ripetitori sincroni in iso-frequenza; la dotazione di ogni elicottero prevede un impianto di radio fissa, integrato con l'impianto interfonico dell'aeromobile, ed un apparato portatile per ogni componente dell' equipaggio. Nel territorio alpino e sub-alpino, dove la copertura è più difficoltosa, viene utilizzato in alternativa l'apparato radio del soccorso alpino. Per quanto riguarda le Forze dell'ordine le procedure di comunicazione tra mezzi di soccorso e C.O. 118, che rivestono carattere di estrema importanza, si è giunti alla definizione di specifici protocolli operativi che stabiliscono qual è la fraseologia da utilizzare nell'ambito delle comunicazioni radio, quali sono le informazioni che devono essere scambiate tra l'elicottero e C.O. e chi sono gli "interlocutori" nelle diverse fasi del soccorso.

3. L'allertamento delle FFOO (112, 113, VVFF 6) viene effettuato sempre per protocollo, in

presenza di eventi traumatici (su strada o sul lavoro), ma soprattutto nei centri abitati o nei luoghi affollati, per garantire la sicurezza nelle fasi di atterraggio e di decollo dell'elicottero (VVUU 7). I contatti con le FFOO avvengono su linee dedicate (RPV o linee ministeriali).

4. In ogni intervento che richiede l'invio dell'Elisoccorso, viene comunque inviato un mezzo di soccorso via terra come supporto operativo; talvolta in caso di atterraggio lontano dal target, è la stessa ambulanza che trasporta l'équipe dell'Elisoccorso sul luogo dell'evento. Il mezzo inviato è comunque sempre in contatto radio con la C.O. e l'elicottero durante tutto l'intervento.

5. E' necessario che l'operatore di centrale individui un luogo di atterraggio sicuro, in alternativa a quello individuato nella valutazione. Dopo una valutazione primaria da parte dell'equipaggio sanitario, vengono comunicate all'operatore di C.O. le prime informazioni di carattere sanitario, e le eventuali richieste di supporto tecnico. A questo punto sarà compito dell'operatore verificare la disponibilità dei posti letto, ed eventualmente pre – allertare le unità specialistiche.

5.1.36 Vigili del Fuoco Vigili Urbani

E' importante che queste notizie vengano fornite all'operatore di C.O. nella prima fase dell'intervento poiché indispensabili alla pianificazione dell'eventuale ospedalizzazione mirata del paziente. Avvenuta la stabilizzazione del paziente si concorda con l'équipe l'ospedale di destinazione più idoneo e l'invio del mezzo terrestre di supporto, per il trasporto dalla piazzola all'ospedale.

5.1.37 Ricezione/gestione delle richieste per interventi primari

Per interventi primari si intendono quelli diretti sul luogo dell'evento.

L'Elisoccorso viene attivato in funzione di due tipi di “filtro” sanitario:

1. Richieste provenienti dall'utenza “laica”;
2. Richiesta provenienti dalle C.O. del bacino d'utenza.

Nel primo caso l'operatore addetto alla ricezione delle richieste di soccorso, processa la

chiamata secondo i protocolli operativi in uso attribuendo un codice di gravità secondo quanto stabilito dal DL del 27/5/1992 e dalle procedure. Contestualmente l'operatore della gestione, visualizza sul supporto informatico i dati raccolti e attiva l'équipe Elisoccorso. Nel secondo caso l'operatore della C.O. di competenza territoriale, trasferisce i dati direttamente all'operatore della ricezione, il quale si limiterà a inserire su supporto informatico le informazioni raccolte dal collega. Per quanto attiene la gestione, le procedure sono le medesime dell'allertamento da utenza. E' evidente come la centralizzazione della richiesta presso la C.O. sede di Elisoccorso, consenta di garantire migliori performance organizzative in funzione dell'esperienza maturata dagli operatori relativamente alle peculiarità del servizio, in tanti anni di gestione dell'attività dell'Elisoccorso. Funzionale si è rilevata l'alternanza tra turni in C.O. e i MSA (mezzi di soccorso avanzato), per migliorare l'efficacia e l'efficienza operativa degli infermieri professionali di centrale. Nel caso in cui le informazioni relative alla individuazione del target o l'eventuale supporto a terra siano da organizzare, è l'operatore della C.O. sede di Elisoccorso a farsi carico di ricontattare l'utenza ed addestrarla sul comportamento da tenere. Le indicazioni relative alla tipologia dell'evento su cui indirizzare l'Elisoccorso, sono stabilite in funzione di protocolli regionali e locali noti alle C.O. afferenti al bacino d'utenza che nel corso della missione, mantengono il contatto con l'Elisoccorso per il supporto logistico locale. Il coordinatore di volo sanitario, che svolge il ruolo organizzativo della missione, si interfacerà (mediante l'utilizzo di un telefono cellulare che raggiunge un apparecchio telefonico dedicato) di volta in volta con la C.O. sede di Elisoccorso, per il raccordo sanitario ed organizzativo della missione: supporto logistico, attivazione servizi sanitari e non, ricerca posti letto.

La C.O. provvederà poi ad attivare le centrali interessate.

5.1.38 Ricezione/gestione delle richieste per interventi secondari

Per interventi secondari si intendono i trasporti sanitari assistiti tra ospedali e/o verso centri ad alta specializzazione. La richiesta di trasporto passa attraverso le C.O. territorialmente competenti che si fanno carico del solo trasferimento telefonico della richiesta, dal reparto richiedente al medico presente in servizio o da un suo delegato. Se il medico che ha filtrato la richiesta conferma la conformità della stessa, il CVS in servizio di Elisoccorso notifica l'avvenuta accettazione alla C.O. della base, e organizza il supporto logistico, compresa la conferma di accettazione da parte dell'ospedale ricevente. Nel caso in cui l'elicottero della

base di Elisoccorso territorialmente competente sia impegnato , la richiesta viene passata alla base vicina che verificato il supporto logistico, decolla per la missione.

5.1.39 Compiti della C.O. durante la missione di soccorso per intervento primario

1. Al decollo
2. Durante il raggiungimento del target
3. Durante il trattamento sanitario
4. Al decollo del luogo dell'evento
5. Durante il volo di rientro in ospedale

1) Al decollo la C.O. fornisce i dati aeronautici, geografici e logistici relativi alla individuazione del target, nonché ogni altra informazione ritenuta utile ai fini della pianificazione della missione;

2) Durante il volo per il raggiungimento del target, la C.O. sede di Elisoccorso mantiene l'ascolto delle comunicazioni tra l'elicottero e la C.O. di competenza territoriale e le eventuali unità di emergenza a terra, intervenendo ove fosse necessario supportare l'équipe in volo e/o mantenendo il contatto telefonico con l'utente;

3) Durante il trattamento del paziente la C.O. è a disposizione dell'équipe per il supporto logistico sanitario e non, la verifica di disponibilità ed eventuale allertamento di ospedali e servizi;

4) Al decollo dal luogo dell'evento la C.O. raccoglie le informazioni sanitarie definitive e le richieste logistiche relativamente al paziente trasportato;

5) Durante il volo di rientro la C.O. della base di Elisoccorso, mantiene i collegamenti con l'Elisoccorso per il raccordo con l'ospedale ricevente e/o supporto logistico a terra.

5.1.40 Quadro sinottico del ruolo della centrale operativa in elisoccorso

- Ricezione richiesta di soccorso
- Prevalutazione di criticità e classificazione

- Identificazione di necessità per dinamica di evento dannoso
- Allertamento Elisoccorso
- Rilevamento e comunicazioni radiali
- Assunzione e trasmissione dati di identificazione target
- Collegamento in fonìa con ambulanza di appoggio
- Verifica missione ogni 3'
- Verifica e trasmissione dati su evoluzione evento e ABC vittima
- Assistenza per atterraggio
- Assistenza per destinazione paziente

“...OBIETTIVI DI UTILITA’

la centrale operativa garantisce il coordinamento di tutti gli interventi nell’ambito territoriale di riferimento...” (DPR 27 marzo 1992)

- offrire al cittadino un numero unico telefonico per l'emergenza sanitaria
- offrire al cittadino una centrale-riferimento ed un intervento sanitario omogeneo ad efficacia immediata nei casi di urgenza emergenza, o programmato negli altri casi,
- concorrere ad un corretto utilizzo delle risorse ospedaliere (ricoveri, consulenze, esami strumentali) non solo nell’ottica di una riduzione della spesa ma anche in quella di un più ordinato accesso alle stesse risorse (secondo i livelli di necessità) per i pazienti che necessitano di trasporto protetto,
- concorrere al raggiungimento degli obiettivi aziendali mediante la facilitazione delle dimissioni dei pazienti allettati e di quelli che intendono usufruire dell’autolettiga,
- facilitare i ricoveri emergenti mediante un costante aggiornamento delle disponibilità dei posti letto,
- concorrere ad evitare ogni spreco delle risorse.

L’efficacia del servizio potrà tradursi in:

- consulenza telefonica a risposta immediata, a risposta indirizzata, a risposta programmata
- invio di autolettiga preclassificata
- programmazione di servizio taxi-lettiga
- pianificazione ricoveri per recettività immediata
- coordinamento operativo nelle maxi emergenze intra ed extraospedaliere.

La risposta alla richiesta potrà essere adeguata a condizione che le risorse siano adeguate alle esigenze probabili che l'operatore di centrale:

*conosca la dislocazione e la tipologia dei mezzi di soccorso di cui dispone, *conosca la disponibilità immediata di medici operanti nell'ambito del sistema, *conosca la disponibilità dei posti letto nei DEA, in particolare dei posti di Terapia intensiva generale e neonatale, cardiocirurgia, grandi ustionati, neurochirurgia, chirurgia toracica e vascolare.

Per quanto attiene alla disponibilità dei posti di Terapia intensiva e delle Alte Specialità, la conoscenza dell'operatore di centrale deve essere allargata anche all'esterno del proprio ambito territoriale per mezzo di collegamenti con le altre centrali e con tutti i punti di riferimento del soccorso territoriale ed ospedaliero.

5.1.41 Valutazione dell'operatore di centrale operativa per l'invio di mezzi di soccorso avanzato

In considerazione delle caratteristiche specifiche dei mezzi, si differenziano gli interventi dell'Elisoccorso da quelli dell'Automedicalizzata. L'infermiere di centrale, attiva i Mezzi di Soccorso Avanzato valutando di volta in volta le necessità contingenti, stabilendo l'opportunità di derogare alle indicazioni contenute nel sistema informatico, per quanto attiene ai suggerimenti d'invio.

Servizi primari del Servizio di Elisoccorso:

Il Servizio è attivato in presenza di "codice rosso", ad eccezione dei casi in cui non è previsto l'invio in prima battuta del MSA:

- In luoghi disagiati non serviti da viabilità ordinaria come il crinale appenninico, le zone vallive, le campagne ed altro assimilabile;
- Per tutti i casi di sospetta o accertata Sindrome da Sommersione, indipendentemente dalla località ove si è verificato l'evento;
- Nelle località ove siano incompatibili i tempi di intervento del servizio di Automedicalizzata;
- In sede autostradale. Eccezione fatta per gli allarmi giunti da colonnina sanitaria, per i quali si attende l'eventuale richiesta da parte del personale intervenuto sul posto con ambulanza.

Servizi primari del Servizio di Automedicalizzata:

Il servizio è attivato in presenza di “codice rosso”, ad eccezione dei casi in cui non è previsto l'invio in prima battuta del MSA:

- Nei Centri Urbani e tutti i luoghi in cui sia difficoltoso l'atterraggio dell'elicottero di soccorso;
- In area portuale;
- Per le missioni che il Servizio di Elisoccorso non può svolgere, per problemi meteo o fermo tecnico.

Servizi secondari del Servizio di Elisoccorso:

La richiesta giunta alla Centrale Operativa, è sottoposta al medico in servizio per la valutazione della necessità d'intervento. Nel caso in cui l'elicottero è impegnato nello svolgimento di una missione, la valutazione sarà fornita in prima battuta dal Responsabile Medico del Servizio e, nel caso di irreperibilità di questo dal Medico di guardia del 1° Servizio di Anestesia-Rianimazione.

Il coordinatore di Volo Sanitario prima di partire, verifica se:

- Sono effettivamente stati presi accordi con la struttura ospedaliera ricevente ed i riferimenti (reparto, medico di guardia, posto letto);
- La Centrale Operativa di competenza è stata avvertita dell'arrivo dell'elicottero, ha disposto l'accoglimento ed il trasferimento a mezzo ambulanza all'ospedale;
- I dati relativi alla missione, sono esatti.

Servizi secondari del Servizio d'Auto medicalizzata:

Il Servizio d'Automedicalizzata, garantisce i trasporti secondari esclusivamente per i Servizi di Pronto Soccorso Aziendali e la Lungodegenza di Cervia, la richiesta è sottoposta al medico in servizio per la valutazione della necessità d'intervento e per valutare l'opportunità di eseguirlo direttamente o chiamare il collega reperibile.

L'infermiere in servizio sull'Automedicalizzata prima di partire, verifica se:

- Sono effettivamente stati presi accordi con la struttura ospedaliera ricevente ed i riferimenti (reparto, medico di guardia, posto letto);
- I dati relativi alla missione, sono esatti.

S'invisano sempre contemporaneamente i due MM.S.A., quando vi sono notizie certe di più ferite gravi sul luogo dell'evento o qualora il mezzo di soccorso già presente sul posto, lo richieda (nella fattispecie quando il Medico dell'Automedicalizzata ritenga opportuno trasferire il paziente direttamente dal luogo dell'evento ad un centro specializzato ovvero quando le condizioni dello stesso richiedendo un intervento specialistico rianimatorio precoce).

5.1.42 Aspetti psicologici di centrale operativa negli operatori

Dal Vocabolario della lingua italiana Zingarelli: "Comunicare: far partecipe, rendere comune ad altri, dividere insieme, rendere noto, palesare, conversare, manifestare, far comuni i propri sentimenti e pensieri, aver contatto, relazione...".

E' evidente come già come già a livello di semplice definizione, il comunicare sia riconducibile ad una serie di azioni diverse che passano dalla comune notifica al coinvolgimento delle parti coinvolte nella comunicazione.

Un elemento di fondamentale importanza quando si parla di comunicazione è il feedback, e cioè il meccanismo circolare della comunicazione, in cui non si è mai solo emittenti o riceventi, ma si rivestono entrambi i ruoli contemporaneamente.

La centrale operativa è un contenitore che raccoglie informazioni, le quali devono essere decodificate, assimilate, condivise e distribuite, cioè comunicate, agli specifici settori di competenza.

L'operatore si trova quindi spesso al centro di una serie di feedback simultanei (es. riceve la richiesta dall'utente, la trasmette al personale di soccorso, riceve le informazioni dall'équipe di soccorso, le comunica al personale di pronto soccorso) che devono essere convertiti in risultati attesi (da utenza e sistema 118).

Da queste considerazioni partono una serie di valutazioni che seguono, tra tante altre, alla base della realtà emotiva vissuta dal personale delle centrali operative.

Quando conversiamo con qualcuno, arricchiamo l'azione del parlare con una serie di stimoli (espressioni del viso, posizioni del corpo, direzione dello sguardo, ecc), che provocano nell'interlocutore una serie di reazioni le quali si trasformano a loro volta in una serie di stimoli per noi, che produrremo a nostra volta una serie di reazioni, ecc.... che rendono maggiormente esaustiva la comunicazione. Questo processo nella realtà di centrale operativa è assente, in quanto la comunicazione è priva della componente non verbale, fondamentale ai fini della completezza dell'informazione. Le informazioni viaggiano infatti

mediante sistemi tecnologici che non ne prevedono la presenza: il sistema radio ed il sistema telefonico.

In pratica, la comunicazione è legata alle caratteristiche della conversazione: tono e volume della voce, qualità del messaggio, disponibilità degli interlocutori.

Per quanto riguarda il rapporto utente (colui che chiama il 118)/operatore di centrale (colui che attiva i soccorsi), la comunicazione è influenzata da:

- stato emotivo di chiama, influenzato dal coinvolgimento personale nell'evento;
- conoscenza del servizio erogato da parte di chi chiama;
- disponibilità dell'utente a farsi condurre nell'esposizione del problema;
- disponibilità all'ascolto dell'operatore;
- capacità dell'operatore di condurre;
- capacità dell'operatore di riconvertire positivamente l'eventuale tensione dell'utente;
- capacità dell'operatore di comunicare in maniera credibile.

Spesso, davanti a comportamenti "difensivi o elusivi" dell'utente, l'operatore tende ad alzare il tono della voce e ad assumere un atteggiamento aggressivo. La conseguenza è un repentino blocco del flusso informativo, in quanto l'utente interrompe la propria disponibilità e rivendica un diritto istituzionale alla erogazione della prestazione, anche quando questa non rientra nei compiti istituzionali del 118.

Per quanto attiene invece il rapporto operatore di centrale/personale dei mezzi di soccorso, la comunicazione è influenzata anche da fattori tecnologici:

- inefficienza o mal funzionamento del sistema radio;
- disturbi determinati da un improprio utilizzo del sistema da parte degli operatori;
- scarsa conoscenza del sistema.

Il personale operante sui mezzi di soccorso, "subisce" il fatto che le centrali operative siano un ambito chiuso. Negli anni, nemmeno l'avvicendamento del personale di centrale anche sui mezzi di soccorso, ha attenuato la sensazione di "controllo e supervisione" che il personale viaggiante percepisce.

Ogni divergenza di opinioni sull'applicazione delle procedure, diventa spunto per un'offensiva che sfocia in un conflitto crescente e a volte difficilmente sanabile.

L'operatore di centrale, spesso e a torto, viene ancor oggi etichettato come "centralinista".

E' innegabile, che soprattutto con l'evoluzione del sistema 118, l'attività svolta è tutt'altro che la semplice risposta ad un telefono. Inoltre la professionalità viene espressa nell'arco di una manciata di secondi, interagendo con numerose variabili.

Negli anni come le leggi di marketing insegnano, anche nel nostro settore l'aumento dell'offerta ha comportato un aumento della domanda. Il numero di ambulanze in servizio, seppure aumentate e/o ridislocate stagionalmente in funzione dei dati di attività, spesso si mostra insufficiente, anche a causa di un improprio utilizzo del servizio da parte dell'utenza. I mass media hanno messo in condizioni l'utenza di informarsi anche su problematiche di tipo sanitario. Spesso però, queste informazioni determinano un atteggiamento di allarmismo nell'utente, che si riesce a riconvertire con difficoltà.

La parola stress nel linguaggio comune tende ad indicare una sensazione di disagio psicofisico che ci accompagna quando eventi e situazioni richiedono un livello elevato di impegno e concentrazione. Una delle conseguenze negative dello stress, è quella sensazione che identifichiamo comunemente come ansia.

Gli operatori di centrale operativa, hanno spesso descritto la sensazione di "disagio emotivo", come ansia, ovvero una sensazione di spiacevole tensione, scarsamente controllabile, determinata da situazioni difficilmente gestibili con strumenti e conoscenze a disposizione.

Secondo Arthur J. Schlesinger Jr. "l'ansia è l'emozione ufficiale del nostro tempo", ma se andiamo a verificare quali elementi sono alla base di un'esperienza ansiosa, noteremo che sono molteplici, e possono combinarsi tra loro. Secondo Stanley J. Rachman (1978), possiamo accoglierli in quattro gruppi:

A. Elementi comportamentali:

- Irrequietezza ed irritabilità
- Disturbi dell'attenzione e della concentrazione
- Disturbi della capacità di giudizio
- Peggioramento della capacità di amare o provare affetto

B. Elementi emotivi:

- Stato di allarme
- Disturbi del sonno, insonnia e sogni paurosi

C) Elementi somatici:

- Alterazioni vasomotorie con pallori o rossori improvvisi
- Espressioni del volto indicante tensione
- Tensione muscolare
- Respiro affannoso o profondo
- Disturbi della salivazione
- Sudorazione aumentata

D) Elementi cognitivi:

- Incapacità a comprendere improvvise variazioni d'umore.

In realtà il termine stress, che in inglese significa “cedimento, distorsione, deformazione”, proviene dall'ingegneria e viene usato per indicare il livello di tensione che può sopportare una struttura compatta prima del cedimento. Viene successivamente ripreso da Hans Selye negli anni trenta, ed applicato nel campo della biologia, dando inizio ad una serie di studi e di ricerche. Per Selye lo stress rappresenta “l'insieme delle reazioni fisiologiche (legate alle modificazioni interne al nostro organismo) e comportamentali che l'individuo mette in atto nei confronti di stimoli provenienti dall'ambiente esterno, chiamati stressors, considerati pericolosi o dannosi”.

L'autore ha individuato due tipi di stress, uno positivo e l'altro negativo:

- eustress, determinato da situazioni piacevoli, vissute come stimolanti, che generano energia e vitalità.
- Distress, determinato da una fonte di stress, che si concretizza nell'assunzione di un comportamento inadeguato volto ad arginarla e che evolve in un vissuto negativo e/o distruttivo.

L'autore ha inoltre evidenziato come si sperimentino alti livelli di stress sia nel caso in cui l'ambiente sia ricco di stimoli, che nel caso ne sia carente, ad esempio: compiti troppo complessi o troppo semplici, interazioni con colleghi troppo frequenti o troppo rare.

5.1.43 Caratteristiche degli aeromobili

Si premette che tutti gli aeromobili devono risultare immatricolati per la prima volta (in assoluto prima immatricolazione) in data successiva al 31 dicembre 1990.

Qualora nel corso del contratto uno o più aeromobili maturassero 12 (dodici) anni dalla data di prima immatricolazione la Ditta aggiudicataria provvederà alla sostituzione, prima del raggiungimento di tale limite, con altro/i più recente/i dello stesso tipo, con analoghe caratteristiche di configurazione ed equipaggiamenti.

5.1.43.1 Prestazioni

Tutti gli aeromobili messi a disposizione dovranno essere dotati di autopilota e flight director. La versione sanitaria offerta deve essere certificata RAI (o Ente nazionale preposto) e avere le seguenti caratteristiche minime:

- separazione fisica vano piloti da vano sanitario;
- barella certificata R.A.I.
- impianto ossigeno di tipo fisso
- aspiratore centralizzato
- impianto elettrico atto al funzionamento elettromedicali delle apparecchiature

Le prestazioni degli elicotteri dovranno soddisfare requisiti di impiego quali prescritti dalle norme operative applicabili nelle condizioni ambientali più sfavorevoli (riferibili al territorio) e nelle fasi di decollo, sorvolo e atterraggio in/su aree abitate e/o definite "ostili".

Il relativo peso al decollo (nella descritta configurazione di impiego) dovrà soddisfare le capacità di trasporto di persone (oltre l'equipaggio di condotta) e materiale predefiniti con indicazione del tipo di elicottero destinato alla specifica base, con autonomia di volo per almeno 1(una) ora oltre 30 minuti di riserva.

Dalla Specifica di Navigabilità deve risultare che l' a/m è idoneo all'impiego nella suddivisione TPP e La; nelle condizioni di VFR V di giorno e di notte / IFR V / ILS 1^.

5.1.43.2 Categoria con equipaggio di condotta minimo di un pilota.

Dalla stessa Specifica deve inoltre risultare l'idoneità all'impiego nei servizi di

Elisoccorso/eliambulanza (HEMS) in configurazione approvata dall'Ente preposto al rilascio del Certificato stesso.

Si richiede la presentazione di:

- tabelle numeriche, di rapida consultazione, relative alla presentazione di:
decollo I.E.S., in rotta (mantenimento 1.000 FT. A.G.L. ad un motore), hovering F.E.S. da – 10°C a +35°C, da 0 a 4.000 ft;
- tabelle numeriche di rapida consultazione, relative al MTOW, al raggio d'azione più riserva da norma D.G.A.C. nelle varie configurazioni (esempio: 1 pilota + 3 équipe sanitaria; 1+3 équipe +barellato) inoltre per altro aeromobile (2 piloti + 5 équipe).

I pesi minimi standard presi a calcolo devono corrispondere a:

- piloti e barellato: 84kg
- altri: 75kg

5.1.43.3 Attrezzature

L'attrezzatura di bordo deve comprendere tutti quei dispositivi garantiscono il raggiungimento degli obiettivi stabiliti in sede di comando.

5.1.43.4 Strumentazione di bordo

La strumentazione di bordo deve essere conforme alle norme applicabili in tema di certificazione accettate o emesse dal RAI, per gli elicotteri con capacità di trasporto fino a nove passeggeri, impiegati nei servizi di Trasporto Pubblico, operatori di giorno e di notte in condizioni di IFR, anche se in "NON previste condizioni di formazione di ghiaccio".

E' richiesta la presenza a bordo del sistema di navigazione tipo GPS certificabile IFR, con antenna esterna, installato su cruscotto o consolle, purchè dotato di alimentazione warm-up durante la sosta a terra dell'aeromobile, autonomo ed indipendente dall'impianto elettrico di bordo.

5.1.43.5 Pattini da neve

Gli aeromobili con carrello a ruote, durante il periodo autunnale-invernale, devono essere equipaggiati con pattini da neve su ogni gamba di forza.

Gli aeromobili con carrello a pattini devono essere dotati, durante il periodo autunnale-invernale di pattini da neve o altri elementi antiaffossamento/sdruciolamento qualora l'esperienza della casa costruttrice ne indichi la necessità.

5.1.43.6 Interfonico

Gli elicotteri devono essere dotati di un sistema interfonico approvato dall'Ente di certificazione – con caratteristiche di I.C.S. di bordo

– ad uso di ogni operatore dell'equipaggio sanitario oltre il Coordinatore di volo, con l'esecuzione di utilizzo, in trasmissione da parte del personale sanitario, su frequenze aeronautiche.

L'impianto deve essere interconnesso l'apparato "terza radio" e funzionante con sistema hot-mike utilizzando sia le cuffie microfoniche sia i caschi previsti all'art.15.0.

5.1.43.7 Terza radio

Con questa denominazione viene comunemente riconosciuta l'installazione di un sistema di radiocomunicazione t/b/t (terra/bordo/terra) operante attualmente su frequenza V.H.F. non aeronautiche utilizzate dagli operatori dell'Elisoccorso.

L'elicottero deve essere dotato di tale apparato radio 99 CH omologato, canalizzato secondo le specifiche fornite dalla base su cui presta servizio ed impianto "TERZA RADIO" interconnesso con il sistema interfonico in modo che tutti gli operatori abbiano la possibilità di parla/ascolta con sistema hotmike.

5.1.43.8 Sistema e.l.b.a. e altri strumenti

Gli aeromobili dovranno essere dotati di sistema ELBA (emergency locator beacon aircraft) trasmettitore localizzatore di emergenza, compatibile con il sistema satellitare COSPAS/SARSAT.

Gli aeromobili devono essere dotati di impianto con due o più altoparlanti esterni con capacità di trasmissione in voce e sirena, in volo, per eventuali avvisi di sicurezza da bordo verso le persone a terra.

L'impianto deve risultare approvato dall'Ente preposto alle certificazioni aeronautiche.

Gli aeromobili devono essere dotati di sistema (installato e funzionante) per estinzioni incendio nei comportamenti motori.

Inoltre, gli aeromobili, quando accettati dall'Ente preposto alla certificazione dello specifico aeromobile, devono essere dotati di sistema trancia-cavi.

5.1.43.9 Attrezzature specifiche per l'attività di soccorso

Le attrezzature sanitarie e non sanitarie che devono essere presenti su ciascun aeromobile, garantite dal fornitore di servizio:

- Impianto ossigeno:

Gli aeromobili devono essere dotati di impianto ossigeno fisso con capacità non inferiore a 1.800 litri. Il fornitore di servizio è obbligato ad effettuare operazioni di ricarica a proprie spese e con proprio personale.

- Equipaggiamenti opzionali facoltativi:

Qualora non sia già prescritto da norme di certificazioni applicabili per il tipo di aeromobile in operazioni, si raccomanda l'installazione dei sistemi di:

- a) Registrazione voce di cabina (cvr-cockpit voice recorder)
- b) Airbone thunderstorm detection equipment
- c) Ground proximity warning system

L'elenco ha valore indicativo per l'eventuale impegno economico in quanto il dettaglio delle apparecchiature verrà specificato in relazione alla pronta reperibilità delle stesse sul mercato ed alle sperimentazioni d'uso attualmente in corso.

La funzionalità di suddette apparecchiature dovrà essere verificata tramite collaudo da parte degli organi preposti di ogni singola Azienda U.S.L. o Azienda Ospedaliera (Servizio Bio Ingegneria, e/o Fisica Sanitaria e Responsabile Medico della base) e certificata dalla Ditta costruttrice. Il fornitore di servizio dovrà assicurare, a sua cura e spese, la manutenzione e la sostituzione delle predette apparecchiature oltre a provvedere a reintegro delle relative parti consumabili.

Gli interventi di manutenzione, sostituzione e reintegro dovranno avvenire in tempi rapidi e comunque non oltre sei ore lavorative dalla richiesta.

Ogni aeromobile deve avere le predisposizioni necessarie ad alloggiare e ad alimentare elettricamente le varie attrezzature sanitarie.

5.1.43.10 Disposizione logistica del materiale

Il materiale all'interno dell'aeromobile o abitacolo sanitario viene suddiviso in base agli spazi e alla struttura dell'abitacolo stesso.

5.1.43.11 Orari di attività

Per la durata del contratto il fornitore di servizio dovrà garantire il funzionamento degli aeromobili secondo il seguente sistema:

Orario di messa in funzione dell'aeromobile;

Gli aeromobili devono essere in piena efficienza e quindi in grado di essere impiegati nelle previste attività di soccorso e trasporto, dalle ore 07,30 in poi tutti i giorni dell'anno; fanno eccezioni i giorni in cui l'inizio effemeridi è successivo alle ore 07,30.

In tali casi l'inizio attività coincide con le effemeridi stesse.

Orario limite di impiego dell'aeromobile;

Il tempo limite di impiego dell'aeromobile è fisso oppure per tutto l'anno nel trentesimo minuto dopo la scadenza effemeridi.

Orario limite di accettazione delle chiamate;

Le richieste di intervento devono essere accettate sino allo scadere delle effemeridi.

Se non attivato prima della scadenza effemeridi l'aeromobile viene posto "fuori servizio" alla scadenza delle effemeridi stesse.

5.1.43.12 Tempi di decollo;

Il fornitore del servizio deve comunque essere in grado di assicurare il decollo entro 4' dall'allarme comunicato dal CVS o dalla C.O. al pilota anche attraverso i sistemi di allertamento.

La segnalazione di decolli che avvengono dopo i 4' dall'allarme andrà riportata dal CVS alla Commissione per le valutazioni relative a problemi operativi ed alle eventuali responsabilità.

5.1.43.13 Organizzazione del personale

Il servizio di Soccorso Sanitario con elicottero ha come cliente finale il cittadino.

In questo caso, il fornitore è una struttura pubblica, dedicata, che attua le proprie finalità con il concorso di tre componenti essenziali: una sanitaria, una di coordinamento ed una aeronautica.

Perché l'intervento sia efficace, primo presupposto è che il mezzo sia idoneo ed efficiente, quindi sia adeguata tutta la struttura che lo gestisce. La qualità si manifesta con il rispetto di tutte le norme, discipline, raccomandazioni, standard applicabili allo specifico settore di attività.

Alcuni indicatori possono essere i seguenti:

- a. Tempo medio di decollo dopo l'allertamento;
- b. distanza di atterraggio dal target (es. <0> di 100 m.);
- c. numero di fermi tecnici dell'aeromobile per anno e la loro tipologia (prevedibile o non prevedibile);
- d. tempi medi di eliminazione delle cause dei fermi tecnici fino al ripristino delle efficienza totale dell'aeromobile;
- e. incidenza delle avarie o malfunzionamenti delle tecnologie di supporto (radio, meteosat,

computer, elettromedicali, cercapersone, ecc.);

f. rapporto percentuale fra interventi primari e secondari;

g. valutazione degli interventi rifiutati dal pilota: motivazioni e causali;

h. valutazioni degli interventi non portati a termine (abortiti): incidenza percentuale e causali;

i. valutazione dell'incidenza di ipotetiche missioni non passate dalla C.O. all'Elisoccorso.

Audit periodico sui criteri di dispatch.

Esistono infine metodi di verifica della qualità prettamente sanitari che si applicano, non tanto all'Elisoccorso in se, quanto allo stesso interpretato come uno degli strumenti operativi all'interno di un Sistema delle Emergenze nella sua globalità. A tal fine può essere molto utile l'allestimento di data base, all'interno dei quali introdurre dati riferiti a ben definiti eventi patogeni sentinella. I dati introdotti nel data base devono permettere di valutare le performance dei vari anelli che costituiscono la catena del soccorso (centrale operativa, mezzi di soccorso di vario livello, pronto soccorso, terapia intensiva, outcome, ecc.). Gli eventi introdotti nel data base vanno misurati utilizzando indici di gravità noti e condivisi tramite i quali sia possibile poi eseguire, a posteriori, un procedimento di audit sull'intero sistema delle emergenze.

Si produce di seguito un elenco di parametri da sorvegliare affrontando il controllo di qualità di sistemi per l'emergenza sanitaria in generale:

a. formazione permanente del personale strutturato;

b. formazione del personale volontario e degli enti in convenzione;

c. verifica degli standard operativi;

d. valutazione della frequenza di urgenza-emergenza contemporanee;

e. valutazione oggettiva delle reali situazioni di urgenza-emergenza mediante applicazione di indici di gravità standardizzati;

f. valutazione dei ricoveri impropri;

g. valutazione dei tempi di degenza;

h. valutazione della qualità delle cure;

i. valutazione della mortalità precoce;

j. valutazione dei tempi di ripresa;

k. valutazione dei deficit funzionali;

l. valutazione della complessità delle cure;

m. verifica dei sistemi di invio dei mezzi di soccorso (dispatch);

n. verifica del burn-out e del turn over del personale;

o. valutazione costo-beneficio.

L'équipe deve essere composta:

- Comandante pilota: siede sul lato destro della cabina di pilotaggio, con compiti e responsabilità esclusivamente inerenti alla professione;
- Coordinatore di volo sanitario CVS: infermiere che siede sul lato sinistro della cabina di pilotaggio con compiti di coordinamento, collaborazione reperimento target, avvistamento, sicurezza nelle fasi di operazioni a terra. Compiti di coordinamento sanitario, referente triage e di interfaccia con le CC.OO. sanitarie.
- Medico rianimatore: siede alle spalle del CVS, nella cabina sanitaria; sono subordinate alle sue valutazioni l'esecuzione di trasporti secondari e le priorità di trasporto e destinazione nei trasporti primari.
- Assistente di volo sanitario AVS: infermiere che siede sulla panchetta destra o sul sedile alle spalle del pilota con compiti di assistenza infermieristica diretta.

Le norme JAR-OPS-3 identificano il personale sanitario con il termine "passeggeri sanitari".

La competenza richiesta al personale impiegato in un servizio di Elisoccorso non può prescindere da un'esperienza di lavoro maturata in reparti di area critica, dove vi è stata la possibilità di acquisire le manovre indispensabili per garantire la sopravvivenza di pazienti in condizioni critiche. In ogni caso, il personale Medico ed Infermieristico impiegato in questi Servizi dovranno essere preparati e formati al compito da svolgere. La formazione del personale deve svolgersi secondo quanto previsto dalla direttiva 41/68217/M3 che realizza i contenuti in materia prevista dalla JAROPS 3.

4.1.43.14 Definizione del fabbisogno di personale sanitario ed incentivazione in relazione allo specifico rischio

La tipicità del lavoro svolto nell'ambito di tutte le funzioni connesse all'Elisoccorso, con ciò comprendendo sia l'attività di volo sia quella svolta a terra eventualmente a bordo di ambulanze o altri mezzi di soccorso non aeronautici, richiede che al personale sanitario

impiegato nell'effettuazione dei servizi svolti in Elisoccorso è riconosciuta, anche in termini economici, una propria specificità. Il riconoscimento di questo "status" ed il correlato trattamento economico, andrà legato sia alla professionalità specifica richiesta in termini assistenziali e di procedure diagnostico terapeutiche che è necessario mettere in atto per affrontare la molteplicità di situazioni, strettamente connesse anche agli ambienti di lavoro particolarmente ostili, tipiche dell'Elisoccorso, sia ai rischi comunque connessi all'ambito extra ospedaliero ed, in specifico, a quello dell'attività aeronautica dell'Elisoccorso. A questo scopo, anche in osservanza a quanto previsto dal Codice della Navigazione Marittima ed Aerea all'art. 907, si ritiene che il Ministero della Sanità, d'intesa con la Conferenza Stato Regioni, debba attivarsi presso Ministero dei Trasporti, affinché il peculiare "status" del personale sanitario che opera nei servizi di Soccorso Sanitario con elicottero sia riconosciuto ed esplicitamente trattato nelle norme contrattuali. In sede ad ogni A.S.L./A.O. titolare del servizio, nella attesa di precisi riferimenti contrattuali, che verranno predisposti a cura del Ministero della Sanità nell'ambito dei C.C.L. delle categorie interessate, devono essere individuati sistemi di incentivazione economica, anche attraverso obiettivi legati ad indicatori concordati (di processo, di esito, ecc.), proporzionali alla definizione di precisi standard qualitativi.

5.1.43.15 Dotazioni materiali sanitari e tecnici

Per quanto riguarda le attrezzature sanitarie, la dotazione deve essere genericamente sovrapponibile a quella dei mezzi di soccorso avanzato. I materiali devono rispondere a precisi requisiti di funzionalità aeronautica (fissaggio, posizione di sicurezza, limitazioni d'ingombro e peso, ecc.) e devono inoltre essere trasportabili sul terreno ai fini operativi. Gli elettromedicali devono esser connessi alla rete di bordo per la piena autonomia durante il volo, (compresa l'incubatrice da trasporto neonatale). Per quanto riguarda le dotazioni utili alle prestazioni di soccorso tecnico, si rimanda alle predisposizioni delle stesse in ogni singolo ambito Regionale o di Provincia Autonoma.

5.1.43.16 Protocolli operativi e rapporti con altri nuclei volo istituzionali

Nell'ambito degli interventi sanitari di soccorso, unitamente all'invio di Eliambulanze/Elisoccorsi gestiti dal SSN è prevedibile che vengano coinvolti anche mezzi aerei appartenenti ad altri Enti Istituzionali dello stato (Forze di polizia, Vigili del Fuoco,

Aeronautica, Capitanerie di Porto, Forze Armate, Corpo Forestale dello Stato, ecc.) per svolgere i propri compiti istituzionali. A questo proposito, ferma restando l'esclusiva competenza della Centrale Operativa del "118" titolare dell'area interessata all'evento, nel gestire i risvolti prettamente riferibili al soccorso sanitario, è opportuno che a livello Regionale o di Provincia Autonoma, siano predisposti appositi protocolli per un proficuo e razionale utilizzo dei mezzi di soccorso, anche aerei, nel rispetto delle specifiche competenze.

5.1.43.17 Regolamentazione interregionali ed internazionali

Interventi interregionali.

Interventi

Allo scopo di ridurre i tempi di intervento di soccorso primario e di trasporto secondario a mezzo elicottero, di poter disporre di maggiori risorse immediatamente attivabili in caso di calamità o di maxi-emergenze e per ottimizzare l'utilizzo dei mezzi razionalizzandone l'impiego ed i costi relativi, devono essere stipulate tra regioni limitrofe confinanti e comunque nelle zone interessate dalle possibilità operative dei mezzi aerei, convenzioni che assicurino il reciproco intervento degli elicotteri disponibili per operazioni di soccorso HEMS.

Elicottero per il soccorso sanitario

Gli atti amministrativi sopra enunciati devono esplicitare l'oggetto della convenzione, le condizioni tecniche operative che ne sostengono la validità, le modalità di attivazione dei mezzi, i contenuti del protocollo operativo e l'accettazione dello stesso, i responsabili della applicazione, della verifica funzionale e delle eventuali proposte di variazione, le modalità di compensazione delle spese relative agli interventi, la durata dell'atto convenzionale stesso.

Interventi internazionali.

Ritenendo che il salvataggio di persone infortunate o comunque in situazioni di emergenza

sia da considerarsi obbiettivo prioritario, che il soccorso debba essere prestato dal Servizio più vicino ed idoneo indipendentemente dalle delimitazioni dei confini nazionali e che ciò non debba essere ostacolato da procedimenti burocratici complessi, si evidenzia la necessità che le Regioni e le Province Autonome, direttamente o attraverso le Autorità competenti, debbano provvedere alla stesura di protocolli d'intervento transfrontaliero per i mezzi di soccorso ivi compreso l'elicottero di soccorso.

5.2 Struttura e protocolli di attivazione

5.2.1 Vantaggi dell'elicottero rispetto ai mezzi terrestri

- Copertura di un territorio molto vasto in tempi brevi, in quanto, per il suo raggio d'azione, l'elicottero, in area pianeggiante, moltiplica per quindici l'area di intervento efficace di un mezzo di soccorso avanzato (ALS) via terra, non essendo limitato dai problemi del traffico e della viabilità. In aree montagnose, lacustri o ad orografia complessa, l'elicottero diviene l'unico mezzo capace di interventi rapidi.
- Assenza del regime di brusche accelerazioni e decelerazioni lineari ed angolari, cui sono sottoposti gli autoveicoli e i passeggeri trasportati, malato o ferito compreso.
- Possibilità di espletare un soccorso medicalizzato estremamente rapido, che aumenta l'operatività, intesa come possibilità di utilizzo di un'equipe sanitaria più prontamente rispetto ad un soccorso via terra.
- Corretta e rapida centralizzazione del paziente all'interno della struttura di riferimento più idonea.

Fattori limitanti l'impiego dell'elicottero

I fattori limitanti sono rappresentati da:

- fermi tecnici per la manutenzione dei mezzi
- la scadenza delle effemeridi per i servizi per i quali non è previsto il volo notturno
- minimi meteorologici secondo le normative vigenti in Italia (D.D.41/6821/M3E): Per i minimi meteorologici attualmente in vigore in Italia, si rimanda alla tabella sottostante, ricordando solo che tali minimi sono da rispettare in maniera tassativa, essendo scritto con chiarezza in tale normativa che, se le condizioni di visibilità dovessero scendere al di sotto dei minimi specificati, la missione deve essere interrotta e si deve fare ritorno alla base o dirigere verso un altro sito conveniente. In alternativa, se l'equipaggio e l'elicottero sono abilitati, il volo può essere proseguito in condizioni strumentali (apertura di un piano di volo strumentale IFR), secondo le norme della circolazione aerea.

2 PILOTI		1 PILOTA	
DIURNO			
BASE DELLE NUBI	VISIBILITÀ IN VOLO	BASE DELLE NUBI	VISIBILITÀ IN VOLO
		600 ft	1000 m
500 ft	1000 m	500 ft	1500 m
400 ft	1500 m	400 ft	2000 m
300 ft	2000 m	300 ft	2500 m
NOTTURNO			
1500 ft	5000 m		

Tabella 8

I minimi riportati in tabella debbono inoltre essere in accordo con quanto previsto dalle altre normative nazionali, in relazione agli spazi aerei interessati e ad ogni altra restrizione prevista dall'Esercente Aeronautico.

5.2.2 Sensibilità e specificità dei criteri di dispatch

Un buon protocollo di invio deve basarsi sul concetto di "sensibilità", ovvero la capacità di identificare correttamente il maggior numero possibile di patologie a rischio evolutivo o tempo dipendenti e sul concetto di "specificità"; che permette di evitare l'impiego incongruo di équipe ALS ed in particolare l'elisoccorso, in caso di patologie minori. Per patologie a alto rischio evolutivo o tempo dipendenti si intende riferirsi, sicuramente al trauma maggiore, ma anche a malattie cardiocircolatorie, respiratorie, neurologiche intossicazioni in genere, ecc. Se analizziamo la patologia traumatica, va infatti ricordato che i traumi gravi non sono molto numerosi anche se gravati da un'elevatissima mortalità. La maggior parte dei decessi avviene prima dell'arrivo in ospedale e pertanto una reale riduzione di mortalità si ottiene solo migliorando la qualità del trattamento pre-ospedaliero. Per quanto riguarda il trattamento pre-ospedaliero, la scelta tra uno "stay and play" o uno "scoop and run", va operata in base alla qualità del trauma. Nel caso di trauma chiuso o penetrante, la priorità è sicuramente una rapida identificazione dei segni e sintomi che li caratterizzano, per operare l'unica scelta possibile: una rapida centralizzazione del paziente in un centro di riferimento

per la chirurgia d'urgenza. Nelle altre patologie traumatiche la scelta d'elezione è il trattamento sul posto, stay end play, per dare all'équipe sanitaria la possibilità di attuare, già nel pre-ospedaliero, tutte le terapie utili a migliorare la prognosi di patologie tempo-dipendenti come il trauma. Questo si traduce in un meccanismo che permetta ad un'équipe molto competente di raggiungere, identificare e trattare la maggior percentuale possibile di traumi gravi nell'area di competenza. In aree-extra urbane o di difficile accesso (come ad esempio in montagna), questo è possibile solo grazie all'uso dell'elicottero, che rappresenta sicuramente il mezzo più idoneo, a patto che si lavori in piena integrazione col servizio di emergenza territoriale. Il mezzo aereo deve cioè rappresentare un supporto specialistico (medico e tecnico) al personale delle ambulanze, come un qualsiasi mezzo di soccorso avanzato (vedi automedicalizzata), che si aggiunge (non si sostituisce), fungendo loro da integrazione medico specialistica. L'elicottero è sempre movimentato con un "appoggio" a terra : l'ambulanza.

A livello internazionale, tramite un'autoregolazione dei singoli gruppi di elisoccorso, sono stati identificati i criteri di attivazione del servizio di elisoccorso. A livello regionale e locale, il responsabile del servizio, quale può essere il direttore del 118, può apportare variazioni a questi protocolli a causa di situazioni orograficoambientali particolari, oppure a seconda delle risorse di cui un servizio può fruire (elicottero dotato di verricello, di gancio baricentrico, o con limitato numero di passeggeri per cui è stabilito in certi casi l'ausilio di mezzi di altre forze quali Vigili del Fuoco o Polizia).

L'infermiere di Centrale Operativa attiva l'elicottero in base a tre criteri fondamentali, con l'intento di ridurre la discrezionalità dell'operatore, che come sappiamo può favorire errori di valutazione.

- criterio situazionale detto anche criterio dinamico
- criterio diagnostico (codice di presunta criticità dell'evento);
- criterio tempo (tempo stimato di intervento);

5.2.3 Criterio situazionale

La letteratura e l'esperienza hanno dimostrato che taluni tipi di incidente sono caratterizzati da un'elevata gravità in un numero percentualmente elevato dei coinvolti, pertanto in situazioni quali:

- incidenti agricoli (per es. rovesciamento di trattori, infortuni con macchine agricole, ecc.);
- incidenti montani;
- incidenti ferroviari;
- incidenti di volo (parapendio, inc. aereo, paracadutismo,.....);
- cadute da cavallo;
- esplosioni;
- incidenti in cantieri edili,
- incidenti in ambiente idrico (cadute in pozzi, incidenti in laghi, fiumi, mare piscine,....);
- investimento di pedoni, ciclisti, motociclisti su strade a grande scorrimento;
- incidenti con mezzi pesanti;
- incidenti di caccia.

5.2.4 Criterio diagnostico

Criterio fondato sulla valutazione della gravità dell'utente, eseguita:

- dall'infermiere della Centrale 118, con valutazione desunta, sulla base dell'intervista telefonica alla persona che chiede il soccorso (metodo dispatch), grazie all'uso di protocolli vigenti all'interno del servizio, che attribuiscono a diversi sintomi un indice di criticità secondo il codice colore, integrati con le conoscenze proprie della professione e l'esperienza maturata nel tempo.
- dall'equipaggio di soccorso presente sul luogo.

5.2.5 Criterio tempo

Ogni sistema di emergenza territoriale definisce il tempo entro il quale un paziente deve essere soccorso da un'équipe specialistica (ALS , Advanced Life Support).

In genere ci si basa sulla dislocazione territoriale dei mezzi ALS, (automediche o ambulanze con medico ed infermiere) ed i loro tempi di percorrenza per giungere sul luogo. L'elicottero dunque è attivato se sul luogo, per motivi di dislocazione dei mezzi ALS terrestri o per orografia, non è possibile giungere nei tempi prefissati dalle linee guida di applicazione del DPR 27 marzo 1992, le quali stabiliscono un tempo di arrivo di otto minuti in ambiente urbano e di venti in ambiente extraurbano.

5.2.6 Attivazione

L'infermiere della Centrale è chiamato ad operare la scelta dell'elicottero utilizzando i tre criteri sopracitati, quando almeno uno di questi soddisfi il criterio di urgenza che è stato definito dal proprio Sistema di emergenza territoriale. A tal proposito ricordo il DM 15 maggio 1992 "Criteri e requisiti per la classificazione degli interventi di emergenza", il quale pone le basi alla codifica uniforme di tutti gli elementi dell'intervento di emergenza, tra cui l'identificazione della gravità del caso, apportando un codice colore, ed affidandosi, ovviamente, alla professionalità dell'infermiere.

5.2.7 Trasferimento urgente dal luogo

L'elicottero viene peraltro inviato anche quando, pur in presenza di paziente trattato sul luogo da un mezzo ALS, si renda necessario by-passare un ospedale locale, sebbene più vicino al luogo del sinistro, per ricoverarlo nell'ospedale attrezzato per la specifica patologia acuta nel più breve tempo possibile. Il maggior beneficio della centralizzazione ospedaliera è la possibilità di usufruire dei presidi medici e tecnici specialistici, sin dal primo trattamento intra-ospedaliero, sottolineando che il personale sanitario, ivi impiegato, ha la formazione ed esperienza accertata per l'assistenza al paziente affetto da una certa tipologia di problema. In genere la richiesta dell'elicottero viene fatta alla Centrale 1.1.8 dall'equipaggio di soccorso presente sulla scena.

5.2.8 Criterio di efficacia ed efficienza

Nel nostro campo d'azione possiamo definire un servizio efficace se ha la capacità di raggiungere gli obiettivi previsti dalla sua ragion d'essere, mentre lo stesso servizio risulterà efficiente se questi stessi obiettivi sono raggiunti con il minor utilizzo di risorse possibile, siano queste di natura umana, economica o in termini di tempo speso.

Partendo da questo presupposto, l'efficacia di un servizio di elisoccorso, rispetto ad un servizio di emergenza su ruota, dipende essenzialmente da:

- rapido intervento dell'elicottero;
- personale sanitario ad alta specializzazione operativo sul posto in breve tempo;
- vasta area di copertura;
- centralizzazione dei malati in ospedali specializzati idonei Tutto ciò riduce:
 - la mortalità del 34% rispetto a quel 41% rilevato negli interventi eseguiti con mezzo terrestre;
 - la durata della degenza in Terapia Intensiva (da 10 giorni contro i 14) ed in ospedale (16 giorni contro 21).

Questo rappresenta un indubbio risparmio di denaro che giustifica economicamente l'impiego dell'elicottero. Bisogna sottolineare come la reale efficacia (ed il contenimento dei costi di tali servizi) dipenda da vari fattori, determinanti ad una perfetta integrazione del "sistema elicotteri" con la rete dei servizi di emergenza extra ospedaliera:

- coordinamento da parte di una Centrale Operativa
- stesura ed applicazione di un protocollo che preveda i criteri di utilizzo dell'elicottero sia per quanto riguarda gli interventi primari che quelli secondari.

Il criteri di efficienza di un servizio di elisoccorso dipende dai seguenti fattori:

- avere un territorio di competenza raggiungibile al massimo in 20';
- disporre di un elicottero dedicato alla specifica attività: nel caso di un servizio HEMS/SAR l'elicottero deve essere allestito quale eliambulanza e non essere impiegato per nessun servizio diverso da quello sanitario (no, dunque, servizi antincendio, tecnici, ecc.);
- morfologia del territorio e superficie da "servire";
- densità demografica;
- numero, tipologia, dislocazione e potenzialità diagnostico-terapeutica della rete ospedaliera di riferimento , ivi compresi i DEA, Centri Trauma, ecc;

- vie di comunicazione;
- disporre di un equipaggio esperto per il tipo di attività: in genere; si richiedono piloti con licenze di volo commerciale elicottero , esperienza di volo di almeno 1500 ore di volo su elicottero;
- disporre di un equipaggio sanitario in qualche modo “costante” sulla base,

ovvero che acquisisca esperienza nel tempo lavorando sul medesimo territorio e a contatto con il restante personale di volo, sia esso sanitario che tecnico (soccorso alpino,verricellista);

- disporre di una base organizzata per accogliere l’equipaggio che sosta in turno e un hangar per l’elicottero dotato di presidi tecnico-manutentivi di base (ciò per l’esecuzione delle necessarie ispezioni calendariali, giornaliere e pre-volo, nonché piccole manutenzioni routinarie e straordinarie durante la notte ovvero in periodi di non operatività del mezzo);
- possedere un’integrazione completa con il sistema di emergenza territoriale, nel quale l’elicottero opera. Ciò significa avere dei sistemi radio e telefonici a bordo, in grado di collegarsi alle centrali operative, ambulanze ed ospedali, nonché di protocolli di attivazione concordati e partecipati da tutti gli Enti di soccorso e non coinvolti nelle operazioni. (Per esempio protocolli di operatività con le Soc. Autostrade per quanto riguarda la movimentazione dell’elicottero sui sedimi autostradali, lo stesso per le aree industriali, i porti, ecc.

5.3 Organizzazione del personale sanitario

Generalmente il personale sanitario addetto all’elisoccorso è messo a disposizione dall’Azienda USL o Azienda Ospedaliera dove si trova la base o da un’Azienda USL o Azienda Ospedaliera del territorio di competenza. Di norma medici ed infermieri svolgono l’attività di elisoccorso come normale presenza lavorativa e sono considerati a tutti gli effetti “in servizio” dall’Azienda USL e/o Azienda Ospedaliera da cui dipendono.

Quando il servizio di elisoccorso è attivo devono essere contemporaneamente presenti le seguenti figure professionali:

- 1 medico anestesista rianimatore

- 2 infermieri, includendo a pieno titolo l'infermiere di Centrale Operativa come componente imprescindibile essendo lui il tramite tra utente, équipe e ospedale.

Gli infermieri addetti al servizio appartengono a due diversi profili funzionali caratterizzati da un differente grado di specializzazione:

- sull'elicottero è sempre presente un infermiere professionale A.V.S. (Assistente Volo Sanitario) che ha il compito di assistere il medico nelle attività tipicamente assistenziali. Generalmente gli Infermieri A.V.S. alternano la presenza in elicottero con quella nei reparti dei Dipartimenti di Emergenza.
- il secondo infermiere professionale presente in volo e l'infermiere professionale presente in Centrale hanno la qualifica funzionale di C.V.S. (Coordinatori Volo Sanitario). Generalmente al C.V.S. sono attribuiti i compiti di organizzazione e di gestione delle emergenze, nonché funzioni di coordinamento e collegamento con i vari enti coinvolti nelle fasi del soccorso. Il C.V.S. provvede anche all'organizzazione della base e quindi agli approvvigionamenti dei materiali, alla tenuta dei registri e alla formazione del personale infermieristico.

5.3.1 Ruolo dell'A.V.S.

5.3.1.1 Preparazione ed inizio attività'

Alla presa in servizio, dopo aver indossato la divisa, l'A.V.S. effettuerà i controlli quotidiani sia del materiale che delle apparecchiature elettromedicali trasportabili; senza tralasciare la parete attrezzata presente sull'elicottero.

In particolare il materiale da inserire in elicottero:

- monitor multiparametrico
- aspiratore portatile
- pompa di infusione a siringa
- zaino/i di soccorso (vi sono realtà che differenziano lo zaino da adulti da quello contenente attrezzature prettamente pediatriche)
- liquidi riscaldati
- farmaci refrigerati in appositi contenitori
- bombola ossigeno da trasporto

- zaino di riserva

Il tutto viene effettuato utilizzando una check-list che oltre a contenere un elenco di tutte le attrezzature prevede anche il loro “test” ad inizio turno prima cioè di iniziare una nuova missione.

Come presidi “fissi” sono inoltre presenti sull’elicottero:

- dotazione di ossigeno aeromobile di 2500 litri
- un respiratore con circuito di ventilazione artificiale
- aspiratore a parete e flussometro di ossigeno
- farmaci
- set chirurgico
- set drenaggio toracico
- ked
- set immobilizzatori a depressione
- set intubazione d'emergenza
- set pompa infusione
- zaino materiale maxi emergenze
- set presso terapia
- materassino a depressione
- asse spinale con relativi accessori
- respiratore portatile Oxylog con bombola ed accessori

Terminate le suddette operazioni di controllo tutti gli operatori predispongono il loro posto (sedile) di volo, regolando in modo corretto le cinture e controllando il funzionamento dell'impianto interfono di bordo.

Una volta che sia dato l'allarme all'elicottero il ruolo dell'A.V.S. è quello di salire a bordo nel più breve tempo, mettersi in sicurezza e posizionare la sua radio sulle stesse frequenze di quella del C.V.S. per eventuali comunicazioni una volta a terra.

Anche durante il volo il suo ruolo è significativo in quanto si adopera nel controllare la presenza di traffico e pericoli esterni (altri velivoli, ostacoli), ascolta le comunicazioni aeronautiche e sanitarie, comunica al pilota eventuali anomalie rilevabili all'interno dell'elicottero.

5.3.1.2 A terra

Una volta che si sia atterrati ascolta le indicazioni del C.V.S. (ad esempio problemi ambientali), e attende che Questi apra il portellone. Solo dopo il suo ok A.V.S. e medico si liberano dalle cinture e scendono secondo un protocollo prestabilito che prevede che il primo a scendere sia il medico al quale l'A.V.S. passerà il materiale prima di lasciare a sua volta il mezzo. Per lasciare la zona in sicurezza entrambi faranno riferimento al C.V.S. e una volta arrivati sull'evento critico, tramite radio, l'A.V.S. comunicherà con il C.V.S. per dare informazioni più precise sulla gravità del paziente e se necessario richiederà ulteriori apparecchiature e/o presidi.

Sul posto l'A.V.S. collabora col medico per trattare, stabilizzare e immobilizzare il paziente per il trasporto; collabora nel suo caricamento e nel recupero del materiale.

5.3.1.3 In volo con paziente a bordo

A équipe imbarcata si adopera per alloggiare e fissare tutto il materiale utilizzato. E' importante posizionare il paziente in modo da poter intervenire in caso di necessità; inoltre se il paziente è cosciente gli posiziona le cuffie di protezione volo. Mette in sicurezza anche sé stesso prima del volo, e tutto l'equipaggio sanitario, prepara eventuali farmaci ed apparecchiature d'emergenza concordati col medico. Se necessario dover effettuare manovre d'emergenza o addirittura la defibrillazione, comunica con il medico ed informa C.V.S. e pilota della necessità di un veloce atterraggio in quanto questo tipo di manovra (defibrillazione) è consigliabile effettuarla con i pattini al suolo e con i portelloni entrambi aperti per desaturare l'ambiente dall'ossigeno accumulatosi all'interno dell'abitacolo.

Come durante il volo di andata, così al ritorno collabora nel controllare lo spazio aereo circostante e le eventuali anomalie.

5.3.1.4 All'ospedale di destinazione

Una volta atterrati nella piazzola dell'ospedale, lo sbarco del paziente e del relativo materiale per il trasporto, può essere effettuato, a seconda della gravità del ferito, sia a rotori spenti che in moto secondo i relativi protocolli, sempre nel rispetto delle norme di sicurezza. Mentre il medico dà le consegne al collega di Pronto Soccorso sulle funzioni vitali del paziente, l'A.V.S. riferisce all'infermiere il trattamento sanitario effettuato al paziente, il luogo e la dinamica dell'accaduto, segnalando se sull'evento sono intervenute le Forze dell'Ordine e

quali. Rende noto il coinvolgimento di eventuali familiari della vittima e la loro destinazione sanitaria. Consegna gli effetti personali del paziente e si adopera per il recupero di tutto il materiale al fine di rendersi operativi nel più breve tempo possibile.

Rientrati in eliporto, ripristina e pulisce l'abitacolo sanitario e comunica al tecnico della base l'eventuale necessità di ricaricare le bombole dell'ossigeno.

Questo iter viene generalmente seguito in caso di interventi primari d'emergenza, fermo restando che le procedure sono praticamente identiche anche nel caso dei trasporti secondari dove non si opera in regime di emergenza, ma dove è comunque fondamentale il lavoro di équipe svolto in sicurezza e nel minor tempo possibile.

Terminato il turno lavorativo l'A.V.S. compila l'apposita consegna per il turno successivo, ripone il materiale in modo che sia accessibile per gli infermieri montanti in servizio. Se invece la giornata lavorativa termina con il suo turno allora, in collaborazione con il C.V.S. ripristina e ripone tutto il materiale da trasporto (posiziona sottocarica tutte le apparecchiature elettromedicali, controlla e ripone gli stupefacenti nella cassaforte, inserisce i panetti di ghiaccio nel vano congelatore del frigo e i farmaci in quello normale, controlla i liquidi caldi all'interno della stufetta).Pulisce e riordina l'abitacolo sanitario dell'elicottero perché sia operativo il giorno successivo.

5.3.2 Ruolo del C.V.S.

5.3.2.1 Il membro di equipaggio hems

Il coordinatore di volo sanitario C.V.S. è un Infermiere che ha frequentato con profitto il corso teorico di "Membro d'equipaggio Hems" vertente sulle materie previste dalla normativa vigente (DD41 Normativa Hems/Sar); siede sul lato sinistro della cabina di pilotaggio e gli sono affidati compiti specifici di coordinamento sanitario (con particolare riferimento al triage ed alle comunicazioni con la centrale operativa), di collaborazione col pilota per il reperimento del target e di vigilanza alla sicurezza durante le operazioni svolte a terra nelle immediate vicinanze dell'elicottero.

5.3.2.2 Ruolo stabilito a livello regionale

Ogni C.V.S. deve essere in grado di:

- utilizzare i supporti tecnologici ed informativi ;
- compilare ed integrare per quanto di sua competenza le schede di missione;
- collaborare con il responsabile medico del servizio nell'analisi dei dati delle missioni e nell'attività dei reports mensili;
- utilizzare la rete radiotelefonica regionale di emergenza;
- attivare opportuni canali informativi sulle strutture ed infrastrutture di supporto al sistema di elisoccorso extraregionali;
- valutare l'efficienza dei sistemi di telecomunicazione, delle attrezzature sanitarie e della dotazione farmacologia;
- interfacciarsi con gli ospedali per verificare la disponibilità all'accettazione dei pazienti, sia per concordare le modalità di accoglimento/invio;
- acquisire correttamente la richiesta di soccorso con particolare attenzione agli elementi necessari per il reperimento del target;
- collaborare con il medico per gli aspetti assistenziali propri dell'attività di elisoccorso e per la mirata ospedalizzazione del/dei pazienti.

5.3.2.3 Compiti di sicurezza

- Vigila l'area attorno l'elicottero quando i rotori sono in movimento;
- Non permette di camminare verso monte o scendere da monte verso l'elicottero quando il rotore è in movimento;
- Non permette di alzare in verticale oggetti lunghi;
- Controlla che il personale non abbandoni oggetti che possono volare via con il flusso dell'aria (bende,guanti,sacchetti, metalline, ecc.);
- Mantiene i veicoli di soccorso a distanza di sicurezza al di fuori del rotore.
- Non fa avvicinare le persone o i veicoli di soccorso al rotore di coda;
- Non permette che siano avvicinate all'elicottero barelle dotate di lenzuola;
- Mantiene le persone e gli animali lontano dalla piazzola;
- Controlla che tutti abbiano allacciato le cinture di sicurezza e che tutto il materiale sia correttamente vincolato;
- Prima di salire a bordo, controlla che tutte le porte siano correttamente chiuse;
- Una volta a bordo, collega le cuffie all'impianto interfono dell'elicottero ed allaccia le cinture di sicurezza, prestando la massima attenzione a non interferire involontariamente coi comandi di volo del pilota;

5.3.2.4 Sicurezza attorno l'elicottero

Il membro di equipaggio HEMS (C.V.S.), deve prestare particolare attenzione ed operare la vigilanza dell'area intorno l'elicottero durante tutte le fasi della missione che prevedono i rotori in movimento (accensione, stazionamento a terra, spegnimento), in quanto l'indice di rischio è molto elevato; egli dovrà vigilare in una posizione dei settori anteriori, tale da garantirgli un'ampia visuale di tutta l'area e contemporaneamente rimanere sempre in vista del pilota.

Il CVS svolge inoltre altre funzioni, volte a coadiuvare l'operato del pilota, al fine di rendere più sicure le operazioni, ed in particolare durante:

Avviamento motori; Decollo; In volo; In atterraggio; Al suolo fino all'arresto completo dei rotori.

1. Avviamento motori

Si accerta che il doppio portellone posteriore sia chiuso e che l'area sia libera da persone estranee;

Indossa le apposite cuffie per proteggersi l'udito; Si posiziona in vista del pilota e gli dà la conferma per l'avviamento motori; Durante l'avviamento delle turbine, presterà particolare attenzione che dai drenaggi, dalle cappotte motore e dal cono di scarico del motore interessato non vi sia fuoriuscita di carburante o fumo eccessivo (potrebbe generare un principio d'incendio); nel tal caso avviserà immediatamente il pilota che applicherà le procedure previste dal manuale di volo;

Effettua il controllo della corretta chiusura di tutte le porte, dopodiché si siede al posto assegnato, si collega all'interfono, si allaccia le cinture, chiude lo sportello e conferma al pilota di essere pronto al decollo;

2. Decollo

Controlla la distanza dagli eventuali ostacoli (alberi, linee elettriche, edifici, ecc..) dal suo lato e la presenza di eventuali oggetti che potrebbero venir sollevati dal flusso del rotore, in tale eventualità avvisa tempestivamente il pilota; In caso di decollo da area ristretta comunica al pilota. **“FUORI DAGLI OSTACOLI DALLA MIA PARTE”**;

3. In volo

Effettua la comunicazione radio alla centrale operativa 118 di competenza, sincerandosi che la radio sia sintonizzata sul canale appropriato; Coadiuvare il pilota in relazione ad eventuali richieste avanzate da quest'ultimo (carteggiamento, gestione del GPS, ecc...); Richiede via radio dettagliate informazioni per una rapida individuazione del target ed in merito alle condizioni meteo (visibilità, vento, ecc..);

4. In atterraggio

Collabora col pilota per la localizzazione del punto d'atterraggio e della eventuale presenza di ostacoli in zona (linee elettriche, alberi, abitazioni, ecc...)

Solo su esplicita richiesta da parte del pilota apre la propria porta per meglio controllare l'adeguatezza del punto di toccata ed eventuali piccoli ostacoli o pericoli non evidenziati in fase di sorvolo (arbusti, terreno sconnesso, assi o lamiere, teli di plastica, paletti conficcati nel terreno, impianti di irrigazione, ecc...);

5. Al suolo fino all'arresto completo dei rotori

Dopo averne avuto autorizzazione da parte del pilota con la frase: “**LIBERO DI SCENDERE**”, stacca lo spinotto delle proprie cuffie dall'impianto interfono (mantenendole indossate per proteggersi l'udito) e sbarca dall'elicottero; Controlla che i pattini siano posizionati in maniera stabile; Controlla la presenza di persone nelle vicinanze e ne impedisce l'avvicinamento; Dà l'OK al pilota (**POLLICE ALTO**), oppure fa posizionare l'elicottero in posizione più idonea mediante le segnalazioni visive riportate in allegato n°1; Apre la porta scorrevole sinistra;

Indica all'equipe sanitaria la direzione migliore per raggiungere il luogo dell'evento; Si porta a distanza di sicurezza dall'elicottero e, in vista del pilota, controlla che nessuno si avvicini attendendo l'arresto dei rotori; Il C.V.S. deve prestare esclusivamente opera di vigilanza; pertanto spetterà agli altri membri d'equipaggio il compito di scaricare il materiale necessario e di trasportarlo sul luogo dell'incidente.

Ad avvenuto arresto dei rotori, quando non più necessario per esplicita intesa con il pilota, potrà allontanarsi per le incombenze successive del team sanitario.

Giunto sul luogo dell'evento, suo è il ruolo di coordinamento delle operazioni e di triage, nel caso siano coinvolti più pazienti. Questo significa avere un ruolo "super partes" e continuare anche l'interfaccia con la Centrale per l'individuazione di ulteriori "risorse" e per l'ospedalizzazione più corretta dei pazienti.

5.3.2.5 Imbarco e sbarco dei pazienti

Durante le fasi successive l'atterraggio dell'elicottero, è necessario adottare delle procedure volte a semplificare e standardizzare le operazioni attorno l'elicottero, sia con i rotori in movimento, che a rotori fermi; compito del C.V.S. sarà la vigilanza dell'area circostante e delle persone collaboranti; pertanto:

- Vigilerà che l'ambulanza, o comunque ogni altro veicolo di soccorso, si avvicini all'elicottero ad andatura lenta;
- Posizionerà l'ambulanza, o comunque ogni altro veicolo di soccorso a distanza di sicurezza (15m) al di fuori dell'area di atterraggio, possibilmente in vista del pilota; In nessun caso è consentito permettere di fare transitare o arrestare l'ambulanza (o comunque ogni altro veicolo di soccorso) al di sotto del rotore dell'elicottero, sia che questo sia mantenuto in movimento o che sia già stato arrestato, in quanto i lampeggianti o le antenne potrebbero arrecare ingenti danni alle pale.

Il personale si avvicina all'elicottero sempre dalla parte anteriore sinistra (45°), in modo che il pilota possa avere sempre in vista tutti coloro che operano in prossimità del mezzo, anche quando i rotori sono fermi.

Il CVS vigilerà che nessuno interessi il settore posteriore dell'area attorno l'elicottero, in special modo trasportando barelle di ogni genere.

Normalmente l'imbarco o lo sbarco della barella avviene a rotori fermi, pertanto il CVS istruirà le persone che collaborano a prestare attenzione a non danneggiare le antenne poste sotto e di lato della trave di coda, e non urtare i portelloni posteriori. Qualora si rendesse necessaria una deroga a tale regola, per particolari condizioni dell'infortunato e su richiesta specifica del medico e/o del pilota, deve essere applicata la procedura prevista dall'allegato n°2, che impone al tecnico dell'elicottero (se in base) o, in sua assenza, al C.V.S. di posizionarsi anteriormente ai piani di coda per fare sicurezza.

In questo caso deve essere fatta la massima attenzione affinché eventuale materiale presente in cabina o sulla barella non possa venir sollevato a causa del flusso del rotore.

Nell'eventualità di dover effettuare un cambio rapido di barella in prossimità dell'elicottero con i rotori in movimento, il C.V.S. darà disposizione di effettuare tale operazione a distanza di sicurezza (al di fuori dell'area del rotore) nel settore anteriore sinistro, per evitare che le eventuali lenzuola e telini termici che avvolgono il Paziente vengano in contatto con le pale dell'elicottero, per evitare che eventuali oggetti lunghi vadano in contatto col rotore se sollevati e per rimanere sempre in vista del pilota.

Il C.V.S. deve vigilare che il personale dell'ambulanza (o degli altri enti che collaborano con l'equipe d'elisoccorso) non salga sull'elicottero, non manovri gli sportelli, non cerchi di chiudere le porte (le maniglie dell'elicottero hanno funzionamenti differenti rispetto a quelle delle automobili).

Il C.V.S., se intende avvalersi dell'aiuto di persone estranee all'equipaggio per il trasporto e l'imbarco della barella, dovrà limitarne il numero allo stretto necessario.

5.4 Sicurezza: Segnalazioni

5.4.1 Mantenere l'hovering o la quota:

a) Posizione delle braccia in fuori, palmo delle mani rivolto verso il basso.

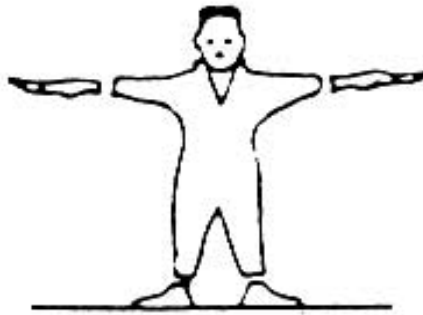


Figura 45

5.4.2 Arretrare: Movimento

b) Posizione delle braccia dalla posizione lungo il fianco alla posizione in avanti fino all'altezza delle spalle, palmo delle mani rivolto verso l'alto.



Figura 46

5.4.3 Avanzare:

Movimento delle braccia tese dalla posizione in avanti, verso l'indietro con piegamento dei gomiti.



Figura 47

5.4.4 Salire o alzare:

Movimento delle braccia tese dalla posizione in fuori alla posizione verso l'alto sopra la testa, palmo delle mani rivolto verso l'alto

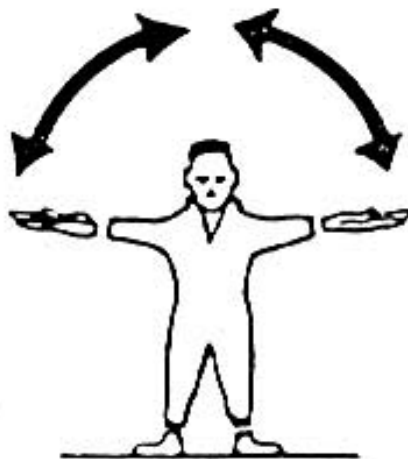


Figura 48

5.4.5 Scendere o abbassare:

Movimento delle braccia tese dalla posizione in fuori alla posizione lungo i fianchi, palmo delle mani rivolto verso il basso.

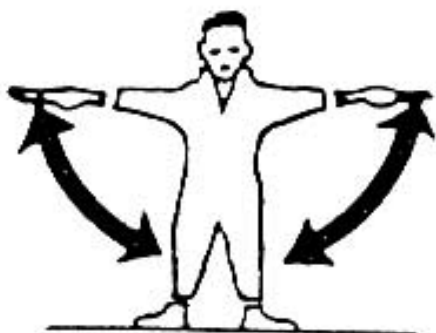


Figura 49

5.4.6 Spostamenti laterali:

Braccia in fuori, quindi braccio nella cui direzione si vuole far spostare il mezzo rimane nella posizione iniziale, mentre l'altro con un movimento orizzontale di 180° va a congiungersi con il primo.



Figura 50

5.4.7 Atterrare:

Braccia in basso e davanti al corpo, mani incrociate.



Figura 51

5.5 Imbarco/sbarco della barella dell'elicottero con i rotori in movimento.

Generalità

L'imbarco/sbarco del paziente normalmente avviene a motori e rotori fermi, tuttavia è possibile effettuare tale operazione anche a rotori in movimento quando se ne ravveda l'effettiva necessità; ed in particolare nei seguenti casi:

1. particolare patologia del paziente che faccia presupporre un immediato trasporto e ricovero;
2. situazioni operative particolari come il rapido peggioramento delle situazioni meteorologiche;
3. imminenza dell'orario di fine normale operatività (tramonto);
4. atterraggio in strada o autostrada in condizioni tali da rendere sconsigliabile una sosta prolungata in corsia.

N.B.: la procedura é considerata di carattere straordinario e presuppone il totale blocco del traffico su tutte le corsie del tratto corrispondente all'area di atterraggio, operato a cura del personale che ne abbia prerogativa e capacità (Polizia Stradale, Carabinieri, personale dipendente società Autostrade); in particolare sulla sede autostradale è possibile atterrare solo dopo il benestare del COA.

2) Ruoli durante l'operazione:

- a) Comandante: é responsabile della scelta sulla fattibilità della manovra per quanto concerne procedure aeronautiche e di sicurezza del volo;
- b) CVS: é responsabile del mantenimento della sicurezza nei pressi dell'elicottero;
- c) AVS: collabora alle fasi di caricamento/scaricamento; Medico: collabora alle fasi di caricamento/scaricamento; Tecnico elicotterista: collabora alla sicurezza durante lo scaricamento del paziente nella base di stazionamento dell'elicottero.

3) Esecuzione

- a) Comandante: si accerta che esistano le condizioni di sicurezza per poter effettuare l'operazione, rammenta all'equipaggio i rispettivi ruoli, ordina l'avvio dell'operazione ed effettua le manovre di avvicinamento ed atterraggio. Quando al suolo, stabile e con manette posizionate "ground idle", si mantiene pronto allo spegnimento per sopravvenute condizioni di necessità e di sicurezza.
- b) CVS: controlla che il personale qualificato si occupi dell'ordine pubblico e del blocco del traffico, recluta il minimo indispensabile di persone necessarie per collaborare al caricamento della barella/paziente (VV.FF.,Soccorritori, ecc;), provvedere alla sicurezza nelle vicinanze dell'elicottero con particolare riguardo alla prevenzione di avvicinamenti pericolosi delle persone alle parti rotanti, posizionandosi anteriormente ai pianetti di coda. Sollecita il pilota allo spegnimento o all'immediato decollo in caso di necessità o decadimento delle condizioni di sicurezza.
- c) AVS: ha compiti specifici di assistenza al paziente,in particolare si assicura che le cinghie di sicurezza della barella mantengano ben fissati lenzuola, metalline o qualsiasi altro oggetto spostabile dal flusso del rotore. Si attiene alle disposizioni di sicurezza impartite riguardanti la movimentazione nei pressi dell'elicottero in moto.
- d) MEDICO: ha compiti specifici di assistenza al paziente, si attiene alle disposizioni di sicurezza impartite riguardanti la movimentazione nei pressi dell'elicottero in moto.

N.B.: Per quanto concerne lo scarimento dei pazienti presso la piazzola della base di stazionamento, il tecnico elicotterista sostituirà il CVS per apertura portellone e stazionamento nella posizione idonea al controllo degli spostamenti dell'equipaggio sanitario (posizionandosi anteriormente i pianetti di coda).

5.7 Elisoccorso con verricello

5.7.1 Il volo hems e il volo sar

Come già accennato nell'introduzione, è presente dal 21 giugno del 2000, le elibasi dotate di elicottero configurato per volo HEMS/SAR si trovano ad operare in un territorio pendente ricco di boschi e montagne di difficile accesso sia nella stagione estiva che invernale, periodi in cui il carico di lavoro aumenta notevolmente per la presenza dei turisti.

Fino a questa diversificazione i soccorsi ed i recuperi erano affrontati e risolti dal personale del Soccorso Alpino con la collaborazione di aeromobili dell'Aeronautica Militare, della Polizia di Stato e dei Carabinieri, coordinati attraverso l'R.C.C. (Rescue Cordinament Service). I tempi d'intervento necessari per la risoluzione dei recuperi più complessi erano nell'ordine delle ore, dall'istituzione di questi mezzi, gli stessi tempi si sono dimezzati, permettendo soccorsi più efficaci.

Questo tipo di configurazione consente, grazie alla dislocazione del mezzo e all'uso del verricello di effettuare il soccorso del paziente pressoché in tutte le condizioni ambientali, fatta eccezione per quelle incompatibili con la sicurezza del volo (vedi condizioni meteorologiche avverse, o superamento delle effemeridi).

Con questo tipo di velivolo si possono, come già detto, prestare due tipi di soccorso a seconda che si tratti di una missione HEMS o di una SAR. La differenza consiste nel tipo di approccio al paziente e la scelta tra i due è giustificata dalle condizioni ambientali in cui si opera. Il SAR, in effetti, è considerato un vero e proprio salvataggio da una condizione di pericolo che possa pregiudicare nell'immediato la sicurezza e quindi la sopravvivenza dell'infortunato. Ecco allora che la priorità assoluta è allontanare il paziente dal pericolo con qualsiasi mezzo possibile, a patto della salvaguardia del soccorritore, qualunque esso sia. Il verricello, (o in situazioni di evacuazione di più feriti, il gancio baricentrico), consente questa possibilità, permettendo al tecnico di soccorso alpino di assicurare velocemente il ferito per trasportarlo in zona sicura, per le cure del caso.

Tutte le volte in cui si opera in configurazione HEMS l'aspetto sanitario, del trattamento sul paziente, può essere effettuato sul posto, non essendoci nell'immediato pericolo ambientale per l'incolumità del ferito e dell'equipe sanitaria.

5.7.2 L'attivazione

L'intervento del vettore HEMS/SAR può essere disposto dalle centrali operative dell'intero territorio regionale nei casi di:

- Soccorso e recupero in montagna.
- Soccorso e recupero di pazienti in luoghi impervi.
- In tutti i casi in cui l'intervento dell'equipe sanitaria e/o il successivo recupero del paziente è reso difficoltoso o differito nel tempo da condizioni ambientali avverse (strade non percorribili da normali mezzi rotati in condizioni utili al paziente, località di montagna, avvicinamenti su percorsi appiedati, etc.).
- Tutti i casi in cui sia conveniente per l'economia dell'operazione di soccorso. Questo elicottero è utilizzabile su tutto il territorio regionale per il servizio SAR, ed è comunque disponibile per interventi di soccorso HEMS, nel territorio in prossimità della base o in sovrapposizione di aree con gli altri elicotteri regionali, se impegnati. L'attivazione del sistema di elisoccorso HEMS/SAR avviene attraverso le centrali operative 1.1.8 dell'Emilia Romagna, essendo Pavullo sprovvista di una centrale operativa sul suo territorio.

Una volta ricevuto l'allarme per una necessità di soccorso, le centrali operative territoriali richiedono l'intervento del mezzo HEMS/SAR attraverso la centrali operative che provvederanno a desumere i dati necessari per assegnare la missione.

Quindi, la Centrale Operativa prende contatto con il tecnico di elisoccorso, che tiene le comunicazioni, per dare informazioni sull'evento e comunicare i mezzi di soccorso eventualmente inviati per collaborare al soccorso.

Come già detto è la missione stessa che orienta l'equipaggio verso il tipo di soccorso da effettuare optando per una configurazione del servizio HEMS o SAR; in ogni caso vi è una stretta sinergia con la centrale 118 che coordina il soccorso nel territorio in cui si interviene, ne rispetto dei protocolli operativi vigenti.

5.7.3 La chiamata telefonica

La variabile fondamentale di questa intervista telefonica tra operatore e colui che richiede il soccorso, sta nel concetto di "luogo raggiungibile o non raggiungibile".

Nel dettaglio:

- Per “luogo raggiungibile” si intende un luogo a cui si può accedere con mezzi ruotati non fuoristrada o elicottero HEMS.
- Per “luogo non raggiungibile” si intende un luogo raggiungibile solo a piedi o con vettore aereo HEMS/SAR e lontano da sede stradale.
- Per “luogo non so” si intende luogo non classificabile per mancanza di informazioni.

Sono tutte informazioni importanti quelle che si possono ottenere dall'utente per una migliore identificazione del target: l'operatore di centrale guiderà quindi l'intervista attraverso procedure interne che raccolgono notizie sul luogo e sul meteo.

Segni particolari per riconoscere il luogo dall'alto con maggior particolari possibili

- segnalare presenza di ostacoli:

- se possibile segnalare la presenza di teleferiche
- se possibile segnalare la presenza di linee elettriche
- se possibile segnalare la presenza di animali liberi
- se possibile segnalare la presenza di polvere
- se possibile segnalare la presenza di bosco fitto, dirupo, ecc.

Acquisire informazioni meteorologiche

- piove, nevica, altre precipitazioni
- se c'è neve è importante chiedere se è compatta ed in quale quantità
- se possibile riportare il tempo trascorso dall'ultima nevicata
- nebbia o nuvole basse
- se possibile visibilità orizzontale stimata in chilometri
- se possibile quantità di nubi e localizzazione delle stesse
- se possibile altezza stimata della base delle nubi
- se possibile indicare se il fondovalle è in vista
- vento forte o raffiche

se possibile indicare la direzione e l'intensità del vento

Quando i soccorsi saranno scattati, occorre che ci si presti per l'assistenza al ferito nell'attesa e ad eventuali segnalazioni ai soccorritori. Quando si sente il rumore dell'elicottero, occorre rendersi visibili dall'alto, un indumento di colori sgargianti contrastanti con l'ambiente può servire a segnalare la posizione.

Avvistato l'elicottero, occorre rendere comprensibile all'equipaggio che si necessita di soccorso, ampi gesti con le braccia possono essere facilmente confusi con saluti dei curiosi, è necessario quindi, che una volta certi di essere stati avvistati si resti fermi con entrambe le braccia alzate come per rappresentare la lettera "Y".

Se, per la segnalazione del luogo, sono state utilizzate coperte oppure oggetti che possono involarsi con il flusso d'aria dell'elicottero in atterraggio, è necessario riporli in un luogo sicuro una volta certi dell'individuazione.

L'equipaggio provvede da solo alla ricerca di un luogo sicuro per l'atterraggio o le operazioni di sbarco, non è necessario indicare o cercare da terra un luogo idoneo. Una volta al suolo i soccorritori provvedono autonomamente alle operazioni di soccorso, è comunque necessario restare a disposizione di Questi per eventuali esigenze.

5.7.4 La base hems/sar

Gli elicotteri in dotazione, attualmente, consentono ad un equipaggio di almeno 5 persone di lavorare con tutti gli strumenti necessari sia per interventi di carattere sanitario che per interventi di recupero in ambiente altamente ostile.

Tra gli elementi che rendono, le macchine attualmente utili al servizio HEMS/SAR vi sono senza dubbio: la dotazione di verricello con 90 mt. di cavo, la potenza dei motori, la capacità di carico utile, l'autonomia e la velocità del mezzo. Queste caratteristiche, ben si sposano con le esigenze del territorio e con la necessità di dotazioni aeronautiche e tecnico-sanitarie del servizio.

La dotazione sanitaria del mezzo comprende tutto ciò che serve per garantire la corretta assistenza ad un paziente che necessiti di un trasporto sanitario. La stessa dotazione può essere rapidamente sbarcata per eventuali necessità di assistenza al suolo, anche in ambiente impervio e condizioni climatiche ostili.

Anche la dotazione tecnico-alpinistica è stoccata in modo da poter essere rapidamente sbarcata ed utilizzata per garantire elevati standards di sicurezza dell'equipe sanitaria e per il paziente al suolo.

Il mezzo è dotato di una pannellatura sanitaria comprendente:

- Ventilatore polmonare Medumat Standard
- Aspiratore per secreti elettrico
- Scorta di c.a. 2100 Lt. di ossigeno
- Monitor defibrillatore Pacer MRL Pic
- Zaino sanitario
- Kit infusione
- Kit intubazione
- Kit farmaci
- Barella Ferno Scoop 65 e XL
- Telo barella verricellabile Kong
- Ked
- Stecche e materasso a decompressione
- Collari cervicali
- Trazionatore KTD

5.7.5 L'equipaggio

L'equipaggio, è formato da un pilota, abilitato ai requisiti operativi e tecnici del trasporto pubblico con elicottero, dal tecnico di volo, dal tecnico di soccorso alpino, da un medico ed infine un infermiere. Questo tipo di formazione operativa è la risposta vincente per attuare sia il volo HEMS che il volo SAR essendo contemporaneamente presenti tutte le figure necessarie ad un efficace intervento di soccorso.

5.7.5 Il tecnico di volo

Una figura "nuova", rispetto all'equipaggio del volo HEMS è rappresentata dal tecnico di volo. Questi deve essere in possesso del CIT (certificato di idoneità tecnica) rilasciato dall'ENAC, che lo autorizza alla manutenzione del mezzo.

Successivamente la ditta esercente, che nel Lazio è Helitaliana per tutti gli aeromobili presenti nel 118 ; abilita il tecnico all'uso del verricello.

Il verricello può essere usato per lo sbarco e imbarco dei membri dell'equipaggio di missione e materiale, ed il recupero di infortunati. Ovviamente ogni macchina lavora con attrezzature specifiche, e questo è vero anche per il verricello, quindi ogni tecnico è specifico per l'elicottero in cui lavora.

Un importante compito del tecnico di volo consiste anche nell'aiuto al pilota per l'individuazione del target ; infatti la formazione di questa figura professionale consta sia di una componente tecnica che di una aeronautica che gli consente ad esempio la lettura di carte aeronautiche e degli strumenti di bordo durante le tratte di volo, la comunicazione radio con la centrale, etc.

5.7.6 Il tes

Analizzando nel dettaglio la formazione dell'equipaggio, si noterà, che qui la figura del C.V.S. (come nel soccorso HEMS) non è presente. Dato il territorio e la configurazione dell'aeromobile (SAR) si è ritenuto più idoneo avere a bordo il tecnico di soccorso alpino (TES).

Questo tecnico è certificato dal Corpo Nazionale del Soccorso Alpino e Speleologico secondo un iter formativo che prevede passaggi ben precisi dal semplice "operatore tecnico qualificato", al "tecnico di soccorso alpino", per arrivare solo successivamente ad essere effettivamente TES (tecnico di elisoccorso).

Questo comporta la formazione di un operatore che abbia precise competenze sia alpinistiche-tecniche, sia nell'ambito del soccorso e della sicurezza, che infine nelle procedure operative dell'elicottero.

Nel dettaglio questo significa che il TES segue un percorso fatto di moduli formativi che gli diano qualifica di soccorritore alpino esperto sia in uno scenario invernale che estivo:

Modulo soccorso in valanga e sci alpinismo Modulo soccorso su impianti a fune Modulo soccorso in roccia ed arrampicata Modulo soccorso in ghiaccio, misto e cascate Modulo di formazione sanitaria avanzata (BLS-D, PTC base) Modulo soccorso con barella portantina

5.7.7 Modulo soccorso ricerca e dispersi

Dal punto di vista aeronautico, il TES deve eseguire uno stage che lo qualifichi per le procedure operative con l'elicottero ed in particolare per quell'elicottero del Servizio di Elisoccorso in cui opererà. Questo implica uno stage formativo specifico per la macchina in cui si andrà a lavorare e quindi sarà certificato dalla ditta esercente (Helitaliana).

Per quanto riguarda il soccorso e la sicurezza il ruolo del TES, in questo tipo di servizio risulta, ovviamente, fondamentale. Questi deve essere infatti in grado di garantire la sicurezza nelle operazioni di sbarco, imbarco, recupero e in tutte le operazioni al suolo dell'equipe sanitaria e del paziente.

Principalmente attua i suoi compiti nel raggiungimento del target, essendo Lui un esperto del territorio alpino di sua competenza, si adopera per la sicurezza dell'equipaggio durante il volo, e lavora in sinergia con l'equipaggio di condotta per pianificare la migliore strategia d'intervento, valutando e, se necessario, bonificando l'ambiente in cui si opera.

La sua competenza e l'esperienza sono fondamentali per valutare l'ambiente circostante e metterlo in sicurezza per sé, la sua squadra e per il paziente stesso. Questo può significare anche la scelta di non far scendere l'equipe sanitaria e di operare quindi in piena configurazione SAR operando Lui stesso un salvataggio ed un recupero del paziente per raggiungere poi un luogo sicuro dove attuare le prestazioni sanitarie più appropriate. Altrimenti, se il luogo è ritenuto sicuro, la scelta di come raggiungere l'utente spetta sempre al TES, che può optare per un atterraggio, se la zona lo consente, per una calata con il verricello per Lui e in successione per medico ed infermiere, oppure un'altra tecnica di sbarco consiste nell'effettuare un hovering a terra. Questa soluzione dal punto di vista tecnico è probabilmente la più difficile dato che la macchina scende a terra fino quasi a toccare il suolo, ma non lo raggiunge e rimane in sospensione a circa 50 cm. dal suolo; il che significa instabilità del mezzo essendo questo sottoposto a continui mutamenti del peso e quindi degli equilibri.

Il TES, per primo, scende e si assicura che medico ed infermiere scendano correttamente rimanendo comunque in prossimità del mezzo e in vista del pilota.

Solo successivamente, una volta che equipe e materiale sono a terra, e che l'elicottero si sia allontanato, allora ci si può dirigere verso il paziente.

Anche la risalita è di Sua competenza e, tramite il contatto radio con il pilota ed il verricellista, si adopera per la gestione del recupero dell'equipe, del paziente e di tutto il materiale operando insieme al medico la scelta del presidio ospedaliero della zona più adeguato.

Proprio per tutte queste funzioni, la Repubblica, tramite la Legge 26 Gennaio 1963, n° 91 e la Legge 21 Marzo 2001, n°74, riconosce il valore di solidarietà sociale e la funzione di servizio di pubblica utilità del Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico (CNSAS) del Club Alpino Italiano (CAI), che nel ruolo del TES si attua nella realtà dell'elisoccorso italiano.

Queste leggi definiscono che nel soccorso in montagna il ruolo di coordinamento spetta agli uomini del CNSA e ribadisce anche il carattere volontaristico del soccorso alpino.

La stessa legge delinea le attività specialistiche e quelle formative per la creazione delle figure professionali da impiegarsi a bordo degli elicotteri dell'elisoccorso HEMS/SAR; occupandosi poi delle varie scuole nazionali e dei conseguenti profili professionali.

In particolare la legge del Marzo 2001, sancisce che:

art.1 comma n°2: “ il CNSAS provvede in particolare al soccorso degli infortunati, dei pericolanti e al recupero dei caduti nel territorio montano, nell'ambiente ipogeo e nelle zone impervie del territorio nazionale. Restano ferme le competenze e le attività svolte da altre amministrazioni o organizzazioni operanti allo stesso fine; nel caso di intervento di squadre appartenenti a diverse organizzazioni, la funzione di coordinamento è assunta dal responsabile del CNSAS.”

art. 2 comma n°1: “ per lo svolgimento delle attività previste dall'art. 1 comma n°2, il CNSAS opera in stretto coordinamento con il Servizio sanitario nazionale.”

art. 3 comma n°1: “ ai fini della presente legge, l'attività dei membri del CNSAS si considera prestata in modo volontario e senza fine di lucro.”

art. 4 comma n°5: “ il CNSAS propone all'Ente nazionale per l'aviazione civile (ENAC) la predisposizione delle certificazioni per apposite figure professionali necessarie per l'elisoccorso in montagna.”

art. 6 comma n°1: “ sono individuate e riconosciute le seguenti figure professionali specialistiche le cui qualifiche sono rilasciate dalle scuole nazionali :

punto b. tecnico di elisoccorso.”

5.7.8 L'infermiere

L'infermiere dei servizi HEMS/SAR deve seguire un apposito training a cura del CNSAS per poter intervenire in sinergia con l'equipaggio tecnico in ogni ambiente sapersi dedicare con la necessaria tranquillità al paziente anche in condizioni estremamente ostili. La ditta esercente, come da normativa, tramite i propri istruttori addestra l'infermiere all'uso del verricello: questo comporta infatti l'utilizzo di dispositivi di protezione individuale (DPI) di terzo livello, che necessitano quindi di una formazione specifica per il loro uso e di continui retraining. Fanno parte di questi presidi imbracatura, discensori.

5.7.9 Il medico

Anche il medico, come l'infermiere, deve seguire una preparazione specifica per poter operare in un elicottero HEMS/SAR.

Questa formazione tecnico-alpinistica può permettergli di muoversi in sicurezza in ambiente ostile, garantendo la tutela delle funzioni vitali del paziente anche in condizioni ambientali estreme.

5.8 Protocolli operativi

Come già accennato in precedenza, la gestione della missione sanitaria è orchestrata a vari livelli dai diversi componenti dell'equipaggio.

Durante il volo di ricognizione che sorvola la zona dell'accaduto, pilota, tecnico di volo e TES pianificano le modalità di sbarco dell'equipaggio.

La pianificazione si basa sull'analisi dello “scenario” che si presenta: bisogna prima di tutto individuare la posizione del ferito, in seconda battuta si passa all'identificazione dei rischi connessi al luogo in cui si andrà ad agire. Studiare e conoscere l'ambiente in cui si lavora può fare la differenza per operare in sicurezza per sé, la propria equipe e per il paziente.

Una volta che il TES ha ottenuto l'accordo con pilota e tecnico, che conoscono a fondo l'elicottero e le sue potenzialità, si prepara al raggiungimento del target.

Questo può avvenire secondo diverse metodologie che ovviamente sono subordinate alle condizioni ambientali in cui si lavora.

Nel tentativo di dare una schematizzazione semplificata dei protocolli operativi, ho suddiviso le missioni sanitarie in due gruppi a seconda della configurazione dell'elicottero.

Quando il TES opta per una missione puramente SAR questo significa che è stato valutato l'ambiente non sicuro o comunque non bonificabile (ad esempio se il ferito si trova in una zona molto confinata per operare in più di una persona). La scelta ricadrà allora su una calata del solo TES tramite il verricello. Raggiunto il paziente il TES provvede ad un'immobilizzazione, migliore possibile, date le circostanze, utilizzando i diversi presidi disponibili: triangolo di evacuazione o il telo barella a seconda delle condizioni in cui ci si trova.

Se il TES decide di non far scendere medico ed infermiere, l'equipaggio sceglierà un punto di atterraggio dove fare un campo base per dare la possibilità all'équipe sanitaria di agire sul paziente per stabilizzarlo in attesa di centralizzarlo verso l'ospedale più idoneo.

La scelta di un posto idoneo alla sosta è di responsabilità dall'equipaggio di condotta, che è rimasto sul mezzo, mentre il TES opera il salvataggio dell'infortunato. Quando ha raggiunto il paziente fa una prima valutazione di coscienza, respiro, circolo; studia la dinamica e comunica via radio al medico le condizioni in cui trova l'infortunato. Al campo base, nel frattempo, medico ed infermiere si preparano ad accogliere il ferito che sarà stato recuperato con il verricello dal TES.

La configurazione HEMS viene adottata ogni volta che vi è la possibilità per il TES di bonificare e mettere in sicurezza la zona del soccorso; e di solito questo avviene nella maggior parte dei casi.

La metodica più utilizzata per raggiungere il target è sicuramente il volo stazionario (hovering) che consente una velocità di avvicinamento dell'équipe superiore a quella del verricello con una buona approssimazione al paziente.

Il TES scende per primo portandosi dietro il suo zaino con i vari presidi per fare sicurezza, e la barella. Rimane accovacciato in prossimità dell'elicottero ed in vista al pilota e guida medico e poi infermiere nella discesa dal mezzo. Il medico porta con sé lo zaino sanitario mentre l'infermiere il monitor o l'aspiratore o altro a seconda di quello che può servire.

Una volta che équipe e materiali sono sbarcati nella posizione convenuta, l'elicottero si allontana e si può raggiungere il paziente, in quanto la zona è sicura.

Mentre i sanitari si occupano del ferito il TES continua le comunicazioni con il pilota per organizzare il recupero, che può avvenire con diverse modalità a seconda della gravità del paziente e del teatro delle operazioni. Se infatti, una volta a terra, ci si rende conto che il posto può essere raggiunto anche da mezzi ruotati, ma per orografia non compatibile con un atterraggio, allora si può procedere in due modi.

Può accadere che l'elicottero faccia campo base a bordo strada, e la distanza che separa il ferito dal mezzo a rotore è di qualche centinaia di metri, in questo caso il TES farà avvicinare l'ambulanza di riferimento che comunque era stata attivata alla chiamata di soccorso al 118. L'infortunato già adeguatamente immobilizzato alla barella verrà trasferito sull'ambulanza per raggiungere il campo base dove l'elicottero attende per volo verso l'ospedale.

Questo può far guadagnare tempo senza bisogno che l'elicottero si risollevi per il recupero.

Se invece è necessario il recupero del paziente e dell'équipe con l'elicottero, perché la distanza dal campo base è troppo elevata, allora si pianificherà un recupero tramite verricello.

Durante l'attesa al campo base, pilota e tecnico predispongono l'elicottero per il caricamento della barella verricellabile su cui si troverà il paziente una volta stabilizzato.

E' infatti presente sul mezzo una seconda barella detta aeronautica in cui è fissato il telo barella per il volo verso l'ospedale. Attualmente è difficoltoso verricellare direttamente il telo barella col paziente e poi ancorarlo alla barella aeronautica per il trasporto. In caso di recupero col verricello, pilota e tecnico devono quindi togliere la barella aeronautica per effettuare il caricamento del paziente già immobilizzato sulla barella verricellabile.

Solo successivamente una volta atterrati al campo base si ripristina la configurazione da trasporto posizionando la barella verricellabile su quella aeronautica. Per eseguire

quest'operazione si lasciano di solito i rotori accesi e si carica il paziente allo stesso modo come in un elicottero HEMS in cui è presente il C.V.S..

Qui sarà il tecnico di volo a occuparsi della sicurezza ponendosi a protezione dell'equipe con la schiena rivolta verso i rotori di coda.

Ogni volta che l'hovering non è attuabile, allora l'equipe si predispone all'uso del verricello: il tecnico prepara l'attrezzatura necessaria mentre il TES si preoccupa della sicurezza di medico ed infermiere prima della calata.

Come al solito è il TES, con zaino e barella, a sbarcare per primo, studia l'ambiente e comunica eventuali variazioni al tecnico e al pilota tramite radio trasmittente. Se tutto è in sicurezza, dà l'ok al medico per la discesa e Questi munito di zaino sarà il secondo ad arrivare al suolo. Infine l'infermiere, munito come al solito dell'attrezzatura sanitaria che si è ritenuta più idonea per quella patologia.

Una volta sul posto il medico, quale leader sanitario, deciderà la strategia del soccorso optando per uno "scoop and run" o uno "stay and play" a seconda della gravità del paziente.

La risalita può avvenire come già descritto prima, fermo restando che se si usa il verricello, sarà l'infermiere per primo a risalire con il materiale. Una volta sul mezzo, fissato tutto il materiale, si predisporrà per il recupero della barella dal portellone laterale. E' il medico che risale insieme alla barella, per avere sempre sotto controllo le condizioni dell'infortunato.

La risalita è controllata dal TES che opera un vincolo dal basso per impedire la rotazione della barella, che offre un grosso ostacolo al vento, in particolare quando arriva in prossimità del rotore principale.

A questo punto l'elicottero si porta al campo base dove medico ed infermiere possono operare una seconda valutazione del paziente ed eventualmente contattare l'ospedale di afferenza se il paziente presenta le funzioni vitali compromesse. Sarà infine fissata la barella verricellabile a quella aeronautica per il trasporto.

Nel frattempo l'equipaggio di condotta va a recuperare il TES che si occupa anche dell'eventuale materiale sanitario e tecnico ancora rimasto sul posto.

5.9 Norme di sicurezza per l'equipaggio

1 Norme di sicurezza per il personale.

- Indossare calzature appropriate (scarponcini) in considerazione della possibilità di operare su terreni accidentati.
- Per tutta la durata della missione tutto il personale sanitario deve indossare nella sua completezza la divisa fornita dal servizio.
- Si raccomanda di non indossare monili, quali orecchini, bracciali, collane o altro, non solo allo scopo di non perderli, ma per evitare lesioni in caso di strappo.
- Non portare nelle tasche oggetti acuminate, quali pinze, tronchesi o anche penne, ma riporle nelle apposite custodie.
- Durante il volo spegnere i telefoni cellulari personali od eventuali altre apparecchiature elettroniche che possono interferire con gli impianti di bordo.

2 Norme generali di sicurezza da adottare durante le fasi di avvicinamento ed allontanamento dall'elicottero.

- Avvicinarsi sempre all'elicottero con estrema cautela, soprattutto con motori e rotori in moto.
- Avvicinarsi ed allontanarsi sempre dalla zona anteriore sinistra dell'elicottero, a meno di casi particolari comunicati anticipatamente dal pilota e coordinati dal CVS.
- Il rotore di coda ruota ad altezza d'uomo ed è invisibile quando in movimento: non avvicinarsi mai all'elicottero dal settore posteriore, anche con rotore fermo.

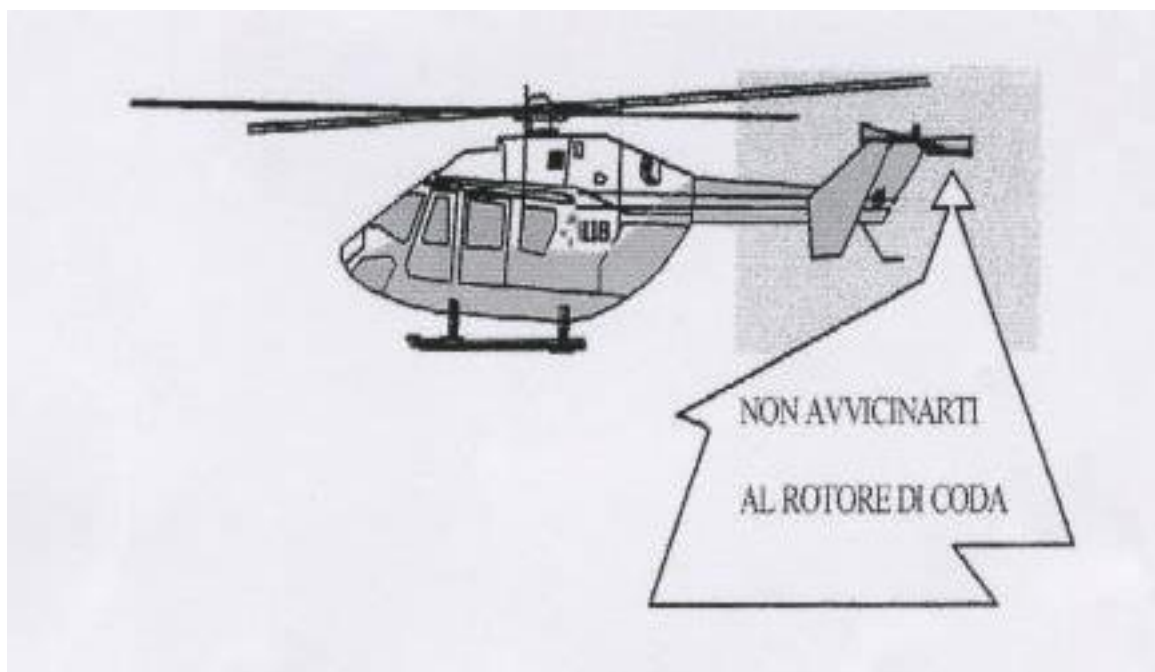


Figura 52

- Durante l'avviamento e l'arresto dei motori non sostare mai sotto l'estremità del rotore principale; restare vicini alla fusoliera (a contatto di mano), o fuori dal disco rotore (in presenza di vento ed a basso regime di giri le estremità delle pale del rotore possono portarsi ad altezza pericolosa).
- Avvicinarsi all'elicottero se possibile prima della messa in moto, altrimenti attendere che i giri rotore siano stabilizzati e procedere con la massima cautela in posizione china.

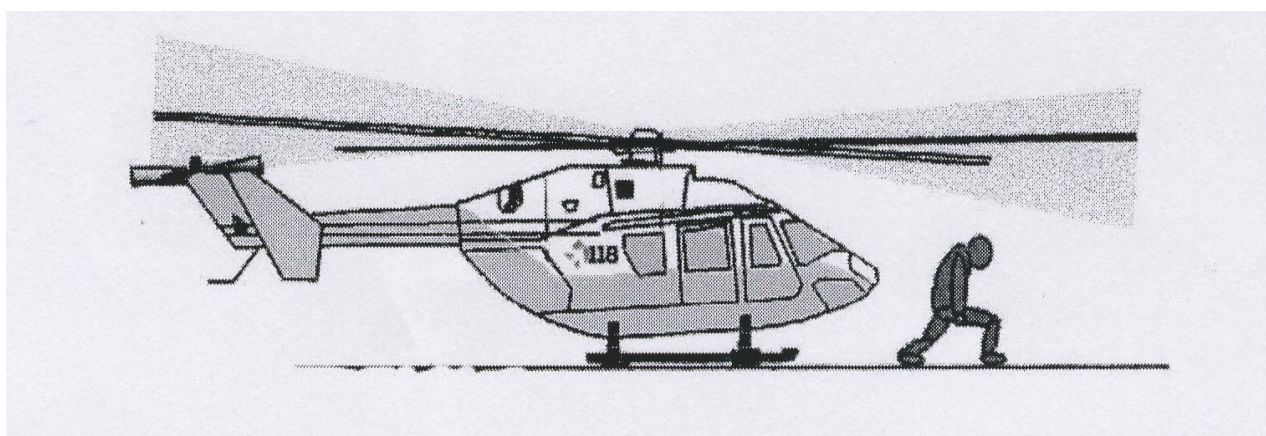


Figura 53

In prossimità del rotore non effettuare salti per superare dossi, pozze od ostacoli in genere.

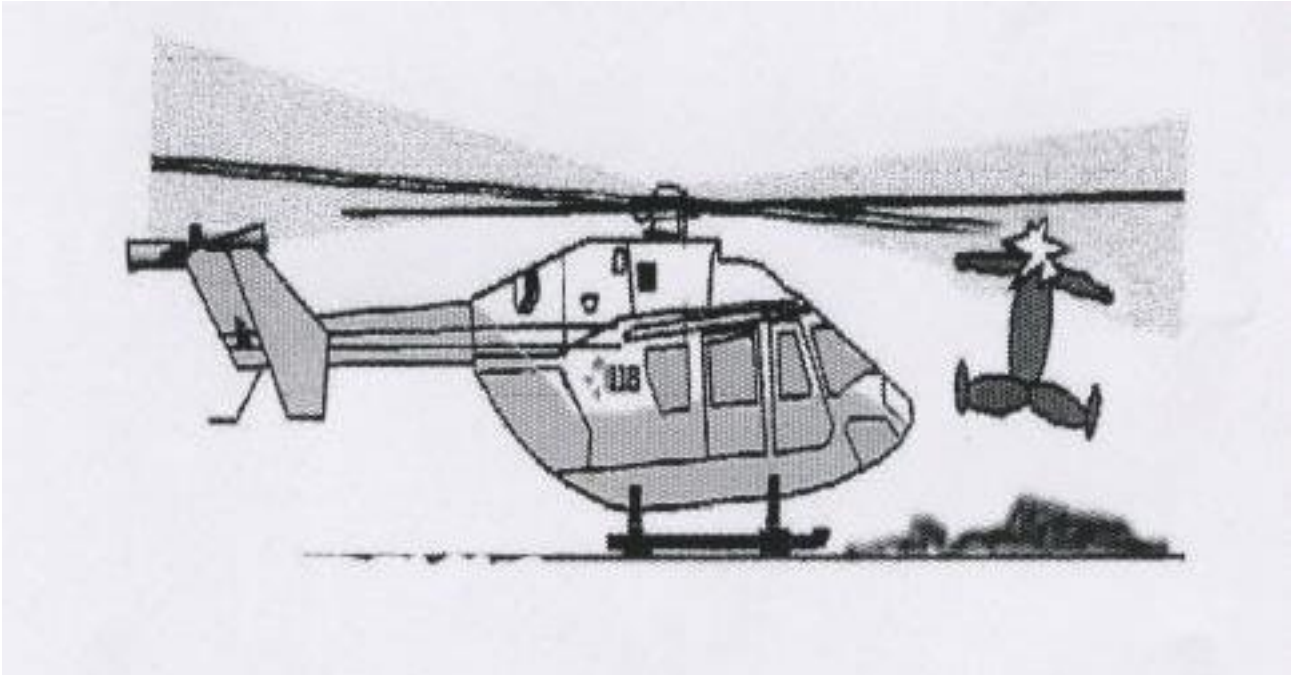


Figura 54

Portare sempre il materiale voluminoso o lungo in maniera orizzontale e mai al di sopra della testa.

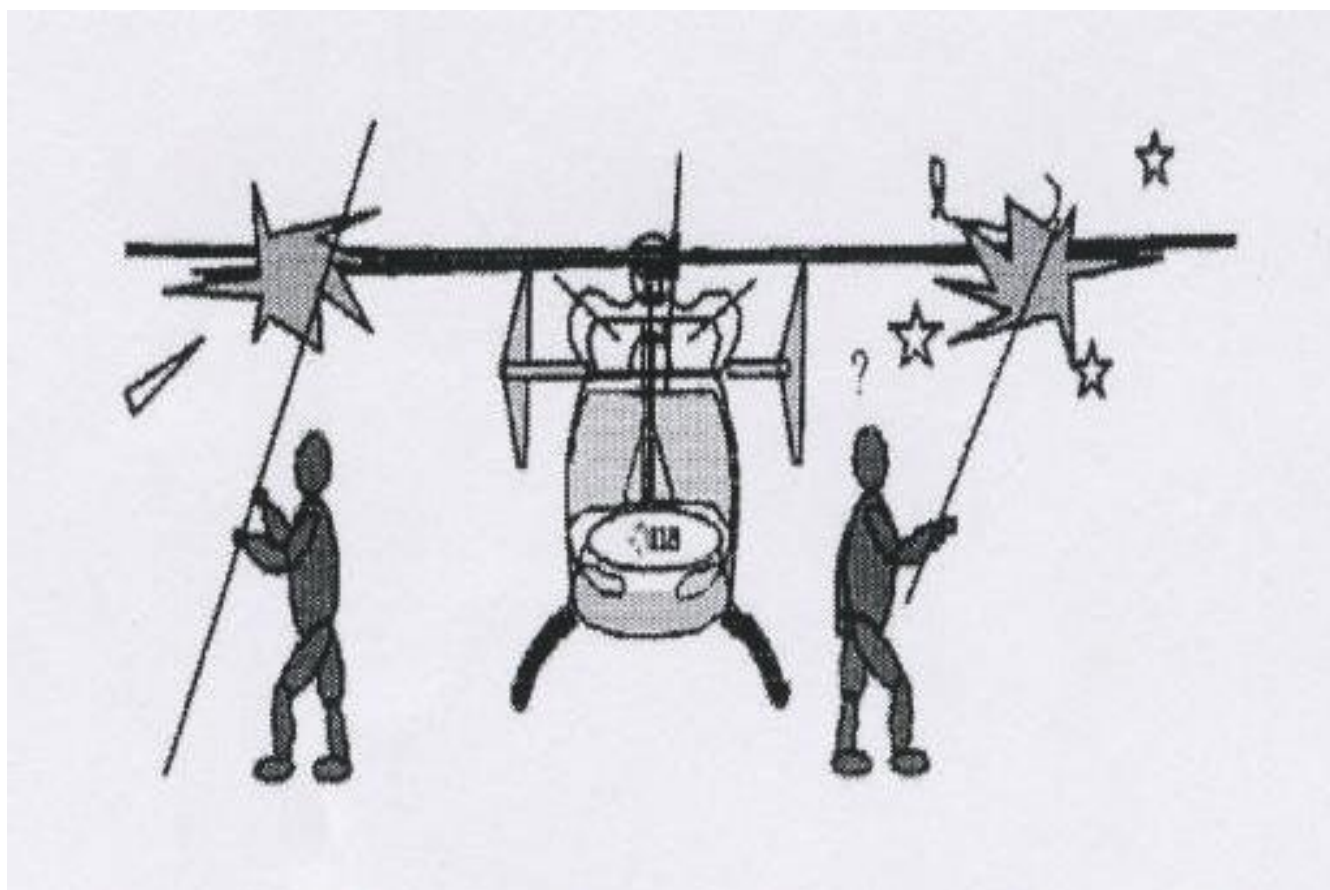


Figura 55

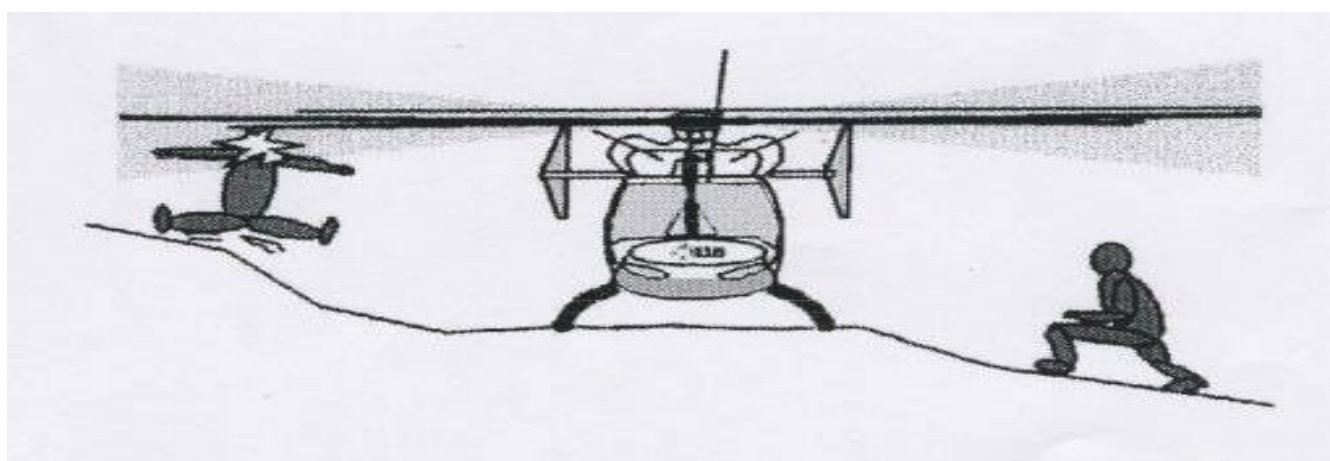


Figura 56

Su terreno in pendio o ad andamento e fondo irregolare avvicinarsi ed allontanarsi sempre con cautela dal lato a valle.

Decollo.

- Prima del decollo controllare sempre che l'area circostante l'elicottero sia sgombra da materiale sanitario eventualmente usato sul posto (bende, sacchetti, guanti, metalline, ecc.).

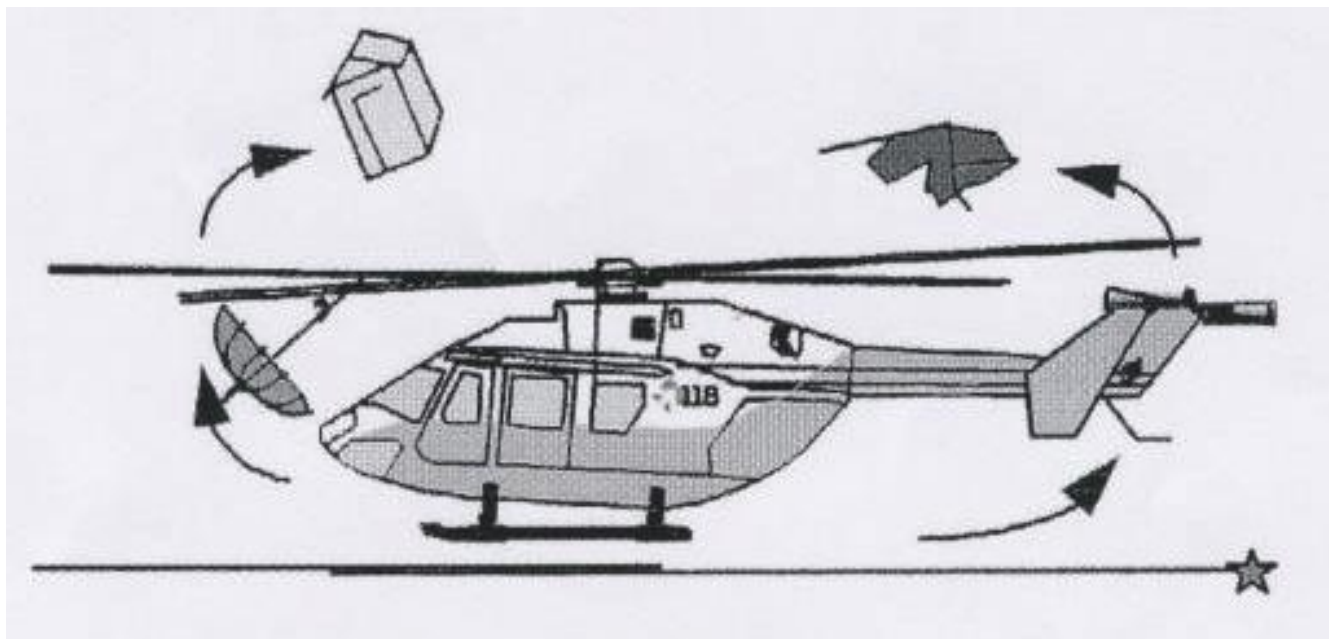


Figura 57

- La chiusura delle porte prima del decollo è effettuata dal CVS o dal tecnico se in base.
- Appena seduti al proprio posto allacciare completamente le cinture di sicurezza (spallacci e ventrali), indossare le cuffie ed effettuare la prova dell'efficienza dell'impianto interfono regolandone eventualmente il volume; segnalare al pilota il raggiunto assetto pre-decollo.
- Verificare che il materiale sanitario sia correttamente vincolato.
- Evitare di parlare, se non per motivi di sicurezza, durante il decollo e l'atterraggio.

N.B. : In atterraggio e decollo è sempre obbligatorio indossare le cinture di sicurezza in modo completo. Durante il volo di crociera, previa autorizzazione del pilota e per validi motivi di servizio, è possibile slacciare temporaneamente gli spallacci o l'intero sistema di ritegno.

In volo.

Segnalare al pilota qualsiasi cosa risulti anomala (odori, rumori, ecc.) nonché la presenza di eventuale traffico aereo nelle vicinanze.

a) In particolare, in presenza di fumo od odore di bruciato:

- Avvisare immediatamente il pilota;
- identificare la causa;
- valutare la necessità di interrompere l'erogazione di ossigeno;
- pegnere gli apparati eventualmente interessati;
- aprire i finestrini scorrevoli per evacuare il fumo;
- intervenire, solo se autorizzati dal pilota, sulla fonte dell'eventuale incendio, usando l'estintore di bordo posto al centro sotto la panca trasversale.

b) In caso di atterraggio d'emergenza:

- riallacciarsi immediatamente le cinture o controllare che siano ben chiuse ed aderenti al corpo;
- controllare che il materiale sia ben vincolato;
- valutare la necessità di interrompere l'erogazione d'ossigeno;
- togliersi occhiali, oggetti acuminati, ecc.;
- prima dell'impatto irrigidirsi contro il sedile; aspettarsi che vi sia più di un urto contro il terreno;
- non muoversi fino al completo arresto dell'elicottero;
- slacciare le cinture e togliere la cuffia;
- azionare le maniglie d'emergenza per lo sgancio delle porte ed uscire dall'elicottero dopo aver controllato che il rotore sia fermo (le maniglie 100 d'emergenza per lo sgancio delle porte scorrevoli si trovano all'interno sul lato superiore della porta stessa. Premendo il bottone PUSH la maniglia fuoriesce e tirando la maniglia si ottiene lo scardinamento della porta; a questo punto basta spingere affinché la porta cada all'esterno)



Figura 58

- allontanarsi a distanza di sicurezza dall'elicottero.

c) In caso di emergenza sanitaria (fibrillazione, arresto cardiorespiratorio, intubazione) e conseguente atterraggio urgente: ?? verificare la chiusura delle cinture; ?? controllare che il materiale sia ben vincolato; ?? dopo l'atterraggio, in caso di defibrillazione, verificare l'isolamento del paziente dalle strutture dell'elicottero e dall'equipaggio, effettuare la desaturazione dell'ambiente (mediante l'apertura dei portelloni scorrevoli) ed impiegare esclusivamente le piastre adesive quick-combo prima di procedere alla scarica secondo indicazione del medico.

Atterraggio e sbarco.

- L'équipe sanitaria coadiuverà il pilota nell'individuazione del luogo dell'evento e nella rilevazione degli ostacoli;
- il sistema di riporto del rilevamento è quello "orario" dove la direzione del muso dell'elicottero rappresenta le ore 12 (quindi 90° a destra: ore 3, ecc.);

- le cinture e le cuffie devono essere indossate sino al consenso per lo sbarco comunicato via radio dal pilota e alla apertura porte per la discesa;
- lo sbarco avviene sempre dal lato sinistro se non diversamente indicato dal pilota;

Ricevuto l'assenso dal pilota, il CVS:

- sbarca dall'elicottero;
- controlla la presenza di ostacoli non rilevati in precedenza;
- controlla che i pattini siano posizionati in maniera stabile;
- controlla la presenza di persone nelle vicinanze e ne l'avvicinamento;
- dà l'OK al pilota;
- apre la porta scorrevole sinistra e fornisce assistenza allo sbarco dell'équipe sanitaria;
- indica all'équipe sanitaria la direzione migliore per raggiungere il luogo dell'evento,
- in seguito alle azioni sopracitate, il CVS si porta a distanza di sicurezza dall'elicottero ed in vista del pilota, controlla che nessuno si avvicini ed attende l'arresto dei rotori per raggiungere l'équipe sanitaria sul luogo dell'evento.

impedisce

Imbarco e sbarco di pazienti.

L'imbarco e lo sbarco di pazienti viene eseguito di norma a rotori fermi. Qualora si rendesse necessaria una deroga a tale regola, per particolari condizioni dell'infortunato e su richiesta specifica del medico, deve essere applicata la procedura descritta nel capitolo dedicato, che impone al tecnico dell'elicottero o, in sua assenza, al CVS di posizionarsi anteriormente ai piani di coda per garantire la sicurezza.



Figura 59

Durante le fasi successive l'atterraggio dell'elicottero, è necessario adottare delle procedure volte a semplificare e standardizzare le operazioni attorno all'elicottero, sia con i rotori in movimento, che a rotori fermi; compito comune a tutti i membri di equipaggio sarà la vigilanza dell'area circostante e delle persone collaboranti; pertanto:

- l'ambulanza, o comunque ogni altro veicolo di soccorso, deve avvicinarsi all'elicottero ad andatura lenta, prestando particolare attenzione alle eventuali segnalazioni impartite dal CVS;
- l'ambulanza, o comunque ogni altro veicolo di soccorso, deve essere parcheggiato a distanza di sicurezza (15m) al di fuori dell'area di atterraggio, possibilmente in vista del pilota, con freno di stazionamento in posizione "frenato" e porte chiuse;

N.B. : in nessun caso è consentito permettere di transitare o arrestare l'ambulanza (o comunque ogni altro veicolo di soccorso) al di sotto del rotore dell'elicottero, sia che questo sia mantenuto in movimento o che sia già stato arrestato, in quanto i lampeggianti o le antenne potrebbero arrecare ingenti danni alle pale.

- E' buona regola avvicinarsi all'elicottero dalla parte anteriore sinistra (45°), in modo che il pilota possa avere sempre in vista il personale che opera in prossimità del mezzo anche quando questo è fermo.

N.B. : E' assolutamente vietato interessare il settore posteriore dell'area attorno l'elicottero, in special modo trasportando barelle di ogni genere.

- Nell'eventualità di dover effettuare un cambio rapido di barella con i rotori in movimento, effettuare tale operazione a distanza di sicurezza (al di fuori dell'area del rotore) nel settore anteriore sinistro, per evitare che le eventuali lenzuola e telini termici che avvolgono il paziente vengano in contatto con le eliche dell'elicottero, nonché per rimanere sempre in vista del pilota ;
- intorno l'elicottero attenersi esclusivamente alle istruzioni impartite dal CVS; in tutti i casi vigilare che il personale dell'ambulanza (o degli altri enti che collaborano con l'équipe dell'Elisoccorso) non salga sull'elicottero, non manovri gli sportelli, non cerchi di chiudere le porte (le maniglie dell'elicottero hanno funzionamenti differenti rispetto a quelle delle automobili).

Emergenze.

In caso d'emergenza (di qualunque tipo), attenersi alle disposizioni impartite dal pilota ed adottare le precauzioni trattate nei precedenti punti 5a e 5b.

Di seguito sono raffigurate le uscite d'emergenza e l'ubicazione degli estintori di bordo.



Figura 60

FARE ATTENZIONE:

- Non camminare verso monte o scendere da monte verso l'elicottero quando il rotore è in movimento.
- Non alzare in verticale oggetti lunghi:
- Non abbandonare oggetti che possono volare via con il flusso dell'aria (bende, guanti, sacchetti, metalline, ecc.).
- Non avvicinarsi al rotore di coda.
- Non saltare dall'elicottero e non fare spostamenti bruschi a bordo.
- Allacciare le cinture di sicurezza e mettere le cuffie dopo essersi sistemati a bordo.
- Non fumare a bordo.

- Non permettere che siano avvicinate all'elicottero barelle dotate di lenzuola.
- Mantenere le persone e gli animali lontano dalla piazzola.
- Mantenere i veicoli di soccorso a distanza di sicurezza al di fuori del rotore.

DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA

27 marzo 1992

Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni per la determinazione dei livelli di assistenza sanitaria di emergenza

DPR 27/03/1992 Num. 467600 [Parte 2 di 2]

Decreto del Presidente della Repubblica 27 marzo 1992

-- Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni per la determinazione dei livelli di assistenza sanitaria di emergenza.

[testo DECRETO] [parte 2 di 2]

Articolo 1

Art. 1. Il livello assistenziale di emergenza sanitaria.

1. Ai sensi del comma 1 dell'art. 4 della legge 30 dicembre 1991, n. 412, il livello assistenziale di emergenza sanitaria da assicurare con carattere di uniformità in tutto il territorio nazionale è costituito dal complesso dei servizi e delle prestazioni di cui agli articoli successivi.

Articolo 2

Art. 2. Il sistema di emergenza sanitaria.

1. Le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano organizzano le attività di urgenza e di emergenza sanitaria articolate su:

- a) il sistema di allarme sanitario;
- b) il sistema di accettazione e di emergenza sanitaria.

Articolo 3

Art. 3. Il sistema di allarme sanitario.

1. Il sistema di allarme sanitario è assicurato dalla centrale operativa, cui fa riferimento il numero unico telefonico nazionale <<118>>. Alla centrale operativa affluiscono tutte le richieste di intervento per emergenza sanitaria. La centrale operativa garantisce il coordinamento di tutti gli interventi nell'ambito territoriale di riferimento.
2. Le centrali operative della rete regionale devono essere compatibili tra loro e con quelle delle altre regioni e delle province autonome di Trento e di Bolzano in termini di standard telefonici di comunicazione e di servizi per consentire la gestione del traffico interregionale. Con decreto del Ministro della sanità, di concerto con il Ministro delle poste e delle telecomunicazioni, entro sessanta giorni dalla data di pubblicazione del presente atto nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica, sono definiti gli standard di comunicazione e di servizio.
3. L'attivazione della centrale operativa comporta il superamento degli altri numeri di emergenza sanitaria di enti, associazioni e servizi delle unità sanitarie locali nell'ambito territoriale di riferimento, anche mediante convogliamento automatico delle chiamate sulla centrale operativa del <<118>>.
4. Le centrali operative sono organizzate, di norma, su base provinciale. In ogni caso nelle aree metropolitane, dove possono all'occorrenza sussistere più centrali operative, è necessario assicurare il coordinamento tra di esse.
5. Le centrali operative assicurano i radiocollegamenti con le autoambulanze e gli altri mezzi di soccorso coordinati e con i servizi sanitari del sistema di emergenza sanitaria del territorio di riferimento, su frequenze dedicate e riservate al servizio sanitario nazionale, definite con il decreto di cui al comma 2.
6. Il dimensionamento e i contenuti tecnologici delle centrali operative sono definiti sulla base del documento approvato dalla Conferenza Stato-regioni in data 14 gennaio 1992, che viene allegato al presente atto.

Articolo 4

Art. 4. Competenze e responsabilità nelle centrali operative.

1. La responsabilità medico-organizzativa della centrale operativa è attribuita nominativamente, anche a rotazione, a un medico ospedaliero con qualifica non inferiore ad aiuto corresponsabile, preferibilmente anestesista, in possesso di documentata esperienza ed operante nella medesima area dell'emergenza.
2. La centrale operativa è attiva per 24 ore al giorno e si avvale di personale infermieristico adeguatamente addestrato, nonché di competenze mediche di appoggio. Queste devono essere immediatamente consultabili e sono assicurate nominativamente, anche a rotazione, da medici dipendenti con esperienza nel settore dell'urgenza ed emergenza e da medici del servizio di guardia medica di cui all'art. 22 dell'accordo collettivo nazionale per la regolamentazione dei rapporti con i medici addetti al servizio di guardia medica e di emergenza territoriale, reso esecutivo con decreto del Presidente della Repubblica 25 gennaio 1991, n. 41. La responsabilità operativa è affidata al personale infermieristico professionale della centrale, nell'ambito dei protocolli decisi dal medico responsabile della centrale operativa.

Articolo 5

Art. 5. Disciplina delle attività.

1. Gli interventi di emergenza sono classificati con appositi codici, il Ministro della sanità, con proprio decreto da emanarsi entro sessanta giorni dalla data di pubblicazione del presente atto nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica, stabilisce criteri e requisiti cui debbono attenersi le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano nella definizione di tale codificazione, anche ai fini delle registrazioni necessarie per documentare le attività svolte e i soggetti interessati.
2. L'attività di soccorso sanitario costituisce competenza esclusiva del Servizio sanitario nazionale. Il Governo determina gli standard tipologici e di dotazione dei mezzi di soccorso ed i requisiti professionali del personale di bordo, di intesa con la Conferenza Stato-regioni.
3. Ai fini dell'attività di cui al precedente comma, le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano possono avvalersi del concorso di enti e di associazioni pubbliche e private, in possesso dell'apposita autorizzazione sanitaria, sulla base di uno schema di convenzione definito dalla Conferenza Stato-regioni, su proposta del Ministro della sanità

Articolo 6

Art. 6. Il sistema di accettazione e di emergenza sanitaria.

1. Fermo restando quanto previsto dall'art. 14 del decreto del Presidente della Repubblica 27 marzo 1969, n. 128, in materia di accettazione sanitaria, il sistema di emergenza sanitaria assicura:

- a) il servizio di pronto soccorso;
- b) il dipartimento di emergenza.

2. Le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano individuano gli ospedali sedi di pronto soccorso e di dipartimento di emergenza.

Articolo 7

Art. 7. Le funzioni di pronto soccorso.

1. L'ospedale sede di pronto soccorso deve assicurare, oltre agli interventi diagnostico-terapeutici di urgenza compatibili con le specialità di cui è dotato, almeno il primo accertamento diagnostico, clinico, strumentale e di laboratorio e gli interventi necessari alla stabilizzazione del paziente, nonché garantire il trasporto protetto.

2. La responsabilità delle attività del pronto soccorso e il collegamento con le specialità di cui è dotato l'ospedale sono attribuiti nominativamente, anche a rotazione non inferiore a sei mesi, ad un medico con qualifica non inferiore ad aiuto, con documentata esperienza nel settore.

Articolo 8

Art. 8. Le funzioni del dipartimento di emergenza.

1. Il dipartimento di emergenza deve assicurare nell'arco delle 24 ore, anche attraverso le unità operative specialistiche di cui è dotato l'ospedale, oltre alle funzioni di pronto soccorso, anche:

- a) interventi diagnostico-terapeutici di emergenza medici, chirurgici, ortopedici, ostetrici e

pediatrici;

b) osservazione breve, assistenza cardiologica e rianimatoria.

2. Al dipartimento di emergenza sono assicurate le prestazioni analitiche, strumentali e di immunoematologia per l'arco delle 24 ore giornaliere.

3. La responsabilità delle attività del dipartimento e il coordinamento con le unità operative specialistiche di cui è dotato l'ospedale sono attribuiti nominativamente, anche a rotazione non inferiore a sei mesi, ad un primario medico, chirurgo o rianimatore, con documentata esperienza nel settore.

Articolo 9

Art. 9. Le funzioni regionali.

1. Le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano, anche a stralcio del Piano sanitario regionale, determinano, entro centoventi giorni, dalla data di pubblicazione del presente atto nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica, la ristrutturazione del sistema di emergenza sanitaria, con riferimento alle indicazioni del parere tecnico fornito dal Consiglio superiore di sanità, in data 12 febbraio 1992,(1) e determinano le attribuzioni dei responsabili dei servizi che compongono il sistema stesso.

2. Il provvedimento di cui al comma precedente determina altresì le modalità di accettazione dei ricoveri di elezione in relazione alla esigenza di garantire adeguate disponibilità di posti letto per l'emergenza. Con il medesimo provvedimento sono determinate le dotazioni di posti letto per l'assistenza sub-intensiva da attribuire alle singole unità operative. (1) [così rettificato in Gazz. Uff. 11 aprile 1992 n.86]

Articolo 10

Art. 10. Prestazioni del personale infermieristico.

1. Il personale infermieristico professionale, nello svolgimento del servizio di emergenza, può essere autorizzato a praticare iniezioni per via endovenosa e fleboclisi, nonché a svolgere le altre attività e manovre atte a salvaguardare le funzioni vitali, previste dai

protocolli decisi dal medico responsabile del servizio.

Articolo 11

Art. 11. Onere del trasporto di emergenza.

1. Gli oneri delle prestazioni di trasporto e soccorso sono a carico del servizio sanitario nazionale solo se il trasporto è disposto dalla centrale operativa e comporta il ricovero del paziente. Detti oneri sono altresì a carico del Servizio sanitario nazionale anche in mancanza di ricovero determinata da accertamenti effettuati al pronto soccorso. Fanno carico al Servizio sanitario nazionale, altresì, i trasferimenti tra sedi ospedaliere disposti dall'ospedale.

Articolo 12

Art. 12. Attuazione.

1. All'attuazione di quanto disposto dal presente atto provvedono le regioni e le province autonome.
2. Le spese in conto capitale per l'organizzazione del livello assistenziale fanno carico come priorità agli stanziamenti di cui all'art. 20 della legge 11 marzo 1988, n. 67, nonché agli stanziamenti in conto capitale del Fondo sanitario nazionale, mentre quelle correnti fanno carico al Fondo sanitario nazionale di parte corrente di cui all'art. 51 della legge 23 dicembre 1978, n. 833, nella misura che sarà determinata ai sensi del combinato disposto delle norme di cui ai commi 1 e 16 dell'art. 4 della legge 30 dicembre 1991, n. 412.
3. Entro sei mesi dalla data di pubblicazione del presente atto nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica, la Conferenza Stato-regioni verifica le iniziative assunte, lo stato di attuazione del sistema emergenza sanitaria in ciascuna regione e provincia autonoma, nonché le risorse finanziarie impiegate. Allo scopo di attuare il sistema di emergenza sanitaria nelle regioni che non lo abbiano attuato, in tutto o in parte, la Conferenza Stato-regioni approva uno schema tipo di accordo di programma, che, sottoscritto dal Ministro della sanità e dal presidente della regione interessata, determina tempi, modi e risorse finanziarie per l'attuazione, anche avvalendosi di apposite conferenze dei servizi. L'accordo di programma può essere attivato anche prima della verifica, su richiesta della regione e provincia

autonoma.

Capitolo 6

6.1 Principi generali del soccorso extraospedaliero

La patologia traumatica è di fondamentale importanza nell'ambito dell'emergenza, poiché comprende in essa tutte quelle situazioni che costituiscono i casi più critici in assoluto, ai quali si possono agevolmente ricondurre gli altri tipi di emergenza chirurgica che è possibile incontrare. Le principali lesioni traumatiche sono riconducibili a: incidenti stradali, incidenti professionali, cadute, ustioni, ferite da arma bianca e da arma da fuoco. Con il termine "Politraumatizzato" invece, si definisce un soggetto che presenta lesioni associate a carico di due o più distretti corporei (cranio, rachide, torace, addome e arti), con eventuale compromissione delle funzioni vitali. In questi casi per salvaguardare l'integrità fisica dell'infortunato si richiedono:

- Un approccio clinico "aggressivo" e globale
- L'esecuzione di tecniche invasive per il supporto delle funzioni vitali
- Il completamento della terapia causale attraverso atti chirurgici veri e propri.

6.2 Concetto di golden hour

Il successo nel trattamento della patologia traumatica dipende dalla gestione del fattore tempo, gli interventi di emergenza da eseguire sull'infortunato, infatti, debbono essere eseguiti nella cosiddetta ora d'oro o (golden hour), che rappresenta una sorta di "conto alla rovescia" che parte, non dall'inizio delle cure di ospedalizzazione, bensì dal momento dell'evento traumatico. Infatti un intervento qualificato prestato nelle prime ore dopo il trauma, aumenta sensibilmente la probabilità e le qualità della sopravvivenza. La mortalità conseguente al trauma si presenta secondo una distribuzione su tre picchi, detta anche "andamento trimodale".

1° PICCO - MORTE IMMEDIATA

In questi casi in genere la morte è istantanea o subentra entro i primi minuti dal trauma. È dovuta al danno che si sviluppa a carico di organi come cuore, cervello e grossi vasi. Nella maggioranza dei casi tali lesioni sono irrecuperabili.

2° PICCO- MORTE PRECOCE

È riconducibile a quell'intervallo di tempo che va dal trauma fino a qualche ora successiva ad esso. La mortalità è dovuta al danno secondario portato dal dissanguamento, con relative conseguenze (ipossia, ipoperfusione). Generalmente il danno è potenzialmente reversibile e le sue cause principali sono rappresentate da rottura di organi interni o vasi, ematoma intracranico, emo e pneumotorace.

3° PICCO- MORTE TARDIVA

Si sviluppa nei giorni e nelle settimane seguenti al trauma ed è principalmente conseguente a complicanze settiche. Le morti tardive possono essere facilmente evitate migliorando gli interventi di soccorso sul territorio e l'assistenza intraospedaliera.

6.3 A.T.L.S.

L'A.T.L.S. (Advanced Trauma Life Support), è un programma contenente linee guida per il trattamento del traumatizzato con provvedimenti anche a basso profilo tecnologico. L'importanza capitale dell'A.T.L.S. consiste proprio nel mettere in condizione il soccorritore di realizzare interventi efficaci e significativi per la sopravvivenza del paziente, facendo ricorso a strumenti di limitato livello tecnologico applicabile quindi in ambito preospedaliero, (dove spesso le risorse sono limitate e le condizioni sfavorevoli) ma anche in qualsiasi ospedale. Secondo i contenuti dello specifico corso A.T.L.S., lo staff di emergenza sanitaria deve arrivare ad essere in grado di:

- Saper valutare rapidamente ma accuratamente le condizioni del paziente.
- Saper rianimare e stabilizzare il paziente in funzione di priorità chiare e definite.
- Saper riconoscere la possibilità di poter risolvere o meno il problema del paziente con i soli mezzi localmente a disposizione.
- Saper provvedere senza esitazione all'eventuale trasferimento del paziente verso centri maggiormente attrezzati.
- Saper garantire il massimo della qualità disponibile nell'erogazione delle cure in ogni fase dell'iter terapeutico.

La seguente tabella riassume le linee guida del programma A.T.L.S., si suddivide in obiettivi e risorse minime utilizzabili, servono anche per sfatare il mito che in assenza di

complesse attrezzature non sia possibile far nulla per soccorrere il traumatizzato critico.

6.4 Emergenza ed urgenza

Prima di andare avanti mi sembra opportuno fare chiarezza su due termini che spesso saranno chiamati in causa in questa trattazione e sui quali molto spesso i “laici” della professione sono soliti fare abbastanza confusione, ovvero “emergenza” ed “urgenza”. Nella lingua inglese “emergency”, rappresenta una situazione, una condizione, mentre “urgency”, indica la necessità (importanza, fretta), per un’azione, decisione o trattamento. Ecco ben presto scoperto il motivo di tale confusione, ovvero, mentre in italiano i due termini vengono indifferentemente usati per esprimere una condizione, in inglese emergenza definisce una situazione o condizione che necessita, mentre urgenza definisce la necessità in se per se della pronta azione. Quindi, per praticità generalmente si usa dare al termine urgenza i caratteri di una situazione meno grave, meno pericolosa rispetto all’emergenza, comunque bisognosa di pronto intervento ma più dilazionabile nel tempo. Tutto ciò che non rientra nell’urgenza sarà pertanto oggetto di una diagnosi o un trattamento che possono essere programmati. Generalmente la necessità primaria consiste nel differenziare ciò che è urgente da ciò che non lo è, e su ciò che è urgente riuscire ad organizzarsi in modo da poter intervenire a tutti i livelli, (dal territorio sino all’ospedale), e su un ampio spettro che vada da ciò che è sia urgente che grave (emergenza), a ciò che è solo urgente ma non grave (urgenza), tenendo presente la possibilità di un rapido passaggio da una situazione all’altra in senso biunivoco. Concludendo possiamo affermare che per emergenza si intende una situazione patologica grave, in cui la vita dell’infortunato è in serio pericolo e alla quale, in tempi brevi, fa necessariamente seguito o la morte dell’infortunato o una grave compromissione della sua integrità fisica, a meno che il quadro clinico non venga stabilizzato con assoluta tempestività e con mezzi appropriati. I pazienti dell’emergenza sono dunque pazienti critici che necessitano di attenzione costante da parte di personale altamente specializzato in area critica (medici, infermieri, ecc...)

Per urgenza si intende invece una qualsiasi situazione patologica, nella quale è formalmente indicato un trattamento in tempi stretti, indispensabile alla miglior riuscita possibile delle cure, e ad evitare che l’urgenza sconfini nel campo dell’emergenza.

6.5 Cenni generali di triage

Il termine “triage”, (dal francese trier, scegliere), indica l'insieme delle attività volte alla determinazione delle priorità assistenziali da attribuire agli utenti che giornalmente si recano in pronto soccorso. Tali attività vengono svolte da infermieri specificatamente formati, il cui operato non si limita solamente all'attività di pronto soccorso, ma si estende anche sino alle emergenze presenti sul territorio. Si capisce come l'insieme delle conoscenze di triage non debba essere caratteristica peculiare propria del bagaglio professionale dei soli “triagisti”, bensì di tutti gli infermieri, i volontari del soccorso e di chiunque altro si occupi di soccorso extraospedaliero. In questo paragrafo è mio intento pertanto fornire dei concetti generali di triage senza addentrarmi eccessivamente nello specifico dell'argomento, rimandando ogni ulteriore approfondimento alle numerose pubblicazioni esistenti in commercio. In Italia si stima che 1 cittadino su 2-3 ogni anno si rivolga alle strutture di pronto soccorso; questi utenti perlopiù non presentano patologie urgenti ed un tale uso improprio del servizio determina un sovraffollamento che può comportare ritardi per i pazienti che necessitano realmente di un tempestivo intervento medico. È per questo che negli ultimi anni molti pronto soccorsi hanno attivato la funzione di triage. Di questo interesse per il triage in pronto soccorso sono testimonianza anche gli specifici corsi di formazione attivati a livello aziendale, regionale o nazionale: Dal 1996 a oggi il Gruppo Formazione Triage ha contribuito alla preparazione di più di 1000 infermieri sul tutto il territorio nazionale.

Gli obiettivi da conseguire con l'attivazione di un sistema di triage sono:

- Ridurre al minimo i ritardi nell'intervento sul paziente urgente e attribuire a tutti i pazienti un codice di priorità che regoli l'accesso alle cure mediche in relazione alla gravità della loro condizione.
- Mantenere l'efficienza complessiva della struttura di pronto soccorso.

Al fine di raggiungere completamente gli obiettivi è necessario agire secondo principi metodologici standardizzati, come la valutazione sulla porta, la raccolta dei dati soggettivi (forniti direttamente dal paziente, dai famigliari, dai soccorritori o dalla documentazione clinica disponibile), la raccolta dei dati obiettivi (rilevamento dei parametri vitali ed esame generale del paziente) e l'eventuale rivalutazione delle condizioni del paziente. Il risultato finale di tutto il procedimento è l'attribuzione del codice di gravità (decisione di triage). Nella

maggior parte dei Pronto Soccorsi italiani ci si è orientati per l'utilizzo dei cosiddetti "codici colore", che risultano di immediata comprensione e comunicazione nei confronti dell'utenza.

6.6 La valutazione di triage

La valutazione di triage, rappresenta la base del processo decisionale e consta di un insieme molto complesso e articolato di attività infermieristiche che hanno lo scopo di attribuire un codice di gravità (decisione di triage) per ogni utente che accede al pronto soccorso, identificando immediatamente i pazienti in pericolo di vita. Gli obbiettivi peculiari della valutazione di triage sono:

- Identificare le condizioni potenzialmente pericolose per la vita;
- Determinare un codice di gravità per ogni paziente che accede in pronto soccorso.

Molto importante risulta l'impatto relazionale che si ha con l'infermiere di triage, che condiziona poi la percezione che l'utente avrà dell'intero sistema di Pronto Soccorso, infatti in molti casi la valutazione infermieristica costituisce un vero e proprio intervento terapeutico essendo capace di ridurre lo stato d'ansia del paziente. Generalmente, in una realtà dove gli accessi in Pronto Soccorso sono molto numerosi una valutazione iniziale dovrebbe iniziare entro 90 secondi dall'arrivo del paziente. Il primo passo di questa rapida valutazione è quello di chiedere innanzitutto al paziente o eventualmente a chi per lui, perché necessita di una visita medica. I pazienti ai quali occorre prestare maggiore attenzione sono coloro che presentano o dichiarano:

- Compromissione della pervietà delle vie aeree;
- Disturbi cardiaci;
- Traumatismi di organi o apparati vitali o che minacciano l'integrità neurologica;
- Violenze;
- Psicosi acute pericolose.

6.7 Il processo di triage

Il compito dell'infermiere di triage non è quello di effettuare una diagnosi, di competenza strettamente medica, bensì quello di valutare le condizioni del paziente e gli elementi per un potenziale scompenso o l'insorgere di complicanze entro breve o medio termine. I quattro componenti principali della valutazione di triage sono:

- La valutazione sulla porta;
- La raccolta dati (valutazione soggettiva e oggettiva);
- La decisione di triage;
- La rivalutazione.

6.8 Valutazione sulla porta

La valutazione rapida riguarda:

A= Pervietà delle vie aeree;

B= Respiro;

C= Circolo;

D= Deficit neurologici o alterazioni dello stato di coscienza.

E= Exposure controllo di ferite e arti

Il codice di gravità può essere assegnato subito dall'infermiere se egli riconosce nel paziente condizioni pericolose per la vita, oppure dopo una più accurata valutazione oggettiva e soggettiva.

Le domande da porsi nei confronti dei pazienti per compiere un'adeguata valutazione sulla porta sono:

6.8.1 Aspetto generale

Il paziente appare malato o sofferente, oppure ha un aspetto sano? Quali sono le nostre impressioni riguardo a postura, andatura e colorito? Qual è l'espressione del viso? (paura, confusione, collera, dolore).

6.8.2 Pervietà delle vie aeree

È presente qualche segno di ostruzione? Viene assunto un particolare decubito per facilitare il passaggio dell'aria? Sono presenti rumori respiratori (stridoli, sibili, rantoli), è presente tosse?

6.8.3 Respiro

Osservare i movimenti toracici: sono superficiali, profondi, rapidi, lenti?

6.8.4 Circolo

Qual è il colorito cutaneo? (Il paziente appare pallido, itterico, cianotico, arrossato?), la cute è asciutta o sudata?

6.8.5 Deficit neurologici e stato di coscienza

Il paziente appare vigile, assopito, irritabile? È in grado di mantenere la posizione eretta senza aiuto? Il livello di coscienza gli consente di mantenere un'adeguata ventilazione?

6.8.6 La raccolta dei dati

6.8.6.1 Valutazione soggettiva

La valutazione soggettiva viene effettuata sulla base di un'intervista che si pone al paziente, o ai parenti o al personale del soccorso extraospedaliero al fine di determinare;

- Il sintomo principale;
- L'evento presente;
- Il dolore;
- I sintomi associati;
- La storia medica passata.

Valutazione oggettiva

6.8.6.2 La valutazione oggettiva

La valutazione comprende l'esame fisico e la documentazione. Comprende dati osservati (come appare il paziente), dati misurati (parametri vitali), e dati ricercati (esame localizzato). L'infermiere di triage deve valutare e assegnare un codice di gravità nel minor tempo possibile, riducendo pressoché a zero la possibilità di errore, a tal proposito occorre ricordare alcuni principi generali:

- Cercare sempre di visualizzare direttamente l'area corporea interessata dal sintomo principale;

- Verificare bilateralmente gli elementi rilevati nella valutazione e compararli con i range di normalità o con i valori base del paziente;
- Se si ha un dubbio sulla rilevazione di un parametro, chiedere al paziente se il valore riscontrato rientra nella sua normalità;
- Agire passando dalla valutazione meno invasiva a quella più invasiva.

Bisogna sempre tener presente che il paziente potrebbe essere in pericolo di vita e che quindi nell'incertezza è sempre consigliabile rivolgersi ad un collega o al medico per una valutazione ulteriore. Nella valutazione oggettiva occorre sempre partire prima dal distretto corporeo sede del sintomo principale per poi estendersi alle altre parti del corpo. È inoltre fondamentale tener presente che le funzioni dei vari organi e dei diversi apparati spesso si sovrappongono e in molti pazienti si rileva che il sintomo principale relativo ad un determinato distretto corporeo è in realtà conseguente ad un problema presente in altra zona del corpo. Ad esempio un paziente che presenta edemi agli arti inferiori spesso rivela uno scompenso cardiaco destro.

6.8.7 La decisione di triage

Rappresenta l'assegnazione del codice di gravità ed è il culmine di un processo molto complesso, che non si basa soltanto sugli esiti della valutazione ma può essere variata in qualsiasi momento a seguito del processo di rivalutazione.

6.8.8 La rivalutazione

Rappresenta un momento fondamentale del processo di triage poiché dopo la decisione la maggior parte dei pazienti viene indirizzata alla sala d'attesa dove i tempi di attesa possono essere anche molto lunghi. Occorre quindi rivalutare ad intervalli prestabiliti ed in relazione al codice di gravità assegnato, le condizioni del paziente, per controllare se si sono verificati miglioramenti o peggioramenti del suo stato di salute tali da modificare il codice di gravità.

6.8.9 Filosofia dell'operatore di triage

In passato l'operatore di C.O. è stato sempre considerato semplicemente come un impiegato piuttosto che come un anello fondamentale della catena di sopravvivenza.

L'importanza di tale figura è riscontrabile in particolar modo nelle situazioni tempo-dipendenti, ad esempio nell'arresto cardiaco, dove l'azione dell'operatore di C.O. dà il via alle manovre di rianimazione cardiopolmonare che permetteranno di salvare la vita al paziente. Grazie all'utilizzo di specifici protocolli, l'operatore di centrale è in grado di capire il grado di criticità e quindi di allertare il mezzo più idoneo alla situazione, inoltre di fondamentale importanza, se correttamente utilizzate dall'utente, sono le cosiddette istruzioni pre-arrivo fornite dall'operatore di C.O. che possono, in alcuni casi, essere definitivamente risolutive.

Ci sono comunque alcuni miti riguardo l'attività dell'operatore di centrale. Uno dei più importanti può essere riassunto nella frase "l'utente è sempre così isterico che è impossibile parlarci!" Questa affermazione però non è del tutto vera. È infatti provato che utenti veramente isterici all'inizio della chiamata, siano poi stati calmati dall'operatore in maniera sufficiente a fornire tutte le notizie necessarie al soccorso. Esistono infatti tecniche specifiche che possono essere adottate dall'operatore al fine di calmare un utente isterico senza far sì che l'operatore stesso perda il controllo della situazione.

6.8.10 La soglia isterica

Mentre molti utenti ritenuti isterici in realtà non lo sono, ci sono utenti che sono invece chiaramente non cooperanti. La soglia oltre la quale ognuno di noi diviene non cooperante viene chiamata "soglia isterica". In una situazione di emergenza, se l'utente si trova sull'orlo di tale soglia, l'operatore può avere la capacità di recuperarlo oppure di spingerlo oltre, perdendo definitivamente il controllo della situazione e di conseguenza di tutte le informazioni utili che si potrebbero ottenere.

6.8.11 La persistenza ripetitiva

La tecnica della persistenza ripetitiva è l'unico metodo per rompere la soglia isterica dell'utente. Essa consiste nel ripetere più volte e sempre con le stesse parole, una precisa richiesta all'utente, ad esempio la frase "signora, si calmi se vuole aiutare il suo bambino!" deve essere ripetuta continuamente e con tono deciso per riportare l'utente sotto controllo. È dimostrato che tale metodo funziona dopo circa 2-3 ripetizioni. È importante usare sempre le stesse parole perché cambiarle di volta in volta denoterebbe una certa indecisione o perdita di controllo da parte dell'operatore. Inoltre è importante motivare sempre le richieste

fatte e non usare mezzi intimidatori.

6.8.12 Score di cooperazione emozionale

In base ad uno studio effettuato sulle telefonate arrivate ad una C.O., si è visto come soltanto il 4% di esse provenga da cittadini talmente isterici da risultare non cooperanti. Fra i principali sistemi di calcolo del livello di cooperazione utente-operatore, ci si avvale solitamente dello “score di cooperazione emozionale” (E.C.C.S.), che rappresenta una scala per mezzo della quale è possibile attribuire un valore numerico allo stato emotivo dell'utente. Essa viene generalmente usata anche dai comitati di verifica della qualità durante il riascolto delle telefonate.

5 Utente isterico, incontrollabile;

4 Utente non cooperante, non ascolta l'operatore, di solito urla;

3 Utente turbato, ma cooperante;

2 Utente ansioso, ma cooperante;

1 Utente calmo, conversazione normale.

6.8.13 Dispatch life support (d.l.s.)

Per mezzo di protocolli medici standardizzati l'operatore può, in alcune situazioni, rispondere immediatamente alle necessità dell'utente. È per questo che dal 1989 è stato coniato il Dispatch Life Support (D.L.S.), che è composto dalle conoscenze e dalle procedure utilizzate da un operatore esperto che permettano di prestare, in alcune situazioni, assistenza immediata al paziente per mezzo delle istruzioni di pre-arrivo. Il D.L.S. contiene alcuni principi di Basic Life Support (B.L.S.), ma a causa della loro natura “non visiva” le procedure di D.L.S. possono variare da quelle di B.L.S.

6.8.14 Psicologia del d.l.s.

Le azioni compiute da un utente durante una telefonata non sono casuali, bensì possono essere previste e quindi anticipate da un infermiere esperto, alcuni comportamenti sono addirittura costantemente frequenti in ogni interrogazione.

Si considerano generalmente a rischio le seguenti situazioni:

- Quando si chiede all'utente di avvicinare il paziente al telefono; Ciò fa sì che l'utente si

renda nuovamente conto delle condizioni dell'infortunato.

- Verifica dei parametri vitali; il non reperire i parametri vitali (respiro e battito cardiaco) mette di nuovo l'utente di fronte alla gravità della situazione accrescendone l'ansia.
- “Non funziona niente”: I tentativi di rianimazione cardiopolmonare che si fanno eseguire via telefono sono quasi sempre infruttuosi, a causa di una cattiva informazione invece il paziente crede che tali manovre diano un risultato immediato (tipo film) e ciò può spingere l'utente ad interrompere tali manovre.
- L'arrivo di un amico o di un parente sul luogo dell'evento fa di solito rivivere tutto lo stress dell'accaduto poiché è normale che essi si mettano a raccontare il tutto, rievocando così lo stress accumulato.
- Talvolta può accadere che le manovre fatte eseguire telefonicamente abbiano successo (in particolar modo la manovra di Heimlich). In questi casi vi può essere una reazione di sollievo, da parte dell'utente, tale da far diminuire il livello di attenzione ancora necessario alla situazione.

Tali eventi possono essere controllati per mezzo della persistenza ripetitiva, conoscerli e sapere quando possono manifestarsi aiuterà l'operatore a prevenirli. Confrontando l'attività di centrale e quella di soccorso sul territorio, si sono trovate diverse similitudini. Ad esempio la valutazione primaria deve essere sempre svolta e completata sia dall'operatore che dal sanitario. L'importanza di tale fase può essere facilmente riassunta in quelli che sono i quattro “comandamenti” del Dispatch : “Cosa è successo?”, “età del paziente”, “è cosciente?”, “respira?”. Le altre domande che vengono formulate in seguito rappresentano la fase di valutazione secondaria e possono essere paragonate alle informazioni che vengono raccolte in strada sulle condizioni del paziente e sulla sicurezza del luogo dell'evento.

6.8.15 Protocolli di interrogazione

Nella realizzazione di un protocollo di interrogazione ci sono dei passi obbligati che bisogna sempre seguire, essi sono:

- La localizzazione dell'evento e il numero telefonico del chiamante. Questi rappresentano gli elementi che per primi debbono essere acquisiti dall'operatore di C.O.; Il motivo della richiesta di soccorso, l'età, lo stato di coscienza e la respirazione del paziente, immediatamente dopo;

Già solo con queste informazioni di facile reperibilità è possibile discriminare da subito una situazione potenzialmente a rischio per la sopravvivenza da una che invece non lo è. Se il paziente è cosciente e respira, si può spendere qualche secondo in più per cercare di capire che cosa stia succedendo, sarà dunque possibile formulare differenti domande a seconda del problema riportato per cercare di capire meglio la situazione. Ad esempio, se la richiesta di soccorso arriva per un dolore toracico, potranno essere rivolte domande specifiche del tipo: (il paziente è un cardiopatico noto? Stà respirando con difficoltà? Assume farmaci per il cuore? Ecc...). Una volta poste tali domande sarà possibile inviare il mezzo più idoneo al soccorso per la situazione considerata.

I presupposti affinché un colloquio telefonico sia adeguato sono sostanzialmente tre:

- La collaborazione del richiedente il soccorso (il cosiddetto caller);
- L'uso di un protocollo di interrogazione standard, che garantisca un uniformità di valutazione che sia esente dal rischio di eventuali ambiguità interpretative;
- L'addestramento dell'operatore ad ottenere le informazioni necessarie al soccorso, attraverso particolari metodiche di interrogazione.

Si è più volte detto nel corso di questo capitolo dell'importanza della collaborazione da parte dell'utente, elemento che deve essere costantemente perseguito dall'operatore di C.O. per mezzo delle specifiche tecniche prima citate (persistenza ripetitiva). La collaborazione da parte del cittadino dipende sostanzialmente da tre variabili, che sono:

A Lo stato emotivo dell'utente, che, contrariamente a ciò che si pensa, rappresenta la causa meno importante di scarsa collaborazione da parte del caller;

B L'ignoranza della situazione può essere a volte un fattore determinante per il corretto svolgimento dell'interrogazione telefonica. A questo proposito, una chiamata si definisce proveniente da:

- **First party caller** (prima persona), quando è lo stesso paziente ad effettuare la chiamata;
- **Second party caller** (seconda persona), quando colui che chiama è fisicamente vicino al paziente;
- **Third party caller** (terza persona), quando chi chiama non è fisicamente vicino al paziente.

Almeno il 50% di tutte le chiamate arriva dalle due prime tipologie di utenti.

C L'educazione sanitaria di base all'uso di certi servizi. Difatti vi sono popolazioni ormai educate all'uso del numero 118, e popolazioni che invece non lo sono affatto.

6.9 Il soccorso al paziente traumatizzato: descrizione ed uso dei presidi di immobilizzazione e trasporto

I traumi rappresentano la prima causa di morte per le persone in età giovanile (fra 1 e 44 anni) nel mondo occidentale, oltre ad essere responsabili di molti casi di invalidità. Per trauma si intende l'alterazione anatomica e/o funzionale indotta nell'organismo dall'azione di determinati agenti denominati appunto "traumatici" (meccanici, fisici, chimici), capaci di modificare in maniera più o meno grave l'integrità fisica o l'omeostasi. In Italia il fenomeno risulta molto rilevante se si calcola che vi sono circa 9.000 morti e 250.000 feriti ogni anno solamente a seguito di incidenti stradali. I principali eventi traumatici sono rappresentati da: "incidenti stradali, infortuni sul lavoro, infortuni domestici e infortuni sportivi". Qualsiasi atto di soccorso deve avere come obiettivo iniziale, prioritario e indifferibile, la rapida valutazione della gravità della situazione, l'assistenza vitale di base, la stabilizzazione e il corretto trasporto. Un intervento tempestivo ed efficace può ridurre del 20-30 % la mortalità e gli esiti invalidanti di numerose patologie traumatiche e non.

6.91 La prevenzione

Gli eventi traumatici sono presenti in gran numero nella vita di tutti i giorni, ecco perché anche qui, come in altri settori dell'educazione sanitaria, vale la regola del "prevenire è meglio che curare". A tal fine è utile considerare quanto suggerito dall'O.M.S. in tema di prevenzioni dei traumi: Il termine prevenzione viene infatti suddiviso in quattro livelli principali:

- 1. Azioni volte a far sì che il trauma non si verifichi;
- 2. Azioni volte a minimizzare la gravità del trauma durante lo svolgimento (limitare la trasmissione dell'energia meccanica sul corpo);
- 3. Azioni volte a limitare le conseguenze immediate del trauma successivamente al suo verificarsi;
- 4. Azioni volte a limitare o a rimuovere gli esiti derivanti dal trauma.

Le azioni comprese nel primo livello sono tese a ridurre il numero degli eventi traumatici che giornalmente si verificano sulle strade e di conseguenza i relativi morti e feriti. Interventi che rientrano in questo gruppo sono:

- Educazione sin dall'età scolastica al rispetto delle regole del codice della strada e alle

norme di prudenza;

- Azioni legislative che eliminino situazioni a rischio (leggi sulla sicurezza dei luoghi di lavoro e sulla prevenzione degli infortuni).

Le azioni comprese nel secondo livello possono ridurre le conseguenze dell'evento traumatico nella persona, fra queste ricordiamo:

- Uso obbligatorio e generalizzato del casco di protezione per tutti coloro che usano motoveicoli e biciclette;
- Uso obbligatorio e generalizzato delle cinture di sicurezza per i conducenti ed i passeggeri di tutti gli autoveicoli;
- Divieto di trasportare minori non protetti da dispositivi di sicurezza nei sedili anteriori di autoveicoli.

Le azioni comprese al terzo livello possono essere così riassunte:

- Diffusione delle conoscenze di primo soccorso ed educazione sanitaria nella popolazione, con particolare riferimento ai ragazzi in età scolastica. Va ricordata in primo luogo la diffusione delle modalità corrette di allertamento dei soccorsi extraospedalieri;
- Diffusione delle conoscenze di primo soccorso in particolari categorie (vigili del fuoco, polizia stradale, carabinieri), che hanno maggiore probabilità di trovarsi ad effettuare un intervento di primo soccorso in caso di incidente;
- Razionalizzazione e qualificazione dei sistemi di soccorso sanitario extraospedaliero.

Infine all'ultimo livello si considerano l'insieme di azioni volte alla riabilitazione dei traumatizzati, ancora purtroppo molto carenti nella realtà italiana.

6.10 Sistema di soccorso ai pazienti traumatizzati

Nel momento del verificarsi di un incidente stradale, lo scaricarsi dell'energia traumatica sul corpo della persona causa lesioni in un attimo: il trattamento del traumatizzato inizia sin dalle prime fasi successive all'incidente e termina, nei casi più fortunati, con il ritorno della persona alla normale attività lavorativa. I migliori risultati si ottengono laddove sono stati organizzati specifici sistemi per il trattamento dei traumatizzati. Le varie fasi del trattamento del traumatizzato possono essere così riassunte:

A Trattamento extraospedaliero: primi soccorsi sul luogo dell'incidente e caricamento sul

mezzo di soccorso, trasporto, con prosecuzione del trattamento, in ospedale;

B Trattamento ospedaliero: saletta di accettazione al pronto soccorso, rianimazione, chirurgia d'urgenza (sala operatoria), convalescenza;

C Trattamento riabilitativo.

Il soccorso extraospedaliero al momento dell'incidente va considerato una parte di fondamentale importanza del sistema di soccorso, in quanto secondo i principi precedentemente esposti della "golden hour", il 50% delle morti per trauma si colloca nella prima ora dal momento dell'incidente, quindi il tempo risulta essere un fattore determinante ai fini del buon esito del soccorso. Il ruolo del personale di emergenza è fondamentale in quanto consente di applicare le manovre rianimatorie di base, comprendenti il massaggio cardiaco extracorporeo, la liberazione delle vie aeree da corpi estranei, la ventilazione artificiale, la compressione di importanti emorragie esterne che possono portare il traumatizzato in stato di shock ecc... Inoltre è essenziale che il personale di emergenza tenga conto che un intervento incauto può divenire causa di grandi invalidità, (si pensi al classico esempio, ma sempre purtroppo attuale, nonostante la diffusione delle informazioni a proposito delle specifiche attrezzature per l'immobilizzazione spinale ed il trasporto dei traumatizzati, del danno del midollo spinale conseguente ad incauto spostamento del traumatizzato con lesione della colonna vertebrale).

6.11 Norme di autoprotezione

Il nuovo concetto di base del soccorso extraospedaliero, lo STAY AND PLAY, che ha ormai sostituito lo SCOOP AND RUN, ha di fatto modificato l'approccio mentale e culturale al soccorso, alzando di conseguenza anche il livello di rischio tra gli operatori. Molte sono le situazioni "disagevoli nelle quali incorre un infermiere nel suo operato, infatti non si deve sottovalutare la difficoltà di compiere manovre rianimatorie altamente avanzate ed impegnative, che necessiterebbero di particolare calma, in un ambiente invece saturo di agitazione e confusione, con tempi ridotti e scarsa tecnologia e sotto la pressione psicologica di spettatori che spesso rimproverano coloro che "stanno perdendo tempo invece di correre in ospedale", per non parlare della presenza di situazioni contingenti che possono nascondere pericoli reali come: un'auto in bilico, pazienti agitati e violenti, pericolo di crolli o esplosioni. Tali situazioni ovviamente possono mettere in serio rischio la vita del soccorritore stesso, ed è per questo motivo che è da tutti indicata come la norma n°1 del

soccorritore l'attuazione dell'autoprotezione ed operare solo dopo aver messo in sicurezza lo scenario dell'incidente.

Autoprotezione: Insieme di norme comportamentali che l'equipe sanitaria deve conoscere ed attuare negli interventi di emergenza-urgenza sul territorio, per la salvaguardia della propria incolumità, condizione essenziale per la buona riuscita del salvataggio.

I rischi ai quali va incontro giornalmente un soccorritore si possono schematizzare in tre blocchi principali:

- **rischio generico:** Possibilità di incorrere in un evento negativo, non direttamente correlato con l'incidente; è un rischio comune con la popolazione: essere colpiti da un fulmine, avere un incidente se piove, nevica, c'è ghiaccio o nebbia;
- **rischio specifico del soccorritore:** Non è in comune con il resto della popolazione, ma è presente solo in chi sta svolgendo il soccorso: Rischio di incendio, esplosione, crollo;
- **rischio specifico del soccorritore sanitario:** Specifico, correlato con l'uso di aghi, defibrillatore, bombole di ossigeno, col contatto di sangue potenzialmente infetto o per l'interrelazione con pazienti violenti o agitati.

Inoltre ogni fase del soccorso presenta dei rischi aumentati, questi sono:

A) pericoli della fase di spostamento

- Guasti dell'ambulanza e incidenti stradali
- Non uso delle cinture di sicurezza
- Velocità sostenuta, traffico stradale
- Condizioni meteo ed ambientali sfavorevoli
- Stazionamento in piedi nel vano lavoro dell'ambulanza, durante il viaggio

A tal proposito occorre emanare precise direttive sui requisiti da possedere per svolgere la funzione di autista di ambulanza; molta attenzione inoltre dovrebbe essere posta alla compilazione dei turni al fine di evitare carichi di lavoro eccessivi. Dovrebbero essere codificati i controlli alle parti meccaniche, elettriche e alla fornitura di ossigeno delle ambulanze, da parte degli autisti ad ogni cambio turno. Alla partenza l'autista dovrà accertarsi di aver caricato tutto il personale necessario al soccorso, di aver chiuso bene i portelloni e di aver acceso la radio di bordo, inoltre l'autista non dovrà essere coinvolto nei

colloqui con la C.O. Sarà compito della C.O. fornire ai soccorritori informazioni, ulteriormente acquisite sul tragitto più agevole, sul numero dei feriti e sulla tipologia dell'incidente.

Non bisogna, inoltre, scendere dall'ambulanza prima che questa si sia stabilmente fermata.

Il mezzo non deve necessariamente essere posizionato vicino al luogo dell'incidente, perché non deve intralciare l'arrivo di altri mezzi di soccorso. In caso di pericolo di incendi o esplosioni, inoltre, la distanza minima da osservare è di 30 metri. Prima di avvicinarsi ai feriti, bisognerà valutare rapidamente la situazione per vedere se sono presenti situazioni a rischio e in tal caso bisognerà avvertire i Vigili del fuoco o le forze dell'ordine. In caso di incidente in cui siano coinvolte autovetture, togliere le chiavi dal quadro o staccare il polo nero della batteria.

B) fase di gestione dell'infortunato

Oltre alla parte più specificatamente sanitaria, bisognerà:

- Curare l'abbigliamento: tute colorate, ben visibili e riconoscibili, comode, traspiranti, con molte tasche e calzature congrue;
- Fare attenzione a vetri e lamiere sporgenti;
- Autoprotezione: usare guanti, occhiali protettivi, considerare il paziente sempre potenzialmente infetto, ventilare solo con maschere;
- Valutare la stabilità dei mezzi incidentati;
- Gettare aghi e taglienti in appositi contenitori di plastica dura;
- Defibrillare in sicurezza;
- Fare attenzione all'approccio all'elicottero;
- Assicurare bene il paziente e le coperte alla barella;
- Controllare il sistema d'erogazione dell'ossigeno.

6.12 L'intervento di soccorso ai pazienti traumatizzati

Come abbiamo appena visto, è stato già ampiamente ribadito il concetto della necessità della salvaguardia del soccorritore, come regola primaria da seguire nell'ambito del soccorso extraospedaliero.

Il soccorritore inoltre, dovrà seguire le modalità di comportamento da adottare in ogni caso

di intervento:

- Effettuare un esame della scena;
- Effettuare un esame generale del traumatizzato.

Esame della scena

Giunti sul luogo dell'incidente la prima cosa da fare è "mettere in sicurezza la scena", per tutelare sia i feriti che l'equipaggio.

A tal fine occorre valutare:

- **PERICOLOSITÀ DEL LUOGO DELL'INTERVENTO** (incendio, presenza di gas);
- **AMBIENTE SFAVOREVOLE** (pioggia, freddo, mancanza di spazio);
- **CONDIZIONI DISAGEVOLI** (rumore, buio, luce eccessiva);
- **LUOGO DISAGEVOLE** (fango, acqua, macerie, rottami);
- **LAVORO D'EQUIPE NON COORDINATO** (numero delle vittime);
- **SUPPORTO DI COMPONENTI NON SANITARI**

È importante stabilire la dinamica dell'incidente, in quanto la gravità delle lesioni del traumatizzato non sempre è correlata all'entità delle lesioni macroscopicamente evidenti.

6.13 Il meccanismo dell'incidente

Un veicolo o un pedone, possono o meno rispettare le leggi del traffico, ma non possono evitare di seguire le leggi fisiche del nostro pianeta. Ai fini dello studio del meccanismo degli eventi traumatici, il principio fisico da tenere costantemente a mente è quello della **CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA**, secondo il quale l'energia non si crea ne si distrugge, ma cambia unicamente forma. Da ciò deriva che in uno scontro tra un autoveicolo ed un palo, l'energia cinetica non scompare, ma deve essere assorbita. La quantità di energia assorbita da ogni corpo coinvolto nello scontro, dipenderà dal cambiamento di velocità e dalle masse coinvolte. Se vi è una grossa differenza di massa tra due corpi coinvolti, il più piccolo assorbirà la maggior quantità di energia, è per questo che nello scontro tra un'autovettura ed un camion, l'autovettura subirà i maggiori danni, causati dunque dall'assorbimento della maggior quantità di energia. Altra legge fisica fondamentale nell'analisi di un trauma è la prima legge di Newton, secondo la quale un corpo rimane in riposo o in moto a velocità costante se su di esso non agisce nessuna forza esterna. Quando un veicolo viaggia a velocità costante, ad esempio 50 Km/h, ed impatta contro un palo, nella

realtà avvengono tre impatti separati:

- Il primo è fra la macchina ed il palo, in questo caso l'energia cinetica viene assorbita dalla deformazione del veicolo ed il moto della macchina si arresta.
- Il secondo avviene quando gli occupanti, che viaggiano anch'essi alla velocità di 50 Km/h, collidono con le parti interne del veicolo come volante, parabrezza, cruscotto. In questo caso l'energia viene assorbita in parte dalla struttura del veicolo e in parte dal corpo degli occupanti.
- L'ultimo impatto avviene tra gli organi interni degli occupanti e le loro strutture corporee, a causa della decelerazione.

6.14 Varie tipologie di collisione

A) collisione frontale Rappresenta circa il 70% di tutte le collisioni. Segli occupanti non utilizzano dispositivi di ritenzione (cinture di sicurezza), scivolano in avanti e il primo impatto che si viene a generare è tra le ginocchia e il cruscotto, con possibile frattura della rotula, se l'impatto è massivo l'energia cinetica è trasmessa verso l'alto e si può determinare la frattura del femore e la dislocazione posteriore dell'anca. Dopo l'impatto con le ginocchia, la parte superiore del corpo continua il movimento in avanti fino ad urtare il volante. Ciò può determinare uno svariato numero di lesioni.

Lesioni da collisione con volante:

- Lacerazioni della bocca;
- Contusioni anteriori del collo; se presenti bisogna considerare: fratture tracheali; danni del rachide cervicale.
- Fratture dello sterno, con possibile: contusione miocardia; tamponamento cardiaco.
- Fratture costali con possibile: contusione polmonare; pneumotorace; emotorace.
- Fissurazione aortica;
- Rottura o compressione degli organi addominali.

Nei bambini, l'impatto della testa contro il parabrezza è frequente, da qui possono facilmente verificarsi fratture semplici o depresse del cranio, contusioni cerebrali, fratture delle ossa facciali, l'energia in tal caso è assorbita dal rachide cervicale.

Inoltre è da tenere presente che, anche per i viaggiatori che indossano le cinture di sicurezza vi è la possibilità di lesioni, a volte determinate dalle cinture stesse, fra cui la frattura della clavicola e dello sterno, la compressione addominale, e la possibile frattura delle basse

vertebre cervicali e delle alte toraciche.

B) collisione laterale Questa tipologia di collisione determina danni da impatto secondario del corpo contro la struttura del veicolo e dall'impatto primario contro l'intrusione delle parti deformate della macchina (generalmente la portiera).

Le fratture più frequenti sono:

- Frattura della clavicola;
- Frattura dell'omero;
- Fratture costali multiple con possibile danno polmonare;
- Danni al cranio;
- Fratture della pelvi e dell'anca.

Anche in questo caso l'energia cinetica viene assorbita dal rachide cervicale.

Tamponamento

Generalmente l'impatto da luogo ad una brusca ed improvvisa accelerazione di un veicolo precedentemente fermo, che spinge posteriormente gli occupanti. Se questi sono ritenuti in maniera corretta i danni saranno minimi, altrimenti la testa subirà un'accelerazione minore rispetto al resto del corpo, con conseguente iperestensione del collo chiamata "colpo di frusta". In questo caso gli impatti che si vengono a generare sono due, prima verso le strutture retrostanti, poi verso quelle anteposte.

C) collisione con rollover

Quando un veicolo, a seguito di un incidente, si capovolge, le conseguenze possibili possono differire in base all'uso o meno delle cinture di sicurezza. Se gli occupanti non sono ritenuti, possono essere sbalzati fuori dalla vettura, con pericolo di lesioni a volte anche mortali. Nel caso in cui invece le cinture siano state indossate, le conseguenze saranno dovute all'impatto continuato della persona contro la struttura interna del veicolo, ma le conseguenze dell'incidente saranno senz'altro minori.

D) collisione veicolo-pedone Le lesioni riportate dai pedoni a seguito degli incidenti stradali, hanno un'elevata percentuale di mortalità, ciò è facilmente comprensibile se si tiene

a mente il principio di conservazione dell'energia. Nel caso di collisione tra macchina e pedone adulto, il primo impatto si ha sulle gambe, con possibili fratture della tibia, della pelvi e del femore. Quando il pedone viene sbalzato via dall'auto sono frequenti le lesioni del cranio. Se il pedone è invece un bambino, il primo impatto è con l'addome, la pelvi ed il femore. Il secondo impatto è contro il cofano dell'auto, con possibilità di lesioni toraciche, ed infine quando viene sbalzato a terra frequenti e gravissime risultano essere le lesioni del cranio.

E) cadute dall'alto Le cadute dall'alto determinano lesioni da decelerazione verticale, la gravità di tali lesioni dipende da una serie di fattori:

- Altezza: determina la velocità di impatto col suolo. Cadute da un'altezza superiore al sesto piano non danno possibilità di sopravvivenza.

Posizione del corpo al momento dell'impatto: i bambini solitamente tendono a cadere a testa in giù, riportando conseguenti lesioni della testa e del collo, dei polsi e delle mani, mentre gli adulti, se non intossicati, tendono a cadere in piedi. Area di distribuzione dell'impatto: maggiore è l'area di distribuzione, maggiore è la dissipazione della forza.

6.14 Superficie di caduta e relativo grado di deformabilità

Generalmente si possono verificare due tipi di lesione: lesioni dovute all'impatto diretto e lesioni dovute alla decelerazione.

Le lesioni conseguenti all'impatto diretto sono generalmente fratture, fra le quali le più importanti sono quelle delle ossa calcaneali e da compressione, con frattura delle vertebre lombari (L1,L2).

Se la caduta avviene da un'altezza rilevante si possono avere anche fratture del femore e della pelvi. Inoltre la decelerazione può causare lesioni degli organi interni (scollamento viscerale, perforazioni ecc...).

6.15 Esame generale del traumatizzato

È noto come la gravità delle condizioni del traumatizzato possa non apparire evidente al momento dell'arrivo dei soccorsi sul posto e al momento del primo esame dei parametri vitali e come alcuni criteri possano permettere di classificare i pazienti come "traumi

maggiori” che richiedono quindi specifiche attenzioni. In ogni caso il soccorritore che si avvicina al traumatizzato, dovrà effettuare una rapida valutazione delle funzioni vitali ed intervenire dunque di conseguenza (stabilizzazione del paziente e suo rapido trasporto in ospedale). Il fattore temporale, spesso, limita i risultati del soccorso al traumatizzato. Un metodo che è stato studiato negli U.S.A. ma che è sempre maggiormente diffuso e che abbiamo già accennato in precedenza è il metodo A.T.L.S. (supporto vitale avanzato per pazienti traumatizzati). Esso è un metodo guida per il medico nel trattamento corretto del paziente traumatizzato, con particolare riferimento alla prima ora successiva al trauma.

È comprensivo di quattro fasi:

- Esame primario;
- Rianimazione (interventi di soccorso immediati);
- Esame secondario;
- Trattamento definitivo.

In definitiva richiede un primo esame delle funzioni vitali del paziente, che se alterate necessitano di interventi rianimatori. In un secondo tempo, trattate le funzioni vitali, si esegue un esame dettagliato del paziente al fine di evidenziare le eventuali lesioni che possono non essere state osservate al primo esame. Infine il trattamento definitivo, fa riferimento alla fase degli interventi ospedalieri.

Entrando maggiormente nel dettaglio, l'approccio al traumatizzato inizia con la valutazione dello stato di coscienza. Se l'infortunato non risponde a nessuno stimolo e quindi è privo di coscienza, si procede secondo la sequenza qui sotto riportata.

A: Airway & cervical spine (liberazione delle vie aeree ed immobilizzazione della colonna vertebrale cervicale); **B: Breathing** (controllo della respirazione); **C: Circulation** (controllo dell'attività cardiocircolatoria e delle emorragie); **D: Disability** (esame della funzione neurologica); **E: Exposure** (rimozione degli abiti ed esposizione di tutto il corpo).

Ovviamente la presenza di più soccorritori facilita e velocizza il tutto: ad esempio mentre un soccorritore valuta le vie aeree, un altro può bloccare un imponente emorragia di un arto.

A: Liberazione delle vie aeree ed immobilizzazione della colonna vertebrale cervicale (collo e rachide cervicale) Per quanto riguarda i pazienti privi di coscienza, la caduta della lingua può ostruire le vie aeree e quindi impedire la funzione respiratoria del paziente. Il problema di contro non si pone se il paziente mantiene lo stato di coscienza (parla, lamenta

dolore ecc...), anche se il quadro dovesse essere eclatante con notevole perdita di sangue. Inoltre nel traumatizzato, non è rara la presenza di materiale estraneo che possa ostruire le vie aeree, come vomito, sangue, secrezioni.

Il soccorritore che debba assicurare la liberazione delle vie aeree del traumatizzato privo di coscienza deve tener ben presente che non può avvalersi della tecnica dell'iperestensione della testa e sollevamento del mento. Infatti, tutti i traumatizzati trovati privi di coscienza vanno considerati dal soccorritore come portatori di una lesione a carico del rachide cervicale. Ciò significa che un movimento incauto potrebbe risultare causa di un danno del midollo spinale (qualora non sia già presente): l'iperestensione della testa sul collo può essere responsabile di un movimento eccessivo delle vertebre per cui, laddove non siano normalmente articolate, possono muoversi eccessivamente danneggiando il midollo spinale. Per questo il soccorritore dovrà fare ricorso a tecniche alternative, in particolare l'utilizzo della protrusione (o sub-lussazione) della mandibola. Molto utili risultano inoltre l'aspiratore, nonché la cannula di Guedel. In tali fasi risulta fondamentale l'immobilizzazione del collo. Accanto alla stabilizzazione manuale, va posizionato un collare cervicale e vanno usate le specifiche attrezzature per il caricamento, il trasferimento ed il trasporto del traumatizzato, riguardo alle quali, nelle successive pagine di questo capitolo, sarà presente un esauriente trattazione.

B: Respirazione Ovviamente nel paziente cosciente, che parla, sarà presente un'attività respiratoria. Un trauma toracico importante, che causa ad esempio fratture costali multiple, può determinare una notevole alterazione dell'attività respiratoria e di conseguenza dell'apporto di ossigeno ai polmoni e al sangue. In tutti i traumi di grave entità, va fornito al paziente ossigeno (con la maschera per ossigeno terapia se è presente respirazione spontanea, con il pallone di ventilazione, "ambu", in caso di ventilazione artificiale). Nel caso di traumatizzato in stato di incoscienza, si procederà alla valutazione dell'attività respiratoria e se vi è arresto respiratorio si procederà con la ventilazione artificiale. Essa è meglio eseguita da due soccorritori, in quanto oltre ad ottenere migliori volumi insufflati, si può meglio mantenere la pervietà delle vie aeree senza sottoporre a movimenti eccessivi ed anomali il collo. Il torace del traumatizzato deve essere rapidamente ispezionato al fine di evidenziare i movimenti respiratori, deformità grossolane o ferite aperte. Si ricorda la necessità di occludere immediatamente le ferite penetranti del torace (pneumotorace).

C: Circolazione e controllo delle emorragie L'attività cardiocircolatoria può essere

valutata contemporaneamente a quella respiratoria tramite la ricerca del polso carotideo. Il soccorritore può effettuare una rapida stima della pressione arteriosa nel traumatizzato, a seconda di dove riesce a reperire il polso, ad esempio:

se il polso è presente nella: la pressione sistolica (massima) è almeno:

arteria carotidea 60 mmHg

arteria femorale 70 mmHg

arteria radiale 80 mmHg

In caso sia presente arresto cardiocircolatorio va eseguita la RCP (rianimazione cardiopolmonare). Una frequente conseguenza dei traumi è lo shock. Lo shock è rappresentato da una rapida caduta della pressione arteriosa. Allo stato di shock dovuto all'emorragia (shock emorragico), il paziente arriva in seguito a perdite di sangue cospicue che avvengono in breve tempo. L'emorragia può essere esterna (ferita di un arto), o interna (rottura di milza, di fegato). Solo nel caso dell'emorragia esterna il soccorritore può intervenire in maniera efficace attraverso la compressione a monte dell'arteria, o attraverso la compressione diretta della sede del sanguinamento, in modo da rifornire di sangue, e quindi di ossigeno, la zona della lesione. Nel caso dell'emorragia interna, ciò non può più bastare, ma è necessario l'intervento chirurgico (es. splenectomia), da eseguire nel minor tempo possibile dall'incidente. (golden hour).

D: Esame neurologico Terminate le fasi A, B e C, si deve procedere con una valutazione rapida dello stato neurologico del paziente, tale valutazione si basa sulla rilevazione di tre parametri:

- Stato di coscienza;
- Diametro pupillare;
- Grado di motilità volontaria.

Stato di coscienza:

Lo stato di coscienza si valuta applicando lo schema AVPU

A (Alert) vigile e parla spontaneamente;

V (Vocal stimuli) Risponde agli stimoli verbali;

P (Painful stimuli) reagisce solo a stimoli dolorosi;

U (Unresponsive) non reagisce a nessuno stimolo (coma);

Il Glasgow Coma Scale è indubbiamente più preciso, ma siccome richiede un maggiore impiego di tempo, andrebbe applicato nella valutazione secondaria del paziente traumatizzato, quindi a paziente stabile, prima del trasporto in ospedale. In caso di agitazione o stato di coma del paziente, bisogna assicurarsi di aver garantito ad egli una sufficiente ossigenazione e perfusione cerebrale, prima di attribuire tale stato di coscienza al trauma cranico.

Le pupille:

Valutare il diametro pupillare (midriasi, miosi) e la responsività di questo alla luce. Se si rileva anisocoria di almeno 1mm, questa è da considerare come segno di compressione di un emisfero cerebrale (per ematoma, edema cerebrale ecc..). Il riflesso fotomotore va valutato in relazione alla velocità di risposta, più esso è lento e maggiore è la sofferenza cerebrale.

La motilità volontaria:

Valutare la presenza o meno di motilità spontanea bilaterale. Se non presente bisogna chiedere al paziente di muovere i quattro arti. Se non si rileva motilità spontanea o evocabile a comando, essa va valutata in seguito a stimoli dolorosi. Se si constata impossibilità di movimento o ritardo di un emisoma in un paziente traumatizzato bisogna tenere in considerazione la possibilità della presenza di un processo espansivo cerebrale. Se invece tali disturbi motori riguardano solo un arto o i soli arti inferiori o anche tutti e quattro gli arti accompagnandosi ad anestesia e parestesie, possono essere sintomatici di lesione midollare.

Questi parametri, così facilmente rilevabili, ci forniscono in breve tempo dati riguardanti il quadro neurologico del traumatizzato, sufficienti al trattamento immediato, comunque

bisogna tener presente che il quadro potrebbe cambiare rapidamente. Un suo peggioramento indica o un deficit di perfusione/ossigenazione, o che ci troviamo di fronte ad una lesione cranica evolutiva.

E: Esposizione Il paziente che ha subito un trauma, specialmente se incosciente, va spogliato completamente al fine di individuare eventuali lesioni ancora non evidenziate. I pazienti debbono essere preservati dal pericolo della perdita di calore corporeo, particolarmente rilevante nella stagione fredda. A questo scopo sono utili lenzuola, coperte e copertine isotermitiche (metalline). Dopo aver effettuato le prime valutazioni e messe in atto le manovre di soccorso, compito dei soccorritori è il caricamento e il trasporto del paziente in ospedale. Questa è una fase del soccorso extraospedaliero molto delicata, in quanto se non effettuata con la massima cautela, può portare al rischio di provocare ulteriori danni al paziente. I soccorritori hanno l'obbligo fondamentale di garantire l'immobilizzazione spinale, quindi l'allineamento della colonna vertebrale impedendo così che il midollo spinale contenuto al suo interno venga danneggiato. I soccorritori hanno attualmente a disposizione presidi specifici (barelle rigide, collari cervicali, estricatori ecc...), che gli consentono di operare in modo sicuro ed efficace, sempre se usati correttamente. Per la descrizione di tali presidi e delle relative tecniche d'uso si rimanda alla sezione successiva di questo capitolo, specificatamente dedicata.

6.16 Valutazione secondaria

Come abbiamo già ribadito più volte, la condizione clinica del paziente va costantemente monitorata, in quanto possono venire a manifestarsi modificazioni significative sia in positivo che in negativo. Per questo si deve continuare a ripetere continuamente la sequenza ABCD, al fine di escludere cambiamenti di stato in forma peggiorativa. Infatti, una volta terminata la valutazione primaria il paziente dovrebbe essere stabilizzato, e quindi si può procedere, con molta più calma, alla valutazione secondaria. Tale valutazione inizia con la raccolta di notizie anamnestiche dal paziente, se cosciente, o altrimenti dai testimoni dell'accaduto nel caso di stato di incoscienza, possono quindi essere raccolte notizie utili anche sulla dinamica dell'incidente. Se è possibile reperire notizie direttamente dal traumatizzato, la raccolta deve essere più rapida ed esaustiva possibile.

A tal proposito può essere utilizzato un protocollo definito, che è sintetizzato dall'acronimo AMPIA:

A: allergie

M: medicinali

P: patologie pregresse

I: informazioni sull'incidente

A: alimenti (Distanza di tempo dall'ultimo pasto)

Le informazioni riguardanti l'incidente rivestono una particolare importanza, in quanto la dinamica, il trasferimento di energia, ci possono indirizzare verso determinate sedi e determinati tipi di lesioni. Generalmente i traumi possono essere suddivisi in due grossolane classi: traumi chiusi e traumi penetranti.

Solitamente il trauma chiuso è conseguente ad incidenti stradali, infortuni sul lavoro, precipitazioni, traumi sportivi o domestici. A seconda della dinamica dell'incidente si possono sospettare o meno lesioni gravi; esse si avranno ad esempio, in caso di:

- Paziente proiettato al di fuori dell'abitacolo;
- Morte di un passeggero nella stessa auto;
- Pedone investito;

Incidenti automobilistici con:

- Velocità superiore a 70 Km/h;
- Decelerazione maggiore di 35Km/h;
- Deformazione della struttura dell'auto maggiore di 50 cm;
- Tempo di estricazione del paziente incastrato maggiore di 20 min;
- Precipitazione da un'altezza maggiore di 5 metri.

I traumi penetranti sono conseguenti a lesioni penetranti causate da incidenti stradali (vetri, pezzi di carrozzeria ecc...), ferite da arma da fuoco o da arma bianca. In tali casi occorre valutare il tipo di oggetto penetrante, il distretto corporeo direttamente interessato, gli organi potenzialmente danneggiati anche a distanza, la direzione della penetrazione. In caso di lesione da arma da fuoco bisogna considerare la distanza da cui è stato esploso il colpo e il calibro del proiettile, è inoltre necessario conservare bossoli, proiettili o coltelli, poiché rappresentano prova di reato in sede legale

6.17 Cenni sui traumi vertebro-midollari

I traumi vertebro-midollari o spinali sono molti frequenti ed hanno conseguenze gravemente invalidanti. La gravità della lesione, non dipende dalla lesione dello scheletro della colonna vertebrale, bensì dall'interessamento del midollo spinale, la parte del S.N.C. protetta dalla colonna stessa. L'azione di una forza traumatica, può provocare sia una lesione primitiva del midollo spinale, con conseguente paralisi e perdita della sensibilità, sia una lesione della colonna senza però danneggiare il midollo. In quest'ultimo caso, un intervento incauto dei soccorritori, o il fatto di far muovere il traumatizzato, possono portare ad uno spostamento dei frammenti ossei delle vertebre fratturate o ad un ulteriore movimento delle vertebre lussate, causando la sezione del midollo spinale, e tale danno anatomico è permanente in quanto le cellule del sistema nervoso non si rigenerano. Bisogna sottolineare inoltre che la colonna vertebrale cervicale (del collo), è la più soggetta a lesioni, in quanto rappresenta la parte più mobile e con minore supporto.

Alcuni meccanismi che possono portare a lesione della colonna e del midollo spinale sono:

- Carico assiale e compressione;
- Eccessiva flessione o estensione;
- Eccessiva rotazione;
- Piegamento laterale eccessivo.

È necessario ricordare nuovamente, che bisogna avere molta cura nel mobilizzare i pazienti traumatizzati, per non causargli ulteriori e gravi danni, a tal proposito è necessario che i soccorritori considerino l'eventualità di un trauma spinale in tutti i casi di intervento per pazienti traumatizzati, in particolare se privi di coscienza e se la dinamica del trauma lo suggerisce.

La domanda che ogni soccorritore dovrebbe porsi, pertanto, è: su quale base ipotizzare la presenza di un trauma spinale? A tal proposito sarà necessario considerare:

- La dinamica del trauma;
- Segni e sintomi rilevati dall'esame del traumatizzato;

Tra le condizioni che suggeriscono una lesione spinale abbiamo:

- Persone vittime di incidenti stradali quali:
- Grave danno ai veicoli;
- Ciclisti e motociclisti sbalzati;

- Automobilisti proiettati all'esterno.
- Persone che hanno subito un trauma a seguito di un tuffo;
- Persone cadute dall'alto (in particolare da più di tre metri, indifferentemente di testa o di piedi).

L'immediata immobilizzazione della testa e del collo è di fondamentale importanza. La testa viene mantenuta in posizione neutra e il collo allineato al resto della colonna vertebrale. A tal fine il soccorritore si posizionerà dietro la testa del paziente ponendo le mani ai lati di essa e dietro il collo dell'infortunato. Tale posizione va mantenuta per tutta la durata dell'intervento, ricordando che il collare cervicale aiuta ad immobilizzare il collo, ma da solo non è sufficiente ad impedirne qualsiasi movimento. Se il traumatizzato è inoltre privo di coscienza, si impone l'immobilizzazione di tutta la colonna vertebrale, assieme al collare cervicale si renderanno quindi necessari altri presidi, fra i quali la barella a cucchiaio, l'asse spinale, un immobilizzatore per la testa, il S.E.D. il K.E.D. e lo Spencer Spine Splint. Se il paziente è cosciente, presi i parametri vitali, il soccorritore può eseguire un esame più dettagliato: Ad esempio la ricerca della mobilità dei quattro arti, la sensibilità, la presenza di dolore al collo o alla schiena, eventuale formicolio agli arti e presenza di deformità grossolane della colonna.

Altri segni che possono far pensare ad un trauma spinale sono:

- Caduta della pressione arteriosa senza aumento della frequenza cardiaca (shock spinale);
- perdita di urine e feci;
- nel maschio erezione del pene (priapismo).

6.18 Immobilizzazione spinale

Il concetto di immobilizzazione spinale consiste nel far sì che la colonna vertebrale del traumatizzato rimanga allineata in modo da far sì che non si verifichi un danno midollare a seguito di movimenti vertebrali eccessivi. Dal punto di vista anatomico, il midollo spinale è contenuto all'interno della colonna vertebrale che è data dalla sovrapposizione delle vertebre. Esse sono tra loro, fissate da legamenti e supportate da muscoli: in condizioni fisiologiche tale struttura consente una buona protezione del midollo all'interno del canale osseo. In caso di traumi però si possono riportare fratture vertebrali, lussazioni ecc.. che determinano la perdita della stabilità della colonna stessa. Si può avere sia danno dello scheletro vertebrale con lesione midollare, sia danno dello scheletro vertebrale senza

lesione midollare, ma soltanto perdita della stabilità. Un trauma applicato alla colonna, come l'iperestensione della testa sul collo, può determinare un movimento anomalo delle vertebre che possono a loro volta comprimere o addirittura sezionare il midollo spinale. In alcuni casi il danno midollare può essere presente anche in assenza di fratture vertebrali.

L'immobilizzazione spinale ha l'obiettivo di mantenere il più possibile in asse le vertebre, mantenendo allineati testa, collo e tronco.

L'immobilizzazione spinale deve interessare tutta la colonna vertebrale. Le attrezzature di cui il personale di emergenza si serve a tal scopo sono:

- Collari cervicali;
- Estricatori
- Asse spinale (longboard);
- Barella a cucchiaio;
- Materassino a depressione.

Prima di procedere alla singola descrizione dei sopracitati presidi di immobilizzazione spinale, e anche di altri presidi di immobilizzazione e trasporto del traumatizzato usati in emergenza, mi sembra opportuno introdurre la corretta tecnica di riallineamento e rotazione (log-roll) del paziente, visto che tali problematiche sono spesso poco affrontate nella preparazione del personale medico ed infermieristico che opera nell'ambito dell'emergenza sanitaria.

Nella pratica quotidiana accade molto spesso di rinvenire il paziente in una posizione che non sia quella supina, nella quale si ottiene il maggior spazio all'interno del canale cervicale e allo stesso tempo un rapido e sicuro accesso alle vie aeree.

Le tecniche log-roll hanno come obiettivo quello di posizionare il traumatizzato nella posizione supina preservando l'integrità della colonna vertebrale.

A Tecnica (Leader + 2 soccorritori).

Le manovre vengono generalmente eseguite con la partecipazione di tre o quattro soccorritori. Giunti sul luogo, il leader si porta all'altezza della testa del paziente controllandone lo stato di coscienza, e ne immobilizza il collo posizionando pollice ed indice di una mano sotto l'occipite e pollice ed indice dell'altra mano sugli angoli della mandibola, esercitando una lieve trazione, senza tuttavia cercare di allineare in asse il collo. Gli altri due soccorritori allineano gli arti superiori riavvicinandoli al tronco e gli arti inferiori

riavvicinandoli tra loro e legandoli insieme all'altezza delle caviglie tramite un bendaggio.

FARE ATTENZIONE A POSSIBILI FRATTURE O LUSSAZIONI

Terminato il riallineamento del paziente, i soccorritori B e C si porteranno entrambi dal lato verso cui avverrà la rotazione, inginocchiandosi uno all'altezza del torace (B), l'altro a livello lombo sacrale del paziente (C). Il soccorritore B posizionerà una mano sulla spalla e l'altra sull'articolazione dell'anca, mentre il soccorritore C posizionerà una mano sulla cresta iliaca, incrociandosi dunque con la mano dell'altro soccorritore, e l'altra sulla coscia. Giunti a questo punto il leader darà il via alla manovra di rotazione, che dovrà avvenire come per girare il tronco di un albero. Si capisce quanto sia fondamentale la massima coordinazione fra i due soccorritori per non creare danni, e il leader, che coordina tale manovra, contemporaneamente ai suoi colleghi riallinea in asse il capo e il collo del paziente. Giunti nella posizione di taglio, i soccorritori B e C debbono svolgere un lavoro contrario al precedente applicando al corpo una forza che permetta di frenarlo in tale posizione. Tale risultato può essere ottenuto sia ruotando le mani, sia appoggiando il corpo del paziente alle cosce dei soccorritori, poste aderenti alla schiena. Al termine della manovra di rotazione il leader continua a mantenere in trazione il capo e il collo del paziente sino al momento del posizionamento del collare cervicale.

6.19 Presidi per l'immobilizzazione spinale

6.19.1 Collare cervicale

Come abbiamo fin qui ad ora ricordato, tutti i pazienti politraumatizzati debbono essere considerati portatori di una lesione della colonna fino a prova contraria e l'unico modo per provarlo è una radiografia della colonna. Pertanto è fondamentale che la colonna cervicale sia immobilizzata rapidamente ed in maniera efficace. Attualmente la tecnica standard di immobilizzazione della colonna consiste nella stabilizzazione manuale precoce della testa e del collo rispetto all'asse principale del corpo. A tale manovra fa, di solito seguito, il posizionamento di un collare cervicale da disimpegno. L'assioma comune nel fissare una stecca immobilizzatrice è quello di bloccare le articolazioni sopra e sottostanti il punto di lesione. Poiché, purtroppo nessuno fra i collari esistenti in commercio garantisce a pieno tale funzione (movimento 0° in tutte le direzioni), il soccorritore deve mantenere sempre

immobilizzato il collo in posizione neutra fino a quando il paziente non sarà assicurato ad un supporto lungo per colonna con relativo fermacapo.

Il collare cervicale non costituisce una completa immobilizzazione del capo e del collo, anche ai fini del trasporto, esso è stato sempre concepito come una misura aggiuntiva e non è stato mai inteso come sistema per assicurare, se usato da solo, un'immobilizzazione definitiva. In commercio esistono dei collari cervicali morbidi, ad esempio, che non devono essere mai usati in emergenza, poiché la loro capacità di contenere i movimenti anteroposteriori e latero-laterali del collo non è sufficiente.

I collari utilizzati in emergenza sono quelli rigidi ed in commercio possiamo trovarli monopezzo o bipartiti (gorgiera e scudo cervicale). Prima di effettuare l'immobilizzazione del collo, si dovranno riportare il capo e il collo in posizione neutra, ovvero in quella posizione che garantisce il maggior spazio all'interno del canale midollare.

La posizione neutra per il compartimento testa-collo si ottiene impiegando i seguenti punti di riferimento:

- La testa rivolta in avanti e lo sguardo rivolto diritto avanti a sé, (se guarda in alto la colonna sarà in estensione se guarda in basso in flessione);
- Nella maggior parte degli adulti, per ottenere la posizione neutra, si dovrebbe tenere sollevata la testa di 2-3 cm rispetto alla posizione supina;
- I due piani immaginari, di cui uno passante per i condotti uditivi e l'altro per il centro della testa e del torace formano un angolo retto.

6.20 Controindicazioni alla posizione neutra

- I movimenti causano uno spasmo dei muscoli del collo e del dorso;
- La pervietà delle vie aeree o l'attività respiratoria sono compromesse da tale posizione.

6.21 Altre tipologie di collare

6.21.1 NEC YORK

Collare cervicale rigido pronto all'uso studiato per immobilizzare la colonna cervicale, ridurre al minimo la flessione-estensione e minimizzare la pressione sulla carotide. Il grande foro anteriore permette l'accesso al collo per la tracheotomia e per tastare il polso carotideo. Radiotrasparente e lavabile. Struttura portante in polietilene stampata ad iniezione. Schiuma in Volara®, cellule di polietilene chiuse incrociate, flessibili, con superficie integrale per

evitare assorbimento di liquidi e facilitarne il lavaggio. Chiusure fisse in nylon, regolabili a strappo (Velcro®). Leggero, radiotrasparente, chiusura con Velcro®, disponibile in sei misure e facile da lavare .

6.21.2 JEMS

Foglio di polietilene nella parte centrale, con rivestimento ai bordi di poliuretano a cellule aperte, rivestito di simil-pelle arancio. Attraverso lo speciale sistema di fissaggio in Velcro® si ha la possibilità di regolare sia in senso verticale che in orizzontale la forma del collare consentendo quindi di adattarlo a tutti i pazienti. JEMS e' lavabile con qualsiasi detergente e disinfettabile.

6.21.3 CERVI FLEX

I collari cervicali Cervi Flex sono strumenti indispensabili in tutte le situazioni in cui si rende necessario l'immobilizzo del sistema muscoloscheletrico cervicale. Realizzati con un processo produttivo esclusivo. Composti da una schiuma di poliuretano ad alta densità indeformabile con protezione di vinile antisdrucchiolo resistente al sangue ed a qualsiasi disinfettante. La chiusura in Velcro® consente un facile e veloce utilizzo. E' facilmente lavabile, atossico, ignifugo, ed estremamente resistente.

6.21.4 CERVI FLEX

6.21.4.1 Dallas

Dallas Spencer e' la risposta economica al trattamento temporaneo e d'emergenza della colonna cervicale traumatizzata. I collari sono interamente realizzati in schiuma di polietilene a cellule chiuse incrociate, flessibili, con superficie integrale per facilitarne il lavaggio. Radiotrasparenti. Grazie alla loro particolare forma anatomica, si adattano perfettamente alla conformazione del collo del paziente, dando un supporto alle vertebre cervicali e rendendo piu' facile e comodo il posizionamento della testa. Chiusura in Velcro regolabile. Grazie alla struttura compatta e robusta puo' essere impiegato piu' volte.

6.22 Estricatori (o trauma estricatori)

Un'ulteriore attrezzatura a disposizione dei soccorritori è rappresentata dagli estricatori. Ne esistono diversi modelli in commercio, simili tra loro, in particolare vi sono il K.E.D. e il S.E.D. L'obiettivo di tali presidi è quello di immobilizzare la colonna vertebrale di pazienti traumatizzati e di estrarre traumatizzati da spazi angusti. In particolare è indicato per estrarre una persona da un'automobile incidentata, ma può essere anche utile a trasportare una persona caduta dalle scale che abbia riportato un forte trauma alla schiena. È costituito da un'intelaiatura rigida ricoperta da materiale plastico, che una volta posizionata consente l'immobilizzazione spinale (per quanto riguarda il segmento corrispondente al collo l'immobilizzazione è ottenuta al meglio con il posizionamento del collare cervicale rigido. Vi sono poi le cinghie con i relativi dispositivi di aggancio che consentono di fissare lo strumento al traumatizzato. Fissate al corpetto poi, vi sono le maniglie che consentono ai soccorritori di afferrarlo e trasportare il paziente. A completamento del set vi sono inoltre le fascette per il fissaggio della testa.

6.22.1 Estricatore k.e.d.

L'immobilizzatore spinale KED (Kendrik Estrication Device) permette l'immobilizzazione e l'estrazione dei pazienti da spazi di difficile accesso. Grazie alla sua struttura avvolgente, permette una grande flessibilità d'impiego sia in senso verticale che orizzontale. Immobilizza in modo ottimale il tronco, la testa e la colonna vertebrale consentendo una "rapida" estrazione del traumatizzato e riducendo ulteriori traumi. Grazie alla sua particolare forma può essere utilizzato indifferentemente in pazienti di diversa statura e corporatura, siano questi di sesso femminile che maschile. Dotato di fibbie a gancio/sgancio rapido colorate come il relativo nastro per una facile individuazione. L'immobilizzatore spinale KED è realizzato in TYRPOL robusto tessuto lavabile ed antistrappo, nel colore ROSSO o GIALLO/BLU.

KED è totalmente radiotrasparente. Viene fornito in una comoda e robusta custodia di trasporto predisposta per ospitare anche i collari cervicali.

6.22.2 Estricatore s.e.d.

Spencer Estrication Device è lo strumento per la estrinsecazione e l'immobilizzazione spinale in tutte le situazioni di emergenza. Particolarmente indicato quindi per vittime bloccate in veicoli, crolli, e luoghi disagiati. Può essere usato anche per pazienti in gravidanza bambini o neonati. Ideale per la steccature delle fratture dell'anca e del bacino. Il rivestimento in robusto vinile limita le abrasioni e ne assicura una totale integrità. La rigidità verticale e la flessibilità orizzontale sono le principali caratteristiche di questo strumento che permette una rapida immobilizzazione della colonna spinale e una sicura estricazione. SED è completamente radiotrasparente.

6.23 Indicazioni e controindicazioni all'utilizzo immobilizzatori spinali per estricazione

Indicazioni assolute:

- Paziente incarcerato;
- Paziente non incarcerato ma con alterato stato di coscienza;
- Paziente non incarcerato ma con segni clinici di lesione vertebro midollare.

Indicazioni consigliate (metodo situazionale):

- Grave danno al veicolo;
- Criterio dinamico (dinamica frontale);
- Presenza di traumi associabili a lesione del rachide (trauma sopraclavicolare).

Controindicazioni assolute:

- Arresto cardio-respiratorio;
- Pericolo d'incendio;
- Traumi penetranti con compromissione emodinamica.

Fattori di rischio:

- Frattura di bacino o di femore (per compressione sui focolai di frattura);
- Stato di gravidanza avanzata (per compressione addominale).

Fattori di impedimento:

- Non accettazione da parte del paziente;
- Dimensioni pediatriche.

6.24 Tavola spinale e accessori

La barella rigida spinale Spencer Rock costituisce un sistema di raccolta, trasporto e immobilizzazione del paziente con sospetta lesione della colonna vertebrale, efficace e sicuro. Tale sistema offre una maggiore stabilità e il mantenimento della posizione neutrale fisiologica della colonna vertebrale, superiore a quanto viene offerto dalla tradizionale barella a "cucchiaio", la quale può comunque essere impiegata per posizionare il paziente sulla tavola. Tale tecnica è da tempo la procedura standard per il recupero e il trasporto di un politraumatizzato negli U.S.A.. Il fissaggio alla barella mediante il sistema dedicato di cinture in nylon/Velcro Rock Strap, permette il sollevamento del paziente anche in verticale, durante l'estrazione o il trasporto in condizioni difficili. Per lo stesso motivo, se il paziente vomita, è possibile ruotare la barella di 90 gradi sul fianco, evitando che i secreti vengano inalati. La Spencer Rock può adattarsi a qualunque soggetto, dal bambino sopra i 25 Kg fino all'adulto di grosse dimensioni. E' perfettamente compatibile con i collari Cervi Flex, Jems e Miami J Collar con i quali si integra nel formare il più avanzato sistema di immobilizzazione spinale oggi esistente. E' stampata in un unico pezzo in polietilene ad alta densità; questa nuova metodologia di stampaggio gli conferisce caratteristiche esclusive: rigidità, leggerezza, resistenza agli urti e alla corrosione, integralmente impermeabile, non assorbente, immune da infiltrazioni, galleggiante quindi ottimale per il recupero in acqua, lavabile (sono sufficienti acqua e sapone). Possiede inoltre 12 maniglie anatomiche ricavate nello stampo e quindi è facile da trasportare. Asole centrali ricavate nello stampo per il fissaggio indipendente degli arti o dei piccoli pazienti. Completamente radiotrasparente, il paziente può essere rimosso dalla barella spinale anche dopo le indagini RX o TAC.

Di dimensioni rastremate distalmente per garantire un'ottima manovrabilità.

Dimensioni: cm 181,5x44,5x6.

Peso kg 8,2 Portata kg 171.

6.25 Barella a cucchiaio

La barella a cucchiaio è una barella rigida di lunghezza regolabile che viene usata per caricare e trasportare un traumatizzato al fine di assicurarne l'immobilizzazione spinale. La

sua caratteristica è quella di essere costituita da due “valve” che, una volta separate, possono essere inserite sotto l'infortunato ai due lati in modo indipendente, con azione “a cucchiaio” e quindi riunite, consentendo di sollevare il paziente e di caricarlo quindi sulla barella dell'autoambulanza. Questa barella inoltre è indicata per il caricamento dal letto di persone anziane particolarmente addolorate (osteoporosi ecc....) e per il trasporto di pazienti in arresto cardiocircolatorio (permette infatti di eseguire la R.C.P. durante il trasporto, consentendo di appoggiare e sollevare rapidamente il paziente dal terreno). Inoltre è dotata di cinghie che servono a fissare il paziente e di cuscinetti che aiutano ad immobilizzare il collo. Essa consta di tre parti:

1. Una per sorreggere la testa (più larga);
2. Una centrale per sorreggere il tronco;
3. Una per sorreggere le gambe (più stretta).

Grazie alla sua allungabilità, la barella a cucchiaio può essere adattata a tutti i pazienti.

6.25 Materassino a depressione

L'immobilizzazione in toto del paziente traumatizzato può avvenire, oltre che con la tavola spinale, anche con il materassino a depressione. Esso è formato da un contenitore stagno in materiale sintetico (nailon e gomma) di adeguate dimensioni, contenente delle sferule di polistirene, provvisto di un raccordo a valvola con cui è possibile creare una depressione all'interno dello stesso, utilizzando un aspiratore manuale od elettrico. La depressione che si viene a creare tende a rendere solidali tra loro le sferule e quindi il materassino completamente rigido. Grazie ai materiali con cui è prodotto, consente una minor dispersione di calore rispetto ai sistemi tradizionali garantendo un buon isolamento termico. Tale presidio immobilizza molto bene sia il rachide che gli arti, “fascia” il paziente e si adatta perfettamente ad esso contenendolo come una conchiglia, tale prerogativa riduce il rischio di cadute accidentali dalla barella. Non necessita del fermacapo e delle cinghie (facilità di posizionamento), una volta posto non comprime nessun segmento corporeo in particolare, consentendo di mantenere le posizioni anomale degli arti fratturati, Deve essere sempre usato in associazione con la barella a cucchiaio per il posizionamento.

6.26 Telo portaferiti

Rappresenta il mezzo più pratico per il trasferimento dell'ammalato dal letto sino alla barella

dell'ambulanza: viene utilizzato per compiere brevi tragitti, in assenza di patologie che ne rappresentano una controindicazione all'uso (presenza di traumi importanti di arti o tronco, pazienti coscienti ma dispnoici ecc...), per le quali è necessario l'ausilio di sussidi rigidi o mantenere il paziente in posizione seduta. Il telo portaferiti ha forma rettangolare, lunghezza di circa 2 m, larghezza di circa 80 cm, sei maniglie in nylon cucite alla superficie inferiore del telo, disposte tre per lato perpendicolarmente all'asse verticale del telo, completano questa semplice barella, il cui peso complessivo non raggiunge il mezzo chilogrammo.

6.26 Splints (stecco bende)

In molti traumatismi si rende necessario applicare dei dispositivi di immobilizzazione degli arti a seguito di fratture certe o presunte. La loro funzione è quella di impedire ulteriori danni all'arto durante la mobilizzazione ed il trasporto del paziente, controllare il dolore e il sanguinamento. In commercio vi sono vari tipi, quali: le stecco bende rigide, stecco bende pneumatiche, stecco bende rigide con anima flessibile e stecco bende a depressione.

6.27 Steccobende a depressione

Estremamente pratico sistema d'immobilizzazione degli arti fratturati nel primo e pronto soccorso. Le steccobende a depressione permettono, grazie ai materiali utilizzati, al nuovo e morbido tessuto ad altissima resistenza ed alla particolare forma, una perfetta ed indolore immobilizzazione degli arti fratturati siano questi inferiori che superiori, in modo semplice veloce e sicuro e senza alcuna fatica. Il sistema che si ispira al principio del materasso a depressione assicura, oltre alla perfetta immobilizzazione anche la fisiologica circolazione del sangue e può essere utilizzata anche in presenza di fratture esposte in quanto immobilizza ma NON comprime.

6.28 Aspetti socio-psicologici del soccorso

Gli operatori che prestano servizio nella rete dei servizi di 118, presenta uno spiccato numero di problematiche e difficoltà conseguenti al proprio servizio. Queste, possono essere riconducibili ad alcuni fattori, fra i quali: "l'abbandono della struttura protetta, il confronto con scenari sempre diversi e spesso disagiati, quando non addirittura pericolosi, le caratteristiche di perentorietà e di non differibilità proprie dell'intervento di emergenza

sanitaria ecc.... Le caratteristiche del servizio 118 consentono l'individuazione quindi di alcuni aspetti peculiari nell'analisi delle problematiche psicologiche dell'operatore:

- La strategia di superamento dello stress psicofisico;
- La coordinazione del lavoro d'equipe;
- Il controllo dell'emotività;
- La gestione delle variabili ambientali.

6.29 Aspetti psicologici

Il nostro organismo, in termini psicofisici, viene attivato da stimoli esterni denominati stressors, i quali sollecitano una risposta da parte dell'organismo stesso, secondo schemi in parte ereditati, in parte appresi. Secondo un circuito a retroazione, il nostro comportamento determina una risoluzione del problema presentatosi. In tale accezione lo stress, inteso come un insieme di problemi e stimoli che prevedono una rapida risposta con conseguente risoluzione, non costituisce un elemento psicopatologico ma, al contrario, favorisce l'attivazione di sistemi biologici, quali il sistema neuro-endocrino, l'asse ipotalamo-ipofisi-surrene, modificazioni cardiovascolari, respiratorie che consentono un migliore adattamento agli stimoli ambientali, con conseguente appagamento psicofisico in caso di successo. In alcune situazioni, tuttavia, le misure di superamento dello stress non risultano essere adeguate, sia per caratteristiche intrinseche all'agente stressogeno, sia per fattori di disabilità dell'organismo stesso. Si passa in questi casi, dalla definizione di "eustress" a quella di "distress", di cui si riconoscono tre quadri principali:

- Lo stress cronico iperprotratto;
- Lo stress acuto in condizioni di blocco d'azione;
- Lo stress acuto e cronico in un sistema con inibizione alla reazione.

In questi casi, il circuito a feedback non si chiude, e pertanto, la permanenza dello stressor, comporta nel soggetto una progressiva incapacità a fronteggiare la situazione e la comparsa di elementi di scompenso, sia fisico che psichico, progressivamente ingravescenti. Per quanto concerne l'operatore del servizio di 118, sono molti gli stress psicofisici a cui egli viene giornalmente sottoposto, seppur in base al tipo di attività svolta all'interno del servizio. In particolare, tra le tre tipologie di stress prima individuate, i suddetti operatori rientrano nella seconda tipologia (stress acuto e cronico in condizioni di blocco d'azione). In questi casi infatti, l'intervento sanitario assume le caratteristiche dell'inderogabilità, della

pericolosità ed ha un forte impatto emotivo, in non pochi casi inoltre può essere anche poco gratificante (specialmente in caso di insuccesso). Anche l'operatore stesso può essere portatore di problematiche intrinseche alla sua persona, sia di tipo fisico (maggior fatica di concentrazione negli interventi notturni, cefalea), che di tipo psicologico (trattamento sanitario effettuato in un ambiente angusto per un operatore lievemente claustrofobico). Quanto appena detto può portare, ovviamente, chi lavora nell'ambito del 118, ad un progressivo deterioramento del proprio status psicofisico. La sindrome da distress lavorativo in cui sono inquadranti una buona parte degli operatori sanitari e, nel caso specifico anche quelli del 118, è la sindrome del burnout: si tratta in pratica di una risposta, da parte dell'operatore, che a causa di molteplici fattori, diviene progressivamente inadeguata al conseguimento degli obbiettivi, nuocendo non poco sia all'operatore quanto al paziente e all'intero sistema nel suo insieme. Tale sindrome, arreca disordini non soltanto alla vita lavorativa dell'operatore, ma anche alla sua sfera privata.

- L'alto impatto emotivo connotato dalle tipologie di intervento del 118 (confronto con la morte, con la sofferenza psichica e fisica ecc...) può talora risultare eccessivo per l'operatore, il quale pressato dalla richiesta, tende a distaccarsi sempre di più dal rapporto con l'utente e con i colleghi, diventando così un arido burocrate sempre ben distante dagli impegni più gravosi. Le conseguenze di tale comportamento per il sistema sono facilmente immaginabili.
- La specifica richiesta dell'utente circa la risoluzione dei problemi portati e il modo con cui spesso si viene attivati, senza essere considerati neanche come persone ma, come "strumenti operanti" di cura, possono rappresentare fattori destrutturanti della relazione d'aiuto infermiere-paziente.
- Il mancato feedback positivo, (morte del paziente, limitate possibilità di avanzamento di carriera, retribuzione ritenuta inadeguata ecc..), possono contribuire alla comparsa di atteggiamenti autosvalutativi, fino a portare, nella maggioranza dei casi, a gravi quadri depressivi.

Si comprende quindi assai bene, come la sindrome da burnout possa determinare la trasformazione radicale di un operatore, inizialmente motivato e propositivo, in una figura arida, assenteista ecc... Dato lo stretto rapporto nel lavoro d'equipe necessario al servizio 118, è sufficiente che tale sindrome sia presente anche in una piccola parte degli operatori per far sì che venga compromessa l'efficienza dell'intero servizio. Si rendono quindi necessari appositi strumenti operativi per fronteggiare o meglio "prevenire" tale

sindrome, essi possono consistere in un'attenta valutazione dell'adeguatezza dei turni di riposo; rotazione dei compiti e un monitoraggio psicologico periodico effettuato da personale esperto.

6.30 Aspetti sociologici

Il servizio di emergenza 118, rientra a pieno titolo tra le professioni d'aiuto, quest' ultime risultano da la formalizzazione di un comportamento comunque insito nell'uomo, il cosiddetto altruismo o comportamento prosociale. L'altruismo è considerato come l'intenzione di provocare un bene ad un'altra persona in un ambito di libertà di scelta. Tale comportamento non denota comunque una generica "propensione" all'aiuto, bensì viene determinata da una valutazione inconscia delle ricompense e dei costi relativi all'azione stessa. Le ricompense che vengono più frequentemente riportate dai soggetti altruisti sono relative all'aumento di autostima e ad una condizione di reciprocità (dare aiuto per poterne ricevere in seguito). Al contrario i fattori più spesso chiamati in causa per giustificare un mancato intervento d'aiuto riguardano lo stress relativo all'azione, la sua pericolosità, o la percezione di dover rinunciare ad altri obiettivi già preventivati a causa dell'impegno d'aiuto. L'interazione fra il soccorritore e il soccorso, può assumere due tipologie differenti, quella di asimmetria e quella di reciprocità. Nel primo caso il soccorritore si trova in un piano diverso dalla persona soccorsa, il soccorso va ben oltre la dinamica del comportamento altruistico, infatti a quest'ultimo si aggiungono norme di responsabilità sociale e giuridica che pongono il dovere al soccorso in maggior rilievo rispetto a quelle che sono le proprie ideologie, secondo le quali magari un operatore in condizioni di libertà di scelta non fornirebbe il suo contributo. Nel secondo caso, il soccorritore ed il soccorso si situano su uno stesso piano; infatti il comportamento altruistico genera un bisogno, da parte di chi lo riceve, di ricompensare il soggetto operante, si viene così a generare un "circuito prosociale" di vantaggio collettivo. Il servizio di 118, opera in quadro ovviamente asimmetrico; infatti il personale sanitario, in tale contesto, può e deve prestare aiuto che il paziente non è in grado di ricompensare. Vi sono poi altri due elementi che svolgono un ruolo fondamentale nell'ambito del soccorso in emergenza: la presenza di norme vincolanti e l'influenza del gruppo sul comportamento altruistico. Per quanto concerne il primo caso, se ci si trova ad operare in un ambiente lavorativo sottoposto a norme vincolanti particolarmente rigide, il risultato potrebbe essere, paradossalmente, una riduzione dell'aiuto prestato. Risulta quindi evidente la necessità del servizio di 118, di dotarsi di protocolli che, da un lato abbiano

l'obiettivo di uniformare il più possibile i comportamenti e le prestazioni degli operatori, ma che dall'altro vengano inseriti in un contesto di massima flessibilità organizzativa, al fine di far risaltare il potenziale altruistico dei singoli operatori. Per quanto riguarda invece l'influenza del gruppo sull'azione d'aiuto, si è constatato che quest'ultima viene promossa in particolar modo quando il soggetto operante è solo. Ovviamente ciò è relativo soltanto all'ambito dell'emergenza, dove per essa si intende la necessità della messa in atto di un intervento estemporaneo in grado di salvare la vita dell'infortunato. Le cause maggiormente implicate nella diminuzione del comportamento altruistico del gruppo rispetto all'individuo singolo sono fondamentalmente:

1. La diminuzione di responsabilità, ovvero la sensazione che altri potrebbero intervenire al proprio posto, causa un calo della motivazione ad agire;
2. Il timore della valutazione, ovvero la paura che altri possano esprimere giudizi negativi sulla propria prestazione, provoca un'inibizione sulla voglia di prestare soccorso, data la minaccia della propria autostima.

Da tali aspetti si evince quindi, quanto sia importante un atteggiamento di cooperazione fra i colleghi e non di critica durante l'intervento, al fine di non inibire le capacità professionali altrui con il risultato di nuocere significativamente al buon esito della prestazione.

Abbiamo prima detto che il servizio di 118, opera in quadro di "asimmetria" e questo fa sì che colui che necessita dell'intervento sanitario, si ponga in un piano di inferiorità rispetto all'operatore stesso. La constatazione di avere bisogno di soccorso, infatti, equivale all'ammissione di tale stato di inferiorità e di inadeguatezza, con conseguente grave danno all'autostima del soggetto aiutato. Egli, infatti, a causa di un meccanismo di negazione, può sminuire l'entità nonché la qualità dell'intervento prestatogli. È importante che ciò non venga interpretato dal soccorritore come un atteggiamento negativo nei propri confronti, bensì come un tentativo di difesa dell'equilibrio psichico del paziente stesso. Come già accennato in precedenza il lavoro dell'operatore di 118 è sostanzialmente un lavoro d'equipe, a tal fine, consequenzialmente all'aumento delle difficoltà dei compiti da svolgere, vi è, nel gruppo, una tendenza ad individuare principalmente due figure carismatiche o leader : quello orientato al compito e quello orientato alla relazione. Nel primo caso, si attribuisce al leader una maggiore abilità o competenza tecnico-pratica. Nel secondo caso invece, viene individuato un membro del gruppo la cui presenza è più gradita rispetto ad altri, che facilita la comunicazione interpersonale e abbassa il livello globale di nervosismo e aggressività. La tendenza a promuovere tali figure dominanti, aumenta generalmente con l'aumentare

del numero dei costituenti del gruppo, pertanto l'equipe di 118 essendo costituita da pochi elementi, non sembra implicare necessariamente tale figura al proprio interno. Tuttavia è necessario ricordare che all'interno del servizio di 118, la presenza di un leader orientato al compito e di una struttura organizzativa rigida, sembrano risultare sfavorevoli alla produttività dell'equipe di soccorso; al contrario, un organizzazione non rigida all'interno di un contesto formale comunque ben definito e la presenza di figure socioemozionali positive, sembrano risultare le condizioni ottimali al fine di ottenere i migliori risultati con i minori costi.

Capitolo 7

7.1 Adattamenti del corpo in quota e l'ipossia

Da un punto di vista fisiologico si possono distinguere quattro livelli di quota:

- bassa quota: 0-1800 m
- media quota: 1800-3000 m
- alta quota: 3000-5500 m
- altissima quota: 5500 m e oltre

La concentrazione dell'ossigeno nei gas atmosferici è del 20.93%. La composizione dell'aria non si modifica per effetto dell'altitudine.

I problemi che l'uomo incontra quando soggiorna in alta o ad altissima quota sono principalmente dovuti alla ridotta pressione parziale di ossigeno (P_{aO_2}) nell'aria che si respira, conseguente alla diminuzione della pressione barometrica che diminuisce invece con l'aumentare dell'altitudine.

Sulla cima dell'Everest, a 8848 m, la pressione atmosferica è di solo 253 mm Hg. Oltre gli 8500 m, le prestazioni fisiche e mentali decadono drammaticamente. Importanti fattori limitanti la prestazione fisica in alta montagna sono: la diminuzione della temperatura, i forti venti, la secchezza dell'aria, l'aumento dell'irradiazione solare, la difficoltà ad idratarsi ed alimentarsi correttamente e la ridotta pressione parziale di ossigeno nell'aria che è il fattore limitante principale. La riduzione della pressione parziale di ossigeno atmosferico, che si riflette ovviamente a livello alveolare scatena una serie di processi di adattamento funzionale che nel loro complesso costituiscono il processo di acclimatazione. Mediante alcuni adeguamenti funzionali, l'uomo può così riuscire a svolgere anche a grandi altezze una proficua attività lavorativa. L'efficacia dei processi di acclimatazione risulta subito evidente con un esempio: un individuo esposto acutamente ad una pressione barometrica pari a quella presente in vetta all'Everest perde conoscenza nel giro di 2 minuti, in realtà noi sappiamo che nei soggetti acclimatati ciò non accade ed anzi arrivano sulla sommità della vette Himalayane.

Sino a un'altezza di circa 3000m, la saturazione percentuale dell'emoglobina diminuisce di poco rispetto al livello del mare a causa della forma della curva di dissociazione dell'emoglobina stessa. L'incremento del numero di globuli rossi va normalmente di pari passo con l'aumento del tasso di ematocrito (Hct) e della concentrazione di emoglobina (Hb). Lo stimolo dell'eritropoiesi è attivo fino a quote di almeno 6500m, altezza alla quale si

riscontrano i massimi valori di RBC che nei soggetti acclimatati possono raggiungere e superare i 7 milioni per microlitro.

Sulla base della recente esperienza alpinistica, il mantenimento di una normale idratazione del soggetto acclimatato sembra rappresentare un elemento molto positivo ai fini della prestazione fisica ad alta quota in quanto contribuisce ad eliminare alcuni gravi inconvenienti connessi con l'aumento della viscosità del sangue e con le relative conseguenze emodinamiche senza pregiudicare l'entità del trasporto di ossigeno dai polmoni ai tessuti.

7.2 Risposta acuta all'ipossia

7.2.1 Iperventilazione

L'iperventilazione è la prima evidente risposta nei soggetti normalmente residenti a bassa quota esposti acutamente all'ipossia. Lo stimolo ipossico è rilevato dalle cellule specializzate dei glomi carotidei, disposti a livello della carotide comune e a livello dell'arco aortico, in seguito a una riduzione della pressione parziale di ossigeno nel sangue arterioso. La stimolazione di questi recettori evoca una scarica afferente che stimola a sua volta i centri respiratori bulbari che attiveranno i muscoli respiratori.

Poiché l'aria alveolare riceve continuamente l'anidride carbonica dal sangue venoso mentre l'aria ambiente ne è priva, un maggior ricambio di essa si traduce in un relativo impoverimento di anidride carbonica da parte dell'aria alveolare stessa e un suo arricchimento in ossigeno; ne deriva una maggior pressione parziale di ossigeno che si traduce in una maggior saturazione dell'emoglobina.

L'iperventilazione consente di ottenere una pressione parziale alveolare dell'ossigeno di poco superiore rispetto a quella che si avrebbe in assenza di iperventilazione; nonostante la minima differenza in termini di mmHg questo spiega comunque l'accanimento dell'organismo nel cercare di mantenere la pressione parziale di ossigeno il più elevata possibile.

Il tessuto che principalmente soffre dell'ipossia non è quello muscolare ma quello nervoso perciò la performance in quota è legata alla tolleranza all'ipossia del SNC piuttosto che dei muscoli.

7.2.1 Aumento della gittata cardiaca

Nelle prime fasi dell'acclimatazione all'alta quota si verifica un aumento della frequenza e della gittata cardiaca per carichi submassimali del 50% rispetto al livello del mare; non vi sono invece variazioni della gittata pulsatoria. A parità di potenza meccanica espressa, il costo energetico di un esercizio è uguale in quota e a livello del mare; pertanto, l'aumento della gittata cardiaca riflette la soluzione funzionale adottata dall'organismo per aumentare l'apporto di ossigeno ai tessuti. Questo vantaggio si riflette in una minor desaturazione del sangue nel passare da arterioso a venoso.

In quota si verifica anche un aumento della pressione arteriosa sistemica attribuibile a un aumento del livello delle catecolamine plasmatiche che riflette una condizione di maggior attivazione simpatica.

7.2.3 Problemi medici legati all'alta quota

L'ipossia comporta il rischio di alcune complicazioni di carattere medico comuni a nativi, residenti e soggetti che si recano occasionalmente in alta quota. Alcuni di questi problemi sono di lieve entità e si risolvono spontaneamente nel corso di alcune ore o giorni e sono dipendenti dalla velocità ascensionale; altri sono invece di maggior gravità e costituiscono un serio pericolo per la vita. Vi sono tre quadri patologici:

- Mal di montagna acuto (AMS – Acute Mountain Sickness)
- Edema polmonare da alta quota (HAPE – High Altitude Pulmonary Edema)
- Edema cerebrale da alta quota (HACE – High Altitude Cerebral Edema)

7.2.4 Mal di montagna acuto

Malgrado la risposta acuta all'ipossia, molti soggetti lamentano una sintomatologia nei primi giorni trascorsi oltre i 3000 m. Il quadro si sviluppa più facilmente nei soggetti che salgono rapidamente in quota, così da non dar tempo allo sviluppo dei processi di acclimatazione. I sintomi, che in genere si risolvono nell'arco di pochi giorni, includono emicrania, senso di stordimento, nausea, stitichezza, vomito, riduzione della diuresi, disturbi visivi, insonnia e debolezza generale (Honigman et al. 1993; Krasney 1994). L'inizio dei sintomi si verifica in genere 4-12 ore dopo l'arrivo in quota e i sintomi scompaiono dopo pochi giorni. Nella maggioranza dei casi i sintomi vengono accusati oltre i 3000 m. Durante una rapida ascesa

oltre i 4000 m, praticamente si verifica sempre una sintomatologia di vario grado di mal di montagna .

Un altro sintomo che si verifica nei primi giorni di permanenza in quota è la soppressione dell'appetito che può essere tale da comportare una riduzione dell'apporto calorico del 40%, con conseguente perdita di massa magra. In questi primi giorni in genere i soggetti adottano una dieta povera di sali e ricca di carboidrati. Il vantaggio della dieta sta nel fatto che il potere calorico dell'ossigeno è maggiore per i carboidrati rispetto ai lipidi (5 contro 4.7 kcal - L di ossigeno). Una dieta ricca di carboidrati facilita l'adattamento all'alta quota, riduce la gravità del quadro di mal di montagna acuto, contiene la riduzione di performance nella fase iniziale dell'esposizione all'alta quota.

Nei soggetti affetti da mal di montagna acuto, l'attività fisica, anche di lieve grado, può essere insostenibile.

Con l'acclimatazione, la gravità dei sintomi si riduce, contemporaneamente migliorano le capacità di lavoro e la resistenza al lavoro stesso. La miglior prevenzione del mal di montagna acuto è rappresentata dal salire lentamente, stando sui 3000 m, e salendo ancora più lentamente oltre questa quota. Nei primi giorni di esposizione conviene ridurre il carico di lavoro.

7.2.5 Edema polmonare da alta quota

Per ragioni tuttora non completamente chiarite, circa il 2% della popolazione esposta a quote superiori ai 3000 m, presenta il quadro dell'edema polmonare da alta quota. I sintomi si manifestano in genere da 12 a 96 ore dopo l'arrivo in quota con velocità di ascesa elevata. Il quadro comporta travaso di liquido dal microcircolo verso i tessuti interstiziali e, nel caso dei polmoni, negli alveoli. I sintomi iniziali non sono gravi; senso di affaticamento generale, dispnea nel corso del lavoro, tosse secca persistente con caratteristiche irritative, senza catarro e in assenza di preesistente infezione delle vie aeree, dolore toracico retrosternale, emicrania e nausea. Un sintomo patognomonico è la forte riduzione della diuresi (Honigman et al. 1993). L'auscultazione del torace rivela l'esistenza di rantoli. L'edema polmonare può colpire anche soggetti apparentemente normali e ben acclimatati al di sopra dei 5500 m, è in qualche modo correlabile all'aumento della pressione nell'arteria polmonare. Il trattamento dell'edema polmonare da alta quota consiste nel riportare rapidamente il soggetto a bassa quota, rimuovendo il quadro ipossico. La disponibilità di ossigeno aiuta a migliorare il quadro ma non è risolutiva in quanto la scorta di ossigeno è ovviamente limitata.

Risultano utili quindi le camere iperbariche pneumatiche, gonfiabili rapidamente in caso di necessità, ove il soggetto può essere collocato in attesa del miglioramento delle condizioni generali che ne consentano un successivo trasporto a valle.

7.2.6 Edema cerebrale da alta quota

Questo quadro, se non trattato, può essere di gravità tale da portare a coma e morte. I sintomi iniziali sono simili a quelli del mal di montagna acuto e dell'edema polmonare. ma la gravità si rivela subito maggiore. Il quadro colpisce circa l'1% dei soggetti che si recano oltre i 2700 m. Oltre al quadro di prostrazione generale, si hanno disturbi della visione, disturbi della minzione e dell'evacuazione, perdita di coordinazione neuro-muscolare, emiparesi, perdita dei riflessi, stato confusionale. La patogenesi dell'edema cerebrale è simile a quella di altri edemi, in quanto comporta un aumento della filtrazione di liquido dal microcircolo e un suo accumulo nel tessuto interstiziale. L'aumento di filtrazione riflette molto presumibilmente un aumento di permeabilità dell'endotelio capillare dovuto all'ipossia. Lo stato di edema interstiziale è rapidamente lesivo sulle cellule del tessuto nervoso centrale. La diagnosi deve essere tempestiva e il trattamento consiste nel rapido trasporto del paziente a bassa quota.

7.2.7 Altre complicazioni

Oltre ai quadri di mal di montagna acuto, di edema polmonare e cerebrale, c'è anche un'altra complicazione e cioè l'emorragia retinica, che si verifica al di sopra dei 6000 m. Il soggetto presenta il tipico sintomo di vedere una "mosca" nel campo visivo. Se l'emorragia si verifica nella zona centrale della macula, ove sono principalmente presenti i recettori alla luce, il difetto visivo può essere irreversibile. Le emorragie retiniche rientrano nel quadro generale dell'alterazione degli scambi di liquido tra microcircolo e tessuti, pertanto nel quadro generale della fisiopatologia dell'edema. Si ritiene che un fattore patogenetico importante sia rappresentato dall'aumento della pressione nel microcircolo retinico, complicato dall'attività fisica.

La perdita di liquidi attraverso la respirazione è elevata in quota a causa della relativa secchezza dell'aria e della bassa temperatura. L'aria inspirata viene infatti umidificata e riscaldata nel passaggio nelle vie aeree, il vapore acqueo di cui si arricchisce viene poi perso con l'aria espirata. Aumenta anche l'evaporazione dell'acqua dalla superficie

corporea; i sintomi della disidratazione si manifestano con secchezza delle labbra, delle fauci e delle prime vie aeree.

7.2.8 Adattamenti a lungo termine nell'esposizione all'alta quota

Con il procedere del tempo di esposizione si svilupperanno più lentamente altri adattamenti finalizzati al miglioramento delle varie funzioni cellulari in ipossia cronica e si verificano in seguito a esposizione oltre i 3000 m.

7.2.9 Variazioni dell'equilibrio acido-base

L'iperventilazione genera un aumento della pressione parziale di ossigeno a livello alveolare e una concomitante riduzione della pressione parziale di anidride carbonica. Pertanto, aumenta il gradiente di pressione che causa la diffusione dell'anidride carbonica dal sangue venoso verso gli alveoli e questo causa una maggior perdita di questo gas da parte dell'organismo. Ad esempio, a 5000 m, la pressione alveolare dell'anidride carbonica è di circa 24 mmHg, rispetto ai 40 mmHg a livello del mare.

Il pH del sangue può essere descritto nei termini del rapporto tra concentrazione dello ione bicarbonato (HCO_3^-) e di anidride carbonica (CO_2); questo rapporto è normalmente di 20/1. Nel caso di un aumento della diffusione di anidride carbonica a livello alveolare, a parità di livello metabolico, si verifica una riduzione della concentrazione di questo gas nel sangue e di conseguenza un aumento del rapporto $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_2$ da cui deriva un aumento del pH plasmatico, condizione definita come alcalosi. Poiché l'alcalosi è primariamente legata a un adattamento di tipo respiratorio, l'iperventilazione appunto, si parla di alcalosi di tipo respiratorio. L'iperventilazione si mantiene per il tutto il tempo di esposizione in alta quota, pertanto l'organismo si trova a dover fronteggiare una condizione di alcalosi respiratoria cronica. L'organismo non tollera altro che minime variazioni del pH e pertanto deve mettere in atto un meccanismo atto a riportare il pH al suo valore normale (7.4). In condizioni di alcalosi respiratoria, i reni eliminano bicarbonati con le urine, il che riporta il rapporto $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_2$ al valore normale di 20/1 e questo riporta il pH a 7.4. Si noti che il rapporto di 20/1 si ottiene riducendo la disponibilità di bicarbonati, condizione definita come di acidosi metabolica. Se la pressione parziale dell'anidride carbonica a livello alveolare fosse dimezzata (come ad esempio a 5000 m), sarebbe proporzionalmente diminuita la quota di anidride carbonica presente nel plasma, pertanto, per riportare il rapporto $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_2$ al

suo valore normale di 20/1 occorre dimezzare la concentrazione plasmatica dei bicarbonati. L'eliminazione dei bicarbonati da parte del rene comporta che le urine siano alcaline. normalmente esse sono acide, il processo si stabilizza in un paio di settimane. L'importante conseguenza funzionale dell'eliminazione di bicarbonati è che in ipossia cronica l'organismo dispone di una minor capacità di tamponamento nei confronti dell'acidosi, in particolare nei confronti della produzione di acido lattico. L'equilibrio respiratorio nella fase di assestamento del pH è piuttosto perturbato. L'ipossia induce iperventilazione, ma se questa è troppo marcata causa alcalosi tale da inibire l'attività respiratoria. Il soggetto smette allora di respirare, ma questo causa dopo poco accumulo di anidride carbonica il che scatena di nuovo iperventilazione e via di questo passo, con un'alternanza di iperventilazione e sospensione della respirazione che prende il nome di respiro periodico. Il respiro periodico è particolarmente evidente nel sonno, fase nella quale già di per sé l'attività respiratoria è piuttosto irregolare.

7.2.10 Riduzione della capacità di tamponamento e paradosso dei lattati

In seguito alla riduzione dei bicarbonati si ha una riduzione della capacità di tamponamento del sangue. Questo comporta che, anche se la via glicolitica anaerobica è perfettamente funzionante, si ha una limitazione della capacità di produzione di acido lattico, in quanto il suo accumulo causa una maggior deviazione del pH verso l'acidosi infatti, oltre i 4000 m si osserva una marcata riduzione della produzione di lattato durante lavoro massimale .

Il fenomeno della ridotta produzione di lattato in alta quota è stato anche definito come “paradosso del lattato”. Infatti, ci si potrebbe aspettare che in ipossia aumenti la produzione di acido lattico. In realtà in quota non si ha un aumento del rilascio di ossigeno a livello dei tessuti: quindi coesiste una condizione di ipossia e di relativa incapacità alla produzione di acido lattico. Quest'ultimo fatto è stato attribuito a una minor capacità delle catecolamine di innescare la glicolisi anaerobica. Un'altra possibilità è la riduzione dell'attivazione motoria corticale che non consente l'estrinsecazione della massima potenza.

7.2.11 Variazioni a carico del sangue

Un altro aspetto tipico dell'esposizione cronica all'alta quota è l'aumento della capacità di trasporto dell'ossigeno da parte del sangue. Due fattori sono alla base di questo adattamento funzionale:

- a) una riduzione della massa plasmatica;
- b) un aumento delle sintesi di globuli rossi e quindi anche di emoglobina.

7.2.12 Riduzione della massa plasmatica

Nei primi giorni di esposizione all'alta quota si verifica una variazione nella distribuzione dell'acqua tra i compartimenti liquidi dell'organismo, infatti si ha un passaggio di acqua dal compartimento plasmatico a quello interstiziale e a quello intracellulare: questo causa un aumento dell'ematocrito. In un soggetto del peso medio di 70 kg vi sono circa 3 L di acqua nel plasma, 14 L nel fluido extracellulare o interstiziale e 30 L nel fluido intracellulare.

Dopo una settimana a 2300 m si verifica una riduzione dell'8% della massa plasmatica, l'ematocrito aumenta del 4% e la concentrazione dell'emoglobina del 10%.

Dopo una settimana a 4300 m, la riduzione del volume plasmatico è del 16-25%, l'aumento dell'ematocrito è del 6% e quello dell'emoglobina del 20%.

La riduzione del volume plasmatico e l'aumento della concentrazione dell'emoglobina comportano un aumento della capacità di trasporto dell'ossigeno da parte del sangue. Durante il processo di acclimatazione si verifica in genere un aumento della diuresi che comporta una riduzione del volume di acqua corporea.

7.2.13 Aumento dei globuli rossi

L'ipossia stimola una sintesi di globuli rossi da parte del midollo osseo che porta a policitemia. La risposta è mediata dall'ormone eritropoietina prodotto a livello renale entro 15 h dall'esposizione allo stimolo ipossico. Nelle successive settimane il midollo osseo aumenta la produzione di globuli rossi e questa condizione si mantiene finché il soggetto rimane in alta quota.

Si riportano casi di concentrazione dei globuli rossi dell'ordine di 8 milioni mm^{-3} , rispetto ai 5 milioni mm^{-3} a livello del mare. I dati della spedizione all'Everest del 1973 indicano che dopo acclimatazione a 6500 m, la concentrazione dell'emoglobina aumentava del 40% mentre l'ematocrito aumentava del 66%. Presumibilmente questi valori corrispondono a un processo di acclimatazione ottimale. Infatti, un ulteriore aumento della concentrazione dei globuli rossi comporterebbe due svantaggi, un eccessivo aumento della viscosità del sangue, da cui risulta una limitazione della massima gittata cardiaca, e un

impacchettamento dei globuli rossi a livello capillare che finisce per ostacolare il processo della diffusione dell'ossigeno.

La policitemia comporta un aumento della capacità di trasporto dell'ossigeno da parte del sangue. In alpinisti ben acclimatati, la capacità di trasporto è di 25-31 ml x 100 mL⁻¹ di sangue, rispetto a 19.7 ml x 100 mL⁻¹ a livello del mare .

Questo fatto comporta che, anche se l'emoglobina non è saturata al 100%, a causa dell'ipossia, la concentrazione di ossigeno nel sangue arterioso in quota è simile a quella a livello del mare, dove invece è saturata al 100%.

7.2.14 Adattamenti cellulari

In condizioni di estrema ipossia le cellule sono in grado di sviluppare adattamenti funzionali che consentono una miglior estrazione dell'ossigeno e quindi il normale funzionamento della via ossidativa.

Questo adattamento funzionale aumenta la superficie di diffusione dell'ossigeno a livello dei tessuti e riduce anche la distanza che l'ossigeno deve coprire per raggiungere i mitocondri. Biopsie muscolari nell'uomo rivelano un aumento della concentrazione dell'emoglobina del 16% in seguito ad acclimatazione, inoltre, è stato dimostrato un aumento del numero dei mitocondri e della concentrazione degli enzimi della via aerobica.

Questi adattamenti facilitano l'assunzione dell'ossigeno e la sua entrata nella catena ossidativa in condizioni di ipossia.

Nelle popolazioni native in alta quota, la curva di dissociazione dell'emoglobina è spostata verso destra, il che indica una minor affinità dell'emoglobina per l'ossigeno: questo favorisce, a parità di pressione parziale di ossigeno, il rilascio di ossigeno ai tessuti. Questo adattamento riflette l'aumento di concentrazione di 2,3-difosfolicerato (2,3- DPG) all'interno dei globuli rossi che si verifica in seguito a esposizione prolungata all'alta quota .

Un aumento del 2,3-DPG insieme all'aumento della concentrazione di emoglobina realizzano una condizione ottimale per il trasporto e il rilascio dell'ossigeno nei soggetti acclimatati.

Per riassumere, tale situazione è la seguente:

- L'aumento della concentrazione di emoglobina aumenta la capacità di trasporto dell'ossigeno.

- L'aumento del 2,3-DPG diminuisce l'affinità dell'emoglobina per l'ossigeno da cui dipende una maggior liberazione di ossigeno a livello dei tessuti.

7.2.15 Variazioni della composizione e della massa corporea

Un'esposizione di lunga durata all'alta quota causa una riduzione marcata della massa corporea, sia per quanto riguarda la componente magra che quella grassa; l'entità delle variazioni è proporzionale alla quota di esposizione. Ad esempio i dati relativi ad uno studio effettuato su sei soggetti maschi in camera ipobarica per 40 giorni simulando l'ascesa alla vetta dell'Everest (pressione in vetta 249 mmHg), l'assunzione calorica giornaliera diminuiva del 43%, cui corrispondeva una riduzione del 7.4% della massa corporea, principalmente a carico della massa magra .

Oltre a una riduzione dell'introito calorico giornaliero, si osservò una riduzione della capacità di assorbimento intestinale che pertanto concorreva a spiegare la riduzione della massa corporea .

Un ulteriore fattore che causava riduzione della massa era costituito dall'aumento del metabolismo basale. Ovviamente, è possibile compensare il bilancio calorico negativo sforzandosi di alimentarsi vincendo la tipica sensazione di mancanza di appetito .

Capitolo 8

8.1 L'ipotermia accidentale

Le funzioni del corpo umano vengono svolte, in modo ottimale, ad una temperatura interna compresa tra 36,4 e 37,5°C. Temperature al di fuori di questo stretto intervallo sono mal tollerate. Con ipotermia accidentale si intende una diminuzione, non intenzionale, della temperatura corporea interna al di sotto dei 35°C (95°F).

Si possono differenziare tre gradi di ipotermia:

- media = 33-35°C
- moderata = 28-33°C
- severa = < 28°C

8.2 Epidemiologia

Solitamente le statistiche si soffermano su giovani sportivi esposti al freddo in aree selvagge (alta montagna, ghiacciai, acque fredde....). Spesso non viene presa in considerazione la frequenza con cui l'ipotermia si verifica nei soggetti anziani, all'interno di aree urbane. Approssimativamente il 50% delle morti, attribuibili all'ipotermia, avviene in persone con età superiore ai 65 anni.

8.3 Termoregolazione

Produzione del calore. In un ambiente neutro (28°C per l'uomo), il calore corporeo è generato dalla dissociazione dei legami chimici durante il metabolismo di grassi, proteine e carboidrati. Il tronco e i visceri sono responsabili della produzione di calore in una percentuale del 56% rispetto al totale del corpo, ma durante l'esercizio fisico, più del 90% di calore è generato dai muscoli.

Mentre il brivido, od un aumento del tono muscolare, possono produrre un incremento di quattro volte nella produzione di calore, l'esercizio fisico intenso lo aumenta di sei volte.

Perdita del calore. Gli scambi di calore con l'ambiente seguono il gradiente termico. Così, quando la temperatura ambientale è inferiore a quella del corpo si perde calore, mentre, al contrario, quando la temperatura ambientale è superiore, lo si acquisisce. In condizioni

normali, il corpo tende a perdere calore. Il calore può essere perso attraverso quattro meccanismi fondamentali: conduzione, convezione, irraggiamento ed evaporazione.

Lo scambio tramite irraggiamento consiste nel trasferimento di energia termica senza contatto diretto ed è responsabile del 50-70% della perdita di calore di un essere umano a riposo, in condizioni ambientali neutre.

La conduzione di calore avviene per contatto diretto: una grande quantità di calore può essere persa molto rapidamente se un individuo è immerso in acqua, a causa della grande conduttività di questo mezzo.

La convezione coinvolge le molecole d'aria, più calde o più fredde, che passano vicino alla cute. Questo tipo di scambio aumenta con grandi differenze di temperatura tra aria e pelle, e con elevati flussi d'aria (vento).

La perdita di calore tramite evaporazione avviene negli uomini soprattutto tramite la perspiratio. L'evaporazione del sudore dalla pelle richiede energia sotto forma di calore: per ogni grammo di sudore evaporato si perdono 0,6 kcal. L'evaporazione permette la perdita di calore anche quando il corpo è circondato da un ambiente più caldo, ed è quindi il mezzo principale con cui l'organismo può raffreddarsi in luoghi a temperatura elevata.

Sistemi di controllo della temperatura. L'anatomia e la regolazione del sistema che controlla la temperatura del corpo sono state analizzate accuratamente nel corso degli anni 12-15 . Le vie nervose che conducono la sensibilità termica provengono dalla cute e dai visceri, risalgono il tratto spinotalamico fino a giungere all'ipotalamo anteriore che regola la temperatura attraverso:

- attivazione delle ghiandole sudoripare (circa 2,5 milioni)
- controllo della vasodilatazione cutanea
- controllo del tono muscolare (brivido)

I livelli di amine simpatiche, le afferenze dai barocettori e alcune citochine (IL-1, IL-6 e TNFalfa) sono importanti modulatori dell'ipotalamo anteriore .

Le risposte volontarie sono determinanti nella termoregolazione. Gli uomini possono rispondere agli stress termici:

- aggiungendo/togliendo vestiti
- spostandosi in un luogo più fresco
- cambiando il livello di attività fisica

In tutti i casi, il comportamento ideale è quello di ricercare una temperatura cutanea simile a quella della temperatura circostante alla pelle (che può essere diversa dalla temperatura ambientale).

Soggetti a rischio La capacità di regolare la temperatura diminuisce con l'età, probabilmente per il deterioramento delle afferenze sensitive. Mentre gli individui giovani percepiscono cambiamenti di $0,8^{\circ}\text{C}$, i soggetti anziani possono non accorgersi di variazioni superiori anche a $2,3^{\circ}\text{C}$.

Gli anziani sono molto suscettibili all'ipertermia rispetto ai giovani: la "soglia" della sudorazione aumenta e il volume di sudore diminuisce.

Lo stesso vale per l'ipotermia, che risulta difficile da tollerare a causa di diversi fattori: livelli più bassi del metabolismo basale; conduttanza più elevata per perdita della massa corporea e diminuita capacità di generare calore attraverso il brivido; ridotta vasocostrizione periferica in risposta al freddo.

Infine, se un soggetto anziano è allettato, con decadimento delle funzioni corticali, vengono alterate anche le risposte volontarie ai cambiamenti di temperatura. A tutto questo vanno aggiunte condizioni socio-economiche precarie, che aggravano ulteriormente il quadro descritto, soprattutto per quanto riguarda nutrizione e possibilità di riscaldare/raffreddare gli ambienti domestici.

Molte condizioni patologiche sono implicate nello sviluppo di ipotermia.

La capacità di termoregolazione del sistema nervoso centrale è diminuita in situazioni quali: ictus, trauma o infezione del SNC, tumori, emorragia, uremia, morbo di Parkinson, sclerosi multipla e sindrome di Wernicke. Una riduzione nel controllo della muscolatura vasale periferica può essere presente nella disautonomia diabetica, nelle infezioni e nello scompenso cardiaco. La diminuzione nella produzione di calore è presente in alcune malattie del sistema endocrino come l'ipotiroidismo, l'ipopituitarismo, l'ipoglicemia. L'ingestione di alcool è spesso associata ad ipotermia. La pancreatite e la chetoacidosi diabetica vanno sempre considerate negli episodi ipotermici, anche se non sono clinicamente evidenti. Il solo diabete può indurre ipotermia accidentale, particolarmente nel contesto di malnutrizione.

Forse il fattore precipitante più comune negli anziani è la sepsi, che è stata riscontrata nell'80% di anziani con ipotermia. Il 9-10% dei pazienti infetti sono ipotermici piuttosto che febbrili, e hanno una prognosi peggiore (mortalità doppia a causa dello shock settico già in

atto). La sepsi conduce ad ipotermia in seguito alla perdita del tono vascolare periferico e ad una risposta anomala dell'ipotalamo.

Alcuni farmaci possono causare uno scompenso della termoregolazione (barbiturici, oppioidi, antidepressivi triciclici e benzodiazepine); i fenotiazinici (aloperidolo) agiscono sia centralmente che alla periferia, attraverso un effetto antagonista sui recettori alfa-adrenergici. Altri alfabloccanti, come la prazosina, sono stati riportati tra le cause di ipotermia, e gli anziani sono particolarmente sensibili a questo effetto. Il litio porta ad abbassamento della temperatura centrale; l'etanolo porta a vasodilatazione periferica, ipoglicemia, riduzione del brivido ed esposizione volontaria al freddo, oltre ad avere un effetto diretto sull'ipotalamo, attraverso il quale varia la soglia della temperatura corporea e induce raffreddamento. Anche l'acido valproico è stato riportato come causa di ipotermia in una serie di casi, ma il meccanismo d'azione non è noto.

L'ipotermia può essere quindi considerata come uno scompenso della termoregolazione che può avere sia cause predisponenti (età, patologie croniche o acute, assunzione di farmaci), sia fattori precipitanti (esposizione al freddo acuta o cronica). La prognosi per le giovani vittime, esposte acutamente a basse temperature, è generalmente buona: se all'arrivo dei soccorritori l'individuo non si trova in arresto respiratorio e/o cardiaco, il solo riscaldamento permette un recupero completo. Tuttavia, le situazioni che si incontrano più frequentemente riguardano persone anziane, che diventano ipotermiche a causa di una patologia sottostante; in questi casi la prognosi è legata alla natura della malattia che ha causato il raffreddamento.

8.4 Patofisiologia e manifestazioni cliniche

Fin dagli inizi del '900, molti lavori osservazionali, condotti su animali o su essere umani sottoposti a raffreddamento per interventi cardioo neuro-chirurgici, hanno fornito molte informazioni sulle risposte fisiologiche dovute all'esposizione del corpo alle basse temperature. Tuttavia non è ancora chiaro quante di queste informazioni possano essere estrapolate ed applicate all'ipotermia accidentale. I cambiamenti patofisiologici osservati sono influenzati, oltre che dalle patologie concomitanti, anche dalla velocità e dalla profondità del raffreddamento o da altri fattori come l'ipovolemia e l'assunzione di farmaci. Ad es. nell'ipotermia cronica, sono molto più gravi i problemi che riguardano elettroliti e l'equilibrio acido-base, rispetto all'ipotermia acuta.

Eccetto gli infarti tissutali, dovuti all'ischemia, i cambiamenti indotti dall'ipotermia sono generalmente reversibili con il riscaldamento e, in molti casi, il tentativo di normalizzare le alterazioni fisiologiche non solo è inutile, ma dannoso.

Cambiamenti cardiovascolari. Con un'ipotermia media, vi è una iniziale tachicardia e una vasocostrizione periferica, con un conseguente aumento della gittata cardiaca. La pressione arteriosa aumenta leggermente. Questi cambiamenti, determinati dal simpatico, possono essere soppressi dall'uso di farmaci, con la conseguente diminuzione della frequenza, della pressione e della gittata. Spesso i battiti ectopici ventricolari scompaiono con l'ipotermia moderata, per riapparire al riscaldamento. Il raffreddamento in vitro del miocardio di maiale (a 32°C) causa un aumento della forza contrattile del 40%.

Se la temperatura diminuisce a un livello moderato, si sviluppa una progressiva bradicardia, come conseguenza del rallentamento della depolarizzazione spontanea delle cellule pace-maker del miocardio (questa bradicardia è refrattaria all'atropina). La riduzione della gittata, che ne deriva, può essere bilanciata da un aumento delle resistenze vascolari periferiche (per aumento riflesso delle catecolamine circolanti). L'elevazione delle resistenze vascolari può essere mantenuta dall'emoconcentrazione, dall'aumentata viscosità e dalle risposte vasomotorie locali. Negli animali è stata dimostrata una vasocostrizione delle arterie renali e una vasodilatazione del circolo splancnico. A queste temperature, avvengono delle alterazioni della ripolarizzazione, come documentato dalla presenza all'ECG dell'**onda "J"** (di **Osborn**), solitamente osservata nelle derivazioni precordiali laterali (Fig.); questa tende ad aumentare in ampiezza con il diminuire della temperatura, ma non è influenzata dall'alterazione degli elettroliti.

Figura. ECG a 12 derivazioni che mostra: bradicardia, onde J e QT lungo.

Le onde J non sono patognomoniche di ipotermia, in quanto si osservano nell'emorragia subaracnoidea e in altre lesioni cerebrali, ed anche nell'ischemia miocardica. Si sviluppano complessi QRS larghi (indicanti un rallentamento nella conduzione miocardica), in combinazione con elevazione del tratto ST o inversione delle onde T; queste alterazioni ECG possono essere legate all'aumentata acidosi e all'ischemia. A livello cellulare, vi è un prolungamento della durata del potenziale d'azione, che viene spiegata dall'attivazione ritardata delle correnti per il potassio, dalla rallentata inattivazione delle correnti del sodio e dall'inattivazione ritardata delle correnti del calcio. Il rallentamento della conduzione miocardica è attribuibile alla riduzione e al ritardo dell'ingresso di sodio. Vi è un

prolungamento della sistole, e il ritardo di conduzione si può manifestare con un aumento dell'intervallo P-R o con un BAV di II o III grado. A temperature più basse si può osservare un prolungamento del QT che può persistere per ore/giorni dopo il riscaldamento; il BAV può instaurarsi anche quando viene raggiunta una temperatura fisiologica. Sono stati riportati casi di asistolia anche dopo 72 ore dal riscaldamento.

A 28°C, la frequenza cardiaca diminuisce a 30-40 b/min; frequenze non correlate alla temperatura devono far pensare a patologie sottostanti come ipoglicemia, ipovolemia o ingestione di farmaci. A temperature ancora più basse (20°C), la bradicardia diventa estrema con frequenze di 10 b/min. Le resistenze vascolari sistemiche crollano, viene bloccato il rilascio di catecolamine e di conseguenza diminuisce la gittata cardiaca. A temperature inferiori ai 24°C è molto alto il rischio di asistolia. Studi animali hanno dimostrato che questa tendenza all'asistolia è diminuita dalla presenza di intossicazione da etanolo 46 e questo spiega gli outcome migliori dei soggetti etilisti. Il pacing transvenoso può essere difficoltoso e rischioso per la possibilità di indurre fibrillazione ventricolare, anche se studi su animali lo indicano come procedura efficace e sicura e quindi raccomandata. L'asistolia è un'aritmia frequente durante ipotermia, mentre la fibrillazione ventricolare è secondaria al riscaldamento, all'ipocapnia, all'alcalosi oppure a procedure eseguite dal personale sanitario.

L'ischemia, l'aumentata attività adrenergica e i disturbi elettrolitici certamente predispongono all'irritabilità miocardica, e, in corso di ipotermia moderata, portano allo sviluppo di aritmia (comunemente fibrillazione atriale o flutter o ritmo nodale, ma anche extrasistoli e tachiaritmie). La fibrillazione ventricolare è più comune al di sotto dei 27°C, ed è particolarmente legata a cambiamenti improvvisi di: postura, PaO₂ e PaCO₂, temperatura del miocardio, elettroliti ed equilibrio acido-base. Si è dimostrato che lo sviluppo di un gradiente di temperatura tra l'endocardio (più freddo) e il miocardio (relativamente più caldo) rende più suscettibile il sistema di conduzione alle variazioni elettrolitiche e dell'equilibrio acido base, predisponendo alla fibrillazione ventricolare. Una spiegazione alternativa è che piccole variazioni di temperatura tra miocardio ed endocardio possono causare la dispersione del potenziale d'azione e l'allungamento della velocità di conduzione e del periodo refrattario.

Il rischio di indurre FV con l'intubazione orotracheale è correlato a una mancata pre-ossigenazione, oltre che alla stimolazione dolorosa. Nell'ipotermia severa, la FV è estremamente resistente ai tentativi di cardioversione elettrica, finché non è stato raggiunto un riscaldamento adeguato; vi sono casi isolati che fanno eccezione a questa regola. Se

non può essere stabilita una circolazione extracorporea in tempi rapidi, bisogna prolungare la rianimazione cardiopolmonare fino al raggiungimento di una temperatura corporea, alla quale la defibrillazione sia efficace nel ripristinare un ritmo adeguato. Nell'ipotermia, la ridotta elasticità della parete toracica e della compliance del cuore e dei polmoni rendono le compressioni toraciche più difficile da eseguire, tuttavia sono state riportate sopravvivenze anche dopo 6 ore e ½ di rianimazione cardiopolmonare. Il bretilio è un ottimo antiaritmico in queste circostanze: aumenta il periodo refrattario e quindi la soglia per le aritmie ventricolari, senza alcun effetto sulla velocità di conduzione o i livelli di catecolamine.

In generale, non c'è indicazione al trattamento profilattico delle aritmie. La somministrazione di lidocaina è inefficace a temperature inferiori a 30°C, così come la procainamide, il propranololo, il diltiazem e il verapamil. I tentativi di aumentare la pressione arteriosa e la frequenza cardiaca sono problematici, sebbene gli inotropi (ad es., basse dosi di dopamina), sono stati usati in pazienti gravemente ipotensi, che non rispondono al carico volemico. Nell'ipotermia moderata, i vasi periferici sono vasocostritti, in maniera massimale, e la somministrazione di vasocostrittori predispone solamente alle aritmie, senza alcun effetto sulla pressione. Studi sull'animale suggeriscono che a temperature attorno ai 29°C, il sistema simpatico viene inibito; in questi casi le catecolamine avrebbero un'utilità clinica. Non è superfluo sottolineare che, data la vasocostrizione generalizzata, la somministrazioni di tutti i farmaci deve avvenire per via endovenosa (meglio se attraverso un vaso centrale),. I livelli sierici di CK aumentano in corso di ipotermia, ma non sono correlati a danni miocardici indotti dal freddo, non sono accompagnati da alterazioni ECG di tipo ischemico e nel caso di morte l'esame istologico non mostra mai aree necrotiche, sebbene siano presenti all'esame microscopico piccoli foci degenerativi in due terzi dei casi.

Ematologia.. I cambiamenti ematologici associati all'ipotermia sono importanti, particolarmente l'aumento della viscosità del sangue, del fibrinogeno e dell'ematocrito; questi disordini possono influenzare la funzione di molti organi. I cambiamenti nella permeabilità vascolare portano alla perdita di plasma nel compartimento extra-vascolare, e quindi ad un'emoconcentrazione che si accompagna ad ipovolemia (accentuata dalla diuresi indotta dal freddo). L'ematocrito aumenta del 2% per ogni diminuzione di 1°C della temperatura; un normale ematocrito in un paziente moderatamente o severamente ipotermico suggerisce una pre-esistente anemia o perdita di sangue. L'ipotermia è anche stata riportata come causa di soppressione e insufficienza midollare, nonché di ipoplasia eritroide e anemia sideroplastica.

Il freddo inibisce direttamente le reazioni enzimatiche sia della via intrinseca che estrinseca e quindi può svilupparsi una coagulopatia. Il tempo di protrombina (PT) e il tempo di tromboplastina parziale (PTT) possono essere normali se misurati a 37°C, ma possono essere significativamente aumentati se misurati a temperature più basse, anche se le concentrazioni dei fattori della coagulazione sono normali. Il riscaldamento, piuttosto che la somministrazione esogena di questi fattori, è la terapia appropriata. Una coagulopatia intravascolare disseminata (CID) è stata riportata in un numero di casi senza altra causa apparente se non l'ipotermia stessa 66 ; questo può essere correlato al rilascio del fattore tissutale dalle aree ischemiche, o dal collasso circolatorio.

L'ipotermia può anche diminuire la sintesi endoteliale di prostaglandine (PGI₂) e la sua azione inibitrice sull'aggregazione piastrinica, promuovendo l'attivazione delle piastrine e la trombosi. Può verificarsi anche trombocitopenia; questa deriva dal sequestro di piastrine nel fegato e nella milza, ma può essere correlata alla CID o alla depressione midollare. Inoltre, la produzione di trombossano B₂ da parte delle piastrine è temperatura dipendente ed è responsabile della diminuzione dell'attività piastrinica con la diminuzione della temperatura. Possono trovarsi elevati livelli di criofibrinogeno che aumenta la viscosità del sangue sul microcircolo causando diffusi microinfarti.

e può agire

Gli eccessi di criofibrinogeno sono presenti soprattutto in caso di sepsi da *Escherichia coli* del tratto urinario, nel diabete, nel deficit di folati e nei tumori; tutti questi eventi sono particolarmente comuni negli anziani. La presenza di porpora o ecchimosi, può suggerire la diagnosi di criofibrinogenemia, che è associata ad un'aumentata mortalità. Se la profilassi antitrombotica va sempre considerata nel paziente ipotermico bisogna tenere presente che l'eparina ed il destrano possono polimerizzare il criofibrinogeno e, in presenza di criofibrinogenemia, causare una severa iperviscosità; quindi, sebbene vi sia un'aumentata suscettibilità al tromboembolismo, non vi è evidenza, al momento, di un utilizzo abituale di eparina nell'ipotermia accidentale.

La deplezione leucocitaria può verificarsi in corso di ipotermia, e studi sull'animale ed in vitro suggeriscono che la migrazione neutrofila e la fagocitosi batterica sono diminuite, e predispongono l'organismo all'infezione. In pazienti che subiscono by-pass cardiopolmonare, l'attivazione del complemento è rallentata alle basse temperature. La sepsi, di comune riscontro in pazienti anziani che si presentano con ipotermia, può essere

una conseguenza, come pure una causa predisponente, dello scompenso della termoregolazione, e quindi, in questi pazienti, è sempre necessaria la copertura antibiotica profilattica.

Effetti neuro-muscolari Gli effetti del freddo sul sistema nervoso centrale sono spesso evidenti all'esame obiettivo e comprendono, negli stadi intermedi, stato confusionale e qualche volta amnesia. Appena la temperatura scende ulteriormente, subentrano apatia e incapacità di giudizio. Progressivamente si sviluppano disartria, progressiva depressione dello stato di coscienza fino al coma (molto comune al di sotto dei 30°C). A circa 25°C, vi è perdita dell'autoregolazione cerebrovascolare e avviene una riduzione del flusso ematico di circa 6-7% per ogni °C. Tuttavia, nell'ipotermia severa, vi è una riduzione marcata del metabolismo e quindi un considerevole aumento della tolleranza all'ischemia cerebrale; a temperature inferiori ai 20°C, la tolleranza all'ischemia è dieci volte superiore rispetto alla normotermia. L'EEG diventa piatto al di sotto dei 20°C.

Il brivido è inizialmente aumentato nei gradi intermedi di ipotermia, ma scompare allo scendere della temperatura; comunque le temperature a cui avviene la cessazione del brivido variano grandemente (24-35°). Il fluido sinoviale diventa più viscoso alle basse temperature e anche ad un'ipotermia moderata compare rigidità dei muscoli e delle articolazioni. Negli stadi iniziali compaiono atassia e perdita del controllo fine dei movimenti, seguiti, nell'ipotermia moderata, da iporeflessia, risposta estensoria plantare e riflesso fotomotore rallentato; al di sotto dei 28°C, compaiono rigidità, midriasi e areflessia. Nell'ipotermia severa, la rigidità muscolare e delle articolazioni può simulare il rigor mortis, tuttavia la rigidità può paradossalmente scomparire a temperature inferiori ai 27°C.

Studi animali hanno aiutato a spiegare questi cambiamenti mostrando come la conduzione nervosa periferica sia diminuita dal freddo, per una riduzione progressiva nella velocità di conduzione (proporzionale all'abbassamento di temperatura); questo sembra essere legato ad un ridotto flusso di potassio e cloro attraverso la membrana assonale. Gli effetti sul meccanismo autonomico del controllo della circolazione possono spiegare il motivo dell'ipotensione posturale: la posizione seduta o eretta devono essere evitate nel trasferimento di queste vittime dal luogo del ritrovamento.

Il tempo di conduzione sinaptico è prolungato nelle giunzioni neuromuscolari e la conduzione nel muscolo è parzialmente temperatura-dipendente, con una ridotta velocità nello sviluppo della tensione e della velocità di accorciamento. Quando la temperatura cutanea è inferiore a 12°C, gli sfinteri precapillari cessano di operare; ne consegue una vasodilatazione ed un aumento del flusso sanguigno che può causare un riscaldamento

sufficiente per ripristinare la funzione degli sfinteri e reinstaurare una vasocostrizione locale. Questa oscillazione tra dilatazione e costrizione è conosciuta come “Lewis Hunting Reaction” e avviene principalmente alla punta delle dita e alle orecchie.

Problemi respiratori. Nell'ipotermia media, vi è una iniziale tachipnea, seguita da una riduzione del volume minuto e del consumo di ossigeno; spesso, sono presenti broncospasmo e broncorrea. Se la temperatura scende a livelli di ipotermia moderata, i riflessi di protezione delle vie aeree sono ridotti, a causa della diminuzione della funzione mucociliare che predispone alla polmonite da aspirazione. A 30°C, vi è una diminuzione del 50% del consumo di ossigeno e della produzione di anidride carbonica. Il controllo della temperatura interna è strettamente dipendente dai livelli di PaCO₂, che sono rilevati dai glomi carotidei e maggiormente a livello centrale 84. Un raffreddamento diretto di questi rilevatori deprime il drive respiratorio: a temperature inferiori a 34°C, la sensibilità allo stimolo della PaCO₂ è attenuata, mentre viene mantenuto il drive ipossico, anche per livelli più profondi di ipotermia. Lo spazio morto fisiologico e anatomico sono aumentati, a causa della dilatazione bronchiale, ma lo spazio morto alveolare rimane invariato. Lo scambio locale di gas non è influenzato dall'ipotermia, ma vi è un aumento delle resistenze vascolari polmonari e vi è un alterato rapporto tra ventilazione e perfusione. Nell'ipotermia severa si sviluppa un'ipoventilazione e l'apnea e (più raramente) l'edema polmonare.

Vi è inizialmente uno spostamento a sinistra della curva di dissociazione dell'emoglobina, che porta ad una diminuzione nella liberazione dell'ossigeno e ad un'ipossia tissutale; questo spostamento è bilanciato dalla conseguente acidosi lattica e da altri fattori (respiratori e metabolici), che contribuiscono all'acidosi globale. Il brivido può aumentare grandemente la produzione di lattato, mentre la sua clearance attraverso il fegato è diminuita. Frequentemente l'acidosi metabolica peggiora durante il riscaldamento, a causa del ritorno in circolo dei prodotti del metabolismo anaerobio, e può contribuire all'aumentato rischio di aritmia. Nell'ipotermia severa, l'acidosi è più grave a tal punto che vi è uno spostamento a destra della curva di dissociazione. La gestione dell'equilibrio acido-base è controverso. Le emogasanalisi sono normalmente riscaldate a 37°C e questo porta a livelli più alti di ossigeno e di anidride carbonica e più bassi di pH, rispetto al vero stato acido-base del paziente ipotermico. In pratica alcuni suggeriscono di mantenere il pH, a temperatura non corretta, attorno ai 7,40 in modo da evitare l'uso inappropriato di bicarbonato e dell'iperventilazione. Questi trattamenti, in effetti, possono deprimere la gittata cardiaca e aumentare la predisposizione alla fibrillazione ventricolare; inoltre il trasporto di

bicarbonato attraverso le membrane cellulari ipotermiche è lento, e, durante il riscaldamento, può svilupparsi una alcalosi metabolica severa.

Rene e metabolismo. Nell'ipotermia moderata c'è una diuresi indotta dal freddo che avviene prima della diminuzione della temperatura corporea. Questa è inizialmente causata da un aumento del flusso sanguigno renale, conseguente alla vasocostrizione periferica, e poi, con la diminuzione della temperatura, alla perdita della capacità del tubulo distale di riassorbire acqua e alla resistenza all'azione della vasopressina (ADH). La diuresi indotta dal freddo porta ad un aumento nell'escrezione degli elettroliti urinari, probabilmente come risultato di un ridotto riassorbimento tubulare del sodio ⁸⁶. Nell'ipotermia moderata, la filtrazione glomerulare diminuisce, così come la gittata cardiaca, e di conseguenza si riduce il flusso ematico renale (di circa il 50% alla temperatura di 27-30°). Vi è inoltre una riduzione nella funzione tubulare e della clearance del glucosio. A temperatura ancora più basse, la capacità tubulare di secernere ioni idrogeno è ridotta e questo contribuisce all'acidosi generale. Clinicamente l'insufficienza renale acuta si osserva in più del 40% dei pazienti con ipotermia accidentale che richiedono ricovero in terapia intensiva. Le biopsie hanno dimostrato danno ischemico ai reni, che avviene durante la fase di riscaldamento, dopo un periodo di protezione relativa durante il raffreddamento. Questa insufficienza pre-renale è conseguenza della diminuzione del flusso sanguigno e può essere prevenuta da un adeguato rimpiazzo volêmico.

Il metabolismo totale del corpo è ridotto dall'abbassamento della temperatura, come dimostrato dalla riduzione nel consumo di ossigeno che è circa del 6% per ogni °C perso ; il metabolismo basale è ridotto di circa il 50% a 28°C. Negli studi animali la secrezione di vasopressina e ossitocina è ridotta, vi è una riduzione dell'ACTH che non è associata alla diminuzione dei livelli di cortisolo (che solitamente sono invece aumentati); questo è dovuto essenzialmente alla diminuita clearance epatica. La funzione pituitaria, adrenergica e tiroidea sono normali, sebbene la risposta del cortisolo alla stimolazione dell'ACTH è diminuita. Le concentrazioni plasmatiche di TSH e degli ormoni tiroidei sono normali, ma vanno misurati per escludere l'ipotiroidismo come causa dell'ipotermia stessa. Se un paziente è resistente ai tentativi di riscaldamento, bisogna considerare la somministrazione di idrocortisone con o senza ormoni tiroidei nel caso si tratti di ipotiroidismo occulto, ipopituitarismo o precedente uso cronico di steroidi. La somministrazione abituale di steroidi non è benefica e quindi non viene raccomandata.

Se l'ipotermia si sviluppa rapidamente molti processi differenti possono contribuire all'iperglicemia, che contribuisce all'aumento della diuresi. Il rilascio di insulina è inibito dai livelli di corticosteroidi come pure dal diretto raffreddamento delle isole di Langerhans; inoltre la sensibilità all'insulina da parte dei tessuti è diminuita. L'attività simpatica è aumentata, con aumenti plasmatici di norepinefrina e acidi grassi liberi; la glicogenolisi e la gluconeogenesi, indotta dalle catecolamine, contribuiscono all'iperglicemia. I livelli di glucagone sono aumentati, ed i livelli del cortisolo plasmatico correlano con i livelli di lattato e glicerolo. Ciò porta ad un'attiva stimolazione della glicogenolisi e della lipolisi. Nei casi in cui l'ipotermia si sviluppa più lentamente le riserve di glicogeno possono essere consumate ed è in questo modo che si può sviluppare ipoglicemia. Anche il brivido riduce le riserve di glicogeno e contribuisce all'ipoglicemia. Con il riscaldamento i fattori che portano ad un aumentato livello di glucosio nel plasma vengono corretti: è meglio tollerare moderati livelli di iperglicemia invece di correggerli, per evitare un'ipoglicemia profonda al riscaldamento. L'insulina esogena ha poco effetto nello stato ipotermico e sono necessarie alte dosi per avere minimi effetti. Se l'iperglicemia persiste durante il riscaldamento, vanno considerati la chetoacidosi diabetica e la pancreatite; la terapia insulinica dovrà essere istituita solo quando la temperatura diventi superiore ai 30°C.

L'ipopotassiemia conduce ad uno spostamento di potassio dallo spazio extracellulare all'interno delle cellule a causa dei cambiamenti nella permeabilità delle membrane e della funzione della pompa Na/K. L'iperkaliemia, d'altro canto, è un marker di acidosi e morte cellulare ed è perciò un segno di prognosi sfavorevole. L'ECG non è d'aiuto in questi casi, poiché i cambiamenti del tracciato possono essere ridotti dall'ipotermia e poiché a basse temperature la tossicità cardiaca del potassio è amplificata. Il sodio plasmatico, il calcio, il magnesio, e il cloro non si modificano al di sopra dei 25°C, ma sono stati riportati casi di ipofosfatemia severa al riscaldamento dall'ipotermia profonda.

Effetti gastrointestinali. A 34°C, la motilità intestinale diminuisce e si paralizza (ileo) quando la temperatura scende al di sotto dei 28°C; è necessario un sondino naso/oro-gastrico per ridurre la possibilità di aspirazione. L'assorbimento di farmaci somministrati per via orale o naso-gastrica diminuisce in questa situazione e questa via deve quindi essere evitata. Emorragie puntiformi possono avvenire nel tratto gastrointestinale, e studi autopsici hanno riscontrato erosioni gastriche e emorragie sottomucose in questi pazienti. Le ulcere

gastriche superficiali sono note come ulcere di Wischnevsky e si ritrovano nella maggioranza dei casi all'esame post-mortem. All'esame istologico della mucosa gastrica, si osserva la dilatazione cistica dei capillari, dovuta alla ri-perfusione dopo il collasso funzionale del microcircolo. Studi animali hanno dimostrato che l'ipotermia aumenta la produzione di acido cloridrico nello stomaco e riduce la secrezione di bicarbonato nel duodeno, predisponendo ai danni della mucosa in entrambi gli organi.

Può svilupparsi insufficienza epatica, forse come conseguenza della riduzione della gittata cardiaca, e la diminuzione della clearance dell'acido lattico, che ne consegue, contribuisce all'acidosi; se vengono somministrati fluidi caldi, questi non devono contenere la soluzione di Hartmann, in quanto il fegato non può metabolizzare efficientemente il lattato 99 . Le funzioni del fegato di detossificazione e coniugazione sono depresse e di conseguenza l'emivita di molti farmaci aumenta, così come gli effetti dell'etanolo. Questo può essere particolarmente rilevante nella situazione di overdose, in cui l'ipotermia provocata prolunga gli effetti dei farmaci ingeriti.

Frequentemente si verifica pancreatite come conseguenza dell'ipotermia (20-30% dei casi); livelli elevati di amilasi senza evidenza clinica di pancreatite sono ancora più comuni, essendo presenti nel 50% dei casi. La ragione di questo non è ben conosciuta, ma si pensa che sia il risultato della trombosi del microcircolo e della conseguente ischemia per necrosi perilobulare del pancreas; questo può essere alla base di un processo simile che avviene nell'intestino, nel fegato, nel cervello, nel miocardio ed in tutti gli altri organi. In associazione alla pancreatite emorragica è stata osservata trombosi della vena porta. Studi animali hanno dimostrato una diminuzione della funzione esocrina del pancreas ed un aumento delle amilasi sieriche come risultato di un raffreddamento del pancreas per poche ore. Altri enzimi associati con danno cellulare sono spesso elevati come AST, ALT e bilirubina. Approccio clinico

8.5 Diagnosi differenziale

Una volta fatta diagnosi di ipotermia, solitamente è facile determinarne la causa. L'esposizione al freddo, l'ipoglicemia e l'abuso di alcool sono responsabili di più dell'80% dei casi riportati. La diagnosi di esposizione è abitualmente determinata dall'anamnesi (luogo del ritrovamento). L'ipoglicemia dovrebbe essere sospettata nei pazienti diabetici ed

etilisti e viene confermata facilmente tramite stick cutanei o da misurazioni su prelievo ematico. L'abuso di alcool può essere diagnostico attraverso l'anamnesi, l'esame clinico (condizioni generali scadenti con segni di insufficienza renale ed epatica) e confermato tramite la misurazione delle concentrazioni plasmatiche di etanolo. L'encefalopatia di Wernicke è difficile da diagnosticare nel paziente ipotermico, ma deve essere sospettata se è presente una storia di abuso di alcool, atassia, deviazioni dei bulbi oculari (specialmente paralisi del sesto nervo cranico e dello sguardo coniugato). Nelle altre cause di ipotermia le deviazioni oculari sono sempre assenti.

Sebbene l'ipotiroidismo e il panipopituitarismo siano cause rare di ipotermia, la diagnosi differenziale è difficile in quanto si presentano clinicamente nello stesso modo.

Il coma non è frequente nell'ipotermia, ma quando presente è difficile da distinguere dalla morte. Uno stato di coma senza risposta allo stimolo doloroso non è mai presente se la temperatura è superiore ai 27°C. In questi casi i pazienti appaiono immobili, con rigidità delle estremità. La pressione arteriosa può essere difficile da misurare, a causa della vasocostrizione periferica. Il polso è lento e spesso non rilevabile. Al di sotto dei 25°C, l'EEG è sempre piatto. Chiaramente in queste condizioni, i criteri per accertare la morte non possono essere applicati, finché la temperatura non viene riportata a 37°C. Alcuni pazienti sono sopravvissuti senza sequele, anche dopo 30 minuti di arresto completo.

I cambiamenti indotti dall'ipotermia possono mascherare o mimare altri disturbi. La rigidità della muscolatura cervicale può mimare una meningite. L'addome è frequentante duro come una tavola e la peristalsi è assente, come in una peritonite.

Poiché lo shock e il coma hanno moltissime cause, è fondamentale, in questi casi, il giudizio clinico che deve guidare nella diagnosi differenziale. Grande importanza deve essere data alla correlazione tra segni/sintomi e temperatura rilevata. Per es. la presenza di fibrillazione ventricolare o di un coma ad una temperatura di 30°C, oppure uno shock con ematocrito basso e feci positive per sangue, devono far spostare l'attenzione del medico verso altre cause e indirizzare gli accertamenti diagnostici su altre patologie. Nel paziente con ipotermia, sottoposto a prolungata rianimazione cardiopolmonare, la diagnosi di infarto miocardio può essere difficile: CK, LDH, ALT e AST possono essere elevati a causa della riperfusione epatica e del danno muscolare indotto dal freddo. Livelli elevati di CK-MB e CK-BB sono stati riportati in pazienti ipotermici senza evidenza di infarto miocardio e cerebrale 105 . Tuttavia, le modificazioni ECG, in corso di ipotermia, aiutano nella diagnosi

differenziale in quanto sono meglio correlate con l'IMA rispetto agli enzimi miocardiospecifici.

8.6 Monitoraggio della temperatura

Poiché la funzione degli organi viene ristabilita con l'aumento della temperatura, è fondamentale che il trattamento sia focalizzato al riscaldamento e ad una terapia di supporto, e non si perda tempo nella valutazione e correzione dei segni/sintomi che riguardano i singoli organi. Un altro dogma del trattamento precoce è che la manipolazione del paziente deve essere minima, in quanto ogni movimento e/o manovra invasiva possono condurre ad aritmie maligne.

Il rilevamento della temperatura interna permette innanzitutto la diagnosi di ipotermia accidentale e permette al medico di rilevare lo stato patofisiologico del paziente ad ogni temperatura rilevata (Tab). I siti accettabili per il rilevamento della temperatura sono: sottolinguale, rettale, esofagea, vescicale, timpanica e polmonare (le temperature ascellari sono meno correlate). Con un paziente affetto da ipotermia moderata o severa, la temperatura dovrebbe essere rilevata in modo continuo da più siti. Le temperature rettali aumentano spesso in modo più lento, rispetto a quelle rilevate in altri siti, durante il riscaldamento (oltre ad avere la possibilità di rilevazioni falsamente basse, dovute all'inserzione inavvertita del termometro in feci ghiacciate). Inoltre il sito in cui avviene il riscaldamento, può produrre delle interferenze con la rilevazione della temperatura interna; per esempio, se si usa un lavaggio peritoneale, la temperatura della vescica cresce più rapidamente della temperatura degli altri siti.

Tabella. Effetti fisiologici causati dall'ipotermia e manifestazioni cliniche.

8.7 Intubazione endotracheale

Sebbene si pensi che l'intubazione endotracheale predisponga i pazienti ipotermici ad aritmie cardiache, un gran numero di casi indica che in mani esperte il rischio è basso. Quindi il protocollo per intubare questi pazienti dovrebbe essere lo stesso che si utilizza per il resto della popolazione. L'intubazione orotracheale è preferibile, perché i pazienti ipotermici sono coagulopatici, anche se il rischio di epistassi appare modesto con l'intubazione nasale. In genere si evita l'utilizzo di miorilassanti, in quanto hanno scarso

effetto a temperature inferiori a 30°C; inoltre la diminuita funzione renale, epatica e degli enzimi plasmatici rendono il metabolismo di questi farmaci imprevedibile e vi è quindi il rischio di paralizzare i pazienti senza un'adeguata sedazione. Empiricamente viene sempre somministrata una frazione inspiratoria di ossigeno elevata.

8.8 Arresto cardiaco

I protocolli per la gestione delle aritmie ventricolari e delle bradicardie non sono applicabili nel caso di ipotermia moderata e severa. La cardioversione di aritmie ventricolari è difficile a temperature inferiori a 30°, sebbene uno studio di defibrillazione elettrica in pazienti senza polso ha mostrato alcuni successi anche a queste temperature. Studi animali e “case report” suggeriscono che il bretilio aumenta la soglia per la fibrillazione ventricolare e porta a cardioversione in numerosi pazienti ipotermici, ma ci sono dati insufficienti per supportare l'uso abituale di questo farmaco. Alcuni dati, ricavati da un modello porcino di arresto cardiaco ipotermico, indicano che la somministrazione di epinefrina o vasopressina porta ad una migliore perfusione coronarica, tassi più elevati di cardioversione e miglioramento della sopravvivenza a breve termine (paragonata all'uso di placebo); purtroppo non esistono studi clinici sull'uomo a tale proposito. Un modello animale suggerisce che il pacing transcutaneo per le bradicardie può migliorare l'emodinamica, se vi è evidenza di un'inadeguata gittata cardiaca, ma l'efficacia sugli uomini non è provata. Il pacing transvenoso non è raccomandato perché può precipitare le aritmie ventricolari. Poiché la maggioranza delle aritmie si risolve spontaneamente durante il riscaldamento, è imperativo che i tentativi di gestire l'arresto cardiaco non ritardino gli interventi per correggere la sottostante ipotermia. In letteratura vengono riportati, per l'arresto cardiaco in pazienti ipotermici, sia il massaggio cardiaco interno che esterno. Paragonato al massaggio a torace chiuso, il massaggio a torace aperto in pazienti normotermici produce una maggiore perfusione dei vasi coronarici e può essere efficace nei pazienti ipotermici se combinato con l'irrigazione mediastinica e il by-pass cardiopolmonare. Comunque la maggioranza delle strutture ospedaliere sono prive di esperienza e delle risorse necessarie per eseguire in modo sicuro e rapido una toracotomia laterale sinistra per questo scopo. Il massaggio a torace chiuso è un'alternativa non necessariamente inferiore. Un paziente è sopravvissuto dopo circa sei ore di compressioni toraciche esterne. Il termine “massaggio cardiaco” non è probabilmente corretto, in quanto le compressioni esterne creano oscillazioni nella

pressione intratoracica, che producono un flusso di sangue indipendente dal flusso generato dalla compressione diretta del cuore.

8.9 Somministrazione di liquidi

Molti pazienti con ipotermia severa sono ipovolemici e richiedono la somministrazione endovenosa di fluidi. I liquidi dovrebbero essere riscaldati a 40-42°C in un riscaldatore apposito, per evitare eccessive perdite di calore. Inoltre, i pazienti ipotermici hanno una contrattilità miocardica deficitaria e quindi bisogna prestare attenzione ai primi segni di sovraccarico volemico. Il posizionamento di un catetere arterioso permette la misurazione continua della pressione sanguigna e facilita le emogasanalisi, (particolarmente importanti quando la vasocostrizione periferica e l'ipotensione interferiscono con la saturimetria periferica). Il monitoraggio della pressione venosa centrale è utile nei pazienti con stato volemico non chiaro, ma il contatto tra il catetere ed il miocardio deve essere minimo a causa della bassa soglia per aritmia. La cateterizzazione di una vena femorale può essere più sicura rispetto ad una vena giugulare o succlavia; la cateterizzazione dell'arteria polmonare deve essere sempre evitata. L'ipotermia può anche aumentare il rischio di perforazione vascolare durante la cateterizzazione del cuore destro. L'uso di basse dosi di vasopressori è utile in pazienti euvolemici che rimangono ipotensi durante il riscaldamento.

8.10 Esami ematochimici

Il largo spettro di disfunzione d'organo, associato all'ipotermia severa, richiede uno stretto monitoraggio attraverso esami di laboratorio. La funzione renale è spesso peggiorata a causa di una diminuita perfusione ed i cambiamenti elettrolitici sono imprevedibili. In assenza di CID, la coagulopatia indotta da ipotermia si risolve con il riscaldamento e quindi la severità della disfunzione della coagulazione in vivo non è correlata in modo accurato agli esami eseguiti di routine a 37°C. La presenza di trombocitopenia, l'aumento dei prodotti di degradazione della coagulazione e la deplezione del fibrinogeno suggeriscono la presenza di CID indipendentemente dalla temperatura interna. I pazienti con ipotermia sono a rischio sia di ipo- che di iper-glicemia. I tipici sintomi dell'ipoglicemia possono essere assenti, a causa della depressione del SNC. Altre misure

L'ileo indotto dall'ipotermia è comune, e il posizionamento di un sondino orogastrico (preferibile al nasogastrico per il rischio di emorragie) è necessario per ridurre il rischio di

“ab ingestis”. Un catetere vescicale è necessario per il monitoraggio della funzione renale e dell'equilibrio idrico. I vestiti bagnati contribuiscono alla perdita di calore per conduzione e devono essere rimossi. La pelle deve essere mantenuta asciutta e coperta con materiale isolante. Occorre ritardare il riscaldamento delle estremità, finché non venga posizionato un accesso venoso e non sia iniziato il riempimento volemico. Il riscaldamento prematuro delle estremità può portare ad un ritorno in circolo di sangue più freddo rispetto alla circolazione centrale, con una conseguente diminuzione della temperatura. Questo fenomeno, chiamato “afterdrop”, è responsabile della diminuzione fino a 1,5°C in modelli sperimentali e può essere clinicamente importante nei pazienti critici. La vasodilatazione periferica con riscaldamento esterno può anche peggiorare l'ipotensione. L'uso empirico di antibiotici è appropriato per quei pazienti in cui si sospetta la polmonite ab ingestis o la sepsi.

Durante la transizione dalla stabilizzazione iniziale all'inizio del riscaldamento è importante eliminare i fattori di rischio per l'instabilità termica. L'identificazione di intossicazioni predisponenti, farmaci e condizioni mediche come l'ipotiroidismo e l'insufficienza surrenale, porteranno il clinico al trattamento specifico di queste cause di ipotermia. Inoltre, conoscendo queste possibili cause, il clinico potrà anticipare la risposta ai vari interventi di riscaldamento e quindi regolare in modo appropriato l'aggressività dell'intervento.

8.11 Riscaldamento

I metodi per correggere l'ipotermia si dividono in tre categorie di riscaldamento: passivo esterno, attivo esterno e attivo interno.

8.11.1 Passivo esterno

La chiave del riscaldamento passivo esterno è eliminare ogni fonte di perdita di calore e portare alla correzione della temperatura interna attraverso la produzione endogena di calore. Una grande quantità di perdita di calore avviene dal collo e dalla testa, per cui è particolarmente importante che siano coperte. Con il brivido la produzione di calore può aumentare di cinque volte rispetto al basale, portando gli individui sani e con ipotermia media al riscaldamento spontaneo in tempi brevi. Infatti, modelli sperimentali mostrano che la perdita del brivido rallenta il riscaldamento del 37%. Il brivido diminuisce a temperature inferiori ai 32° e quindi i pazienti con ipotermia moderata o severa inizialmente si scaldano molto lentamente. Individui con scarsa massa muscolare, ridotte riserve di glicogeno o

endocrinopatie, hanno una capacità ridotta di produrre calore. Inoltre l'aumento del consumo di ossigeno provocato dal brivido (3-5 volte), può essere problematico per pazienti con limitata riserva coronarica. In questo caso meglio utilizzare un riscaldamento attivo, accompagnato dall'utilizzo di meperidina, per controllare il brivido stesso.

8.11.2 Attivo esterno

L'utilizzo di aria riscaldata agisce prevenendo la perdita di calore e trasferendo calore per convezione. Apparecchi che producano aria forzata sono facilmente disponibili e possono essere utilizzati facilmente e rapidamente. Sia modelli sperimentali umani sia studi randomizzati e controllati hanno dimostrato che la velocità di riscaldamento con aria calda forzata è superiore al riscaldamento passivo e in una piccola serie di casi è un trattamento salvavita anche nell'ipotermia severa. Come notato in precedenza il riscaldamento attivo precoce può precipitare l'ipotensione e l'"afterdrop", ma questi rischi appaiono modesti se in contemporanea vengono somministrati liquidi riscaldati.

Pazienti con una temperatura inferiore a 23°C sono stati riscaldati con successo attraverso l'immersione in acqua calda. Tuttavia, questo approccio pone barriere sostanziali al monitoraggio e alla rianimazione; tecniche più sicure hanno largamente soppiantato questa procedura. Ci sono pochi dati che supportino l'uso di culle calde, coperte calde, coperte in cui circola acqua calda e l'utilizzo di onde-elettromagnetiche.

La vasocostrizione periferica rende la pelle dei pazienti ipotermici vulnerabile ai danni indotti da fonti di calore esterne (ustioni). Questa complicanza deve essere tenuta sempre in considerazione per il rischio successivo di infezione.

8.11.3 Attivo interno

Mini-invasivo Un grande numero di interventi rientra nella categoria di riscaldamento attivo interno. Per meglio comprendere l'efficacia e la differenza tra questi approcci è utile ricordare il concetto di calore specifico. Il calore specifico è definito come quantità di calore (Kcal) richiesto per riscaldare un Kg di acqua di un 1°C. Il calore specifico dell'acqua è 1 Kcal/kg/°C e così dieci Kcal sono richieste per aumentare la temperatura di un kg di acqua di 10°C. Il calore specifico del corpo umano è pari a 0,83 Kcal/kg/°C. Si può così calcolare il calore necessario per aumentare la temperatura di un paziente di 70 Kg da 25° a 35° C.

$$70 \text{ Kg} \times 0,83 \text{ Kcal/kg/}^{\circ}\text{C} \times 10^{\circ} \text{ C} = 581 \text{ Kcal (58 Kcal/}^{\circ}\text{C)}$$

La risposta alla somministrazione endovenosa di fluidi illustra questo concetto. I cristalloidi sono normalmente riscaldati a 40-42°C attraverso un bagno in acqua calda o con microonde e vengono rapidamente infusi nel paziente. Se un litro di soluzione salina a 42° viene infuso in un paziente con una temperatura di 25° il trasferimento di calore sarà:

$$1 \text{ Kcal/kg/}^{\circ}\text{C} \times (42^{\circ} - 25^{\circ}) = 17 \text{ Kcal}$$

Questo calore è sufficiente per riscaldare la temperatura del sopramenzionato paziente di 70 Kg di

$$17 / 58 = 0,29^{\circ} \text{ C.}$$

In realtà il trasferimento di calore è ancora inferiore, in quanto la soluzione salina si raffredda rapidamente, a temperatura ambiente, e la perdita di calore è proporzionale alla lunghezza dei tubi attraversati prima di raggiungere il paziente. La rapida infusione, utilizzando dei deflussori con una lunghezza inferiore ai 25cm, rende massimo il trasferimento di calore. Può essere utilizzato un termometro posto all'ingresso del fluido nel paziente. Sebbene l'impatto sulla temperatura è modesto, i fluidi endovenosi caldi giocano un ruolo importante nella rianimazione delle vittime traumatiche, nelle quali la variazione di temperatura di 1-2° può essere un salvavita. Inoltre, l'infusione di sangue e cristalloidi riscaldati è indicata per tutti i pazienti ipotermici, in quanto la somministrazione di fluidi a temperatura ambiente causa ulteriore perdita di calore. Il riscaldamento attivo interno con fluidi a 65°C ha aumentato la sopravvivenza nei ratti, senza peggiorare l'emolisi, ma non esistono esperienze sull'uomo. L'uso di aria calda inspirata è poco invasivo ed è stato esaminato in molti studi. Il piccolo volume di acqua presente nell'aria, saturata di vapore, limita il potenziale di trasferimento di calore a 10 Kcal/h. Questo consiste approssimativamente in 0,5° C/h. Poiché l'uso di temperature elevate porta ad un beneficio modesto e aumenta il rischio di danno per il paziente e per il ventilatore non sono raccomandate temperature superiori ai 41°. Particolare importanza detiene l'umidità, in quanto previene la perdita di calore ed è facilmente ottenibile attraverso un umidificatore.

Lavaggi di cavità interne. Il lavaggio di cavità del corpo con fluidi caldi ha un'efficacia variabile. Il facile accesso allo stomaco, alla vescica e al colon li rendono attraenti come sito di irrigazione, ma vi sono pochi dati che supportino questi approcci. Il contributo al riscaldamento è probabilmente minimo, in quanto queste cavità hanno una superficie mucosa piccola per effettuare grandi scambi di calore. Dato il beneficio modesto, il lavaggio gastrico in pazienti non intubati pone il rischio inaccettabile di aspirazione. Per evitare il danno alla mucosa i fluidi non possono avere temperatura superiore a 45°C.

Il lavaggio della cavità pleurica si esegue con grandi volumi (10-120 litri/h) di un fluido a 40-45° attraverso una toracotomia a livello del secondo o terzo spazio intercostale sulla linea emiclaveare. Il fluido è drenato attraverso una seconda toracotomia in quarto, quinto o sesto spazio intercostale sulla linea ascellare posteriore. Alternativamente, salina calda può essere infusa ripetutamente e drenata attraverso un singolo tubo ad intervalli di 15-20 minuti. **Il lavaggio pleurico** offre un riscaldamento variabile ma rapido. Le esperienze con uomini sono limitate a piccole serie. Il lavaggio peritoneale con salina calda o dialisato è largamente disponibile, relativamente semplice da eseguire ed è un test diagnostico per trauma addominale occulto, che si riscontra in un numero considerevole di giovani pazienti ipotermici. Il posizionamento di due o più cateteri nello spazio intraperitoneale migliora la velocità di riscaldamento, attraverso un flusso maggiore all'interno della cavità. L'irrigazione diretta del fegato accelera il recupero della funzione epatica e facilita la clearance di tossine e acido lattico. L'infusione di dialisato caldo ad intervalli di 20-30 minuti porta alla rimozione delle tossine dializzabili e al trattamento della concomitante insufficienza renale e della eventuale rabdomiolisi.

8.12 Metodi extracorporei.

L'uso del by-pass cardiopolmonare è stato utilizzato per il trattamento dell'ipotermia accidentale in due pazienti alla fine degli anni '60. In entrambi i casi la perfusione è avvenuta a cuore battente, ma nella maggioranza dei pazienti trattati nelle serie successive il by-pass è stato eseguito con arresto cardiaco. Di fatti, il by-pass cardiopolmonare è un'opzione attraente in pazienti in arresto cardiaco, provvede ad un rapido riscaldamento, ad un supporto circolatorio, all'ossigenazione e può essere combinato all'emodialisi. L'approccio può essere femoro-femorale oppure attraverso sternotomia mediana; entrambi hanno la stessa efficacia. Gli svantaggi principali del by-pass cardiopolmonare sono la scarsa disponibilità, il ritardo nell'iniziare il trattamento e la necessità di coagulazione. I dati

che supportano l'uso di cateteri rivestiti di eparina al posto della scoagulazione completa, nei pazienti ad alto rischio (come le vittime di un trauma), sono molto limitati.

Nel riscaldamento continuo artero-venoso la pressione del sangue del paziente genera un flusso dall'arteria femorale attraverso un fluido riscaldato contro corrente; il sangue quindi rientra nel paziente attraverso la vena femorale controlaterale. Tubi di alluminio con fluidi riscaldanti rendono massima la conduzione termica tra un bagno di acqua a 40°C e il sangue circolante. Le velocità di riscaldamento sono eccellenti, appena inferiori a quelle ottenute con by-pass cardiopolmonare. Confrontato con il by-pass cardiopolmonare il riscaldamento continuo artero-venoso può essere iniziato più rapidamente e richiede un'equipe meno specializzata, potendo essere eseguito anche al letto del paziente e non in sala operatoria. Uno studio prospettico e randomizzato ha mostrato che il riscaldamento artero-venoso continuo riduce la richiesta di fluidi e migliora la sopravvivenza a medio termine se confrontato con strategie mini-invasive. Tuttavia, l'esperienza riportata in grandi popolazioni è limitata.

Il riscaldamento extra-corporeo veno-venoso, l'emodialisi veno-venosa continua, l'emodialisi artero-venosa e l'emofiltrazione sono opzioni aggiuntive per il riscaldamento diretto del sangue. Il riscaldamento extracorporeo veno-venoso richiede la cateterizzazione di due vene centrali e l'uso di una pompa per mantenere il flusso. Il flusso e la velocità di riscaldamento sono più lente rispetto al by-pass cardiopolmonare ed al riscaldamento artero-venoso continuo. L'emodialisi e l'emofiltrazione sono utili nel caso di insufficienza renale, di alterazioni elettrolitiche, di sovraccarico di volume o in seguito all'ingestione di tossine o di farmaci dializzabili. Il posizionamento di cateteri a due vie, come per la dialisi, attraverso la cannulazione di un singolo vaso può essere un'alternativa in pazienti con accessi vascolari difficoltosi. L'esperienza clinica riportata con questi approcci è favorevole, ma limitata a serie di casi che hanno un numero modesto di pazienti.

Selezione del metodo di riscaldamento La decisione della strategia di riscaldamento è un lavoro complesso, ma non insormontabile. Non esiste un approccio basato sull'evidenza per la gestione di questa patologia, a causa dell'esiguità di studi clinici randomizzati su tale argomento. L'eterogeneità delle popolazioni studiate, dell'esperienza delle equipe e della presentazione clinica impediscono un approccio all'ipotermia attraverso un algoritmo decisionale. Tuttavia possono essere raccolte delle linee guida generali dalla letteratura.

1. Le misure di riscaldamento passivo esterno sopramenzionate sono appropriate per tutte le vittime affette da ipotermia, indipendentemente dalla severità.

2. Il riscaldamento passivo esterno è adeguato per la maggior parte dei pazienti con ipotermia moderata. Serie di casi pubblicati suggeriscono che, in assenza di grave patologia sottostante, i pazienti riscaldati passivamente affetti da ipotermia moderata hanno una buona prognosi.

3. Sebbene un riscaldamento più veloce non sia correlato ad una riduzione della mortalità, c'è un forte razionale fisiologico per l'utilizzo di metodi invasivi per affrettare il riscaldamento nei pazienti in arresto cardiaco. La cardioversione ad una temperatura interna inferiore a 28°C è inutile ed il riscaldamento extra-corporeo, preferibilmente con by-pass cardiopolmonare o riscaldamento artero-venoso continuo, è indicato in questa popolazione di soggetti. Inoltre, il riscaldamento extra-corporeo può ridurre la perdita di tessuto (necrosi) in un paziente con gli arti congelati. Nei centri in cui non è possibile effettuare il by-pass, sono indicate la combinazione di riscaldamenti attivi esterni, lavaggio delle cavità corporee e altre forme di riscaldamento extra-corporeo.

L'approccio ottimale è meno chiaro per pazienti con:

- adeguata pressione arteriosa (PAM = 60 mm/Hg) ma ipotermia moderata o severa;
- ipotermia media che non risponde al riscaldamento passivo.

Alcuni Autori indicano dei valori soglia per iniziare il riscaldamento invasivo in quanto una correzione rapida della temperatura può ridurre il periodo in cui il paziente è vulnerabile allo sviluppo di aritmie. Comunque, la presenza di altre patologie sembra essere il miglior predittore di mortalità rispetto al valore iniziale di temperatura. Un numero di studi riporta buoni outcome con riscaldamento mini-invasivo di pazienti stabili emodinamicamente, affetti da ipotermia moderata o severa.

Gli studi, in cui viene correlata la velocità del riscaldamento e la funzione cognitiva post-operatoria in pazienti sottoposti a by-pass aorto-coronarico in ipotermia, sono molti rilevanti per la gestione dell'ipotermia accidentale. Uno studio condotto su pazienti sottoposti a BPAC, a sei settimane dall'intervento, ha mostrato funzione neurologica migliore nei pazienti riscaldati più lentamente; tuttavia in un altro studio su pazienti diabetici non sono state rilevate differenze. In entrambi gli studi i pazienti venivano riscaldati di 13° C/h, che è una velocità molto più rapida rispetto a quella utilizzata nell'ipotermia accidentale.

A questo momento, non ci sono sufficienti prove per delle raccomandazioni sulla gestione di pazienti con ipotermia severa e con emodinamica stabile.

8.13 Decesso

La morte e l'ipotermia profonda sono indistinguibili, soprattutto ad una iniziale valutazione sul luogo del ritrovamento. Di qui l'espressione "no one is death until they are warm and death". Le vittime dell'ipotermia hanno periodi prolungati di sopravvivenza anche dopo lunghi periodi di rianimazione cardiopolmonare che si presentava con una temperatura di 13,7° C e recuperata dopo 45 minuti di immersione in acqua a 40°C. L'outcome a lungo termine, dei sopravvissuti ad ipotermia severa accidentale, è eccellente. Una valutazione neurologica estesa sui sopravvissuti ad ipotermia, complicata da arresto cardiaco, non ha mostrato danni indotti dall'ipotermia capaci di modificare la qualità della vita. I soggetti erano giovani e in salute ed erano capaci di ritornare al normale stile di vita anche dopo 30 giorni di coma; invece persone anziane, con patologie associate, avevano un outcome più sfavorevole.

La causa dell'ipotermia, la sua reversibilità e la presenza di comorbidità sono predittori consistenti dell'outcome, ma un marker semplice per dichiarare irreversibile il processo non esiste. Una concentrazione di potassio superiore a 10 mmol/l è un marker di morte cellulare estesa ed è associata al 100% di mortalità in due serie di pazienti vittime di valanghe. Tuttavia, un "case report" ha mostrato una sopravvivenza di un paziente con una potassiemia di 9,5 mmol/l e ha mostrato come questo limite non sia così assoluto. L'insufficienza renale, la tossicità dei farmaci, la rabdomiolisi e l'insufficienza adrenergica sono tutte cause reversibile di iperpotassiemia, e dovrebbero essere considerate prima di attribuire agli elevati livelli di potassio il significato di morte irreversibile. Altri marker proposti per outcome sfavorevole sono: l'età avanzata, basso pH, insufficienza renale, ammoniemia > 250 µM/l, fibrinogeno < 50 mg/dl, coagulopatia, arresto cardiaco, necessità di ventilazione meccanica, Glasgow Coma Scale (GCS) minore o uguale a 5, necessità di vasocostrittori, assenza di esposizione al freddo e durata molto lunga dell'esposizione. Comunque, nessuno di questi fattori preso singolarmente è in grado di prognosticare l'insuccesso

Capitolo 9

9.1 L'accesso intraosseo (IO)

9.1.1 Definizione

È un metodo di reperimento di un accesso vascolare, venoso, tramite l'inserimento di un catetere nella matrice ossea, per la somministrazione di farmaci e liquidi, prettamente usato nelle situazioni di emergenza.

9.1.1.2 Storia

Sin dal 1830 la via intravenosa viene usata per la somministrazione di fluidi e farmaci, ma considerando i materiali a disposizione e le conoscenze in materia, non è difficile pensare che all'epoca del primo conflitto mondiale, non era ancora una tecnica molto diffusa, soprattutto in emergenza, dove si preferiva usare la via rettale. Nel 1922 Drinker e Lund studiano la circolazione nel midollo osseo di alcuni animali (cani, gatti, conigli) e scoprono che il compartimento vascolare dell'osso è composto da: "noncollapsible vein". Nel 1936 Tocantis e O'Neill durante un esperimento di trapianto di midollo animale, scoprirono che la circolazione intraossea era collegata a quella sistemica. Iniziarono così numerosi studi sulla circolazione intraossea sugli animali in determinate condizioni di emergenza (ipovolemia, ipoglicemia) e infine sulle persone, dai neonati agli adulti. Il sito più usato era lo sterno, e la tibia per i bambini più piccoli. Tocantis et al stilano un elenco di possibili cause per le quali il catetere poteva ostruirsi e una prima statistica di possibili complicanze, tra le quali viene evidenziata la non presenza dell'embolia grassosa, ancora ad oggi non presente nella letteratura medica. Papper nel 1942 descrive l'accesso intraosseo per l'uso di fluidi e farmaci affermando che il tempo necessario al raggiungimento della circolazione sistemica è pressochè lo stesso della via endovenosa periferica. Bailey nel 1944 sottolinea che l'accesso intraosseo sternale potrebbe essere effettuato anche in condizioni di scarsa luce, come in un black out o sul campo di battaglia, grazie al fatto che i punti di repere sono sempre palpabili e facili da scoprire (angolo di Louis). Inoltre Bailey migliora il catetere inserendo una sicura che fermasse oltre un certo limite l'avanzare dell'ago per evitare la penetrazione nel mediastino. Nel 1947 Heinild et al riportano la loro esperienza, forse fra le più grandi mai registrate riguardo l'IO. Circa 1000 accessi erano stati effettuati con un 95% di successo su centinaia di bambini dai 2 ai 4 anni, la maggior parte dei quali disidratati dalla gastroenterite, e molti di loro avevano ricevuto più di un accesso intraosseo per

somministrare farmaci, fluidi, trasfusioni di sangue, plasma e sodio bicarbonato. Heinild riporta anche la prima testimonianza di accessi riusciti su bambini pretermine e con basso peso alla nascita. Negli anni '40 la tecnica si era diffusa in Inghilterra e in sud America, prettamente in situazioni di emergenza pediatrica, ma i maggiori riferimenti arrivavano proprio negli stessi anni, dai conflitti della II guerra mondiale, dove l'accesso intraosseo era largamente usato per rianimare i soldati in stato di shock, con amputazioni od ustioni. Tant'è che ne parlavano anche i giornali, come il Detroit News del 12 marzo 1945 che tratta di questo nuovo metodo di infusione nello sterno, usato dall'equipaggio di un B-29 per salvare un ragazzo.

Alla conclusione però del conflitto mondiale, la tecnica cadde in disuso a causa dell'mancanza di un sistema di assistenza medica sul territorio e quindi di scenari "bellici" civilizzati, dove l'intraossea potesse trovare indicazione, ed anche a causa dell'avvento dei cateteri venosi periferici in materiali plastici. Così dobbiamo arrivare fino al 1960 per ritrovare la tecnica, dove in Unione Sovietica la via intraossea viene sfruttata per effettuare l'anestesia regionale (IO-RA), tecnica poi perfezionata a Londra da Thorton-Alquist ed ulteriormente sviluppata al Carmel medical center. Nel 1977 finalmente ritroviamo uno studio, di Valdes, dove si torna a considerare la tecnica per la somministrazione di fluidi e farmaci in emergenza, accantonata ormai da qualche decennio. Arriviamo infine ai primi anni '80, quando Orlowsky, un pediatra della Cleveland clinic, si reca in India durante un'epidemia di colera e vede che molti bambini vengono salvati tramite l'accesso intraosseo, l'unico facilmente reperibile anche in casi di grave disidratazione, quando la maggior parte delle vene periferiche collassano. Da questa esperienza pubblica il famoso: "My Kingdom for an intravenous line", che testimonia la diffusione mondiale che sta avendo tale tecnica, in contemporanea con l'inserimento da parte dell'American Heart Association (AHA) e dell'American Academy of Pediatric dell'IO nella sezione di rianimazione pediatrica e neonatale delle linee guida dell' Advanced cardiac life support (ACLS). Nello stesso anno nasce anche il corso "PALS for life", precursore del Pediatric advanced life support (PALS) sempre dell' AHA. Nel 1988 il corso PALS raccomanda l'uso dell'IO nei bambini al di sotto dei 6 anni in casi di impossibilità o difficoltà a reperire un accesso venoso periferico. Pur essendo stata usata inizialmente sia su adulti che bambini, e forse anche in modo maggiore sui primi rispetto ai secondi, negli anni '90 ancora si valuta poco la possibilità di utilizzo su paziente non pediatrico. Nel 2000 l' International liasion committee on resuscitation (ILCOR) estende la raccomandazione sull'uso dell'IO anche ai bambini superiori ai 6 anni. Nel 2005 l'IO è considerata la prima alternativa all'accesso intravenoso, ed ha un livello di

raccomandazione classe IIa secondo le “evidence” dell’ACLS, PALS, Advanced trauma life support (ATLS) e dall’ European resuscitation council (ERC) Nel 2007 la National association of EMS physicians (NAEMSP) afferma che: L’accesso intraosseo contribuisce in modo significativo a ridurre il “Therapy free interval”. Nel 2010 secondo le linee guida ERC e ACLS, la via endotracheale non è più raccomandata in emergenza, invece l’IO diventa la prima alternativa all’accesso venoso periferico se esso richiede più di 90 secondi o dopo 2 tentativi falliti. Secondo le linee guida PALS sempre dello stesso anno, in caso di arresto cardiaco l’IO ha un livello di raccomandazione Classe I, ed un campione di midollo può essere usato per effettuare alcune analisi di laboratorio con valori comparabili ad un catetere venoso centrale (CVC). L’ultima frontiera viene varcata con un’affermazione sul Journal of infusion nursing dove viene considerato l’uso dell’intraossea in “Emergent e nonemergent situation”, e poi confermato sul Journal of emergency nursing dal Consortium on intraosseous vascular access in healthcare practice, dove si considera l’IO come una valida alternativa al CVP e al CVC sia in reparti di terapia intensiva che in reparti di medicina generale, dove si possono trovare pazienti con scarso patrimonio venoso.

Attualmente l’uso dell’accesso intraosseo è raccomandato e supportato dalle seguenti organizzazioni:

- Air & surface transport nurses association (ASTNA)
- American association for critical care nurses (AACN)
- American college of emergency physicians (ACEP)
- American college of surgeons (ACS)
- American heart association (AHA)
- Committee on tactical combat casualty care (CoTCCC)
- Consortium on intraosseous vascular access in healthcare practice
- Emergency nurses association (ENA)
- European resuscitation council (ERC)
- Infusion nurses society (INS)
- International liaison committee on resuscitation (ILCOR)
- International trauma life support (ITLS)
- National association of EMS physicians (NAEMSP)
- Society of pediatric nurses (SPN)

9.2 Anatomia e fisiologia

Le ossa sono costituite da una forma specializzata di tessuto connettivo, caratterizzata dalla mineralizzazione della matrice extracellulare (Sali minerali inorganici, collagene, acqua, componenti organici non collageni) e da una ricca vascolarizzazione. Questa forma di tessuto prende il nome di: Tessuto Osseo. Nell'osso possiamo trovare due diversi tipo di architettura: una più densa, osso compatto, e una perforata da ampie cavità, osso spugnoso. Queste due diverse densità di struttura sono riscontrabili in proporzioni diverse nelle 3 tipologie di ossa presenti nel corpo: lunghe (es.femore), corte (es.vertebre) e piatte (es.sterno). Nelle ossa lunghe possiamo identificare una diafisi centrale, due epifisi e due metafisi alle estremità. Nella diafisi troviamo uno spesso cilindro di osso compatto che racchiude al suo interno il midollo osseo, il quale si espande verso le due estremità, fino ad entrare in comunicazione con la parte di osso spugnoso presente nelle epifisi, anch'esse ricoperte da uno strato di osso compatto, più sottile. Nelle ossa piatte, invece, abbiamo internamente un'uniforme presenza di osso spugnoso, con l'osso compatto che ne ricopre la superficie. La superficie esterna non articolare delle ossa è ricoperta da una sottile lamina connettivale fibrosa, riccamente vascolarizzata: il periostio, che ricopre un'importante funzione nella riparazione delle fratture, ecco perché la sua assenza nella superficie articolare comporta un ritardo nella guarigione. La superficie interna, invece, è delimitata da una lamina più sottile, l'endostio, che va a rivestire tutte le cavità osse, compresi i canali vascolari di Havers e Volkmann.

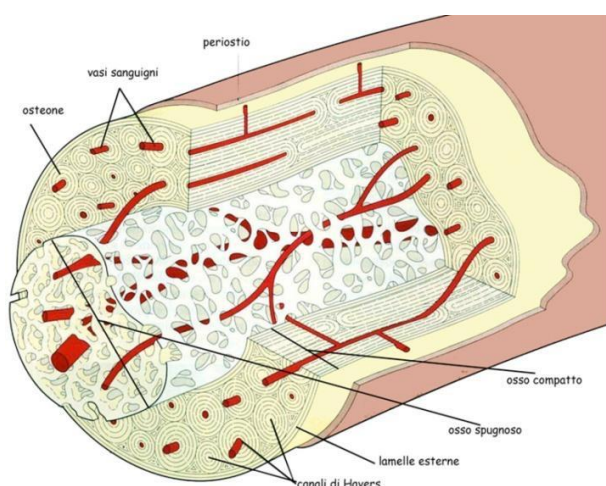


Figura 61 struttura osso

Nell'adulto le ossa hanno tutte un'organizzazione lamellare a fibre parallele, escluse le ossa in fase di rimodellamento o di riparazione da una frattura, che assumono un'organizzazione

non lamellare, come le ossa fetali. La maggior parte delle lamelle si dispone in cilindri concentrici intorno ai canali neurovascolari (di Havers), costituendo l'unità fondamentale biomeccanica del tessuto osseo: i sistemi Haversiani od osteoni. I canali di Havers comunicano sia fra loro che con la superficie esterna dell'osso e con il midollo; con quest'ultimo in modo diretto o indiretto tramite i canali vascolari nutritizi chiamati canali di Volkmann, i quali decorrono in modo obliquo o perpendicolarmente all'asse degli osteoni. Nelle ossa lunghe la vascolarizzazione può essere distinta in: diafisaria, metafisaria ed epifisaria; queste ultime riccamente anastomizzate. La circolazione diafisaria origina da una o due arterie nutritizie diafisarie principali, che entrano obliquamente attraverso dei fori d'ingresso, detti nutritizi, piuttosto costanti nelle varie ossa.

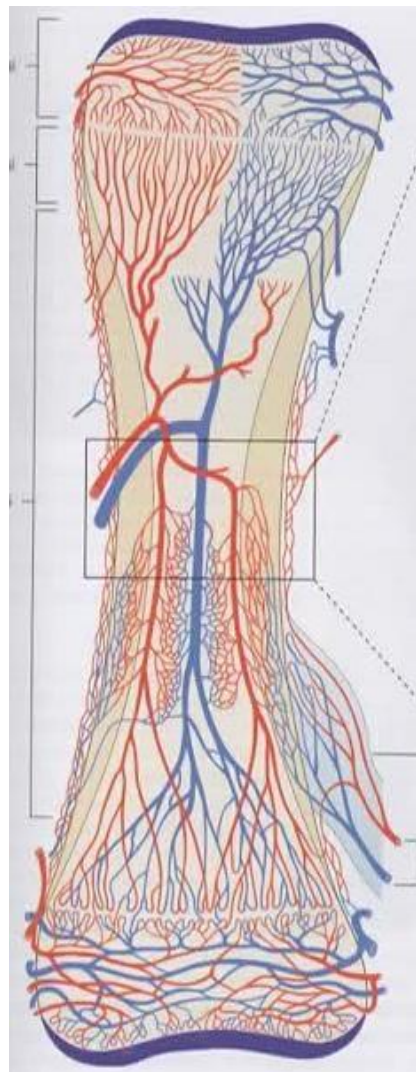


Figura 62 struttura vascolarizzazione

All'arrivo nella cavità midollare, le arterie nutritizie si diramano in senso ascendente e discendente dirigendosi verso le epifisi e continuando a loro volta a dividersi in rami più

piccoli, che assumono un andamento a spirale in prossimità dell'endostio. I vasi endostali sono vulnerabili nel caso di impianti metallici intramidollari, come i chiodi usati per risolvere le fratture. In prossimità dell'epifisi i vasi endostali si anastomizzano con i rami terminali delle varie arterie metafisarie ed epifisarie. Le prime derivano da vasi sistemici contigui, le seconde dalle superfici ossee non articolari. Sulla superficie dell'epifisi vi sono diversi punti di accesso vascolare, anche questi abbastanza costanti fra le varie ossa, attraversati maggiormente da vene dalla sottile parete vascolare e da arterie. Le arterie che si diramano all'interno dell'osso sono costituite dall'endotelio e soltanto da un sottile strato di tessuto connettivo di supporto. L'apporto vascolare fornito dalle arterie epifisarie e metafisarie è più importante di quello delle diafisarie. Le arterie midollari della diafisi danno origine a rami centripeti che alimentano una rete di sinusoidi midollari che drenano in un seno venoso centrale ampio(figura a lato), anch'esso con parete sottile. Altre diramazioni delle midollari generano rami corticali, che penetrano nei canali endostali per nutrire i capillari fenestrati degli osteoni.

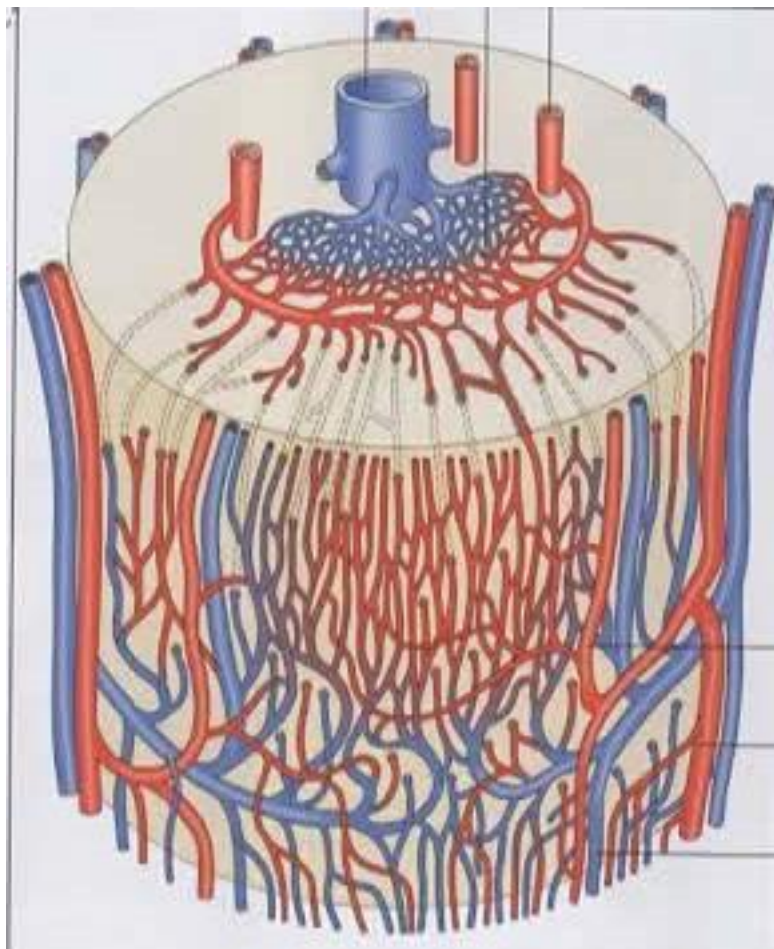


Figura 63 struttura

Il circolo venoso segue a ritroso il percorso delle arterie nutritizie, ma a volte emerge dalla diafisi in altri punti, con vene emissarie indipendenti. I capillari della corticale seguono l'orientamento dei canali di Havers e vi si collegano in senso obliquo tramite i canali di Volkmann, e in prossimità della superficie anastomizzano con capillari e vene dei plessi periostali. I plessi periostali derivano da arterie di muscoli adiacenti che contribuiscono alla circolazione collegandosi al periostio. Il drenaggio dei capillari corticali avviene nei pressi delle inserzioni muscolari, dove tra i vari plessi vascolari troviamo le vene interfascicolari. L'osso corticale, oltre a ricevere un flusso arterioso centrifugo appena descritto, ne riceve anche uno centripeto da parte dei vasi periostali verso le zone corticali esterne. Le numerose arterie nutritizie dell'epifisi anastomizzano all'interno dell'osso e si dirigono negli spazi dell'osso spugnoso e verso le superfici articolari. In prossimità della cartilagine articolare, queste ramificazioni si anastomizzano in diverse arcate, generando una serie di anse arteriose terminali. A volte, questi rami arteriosi terminali, attraversano l'osso compatto raggiungendo la zona calcifica della cartilagine articolare, forandola in alcuni casi, prima di ritornare ai sinusoidi venosi dell'epifisi. La ricca rete di anastomosi generata dalle arterie periostali con il periostio stesso e gran parte del circolo intraosseo, rende questo sistema vascolare più fitto e in grado di sopperire da solo al fabbisogno dell'osso rispetto a quello generato dall'arteria nutritizia. Le ossa lunghe e immature del bambino, presentano una vascolarizzazione leggermente diversa dall'adulto; troviamo infatti il circolo epifisario separato dal resto dell'osso, e questo spiega la funzione di barriera che ha la cartilagine di accrescimento nei infiammatori del bambino. Le arterie epifisarie e metafisarie penetrano da entrambi i lati della cartilagine di accrescimento, ma non sono quasi mai anastomizzate fra loro. L'osso metafisario viene nutrito dai rami terminali delle arterie metafisarie e dalle arterie nutritizie diafisarie.

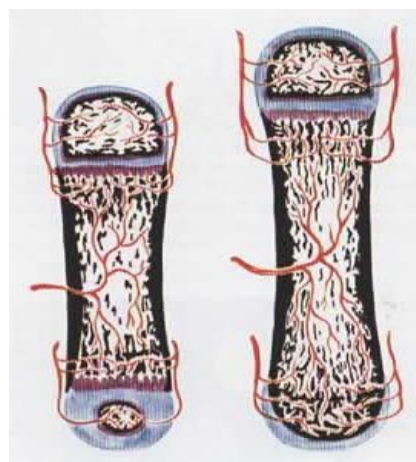


Figura 64 struttura

Inoltre il periostio giovane è riccamente vascolarizzato ed entra spesso in comunicazione con i vasi diafisari generando molteplici rami metafisari, al contrario dell'adulto. Il compartimento intraosseo, quindi, rappresenta il bacino di raccolta del sangue arterioso che poi attraverso le vene ritorna al circolo sistemico. Esiste sempre un gradiente pressorio tra il sangue arterioso, che giunge all'osso, ed il sangue refluo, proveniente dall'osso che si riversa nel circolo venoso sistemico. Questo gradiente pressorio consente al sangue di penetrare nell'osso sempre tramite il circolo arterioso (pressione media 120/80 mmHg), diffondere ossigeno e nutrienti nello spazio intraosseo (pressione media 35/25 mmHg) e, dopo essersi caricato di cataboliti ed anidride carbonica per effetto del gradiente di pressione tra tessuti ed interno del vaso, di riversarsi nel torrente venoso dove la pressione media non è superiore ai 10 mmHg. (Carness JM. et al.) Foto a lato. (Ottomano M., 2012)

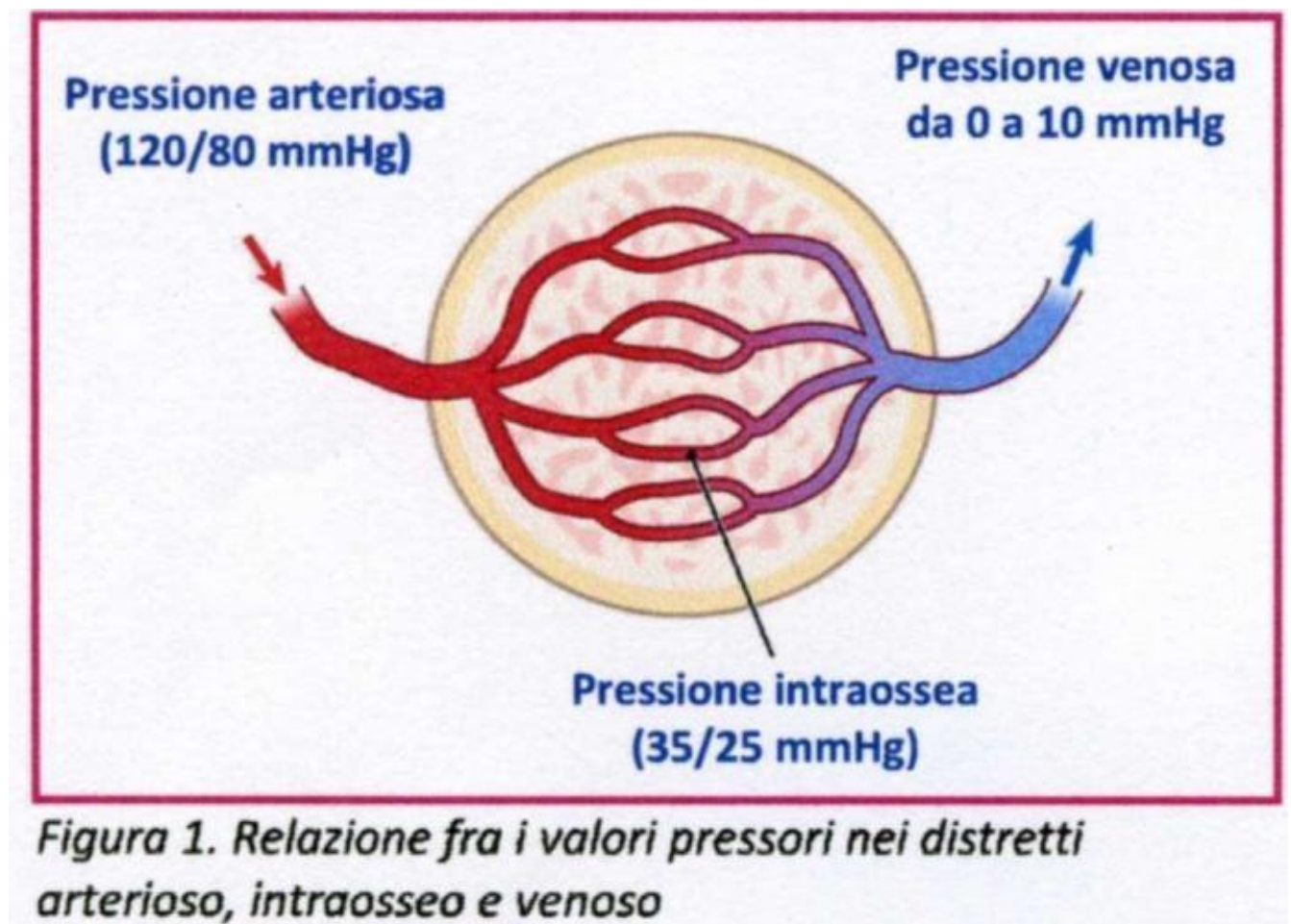


Figura 65

E' lo stesso gradiente pressorio vigente tra compartimento osseo arterioso, midollo osseo e compartimento venoso, che consente il flusso unidirezionale ed obbligato dei liquidi e medicinali che si vanno ad infondere. Anche se si infondono liquidi a pressione, il flusso per

effetto di questo gradiente, avrà sempre una direzione obbligata verso il torrente venoso. I vasi linfatici seguono il circolo periostale, ma la loro presenza non è stata ancora completamente dimostrata. Le ossa possiedono una complessa innervazione vegetativa e sensitiva. Questa è numerosa nel periostio, e soprattutto nelle estremità articolari delle ossa lunghe, nelle vertebre e nelle ossa piatte più grandi. Esili assoni mielinici e amielinici penetrano all'interno dell'osso, seguendo il percorso dei vasi nutritizi, fino alle cavità midollari e negli spazi perivascolari dei canali di Havers.

9.3 Sedi d'inserzione

In circa un secolo di storia dell'accesso intraosseo, sono state via via provate e studiate diverse sedi d'inserzione. Alcune sono state approvate dall'FDA e dal marchio CE e vengono usate in misura maggiore, altre invece le troviamo solo in letteratura, seppur con esiti positivi. Le sedi d'inserzione differiscono in parte con l'età del paziente, soprattutto riguardo l'ambito pediatrico dove, non essendoci il completo sviluppo dello scheletro osseo, alcune sedi risultano impraticabili perché potrebbero portare a gravi conseguenze per il paziente, oltre che alla non riuscita della procedura. Anche il tipo di device può precludere o meno la scelta di alcune sedi d'inserzione, ma questo lo vedremo più avanti. Le sedi d'inserzione approvate per il paziente pediatrico (<18 anni) sono:

- Tibia prossimale (FDA e CE)
- Tibia distale, malleolo (FDA e CE)
- Femore distale (CE)
- Sterno, solo >12 anni (FDA e CE)
- Per quanto riguarda il paziente adulto, le sedi d'inserzione approvate sono:
- Tibia prossimale (FDA e CE)
- Tibia distale, malleolo (FDA e CE)
- Femore distale (FDA e CE)
- Sterno (FDA e CE)
- Testa dell'omero (FDA e CE)
- Radio distale
- Ulna distale
- Cresta iliaca

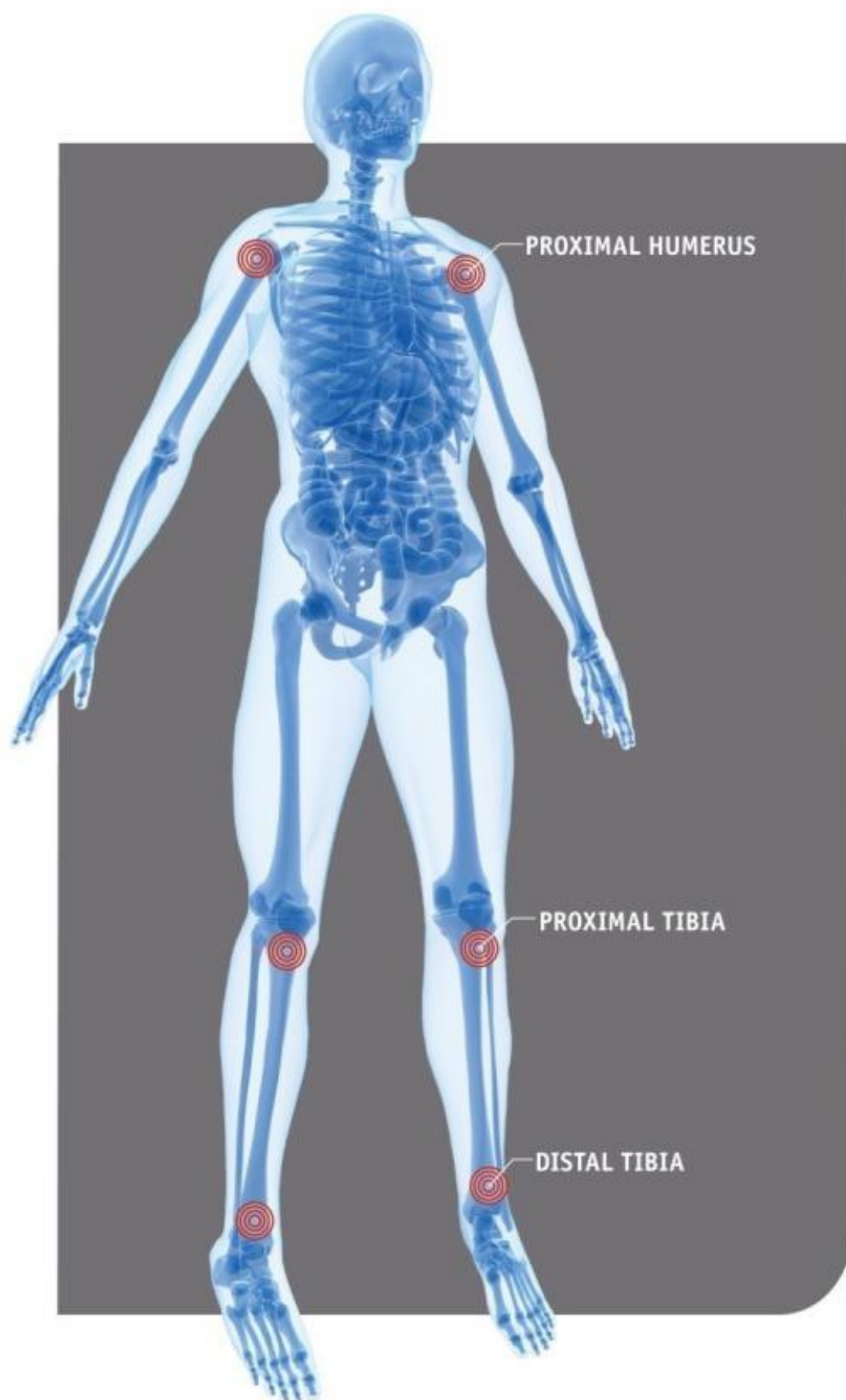


Figura 66 sedi di inserzione

La tibia prossimale è uno degli accessi più utilizzati per la via IO. Il sito d'inserzione differisce leggermente tra paziente adulto e pediatrico per via della cartilagine di accrescimento ancora presente a livello dell'epifisi. Nel paziente pediatrico una volta piegato il ginocchio, palpata la patella, e trovata al di sotto di essa la tuberosità tibiale, ci spostiamo circa 1-2 cm distalmente e 1-2 cm medialmente. Invece nell'adulto, una volta localizzata la tuberosità tibiale, ci spostiamo di 1-2 cm medialmente e risaliamo di 1 cm.

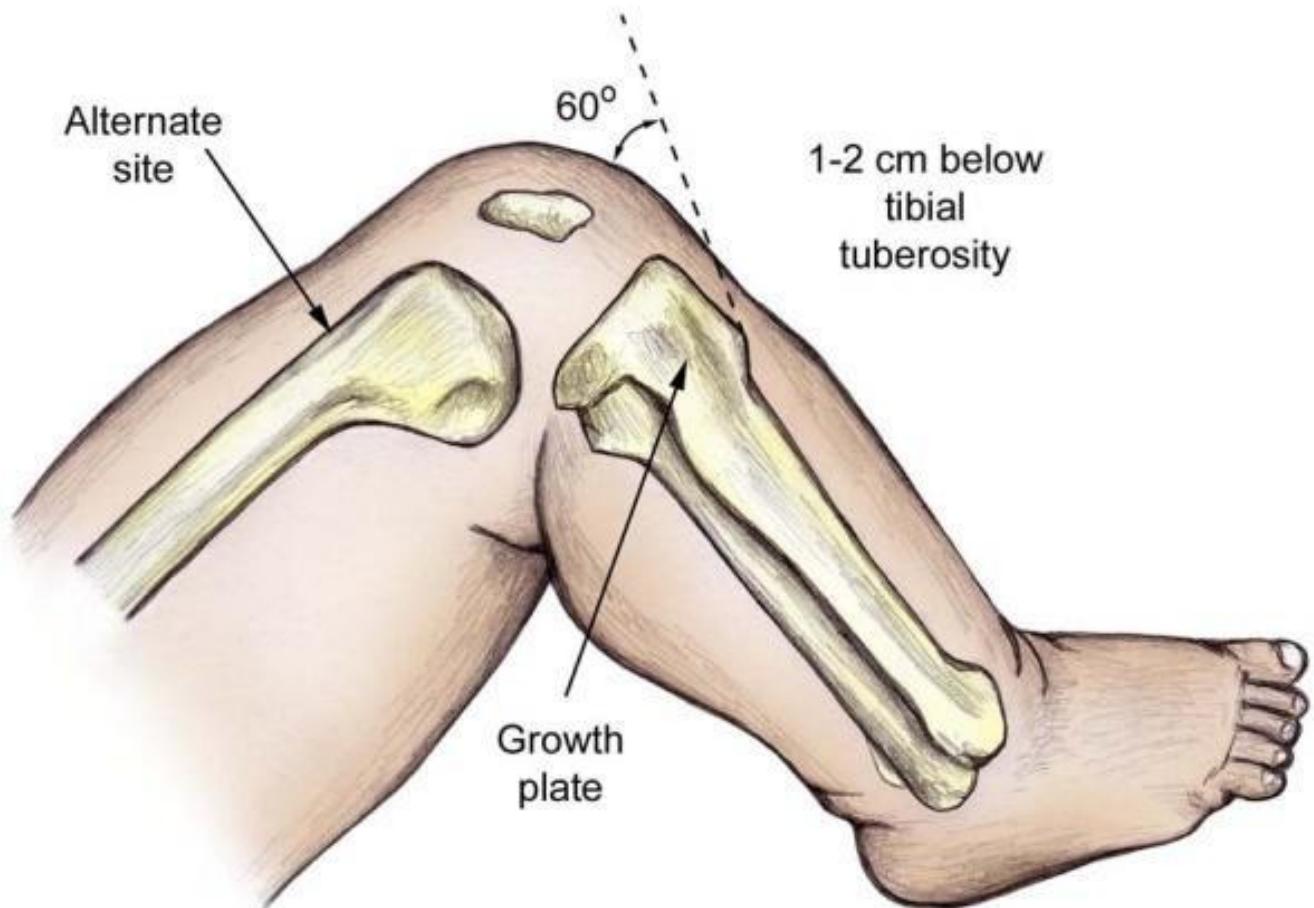


Figura 67 sedi di inserzione

L'ago deve essere inserito con un angolo di 90° sia nel paziente adulto che nel bambino, perché anche se presente la cartilagine di accrescimento, non ci sono evidenze che confermano la validità dell'inserimento a $10-15^\circ$ di inclinazione in direzione opposta. Tuttavia, questa raccomandazione permane in molti studi, nonostante il sito d'inserzione nel paziente pediatrico sia lontano dalla cartilagine di accrescimento.



Figura 68 sedi di inserzione

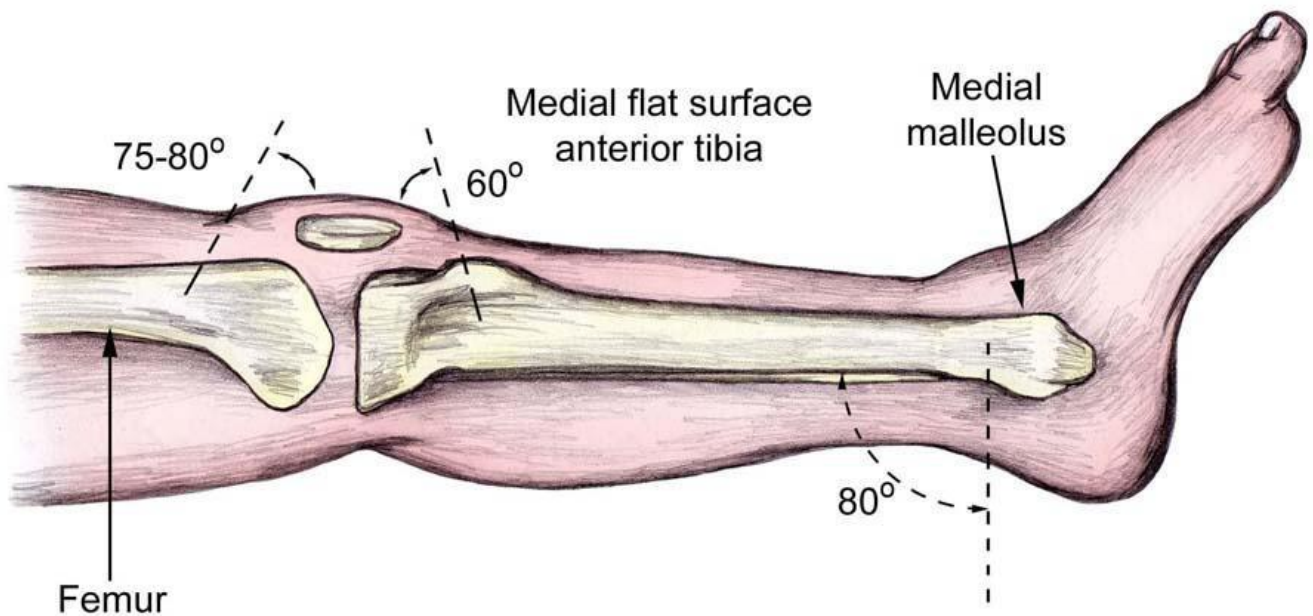


Figura 69 sedi di inserzione

Il sito omerale corrisponde al grande tubercolo della testa dell'omero. Il braccio del paziente deve essere addotto al corpo con il gomito piegato e la mano poggiata sull'ombelico. La sede può essere trovata partendo dall'acromion e scendendo sulla testa dell'omero fino a

palpare anteriormente il grande tubercolo, oppure salendo con il pollice sulla faccia anteriore dell'omero andremo ad incontrare prima il collo chirurgico e successivamente, circa 1 cm sopra, il grande tubercolo.

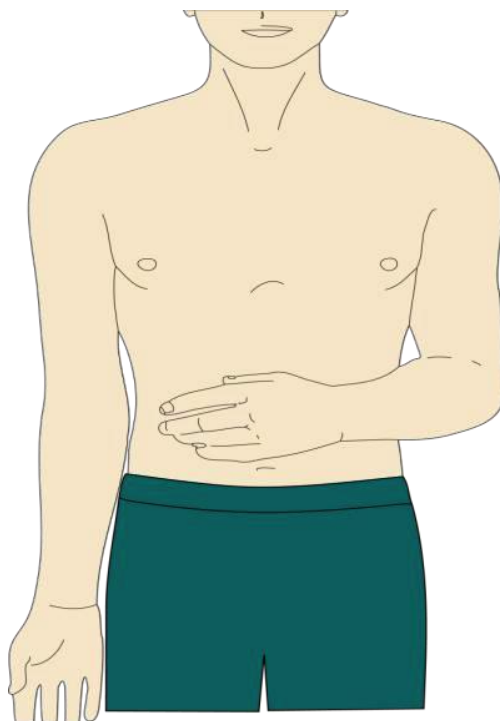


Figura 66 sedi di inserzione

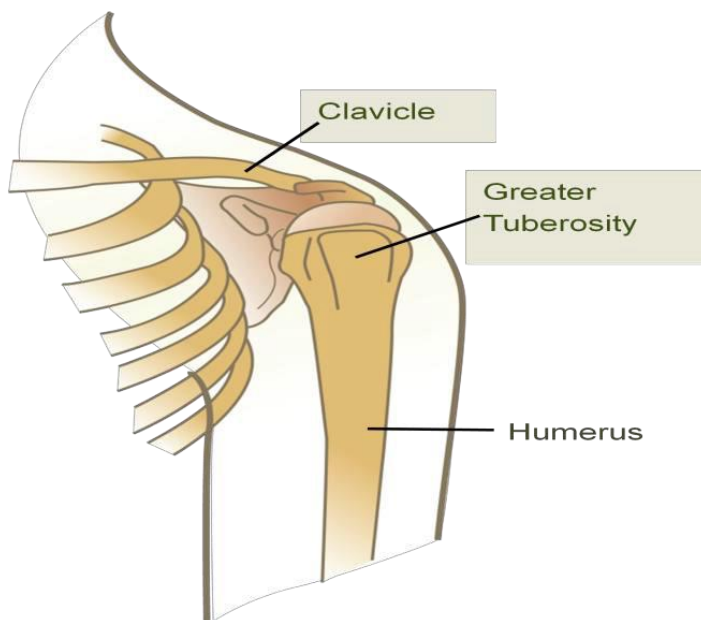


Figura 70 sedi di inserzione

Nel 2009 uno studio comparativo tra CVC, CVP ed EZ-IO in sede omerale, evidenzia l'elevata velocità dell'IO rispetto i due metodi tradizionali oltre il minore tasso di complicanze. Tale accesso viene definito fondamentale per i pazienti obesi, tossicodipendenti e dializzati, quindi tutti accomunati da uno scarso patrimonio venoso o di difficile reperimento. La sede omerale viene considerata anche in caso di pazienti scarsamente collaborativi dove un CVC e CVP risulterebbero pericolosi anche per il personale sanitario. La sede omerale è arrivata con l'avvento dei device automatici/meccanici, e viene sempre più utilizzata, per questo è diventata oggetto di studi comparativi con un'altra sede utilizzata da molto più tempo: la tibia prossimale. In uno studio si sono confrontate le velocità d'infusione dei due accessi reperiti con trapano EZ-IO. L'omeroale ha dimostrato un flusso di: 84 ml/min con sacca a caduta, e 153 ml/min con sacca a pressione; invece per quanto riguarda l'accesso tibiale: 73 ml/min con sacca a caduta e 165 ml/min con sacca a pressione. Secondo un altro studio, invece, l'accesso che in condizioni ottimali garantisce un flusso ml/h maggiore è l'omeroale. Circa 5000 ml/h con spremisacca a 300 mm/hg in confronto al tibiale che ne garantisce 800 ml/h.

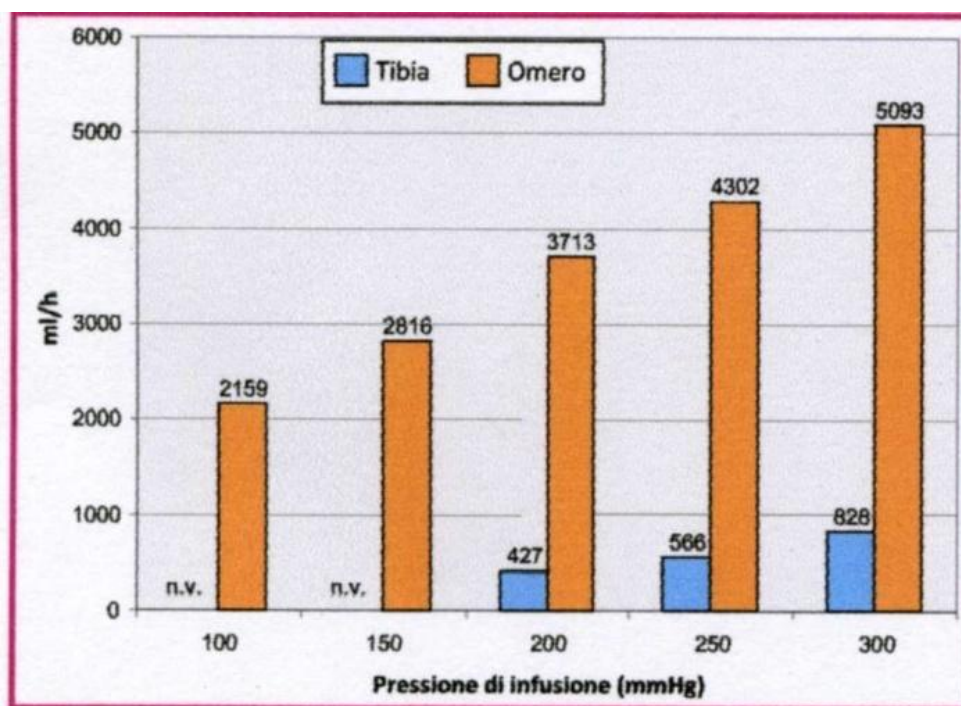


Figura 2. Differenza nel flusso garantibile dall'infusione per via tibiale e omerale

Figura 71

Un'altra sede utilizzata sia per adulti che per bambini è la tibia distale. Il sito d'inserzione è localizzato circa 3 cm al di sopra del malleolo mediale, sulla superficie mediale della tibia distale, in corrispondenza della giuntura larga e piatta che si forma tra corpo tibiale e

malleolo. Per localizzarlo nel bambino è preferibile posizionare due dita sul malleolo mediale, palpando il bordo anteriore e posteriore della tibia, muovendosi prossimalmente.

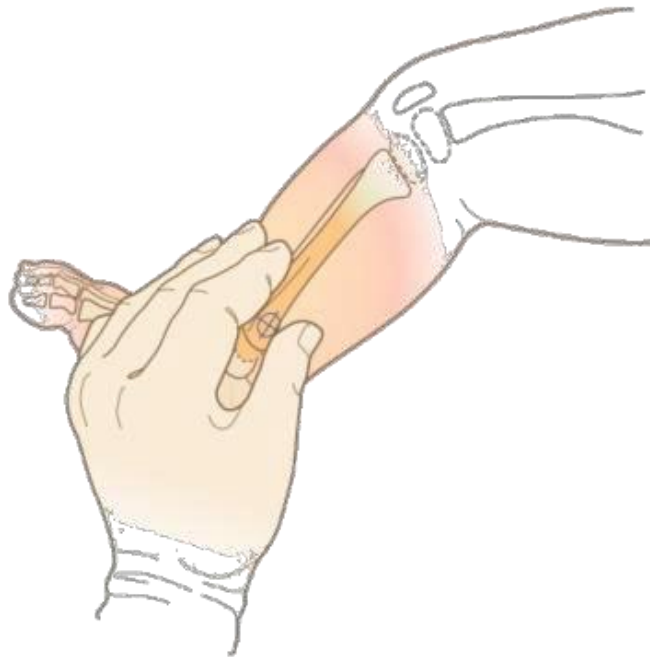


Figura 72 sedi di inserzione

La sede femorale distale invece, la localizziamo partendo dalla patella del ginocchio, ci spostiamo 1 cm superiormente e poi 1-2 cm medialmente la linea mediana del femore.

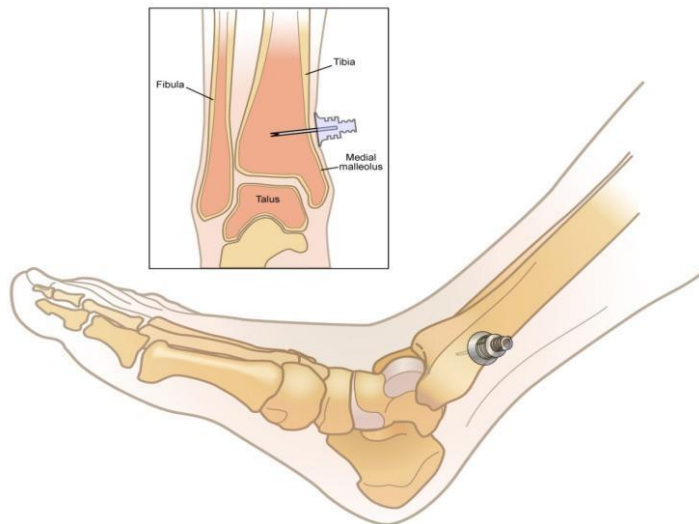


Figura 73 sedi di inserzione

Lo sterno è il sito d'inserzione più facile da reperire, perché è sempre visibile e palpabile anche in pazienti obesi, ed i punti di repere sono inconfondibili; inoltre il posizionatore adesivo in dotazione con i device ad inserzione sternale rende la procedura ancora più semplice e sicura. Il sito d'inserzione si trova sul manubrio dello sterno, al di sotto dell'incisura giugulare. Bisogna fare attenzione che l'ago penetri con un angolo di 90° rispetto lo sterno e non rispetto al paziente, perché spesso in posizione supina lo sterno subisce un'inclinazione che non lo rende più in linea con la posizione del corpo.



Figura 73 sedi di inserzione

Calcagno e radio distale sono siti d'inserzione usati quasi solamente con i dispositivi manuali, e con scarsa letteratura al seguito. Nel 1998 un bambino di 3 anni in stato di shock a causa di una setticemia meningococcica è stato salvato tramite il reperimento di un accesso IO sul calcagno. Nel follow up a 6 mesi non è stato rilevato alcun problema all'osso che continuava normalmente il suo sviluppo. Nel 2002 in Irlanda, due cadaveri di un dipartimento di anatomia vengono utilizzati per testare l'accesso IO nel radio distale e nel calcagno per dimostrare che non c'è la necessità di effettuare l'accesso nelle sole ossa con cavità midollari. Calcagno e radio sono state definite valide alternative ai più famosi siti d'inserzione. Nel 2004 10 cadaveri di uomini adulti sono stati usati per reperire un accesso IO calcaneare. Lo studio si è concluso con successo e l'accesso calcaneare è stato definito facile da reperire e sicuro perché lontano da strutture vitali.

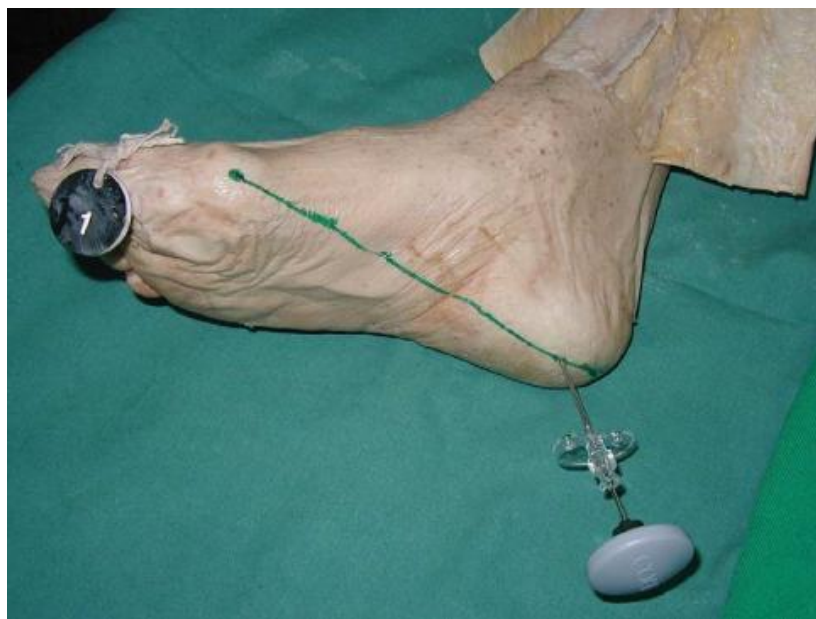


Figura 74a sedi di inserzione



Figura 72b sedi di inserzione

Oltre le sedi d'inserzione già elencate, possiamo trovare in letteratura alcune situazioni d'emergenza dove è stato reperito un accesso IO in una sede non ancora studiata a fondo. In una paziente obesa in evidente stato di shock con immediata necessità di intubazione oro tracheale (IOT), dopo aver valutato l'impossibilità a reperire un CVP e un CVC sia giugulare che femorale, e la difficoltà nel cercare i punti di repere per le normali sedi per accesso IO, si è proseguito con il reperimento di un accesso IO in clavicola dx e con la somministrazione dei farmaci per la procedura d'intubazione.

9.4 Criteri d'utilizzo

Secondo le linee guida precedentemente citate, l'accesso intraosseo deve essere preso in considerazione come valida e primaria alternativa all'accesso intravenoso dopo che sono stati fatti due tentativi o che sono passati 90 secondi dal tentativo di reperimento. Molti sono gli scenari dove una delle due situazioni viene a crearsi e vengono valutati in base ad alcuni criteri che possiamo raggruppare in:

- Clinici
- Situazionali/ambientali
- Dinamici

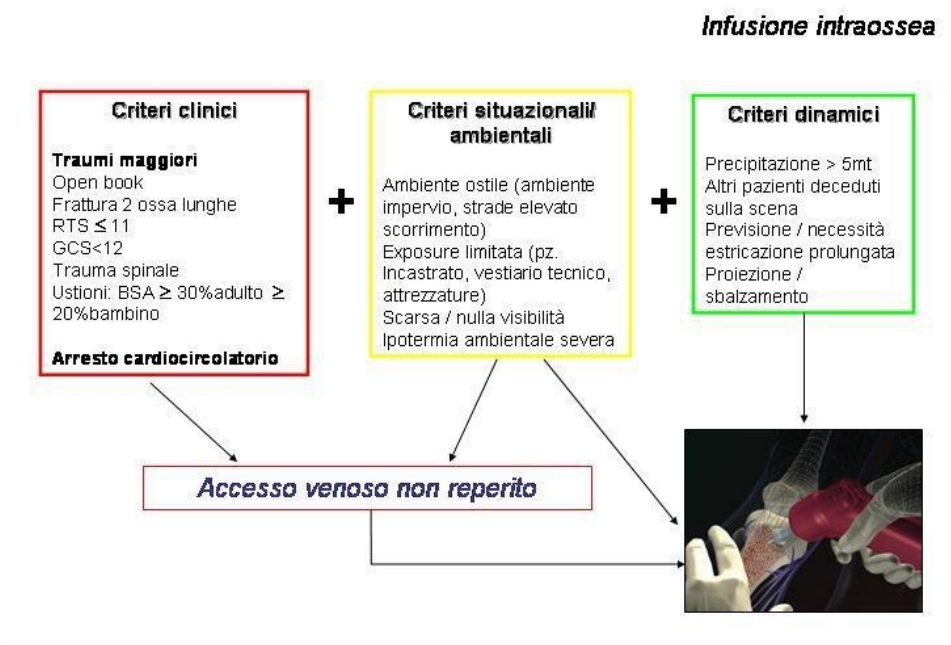


Figura 75 flow chart

In aggiunta ai casi di cui sopra, l'IO è indicata in numerose altre "emergent e nonemergent situations" :

- Distress respiratorio severo non rispondente a ossigenoterapia o altri trattamenti.
- Instabilità emodinamica (PAS < 90 mmHg con segni clinici di shock)

- Stato di male epilettico (episodio > 10 min)
- Ingestione di tossici o altre situazioni che richiedono la somministrazione di antidoti
- Ipovolemia severa (con segni di shock) associata ad alterato stato mentale
- Disidratazione severa
- Sepsi gravescente
- Rapida sequenza d'intubazione (RSI)
- Tachicardia ventricolare prolungata (TV)
- P.E.A. (pulseless electrical activity)
- Chetoacidosi diabetica (DKA)
- Insufficienza renale e dialisi
- Overdose
- Emorragia post parto
- CID
- Stroke
- BPCO
- Anestesia
- Neonati prematuri e sottopeso
- Obesità moderata
- Scarso patrimonio venoso (per chemioterapia o patologie specifiche)
- CVC occluso e difficile da reperire nuovamente
- Agitazione psicomotoria

Scenari HazMat (hazardous materials: radioattivi, infiammabili, esplosivi, corrosivi, ossidanti, asfissianti, biologici, tossici, patogeni, allergeni.)

Table 2 - Most important indications for intraosseous access associated with the clinical care sectors.

Care sector	Most important indications
Intensive care unit	Admission of patients without the possibility of peripheral vascular access; multiple organ failure; acute respiratory syndrome; acute renal or hepatic failure; bleeding that requires rapid fluid replacement; disseminated intravascular coagulation; severe hemodynamic disorders
Emergency service	Cardiopulmonary resuscitation; patients with difficult peripheral access that require the administration of fluids and drugs, such as polytrauma care and cardiac or respiratory failure; exogenic poisoning
Surgical center	Loss of peripheral access during surgery; complicated peripheral access for emergency surgery
Pre-hospital care	Polytrauma care; cardiopulmonary resuscitation; inability to access peripheral puncture sites in patients in shock or with severe hemodynamic disturbances

Modified from Vizcarra C, Clum S. Intraosseous route as alternative access for infusion therapy. J Infus Nurs. 2010;33(3):162-74. Erratum in J Infus Nurs. 2011;34(2):123.⁽¹¹⁾

Figura 76

9.5 Proprietà dell' accesso

L'accesso intraosseo può essere usato sia per somministrare farmaci e fluidi, che per eseguire prelievi ematici. Quindi ci consente, come un CVP o CVC, di inquadrare lo stato attuale del paziente e di intervenire prontamente.

Cosa si può infondere tramite IO:

- Cristalloidi (sodio cloruro 0,9%, Ringer lattato)
- Colloidi (plasma expanders)
- Glucosata

- Emocomponenti (eritrociti, piastrine, plasma)
- Emoderivati (albumina, immunoglobuline)
- Soluzioni ipertoniche (HTS)
- Mezzi di contrasto per esami radiologici
- Sedativi e bloccanti neuromuscolari (2010)

TABLE 1 ■ Common Fluids and Medications That Can Be Administered via the IO Route

Analgesics, Anesthetics, Anticonvulsants, and Sedatives	Antibiotics	Fluids	Neuromuscular Blockers	Resuscitation Medications	Miscellaneous
Diazepam	Amikacin	Blood products	Atracurium	Adenosine	Antitoxins
Fentanyl	Ampicillin	Dextrose	Pancuronium	Atropine	Contrast media
Ketamine	Ceftoxamine	Hypertonic saline	Rocuronium	Calcium chloride	Dexamethasone
Lorazepam	Ceftriaxone	Lactated Ringer's	Succinylcholine	Dextrose (<i>dilute if using D₅₀</i>)	Diazoxide
Midazolam	Clindamycin	Normal saline	Vecuronium	Digoxin	Heparin
Morphine	Gentamycin			Dobutamine	Insulin
Pentothal	Sulfadiazine			Dopamine	Methylene blue
Phenobarbital	Vancomycin			Ephedrine	Methylprenisolone
Phenytoin				Epinephrine	Prostaglandins
Propofol				Isoproterenol	Vitamins
				Lidocaine	
				Sodium bicarbonate (<i>dilute if possible</i>)	
				Vasopressin	

Adapted from: Dubick, M., & Holcomb, J. (2000). A review of intraosseous vascular access: Current status and military applications. *Military Medicine*, 165, 552–559, and Revenis, M. (2002). Intraosseous infusions. In M. MacDonald & J. Ramasethu (Eds.), *Atlas of procedures in neonatology* (pp. 381–384). Philadelphia: Lippincott.

Figura 77 farmaci

Ad esclusione dei chemioterapici, si possono infondere tramite IO gli stessi farmaci infusi per via IV, con identici effetti e tempo di raggiungimento del circolo sistemico. Uno studio del 2009 valuta la somministrazione del fattore VII della coagulazione, tramite accesso IO, un metodo sicuro e facile per ottenere emostasi durante lo shock emorragico.)

TEMPERATURE REDUCTION COMPARISON BETWEEN IO AND IV.

		Starting Temp °C	Temp Reduction °C
IV ACCESS	Brain	36.1	2.0
	Rectal	36.4	1.8
	Esophageal	36.4	1.6
IO ACCESS USING THE EZ-IO® INTRAOSSEOUS INFUSION SYSTEM	Brain	36.0	1.7
	Rectal	36.4	1.5
	Esophageal	35.9	1.6

Figura 78 temperatura

Inoltre nel 2010 troviamo il primo caso documentato di somministrazione di trattamento fibrinolitico tramite accesso IO reperito con trapano EZ-IO. Il paziente, un uomo di 64 anni, con un evidente slivellamento del tratto ST (STEMI) è stato trattato con successo.) L'accesso intraosseo viene considerato efficace quanto l'accesso IV per l'induzione dell'ipotermia terapeutica, con studi e casi clinici riportati in letteratura. L'accesso intraosseo può anche essere utilizzato per delle prime e generali analisi del sangue tramite il prelievo, prima dell'inizio dell'infusione, di 2-3 cc di midollo. Secondo diversi studi i valori di: emoglobina, ematocrito, glucosio, sodio, cloro, creatinina, azoto ureico, calcio, corrispondono ai valori evidenziati tramite prelievo IV. Non c'è invece correlazione con i valori di: anidride carbonica, piastrine, globuli bianchi e potassio. Inoltre è ancora discussa la validità del risultato riguardo lo studio del gruppo sanguigno effettuato sul prelievo intraosseo. Gli studi sulla validità del prelievo intraosseo sono stati effettuati anche durante la rianimazione cardiopolmonare, confrontandoli con valori analizzati da prelievo da CVC. È risultato che durante la CPR, fino a 30 minuti, non ci sono differenze fra le analisi tramite IO e CVC, ma solo se non vengono somministrati farmaci o fluidi tramite l'accesso IO, altrimenti i valori possono essere considerati veritieri solo entro i primi 5 minuti. Per questo, in casi dove non è possibile reperire altri accessi vascolari e c'è necessità di alcuni valori del sangue, per la rianimazione, si raccomanda il reperimento di un altro accesso IO utilizzato solo per prelievi ed analisi. Messo a confronto con le varie sedi d'inserzione del CVC e con la dissezione chirurgica della vena, di solito la safena (tecnica ormai caduta in disuso), l'accesso IO viene considerato facile, migliore da reperire in emergenza, più adeguato per un breve periodo di tempo e con le più basse complicanze.

	Intraosseous access	Subclavian vein	Femoral vein	Internal jugular vein	External jugular vein	Axillary vein	Venous dissection
Access route during emergency treatment	++++	++	+++	++	+++	+	++
Ease of performing the technique	++++	++	+++	++	+++	+	+
Infection	+	++	++	++	+	+	++
Thrombosis	0	+	++	+	+	+	++++
Other complications	+	++	+	+	0	+	0
Appropriate for long-term use	0	+++	++	++	+	+	0
Appropriate for short-term use	++++	++	+++	+++	++	+++	++

0 - no effect/not applicable/no risk; ++++ - higher effect/most used/high risk; + - lower effect/less used/low risk.

Figura 79 sedi di inserzione

Anche in ambito neonatale l'accesso IO viene considerato facile e veloce da reperire confrontato con l'accesso venoso ombelicale, e quindi una valida alternativa, soprattutto per quei professionisti che non hanno grande esperienza nella tecnica ombelicale. È raccomandato avere un dispositivo per accesso IO in ogni isola neonatale. Il Centers for

disease control and prevention(CDC) raccomanda di scegliere il dispositivo per reperire l'accesso vascolare e il sito d'inserzione, più appropriati e con il più basso rischio di complicanze (infettive e non) in relazione all'obiettivo terapeutico. Il basso tasso di complicanze registrato in letteratura per l'accesso IO lo porta ad essere considerato una pratica alternativa all' IV, quando non reperibile, in tutte le occasioni dove è necessaria la somministrazione di farmaci o liquidi per ridurre la morbidità e mortalità. Questa è l'ennesima caratteristica positiva dell'accesso IO, perchè le infezioni nosocomiali, quelle sviluppate durante la permanenza negli ospedali, fanno parte di quegli eventi che non vengono completamente rimborsati, perchè iatrogene, dal Centers for medicare and medicaid services (CMS) e dalle grandi compagnie assicurative private. Rendendo, anche in questo caso, l'accesso IO migliore del CVC, che invece è spesso causa di infezioni che si ripercuotono poi sul tempo di permanenza in ospedale del paziente, e quindi sui costi che la struttura deve sostenere.

9.6 Tipi di device

In quasi un secolo di storia, l'IO è stata largamente studiata e si è diffusa in tutto il mondo. Di pari passo con gli studi scientifici, si sono evoluti i mezzi per utilizzare tale tecnica, e a loro volta l'avanzamento nel loro sviluppo ha dato spunti per nuovi studi scientifici. Attualmente possiamo raggruppare i dispositivi (device) usati per l'accesso intraosseo in tre categorie: manuali, assistiti/automatici e meccanici. Ovviamente i primi metodi usati furono quelli manuali, costituiti dagli aghi che erano usati per il prelievo del midollo osseo, con all'interno un mandrino che facilitava la penetrazione nella corteccia ed allo stesso tempo impediva ai possibili frammenti di ostruire il catetere. La lunghezza degli aghi veniva ogni volta scelta in base all'età del paziente e allo spessore del tessuto sottocutaneo. I dispositivi manuali più famosi ed utilizzati, oltre che approvati dalla Food and drug administration(FDA) sono: il Jamshidi e l' Illinois sternal, l'ago Dieckmann modificato e il Sur-fast .La differenza principale riguardante questi vari modelli sta nel design dell'impugnatura, modificata nel tempo per essere la più ergonomica e funzionale possibile.

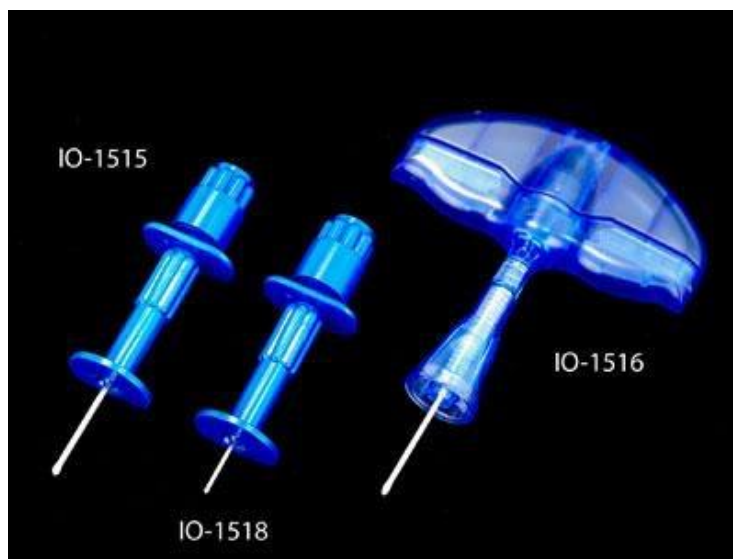


Figura 80 tipo di presidi



Figura 81 tipo di presidi



Figura 82 tipo di presidi

Gli aghi utilizzati invece sono pressoché gli stessi, a parte nel Sur-fast(figura a lato) dove troviamo la filettatura per migliorare la penetrazione nella corteccia e la stabilità dell'ago una volta posizionato. La tecnica d'inserzione consiste nel posizionare l'ago perpendicolarmente (90°) al punto di accesso e spingere con forza applicando movimenti rotatori, in senso orario, finché non percepiamo una perdita di resistenza accompagnata da un suono caratteristico che indica la penetrazione della corteccia. Le sedi d'inserzione a disposizione sono numerose e per quanto riguarda l'adulto abbiamo: sterno, testa dell'omero, radio distale, ulna distale, cresta iliaca, femore distale, tibia prossimale, tibia distale. Nel bambino invece sono: femore distale, tibia prossimale e tibia distale. La rimozione del catetere avviene tirando e ruotando, in senso antiorario, senza compiere movimenti oscillatori. I dispositivi manuali vengono usati in contesti intra ed extraospedalieri, con una percentuale di successo al primo tentativo che va dal 76% al 94%, secondo la letteratura. Purtroppo però gli svantaggi sono molti, quasi tutti dovuti al fatto che l'inserzione è manuale. In alcuni casi è necessaria una notevole forza per penetrare la corteccia dell'osso causando spesso la rottura o piegatura dell'ago; oppure dovendo applicare una forza notevole si è portati ad oscillare, invece che a compiere movimenti rotatori con il dispositivo, provocando così un foro di grandezza maggiore rispetto al calibro dell'ago, rendendolo così instabile e aumentando il rischio di stravasamento dei fluidi e farmaci infusi. Inoltre, l'ago sporge di molto dal sito d'inserzione, rendendo facile il dislocamento durante il trasporto o i movimenti del paziente. Nonostante gli evidenti problemi e l'arretratezza della tecnica manuale in rapporto agli altri metodi, la Vidacare produttrice anche del trapano a batteria EZ-IO, ha prodotto ultimamente due dispositivi manuali(figura in basso): uno per lo sterno e l'altro per la testa dell'omero e la tibia prossimale e distale, migliorandone l'ago e rendendo tale accesso più sicuro. Questo perché, in determinate situazioni e contesti, il dispositivo manuale essendo più compatto, leggero e maggiormente accessibile come costi, rimane ancora la scelta migliore.



Figura 83 tipo di presidi

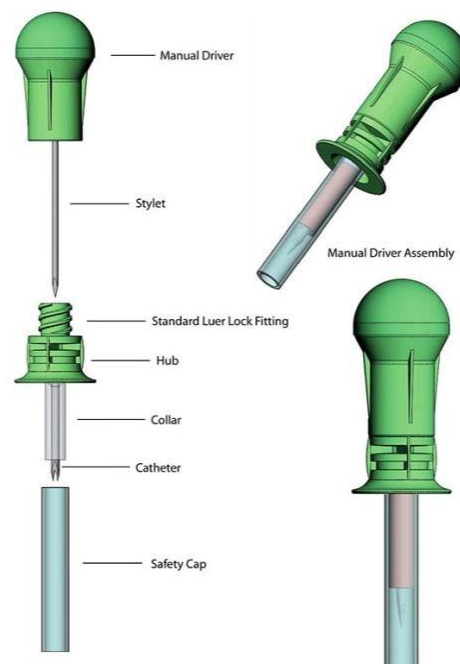


Figura 84 tipo di presidi

Verso la fine degli anni '90 iniziano automatici/assistiti per l'accesso intraosseo.

Ad essere sviluppati primi dispositivi

Nel 1997 la Pying medical riceve l'approvazione dall' FDA per il primo dispositivo IO ad inserzione sternale: FAST1 (First access for shock and trauma).



Figura 85 tipo di presidi

Il Fast1 era inizialmente per uso esclusivo su paziente adulto, finché nel 2008 la FDA ne approva l'utilizzo su bambini dai 12 anni di età in poi. Inoltre viene anche usato in scenari bellici insieme ad altri dispositivi ad accesso IO. Questo dispositivo è stato costruito in modo tale da essere semplice da usare e facile da imparare, anche per chi non ha mai avuto esperienza con gli accessi intraossei, come mostra McNabb nel suo studio, dove tutti i partecipanti, senza esperienze pregresse con l'IO, dopo un breve training ottengono il 74% di successo nell'inserzione, risultato che arriva al 95% dopo l'esperienza del primo tentativo. Il tempo medio per il completo reperimento dell'accesso sternale era di 60 secondi. (McNabb A. et al., 2000). Un tempo ottimo rispetto al CVP o CVC, ma maggiore rispetto agli altri dispositivi per IO. Miller evidenzia ulteriormente nel suo studio la facilità d'utilizzo e di apprendimento con gli studenti EMT ("Emergency medical technician" è la scuola per paramedici negli Stati Uniti) che, con appena 1 ora di lezione ed 1 ora di pratica su manichini, hanno ottenuto il 93,1% di successo al primo tentativo.

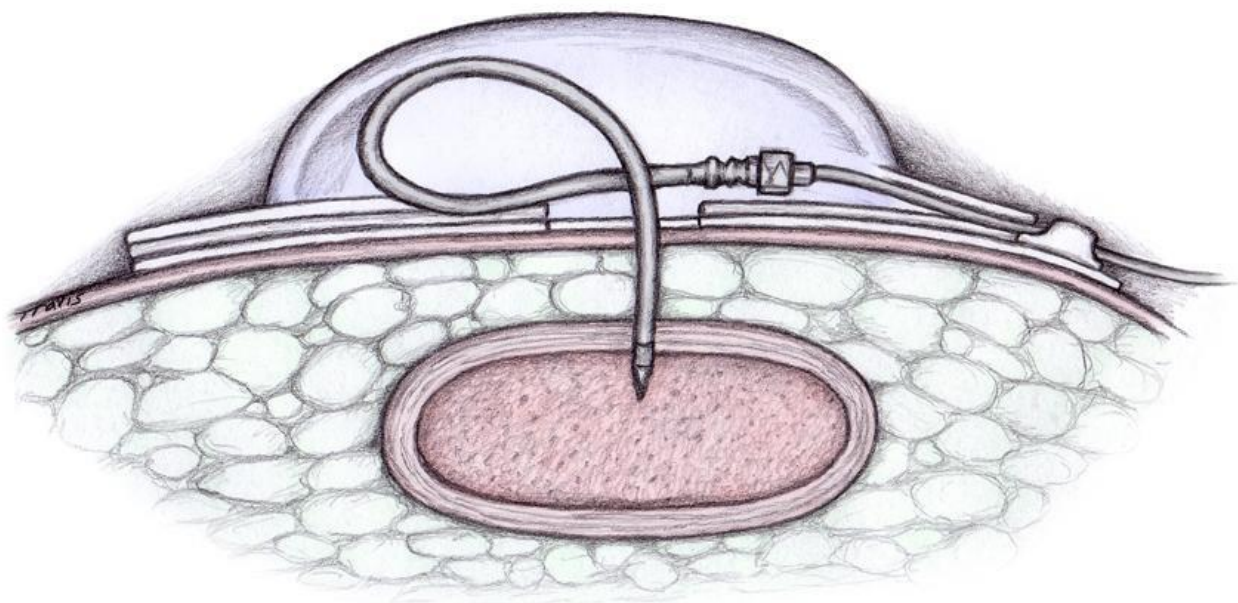


Figura 86 tipo di presidi

Le caratteristiche che rendono il Fast1 un'ottima scelta sono:

- Velocità e facilità nel trovare i punti di repere e il sito d'inserzione, grazie anche al posizionatore adesivo
- Nessun meccanismo di carica, batterie, o montaggio: il dispositivo è subito pronto all'utilizzo.

- Sicurezza di non perforare lo sterno e penetrare nel mediastino grazie a degli aghi di sicurezza che regolano automaticamente la profondità massima raggiungibile dal catetere.
- Semplicità nell'utilizzo del dispositivo.
- Protezione assicurata, al catetere, da una cupola posta al di sopra durante l'infusione.
- Minor dolore durante l'inserzione e l'infusione rispetto ai metodi manuali.
- Sterilità del dispositivo data dall'essere monouso e dalla confezione (contenente oltre al dispositivo: la cupola protettiva, un disinfettante per la cute, tubo flessibile per infusione e posizionatore adesivo).
- Ridotto peso e compattezza per essere facilmente trasportato nello zaino d'emergenza.
- Velocità di posizionamento, pari a circa 10 secondi, e di entrata nel circolo sistemico di fluidi e farmaci, circa 30 secondi (equivalente ad un CVC).
- Velocità maggiore nel raggiungere il cuore e la circolazione sistemica rispetto ad un CVP o ad un altro IO, come per esempio l'accesso tibiale dove sono necessari 50 secondi contro i 20 dello sterno.
- Non interferisce con le manovre di rianimazione cardio-polomare (CPR) e può essere inserito anche se presente il collare cervicale, secondo la Pyng medical, anche se riguardo il collare in letteratura troviamo pareri discordanti.

Approvazione CE ed FDA.

Invece le controindicazioni e gli svantaggi nell'utilizzo di tale tecnica sono:

- Severa osteoporosi o altre malformazioni ossee.
- Precedente sternotomia.
- Ustioni, ferite o infezioni nel sito d'inserzione, anche se in letteratura troviamo deicasi di inserzione riuscita con successo in pazienti ustionati.
- Nessun altro sito d'inserzione è possibile oltre lo sterno.
- È necessario l'utilizzo di entrambe le mani per esercitare una pressione di $4,14 \times 10^5$ Pa (circa 30 kg) affinché il catetere penetri nello sterno.
- In caso di paziente cosciente bisogna sempre considerare l'impatto psicologico che può avere la tecnica su di lui, considerando il fatto che è una tecnica di accesso vascolare invasiva e che lui può vederne l'esecuzione.

La velocità di flusso certificata dalla Pyng Medical è di:

- 30-80 ml/min con flebo a gravità
- 120 ml/min con sacca a pressione
- 250 ml/min tramite siringa

È raccomandato non mantenere l'accesso per più di 24 h, e la rimozione avviene semplicemente impugnando il Fast e tirando perpendicolarmente allo sterno. Nel 2013 la Pyng medical lancia il FastResponder (Figura), che racchiude tutte le caratteristiche e le proprietà del Fast1 essendo però leggermente modificato e migliorato per il solo ambito delle emergenze civili, sia extra che intraospedaliere. La cupola di protezione del catetere viene ridisegnata a basso profilo rendendo l'accesso più sicuro anche durante i trasporti in ambulanza o elicottero. Così come per l'ambito civile, la Pyng medical ha annunciato a breve la produzione di un dispositivo specifico per l'uso militare chiamato: FastCombat.



Figura 87 tipo di presidi

L'altro dispositivo che fa parte degli automatici/assistiti nasce nel 2000 dalla Waismed, azienda israeliana, che mette così sul mercato il primo dispositivo IO automatico al mondo: il B.I.G. (Bone injection gun), ad oggi commercializzato in più di 40 Paesi in tutto il mondo.

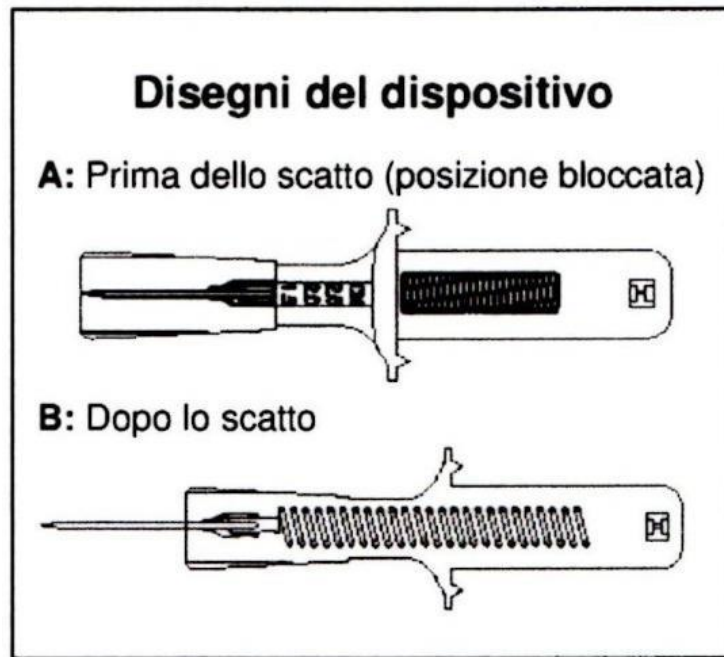


Figura 88 tipo di presidi

Questo device funziona grazie ad un meccanismo a molla, che viene “caricata” al suo interno, e poi successivamente regolata in base alle sedi d’inserzione, che sono: 4 per l’adulto, 3 per il bambino tra 6-12 anni e 2 per il bambino tra 0-6 anni. Esistono 2 tipi di dispositivi in base all’età del paziente: uno pediatrico e uno per l’adulto. La differenza sta nel calibro del catetere: 15G(Gauge) per l’adulto e 18G per il bambino, e nella profondità raccomandata che deve raggiungere il catetere nell’osso. Inoltre i due dispositivi sono distinguibili facilmente perché il pediatrico è di colore Rosso, Blu invece quello dell’adulto.

Profondità di penetrazione raccomandata dell'ago nell'osso	
Adulti:* (Blu) 15G	
A. Mediale alla tuberosità tibiale	- 2,5 cm
B. Sopra il malleolo mediale	- 2 cm
C. Radio distale	- 1,5 cm
D. Testa omerale	- 2,5 cm
Bambini da 6 a 12 anni (Rosso) 18G	
A. Mediale alla tuberosità tibiale	- 1,5 cm
B. Sopra il malleolo mediale	- 1 cm
C. Testa omerale	- 1,5 cm
Bambini da 0 a 6 anni (Rosso) 18G	
A. Mediale alla tuberosità tibiale	- 1 – 1,5 cm
B. Sopra il malleolo mediale	- 0,75 - 1 cm

* Approvato dalla F.D.A. solo per gli adulti nella tibia prossimale.
Approvazione CE per tutte le età e i punti di iniezione.

Avvertenza: L'uso del dispositivo B.I.G. è riservato a medici, infermieri e paramedici qualificati ed esperti.

Figura 89 profondità di penetrazione

Il B.I.G. viene largamente usato, sia in campo civile nelle emergenze extra ed intraospedaliere, come accesso venoso per somministrare fluidi, farmaci rianimatori e per praticare l'anestesia regionale (IO-RA), e sia in campo militare.



Figura 90 tipo di presidi

La tecnica d'inserzione è molto semplice e veloce: una volta scelto il sito e la profondità adeguata di penetrazione, si disinfetta la cute e si posiziona il dispositivo con un angolo di 90° reggendolo tra indice e pollice, con l'altra mano si estrae la barretta rossa di sicurezza (utilizzata poi per stabilizzare l'ago) schiacciando le due alette e si impugna il dispositivo premendo con il palmo in direzione del punto d'inserzione. Una volta sentito il "click" della molla tiriamo il device delicatamente e verso l'alto, lasciando il catetere in sede. A questo punto utilizziamo la barretta rossa per stabilizzare l'ago, rimuoviamo il mandrino, confermiamo la corretta posizione dell'ago e l'accesso è pronto per essere utilizzato. Una delle caratteristiche del B.I.G. è la velocità d'inserzione, maggiore rispetto ai dispositivi manuali e al FAST secondo alcuni studi comparativi e la percentuale di successo al primo tentativo pari al 91-94%, calcolata sia in ambito preospedaliero che bellico.

Altri vantaggi di utilizzo sono:

- Leggerezza e compattezza.
- Nessun contatto diretto con il sangue del paziente.
- Dispositivo monouso e quindi sterile, inizialmente, e garantito per 5 anni.
- Non necessita di montaggio, è subito pronto all'uso.
- Nessuna fonte di energia necessaria per il funzionamento.
- Minor difficoltà di inserzione su mezzi in movimento e su fondo accidentato rispetto alle inserzioni manuali di CVP ed IO.

Multipli siti d'inserzione possibili.

- Relativamente pochi gli svantaggi e le controindicazioni:
- Un movimento dell'arto durante l'inserzione mette a rischio operatore e paziente.
- L'ago, quando inserito nell'omero, potrebbe creare artefatti in caso di tac spinali o toraciche.
- Alcune sedi d'inserzione sono a maggior rischio di dislocamento a causa della posizione esposta dell'ago, soprattutto nell'accesso omerale.

Inserzione in arti fratturati.

- Inserzione in arti con protesi articolari in prossimità del sito d'inserzione.
- Inserzione in sito con precedente accesso IO.
- Severa osteoporosi o altre anomalie ossee.

- Infezione in prossimità del sito d'inserzione.
- Impossibilità nel trovare i punti di repere.

Una volta che l'accesso non è più necessario, che è stato reperito un accesso intravenoso o che sono passate le 24h raccomandate, l'ago può essere estratto semplicemente tirando e ruotando contemporaneamente, aiutandosi anche con la barretta rossa di sicurezza. La Waismed ha anche sviluppato una tipologia di B.I.G. per uso veterinario, di colore verde. Nella medicina veterinaria lo studio del midollo osseo viene usato per diagnosticare diverse patologie, e proprio tramite il Vet B.I.G. tale tecnica è diventata più sicura e veloce. Nell'inverno 2014 la Waismed annuncia l'arrivo sul mercato di un nuovo dispositivo per accesso intraosseo: NIO (New Intraosseous medical device), approvato dall'FDA, marchio CE e certificazione Health Canada.



Figura 91 tipo di presidi

Creato per l'inserzione in tibia ed omero, è semplice da usare, automatico, veloce e sicuro. L'ago è stato migliorato, rispetto al B.I.G., rendendolo meno sporgente e diminuendo così il rischio di dislocamento durante il trasporto e i movimenti del paziente. Usato sia nelle emergenze mediche intra ed extraospedaliere che in ambito bellico. È compatto, leggero, non richiede fonti di energia per essere alimentato ed è in confezione sterile-monouso, garantito 5 anni.

Il New York Institute of Technology College of Osteopathic Medicine ha testato l'efficacia di questo nuovo device sulle due sedi d'inserzione approvate, con i seguenti risultati: 98% di

successo nella sede tibiale e 91% di successo in sede omerale. Inoltre non sono state rilevate microfratture nella zona d'inserzione, e la durata media dell'inserzione con il NIO è stata di 18,3 secondi. È stata poi valutata la percentuale di successo nel caso di un'inserzione lontana (fino a 5 cm) dal punto approvato per il dispositivo, ed il NIO ha ottenuto l'85,4 % di successo in questi casi. In una scala di valutazione della facilità d'utilizzo che va da 1 a 10, dove 10 sta per il massimo della facilità, il NIO ha preso una media di 8,5.

Tecnica d'inserzione:

- Rimuovere il NIO dalla confezione.
- Localizzare i punti di repere di omero o tibia.
- Sbloccare il NIO ruotando il cappuccio di 90° in una delle due direzioni.
- Posizionare il dispositivo sul punto d'inserzione e con la mano dominante appoggiare il palmo sul cappuccio e spingere, tirando allo stesso tempo le alette in alto con le dita.
- Tirare gentilmente il dispositivo in alto e ruotarlo, facendo attenzione che l'ago sia in posizione e che non venga dislocato.
- Tenere fermo l'ago fra indice e pollice e, con l'altra mano, rimuovere il mandrino.
- Confermare la corretta posizione dell'ago e l'accesso è pronto per essere utilizzato.

L'ultima classe di dispositivi per accesso intraosseo abbiamo detto essere quella dei meccanici, alla quale appartiene il trapano EZ-IO della Vidacare Corporation. Nel 2000 il Dr. Larry Miller, medico d'emergenza, ha una previsione riguardo lo sviluppo di un device per accesso IO. Propone il suo progetto all'Health Science Center, Università del Texas, San Antonio. Insieme sviluppano un device utilizzabile in un'ampia gamma di scenari di cura: accessi vascolari, biopsie/aspirazioni del midollo, medicina rigenerativa e molto altro. Nel 2001 la Vidacare Corporation porta questa tecnologia sul mercato e nel 2004 riceve l'approvazione dall'FDA per il metodo di infusione intraossea EZ-IO, il primo dispositivo meccanico al mondo, alimentato a batteria, in grado di reperire un accesso vascolare nello spazio intraosseo. Nel 2007 anche il sistema OnControl, per il prelievo del midollo osseo, riceve l'approvazione FDA, ed è il primo miglioramento apportato a tale tecnica da decenni. Nel 2008 anche l'ultimo dispositivo OnControl, usato per l'accesso intravertebrale nelle procedure chirurgiche, come la vertebroplastica, viene approvato dall'FDA. Nel finire dello stesso anno, la Vidacare riceve la sua consacrazione al Technology Innovation Awards del Wall Street Journal, contest pensato per premiare le innovazioni tecnologiche che stanno

avendo il più forte impatto sul mondo, sulla ricerca e sulla vita delle persone. L'EZ-IO si aggiudica il primo posto fra le 700 tecnologie partecipanti. Nel 2011 il marchio CE viene apposto sull'EZ-IO con l'aggiunta della sede femorale distale nel bambino e con l'estensione fino a 72h dell'accesso IO in sede; in precedenza erano 24h. Pochi mesi dopo viene approvato CE anche il sistema OnControl per biopsie ossee e dei corpi vertebrali.



Figura 93 tipo di presidi

Ad oggi la Vidacare è conosciuta in tutto il mondo come la pioniera nel campo della medicina intraossea. La tecnologia EZ-IO è usata sul 90% delle ambulanze ALS negli Stati Uniti e circa nella metà dei Pronto Soccorso in America, come anche in ambito militare. È commercializzata in oltre 50 Paesi in tutto il mondo e rende ormai l'accesso IO uno standard in: "Emergent e Nonemergent patients". L'EZ-IO è un trapano alimentato a batteria sul quale possiamo montare 3 tipi di aghi, tutti da 15G, di lunghezze diverse in base ad età e peso del paziente:

- Ago PD(rosa) per pazienti da 3 a 39 kg di peso
- Ago AD(celeste) per pazienti con più di 40 kg di peso.
- Ago LD(giallo) per pazienti con elevato spessore di tessuto nel sito d'inserzione, ed è consigliato per la sede omerale nell'adulto.

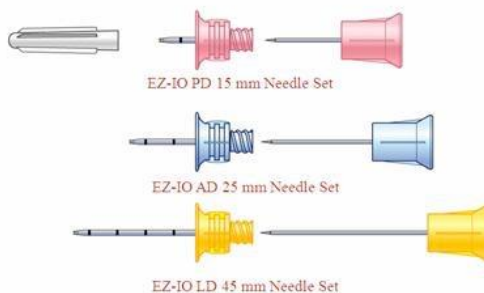


Figura 94 tipo di presidi

Come possiamo vedere ogni ago ha delle linee di colore nero poste 5mm l'una dall'altra, esono usate come paramentro per valutare la giusta penetrazione dell'ago nella corticale.

I siti d'inserzione sono:

- tibia prossimale e distale ed omero prossimale. Nei Paesi della comunità europea è stato approvato anche il femore distale.

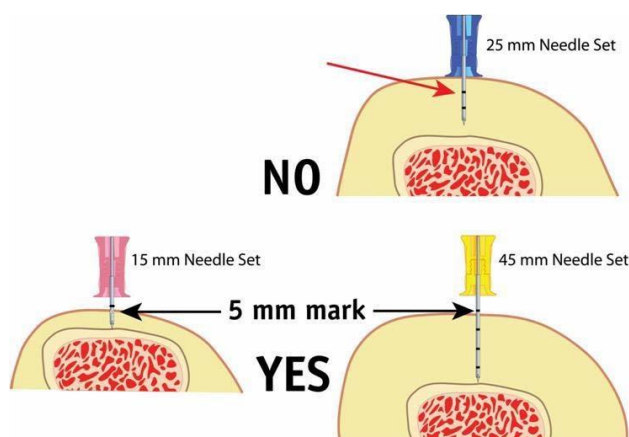


Figura 95 siti

Una volta scelta la sede e l'ago adatto, si monta il set e ci si avvicina al sito d'inserzione con un angolo di 90°, penetrando nella cute fino a sentire l'ago fermarsi sull'osso. Tutta questa sequenza avviene a trapano spento. A questo punto dovremmo poter vedere almeno una delle diverse linee nere, presenti sull'ago, che fuoriesce dal piano cutaneo per confermare che abbiamo scelto l'ago della giusta lunghezza. Una volta fatta questa valutazione possiamo azionare il trapano, e accompagnarlo nella penetrazione dell'osso finchè non sentiamo una perdita di resistenza che evidenzia la penetrazione della corticale. Ora con una mano teniamo fermo l'ago e con l'altra rimuoviamo il trapano e successivamente il mandrino all'interno dell'ago. Colleghiamo il set per infusione, confermiamo la corretta posizione dell'ago e l'accesso è pronto per essere utilizzato. Per rimuovere il catetere basta collegare una siringa con attacco luer-lock, immobilizzare la sede, tirare verso l'alto e contemporaneamente ruotare la siringa in senso orario.

I vantaggi nell'uso del sistema EZ-IO sono:

- Tempo di inserimento non superiore a 10 secondi.
- Possibilità di scelta fra diversi siti d'inserzione e lunghezza degli aghi.
- Facile rimozione dell'ago tramite siringa con attacco luer-lock.

- Minor costo rispetto ad un CVC.
- Non richiede l'interruzione delle manovre di rianimazione cardiopolmonare.
- La batteria al litio garantisce 500 accessi.

Possibili svantaggi ed eventuali controindicazioni:

- Peso superiore rispetto agli altri device (anche se è stato fatto un modello più compatto: EZ-IO G3).



Figura 96 tipo di presidi

- L'ago inserito nell' omero potrebbe causare artefatti durante la TAC toracica o cervicale.
- Pericolo di dislocamento dell'ago, soprattutto in sede omerale a causa della sede esposta.
- Possibile allungamento dei tempi per valutazione dello spessore del sottocute e dell'ago adatto.
- Ossa fratturate o con protesi articolari vicino al sito d'inserzione. Sito con precedente accesso IO.
- Severa osteoporosi o altre anomalie ossee.

- Infezione sul sito d'inserzione.
- Impossibilità nel localizzare i punti di repere.

Numerosi studi in letteratura evidenziano l'elevata efficacia del trapano EZ-IO, con una percentuale di successo d'inserzione che va dal 94 al 97 %, e un tempo medio d'inserzione tra i 4,5 e i 10 secondi. Uno studio retrospettivo su un campione di circa 1200 casi, ha evidenziato anche la bassa percentuale di complicanze pari al 4,8% , delle quali nessuna seria, dove la più frequente è stata lo stravasamento con lo 0,8 % e il device è stato giudicato di facile utilizzo nel 72% dei casi. La tecnologia EZ-IO largamente usata anche in ambito militare ha portato la Vidacare a sviluppare un trapano più leggero e compatto del precedente, per rispondere meglio alle diverse esigenze sia in ambito bellico che civile.

Il nuovo modello si chiama: EZ-IO G3.

Tale modello viene anche sviluppato per l'ambito bellico essendo compatto, avendo la protezione per il grilletto ed essendo dotato di un indicatore della batteria. Inoltre il modello militare è più leggero perché fatto di robusto policarbonato nero.



Figura 97 tipo di presidi

Il settore bellico della Vidacare propone anche il T.A.L.O.N.(Tactically advanced lifesaving IO needle), l'unico dispositivo per accesso IO utilizzabile su tutti ei siti d'inserzione approvati

dall'FDA. Il dispositivo non necessita di batteria per il funzionamento o di diversi set di aghi, nella confezione è accompagnato dal posizionatore adesivo per lo sterno e da una veloce linea guida per inserzione, gestione e rimozione. Il prodotto chiuso nella confezione è garantito per 4 anni e risponde alle raccomandazioni della CoTCCC (Committee on tactical combat casualty care). Nell'ambito militare troviamo scenari e cause di trauma impossibili da incontrare in ambito civile, così come alcuni quadri patologici estremi nei quali l'IO viene utilizzata in modo efficace come nell'ambito civile, con il 97% di successo al primo tentativo, e viene definita dalle forze speciali una tecnica facile da imparare ed usare, qualunque sia il dispositivo utilizzato. Nel 2009 un soldato di 19 anni rimane gravemente ferito dallo scoppio di una bomba. Aveva una grave emorragia, diverse ferite in tutto il corpo e ovviamente tutte contaminate dai detriti dell'esplosione. Nessun accesso IV viene reperito, e si passa al reperimento di un accesso IO. Alla fine saranno ben 4 gli accessi IO reperiti e necessari a stabilizzare il soldato per il trasporto all'ospedale militare. L'avvento di tutte queste diverse tipologie di device, ha portato in letteratura un numero sempre più crescente di studi comparativi per valutare quale device fosse migliore. Nel 2008 vengono messi a confronto l'EZ-IO con i dispositivi manuali. Non risultano evidenti differenze nei tempi d'inserzione (Man-IO: $33\pm 28s.$ vs. EZ-IO: $32\pm 11s.$) al contrario della percentuale di successo (Man-IO: 79,5% vs EZ-IO: 97,8%) e di complicanze (Man-IO: 15,4% vs. EZ-IO: 0,0%). L'EZ-IO è stato quindi giudicato migliore del dispositivo manuale perchè più efficace, con minori complicanze e il tutto associato ad un uso più facile. Nel 2009 il confronto avviene tra EZ-IO e B.I.G. valutando soprattutto la facilità di apprendimento e di utilizzo delle due tecniche, usando come partecipanti degli studenti della scuola di paramedici (EMT-Ps) e come modelli delle ossa di tacchino. Nonostante le limitazioni di questo studio (modelli animali, numero di partecipanti), i risultati dimostrano l'elevato tasso di successo che contraddistingue l'EZ-IO dal B.I.G. (28/29 vs 19/29) e il fatto che l'EZ-IO viene scelto dalla maggior parte dei partecipanti come dispositivo migliore e dal più facile utilizzo, sottolineando che gli studenti partecipanti avevano avuto pregresse esperienze con il B.I.G. durante il loro corso di studi.

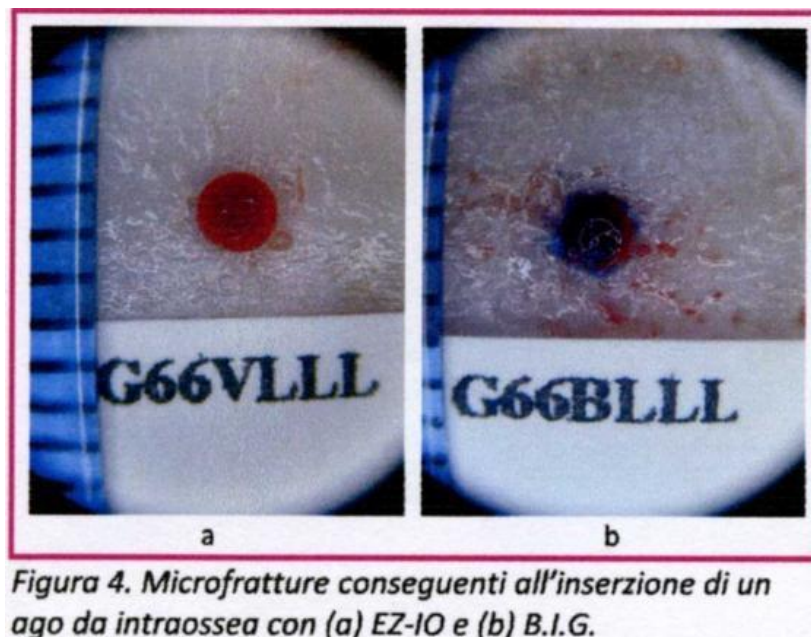


Figura 98 tipo di presidi

Nel 2011 uno studio retrospettivo sulle ambulanze del Midwest(12 stati) degli Stati Uniti, ha valutato l'uso del dispositivo manuale (dal 2003 al 2007) e successivamente dell' EZ-IO (dal 2007 al 2009) su paziente pediatrico. Dall'analisi dei dati tra i due dispositivi, non sono state notate significative differenze nel tasso di accesso al primo tentativo e nel tasso di insuccesso. Tuttavia, il tasso di utilizzo dell'accesso IO è più che triplicato con l'arrivo dell'EZ-IO sulle ambulanze; questo evidenzia quanto il trapano della Vidacare infonda sicurezza negli operatori di emergenza. Nel 2012 vengono valutate le microfratture ossee (figura a lato) causate dai diversi device durante l'inserzione e i problemi di efficienza che esse provocano. L'EZ-IO è stato confrontato al B.I.G. ed è stato visto che essendo più preciso del dispositivo a molla, evita quelle microfratture che potrebbero determinare uno scarso assorbimento vasale. Nel 2013 è stato fatto uno studio comparativo fra EZ-IO e un dispositivo manuale, avente come partecipanti dei medici senza pregressa esperienza di IO e come modelli dei suini anestetizzati. Alla conclusione dello studio l'EZ-IO si è dimostrato più veloce (3,66 s. vs. 33,57s.) e con un tasso di successo maggiore (100% vs. 76,2%), al primo tentativo, rispetto al dispositivo manuale ed inoltre è stato scelto come migliore dispositivo da tutti i partecipanti allo studio.) Nel 2014 viene effettuato in Olanda uno studio prospettico randomizzato su un gruppo di anestesisti ed infermieri di un reparto di terapia intensiva. I due gruppi vengono istruiti all'uso dell'EZ-IO (device A) e del B.I.G (device B) e vengono seguiti per 1 anno, con test periodici sulle conoscenze e sulla fiducia che avevano nella tecnica. Alla conclusione dello studio emerge che entrambi i gruppi giudicano il device

A più sicuro ed efficace del device B, dove viene notata con il tempo una diminuzione della fiducia nella tecnica e di conseguenza un diminuito uso del device B. Comunque, ad 1 anno di distanza, la valutazione delle conoscenze su entrambi i device dava ancora ottimi risultati. Studi del genere evidenziano anche il breve training necessario ad apprendere la tecnica d'inserzione e la cadenza con cui sarebbe necessario un retraining, oltre a confermare l'uso, anche in contesti intraospedalieri, dell'accesso IO. La scelta del dispositivo più adatto non può, purtroppo, prescindere dal costo di esso e dei suoi accessori, potendo questo, essere un ulteriore vantaggio o svantaggio. Nella tabella sottostante possiamo vedere il costo di ogni dispositivo e del suo relativo kit di addestramento. In conclusione, dopo aver visto e valutato i vari device, possiamo desumere che non ne esiste uno migliore in assoluto e adatto ad ogni situazione. Possiamo però, affermare con piacere, che tutti i device IO di ultima generazione eccellono in quasi tutti i seguenti standard:

- La più bassa incidenza di complicanze.
- Il più facile e rapido utilizzo.
- La formazione rapida del personale, in modo da garantirne la diffusione e l'effettivo utilizzo.
- Il più basso livello di stimolazione dolorosa.
- Elevati standard di sicurezza per il personale e per il paziente.

9.7 Gestione dell' accesso

Anche l'accesso intraosseo, come gli altri tipi di accessi vascolari, va gestito in modo corretto.



Figura 99 tipo di presidi

Una volta posizionato l'ago, bisogna stabilizzarlo per evitare dislocamenti accidentali. Alcuni device sono dotati di stabilizzatori adesivi dalla casa madre, come l'EZ-IO o il FAST con la sua cupola a basso profilo, altri invece come il B.I.G. dispongono di barrette stabilizzatrici da apporre intorno l'accesso e fissare con del cerotto. Nel caso non si disponga degli stabilizzatori di fabbrica, si deve apporre una medicazione possibilmente trasparente, in modo da poter sempre visualizzare la cute intorno all'accesso e i vari segni di stravaso e flogosi (rubor, tumor, calor, dolor, functio laesa). Una volta stabilizzato l'ago e rimosso il mandrino, bisogna accertarsi che sia perfettamente in sede e che l'accesso sia pronto per l'infusione. I seguenti punti ci permettono di essere certi riguardo il posizionamento:

1. Il catetere è stabile e non si muove dal sito
2. Il mandrino è sporco di sangue
3. Sangue all'interno del catetere
4. Facile aspirazione di sangue e midollo osseo tramite siringa
5. Facile infusione di un bolo (10cc) di sodio cloruro allo 0,9%. Di solito nel primo bolo si può incontrare una certa resistenza a causa della pressione dei vasi intraossei e della non espansibilità della matrice ossea. Il primo bolo è necessario per valutare il posizionamento, eventuali segni di stravaso, ed anche per vincere le resistenze intraossee. NO FLUSH=NO FLOW è il motto che possiamo trovare in letteratura e che rende l'idea sull'importanza del primo bolo, o "lavaggio"(flush). A volte è richiesto più di un "flush".
6. Si evidenziano gli effetti dei farmaci somministrati
7. Conferma tramite RX (non necessaria)

Il punto 5 è fondamentale, non si può prescindere da questo prima di iniziare la terapia infusionale. L'accesso deve essere tenuto in sede per massimo 24h, dopodiché potrebbe aumentare il tasso d'incidenza di alcune complicanze (osteomielite, sindrome compartimentale). Ovviamente, la sede d'inserzione va periodicamente rivalutata fino a dopo la rimozione del catetere, quando una medicazione sterile, non per forza compressiva, viene posta in sede

La Vidacare supporta il personale sanitario nella gestione dell'accesso IO fornendo nella confezione con il device, una "wrist band" che viene lasciata sul paziente e dove possiamo trovare: tempo e data in cui è stato reperito l'accesso, sito internet della Vidacare, tempo raccomandato prima della rimozione ed un numero di emergenza attivo 24h al quale rispondono degli esperti EZ-IO. Inoltre la Vidacare ha messo a disposizione del personale sanitario un'applicazione gratis per smartphone: "Arrow EZ-IO", dove possiamo trovare delle brevi linee guida riguardo: la modalità d'utilizzo, le sedi d'inserzione, la gestione del dolore, le controindicazioni e complicanze; il tutto correlato da brevi video esplicativi. All'avvio dell'applicazione c'è un messaggio che sottolinea che questa ha la sola valenza di "ripasso" per il personale già adeguatamente formato.

9.8 Dolore e sua gestione

Lo spazio intraosseo contiene numerose terminazioni nervose che corrono contigualmente ai vasi sanguigni, insieme a numerosi recettori sensoriali che registrano le variazioni di pressione.

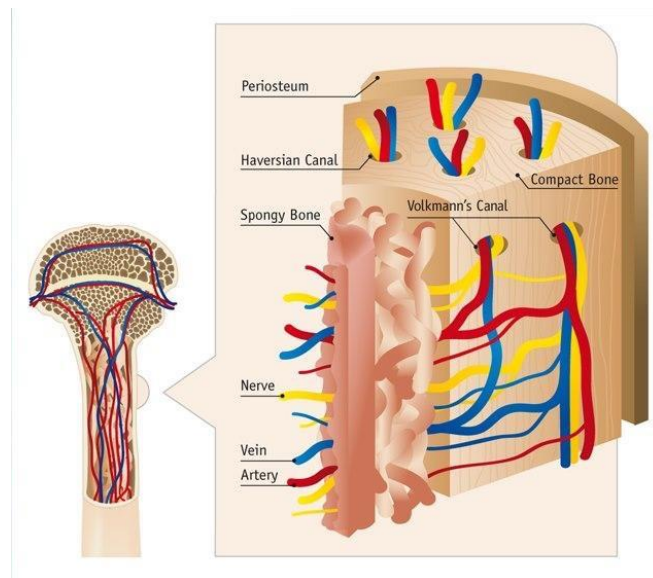


Figura 100 struttura

Essendo lo spazio vascolare intraosseo non collassabile, neanche in situazioni di shock, grazie ad una pressione minima intravenosa costante (35/25 mmHg) è necessario infondere fluidi e farmaci con sacche a pressione o tramite siringa per vincere questa pressione intravenosa. Essendo, però, lo spazio midollare non espandibile, questo causa lo stiramento dei vasi con conseguente stimolazione dei recettori, e dolore generale, diffuso e protratto,

per i pazienti coscienti. Al contrario di quanto si può pensare quindi, considerando l'invasività della tecnica e il calibro degli aghi, il dolore da inserzione causato dalla stimolazione dei recettori presenti sul periostio è specifico, locale e di breve durata, e quindi non paragonabile a quello da infusione. Viene infatti normalmente paragonato ad un dolore da inserzione da CVP 18 G.

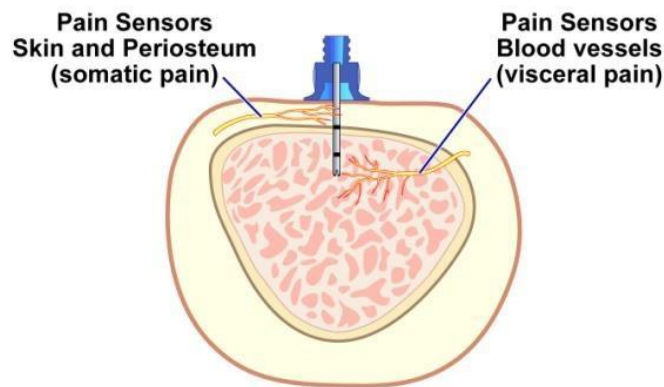


Figura 101 struttura

Dal 2005 nella letteratura troviamo riferimenti al dolore durante infusione IO e le varie modalità di gestione, tramite lidocaina 2%, attuate ogni volta. Queste però non essendo uniformate, talvolta erano inefficaci o sconosciute ad altri professionisti di altri paesi, e questo poteva portare tale tecnica tanto fondamentale e necessaria quanto inutilizzabile in tutti quei pazienti coscienti.

Così nel 2011 il Dr. Richard Hixson decide di raccogliere i dati presenti in letteratura, effettuare ulteriori studi e stilare un protocollo di gestione del dolore per l'accesso intraosseo. La lidocaina viene usata in medicina sia come anestetico locale che come farmaco antiaritmico, ovviamente in dosaggi diversi, oltre a non essere stata approvata nei bambini al di sotto di 1 anno.

Hixson dopo aver preso in considerazione tutte le possibili controindicazioni, complicanze, dose massima somministrabile e revisionato la letteratura in merito, consiglia l'uso di lidocaina "preservatives or epinephrine (cardiac lidocaine) free", quindi senza conservanti e l'aggiunta di adrenalina, e stila questa linea guida:

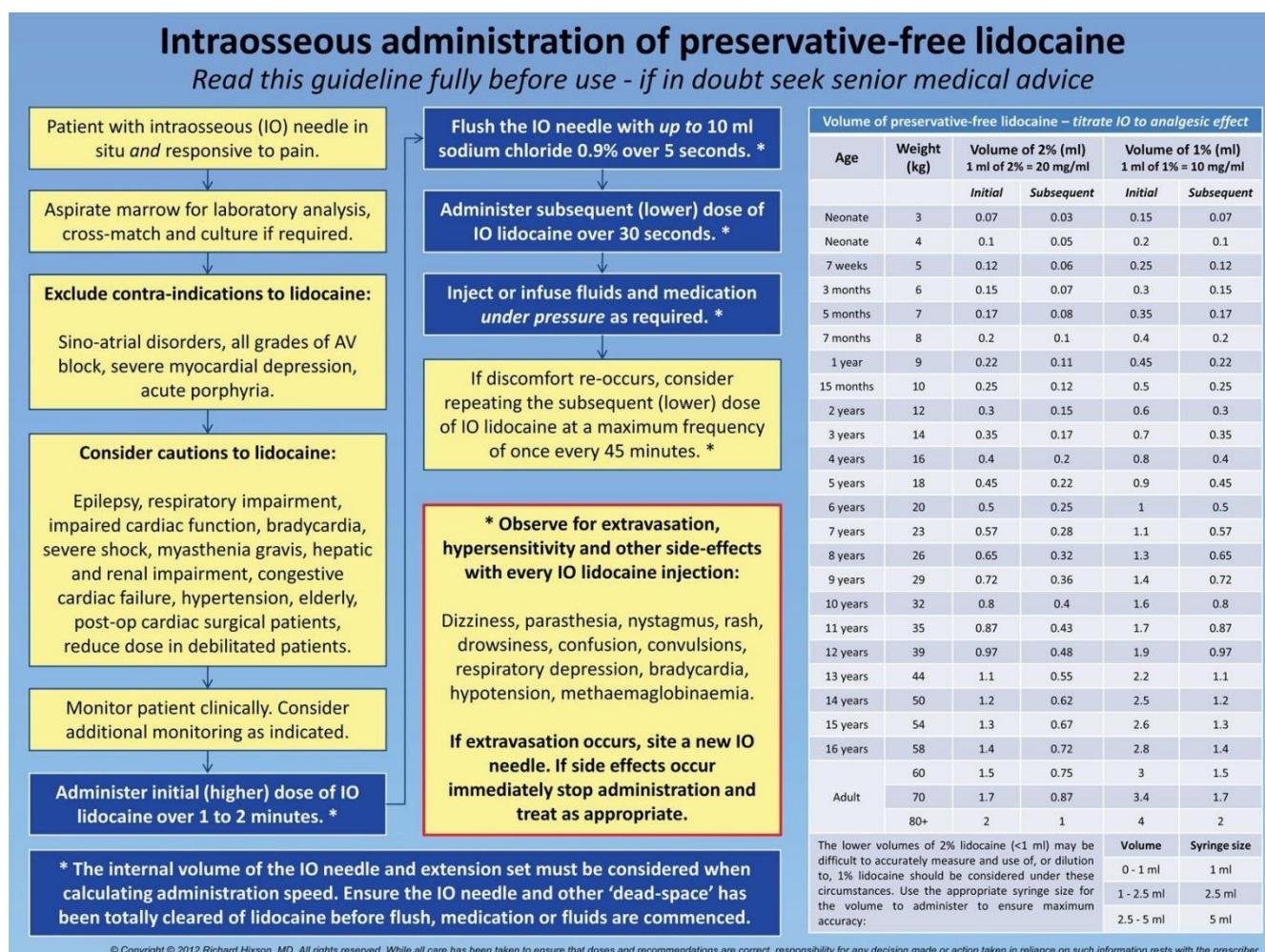


Figura 102 farmaci dolore

dove troviamo elencate le controindicazioni, le situazioni da valutare con cautela e gli effetti collaterali. Vediamo che ci sono due boli di anestetico: uno effettuato dopo l'eventuale aspirazione del midollo, e l'altro dopo il "flush" di sodio cloruro allo 0,9%. Inoltre nell'eventualità che il dolore si ripresenti si può somministrare di nuovo la seconda dose ogni 45 minuti circa. Nella tabella laterale troviamo la dose raccomandata in base ad età e peso del paziente, e l'equivalenza nel caso avessimo lidocaina al 2% o 1%. Come possiamo vedere, dalla seconda somministrazione in poi, la dose è circa la metà della somministrazione iniziale. In basso vengono anche consigliate le siringhe da utilizzare e quale gradazione minima devono avere per essere certi di non sbagliare dosaggio.

Quindi la coscienza del paziente discrimina o meno dall'uso della lidocaina, che altrimenti viene considerato successivamente nel caso fosse ancora in sito l'accesso IO.

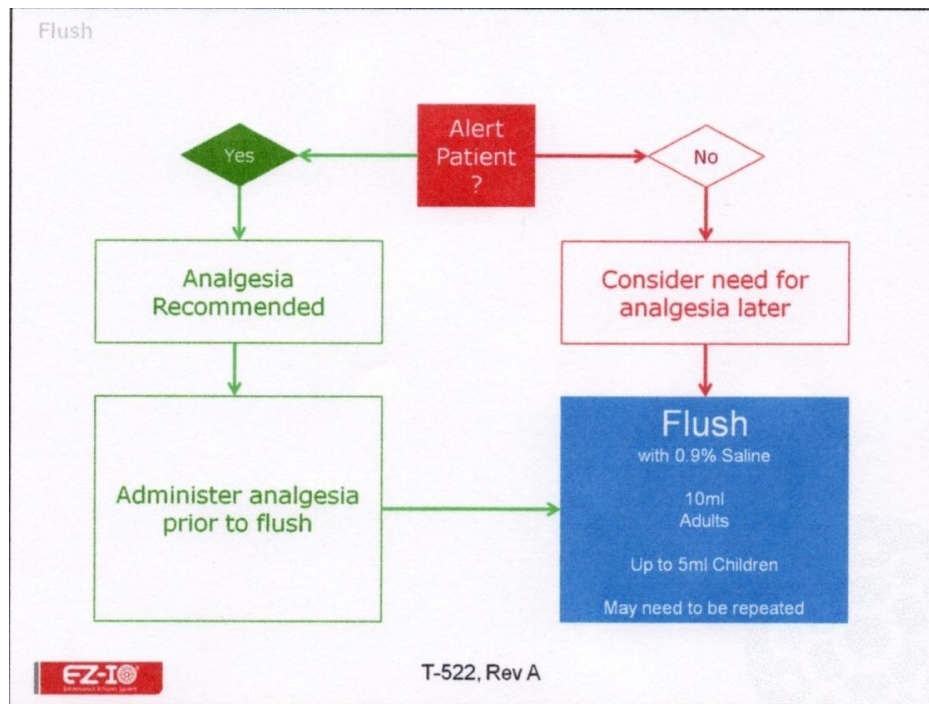


Figura 103 flow chart

In tutti gli studi effettuati sulla gestione del dolore, è stata sempre somministrata la scala visuo-analogica del dolore (VAS) dove 0 rappresenta l'assenza di dolore e 10 il dolore massimo percepibile. Il dolore da inserzione è stato valutato sempre fra 2-3 della VAS, che corrisponde al dolore provocato dall'inserzione di un CVP. Il dolore da infusione invece ha raggiunto anche picchi notevoli in assenza di Lidocaina, con valori di 7-8 sulla VAS, soprattutto nella sede tibiale che è stata giudicata più dolorosa della sede omerale, che infatti viene raccomandata nei pazienti coscienti. Previa somministrazione di lidocaina, invece, il dolore da infusione è sempre rimasto al di sotto di 5 della scala VAS rendendo l'infusione sopportabile da pazienti coscienti anche per un tempo prolungato.

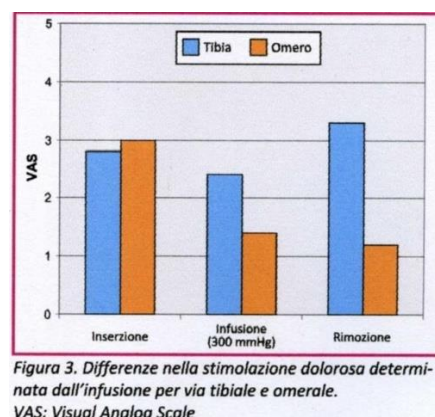


Figura 104 differenza dolore



Figura 105 scala dolore

9.9 Controindicazioni e complicanze

L'accesso intraosseo, come ogni altra procedura presente in medicina, non è esente da controindicazioni, che sono le seguenti:

- Frattura nel segmento osseo in cui si vuole inserire l'ago
- Infezione sul sito d'inserzione (edema, cellulite)
- Compromissione della vascolarizzazione locale
- Precedenti tentativi di reperimento nello stesso osso nelle 24/48h precedenti

- Impossibilità nel trovare i punti di repere
- Osteoporosi e osteoporosi severa
- Osteogenesi imperfetta
- Sternotomia
- Amputazioni
- Precedenti interventi chirurgici nel sito d'inserzione (placche, viti, protesi)
- Alcune di queste sono controindicazioni relative, dove potremo avere un rischio maggiore di insuccesso, come: l'osteoporosi e l'osteogenesi imperfetta.

L'osteoporosi è una patologia caratterizzata da una riduzione progressiva della massa ossea, e può essere presente in un singolo distretto corporeo: osteoporosi da disuso di un arto, oppure può coinvolgere l'intero scheletro, come nei casi di patologie metaboliche. Quindi l'inserzione in un osso affetto da tale patologia potrebbe causare fratture localizzate alla sede di penetrazione dell'ago, o nella peggiore delle ipotesi, la frattura completa dell'osso. È immaginabile come in una situazione d'emergenza sia quasi impossibile venire a conoscenza di tale patologia del paziente, per questo va supposta ogni volta che ci troviamo davanti ad anziani, soprattutto donne, e in tutti quei casi di emi o paraplegia, dove bisogna andare a cercare le sedi d'inserzione solo sugli arti funzionali. Sicuramente in condizioni del genere il device influisce sul tasso di rischio, perché nei dispositivi manuali e nel B.I.G. non si riesce ad avere un completo controllo della penetrazione dell'ago e si applica sicuramente una forza maggiore rispetto al trapano EZ-IO, che penetra nell'osso con una forza d'impatto quasi nulla. Fatto sta che rimane comunque una controindicazione. L'osteogenesi imperfetta è una malattia di origine genetica, con fenotipo variabile, causata da anomalie nella sintesi del collagene di tipo 1. L'anomalia causa una scarsa presenza di osso con marcata osteoporosi che determina un assottigliamento della corticale ed una rarefazione delle trabecole ossee. Secondo molti autori anche questa è una controindicazione relativa e molto rara da incontrare, e nella quale vale sicuramente lo stesso discorso dei device in relazione all'osteoporosi, anche se in letteratura c'è un caso di paziente con osteogenesi imperfetta dove sono falliti tutti e 3 i tentativi di reperire un accesso IO tramite il trapano EZ-IO, pur essendo il device meno "traumatico" per l'osso e con il più alto tasso di successo. In caso di fratture e pregressi tentativi di accesso nelle 24/48 h precedenti, la controindicazione è assoluta perché ci può essere quasi sicuramente un importante stravaso, dalla frattura o dal foro del precedente accesso, con elevato rischio di sviluppare una sindrome compartimentale. Quando invece troviamo delle cicatrici nette

(da intervento chirurgico) lungo le ossa o le articolazioni, non potendo sapere la tipologia d'intervento e non avendo a disposizione immagini radiologiche, è raccomandato cambiare sito d'inserzione. Nel caso invece della sternotomia, la controindicazione deriva dai problemi che potrebbero causare all'inserzione/infusione le cicatrici e le tecniche di sintesi usate sullo sterno. L'infezione in prossimità del sito d'inserzione rende la tecnica non praticabile, perché l'attraversamento da parte dell'ago di tessuti infetti e la successiva somministrazione nel torrente circolatorio di farmaci e fluidi, farebbe veicolare l'infezione causando quasi sicuramente un'osteomielite, e nella peggiore delle ipotesi, un quadro di sepsi. Come le controindicazioni anche le complicanze sono presenti, anche se la loro incidenza dopo che l'accesso IO è stato reperito con successo, è stimata al di sotto dell'1%.

Le possibili complicanze sono:

- Osteomielite
- Infezioni
- Stravaso
- Dislocamento dell'ago
- Frattura iatrogena
- Embolia grassosa o lipidica
- Sindrome compartimentale
- Ostruzione o piegatura dell'ago
- Danno alla cartilagine di accrescimento
- Relativamente all'accesso sternale: penetrazione nel mediastino, PNX, lacerazione di grossi vasi, morte.

La complicanza più frequente è lo stravaso, in circa il 12% dei casi. È una complicanza che può essere evitata, valutando prima dell'inizio dell'infusione il perfetto posizionamento dell'ago, provvedendo alla sua stabilizzazione con i presidi adatti, alla sorveglianza costante del sito e, in caso, alla rimozione dell'ago il prima possibile, appena un accesso vascolare è disponibile o l'accesso IO non è più necessario. Una volta evidenziata la complicanza si interviene rimuovendo l'ago, sollevando l'arto interessato e applicando una medicazione compressiva fredda sul sito d'inserzione. Tale complicanza non è affatto grave, ma se trascurata potrebbe evolvere in una grave condizione: la sindrome compartimentale. È una sindrome data dalla progressiva compressione dei tessuti causata, in questo caso, dallo stravaso di liquidi al di fuori della struttura ossea. I liquidi infusi ad alta pressione, tendono

a fuoriuscire dalla via a pressione minore. Nel caso in cui questa via sia rappresentata da un foro di una precedente puntura o una frattura dell'osso che comunica con i tessuti circostanti, le soluzioni stravasano. L'aumento del volume di questi liquidi va a comprimere i vari compartimenti anatomici: ossa, muscoli, nervi e vasi. Ovviamente il compartimento che ne risente di più è quello vascolare che viene letteralmente chiuso, portando una riduzione della perfusione ematica a valle. Si interviene rimuovendo l'ago, sollevando l'arto, applicando delle medicazioni fredde e consultando un chirurgo per eventuale fasciotomia. Tale evenienza può verificarsi anche con le eventuali microfratture ai bordi del foro di entrata, causate soprattutto dai dispositivi manuali ed assistiti, come il B.I.G.. La maggior parte degli autori ritiene che la principale causa della sindrome compartimentale sia dovuta alla contemporanea presenza di due fori nello stesso osso. Come detto in precedenza, infatti, un pregresso tentativo di accesso sull'osso è una controindicazione assoluta e rende tale osso inutilizzabile per un altro tentativo.

L'osteomielite è un'infezione ossea determinata da una soluzione di continuo tra l'ambiente esterno, la cute e il compartimento osseo. Nella maggior parte dei casi determina febbre, brividi e dolore, con calore e iperemia nei tessuti cutanei sovrastanti, talvolta però può avere un andamento subdolo associato alle condizioni di base del paziente, causando ritardi nel riconoscimento della patologia e della sua specifica terapia (antibiotico/chirurgica). Il rispetto delle norme igieniche e delle controindicazioni relativamente ai siti con presenza di infezione, riduce di molto il rischio di sviluppare questa complicanza. Inoltre è consigliato rimuovere l'ago entro le 24h o appena reperito un accesso venoso. In letteratura troviamo un'incidenza media di appena lo 0,6% per questa complicanza. La frattura dell'osso può essere causata da eccessiva forza nell'inserzione soprattutto con i dispositivi manuali, o da ossa fragili, di solito causa di patologie come l'osteogenesi imperfetta e l'osteoporosi.

La piegatura dell'ago, "needle bending", si verifica di solito negli aghi molto lunghi come quelli dei dispositivi manuali, ed è causa di insuccesso. Invece l'ostruzione del catetere è causata da frammenti ossei o di midollo, ma può essere risolta nella maggior parte dei casi con un "lavaggio" di 10cc(flush) con siringa riempita di sodio cloruro allo 0,9%. La presenza del mandrino all'interno dell'ago evita questa complicanza.

Il danno alla cartilagine di accrescimento è sempre figurato nell'elenco delle possibili complicanze dell'accesso IO, pur non trovandone traccia nella letteratura e pur essendo tutte le sedi d'inserzione pediatriche, lontane dalla cartilagine. Anche l'embolia grassosa, o

lipidica, figura fra le possibili complicanze, pur non essendo mai stata documentata sull'uomo come conseguenza dell'accesso intraosseo, ma solo in alcuni soggetti animali.)

.

Capitolo 10

10.1 Ossigenoterapia nel soccorso extraospedaliero

10.1.1 Obiettivi

“L’ossigeno dovrebbe essere considerato un farmaco, proprio come gli altri agenti orali o intravenosi. L’unica differenza è che viene somministrato con un mezzo diverso.”. Con queste poche parole l’American Heart Association pone l’accento su un concetto non sempre adeguatamente considerato dal personale sanitario che gestisce e somministra questo gas: l’ossigeno, proprio come un qualsiasi farmaco, è dotato di effetti terapeutici e di potenzialità tossiche; il fatto che non sia un composto chimico, ma un gas naturale indispensabile alla nostra sopravvivenza, non deve farci dimenticare che una ossigenoterapia incongrua potrebbe produrre danni anche seri e a volte costituire un rischio per la vita stessa del paziente.

La somministrazione di ossigeno in aggiunta all’aria inspirata persegue sostanzialmente tre obiettivi ben precisi:

1. l’aumento della pressione parziale di ossigeno negli alveoli polmonari
2. la diminuzione del lavoro respiratorio necessario per mantenere una determinata pressione di ossigeno negli alveoli,
3. la diminuzione del lavoro cardiaco necessario per assicurare una certa pressione arteriosa di ossigeno.

Questo provvedimento, pertanto, non sempre è necessario per garantire al paziente una adeguata ossigenazione tissutale, e se adottato impropriamente può persino provocare un peggioramento della respirazione cellulare. Come vedremo, dunque, la decisione di somministrare ossigeno deve essere soppesata, caso per caso, a seconda delle necessità di ciascun paziente e soprattutto non si dovrà mai tralasciare di sorvegliare l’attività respiratoria e i parametri che indicano la maggiore o minore ossigenazione del sangue, ma anche i parametri emodinamici, espressione della gittata cardiaca, strettamente responsabili del risultato finale che l’ossigenoterapia conseguirà.

Obiettivo di questa breve esposizione è quindi quello di individuare le modalità più appropriate di somministrazione dell'ossigeno a scopo terapeutico conoscendo ed evitando, nel contempo, i suoi effetti tossici.

10.2 Ossigeno e sangue

Il rapporto che lega fra di loro il circolo ematico e l'ossigeno è chiaramente espresso dalle seguenti formule

$$CaO_2 = (1,37 \times Hb \times SaO_2) + (0,003 \times PaO_2) \text{ ml/100ml } O_2 \text{ legato } O_2 \text{ disciolto}$$

figura: formula del contenuto arterioso di O_2 10,11 dove CaO_2 è il contenuto arterioso di O_2 , SaO_2 è la saturazione in ossigeno del sangue arterioso espressa in percentuale e PaO_2 è la pressione parziale del gas disciolto nel sangue arterioso. Questa grandezza (il contenuto arterioso di O_2) entra in stretta relazione con la gittata cardiaca in un'altra formula, che esprime la disponibilità tissutale di ossigeno in ml/minuto/Kg di peso corporeo:

$$DO_2 \text{ (ml/Kg/min)} = Q \times (1,37 \times Hb \times SaO_2) + (0,0031 \times PaO_2) = 16 \text{ ml/Kg/min}$$

figura: formula della disponibilità tissutale di O . Il valore riportato

dove DO_2 è la disponibilità tissutale di ossigeno, Q è la gittata cardiaca: l'equazione mostra come la pressione parziale di ossigeno nel sangue arterioso possa aumentare anche considerevolmente con minimi incrementi della saturazione (come mostrato anche dalla [figura](#), che riproduce la curva di dissociazione dell'emoglobina). Le formule riprodotte mostrano il modesto contributo apportato alla disponibilità tissutale di ossigeno dall'incremento della pressione parziale del gas nel sangue arterioso oltre i 100mmHg. A questo livello di pressione parziale, infatti, l'emoglobina è già saturata al 100% e ogni ulteriore aumento della pressione parziale di ossigeno è responsabile soltanto dell'incremento della quota di ossigeno libero fisicamente disciolto nel sangue (0,003 ml/100 ml di sangue per mmHg di incremento della $PaO_2 = 0,3$ ml/100 ml di sangue ad una PaO_2 di 100 mmHg), laddove la concentrazione di emoglobina e la sua saturazione in ossigeno assumono la maggiore importanza ai fini di un efficace trasporto dell'ossigeno in periferia. Come mostra l'equazione della [fig.](#), infatti, ogni grammo di emoglobina può legare 1,37ml di ossigeno. In condizioni normali, quindi, in 100ml di sangue arterioso sono contenuti circa 20ml di ossigeno legato all'emoglobina e 0,3ml di ossigeno disciolto nel plasma (l'1,5% del totale). Appare quindi chiaro quanto sia importante assicurare a tutti i pazienti in condizioni

di ipossia, oltre ad adeguati flussi di ossigeno, anche e soprattutto le migliori condizioni circolatorie possibili, onde garantire una adeguata distribuzione ai tessuti periferici dell'ossigeno, la cui somministrazione, in caso contrario, potrebbe risultare parzialmente o totalmente inefficace.

Un cenno a parte meritano le frecce poste sui vari elementi dell'equazione: esse mostrano l'andamento delle grandezze sottostanti in corso di ossigenoterapia; del notevole incremento dell'ossigeno disciolto nel sangue (indicato da una doppia freccia) a fronte di un modesto incremento di quello legato (freccia singola) abbiamo già detto; è invece da notare come durante ossigenoterapia la gittata cardiaca possa diminuire, a seguito dell'aumento delle resistenze periferiche che la somministrazione del gas induce, influenzando così il risultato finale dell'ossigenazione, che in termini di disponibilità tissutale di ossigeno può quindi essere a sfavore di quest'ultima, a seconda dell'entità di tale riduzione.

Il comportamento dell'ossigeno nel suo legame col sangue e nella sua distribuzione ai tessuti è perfettamente illustrato dalla curva di dissociazione dell'emoglobina (figura)

Figura - Curva di dissociazione dell'emoglobina. Rapporto fra saturazione, pressione parziale e contenuto arterioso di O_2 . Con una PaO_2 di 60mmHg la saturazione in ossigeno del sangue arterioso è del 90%. E' del 75% con una PaO_2 di 40mmHg e del 50% con una

l'andamento di tale curva è influenzato da diversi fattori, che condizionano la maggiore o minore affinità del pigmento per l'ossigeno:

uno spostamento della curva verso destra (maggior cessione di O_2 ai tessuti) è causato da: tutte le condizioni che generano una ipossia relativa permanente (BPCO, cardiopatie congenite cianogene, asma cronico severo, permanenza ad alta quota) riduzione del pH ematico (acidosi), aumento di temperatura, aumento della pCO_2 , aumentata concentrazione di Hb, aumento della forza ionica, presenza di emoglobine anomale, Cortisolo, Aldosterone, Piridossalfosfato, aumento di 2,3-DPG; quest'ultima condizione può essere a sua volta causata da: alcalosi, aumento dell'ormone tiroideo, aumento dei fosfati organici, Inosina, aumento dei solfati.

Al contrario uno spostamento della curva verso sinistra, cioè maggiore affinità dell'emoglobina per l'ossigeno (minor cessione di gas ai tessuti) può essere causato da: aumento del pH ematico (alcalosi), ipotermia, riduzione della pCO_2 , ridotta concentrazione di Hb, ridotta forza ionica, emoglobina anomala, carbossiemoglobina, metaemoglobina, diminuzione del 2,3-DPG. Come sopra quest'ultima condizione può essere a sua volta generata da: acidosi, riduzione dell'ormone tiroideo, deficit degli enzimi eritrocitari, riduzione dei fosfati organici.

10.3 Indicazioni all'ossigenoterapia

Obiettivo specifico della somministrazione di ossigeno sono la prevenzione e/o il trattamento dell'ipossia tissutale (poco ossigeno disponibile per i tessuti periferici), attraverso la correzione delle condizioni di ipossiemia (ridotto contenuto di O_2 nel sangue arterioso) 3 .

Le indicazioni specifiche all'ossigenoterapia sono costituite da:

- Angina pectoris e infarto miocardico acuto
- Scompenso cardiaco ed edema polmonare acuto
- Aritmie acute
- Arresto cardio-respiratorio
- Ostruzioni parziali delle vie aeree
- Intossicazione da CO_2
- Altre intossicazioni per inalazione, in particolare quella da ossido di carbonio, in cui l'ossigenoterapia al 100% riduce l'emivita della carbossiemoglobina da 4 ore a 1 ora 20
- Patologie broncopolmonari
- Cianosi acuta
- Turbe della coscienza
- Tutte le patologie neurologiche di origine vascolare (ictus cerebri, emorragie cerebrali)

- Ipotermie e ipertermie. Nel primo caso perché l'ipotermia sposta a sinistra la curva di dissociazione dell'emoglobina, riducendo la cessione di ossigeno ai tessuti; nel secondo caso perché l'ipertermia severa induce, di per sé, un aumento del consumo di ossigeno che viene bruciato, mediante glicolisi aerobia, nel processo di termogenesi.

- Crisi convulsive

- Depressione respiratoria da farmaci (analgesici, sedativi, ecc.)

- Pneumotorace

- Stati di shock di qualsiasi natura

- Tutte le emorragie copiose, comprese quelle digestive

- Gravi traumatismi a qualsiasi livello (compresi i traumi cranici commotivi, nei quali l'ossigeno ha la precisa funzione di ridurre il rischio e l'entità di un edema cerebrale)

- in occasione di manovre che inducono ipossiemia (intubazione)

- Tutte le patologie e le dispnee in cui, oltre alla clinica, sia presente una saturazione in ossigeno del sangue arterioso inferiore al 95%

Va sempre ricordato che:

- l'ossigenoterapia a flusso libero va utilizzata soltanto in pazienti con respiro autonomo efficace e non sostituisce le manovre di apertura delle vie aeree e la ventilazione artificiale in caso di arresto respiratorio.

- un abbassamento della temperatura corporea (ipotermia) comporta una minor cessione di ossigeno ai tessuti (per lo spostamento a sinistra della curva di dissociazione dell'emoglobina) per cui il paziente che necessita di ossigenoterapia va sempre protetto dal freddo. I liquidi eventualmente infusi vanno riscaldati a 37° C, in quanto l'infusione di 3 lt di liquidi a temperatura ambiente (20°C) è in grado di abbassare di 1°C la temperatura corporea, con conseguente aumento del consumo di ossigeno per sostenere la termogenesi attraverso la contrazione muscolare. Quest'ultima è oltre tutto limitata o assente nei pazienti sedati o non coscienti.

La somministrazione di ossigeno è efficace quando all'origine dell'ipossiemia c'è una ridotta tensione alveolare di O_2 , ma può risultare insufficiente nei casi in cui l'ipossiemia è dovuta ad un alterato rapporto fra superficie alveolare disponibile e letto vascolare polmonare (alterato rapporto ventilazione/perfusione - atelettasie, embolie polmonari, ostruzioni bronchiali da tappi mucosi, ecc.) o ad alterazioni anatomiche responsabili di shunt destro-sinistri (es. cardiopatie congenite cianogene). In questi casi, indicati come "refrattari", altre misure terapeutiche debbono essere associate (ventilazione assistita, toilette dell'albero respiratorio, ecc.)

10.4 Ossigeno e sicurezza

Data la consuetudine pressoché quotidiana con cui l'ossigeno viene utilizzato, può sembrare superfluo richiamare qui le poche indispensabili norme di sicurezza che vanno osservate quando si maneggia questo gas. Proprio a causa di tale familiarità, però, si assiste non di rado a comportamenti potenzialmente rischiosi da parte degli operatori dei servizi di emergenza.

Vale allora la pena di ricordare alcune fondamentali norme di sicurezza che vanno rigorosamente rispettate tutte le volte che si utilizza il gas:

1. le bombole non debbono subire urti, così pure i riduttori di pressione ad esse collegati; questi ultimi, in particolare, potrebbero saltar via e provocare l'esplosione della bombola;
2. le bombole non sopportano temperature superiori ai $50^{\circ}C$, per cui si deve aver cura di tenerle lontano da qualsiasi fonte di calore: non bisogna esporre, soprattutto d'estate, l'ambulanza per lunghi periodi alla luce del sole e non si deve far mai venire a contatto le bombole con fiamme o oggetti ad alta temperatura;
3. per lo stesso motivo le bombole vanno conservate in ambienti ventilati e protetti dagli sbalzi termici
4. l'ossigeno è un potente ossidante, capace di favorire la combustione e di far incendiare sostanze di per sé non infiammabili: pertanto non si deve mai fumare nelle vicinanze delle bombole e non si debbono maneggiare le bombole con le mani sporche di grasso, olio o altre sostanze oleose né lubrificare mai i raccordi. Le bombole non debbono inoltre mai venire a contatto con benzina, alcool, etere, acetone o altri solventi e non va mai usato nastro adesivo per sigillare i raccordi.

5. per svitare i raccordi non vanno utilizzate chiavi in materiale ferroso, che potrebbero provocare scintille in caso di urti accidentali

6. la valvola della bombola va sempre aperta fino in fondo e poi richiusa di mezzo giro, per evitare che qualcuno faccia forza su di essa pensando che sia chiusa

10.5 Circuiti di erogazione dell'ossigeno

Il circuito per l'erogazione dell'ossigeno presente su un'autoambulanza è costituito dall'insieme di: bombole, manometri, riduttori (componenti ad alta pressione) flussometro, tubi e raccordi vari, umidificatore, maschere e altri dispositivi di erogazione (componenti a bassa pressione).

BOMBOLA: di capacità variabile (da 1-2- litri per quelle portatili a 7-10 litri per quelle fisse). Hanno colore verde con ogiva bianca. La sua autonomia operativa può essere calcolata con una formula che tiene conto della pressione residua e dell'intensità del flusso erogato:

(volume della bombola in lt) x (pressione indicata dal manometro - pressione di sicurezza)
flusso erogato per minuto

$$7\text{lt}(\text{volume bombola}) \times (200^* - 15^{**}) (\text{pressioni}) 4\text{lt}/\text{minuto} (\text{flusso erogato}) = 323,75 \text{ minuti} \\ (5\text{h } 20' \text{ circa})$$

*Le bombole di ossigeno, ad eccezione di quelle monouso, vengono normalmente caricate ad una pressione di 200 atmosfere.

**La pressione di sicurezza è la minima pressione residua sotto la quale non è più garantita una erogazione costante del gas. Può essere calcolata in circa 15 atmosfere.

REGOLATORE DI PRESSIONE: serve per ridurre la pressione e consentire così l'utilizzo dell'ossigeno a pressione di lavoro entro limiti di sicurezza (tra 2,5 e 4,8 atmosfere). E' collegato ad un manometro che indica la quantità di gas residuo espressa in atmosfere (Kg/cm²).

Flussometro: elemento fondamentale per la regolazione del flusso di O₂ in litri/minuto. I più diffusi sono quelli a rotametro con cilindro di vetro graduato. All'interno del cilindro è situato un galleggiante che si alza o si abbassa in relazione al flusso erogato.

UMIDIFICATORE (GORGOGLIATORE): è un contenitore cilindrico, solitamente abbinato al flussometro, che va parzialmente riempito di acqua. L'O₂, transitando attraverso l'acqua, si umidifica, risultando meno irritante per le vie aeree. A 25°C il gorgogliamento attraverso l'acqua eleva l'umidità relativa dell'ossigeno da zero al 70%, che corrisponde al 34% circa a 37°C. 3

Durante l'attività di soccorso l'O₂ può non essere umidificato qualora si prevedano tempi di trasporto limitati (inferiori ai trenta minuti). E' buona norma somministrare O₂ umidificato in età neonatale e pediatrica e in caso di crisi asmatiche, mentre è obbligatoria l'umidificazione nelle laringiti in età pediatrica. Va ricordato, però, che in nessun caso va raccordato O₂ umidificato ad un pallone di Ambu, in quanto la valvola di non ritorno di quest'ultimo può essere bloccata dall'acqua, rendendolo inutilizzabile.

L'acqua contenuta nell'umidificatore facilmente diventa fonte di inquinamento batterico, per cui andrebbe sostituita di frequente e comunque al termine di un servizio nel quale sia stato utilizzato l'umidificatore.

DISPOSITIVI TERMINALI: si tratta di cannule nasali e maschere di vario tipo

10.6 Somministrazione dell'ossigeno

I dispositivi utilizzati per la somministrazione di ossigeno in respiro spontaneo differiscono notevolmente fra loro sia per caratteristiche tecniche, sia per i flussi e le concentrazioni erogate; di conseguenza anche le stesse indicazioni terapeutiche variano a seconda del mezzo utilizzato. E' del tutto illusorio, ad esempio, tentare di somministrare il necessario flusso di ossigeno ad un paziente vittima di un'intossicazione da ossido di carbonio avvalendosi di una cannula nasale con la quale non è possibile raggiungere né la concentrazione del 100% nella miscela inspirata né gli elevati flussi di ossigeno necessari per spostare a destra la curva di dissociazione dell'emoglobina e ridurre l'emivita della carbossiemoglobina.

Le caratteristiche essenziali dei principali dispositivi per la somministrazione di ossigeno sono esposte nella più avanti. A questo proposito occorre specificare, onde evitare confusioni, che i flussi indicati nella tabella sono da intendersi come flussi di ossigeno erogati dalla fonte di gas, mentre le concentrazioni riportate vanno intese come quelle effettivamente presenti nella miscela inspirata dal paziente. Questo perché alcuni dispositivi

(ad esempio la maschera di Venturi) possono erogare basse concentrazioni di ossigeno pur lavorando con elevati flussi totali di miscela inspiratoria, grazie all'ingresso, nel circuito, anche dell'aria ambiente. Per converso sistemi che erogano concentrazioni inspiratorie di ossigeno anche elevate (es. la maschera a riventilazione parziale) saranno più sotto definiti "a basso flusso" in quanto forniscono volumi totali di miscela inspiratoria più limitati, essendo minore la quota di aria in essa presente.

Va ricordato, inoltre, che l'ossigenoterapia qui descritta può e deve essere somministrata soltanto a pazienti la cui attività respiratoria autonoma non desti particolari preoccupazioni. Qualora ci si trovi in presenza di pazienti, coscienti o meno, con funzione respiratoria seriamente compromessa (vedi anche sotto) occorrerà ricorrere alla ventilazione assistita o controllata, che non rientra nella presente trattazione.

Per quanto riguarda la scelta del dispositivo più adatto, si può affermare, in linea di massima, che tutti i sistemi capaci di erogare basse concentrazioni inspiratorie (cannule nasali, maschera di Venturi) potranno essere utilmente impiegati nei casi in cui è assolutamente necessario limitare concentrazioni e flussi di ossigeno (somministrazioni prolungate, bambini piccoli, malattie respiratorie croniche....), mentre i sistemi ad alta concentrazione (maschera semplice, maschere con reservoir) sono indispensabili ogni qual volta l'erogazione di ossigeno ad alto flusso costituisca uno degli elementi essenziali della strategia terapeutica (edema polmonare, IMA, gravi traumi, shock, intossicazioni per inalazione....)

Cannula nasale (basso flusso)

VANTAGGI	SVANTAGGI	PRECAUZIONI E CONTROINDICAZIONI
• confortevole e ben tollerata • poco costosa • efficace per basse concentrazioni di O₂ • Non c'è rirespiro di CO₂ • Può fornire una minima	• Quantità di O₂ non ben misurabile • Non consente flussi elevati • Disidrata le mucose • Alti flussi non umidificati	• Nel paziente agitato fissare la cannula con cerotto • No nelle ostruzioni nasali e nelle deviazioni del setto • No nella tracheostomia • Monouso-non risterilizzabile

pressione positiva continua nelle vie aeree	producono epistassi, laringite, otalgia, dolore retrosternale, broncospasmo	

Maschera semplice (basso flusso)

VANTAGGI	SVANTAGGI	PRECAUZIONI E CONTROINDICAZIONI
• Poco costosa • La misura pediatrica può essere usata anche su tracheostomia	• Non permette il controllo della concentrazione di O₂ erogato (>35%, <60%) • Sensazione di soffocamento • Rischio di inalazione di materiale gastrico • Rischio di riapporto di CO₂ per bassi flussi	• Iniziare sempre con 6 lt/min per evitare accumulo di CO₂ all'interno della maschera • No nella BPCO

Maschere con reservoir (basso flusso)

1) a riventilazione parziale:

ricicla parzialmente l'aria espirata e quindi anche la CO₂ 2) con valvola unidirezionale: consente la fuoriuscita totale dell'aria espirata

VANTAGGI	SVANTAGGI	PRECAUZIONI E CONTROINDICAZIONI

• Consente elevate concentrazioni di O₂	• Costosa • Poco tollerata • Deve aderire perfettamente al viso del paziente • Dà senso di soffocamento • Per alti flussi dilatazione gastrica e irritazione cutanea • Rischio di blocco in apertura della valvola per alti flussi (maschera con valvola unidirezionale) • Rischio di impedimento alla respirazione se il reservoir collabisce (bassi flussi)	• Sorvegliare paziente e circuito: il flusso di O₂ deve tenere costantemente pieno il reservoir! • Riempire il reservoir prima della somministrazione, tappando il foro di uscita del gas • No nella BPCO • Consigliabili flussi >8lt/min per evitare accumulo di CO₂

Maschera di venturi (alto flusso)

Concepita per essere utilizzata quando è necessario conoscere perfettamente le concentrazioni di O₂ da somministrare

VANTAGGI	SVANTAGGI	PRECAUZIONI E CONTROINDICAZIONI
• Permette di somministrare concentrazioni di O₂ predefinite • Non produce essiccamento delle mucose • Ottima per impiego di lunga durata	• Produce calore e senso di isolamento • I liquidi di condensa possono ricadere sul paziente • Non permette concentrazioni superiori al 60% • Ostruzioni dell'ugello possono provocare riduzione del flusso di miscela e aumento della concentrazione di O₂ inspirato • Costosa	• Farla aderire perfettamente al viso del paziente stringendo la pinza metallica sul dorso del naso • Riutilizzo sconsigliato • In caso di riutilizzo lavare con acqua corrente e sapone, bagno in amuchina al 10%, asciugare • Sconsigliato l'uso di aerosol (possibile blocco dell'ugello)

10.7 Maschera tracheostomica

Con tale maschera non è programmabile la concentrazione di O₂. Va ricordato che sulle tracheostomie può essere usata con efficacia anche una maschera semplice di misura pediatrica

Tabella - Dispositivi per ossigenoterapia e loro caratteristiche

DISPOSITIVO	FLUSSO O ₂	CONCENTRAZ.	IMPIEGO
BASSO FLUSSO	1lt/min. 2lt/min	21-24% 24-28% 28-34% 31-38% 40% 32	BPCO riacutizzata (24-28%). - Patologie non critiche. Insufficienza respiratoria mista in pazienti che non tollerano la maschera facciale Traumi senza segni di shock - patologie internistiche Traumi - Intossicazione da CO - shock - EPA - emorragie severe BPCO - altre mal. respiratorie
Cannula nasale	3lt/min 4lt/min 5lt/min	44% 50% 60% 60-80%	
Maschera semplice	5-6lt/min. / i 6-7lt/min 7 8lt/min	80-90%	
Maschera con reservoir (riventilazione parziale)	6-10lt/min. 10-15lt/min 2/min 4lt/min 6lt/min 8lt/min	24% (racc. 28% (racc. 31% (racc. 35% (racc.	
ALTO FLUSSO	10lt/min 12lt/min 15lt/min	40% (racc. blu) 50% (racc. 60% (racc. rosa)	
Maschera Venturi			

10.8 Ossigeno

Somministrazione in situazioni particolari

Nella massima parte dei casi l'obiettivo da perseguire mediante la somministrazione di ossigeno è il raggiungimento e il mantenimento di livelli di saturazione ematica pari almeno al 95%; al di sotto di questa soglia, infatti, si realizza già una condizione di ipossia relativa(*).

Esistono però alcune situazioni nelle quali è necessario mantenere un diverso livello di saturazione.

- **BRONCOPNEUMOPATIA CRONICA OSTRUTTIVA (BPCO)** In questa malattia i centri respiratori hanno perso la sensibilità alla CO₂ e sono sensibili esclusivamente all'ipossia, per cui in questi pazienti la somministrazione di elevati flussi di O₂ può esitare in depressione respiratoria e apnea; l'ossigenoterapia va quindi iniziata prudentemente, con bassi flussi (1-2lt/min) utilizzando cannule nasali o una maschera di Venturi (concentrazione iniziale 24%), presidi particolarmente indicati per questi usi (vedi sopra). La respirazione dei pazienti va sorvegliata di continuo e vanno mantenuti livelli di saturazione ematica non superiori al 90%. Se, nonostante ogni precauzione, il paziente diventa bradipnoico o subisce un arresto respiratorio si rende necessaria la ventilazione assistita.

- **EDEMA POLMONARE ACUTO** Sebbene la terapia respiratoria più indicata per questa affezione sia in molti casi la ventilazione assistita (CPAP, IPPV), spesso per indisponibilità delle attrezzature necessarie o per intolleranza del paziente alla inspirazione forzata è necessario ricorrere alla ossigenoterapia in maschera; in tali evenienze i presidi più indicati sono le maschere con reservoir, specie quella con valvola unidirezionale che, alimentata con flussi adeguati (>8lt/min) è in grado di garantire le massime concentrazioni inspiratorie di O₂ (80-90% - vedi sopra), tenendo presenti le cautele da adottare nel caso di pazienti portatori di BPCO (vedi sotto). In ogni caso il principio da osservare è quello di somministrare, sulla base della saturazione rilevata, la massima concentrazione possibile di O₂, a seconda del tipo di maschere di cui si dispone (per esempio il 50% con una maschera di Venturi).

- **INFARTO MIOCARDICO ACUTO** In questa patologia una condizione di ipossiemia è sempre presente, soprattutto a causa di alterazioni del rapporto ventilazione-perfusione, ed è aggravata dall'insufficienza ventricolare sinistra. Somministrare quindi ossigeno anche a quei pazienti che mostrano normali livelli di saturazione arteriosa può concorrere a ridurre l'ampiezza finale dell'area infartuale⁶. Nonostante la possibilità che la somministrazione di elevati dosaggi di ossigeno provochi un aumento delle resistenze arteriose periferiche e di riflesso riduca la gittata cardiaca, abbassando quindi la disponibilità tessutale di ossigeno, non è tuttavia consigliabile lasciarsi scoraggiare da tale considerazione. Nell'infarto miocardico è utile somministrare ossigeno ad un flusso di 4-6 lt/min, allo scopo di raggiungere livelli di saturazione del sangue arterioso superiori al 97-98%. Se non si

riuscisse a raggiungere la saturazione voluta, è utile aumentare il flusso fino a 68lt/min. Nel caso, non molto frequente in verità, che il paziente infartuato fosse a rischio di arresto respiratorio per BPCO, non si deve rinunciare per questo a somministrare ossigeno: sarà sufficiente iniziare la somministrazione con bassi flussi (1-2lt/min) da aumentare poi gradualmente secondo necessità, sorvegliando la frequenza respiratoria.

- **TRAUMI** Nei gravi traumatismi l'ipossia può derivare da lesioni dirette dell'apparato respiratorio o anche dall'insufficienza circolatoria secondaria ad emorragia. In ogni caso l'ossigeno va sempre somministrato ad un paziente traumatizzato, a concentrazioni e flussi elevati (10-12lt/min al 100% ove possibile) allo scopo di raggiungere e mantenere una saturazione del 100%. Questo perché in caso di emorragia copiosa l'ossigeno fornito in più, anche se non legato all'emoglobina (che va calando e che è già già totalmente saturata), va ad incrementare la quota di ossigeno fisicamente disciolto nel sangue. Tale quota (in condizioni normali l'1,5% del contenuto arterioso totale di O₂) in queste situazioni critiche assume, ancorché esigua, un ruolo più importante, in quanto può concorrere, raggiungendo per diffusione i tessuti, a soddisfare fino a un terzo del fabbisogno tissutale e quindi correggere almeno parzialmente l'ipossia. Se, nonostante ogni sforzo, la saturazione ematica di ossigeno resta al di sotto del 90% è però necessario ricorrere alla ventilazione assistita.

- **NEONATI E LATTANTI** Ogni qual volta un neonato o un lattante mostra segni di ipossia (sostanzialmente cianosi, agitazione o torpore, bassa saturazione di O₂) 1 occorre somministrargli ossigeno alla massima concentrazione possibile fin quando non regrediscono i segni di ipossia (la cianosi soprattutto). Il flusso somministrato deve essere di 5lt/min e va usata una maschera pediatrica o neonatale (quest'ultima nei lattanti fino a 7 Kg di peso 7) tenuta saldamente aderente al volto del piccolo paziente in modo da limitare al massimo la miscelazione dell'ossigeno con l'aria ambiente, che abbassa la concentrazione del gas inspirato. Se non sono disponibili i presidi descritti, un buon metodo per ottenere una somministrazione efficace è quello di tenere il tubo di ossigeno fra due dita di una mano chiusa a coppa sul volto del neonato 2. Nei bambini particolarmente spaventati lo stesso risultato si può ottenere inserendo il tubo dell'ossigeno nel fondo di un bicchiere colorato. Anche se spesso in emergenza non è possibile, sarebbe importante che l'ossigeno somministrato fosse umidificato e riscaldato, allo scopo di limitare il rischio di ostruzione delle basse vie aeree ad opera di secrezioni rese più vischiose dal gas secco.

- **MODALITÀ PARTICOLARI DI SOMMINISTRAZIONE** Altri efficaci sistemi di somministrazione di ossigeno ad alte concentrazioni sono rappresentati dall'erogazione del gas a flusso libero attraverso un pallone da anestesia o un pallone autoespansibile munito di reservoir chiuso;

1. **Pallone da anestesia:** è necessario somministrare il gas ad un flusso di 5 lt/min. nel neonato e di almeno 8 lt/min nell'adulto, avendo cura, nel primo caso, di tenere la maschera appoggiata leggermente al volto del neonato, in modo da consentire il deflusso dei gas espirati sotto il bordo della maschera. E' essenziale che il pallone non sia gonfio e occorre evitare che si gonfi durante la somministrazione, perché ciò genererebbe una pressione positiva che verrebbe trasmessa ai polmoni del paziente.

2. **Pallone autoespansibile:** in questo caso la somministrazione di ossigeno a flusso libero è possibile solo se il pallone è munito di un reservoir chiuso. Attraverso questo, infatti, l'ossigeno può acquistare la pressione necessaria a forzare la valvola di assemblaggio del pallone e raggiungere il volto del paziente, sul quale la maschera va sempre appoggiata leggermente. Un pallone non fornito di reservoir chiuso non è invece utilizzabile per ossigenoterapia a flusso libero, in quanto in esso il flusso di ossigeno non riesce ad aprire la valvola unidirezionale.

- **INTOSSICAZIONE DA MONOSSIDO DI CARBONIO** L'affinità di questo gas per l'emoglobina è molto superiore a quella dell'ossigeno. Di conseguenza in caso di intossicazione da CO l'O₂ dovrà essere somministrato ad alta concentrazione (100% alla fonte con maschera semplice o, meglio, maschera con reservoir di tipo unidirezionale e flussi superiori agli 8lt/min) poiché sono queste le condizioni alle quali l'ossigeno somministrato è in grado di spostare l'ossido di carbonio dal suo legame con l'emoglobina, riducendo del 75% l'emivita della carbossiemoglobina.

Controindicazioni

Il paraquat trasforma l'ossigeno in radicali liberi, quindi in un substrato del veleno per cui nel caso di una intossicazione di tale natura la somministrazione di ossigeno è controindicata se non in presenza di segni di grave ipossia. Analogamente alcuni farmaci, come la bleomicina e la doxorubicina, e gas quali l'ozono e il biossido di azoto sono in grado di aumentare lo sviluppo di radicali liberi dall'ossigeno, per cui in presenza delle suddette sostanze la somministrazione di ossigeno va riservata ai casi di grave ipossiemia. 20

10.9 Effetti collaterali e danni da ossigeno

Degli inconvenienti legati all'uso dei singoli sistemi di somministrazione abbiamo già detto (vedi sopra); in questo paragrafo prenderemo in considerazione gli effetti collaterali propriamente detti attribuibili alla ossigenoterapia in sé.

Elevate concentrazioni di O₂ possono aggravare la patologia di base provocando la perdita di cellule alveolari di tipo I, una riduzione del trasporto muco-ciliare e una flogosi della trachea. Indipendentemente dal mezzo di somministrazione, l'ossigeno non umidificato ad alti flussi può provocare:

- secchezza delle mucose
- maggior viscosità delle secrezioni
- ridotta clearance mucociliare
- Nei lattanti la somministrazione di concentrazioni superiori al 40% per oltre 20 minuti può provocare fibroplasia retrolenticolare con conseguenti gravi danni alla funzione visiva

L'ossigenoterapia può inoltre provocare:

- ipoventilazione: nei pazienti portatori di BPCO (vedi sopra)
- atelettasia: questa è provocata dallo spiazzamento dell'azoto all'interno degli alveoli ad opera dell'ossigeno che vi giunge in concentrazione maggiore; l'azoto, in condizioni di equilibrio, garantisce la permanente apertura degli alveoli; nelle zone in cui la ventilazione è ridotta l'ossigeno viene riassorbito rapidamente dal sangue, non riuscendo a mantenere una adeguata pressione endoalveolare, motivo per cui gli alveoli di questi settori tendono a collassare.
- tossicità da ossigeno si tratta di danni tissutali che possono verificarsi nel caso di esposizione dei pazienti ad elevate concentrazioni di O₂ per lunghi periodi (ore). Sono causati dai radicali liberi prodotti dai processi riduttivi dell'ossigeno (superossido, perossido, idrossile), che provocano perossidazione lipidica, ossidazione dei gruppi sulfidrilici delle proteine e ossidazione di acidi nucleici. Queste alterazioni biochimiche esitano in danni alle

membrane cellulari, inattivazione degli enzimi e necrosi cellulare, che sono più gravi a carico della membrana alveolo-capillare, dove a concentrazioni fra il 60% e l'80% l'O₂ provoca atelettasie (vedi sopra), edema, emorragie alveolari, depositi di fibrina e formazioni di membrane ialine sulla membrana alveolare. Alla sospensione della somministrazione segue la proliferazione di fibroblasti e di cellule alveolari di tipo II. Alcune sostanze, dette "scavengers" proteggono i tessuti dai suddetti danni: il glutathione ridotto, la superossidodismutasi e catalasi, l'acido ascorbico (vit.C), la cisteina e il tocoferolo (vit.E); lo sviluppo delle lesioni, per converso, può essere favorito da condizioni metaboliche sfavorevoli: il deficit di vitamine e oligoelementi e tutte le condizioni che tendono ad elevare il metabolismo. Nonostante quasi tutte le lesioni descritte siano più probabili in caso di trattamenti prolungati con ossigeno, si richiama l'attenzione sul fatto che il servizio di emergenza territoriale va estendendo la sua presenza in territori sempre più vasti e lontani dai presidi ospedalieri e in queste condizioni anche l'ossigenoterapia condotta in ambulanza assume i caratteri di una somministrazione di un certo rilievo anche sotto il profilo della durata. Oltre a ciò non va trascurata la considerazione che l'ossigeno che viene somministrato ad un paziente in ambulanza è soltanto la prima dose di un trattamento che si protrae nelle ore successive al ricovero in ospedale, ragion per cui gli elementi di rischio sopra descritti non vanno comunque sottovalutati.

10.10 Monitoraggio

segni clinici di ipossia

Segni Respiratori.

Dispnea e tachipnea (fino a 40 atti/minuto) rappresentano i principali segni respiratori di un'ipossia, cui possono aggiungersi segni di sforzo respiratorio, come contrazione dei muscoli accessori, tirage, rientro degli spazi intercostali e, nei bambini, alitamento delle pinne nasali. Non vanno dimenticati i reperti ascoltatori del torace, che possono orientare anche sulle cause di un'ipossia: crepitazioni e rantoli, sibili o, al contrario, riduzione o scomparsa del murmure vescicolare

Segni Cutanei.

La cianosi rappresenta il segno più tipico di ipossiemia, in quanto compare quando l'emoglobina ridotta raggiunge i 5g/100ml di sangue. Non compare, però, in caso di grave

anemia ($Hb < 5g/100ml$), per cui nei pazienti che manifestino i segni di una importante insufficienza circolatoria non si può assumere l'assenza di cianosi quale indice di buona ossigenazione del paziente. Se coesiste una grave ipercapnia, la vasodilatazione periferica che ne consegue provoca sudorazione profusa, che distingue la cianosi "calda" dell'insufficienza respiratoria da quella "fredda" dello shock.

Segni cardiocircolatori:

in corso di ipossiemia acuta si hanno tachicardia, ipertensione arteriosa sistemica e polmonare, vasocostrizione periferica e viscerale e vasodilatazione coronarica e cerebrale.

Segni Neurologici.

Assomigliano a quelli riscontrabili in corso di etilismo acuto: euforia, irritabilità, aggressività, agitazione psico-motoria, oppure stato confusionale, obnubilamento, sonnolenza, che possono anche sfociare in uno stato di coma profondo, con miosi bilaterale e senza segni di lato. Di tali alterazioni, non si sa con precisione quali siano dovute all'ipossiemia in sé oppure all'ipercapnia, alla poliglobulia secondaria, alle turbe elettrolitiche o alle modificazioni del circolo cerebrale, per cui il termine di carbonarcosi è oggi sostituito da quello, più generico, di encefalopatia respiratoria.

10.11 Monitoraggio strumentale

L'ossimetria pulsatile rappresenta, in emergenza, il metodo più attendibile di rilevazione dello stato di ossigenazione di un paziente. Attraverso lettori che vanno posizionati su un dito o sul lobo di un orecchio i pulsiossimetri sono in grado di rilevare il grado di saturazione in ossigeno dell'emoglobina disponibile.

A) Principio fisico.

Gli ossimetri pulsatili sono dotati di due LED e di un fotolettore mediante i quali misurano il differente grado di assorbimento della luce rossa e infrarossa da parte dell'emoglobina ossidata (sangue arterioso) e dell'emoglobina ridotta (sangue venoso); i fasci di luce delle due lunghezze d'onda vengono inviati con una frequenza di 3000/secondo dai LED, che si trovano su un lato della sonda, al fotolettore, posto sul lato opposto; attraversano quindi i tessuti molli e i vasi sanguigni in essi contenuti, misurando il differente grado di

assorbimento della luce in presenza e in assenza di un flusso pulsatile, del quale viene anche rilevata la frequenza.

B) Attendibilità.

Questo metodo di misurazione della saturazione in ossigeno del sangue periferico è, per quanto attiene il solo ossigeno, molto più attendibile dell'emogasanalisi per diversi motivi: • si tratta di un metodo non invasivo di rilevazione il che, specialmente nei soggetti emotivamente più sensibili (come ad esempio i bambini), elimina eventuali alterazioni specificamente attribuibili allo stress legato al prelievo arterioso.

- l'emogasanalisi calcola la saturazione dell'emoglobina estrapolandola dalla pressione parziale dell'ossigeno nel sangue arterioso, sulla base di una curva di dissociazione standard, senza considerarne gli eventuali spostamenti a destra o a sinistra; la pulsiossimetria, al contrario, rileva l'effettiva saturazione funzionale dell'emoglobina, anche nelle condizioni che determinano tali spostamenti (vedi sopra).

C) Limiti.

- Legati alle condizioni circolatorie.

Con i normali sensori adattabili alle dita una corretta misurazione della saturazione ematica in ossigeno richiede un flusso pulsatile valido; in condizioni di vasocostrizione periferica, pertanto, la rilevazione risulta spesso impossibile. Molto più agevole risulta il monitoraggio effettuato mediante sonda nasale: questo trasduttore, studiato per essere applicato sulla superficie anteriore del setto nasale, rileva il flusso pulsatile a livello dell'arteria etmoidale che, essendo ramo diretto dell'arteria carotide interna, riceve un flusso "leggibile" anche in condizioni circolatorie precarie, al punto che tale tecnica viene da più d'uno ipotizzata quale possibile indicatore dell'efficacia delle compressioni toraciche esterne in corso di RCP.

Legati al principio di rilevamento.

La misurazione della sola saturazione in ossigeno dell'emoglobina disponibile non fornisce alcuna informazione circa:

⇒ la quantità di CO₂ presente nel sangue ⇒ la presenza di emoglobine anomale (metaemoglobina, emoglobina fetale) ⇒ la quantità di monossido di carbonio, la cui

presenza anzi è in grado di alterare la lettura della saturazione in ragione dell'1% per ogni dieci percentili di CO. Quest'ultimo infatti sposta a sinistra la curva di dissociazione dell'emoglobina, la quale viene saturata molto più in fretta anche da concentrazioni di ossigeno inferiori. Un altro strumento: il CO-ossimetro, è in grado di rilevare anche la presenza di CO nel sangue.

Legati alla tecnica di lettura.

Non costituisce causa di errata lettura della saturazione la presenza di una pigmentazione cutanea, quale l'ittero o la pelle di colore scuro, in quanto trattasi di un elemento cromatico non luminoso costante nel tempo e che non limita la trasparenza dei tessuti molli che la luce attraversa; misurando il pulsiossimetro soltanto una variazione di assorbimento della luce, non tiene conto di tali componenti costanti.

La presenza di smalto per unghie è invece un impedimento, che rende opaca la superficie destinata ad essere attraversata dalla luce. In tal caso occorre pulire l'unghia o posizionare il trasduttore latero-lateralmente sul dito, tenendo però presente la possibile deviazione dei fasci luminosi, che possono attraversare i tessuti molli senza colpire i vasi; in tal caso la saturazione risulterebbe alterata (impropriamente bassa).

Le interferenze luminose rappresentano un altro limite tecnico della metodica; naturali o artificiali, le radiazioni luminose intense possono mascherare il segnale proveniente dai LED e rendere inattendibile la misurazione, e la frequenza di certe lampade fluorescenti (10.000Hz), molto superiore a quella di esercizio del pulsiossimetro (3.000Hz), può interferire con la lettura ottica, alterando la misurazione della saturazione, ma anche creando onde pulsatili fittizie, risultanti dall'intersezione fra le due forme d'onda, che esitano in un'errata lettura della frequenza cardiaca.

Il movimento dell'arto su cui è applicato il trasduttore, infine, può anch'esso condurre a errori di lettura nella misurazione della saturazione ematica

Appare ormai chiaro che l'ossigeno non è, e non può più essere considerato, un ausilio sanitario del tutto innocuo da utilizzare a qualsiasi titolo e con criteri casuali di somministrazione. Vorremmo richiamare nuovamente l'attenzione sul fatto che neanche gli operatori dei servizi di emergenza territoriale, a motivo della brevità dei loro interventi, sono

ormai autorizzati a misconoscere i rischi derivanti da un uso improprio di questo gas, e questo per i motivi già enunciati:

1. l'emergenza territoriale va estendendo la sua presenza in territori sempre più lontani dai presidi ospedalieri e i protocolli di centralizzazione dei pazienti critici impongono già oggi percorrenze ben più lunghe di quelle necessarie per raggiungere il pronto soccorso più vicino; i "tempi brevi" del soccorso, dunque, sopravvivono solo in territorio urbano, mentre negli altri contesti vanno cedendo il passo a tempi sempre più protratti. Per i professionisti del soccorso è dunque prevedibile, nel prossimo futuro, un impegno sempre maggiore, sia in termini di tempo che di accuratezza degli interventi, fuori dalle mura ospedaliere.

2. l'ossigenoterapia praticata in ambulanza non può essere considerata fine a se stessa né tanto meno un episodio isolato: giunto in ospedale il paziente, a meno che non sia totalmente guarito grazie al semplice trasporto, continuerà a ricevere un supporto respiratorio, e i tempi di somministrazione della prima fase si sommeranno quindi a quelli intraospedalieri, rendendo molto concreta la possibilità di seri danni in caso di incongrue somministrazioni. Sarebbe anzi auspicabile che quanto prima il personale sanitario assumesse l'abitudine di segnalare, nei reports di missione, non più la sola ossigenoterapia, ma anche le modalità e i dosaggi con cui questa è stata condotta.

Nessun provvedimento, specie se adottato in emergenza, è privo di conseguenze e la conoscenza puntuale degli effetti di ciascun nostro atto terapeutico non può far altro che rendere sempre più efficace l'azione dei servizi di emergenza sul territorio.

AEROSOLTERAPIA

L'aerosolterapia consiste nel nebulizzare un farmaco per via inalatoria in modo da consentirne la sua deposizione nell'apparato respiratorio. Il farmaco, trasformato in stato di sol (forma fisica intermedia fra lo stato liquido e gassoso) è una sospensione nell'aria di particelle che hanno dimensioni comprese tra qualche decimo di micron e qualche micron (Un micron è circa la centesima parte del metro, e corrisponde al diametro di un capello). In questa forma il farmaco penetra nell'apparato respiratorio, si disperde e si deposita ovunque, anche nei punti più piccoli e difficili da raggiungere come gli alveoli polmonari. Più piccole sono le particelle di sol, maggiore è la loro penetrazione nell'apparato respiratorio e maggiore è l'efficacia terapeutica della cura per le vie aeree inferiori (asma, bronchiti, polmoniti).

Generalmente le ampole possono essere inclinate (non oltre il 75%) senza comportare perdita di farmaco erogato, sono sufficienti 6 litri di Ossigeno per ottenere una efficace nebulizzazione e questo comporta un aumento della concentrazione di ossigeno erogato di circa il 35%.

SALBUTAMOLO (BRONCOVALEAS) SOL. 5MG/ML; 1 ML=20GTT	IPATROPIO BROMURO (A TEM) 1 FL.NE 2 ML= 0,5 MG	BECLOMETASONE (CLENIL) 1 FL= 0,8 MG/2ML
ca aritmie, ipokaliemi ipertiroidismo, feocromocitoma, gravidanza, pz anziani.	i Co ale	Caratteristiche : Steroidi inalatori
Caratteristiche	) in	Caratteristiche : Steroidi inalatori
: Broncodilatatore	Controindicazioni/Precauzioni	Indicazioni
Indicazioni	d'impiego: ipersensibilità al	Terapeutiche:
Terapeutiche: Broncospasmo	farmaco, glaucoma, ipertrofia pr	Adiuvante nei casi
Dosaggio	ostatica, ritenzione acuta	Indicazioni
: 2,5-5 mg in aerosol	d'urine, occlusione	Terapeutiche:
	intestinale, gravidanza,	Adiuvante nei casi
Richiamo	allattamento.	di Broncospasmo e
: 2,5mg ogni 15-20'	Caratteristiche	aumento delle
Controindicazioni/Precauzioni	: Inibitor linergici, inibisce i riflessi	secrezioni
d'impiego: ipersensibilità	vagali (broncospasmo e aumento	di Broncospasmo e
al farmaco, cautela in caso di	delle secrezioni). Il tono vag può	aumento delle
rdiopia ischemica,	essere aumentato in più del 50%	secrezioni
ipertensione arteriosa, a,	dei pz con BPCO.	Dosaggio
Diabete Mellito, epilessia,	Indicazioni	: 1 fl.ne (0,8 mg) in
	Broncospasmo,	aerosol
	Terapeutiche: aumento	

	secrezioni (Asma Bronchiale, BPCO)	Dosaggio
		: 1 fl.ne (0,8 mg) in aerosol
	Dosaggio	
	: 0,5 mg (1 fl.ne aerosol	Richiamo
		: metà della dose iniziale dopo 30'
	Richiamo	
	: 1 fl.ne ogni 2/3 ore	Richiamo
		: metà della dose iniziale dopo 30'
		Controindicazioni/Pr
		ipersensibilità al farmaco, glaucom
		Precauzioni
		controindicazioni: asma, TBC
		Precauzioni
		controindicazioni: asma, TBC
		polmonare, infezioni , immunosop
		pressione.
		pressione.
In pratica : 10 gtt Salbutamolo + 1 fl Ipratropio Bromuro + 1 fl Beclometasone + 2-3 ml Soluzione Fisiologica.		

10.12 La gestione delle vie aeree nell'emergenza extraospedaliera

Introduzione nell'ottica di un ottimale trattamento del paziente critico in ambito extraospedaliero, il mantenimento della pervietà delle vie aeree è il primo passo.

L'obiettivo di questo corso è l'analisi delle tecniche e delle attrezzature a disposizione di équipes ALS per la gestione ottimale della pervietà delle vie aeree in ambito extraospedaliero, con una particolare sottolineatura del razionale, dei limiti e dei vantaggi delle tecniche e delle procedure analizzate.

Per misurare l'efficacia e l'efficienza degli interventi effettuati assume particolare rilevanza la definizione di standard di riferimento e la definizione di indicatori che consentano analisi precise e la programmazione di interventi correttivi (verifica protocolli, percorsi formativi, adeguamento delle attrezzature). Verranno pertanto proposti alcuni standard ed alcuni indicatori relativi alla gestione delle vie aeree nell'emergenza extraospedaliera.

Obiettivi

- Razionale della pervietà delle vie aeree
- Tecniche ed attrezzature per la gestione delle vie aeree (vantaggi, rischi, complicanze)
- Definizione di standard ed indicatori per la gestione delle vie aeree in emergenza

L'intubazione tracheale rappresenta il gold standard per ottenere e mantenere la pervietà delle vie aeree ed essa verrà particolarmente stressata in questo corso. E' evidente che la capacità operativa nell'esecuzione di questa manovra non può essere ottenuta solamente con una illustrazione teorica e con prove sul manichino. E' però necessario che l'operatore possieda un preciso razionale e conosca gli elementi fondamentali per l'esecuzione della stessa (attrezzature, fasi della procedura, punti di repere, ecc.). Fondamentale diventa l'esecuzione della stessa in sala operatoria (condizioni ideali) prima di passare alla esecuzione sulla strada.

Il timore di eseguire manovre invasive deve essere superato dall'esistenza di condizioni di necessità. Di fronte ad un paziente critico, con compromissione delle funzioni vitali, non si deve indugiare nell'intervenire "aggressivamente". Gran parte dei timori sono fugati dalla conoscenza delle manovre e delle procedure che vengono eseguite e sicuramente

l'esperienza, che va costruita, aiuta a ridurre paure e titubanze. Non solo: la conoscenza delle complicanze che possono essere provocate dalle manovre è essenziale per poterle riconoscere rapidamente ed operare di conseguenza.

I timori delle manovre invasive devono essere superati dalla condizione di necessità

- Conoscenza delle procedure e delle manovre
- Esperienza nell'esecuzione delle procedure Conoscenza delle complicanze e relativo trattamento
- Trattamento del paziente critico

L'attività di soccorso in ambito extraospedaliero porta le équipes di fronte a condizioni di reale emergenza, nelle quali il paziente, per cause diverse, presenta una compromissione delle funzioni vitali (stato di coscienza, attività respiratoria, attività cardiocircolatoria).

Se le cause della compromissione delle funzioni vitali possono essere numerose, con meccanismi di rinforzo, (si innescano circoli viziosi: le vie aeree non sono pervie, il paziente non respira, il cuore si arresta) esiste un comune denominatore alla base delle conseguenze negative per il paziente critico: la insufficiente perfusione (e quindi ossigenazione) periferica. L'intervento in emergenza, strettamente tempo-dipendente, mira a ripristinare un apporto sufficiente di ossigeno a tutte le cellule.

10.13 Paziente critico

Compromissione delle funzioni vitali

Garantire la perfusione (ossigenazione) periferica

Al fine di raggiungere questo obiettivo nella maniera più razionale e nei tempi più brevi occorre definire specifiche metodologie di intervento. Indipendentemente dalla terminologia dei diversi corsi proposti assume rilevanza notevole la disponibilità di un approccio preciso e puntuale identificabile con la sequenza: ABCDE.

Ognuna delle diverse fasi prevede specifiche valutazioni ed i relativi interventi. Va rimarcato come la efficacia delle valutazioni e delle manovre sia funzione delle conoscenze, delle competenze e delle abilità manuali di coloro che intervengono.

10.14 Metodologia di intervento

ABC (DE)

Valutazione-Azione

La gestione delle vie aeree

La pervietà delle vie aeree è obiettivo prioritario del soccorso in emergenza. Essa comunque è un mezzo, non un fine: garantire la pervietà delle vie aeree significa garantire l'ossigenazione e la ventilazione del paziente; non solo: significa ottenere la miglior condizione per evitare il rischio di inalazione polmonare (con conseguente rischio elevato di lesioni polmonari e/o di infezione).

I tre pilastri della gestione delle vie aeree

- Pervietà delle vie aeree
- Garanzia dell'ossigenazione e della ventilazione
- Protezione dalla inalazione polmonare

Nello specifico, si possono considerare diverse possibilità per la ottimale gestione della vie aeree. E' essenziale che i sanitari impegnati nel soccorso extraospedaliero abbiano piena confidenza con le manovre di intubazione tracheale, per via orale in primo luogo e per via nasale, oltre alla cricotirotomia d'emergenza. Una posizione ancora da valutare in termini di efficacia e di rischi e complicità è occupata da presidi alternativi, quali la Maschera Laringea o il Tubo Laringeo o un altro presidio extraglottico (PEG).

TECNICHE ALS

Intubazione tracheale

- orotracheale

- nasotracheale

Cricotirotomia

TECNICHE ACCESSORIE

- Tubo Laringeo
- Maschera laringea
- I-GEL

L'intubazione tracheale

Questa tecnica è il gold standard della gestione delle vie aeree. E' una manovra essenziale per tutti i medici impegnati nell'emergenza (extra ed intraospedaliera) e non è una competenza specifica dell'anestesista-rianimatore. L'equazione tubo = anestesista o anestesista = tubo non ha ragione di esistere, in quanto se da un lato sminuisce la professionalità di uno specialista impegnato quotidianamente nel trattamento di pazienti critici, dall'altro non rende ragione della sua necessaria esecuzione da parte di professionisti impegnati nell'emergenza (medici dedicati all'emergenza territoriale, medici di pronto soccorso). Consapevoli dell'importanza di un controllo ottimale delle vie aeree va enfatizzato un percorso formativo mirato che metta in condizione tutti i medici che si trovano di fronte ad un paziente che lo richiede di posizionare un tubo in trachea senza ricorrere ad uno "scoop-and-run" inutile verso l'ospedale.

Intubazione orotracheale Vantaggi (gold standard)

- O2 100%
- Prevenzione della inalazione
- Aspirazione tracheale
- Ventilazione ottimale

Somministrazione di farmaci

L'intubazione tracheale:

- consente di ventilare ed ossigenare il paziente in maniera ottimale: si è detto in precedenza che la pervietà delle vie aeree è un mezzo e non il fine del trattamento di emergenza. Un tubo posizionato in trachea garantisce l'accesso diretto ai polmoni e di erogare la massima percentuale di ossigeno possibile (il 100%).
- consente di prevenire l'inalazione polmonare e di aspirare la trachea: il paziente privo di coscienza non ha riflessi di protezione e quindi è frequente che materiale

rigurgitato, sangue, secrezioni finiscano in trachea e successivamente nei polmoni, con il rischio di creare successive lesioni polmonari ed infezioni. La presenza della cuffia nel tubo consente l'isolamento delle vie aeree e quindi impedisce tale passaggio. Inoltre, il tubo consente di aspirare la trachea dal materiale eventualmente inalato (nelle fasi precedenti l'intubazione tracheale, prima dell'intervento dell'équipe ALS, durante le manovre dell'intubazione stessa, specialmente se complesse e prolungate). somministrazione di farmaci: nell'esecuzione delle manovre ACLS in caso di arresto cardiocircolatorio la somministrazione di farmaci (l'adrenalina, l'atropina e la lidocaina) è indicata negli algoritmi. Se la via preferenziale resta la via endovenosa (evita problemi di assorbimento), vi sono casi in cui tale accesso non è ottenuto in tempi rapidi. E' possibile allora ricorrere alla somministrazione di questi farmaci nel tubo tracheale, seguendo alcuni accorgimenti (dosaggio doppio rispetto alla via endovenosa, diluizione a 10 cc. con soluzione fisiologica, collegamento della siringa a sondino per aspirazione per superare l'estremità distale del tubo tracheale, somministrazione seguita da alcune ventilazioni per diffondere il farmaco nei polmoni e favorirne l'assorbimento).

Sottolineati gli evidenti vantaggi della intubazione tracheale, è necessario porsi alcune domande.

INTUBAZIONE TRACHEALE

- Quando intubare?
- Come intubare?
- Attraverso quale via?
- Con quali farmaci?
- Con quale tecnica?

Quali possono essere le complicanze ed i rischi principali?

Se può apparire banale la domanda quando intubare?, in realtà va sottolineato come esistano alcune situazioni nelle quali la risposta non è così scontata. Come intubare richiede una analisi delle tecniche a disposizione (via orale o via nasale, utilizzo di farmaci adiuvanti, tecnica). La conoscenza delle complicanze, e del loro pronto riconoscimento e trattamento, così come delle tecniche alternative richiede una dettagliata trattazione.

INTUBAZIONE TRACHEALE Problemi

- Correttezza della tecnica Posizione del paziente
- Tolleranza alla laringoscopia ed al tubo tracheale
- Trauma del rachide cervicale
- Gestione postintubazione

L'intubazione tracheale può risultare, per diversi motivi, una manovra problematica. In primis, vi è il timore da parte dell'operatore di non riuscire ad intubare il paziente. Alla base dell'insuccesso della manovra può esservi prima di tutto un deficit di tecnica (errata impugnatura della laringoscopia); una scorretta posizione del paziente (testa non sollevata, laddove vi siano traumi del rachide); un paziente reattivo (stato di coma superficiale, presenza di trisma che richiede sedazione farmacologia).

Un caso che presenta particolari problemi in relazione all'intubazione tracheale è il politraumatizzato: impossibilità di posizionare in maniera ottimale la testa, presenza del collo rigido in sede.

Quando intubare, si è detto, è di facile risposta relativamente alla situazione di un arresto cardiocircolatorio: in tutti i casi di manovre rianimatorie è necessario garantire una ottimale ossigenazione al paziente, e pertanto, nell'algoritmo ACLS di trattamento dell'arresto cardiaco l'intubazione tracheale va eseguita il prima possibile (a maggior ragione se non si è reperito un accesso venoso).

TRAUMA

Quando intubare?

- Tutti i pazienti con $GCS \leq 8$
- Tutti i pazienti gravemente ipossici: $SpO_2 < 85 - 90\%$ in O_2 (reservoir)

CONSENSUS!

Vi sono sempre più evidenze sui benefici che l'intubazione tracheale (ed ovviamente la corretta ventilazione ed ossigenazione precoce) comporta nel paziente con trauma cranico e GCS fra 9 e 12.

Quando intubare?

GCS 9 – 12

L'intubazione tracheale dei pazienti con $GCS \leq 12$ si associa ad una riduzione della mortalità

Intubazione tracheale: tecniche

Un tubo tracheale può essere posizionato attraverso la cavità orale (via orotracheale) o per via nasale (via nasotracheale). Analizziamo innanzitutto la via orotracheale.

L'operatore dovrà posizionare il tubo in trachea, facendolo passare attraverso le corde vocali visualizzate tramite il laringoscopia.

INTUBAZIONE OROTRACHEALE

Tecnica: posizionamento del tubo tracheale, attraverso la cavità orale, in trachea con la visualizzazione delle corde vocali ottenuta grazie al laringoscopia

Vediamo alcuni aspetti fondamentali della manovra.

E' necessario ossigenare sempre il paziente prima di procedere alla manovra di intubazione (preossigenazione e denitrogenazione). Non solo: durante i tentativi di intubazione prolungata l'operatore non deve mai dimenticare di ossigenare il paziente fra un tentativo e l'altro.

L'intubazione tracheale deve essere sempre preceduta dall'ossigenazione del paziente. Ossigenazione durante i tentativi di intubazione prolungati.

Il monitoraggio con il saturimetro (pulsiossimetro) è di fondamentale importanza durante i tentativi di intubazione tracheale. Va sottolineato comunque che il saturimetro ha dei limiti: il principale è la sua impossibilità di leggere in assenza di polso periferico (arresto cardiaco, ipoperfusione periferica in caso di shock ipovolemico).

Condizione indispensabile per operare correttamente è la predisposizione di tutto il materiale occorrente per l'intubazione tracheale. E' necessario avere disponibili il pallone di ventilazione ed il laringoscopia con lame di misura diversa, l'aspiratore, i farmaci occorrenti e soprattutto i tubi tracheali di diversa misura.

Le misure del tubo tracheale sono riportate in mm. di diametro (calibro) interno. Per l'adulto maschio si usano tubi di misura 7.5 – 8.5, per la femmina adulta 7.0 – 7.5, mentre per i bambini si utilizzano alcune formule empiriche come quella sotto riportata:

età (in anni) / 4 + 4

da cui, per un bambino di 6 anni: $6 / 4 + 4 = 5.5$

SCELTA DELLA MISURA DEL TUBO

Maschio adulto 7.5 – 8.5

Femmina adulta 7.0 – 7.5

Bambini $\text{Età (in anni) / 4 + 4}$ (diametro interno del tubo)

Nell'immagine sotto riportata si evidenzia la posizione corretta della lama curva del laringoscopio nel solco glosso-epiglottico, che consente di arrivare alla completa esposizione delle corde vocali e quindi alla introduzione del tubo in trachea. Il disegno riporta, con rapporti accentuati, i punti di repere per l'intubazione. In particolare vanno ricordati i pilastri tonsillari, l'ugola, il solco glosso-epiglottico e l'epiglottide.

Nelle immagini riportate in sequenza si evidenzia la corretta posizione del paziente perché l'operatore possa visualizzare nel miglior modo le corde vocali.

la visualizzazione ottimale delle corde vocali si ottiene quando l'asse orale, l'asse faringeo e l'asse laringeo sono allineati: in posizione supina i tre assi non sono allineati (figura) mentre lo diventano sollevando la testa con uno spessore (di alcuni centimetri, figura) e iperestendendo la testa (figura). E' evidente che si tratta di una posizione non compatibile per un paziente vittima di trauma. Ricordare questa figura è comunque utile in quanto può far comprendere meglio come alcune manovre complementari (es. manovra di Sellick) possono favorire la visualizzazione delle corde vocali quando tale posizione non è raggiungibile.

Per arrivare alla esposizione delle corde vocali (come rappresentata nella figura) diventa essenziale il corretto posizionamento del laringoscopio. Non solo: una delle cause più frequenti di intubazione non riuscita si può identificare in una scorretta impugnatura del laringoscopio (ad esempio, impugnare il manico in basso, vicino al punto di congiunzione con la lama, similmente al manico di una pistola, consente di dare stabilità e di direzionare in maniera ottimale la lama) o nel corretto inserimento della lama nella cavità orale (se il 383

laringoscopio viene posizionato in maniera scorretta non consente di visualizzare le corde vocali). Il laringoscopio ha lo scopo di allontanare la lingua, che deve essere caricata e spostata di lato (la lama va posizionata dal lato destro della bocca e spostata verso il centro della cavità orale, spostando la lingua verso sinistra). Nell'immagine il laringoscopio viene posizionato centralmente al cavo orale, con la punta della lama nel solco glosso-epiglottico, senza caricare l'epiglottide. In questa posizione, l'operatore solleva il laringoscopio con il polso rigido, senza fare perno sui denti (rischio di rottura di denti, potenzialmente pericoloso per una inalazione del frammento del dente rotto). In questo modo si sposta verso l'alto l'epiglottide, consentendo di visualizzare le corde vocali sottostanti.

10.15 Manovre che facilitano l'intubazione tracheale

Mandrino nel tubo tracheale

Manovra di Sellick Manovra di B.U.R.P.

Introduttore Videolaringoscopia

L'operatore può superare l'ostacolo della impossibilità di posizionare correttamente il paziente (es. traumatizzato) e di condizioni nelle quali non è comunque agevole esporre le corde vocali (paziente obeso con collo corto, paziente con glottide molto anteriorizzata).

E' consigliabile che tutti gli operatori utilizzino almeno inizialmente il tubo tracheale con il mandrino (o guida). Il tubo ha una curvatura propria che consente, con semplici accorgimenti, il corretto direzionamento verso le corde vocali. Non sempre (per motivi legati alla tecnica o per motivi legati al paziente, come la glottide anteriorizzata) la curvatura del

tubo è sufficiente; peraltro la relativa morbidezza del tubo può determinare difficoltà di corretto direccionamento. L'utilizzo di un mandrino di plastica malleabile all'interno del tubo consente di modellarne la curvatura indirizzandolo nel modo migliore. Un accorgimento importante è quello di evitare che l'estremità della guida (rigida) sporga dall'estremità del tubo in quanto potrebbe determinare danni tracheali durante il posizionamento. Per ridurre al minimo questo rischio, una volta che l'estremità distale del tubo è passata oltre le corde vocali la guida è ritirata ed il tubo fatto scorrere ulteriormente in profondità.

Molto importante è la manovra di Sellick. Consiste nella compressione verso il basso eseguita con due dita della cricoide ha un duplice significato: da un lato spinge verso il basso la laringe e quindi agevola la visualizzazione delle corde vocali e dall'altro comporta la chiusura dell'esofago e quindi riduce il rischio di rigurgito e di una successiva inalazione.

La manovra va eseguita da un collaboratore e va mantenuta fino al momento in cui il paziente sia stato intubato ed il tubo cuffiato.

I problemi della manovra di Sellick sono legati alla eventuale presenza di vomito: in questo caso occorre rimuovere la compressione in quanto si può rischiare un'eccessiva pressione endogastrica che può determinare la rottura dello stomaco. La presenza di una frattura del rachide cervicale a livello di C6 – C7 può essere considerata un problema per la esecuzione della manovra di Sellick, ma non risultano riportati casi di lesioni midollari conseguenti.

Posizionato il tubo, l'operatore rimuove il laringoscopio trattenendo il tubo con la mano destra, mentre viene cuffiato. Cosa dovrà fare l'operatore dopo che il tubo è stato cuffiato? La risposta è semplice ed è verificare il suo corretto posizionamento.

Verifica del corretto posizionamento del tubo tracheale

Passaggio del tubo tra le corde vocali Lunghezza del tubo alla bocca (21 – 23 cm.)
Osservazione dell'espansione del torace Ascoltazione del torace e dell'epigastrio

Il primo elemento che indica il corretto posizionamento del tubo è rappresentato dalla visione del passaggio del tubo attraverso le corde vocali. L'operatore che ha visualizzato bene le corde vocali guida il tubo con attenzione osservandone il passaggio dell'estremità distale in trachea.

Il tubo riporta sulla superficie esterna una scala centimetrata, che parte dall'estremità distale. Uno dei rischi che si corre è l'eccessiva profondità del tubo che finisce con il passare selettivamente in uno dei due bronchi principali. Nel paziente adulto il tubo viene inserito mediamente per una lunghezza pari a 21 – 23 cm. dalla rima orale (vi può essere una minore lunghezza in pazienti con il collo corto).

Ventilando con il pallone l'operatore osserva l'espansione del torace: un sollevamento simmetrico dei due emitoraci indica il corretto posizionamento del tubo in trachea. La successiva ascoltazione del torace consente di avere una ulteriore conferma. Va sottolineato come in ambito extra-ospedaliero le condizioni non ottimali (rumore, in particolare) possono in qualche modo ostacolare una corretta ascoltazione.

Verificato il corretto posizionamento del tubo l'operatore avrà un compito importantissimo nel fissarlo correttamente e soprattutto in maniera stabile. Tale obiettivo assume una particolare rilevanza laddove si consideri la necessità di mobilitazione del paziente in condizioni frequentemente non agevoli: la fretta e le fasi del soccorso concitate possono determinare movimenti bruschi e provocare l'estubazione accidentale del paziente.

PRECAUZIONI POSTINTUBAZIONE

Fissaggio attento del tubo tracheale (e riascoltazione) Attenzione alla mobilitazione del paziente Rischio di estubazione accidentale

Dopo aver fissato il tubo è necessario rivalutare la ventilazione e l'espansione del torace e successivamente riascoltare il torace.

Una volta che il tubo sia in sede e sia stato fissato, occorre ventilare il paziente: ciò significa impostare una corretta ventilazione e gestire un ventilatore meccanico.

OTTIMALE VENTILAZIONE

GESTIONE DEL VENTILATORE AUTOMATICO

Finora abbiamo considerato aspetti tecnici che in qualche misura possono ostacolare od impedire l'intubazione tracheale. Vi sono alcune situazioni, non dipendenti dalla tecnica, che rendono la manovra di intubazione difficoltosa e qualche volta impossibile. Il concetto di "vie aeree difficili" rende ragione di queste condizioni.

INTUBAZIONE OROTRACHEALE

Vie aeree “difficili” Difficoltà di ventilazione ed intubazione Situazione di emergenza

In linea generale per vie aeree difficili si intendono le condizioni nelle quali un medico esperto ha difficoltà a ventilare in maschera, ad intubare od entrambe le situazioni. Più dettagliatamente, riprendendo le definizioni comunemente utilizzate:

- difficoltà a ventilare in maschera:
- situazioni in cui un medico esperto non riesce a mantenere la saturazione del 90% ventilando con ossigeno al 100% in maschera facciale
- difficoltà di intubazione:
- l'intubazione tracheale che richiede diversi tentativi per il completamento intubazione fallita:
- rinuncia a proseguire nei tentativi intubazione tracheale fallita con difficoltà a ventilare il paziente

Particolarmente drammatici sono i casi in cui oltre a non riuscire ad intubare il paziente, il soccorritore non riesce nemmeno a ventilare, e quindi ossigenare, il paziente con il pallone e la maschera. In alcuni scenari complessi (es. pazienti incastrati, eventi traumatici) l'emergenza può indubbiamente peggiorare la performance dell'operatore che esegue l'intubazione.

E' quindi utile identificare alcuni criteri che possono guidare l'operatore nella previsione di una via aerea difficile.

INTUBAZIONE OROTRACHEALE

Fattori predittivi di difficoltà

- anatomici
- situazionali Difficoltà imprevedibile

Un capitolo di notevole importanza per la gestione delle vie aeree ed in particolare per il traumatizzato è rappresentato dall'utilizzo di farmaci sedativi e miorilassanti (curari) per agevolare la manovra di intubazione. Il paziente che ha ancora una certa reattività si oppone al posizionamento del laringoscopio.

INTUBAZIONE OROTRACHEALE

Il paziente reattivo non tollera la laringoscopia e si oppone alla manovra

La tollerabilità della manovra si traduce in sicurezza per il paziente perché significa che l'operatore troverà meno difficoltà ad eseguire l'intubazione e quindi si ridurranno i rischi di desaturazione e di danni ipossici.

OBIETTIVI DELLA SOMMINISTRAZIONE DEI FARMACI

- Tolleranza della manovra
- Attenuazione della risposta cardiovascolare
- Riduzione dell'aumento della pressione endocranica
- Agevolazione della manovra
- Sicurezza del paziente

L'intolleranza alla manovra determina risposte emodinamiche che in qualche misura possono essere causa di danni, in particolare risposta ipertensiva con ripercussione sulla pressione endocranica.

I farmaci utilizzabili per l'intubazione tracheale, come peraltro tutti i farmaci, offrono vantaggi e ed effetti indesiderati. Il farmaco ideale non esiste anche se si possono individuare alcune caratteristiche: rapido on-set breve durata di azione stabilità emodinamica non alterazioni dell'emodinamica cerebrale ridotta depressione respiratoria

Nella realtà operativa i farmaci utilizzabili possono essere diversi, con caratteristiche specifiche ed indicazioni che variano in rapporto alle condizioni del paziente.

FARMACI ADIUVANTI L'INTUBAZIONE

- Benzodiazepine
- diazepam
- midazolam
- Fentanyl
- Barbiturico (TPS)
- Ketamina
- Propofol

I farmaci sedativo-ipnotici hanno effetti cardiovascolari e respiratori, di entità variabile: la perdita di coscienza che determinano può essere alla base della occlusione delle vie aeree.

Il tiopentale (TPS), barbiturico a breve durata di azione, determina una marcata depressione respiratoria e cardiocircolatoria, con ipotensione da pooling venoso: è evidente la controindicazione nel paziente ipovolemico, nel quale può determinare ipotensioni accentuate e brutali. Trova indicazione nel paziente con trauma cranico puro e buona stabilità emodinamica.

La ketamina determina una rapida perdita di coscienza. Pur avendo in qualche misura una azione di depressione miocardica diretta, la stimolazione centrale ed il rilascio di catecolamine che determina comportano un effetto finale di stimolazione cardiovascolare che ne determina l'indicazione in pazienti in stato di shock ipovolemico.

Tra le benzodiazepine il midazolam garantisce una relativa stabilità cardiovascolare.

Per ridurre l'aumento della pressione endocranica in caso di trauma cranico viene indicato l'uso della lidocaina (1.5 mg./Kg.), con riduzione della risposta ipertensiva arteriosa.

Un capitolo rilevante e controverso è rappresentato dai farmaci miorilassanti (curari). In linea teorica essi rappresentano il farmaco ideale per l'intubazione in quanto determinano la completa immobilità del paziente ed il rilassamento muscolare che agevola l'intubazione tracheale.

Una intubazione tracheale eseguita senza miorilassanti può causare tosse e vomito nel paziente con riflessi faringei: questo può determinare aumento della pressione endocranica, da evitare nel traumatizzato cranico.

I MIORILASSANTI

- Succinilcolina
- Vecuronio
- Rocuronio
- Atracurium

E' evidente l'effetto indesiderato del miorilassante: la paralisi muscolare causa l'arresto respiratorio e pertanto in caso di impossibilità di ventilare il paziente si rischiano danni ipossici gravi.

Possono individuare alcuni criteri che rendono ottimale la scelta dei farmaci adiuvanti l'intubazione tracheale.

SCELTA DEI FARMACI ADIUVANTI

- Stato emodinamico
- Tempo a disposizione
- Esperienza del sanitario

Innanzitutto deve essere considerato lo stato emodinamico del paziente, particolarmente se si tratta di un traumatizzato. La maggior parte dei farmaci sedativi, soprattutto se somministrati in bolo ed a dosaggio pieno, possono causare ipotensione anche severa. E' più indicata in queste circostanze una somministrazione in boli refratti. Si ricorda come la ketamina offra il vantaggio di garantire una stabilità emodinamica rilevante, di particolare importanza soprattutto nel caso di pazienti ipotesici e con trauma cranico.

Il tempo a disposizione è altrettanto importante, nel senso che laddove sia possibile garantire una buona ossigenazione del paziente attraverso una ventilazione con pallone e maschera, in un paziente con stato emodinamico soddisfacente (valori di pressione sistolica superiore a 90 mmHg. nel traumatizzato) è possibile per l'operatore somministrare farmaci con maggiore tranquillità, titolandoli in relazione all'effetto.

L'esperienza dell'operatore che esegue l'intubazione è fondamentale in particolare riguardo alla somministrazione di curari. La somministrazione del miorilassante prima di eseguire l'intubazione senza aver visualizzato preventivamente le corde vocali, richiede una notevole esperienza nella manovra ed una attenta valutazione dei criteri predittivi per l'intubazione difficile.

- I dosaggi dei farmaci adiuvanti l'intubazione sono riportati di seguito:
- Dosaggi farmaci adiuvanti l'intubazione
- Midazolam 0.1 – 0.3 mg./Kg.
- Fentanyl 1 - 2 mcg.(γ)/Kg.

- Tiopentale 2 - 5 mg./Kg.
- Ketamina 2 mg./Kg.
- Propofol 1 - 2 mg./Kg.

Intubazione nasotracheale

Il tubo tracheale può essere posizionato attraverso il naso. Generalmente richiede che il paziente respiri ed è indicata nelle condizioni in cui la cavità orale non è accessibile per l'intubazione orotracheale (problemi anatomici, traumi, trisma).

Le controindicazioni dell'intubazione nasotracheale possono essere individuate nell'apnea, nelle fratture facciali e nasali severe, nelle condizioni di alterata coagulazione, di trauma cranico con sospetto di frattura della base cranica.

Di solito si utilizza un tubo tracheale di calibro inferiore rispetto al tubo utilizzato per via orale (in genere di 1 mm.).

L'intubazione nasotracheale alla cieca, ovvero senza visualizzazione delle corde vocali con il laringoscopio, è quella più comunemente utilizzata in caso di emergenza. Può essere eseguita nel paziente seduto o supino. La posizione ottimale della testa del paziente è la stessa dell'intubazione orotracheale (con le medesime precauzioni in caso di trauma del rachide cervicale).

E' indicato l'utilizzo di tubi tracheali nasali in quanto hanno curvatura maggiore che consente un miglior direzionamento dello stesso verso la glottide. Il tubo, lubrificato nell'estremità distale, viene

fatto passare attraverso una narice. L'operatore ascolta e sente il flusso di aria attraverso il tubo che fa avanzare delicatamente. L'approssimarsi del tubo alle corde vocali si traduce in un flusso di maggiore entità. La manovra di Sellick può agevolare il passaggio del tubo, abbassando la glottide.

In ogni caso l'operatore dovrà valutare con le modalità già esposte il corretto posizionamento del tubo tracheale. Verificato questo il tubo viene fissato in maniera stabile.

Tra le complicanze della manovra si può ricordare come, con una certa frequenza, si provochi un'epistassi, in alcuni casi anche molto rilevante: peraltro il sangue che cola nella cavità orale può finire con l'ostruire le vie aeree.

La via nasotracheale richiede un tempo di esecuzione maggiore rispetto alla via orale e quindi in caso di emergenza extraospedaliera trova una indicazione limitata.

Complicanze dell'intubazione tracheale

La conoscenza della tecnica dell'intubazione tracheale e degli accorgimenti che possono favorirne l'esecuzione consente all'operatore di ottenere la massima efficacia e di ridurre al minimo i rischi e le complicanze.

In relazione alle difficoltà in cui si opera è comunque sempre possibile prevedere una certa frequenza di complicanze, tra le quali alcune meritano una considerazione particolare.

La condizione più temibile e più pericolosa per il paziente è rappresentata dal fallimento della manovra, dalla impossibilità di eseguire l'intubazione. Quale strategia andrà adottata in questo caso?

INTUBAZIONE NON RIUSCITA

- Ventilazione ed ossigenazione in maschera
- Tecniche alternative (PEG)
- Cricotirotomia
- Rapido ricovero in pronto soccorso (Pallone+Maschera+Guedel e/o Cannula RF)

In primo luogo l'operatore dovrà garantire la ventilazione e l'ossigenazione del paziente con pallone (reservoir ed O₂ ad alti flussi) e maschera. Nell'ipotesi migliore riuscirà a garantire una sufficiente ossigenazione, con il rischio comunque rilevante (specialmente se si determina una insufflazione dello stomaco) di rigurgito ed inalazione successiva. Laddove con questa tecnica non sia possibile ossigenare sufficientemente il paziente né ventilarlo è necessario fare ricorso a tecniche alternative, in primo luogo la cricotirotomia.

Il rapido trasporto al pronto soccorso non deve essere visto come una fuga, ma come un utile intervento nell'ambito di una gestione razionale di questa problematica. E' chiaro che

in questo caso sarà compito del medico allertare il pronto soccorso ed in particolare richiedere la presenza di un anestesista all'arrivo del paziente.

Un'altra complicanza temibile è rappresentata dall'intubazione esofagea, ovvero dal posizionamento del tubo in esofago anziché in trachea. Errori di tecnica e condizioni difficili di visualizzazione della glottide sono i responsabili.

INTUBAZIONE ESOFAGEA

- Pronto riconoscimento
- Laringoscopia diretta
- Rimozione del tubo in esofago con manovra di Sellick
- Nuova manovra di intubazione

Il primo compito dell'operatore risiede nel pronto riconoscimento dell'intubazione esofagea (attraverso un controllo della espansione del torace e l'ascoltazione). Può sembrare semplice riconoscere questo ma in realtà vi sono condizioni in cui per la scarsa espansibilità del torace e per la difficile ascoltazione del murmure vescicolare (es. paziente BPCO) unitamente alla rumorosità ambientale l'operatore non ha la certezza di un corretto posizionamento del tubo in trachea. L'ascoltazione dell'epigastrio è sempre di fondamentale importanza.

Avendo una buona conoscenza dei punti di repere, l'operatore ricorre alla laringoscopia diretta per osservare la posizione del tubo. Verificato il malposizionamento sarà necessario procedere alla rimozione del tubo. In questo caso occorre eseguire la manovra di Sellick per evitare un rigurgito del materiale gastrico, reso più probabile dalle insufflazioni di aria (attraverso il tubo malposizionato) nello stomaco.

Successivamente andrà ritentata la manovra di intubazione tracheale, sempre ricordando la priorità della ossigenazione del paziente.

Altra complicanza da considerare, frequente ma meno pericolosa della precedente è rappresentata dall'intubazione selettiva di un bronco principale, in particolare del bronco destro.

Il bronco principale destro è di calibro maggiore rispetto al sinistro e si dirama dalla trachea con un angolo meno accentuato: un tubo posizionato troppo in profondità finisce quindi più spesso a destra.

Il rischio in questo caso è costituito dal fatto che la ventilazione di un polmone solo determina una maggiore pressione nelle vie aeree con conseguente barotrauma polmonare e maggiore rischio di sviluppare uno pneumotorace. Peraltro in condizioni di trauma toracico e lesioni/contusioni polmonari la ossigenazione può essere insufficiente se si ventila un solo polmone, specialmente se lesionato.

Anche in questo caso l'operatore dovrà riconoscere rapidamente la possibilità di avere intubato selettivamente un bronco, per poter rimediare rapidamente (e semplicemente).

INTUBAZIONE SELETTIVA BRONCO PRINCIPALE (DESTRO)

- Pronto riconoscimento
- Verifica della lunghezza del tubo
- Retrazione del tubo tracheale
- Rivalutazione Sospetto di pnx

L'osservazione evidenzia l'espansione con la ventilazione di un solo emitorace così come la ascoltazione del murmure solamente nello stesso.

Prima di ipotizzare la presenza di uno pneumotorace, l'operatore dovrà verificare la lunghezza del tubo dalla bocca. Non solo: il paziente può avere un collo corto e la lunghezza del tubo essere eccessiva relativamente al paziente. Il primo intervento consiste nel retractione il tubo di alcuni centimetri (sgonfiando la cuffia e rigonfiandola rapidamente dopo la retractione).

A questo punto l'operatore rivaluta la ventilazione. Se osserva una espansione bilaterale del torace e ascolta bilateralmente il murmure il problema è stato risolto. Se permane l'asimmetria del torace dovrà pensare alla presenza di uno pneumotorace e comportarsi di conseguenza.

L'intubazione tracheale nel traumatizzato

Un approfondimento particolare è richiesto dalla intubazione tracheale nel traumatizzato, in quanto richiede specifiche cautele.

La problematica principale riguarda le precauzioni da adottare per non causare un danno secondario midollare in presenza di lesione del rachide cervicale. Va considerata la presenza del collare cervicale: esso può ostacolare la manovra dell'intubazione tracheale.

In linea generale, il traumatizzato deve essere trattato secondo una precisa metodologia. Il primo punto (lettera A) è rappresentato dalla gestione delle vie aeree (valutazione della pervietà) e dalla immobilizzazione del rachide cervicale.

METODOLOGIA DI APPROCCIO AL TRAUMATIZZATO

A = Airway e rachide cervicale

B = Breathing

C = Circulation e controllo delle emorragie

D = Disability

E = Exposure

La domanda quando intubare ha già trovato una risposta. Va ora sottolineato in particolare il come intubare.

In tutti i casi in cui sia necessario intubare un traumatizzato, specialmente se in condizioni di emergenza, l'immobilizzazione del rachide cervicale, per evitare danni midollari secondari da manovre incaute (es. iperestensione della testa od iperflessione) è un imperativo.

COME INTUBARE

IMMOBILIZZARE IL RACHIDE CERVICALE!

Collare cervicale in sede Immobilizzazione manuale della testa durante la manovra

Immobilizzare il rachide significa posizionare il collare cervicale rigido e mantenerlo in sede durante la manovra di intubazione tracheale e immobilizzare manualmente la testa durante la stessa.

COLLARE CERVICALE CHIUSO

Posizionare laringoscopio Stabilizzazione manuale della testa

L'intubazione orotracheale eseguita con opportuna tecnica appare preferibile alla manovra di intubazione nasotracheale.

Il collare cervicale va tenuto chiuso, il laringoscopio posizionato con la tecnica solita. In ogni caso è necessario che un collaboratore tenga l'immobilizzazione manuale della testa.

La presenza della parte anteriore del collare riduce l'apertura della bocca ed in qualche misura rende meno agevole il posizionamento della lama del laringoscopio. In tutti i casi di intubazione orotracheale eseguita con collare cervicale rigido in sede occorre praticare la manovra di Sellick e che il tubo sia mandrinato in quanto l'impossibilità di mettere la testa nella posizione ottimale non consente di visualizzare sempre in maniera completa la glottide.

Nell'immagine è illustrata la manovra correttamente eseguita.

Vi sono casi in cui, per la difficoltà del posizionamento del laringoscopio e/o per la ridotta apertura della bocca, l'operatore può richiedere la rimozione della parte anteriore del collare cervicale.

1. Rimozione della parte anteriore del collare cervicale
2. Apertura maggiore della bocca
3. Efficace applicazione della manovra di Sellick
4. Identificazione della membrana cricotiroidea

In questa eventualità è assolutamente necessario che venga mantenuta la stabilizzazione manuale della testa. L'obiettivo è quello di ottenere una maggiore apertura della bocca.

Nell'immagine si osserva la tecnica corretta con la parte anteriore del collare cervicale rimossa.

Va evitata la manovra che è rappresentata nella immagine successiva: con la parte anteriore del collare cervicale rimossa, nessuno tiene la stabilizzazione manuale della testa. In questo caso non vi è nessuna protezione del rachide cervicale e si possono determinare movimenti del collo durante la trazione effettuata con il laringoscopio.

Nel caso del traumatizzato va sempre usata cautela con i farmaci in relazione alla possibilità di un risentimento dello stato emodinamico.

POSSIBILE IPOVOLEMIA

- a) Sedazione
- b) Vasodilatazione
- c) Ipotensione
- d) Aggravamento danno cerebrale

L'intubazione nasotracheale può essere una alternativa all'intubazione orotracheale. Essa richiede la presenza di una attività respiratoria per indirizzare il tubo.

Diventa importante laddove non sia possibile eseguire una laringoscopia diretta, come può essere il caso di un paziente incastrato all'interno di un veicolo.

Non offre particolari vantaggi in termini di riduzione dei movimenti del rachide cervicale.

INTUBAZIONE NASOTRACHEALE

Paziente incastrato nel quale non è possibile eseguire la laringoscopia diretta Vi è rischio di contaminazione meningea ed aggravamento delle fratture basicraniche Non particolari vantaggi in termini di movimento del rachide cervicale

Inoltre aumenta il rischio di contaminazione meningea in caso di fratture della base cranica oltre al rischio di un diretto passaggio del tubo nella cavità cranica.

Obiettivi di performance

Un sistema di soccorso extraospedaliero efficace richiede che gli operatori mettano in atto, in relazione alle proprie conoscenze e competenze, le procedure e le manovre necessarie per il paziente trattato. In rapporto specificamente alla intubazione tracheale va sottolineato come sia possibile identificare alcuni standard di riferimento ai quali riportare le reali performance dei soccorritori per identificare successivamente i punti sui quali intervenire con programmi formativi mirati.

Tutti i pazienti in arresto cardiocircolatorio che richiedono un trattamento ACLS prolungato vanno intubati così come vanno intubati tutti i pazienti con $GCS \leq 8$.

In linea teorica, l'efficacia massima dell'intervento si ha con il 100% di intubazione per i pazienti nelle precedenti condizioni. L'analisi degli interventi realmente effettuati indicherà come questa percentuale non venga mai raggiunta, per motivi diversi.

E' realistico porsi degli obiettivi raggiungibili. Ad esempio, nel nostro sistema, in cui abbiamo iniziato un programma di formazione relativo alla gestione delle vie aeree in emergenza, ci siamo dati due obiettivi iniziali:

- a) intubare il 90% dei pazienti in arresto cardiocircolatorio prolungato
- b) intubare il 75% dei traumatizzati con GCS $\leq$ 8

Obiettivi per l'intubazione tracheale

- a) 90% dei pazienti in arresto cardiocircolatorio
- b) 75% dei traumatizzati con GCS $\leq$ 8

INTUBAZIONE ORO-TRACHEALE : TECNICA

1. Preparare e controllare il materiale
2. Scelta del Ø del tubo
3. Preossigenare
4. Corretto Posizionamento della testa Aspirare e rimuovere protesi dentarie (mobili)
5. Corretto uso del Laringoscopio
6. Corretto uso del Mandrino
7. eventuale Compressione Cricoidea Controllare posizione (ispezione,
8. ascultazione....)
9. Fissare il tubo
10. Ricontrollare posizione

PRESIDIO

0-6 mesi (3-6 kg)

6 mesi-3 anni (7-12 kg)

4-7 anni (13-23 kg)

8-10 anni (24-30kg)

Adulto Small

Adulto Large

Note

Lama del Laringoscopio

Retta e/o n° 0

n° 1

n° 2

n° 3

n° 3

n° 4

Tubi Endotracheali

n° 2.5-3.5 (n.c.)

n° 3.5-4.5 (n.c.)

n° 4.5-5.5 (n. e/o c.)

n° 5.5-6.5 (n. e/o c.)

n° 6-7

n° 7-8

Cuffia 5-10 cc aria

Distanza in cm dal Labbro

10

10.5-13

14-15

15-16

20-21

22-23

Mandrino

(French)

6

6

14

14

14

14

Sondino di Aspirazione (French)

8

8

10

12

12

12

TAVOLA IOT

10.16 La videolaringoscopia: l'Airtraq

Airtraq é un nuovo sistema per l'intubazione sviluppato e brevettato dal Dr. Acha. Offre una completa visione delle vie aeree durante il 100% delle laringoscopie, facilita tutte le intubazioni tracheali evitando quelle bronchiali ed esofagee (false strade) v Non è necessaria l'iperdistensione del collo v Consente di intubare il paziente anche in posizione seduta v Strumento versatile, utilizzabile in diverse applicazioni v Facile da utilizzare v Curva di apprendimento rapida e semplice v Preformato anatomicamente v Sistema ottico di qualità elevata in un canale visivo separato v Canale di guida per l'inserimento del tubo endotracheale v Provvisto di sistema antiappannamento (fino a – 15°C) v Fonte di luce (bassa temperatura) v Dispositivo monouso v Utilizzabile con qualsiasi tubo endotracheale

v Due misure (standard e piccola) v Disponibilità di una videocamera che consente di collegarsi ad un monitor esterno

ISTRUZIONI D'USO:

PREPARAZIONE

- Accendere la luce premendo l'interruttore su ON ed aspettare che l'illuminazione intermittente si interrompa
- Lubrificare il tubo ET ed inserirlo nel canale guida (laterale) di Airtraq.

POSIZIONAMENTO DI AIRTRAQ

- Introdurre Airtraq nella bocca del paziente mantenendolo sulla linea mediana e prestando attenzione a mantenere la lingua lateralmente.
- Far scivolare Airtraq attraverso l'orofaringe e la laringe
- Guardare attraverso il visore per individuare le vie aeree ed identificare le strutture circostanti.
- Proseguire con l'inserimento di Airtraq fino ad individuare l'epiglottide e le corde vocali.

INSERIMENTO DEL TUBO ET

- Far avanzare il tubo ET, spingendolo giù nel canale laterale fino al punto in cui si veda il passaggio attraverso le corde vocali.

- Verificare il posizionamento del tubo ET e la profondità di intubazione.
- Gonfiare la cuffia del tubo, collegarlo ad un circuito di ventilazione, quindi controllare il posizionamento e la perfetta ermeticità.

RIMOZIONE DI AIRTRAQ

- Separare il tubo ET da Airtraq tirando lateralmente e all'indietro.
- Assicurarsi di tenere ben saldo il tubo ET durante la fase di rimozione di Airtraq.

INTUBAZIONE IN SEQUENZA RAPIDA (ISR) : LE 8 "P"

PREPARAZIONE:

Monitor ECG, SpO₂, PAn.i., 2 a.v., materiale IT pronto e verificato

PRE-ossigenazione:

O₂ al 100% per tutti i pz. ,Assistenza a press.pos. con pallone se ipossia (sat.<90%)

PRE-trattamento Se indicato :

fentanyl 1-2 µg/Kg e/o lidocaina 1.5 mg/Kg atropina (bradi; <5anni) 0,02mg/Kg

Paralisi e Sedazione

midazolam 0.1-0.4 mg/Kg

fentanyl 5-7 µg/Kg

ketamina 1.5 mg/Kg

tiopentale 3-5 mg/Kg

propofol 1-2 mg/Kg

succinilcolina 1.5 mg/Kg

vecuronio 0.1-0.2 mg/Kg

PROTEZIONE

- Manovra di Sellick, fino a verifica posizione tubo;
- Immobilizzazione della testa/rachide se trauma

PASSARE IL TUBO

INTUBAZIONE OROTRACHEALE !!

POSIZIONE- verifica

Ascultazione (5 punti), EtCO₂, aspirazione, SpO₂

- se posizione confermata: cessare Sellick
- fissare il tubo; Riverificare posizione prevedere sedazione +/- analgesia +/- paralisi

PIANO "B"

Ambu + Sellick Maschera laringea; Tracklight Cricotirotomia con ago; ecc.

Tecniche accessorie: PEG, CANNULA R-F

L'intubazione tracheale resta il gold standard delle manovre per la gestione delle vie aeree nell'emergenza, ma vi sono situazioni nelle quali presidi e tecniche alternative possono trovare una loro collocazione.

In particolare le indicazioni per l'utilizzo dei PEG, si pongono nelle situazioni in cui non si riesce ad eseguire l'intubazione tracheale, non si riesce a mantenere una buona ventilazione (ed ossigenazione). Nella tabella viene riportato il confronto tra le diverse tecniche ed i diversi presidi:

In particolare, la maschera laringea ed il Tubo Laringeo e/o altri presidi extraglottici, che hanno già una loro collocazione nella gestione delle vie aeree difficili in sala operatoria, meritano una valutazione sul campo dell'emergenza extraospedaliera.

Maschera Laringea

TUBO LARINGEO

Caratteristiche tecniche Dispositivo extraglottico costituito da un tubo in silicone dotato di 2 cuffie collegate da un'unica linea di cuffiaggio:

- una prossimale: si gonfia alla base della lingua e chiude l'ipofaringe superiormente
- una distale: si gonfia e chiude l'esofago Quando entrambe sono gonfie la ventilazione avviene tramite due orifici situati tra le cuffie. Nella versione disponibile, è presente un canale posteriore aggiuntivo attraverso cui è possibile posizionare una sonda (max ch 16) per l'aspirazione e il drenaggio di materiale gastrico.

Disponibili diverse misure differenziate da codice colore con siringa dedicata.

Consente una ventilazione agevole (superiore rispetto al pallone autoespansibile + maschera), ed un'inserzione in genere atraumatica, può essere collegato ad un ventilatore a pressione positiva (fino a pressioni di 40 cmH₂O).

MISURA	PAZIENTE	ALTEZZA	PESO	CODICE	VOLUME	SONDINO
				COLORE	CUFFIA	GASTRICO
3	ADULTO	< 155 CM	30--60 KG	GIALLO	60	Max
	MEDIO					CH
						16
4	ADULTO	155-180 CM	60-90 KG	ROSSO	80	Max
	LARGE					CH
						16

Note tecniche

Il TL è un dispositivo di ventilazione che viene inserito tramite il cavo orale e posizionato in ipofaringe (vedi figura) ♣ Consente la ventilazione con pallone e anche con ventilatore

meccanico (fino a pressioni di ~ 40 cm. H₂O) ♣ È corredato di un canale posteriore attraverso cui è possibile l'aspirazione gastrica con sondino (fino a 16 CH di diametro) ♣ Non assicura una protezione delle vie aeree al pari del tubo endotracheale: pertanto il suo uso va limitato alle situazioni indicate ♣ Predisporre l'aspiratore con idoneo sondino d'aspirazione: è consigliato il suo utilizzo per l'aspirazione endogastica non appena verificato il corretto posizionamento e fissaggio del TL e iniziata la ventilazione

MODALITÀ DI INSERZIONE

v v v v v	
v	Cuffie sgonfie Lubrificare Impugnare a penna a livello Marker nero Aprire bocca(manovra a dita incrociate) Parte piatta su palato(La punta rastremata, morbida e atraumatica, facilita l'inserimento in esofago) In caso di difficoltà accedere verticalmente e lateralmente è possibile l'inserimento per i primi centimetri con la curvatura rivolta sul palato duro poi ruotare di 180° e far progredire il tubo. (Tecnica simile all'inserimento della cannula di Guedel)
v	
v	
v	Far scivolare il TL all'interno della cavità orale
v	
v	Posizionare la linea di marker mediana a livello dell'arcata dentaria superiore
v	
	Gonfiare con siringa
	(volume indicato sulla siringa in base al colore)
	codice

v	
	Auscultare (QUATTRO CAMPI PIU' EPIGASTRIO) Osservare resa ventilatoria Se insufficiente riposizionare il TL (spingendo in senso distale o tirando in prossimale in base al soma del paziente) Collegare IPPV
	(Pressione Max 40 cm H2O)
v v	
	direzione
v	
v	
	Inserire idonea sonda e provvedere all'aspirazione e al drenaggio del materiale gastrico (Max CH 16)
v	
	Posizionare Bite-block (FISSAGGIO e ANTIMORSO)

CANNULA RINO-FARINGEA

Nei pazienti in coma, con buona attività respiratoria conservata, da preferire alla cannula di Guedel in quanto meno riflessogena, maggiormente tollerata anche da pazienti con riflessi faringei conservati ma inadeguati a proteggere le vie aeree e conseguente minore rischio di stimolare il vomito.

CONTRINDICAZIONI RELATIVE:

In caso di segni di frattura della base cranica occorre prudenza in quanto teoricamente è possibile favorire la contaminazione delle meningi

CONTROINDICAZIONI ASSOLUTA:

Pazienti con presenza di grave trauma maxillo-facciale per cui l'impiego può comportare gravi rischi con vantaggi modesti.

INSERIMENTO:

- Scegliere la cannula rino-faringea della misura adatta al paziente
- Lubrificare la superficie esterna con gel tipo K-J o pomata anestetico-lubrificante tipo Luan
- Scegliere preferibilmente la narice dx (la maggior parte delle cannule sono fatte per essere inserite da questo lato, in modo da avere l'angolo smussato rivolto verso il setto nasale)
- Modalità proposta: inserire la cannula con la concavità verso l'esterno, procedere per 2-3 cm parallelamente al palato, quindi indirizzare, mediante la presa della parte ancora all'esterno, la punta della cannula verso la direzione caudale.

Introdurre la cannula per tutta la sua lunghezza aiutandosi con piccole oscillazioni in senso rotatorio, monitorando il mantenimento del flusso aereo.

NOTE SUL PZ PEDIATRICO

TRATTAMENTO AVANZATO DELLE VIE AEREE NEL PAZIENTE PEDIATRICO Il bambino non va considerato un "adulto in miniatura", le differenze non possono infatti riassumersi esclusivamente nelle dimensioni ridotte, ma sussistono diversità anatomiche, fisiologiche, fisiopatologiche e di patologia specifica.

Tra le principali differenze anatomiche bambino/adulto possiamo ricordare:

la lingua relativamente grande rispetto allo sviluppo dell'orofaringe, ciò può portare ad ostruzione delle vie aeree con un'aumentata difficoltà nel corso della laringoscopia diretta la glottide è in posizione più anteriorizzata e craniale l'epiglottide ha una forma ad U e si proietta posteriormente sopra la glottide per cui la visualizzazione della stessa tramite laringoscopia diretta può risultare difficoltosa (la glottide deve essere sollevata dalla punta della lama del laringoscopio) il piano delle corde vocali è più obliquo: un tubo orotracheale posizionato alla cieca può facilmente scivolare nella commessura anteriore piuttosto che in trachea il laringe è a forma di imbuto, con la parte più stretta a livello della cartilagine cricoidea (nell'adulto la forma è cilindrica) l'angolo del bronco principale dx è di 30°, risulta quindi più facile l'intubazione selettiva

Tra le differenze fisiopatologiche bambino/adulto possiamo ricordare:

minor diametro delle vie aeree che determina un'aumentata resistenza al flusso di aria le vie aeree del bambino sono molto cedevoli e poco sostenute dalle strutture circostanti, anche le pareti tracheali sono molto complianti: ogni respiro è accompagnato da una chiusura funzionale delle vie aeree le fibre muscolari di tipo I raggiungono la quantità dell'adulto solo a due anni di età, queste sono quelle deputate al movimento ripetitivo involontario (quello della respirazione) il bambino, respira prevalentemente diaframmatici il bambino, inoltre, possiede un metabolismo basale estremamente elevato con una necessità di ossigeno che va di pari passo: il consumo di O₂ è 2-3 volte quello dell'adulto.

STRIDOR: Si può distinguere in inspiratorio ed espiratorio.

1. **ESPIRATORIO:** indica un'ostruzione intratoracica delle vie aeree quali bronchiolite, asma, corpi estranei endobronchiali
2. **INSPIRATORIO:** indica un'ostruzione extratoracica delle vie aeree quali epiglottide, laringospasmo, laringotracheobronchite, corpi estranei.

LARINGOSPASMO: coinvolge lattanti e bambini piccoli con ipersensibilità laringea, è scatenato dal pianto insistente. Si risolve con O₂ terapia e tranquillizzando il piccolo.

CROUP (laringotracheobronchite): caratteristica è la tosse "abbaiante", edema della mucosa della glottide. Terapia consigliata: O₂ ed eventualmente ausilio di CPAP.

EPIGLOTTITE: esordio acuto, scialorrea, voce roca, non vi è tosse. E' un'emergenza, IOT al più presto.

La cricotirotomia nell'emergenza extraospedaliera

La cricotirotomia

Si intende una tecnica di rapido accesso alle vie aeree da applicare nel paziente NON INTUBABILE e NON VENTILABILE in rapida desaturazione.

Comprende:

1. la puntura tracheale (o cricotirotomia con ago)
2. la cricotirotomia percutanea

- diretta (Minitrach II della Portex, set di Patil della Cook, TracheoQuick della Rusch)
- secondo Seldinger (Minitrach II Seldinger della Portex)

Viene esclusa la tradizionale tecnica di tracheotomia urgente chirurgica in quanto richiede un approccio chirurgico più laborioso e non scevra da complicanze importanti se non eseguita da mani esperte.

Indicazioni

Ostruzione orofaringea secrezioni/corpi estranei/tumori edema della glottide traumi facciali con emorragie

Controindicazioni

Coagulopatie Stenosi sottoglottica Età < 12 aa

Complicanze

Perforazione parete posteriore della trachea e perforazione dell'esofago

Lesioni vascolari con emorragie

Lesioni nervose

Perforazione della tiroide

Presupposti anatomici

Visione laterale e sezione sagittale

A.

indica le misure min e max tra piano glottico e membrana cricotiroidea

B. indica il range dell'h della m. cricotiroidea

Cartilagine tiroidea

La sede elettiva per la cricotirotomia è il Legamento (membrana) cricotiroideo teso tra la cartilagine tiroide e quella cricoide della laringe

La puntura tracheale

Legamento cricotiroideo

Cartilagine cricoide

Materiale occorrente

- agocannula per uso venoso 14G (facilmente piegabili e quindi ostruibili) o set appositi con cateteri armati non piegabili (tipo l'Emergency Transtracheal Airway Catheter 15G della Cook) sistema di connessione con fonte di O₂:
- siringa da 2,5 ml senza pistone e un connettore da tubo 7,5 ID
- connettore pediatrico 3,5 ID inserito direttamente nel cono della cannula
- siringa da 10 ml senza pistone nella quale viene inserito un tubo tracheale cuffiato sistema di erogazione di O₂:
 - 1) a bassa pressione mediante va e vieni
 - 2) ad alta pressione tramite rubinetto e by-pass dell'O₂
 - 3) con jet-ventilation manuale o automatica (Manujet III della Rusch)

Procedura

Consiste nell'introduzione di un'ago-cannula 14G raccordata con una siringa con SF attraverso la membrana cricotiroidea con un angolo di 45° rispetto la cute : la comparsa di bolle nella siringa in aspirazione indica il raggiungimento dello spazio tracheale. Una volta estratto il mandrino, la cannula va fissata con un cerotto a cravatta, raccordata con il raccordo universale del tubo tracheale da 3,5 mm e attraverso esso collegato a una fonte di O₂ in modo da garantire un'adeguata ossigenazione

Cartilagine tiroidea

Cartilagine cricoide

In alternativa è possibile impiegare appositi kit con cateteri armati (tipo l'Emergency Transtracheal Airway Catheter della Cook)

La scelta di sistema di connessione con la fonte di O2 dipende dall'esperienza dell'operatore e dal tipo di erogatore di O2 a disposizione	
Come erogatori di O2, la elevata resistenza al flusso del sistema agocannula-polmoni nonché il rischio di barotraumi in presenza di ostruzioni complete superiori, sconsiglia l'impiego in emergenza di sistemi ad alta pressione tramite rubinetto (fig. A) mentre indirizza verso l'impiego di sistemi a jet- ventilation manuali con adattatori catetere-raccordo per O2 di fortuna (in fig. B e C l'uso di un catetere per aspirazione 14F tagliato di lunghezza di circa 20 cm, in fig. D con Tubo a T) e appositi (in fig. E quello della Portex) o automatici (in fig. F il Manujet III della Rusch)	fig. A fig. B e C fig. D fig. E fig. F

Limiti

possibilità che si pieghi e/o ostruisca l'agocannula (se non armata) rischi iatrogeni di barotraumi nel caso che l'ostruzione alle vie aeree superiori sia completa per la pressione che può raggiungere l'O2 nelle vie aeree inferiori

AGO DI RAVUSSIN E SISTEMA PER J-V

La cricotirotomia percutanea diretta

Minitrach II (Portex) con tecnica chirurgica

Descrizione

Procedura

1 Il paziente viene posto in posizione supina con il capo in iperestensione.

2 Si individua la membrana cricotiroidica mediante palpazione con l'indice sinistro. Si può infiltrare la zona con un pomfo di lidocaina al 2%

3 Si utilizza il bisturi con la lama rivolta verso i piedi del paziente e si esegue un'incisione mediana di 1 cm verticalmente. Tenendo la cute premuta contro la laringe durante l'estrazione si evita la perdita di allineamento tra foro cutaneo e foro di membrana.

4 Si divide l'introduttore (a coda di topo) dalla cannula e lo si fa passare attraverso l'incisione di membrana.

5 La cannula viene fatta passare sopra l'introduttore e spinta in trachea.

6 Tenendo ferma la flangia della cannula si sfilava l'introduttore.

7 Si fissano le fetucce avvolgendole attorno al collo.

8 Attraverso la cannula si può broncoaspirare.

Limiti

Non è possibile eseguire la prova di aspirazione per verificare con certezza di essere in trachea. Sconsigliata nei bambini di età < 12 aa

Patil (Cook)

Descrizione

Consiste in un catetere armato assemblato ad un dilatatore e a un mandrino interno.

Procedura

1 Dopo avere effettuato un'incisione cutanea con il bisturi in confezione in corrispondenza della membrana cricotiroidea, introdurre il catetere in trachea con la concavità rivolta verso i piedi. Una diminuzione di resistenza segnerà l'ingresso del catetere in trachea.

2 L'aspirazione di aria in una siringa da 5 cc raccordata col catetere confermerà la corretta posizione in trachea.

3 A questo punto si deve rimuovere il mandrino e avanzare il catetere unitamente al dilatatore caudale. L'aspirazione di aria confermerà la corretta posizione.

Rimuovere ora il dilatatore e aspirare ancora per confermare il posizionamento in trachea del catetere.

Limiti

Necessaria una certa manualità ed esperienza

Particolare dello “stopper”

Descrizione uso del Tracheo-Quick

Consiste in una cannula in plastica (4 mm ID per adulti, 2 mm ID pediatrico) con raccordo standard e placchetta di fissaggio, agocannula estraibile in acciaio per coniotomia ed uno stopper distanziatore

Procedura

1 Dopo avere inciso la cute in corrispondenza del legamento cricotiroideo, si inserisce attraverso l'incisione la cannula montata su una siringa tenuta costantemente in aspirazione, puntandola perpendicolarmente rispetto il piano cutaneo.

PS: alcuni autori indicano come non necessario per questo presidio il ricorso alla pre-incisione cutanea col bisturi.

2 Dopo avere verificato la corretta posizione della cannula in trachea con l'aspirazione di aria nella siringa, si completa l'introduzione inclinando la cannula di 45° rispetto al piano cutaneo, spingendola sino a quando lo stopper limitatore di progressione raggiunge la cute. a questo punto si rimuove lo stopper, si estrae il mandrino e si completa l'introduzione della cannula in plastica fino a che la placchetta di fissaggio appoggia sulla cute.

3 Si collega infine la cannula al dispositivo di ventilazione tramite il raccordo standard da 15 mm.

Limiti

Sono descritte lesioni in regione ipoglottica

La cricotirotomia per cutanea secondo Seldinger

Descrizione

Procedura

- 1 Il paziente viene posto in posizione supina con il capo in iperestensione.
- 2 Si individua la membrana cricotiroidea mediante palpazione con l'indice sinistro. Si può infiltrare la zona con un pomfo di lidocaina al 2%
- 3 Si utilizza il bisturi con la lama rivolta verso i piedi del paziente e si esegue un'incisione mediana di 1 cm verticalmente. Tenendo la cute premuta contro la laringe durante l'estrazione si evita la perdita di allineamento tra foro cutaneo e foro di membrana.
- 4 Fissare l'ago Tuohy sulla siringa. Immobilizzare la trachea ed inserire l'ago Tuohy all'interno della membrana cricotiroidea utilizzando il segno in rilievo del perno di plastica, affinché la parte smussata dell'ago stesso diriga il filo di guida verso l'estremità opposta. Nel momento in cui la membrana viene forata, si avvertirà un „cedimento“, ed il corretto posizionamento verrà confermato dall'aspirazione dell'aria in siringa.
- 5 Rimuovere la siringa ed inserire la punta flessibile del filo di guida attraverso l'ago Tuohy nella trachea..
- 6 Rimuovere l'ago, una volta che è uscito dalla pelle, mantenendo fermo il filo di guida. Non tirare mai indietro il filo di guida.
- 7 Far scivolare il dilatatore più corto e di diametro superiore sul filo di guida e farlo passare attraverso la membrana cricotiroidea, esercitando una certa pressione. Rimuovere il dilatatore dal filo di guida.
- 8 Far scivolare la cannula Mini-trach (precedentemente montata sull'introduttore curvo) sul filo di guida e introdurre la cannula stessa in trachea, esercitando una certa pressione. Il passaggio attraverso la membrana cricotiroidea può essere facilitato piegando delicatamente la cannula dell'introduttore. Se si incontra una certa resistenza, ripetere l'operazione di inserimento del dilatatore.
- 9 Togliere contemporaneamente l'introduttore ed il filo di guida, mantenendo la flangia della cannula contro la pelle.

10 I nastri forniti sono utilizzati per mantenere fissata la cannula attorno al collo.

11 Con la cannula ben fissata, far passare immediatamente in catere di aspirazione per eliminare il sangue e le secrezioni. Successivamente effettuare l'aspirazione ogni volta che è necessario.

Limiti

Tecnica più laboriosa e meno adatta all'emergenza Richiede una certa manualità e pratica

Linee-guida per la gestione preospedaliera delle vie aeree

1. INTRODUZIONE

La “continuità” del trattamento (continuity of care) del paziente critico dal luogo in cui si è verificata l'emergenza all'ospedale più idoneo per le cure definitive richiede la costruzione di un percorso diagnostico-terapeutico volto a garantire un trattamento qualificato sul luogo della scena e durante il trasporto con una specifica attenzione ad evitare un eccessivo prolungamento dei tempi di soccorso pre-ospedalieri..

L'appropriatezza del trattamento, per la complessità delle situazioni che si presentano, richiede una estesa e fattiva collaborazione multiprofessionale e multidisciplinare; d'altro canto la strategia di intervento e la qualità dei trattamenti messi in atto nella fase preospedaliera risultano fortemente condizionate da fattori quali:

- competenze cliniche del personale sanitario
- abilità (manuali) ed esperienza degli operatori
- capacità di lavoro in team (abilità non tecniche).

La revisione critica della letteratura sul soccorso in ambito preospedaliero evidenzia un'ampia variabilità organizzativa dei sistemi di emergenza (Emergency Medical Services) in Italia e nel mondo e diversi livelli di competenza ed esperienza degli operatori.

Il soccorso preospedaliero è un settore per il quale si registrano notevoli difficoltà nel reperire prove di efficacia di elevato livello in quanto assai limitati sono gli studi metodologicamente solidi. La ragione di questo è da ricercare nella complessità se non

impossibilità di disegnare studi randomizzati controllati sia per motivi organizzativi (necessità di numeri elevati di pazienti da arruolare per raggiungere una potenza dello studio sufficiente a dimostrare effetti sull'outcome) che etici (difficoltà di astenersi da manovre ritenute salvavita a favore dei pazienti che rientrino nel gruppo di controllo).

Queste considerazioni valgono in modo specifico per la gestione preospedaliera delle vie aeree.

E' stata utilizzata la definizione di vie aeree fisiologicamente difficili ad indicare l'impatto che le condizioni cliniche del paziente possono avere su una corretta gestione delle vie aeree.

Più specificatamente condizioni tempo-dipendenti (ipossia severa, instabilità emodinamica, ipoperfusione), che si ritrovano nei pazienti critici, di interventi immediati ed efficaci con una conseguente richiesta di performance da parte degli operatori che, in assenza di raccomandazioni lineari e chiare, può portare da un lato ad errori di trattamento e dispendio di tempo, dall'altro a peggiorare ulteriormente una condizione già di per sé critica.

L'ostruzione delle vie aeree a cui conseguono alterazioni della ventilazione e della ossigenazione, rappresenta una condizione presente in numerose situazioni di emergenza. Assicurare la pervietà delle vie aeree in modo definitivo è obiettivo prioritario per consentire un efficace recupero del paziente e ridurre la mortalità e le conseguenze invalidanti dell'evento patologico.

L'intubazione tracheale è considerata il gold standard per la pervietà delle vie aeree. Essa è ampiamente utilizzata nell'airway management preospedaliero, ma è da sottolineare la carenza di trials randomizzati e controllati che ne dimostrino con chiarezza l'effetto positivo sulla sopravvivenza o sull'outcome neurologico nei pazienti critici.

L'analisi di questi studi ne rivela una estrema eterogeneità e quindi la difficoltà a compararli ed a trarne indicazioni univoche: vengono infatti considerati tipologie di pazienti estremamente diversi (traumatizzati e non, con trauma cranico o senza trauma cranico, pazienti con arresto cardiaco, per fare alcuni esempi), sistemi diversi, personale con capacità ed esperienza non sovrapponibili.

D'altronde è probabilmente incompleto considerare solamente la percentuale di successo della manovra come indice di qualità dell'intervento. La lettura degli articoli evidenzia come diversi fattori che descrivono la qualità dell'intervento complessivo sul paziente si correlino

in modo più stretto all'outcome. Questo vale per l'esecuzione precoce e la qualità delle compressioni toraciche esterne e della defibrillazione in caso di arresto cardiaco improvviso, e, nel caso di pazienti traumatizzati instabili, per i ridotti tempi preospedalieri. Ma vale anche per il processo che porta alla via aerea definitiva.

Negli ultimi anni peraltro è divenuto evidente che l'intubazione tracheale rappresenta il gold standard se affidato a mani esperte e con adeguata disponibilità di presidi per far fronte alle difficoltà proprie dell'ambiente non protetto caratteristico dell'emergenza sul territorio, mentre può divenire rischiosa e non raccomandabile se eseguita da personale scarsamente competente e non adeguatamente addestrato.

Molti studi dimostrano infatti come la gestione preospedaliera delle vie aeree, caratterizzata da discutibili standard di qualità sia nelle scelte terapeutiche che nella esecuzione delle manovre, si associ a mancanza di miglioramenti dell'outcome del paziente (si ricordano a titolo esemplificativo l'intubazione orotracheale eseguita senza l'ausilio

Si intendono per patologie tempo-dipendenti le condizioni per le quali un ritardo nell'applicazione di terapie di supporto determina un peggioramento ulteriore del paziente

farmacologico, insistenti tentativi di intubazione senza modifica della tecnica di approccio e con tempi troppo lunghi sulla scena, il mancato controllo della corretta posizione del tubo tracheale). Elementi come l'ipossia durante i tentativi di intubazione tracheale, tempi più prolungati sulla scena, un uso non appropriato dei farmaci ipnoinduttori con effetto ipotensivante in pazienti già ipoperfusi, una ventilazione non adeguatamente impostata e monitorizzata successivamente al posizionamento del tubo tracheale, vanificano la efficacia della manovra di intubazione ed i benefici ad essa potenzialmente connessi.

Nella letteratura internazionale è possibile trovare linee-guida sulla gestione preospedaliera delle vie aeree, anche di recente pubblicazione oltre che linee guida sulla gestione dell'emergenza più in generale.

L'esigenza di predisporre linee guida preospedaliere italiane nasce da considerazioni riguardanti la particolare situazione del nostro paese relativamente alla composizione multiprofessionale e multidisciplinare degli equipaggi sanitari che operano nell'ambito dei sistemi EMS – 118. Sono stati presi in considerazione i seguenti elementi, con particolare attenzione all'airway management:

1. L'esistenza di una notevole eterogeneità di competenze ed esperienze all'interno della stessa categoria professionale. I medici che operano sul territorio hanno percorsi formativi anche molto diversificati, dall'anestesista-rianimatore al medico di emergenza al medico che ha seguito corsi per l'emergenza territoriale. Non di rado operano medici poco esperti o ancora in fase di formazione (specializzazione), costituendo un esempio tipico di "inverse care law" (38) ovvero medici con ridotta esperienza che si confrontano con le situazioni di maggiore difficoltà (39). Numerosa è la presenza di infermieri, che rappresentano una fascia di professionisti sanitari spesso con un ruolo prioritario nelle prime fasi dell'intervento territoriale.

2. La gestione preospedaliera delle vie aeree è un intervento di team (teamwork), nel quale il contributo competente e strutturato di ogni singolo operatore, con il coordinamento del leader è condizione indispensabile per assicurare un intervento efficace ed in tempi rapidi.

Occorre altresì sottolineare come la gestione delle vie aeree si inserisca nel contesto di un trattamento complessivo del paziente, che implica una visione di insieme di trattamenti da porre in atto simultaneamente, nella logica della metodologia ABCDE, che prevede un team che si muove in modo armonico e tempestivo. Molti effetti collaterali negativi attribuiti all'intubazione tracheale non sono legati alla manovra di per sé, ma alla qualità della procedura (durata, allungamento eccessivo dei tempi preospedalieri, episodi di desaturazione (40,41), mancato controllo della posizione del tubo etc.) ed alla gestione successiva al posizionamento del tubo (eccessiva ventilazione con ipocapnia particolarmente dannosa in caso di paziente con danno cerebrale, riduzione del ritorno venoso da pressione positiva intratoracica).

La disponibilità di indicazioni chiare rispetto alle priorità di trattamento consentono di formare in modo adeguato il team nell'affrontare le situazioni di difficoltà.

3. La semplificazione delle modalità di approccio alla gestione delle vie aeree, attraverso un algoritmo lineare e con poche varianti, consente di fornire uno strumento operativo facilmente memorizzabile e realmente utile nella fase di intervento.

4. Le linee-guida già pubblicate non considerano in modo esplicito la necessità di costruire un link pre-intraospedaliero solido. E' invece un elemento da considerare con grande attenzione la definizione di un percorso lineare tra la fase territoriale e quella dell'emergency room che tenga conto delle manovre e del timing occorso per la loro esecuzione nell'ambito

del tempo complessivo di ospedalizzazione del paziente al fine di mantenere una visione globale del trattamento e permettere l'organico svolgersi della continuity of care.

2. METODOLOGIA

Riprendendo la definizione presente nel manuale metodologico pubblicato nell'ambito del Programma Nazionale per le Linee Guida (PLNG) , le linee-guida sono “raccomandazioni di comportamento clinico, elaborate mediante un processo di revisione sistematica della letteratura e delle opinioni di esperti, con lo scopo di aiutare medici e pazienti a decidere le modalità assistenziali più appropriate in specifiche situazioni cliniche”.

Il lavoro presentato fornisce raccomandazioni al personale sanitario (medici ed infermieri) che opera sul territorio relativamente alla gestione delle vie aeree in emergenza, con l'obiettivo di ridurre la mortalità e la morbidità dei pazienti critici attraverso uno strumento (algoritmo) semplice da utilizzare e basato su quanto di meglio al momento disponibile a livello scientifico.

Le raccomandazioni SIAARTI sopra ricordate, relativamente alle condizioni di emergenza extraospedaliera, riportano come auspicabile “l'attivazione di gruppi di studio multidisciplinari che consentano di elaborare Raccomandazioni per la gestione delle vie aeree nell'emergenza preospedaliera”.

In tale ottica ha trovato spazio una collaborazione tra SIAARTI ed IRC (Italian Resuscitation Council) che ha prodotto un algoritmo quale proposta di esperti per la gestione delle vie aeree nel paziente traumatizzato in ambito preospedaliero.

Nel corso del 2009 è stato costituito un gruppo di lavoro tra SIAARTI (gruppi di studio vie aeree difficili ed emergenza) e PAMIA – Prehospital Airway Management Italian Association, multi professionale e multidisciplinare, con l'obiettivo di formulare linee-guida per la gestione delle vie aeree in ambito preospedaliero, che ha prodotto questo documento.

In particolare sono state analizzate le linee guida internazionali esistenti sulla gestione delle vie aeree preospedaliere e più in dettaglio nelle condizioni di emergenza.

La letteratura presa in considerazione copre l'arco temporale dal 1995 al luglio 2010; è stata identificata tramite ricerca condotta sulla Cochrane Library e su banche dati elettroniche

(Medline in primo luogo) nonché con analisi diretta delle principali riviste dei settori dell'emergenza, della terapia intensiva e dell'anestesia.

La revisione diretta di articoli ha compreso circa 450 lavori ritenuti significativi a cui si aggiungono le revisioni di articoli pubblicati dalla Cochrane Library, da ILCOR e in lineeguida (EAST, JRCALC).

Da sottolineare è il fatto che la carenza di studi prospettici randomizzati e di metaanalisi rende difficile supportare raccomandazioni di livello elevato.

E' stata adottata la graduazione delle evidenze secondo la metodologia "Delphi modificata", che si riporta:

3. DEFINIZIONI ADOTTATE

Sono state utilizzate le seguenti definizioni

a) Difficoltà di controllo della via aerea

Per difficoltà di controllo della via aerea si intende la difficoltà a ventilare (con maschera facciale o altro presidio extraglottico) e/o a intubare con attrezzatura standard (laringoscopia a lama curva e tubo semplice)

b) Difficoltà a ventilare

Si definisce difficile la ventilazione in maschera ogniqualvolta non si riesca a somministrare al paziente il volume corrente richiesto se non ricorrendo all'uso di un ausilio (ad esempio cannula orofaringea o ventilazione a 3 mani se si impiega la maschera facciale) o all'abbandono della procedura standard (ad esempio la maschera facciale per un presidio extraglottico) o all'intubazione direttamente (ad esempio per insuccesso del presidio extraglottico)

c) Difficoltà ad intubare

Si definisce intubazione difficile e/o impossibile la manovra, eseguita in posizione corretta della testa e con manipolazione del laringe, che sia stata caratterizzata da. A) laringoscopia difficile (intesa in senso lato); b) necessità di eseguire più di un tentativo; c) necessità di impiego di presidi e/o procedure diverse da quelli standard; rinuncia e differimento

d) Laringoscopia difficile

Si definisce laringoscopia difficile l'impossibilità di vedere le corde vocali anche con la manipolazione esterna della laringe

e) Presidi extraglottici

Con il termine di presidi extraglottici (PEG) si raggruppano tutti i presidi di ventilazione che non superano l'ingresso glottico

RACCOMANDAZIONI

1) E' consigliabile l'uso di un PEG quando l'operatore e/o il team non hanno sufficiente competenza ed esperienza per eseguire l'intubazione tracheale e questa sia indicata ed opportuna (C)

2) E' consigliabile un utilizzo precoce di un PEG nel caso di difficoltà a intubare e di ventilazione difficile (C)

3) E' consigliabile un utilizzo precoce di un PEG in caso di laringoscopia difficile (C)

4) E' consigliabile utilizzare un PEG per un paziente in arresto cardiaco quando non vi siano le competenze per l'intubazione tracheale (B)

Se l'intubazione tracheale è fattibile, oltre che indicata ed opportuna, il team procede alla esecuzione della manovra.

L'aiuto di farmaci induttori e miorilassanti è sempre necessario per l'intubazione tracheale di pazienti che presentino un certo grado di reattività (si escludono il paziente in arresto cardiaco o agonico).

Se l'intubazione non riesce al primo tentativo, viene suggerito di ricorrere alle manovre di manipolazione laringea esterna (OELM, BURP) ed a presidi che possono facilitare il posizionamento del tubo in trachea, quali un introduttore (gum elastic bougie) o, alternativa sempre più frequentemente utilizzata, un videolaringoscopio.

La manovra di Sellick, consigliata per l'intubazione in condizioni di emergenza, può ostacolare la visualizzazione laringoscopica in una certa percentuale di casi e il posizionamento della maschera laringea .

11 Gli ultrasuoni

11.1 Principi generali

Il suono è un tipo di energia di natura meccanica che si esplica con numerose onde di compressione e di rarefazione, provocando un particolare movimento di molecole e particelle, che ha essenzialmente bisogno di un mezzo fisico di supporto, come l'aria, l'acqua, e tessuti, per propagarsi.

Questa dinamica lo distingue da altre diverse forme di energia ondulatoria come quella elettromagnetica, capace a differenza, di confondersi anche nel vuoto.

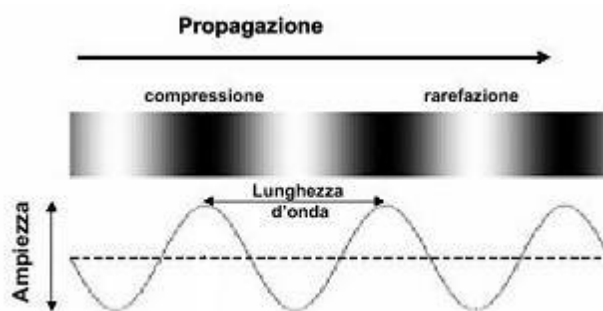


Figura 105 Compressione e rarefazione di un'onda sonora. La sorgente meccanica di un'onda sonora è un elemento vibrante che trasfonde il proprio movimento ad determinato mezzo di propagazione, costringendo così le particelle che lo compongono a oscillare in maniera misurabile e a trasmettere a loro volta, per interazione elastica,

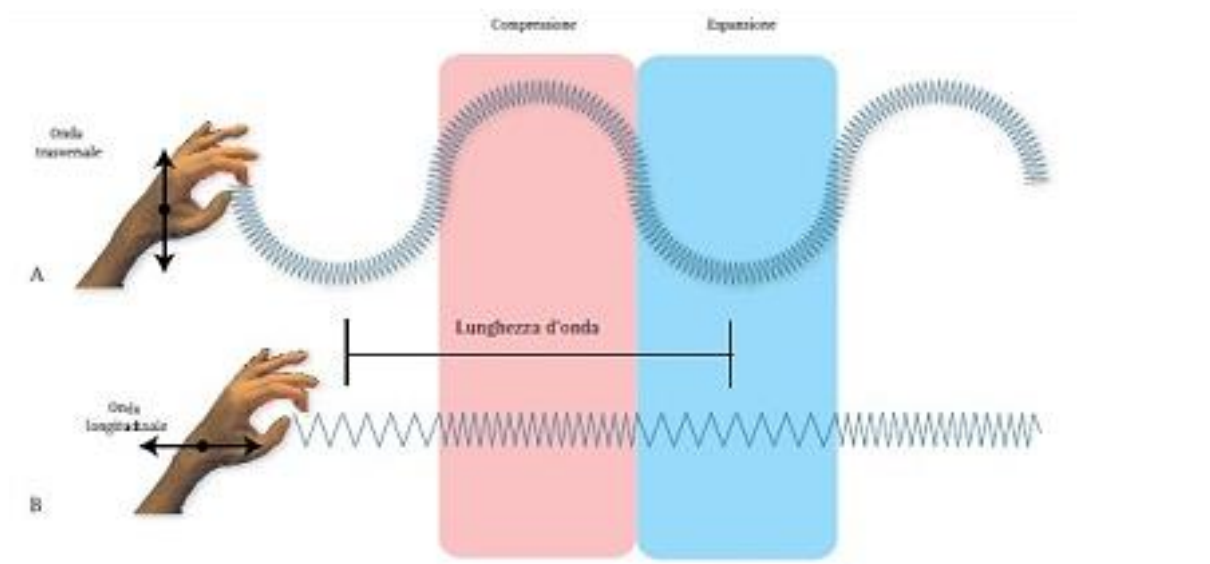
la perturbazione alle particelle vicine, senza trasporto di materia. Questa propagazione si realizza con un particolare movimento ondulatorio di tipologia longitudinale o trasversale. Dette onde longitudinali sono caratterizzate da uno spostamento delle particelle, parallelo alla direzione del moto dell'onda, mentre nelle onde trasversali invece da uno erpendicolare alla direzione. Le onde longitudinali di compressione perpendicolari si propagano in qualsiasi mezzo mentre le trasversali solo in mezzi solidi, dovuto ai legami deboli dei tessuti liquidi che si instaurano tra atomi e molecole. Nel contesto sanitario, l'onda ultrasonora che viene studiata è longitudinale (quindi in grado di propagarsi nei tessuti molli) e si propaga nel mezzo mediante bande alternate di compressione e di rarefazione: infatti le particelle del mezzo sono forzate ad oscillare attorno alla loro posizione di equilib

11.2 Caratteristiche degli ultrasuoni

Qualunque suono, e così anche gli ultrasuoni, viene descritto da molteplici parametri legati a grandezze fisiche ben regolate. Il rumore è, diversamente, un tipo di suono molto complesso dato dalla variabile sovrapposizione casuale di frequenze diverse, naturalmente non correlate armonicamente, e di conseguenza non può essere descritto o riprodotto da questi parametri.

11.3 Frequenza.

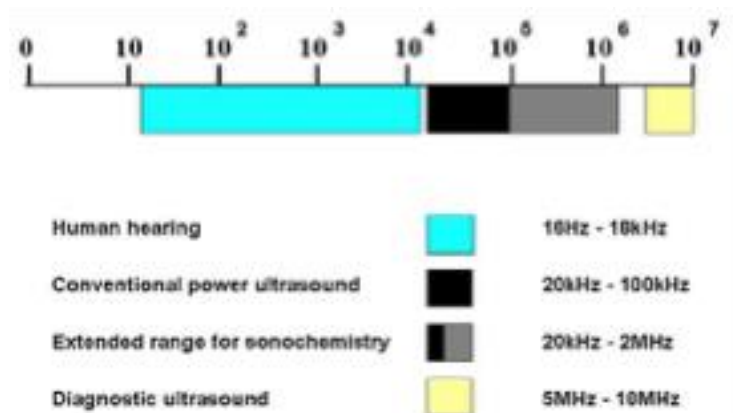
La frequenza f rappresenta il numero proprio di oscillazioni che l'onda osservata compie durante la propagazione in un tratto temporale di un secondo e corrisponde altresì all'inverso del periodo ($f = 1/T$), ovvero la durata di un'oscillazione completa.



Proprio da essa dipende l'altezza del suono: maggiore è la frequenza, più acuto sarà il suono percepito nella banda udibile dall'uomo. Codesti ultrasuoni si estendono a partire da frequenze superiori ai 20 kHz, limite superiore, come accennato, di udibilità per l'orecchio umano. Alle frequenze di qualche centinaio di MHz e, intorno a 1 GHz, lasciano il posto al regime cosiddetto ipersonico. A tal fine diagnostico si utilizzano ultrasuoni a frequenza tra l'1 e i 15-20 MHz con intensità compresa tra lo 0,01 e i 200 mW/cm². Questa determinata frequenza condiziona altamente la trasmissione, ossia interferisce con il potere di penetrazione e con l'attenuazione.

11.4 Lunghezza d'onda.

Figura 106. Frequenze delle onde sonore.



La lunghezza d'onda si riferisce allo spazio percorso da una precisa oscillazione in un intervallo di tempo di un determinato periodo. Questa corrisponde al prodotto della velocità di propagazione (**c**) all'interno del mezzo in cui il suono si sta propagando e il succitato periodo: $\lambda = c \cdot T = c/f$.

Altresì, essa è direttamente proporzionale alla velocità di trasmissione ed inversamente proporzionale alla frequenza. Nelle apparecchiature ecocardiografiche questa frequenza viene selezionata in automatico con la preferenza della sonda o, con sonde multi-frequenza, indicando valori tra quelli preimpostati ovviamente appropriato per l'esame da espletare.

contestualmente al cambio della frequenza, cambia in automatico anche la lunghezza d'onda. Proprio la lunghezza d'onda determina il limite del costrutto teorico di risoluzione assiale e spaziale proprio della sonda, caratteristica che determina la capacità, da parte della sonda, di distinguere due oggetti decisamente vicini e quindi di fornire così un'immagine adeguatamente nitida.

”

11.5. Potenza acustica, intensità, ampiezza, pressione acustica.

Sono tutte determinate grandezze che definiscono variabilmente l'energia meccanica trasportata dagli ultrasuoni, ovvero i valori di compressione e rarefazione a cui vengono sottoposte le molecole del mezzo attraversato ed esposto nell'unità di tempo definita. La potenza acustica esprime la quantità di lavoro necessaria nell'unità di tempo in esame o

la quantità di energia ultrasonora trasportata nella stessa unità di tempo. Non sono stati richiamati e effetti biologici significativi per i livelli di potenza acustica comunemente usata in ecocardiografia. L'imaging armonico tissutale ed l'ecocolor-Doppler richiedono comunemente una definita potenza acustica in trasmissione superiore rispetto a quella usata nel semplice imaging convenzionale B- Mode.

11.6. L'intensità I

E' la misura della potenza acustica per unita di superficie, e descrive il tasso con cui l'energia e depositata localmente nel mezzo di trasmissione. L'intensità degli ultrasuoni comunemente usati in diagnostica (mW/m^2), non è responsabile di effetti biologici sensibili. Nelle applicazioni clinico- diagnostiche è opportuno conoscere non particolarmente il valore assoluto dell'intensità, quanto piuttosto il suo valore relativamente ad un altro, definito come $I(\text{dB}) = 10\log(I=I_0)$, dove I_0 è un'intensità sonora di riferimento (soglia di udibilità).

11.7 L'ampiezza A

L'ampiezza di un onda rappresenta il massimo spostamento che le molecole del mezzo di propagazione compiono rispetto alla posizione di equilibrio, ossia il valore assoluto alla massima compressione o alla massima rarefazione. Al progressivo crescere dell'ampiezza, aumenta

conseguentemente l'intensità dell'ultrasuono. Così come per l'intensità, si definisce altresì l'ampiezza relativa come $A(\text{dB}) = 20\log(A=A_0)$.

11.8 La pressione acustica P

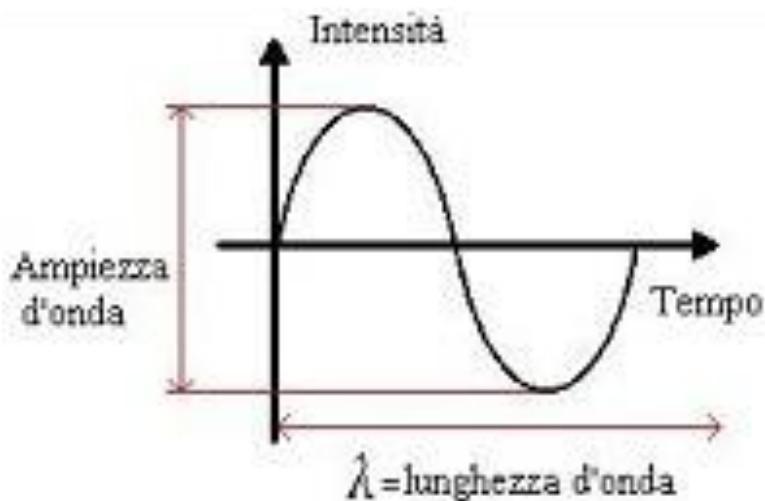
La pressione acustica esprime la forza propria dell'onda. L'onda viene caratterizzata da aree di compressione nelle quali la pressione è aumentata in relazione alla pressione atmosferica, ed aree di rarefazione, dove la pressione contrariamente diminuita in relazione alla pressione atmosferica. Il picco massimo della pressione acustica è definito come ampiezza di pressione.

11.9 Velocità di propagazione c

La velocità di propagazione non è costante, ma cambia a seconda della densità e della comprimibilità del mezzo di trasmissione.

11.10 L'elasticità del materiale, E,

L'elasticità viene misurata con il modulo di Young, ed il suo valore è costante, legato solo alle caratteristiche specifiche del mezzo. Tanto più rigido risulta il materiale tanto minore sarà lo spostamento di massa molecolare e maggiore pertanto la velocità di propagazione, definita dall'equazione: $c = (\text{radice quadrata di } E/\rho)$, dove rappresenta la densità. La velocità degli ultrasuoni è un parametro importante per le applicazioni diagnostiche e nella maggior parte dei tessuti



biologici vale mediamente 1540 m/s, per cui tutti gli ecocardiografi vengono tarati normalmente su questo valore.

11.13 L'impedenza acustica Z

L'impedenza è una proprietà caratteristica di ogni mezzo, che da un parametro dell'entità delle forze che si oppongono alla trasmissione dell'ultrasuono al suo interno, ed è definita come $Z = \rho \cdot c$, prodotto della densità del mezzo attraversato per la velocità di propagazione nello stesso. L'aria, o le strutture che contengono molta aria (come ad esempio il polmone), presentano una bassissima impedenza acustica. Gli altri tessuti, fatta eccezione per quello osseo, presentano un range d'impedenza acustica abbastanza ristretto. L'impedenza acustica è fondamentale per la formazione dell'immagine ecocardiografica, in quanto condiziona i fenomeni fisici di riflessione e scattering degli ultrasuoni.

Tabella

Materiale	(Kg=m	c (m=s)	Z (10
Aria	1:2	331	0:0004
Acqua	997	1497	1:493
Sangue	1050	1560	1:638
Muscolo	1060	1570	1:642
Osso	1850	3360	6:216

Tabella I. Proprietà in alcuni mezzi di propagazione.

11.14 Propagazione nei tessuti biologici

Gli ultrasuoni emessi dalla sonda attraversano i tessuti con una velocità e, soprattutto, con un'impedenza che sarà caratteristica di ogni tessuto. Durante l'attraversamento delle varie strutture tissutali, l'energia (l'intensità) posseduta dall'ultrasuono viene progressivamente attenuata. Quanto più piccola è la lunghezza d'onda del fascio ultrasonoro (cioè quanto più alta è la frequenza), tanto più rapida è l'attenuazione, che si verifica principalmente per riflessione, assorbimento, rifrazione e di diffusione. Riflessione : è il fenomeno per il quale a livello dell'interfaccia l'onda ultrasonora subisce un rinvio (formazione di un eco), e avviene ogni volta

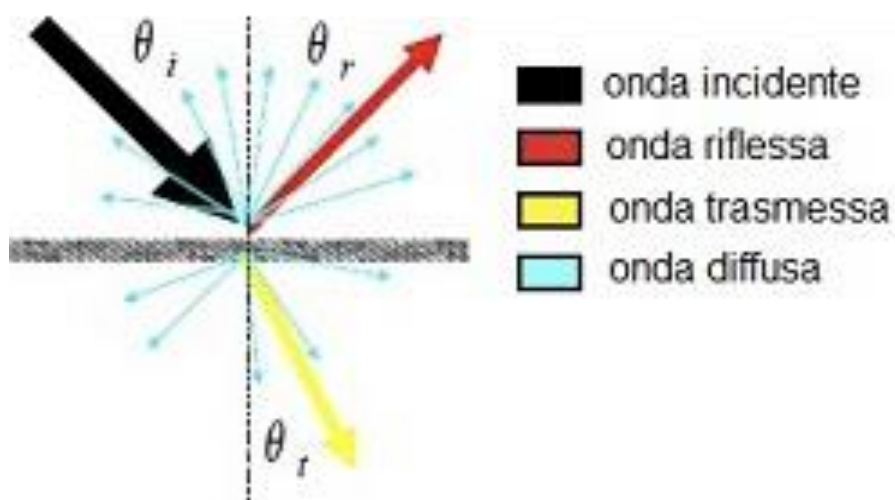


Figura 5. Interazione con i tessuti biologici.

che un impulso sonoro passa da un tessuto con una determinata impedenza acustica ad un altro d'impedenza acustica diversa. La riflessione avviene con un angolo che sarà equivalente a quello incidente dell'ultrasuono. Per la formazione dell'immagine sono importanti solo gli echi che tornano verso la sonda, quindi se il fascio incide perpendicolarmente si ha la massima rilevazione del segnale riflesso. Tuttavia, i tessuti presentano delle superfici di interfaccia complesse, per cui, oltre alla riflessione principale, vi saranno molteplici piccoli echi riflessi secondo diversi angoli (echi di usi), la maggior parte dei quali non ritorna verso la sonda e, quindi, non viene registrata.

Gli ultrasuoni residui o non riflessi proseguiranno il loro percorso nei tessuti con un'intensità ridotta (trasmissione) e con angolo leggermente modificato (rifrazione).
"

11.15 Assorbimento :

è la trasformazione dell'energia acustica in energia termica, che il fascio ultrasonoro subisce nell'attraversare i tessuti. Quanto più elevata è la frequenza tanto maggiore sarà l'assorbimento.

11.16 Rifrazione :

è la deviazione che il fascio ultrasonoro subisce dopo aver colpito l'interfaccia, superando la struttura. Si verifica quando gli ultrasuoni incidono con una angolazione diversa dalla perpendicolare su un'interfaccia tra due mezzi con diverse velocità di propagazione.

11.17 Diffusione : è la propagazione in tutte le direzioni che il fascio ultrasonoro subisce quando incontra una superficie irregolare o tante piccole superfici orientate in modo diverso di dimensioni più piccole della sua lunghezza d'onda.

Capitolo 13

13.1 Cenni sull'ecocardiografia

L'osservazione e studio sulla natura ha incontrovertibilmente ispirato i primi studi e le prime applicazioni degli ultrasuoni in generale: l'italiano Lazzaro Spallanzani dimostrava efficacemente, nel 1794, che animali particolari come i pipistrelli utilizzavano proprio gli ultrasuoni al fine dell'orientamento nel volo notturno attraverso il rilevamento progressivo degli echi di ritorno prodotti dagli ostacoli ambientali di fronte alla linea di avanzamento. Solo successivamente, si approfondirono le conoscenze sul fatto che oltre ai pipistrelli anche molti cetacei marini usano sistemi di geo ed eco-localizzazione degli ostacoli, ambientali o delle prede stesse. Essi inviavano degli ultrasuoni prodotti dal loro apparato vocale e, quindi, ne percepivano gli echi di ritorno che si formavano sulle superfici dell'ambiente o sulle prede traendone informazioni essenziali sulla distanza e sulla morfologia dell'oggetto interrogato dal sistema.

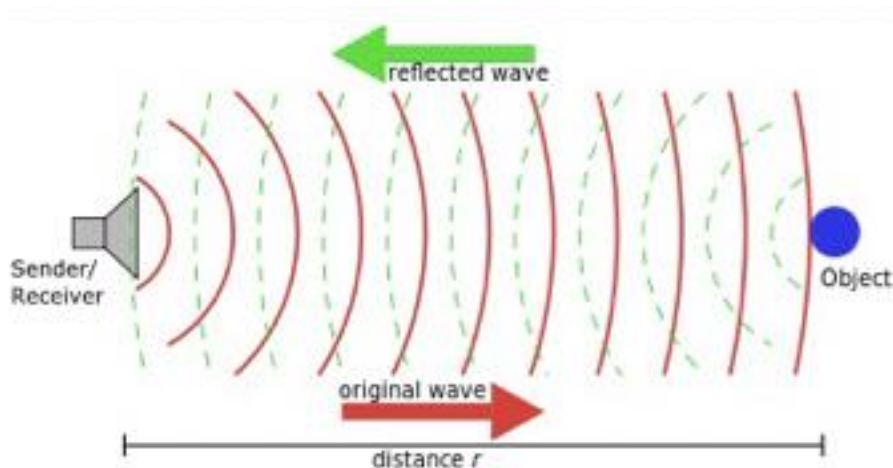
Nel 1880 furono poi successivamente gettate le basi più solide su cui poggia tra l'altro l'odierna ecocardiografia moderna non con l'importante ausilio della scoperta, da parte di Jaques e Pierre Curiè, delle pietre del loro effetto piezoelettrico.

Questo effetto consiste nel provocare un movimento vibratorio meccanico sulle particelle della pietra così dall'indurre una deformazione meccanica periodica, attraverso una tensione elettrica, dello stesso cristallo di quarzo.

L'opportuna frequenza di una tensione alternata su di un materiale idoneo come quello del cristallo, induce una vibrazione meccanica capace di propagarsi come un'onda acustica di frequenza tipica (nella banda ultrasonora) attraverso l'aria ed i differenti materiali, con velocità caratteristiche, ma comunque mai nel vuoto.

I primi approcci applicazionali di questi ultrasuoni e dei principi della fisica ad essi legati, sono stati di tipo militare. Il SONAR (Sound Navigation And Ranging) è stato studiato e sviluppato dalla marina a cavallo tra le due Guerre Mondiali e installato sulle navi per l'individuazione di sottomarini o su questi ultimi per l'individuazione di ostacoli, naturali o artificia (mine), durante la navigazione in profondità e comunque non a vista. Il suo funzionamento è semplicemente basato sull'emissione di precisi ultrasuoni e con la successiva rilevazione di eventuali echi provenienti da superfici presenti in mare. Negli anni '30, gli ultrasuoni cominciarono ad essere utilizzati in campo medico con lo scopo di ottenere immagini dell'interno del corpo umano.

Figura Principio sull'ecolocalizzazione.



Tra i primi, fu Dussik, medico austriaco, che impiegò tali per condurre studi sul cervello. Successivamente la loro specifica applicazione si interpose anche in ambito ginecologico-ostetrico e poi successivamente in cardiologia intorno agli anni '60. L'innovazione nella pratica dell'esame con ultrasuoni fu l'utilizzo di apparecchi real-time come il "B-scanner veloce", costruito proprio nel 1965 e che permetteva di visualizzare immagini composte da 120 righe.

Parallelamente alla diagnostica per immagini sono in sviluppo anche applicazioni terapeutiche degli ultrasuoni, come ad esempio il **drug delivery**, che permette il rilascio controllato di farmaci

all'interno dell'organismo, e del **high intensity focused ultrasound (HIFU)**, che si occupa di rimozione di tessuti biologici in regioni molto circoscritte.

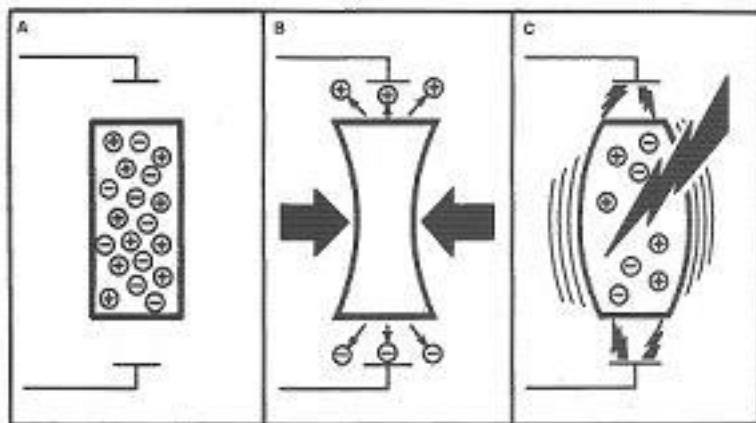
"

13.2 L'ecografo

Il funzionamento degli ecografi in generale si basa, come succitato, sull'emissione di impulsi di ultrasuoni e sulla successiva rilevazione degli echi dovuti alla loro riflessione originata da tessuti che separano mezzi a diversa impedenza acustica. Un sistema tipo per l'ecografia comprende un generatore di segnale elettrico in grado di pilotare la sonda (o trasduttore) , la quale emette ultrasuoni ed è programmata e utilizzata anche per ricevere gli stessi echi di ritorno. Essa è costituita da più cristalli piezoelettrici, i quali presentano una microscopica struttura non simmetrica che permette loro di generare una tensione elettrica in conseguenza di uno stimolo meccanico esterno [Fig. 7 (b)] e,

altresi, di modificare la loro forma in presenza di una tensione elettrica definita [Fig. 7(c)] provocando di conseguenza, nel mezzo scelto, vibrazioni, ossia determinate compressioni e rarefazioni, che daranno poi origine agli ultrasuoni.

Figura (a) (b) (c) Cristalli e le loro proprietà piezoelettriche.



Suddetti cristalli piezoelettrici riescono a funzionare in due diverse modalità: ad onda continua o ad impulsi. Nel primo caso si applica un segnale elettrico sinusoidale al cristallo, che genera un ultrasuono con la stessa frequenza del segnale. Nel secondo caso, l'ultrasuono viene generato in conseguenza di brevi impulsi di tensione di alcuni microsecondi.

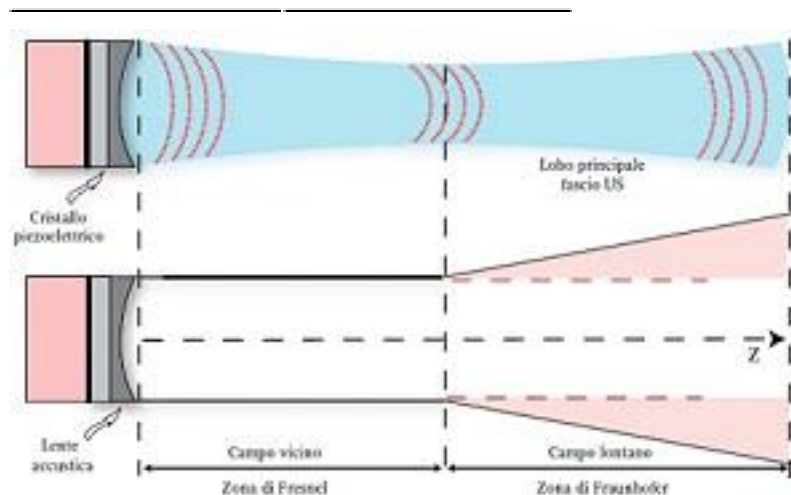
In base proprio alla loro peculiare struttura, le sonde ecografiche possono distinguersi in:

- **sonde monocristallo**, ovvero da un unico cristallo piezoelettrico (per le applicazioni M-mode);
- **sonde multicristallo**, ovvero da più cristalli elettricamente indipendenti, la cui specifica disposizione ne determina conseguentemente e peculiarmente le applicazioni cliniche.

La regione in cui il fascio ultrasonoro presenta minore larghezza e maggiore intensità è detta zona focale. Applicando questo assunto come riferimento, il fascio si divide in due parti: la zona di Fresnel o campo vicino (near field), situata prima della zona focale, in cui il fascio ha forma cilindrica e massima capacità di risoluzione laterale, e la zona di Fraunhofer o campo lontano (far field), situata oltre la zona focale, in cui il fascio ha un percorso divergente e la risoluzione laterale degrada fortemente man mano in maniera diretta proporzionale con l'aumentare della distanza dalla sonda o trasduttore.

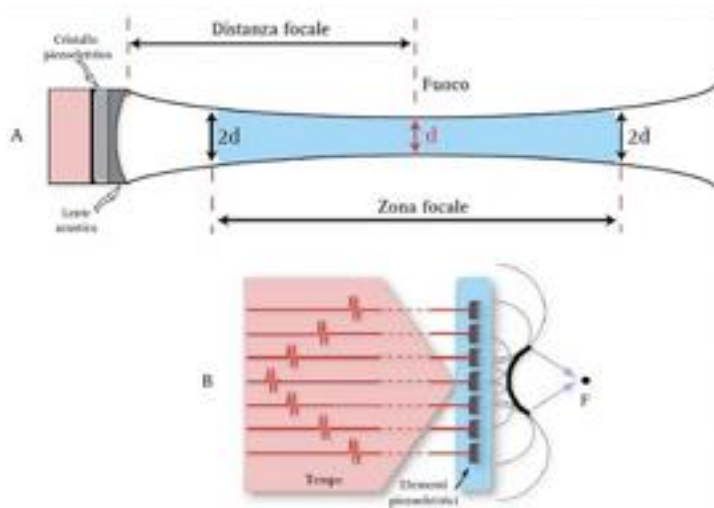
Figura Forma tecnica del fascio ultrasonoro.

La risoluzione spaziale è uno dei più importanti indici di qualità di un ecocardiografo. Si distingue proprio tra risoluzione assiale e laterale. La prima, la risoluzione assiale, misura la capacità del sistema di distinguere gli oggetti posti lungo l'asse del fascio di ultrasuoni ed è pari circa al doppio della lunghezza d'onda. Con un trasduttore a 2 MHz ad esempio, si ha, quindi, una risoluzione



assiale di circa 1,5 mm, considerando la velocità di propagazione degli ultrasuoni nei tessuti è pari a 1540 m/s. La seconda ossia risoluzione laterale misura invece la capacità del sistema di distinguere oggetti posti perpendicolarmente all'asse del fascio ed è pari al diametro del fascio stesso. Con un trasduttore a 2 MHz è di circa 2-3 cm, cioè di un ordine di grandezza peggiore della risoluzione assiale. Per migliorare la risoluzione spaziale del trasduttore, oltre a regolare il diametro dei cristalli e la frequenza propria degli ultrasuoni generati dallo stesso, necessita ridurre la divergenza del fascio con la focalizzazione, che può essere ottenuta con varie tecniche. La prima, detta focalizzazione meccanica [Fig. 9 (a)], prevede due alternative: l'uso di cristalli piezoelettrici sagomati concavi oppure l'interposizione di lenti acustiche tra i suddetti cristalli e la superficie stessa del trasduttore. La seconda, detta di focalizzazione elettronica [Fig. 9 (b)], prevede che i singoli cristalli che formano la sonda vengano eccitati elettricamente in una tempistica diversa a grazie a una specifica regolazione dei ritardi tra i vari impulsi. In questa maniera si ottiene un fronte d'onda complessivo che è dato dalla sovrapposizione dei fronti d'onda indipendenti generati da ogni cristallo con angolature diverse.

Figura. Focalizzazione meccanica (A) ed elettronica (B) del fascio ultrasonoro. La focalizzazione elettronica è sicuramente più versatile di quella meccanica poiché questa può essere modificata senza influire sulla forma degli stessi cristalli piezoelettrici. Poiché proprio la capacità di focalizzazione condiziona altamente la qualità dell'immagine ecocardiografica, nel corso



del tempo, la tecnologia ha progredito su tecniche di costruzione sempre più sofisticate per raggiungere tale obiettivo. Gli ultrasuoni vengono inviati dalla sonda e le informazioni poi ricevute dagli echi, dopo una opportuna amplificazione, necessaria a tenere conto dello spessore dei tessuti attraversati e dell'attenuazione subita all'aumentare della distanza dalla fonte e possono essere visualizzati secondo diversi formati.

"

13.3 Formato A-Mode (Amplitude Mode, modulazione di ampiezza)

E' un tipo di rappresentazione monodimensionale. Offre analisi in una sola dimensione. Gli echi di ritorno sono rappresentati come deflessioni della linea di base, ovvero come picchi in cui l'ampiezza corrisponde all'intensità dell'eco rilevato, mentre la distanza tra i picchi è proporzionale alla profondità delle interfacce o le ecogenicità che hanno generato l'eco. Da informazioni sulla sola natura della struttura in esame (liquido o solido), utilizzata quasi esclusivamente in oculistica e in neurologia.

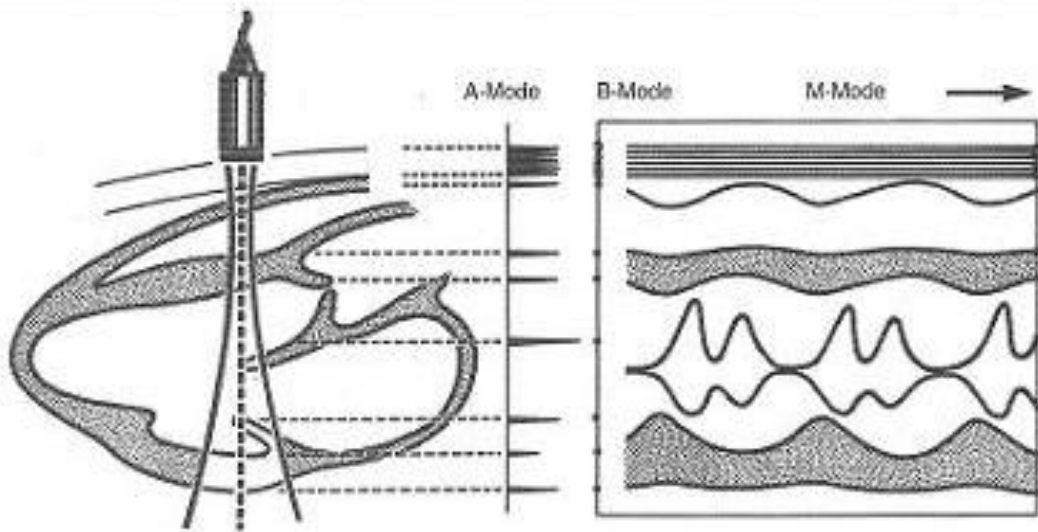
13.4 Formato B-Mode (Brightness Mode, modulazione di luminosità)

La visualizzazione degli echi è sempre monodimensionale. Gli echi vengono rappresentati in sequenza lungo una linea a seconda della loro distanza dalla sorgente che viene determinata per assunto sulla base del ritardo con cui ritornano alla sonda. L'intensità, diversamente che con dei picchi, viene evidenziata in scala di grigi. Con il colore bianco viene corrisposta la massima intensità altresì il nero, al contrario, all'assenza di echi di ritorno. Tutte le numerose sfumature intermedie evidenziano i livelli di intensità racchiusi fra minimo e massimo nella scala. La serie di impulsi ricevuta da ogni singolo trasduttore viene digitalizzata e quindi successivamente trasformata sul monitor in una linea di punti luminosi più o meno evidenti. Mediante il movimento di un singolo trasduttore (sonde settoriali meccaniche) o attraverso l'accoppiamento di più trasduttori (sonde convex) si genera un'immagine costituita da una serie di punti luminosi. Il risultato finale è la visualizzazione, proprio in questa scala di grigi, di una sezione del tessuto esaminato. La tecnica di visualizzazione e la modalità di visualizzazione è la maggiormente utilizzata in ecocardiografia.

13.5 Formato M-mode (Motion Mode)

e in concreto un B-mode in cui si hanno continui refresh della posizione dei vari echi che, però, nell'immagine risultante non vanno a sovrapporsi ai precedenti, ma si affiancano in successione l'uno all'altro comunicando così informazioni sulla motilità della parte indagata. Il principale limite di questa metodica è l'analisi delle varie strutture lungo una linea di scansione fissa. Per superare questo problema è stata sviluppata, nel formato B-mode, la tecnica bidimensionale. Il formato M-mode, che verrà approfondito nel capitolo successivo, è alla base del funzionamento degli ecocardiografia.

Figura. Formati di visualizzazione dell'immagine.



13.6 L'ecocardiografo

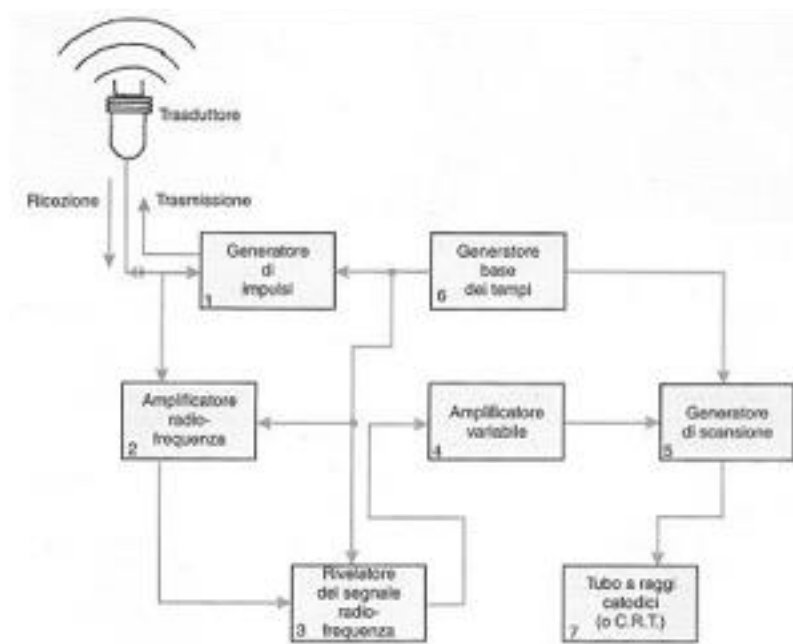


Figura. Schema di un ecocardiografo.

Lo schema soprastante presenta uno schema a compartimenti stagni i principali componenti (trasmissione, ricezione e visualizzazione) di un ecocardiografo. Il trasduttore trasmette impulsi prodotti da un generatore di impulsi (primo blocco) ad intervalli regolari. Lo stesso trasduttore, tra una trasmissione e l'altra, si adopera per ricevere gli echi riflessi dei tessuti in esame, convertendoli digitalmente in impulsi elettrici. Questi impulsi elettrici sono segnali

in radio frequenza con ampiezza bassa (da 20 a 1.000.000 di volte minore rispetto all'impulso primario) a causa dell'attenuazione che subisce l'eco di ritorno e dell'attraversamento di più strati tissutali. Tali impulsi, per poter essere visualizzati, devono essere amplificati (secondo blocco). La tipologia di amplificazione sviluppata acquisisce il nome di **Time Gain Compensator**, il cui guadagno aumenta proporzionalmente all'aumentare del tempo di ritorno dell'eco e quindi anche della profondità di formazione. In diversi apparecchi ecocardiografici, oltre alla regolazione automatica decisa dalla macchina, è comunque possibile regolare manualmente e arbitrariamente al bisogno il Time Gain Compensator tutti gli echi di ritorno alla sonda. Il segnale di Radio Frequenza, prodotto dalla trasduzione di tutti gli echi di ritorno viene poi convertito in segnale a bassa frequenza (terzo blocco). Tale procedimento viene elaborato utilizzando la componente positiva dell'involuppo del segnale ricevuto.

Figura. Esempio Conversione da segnale in radiofrequenza (a) a segnale a bassa frequenza (c). "

Il segnale da questo ottenuto passa di nuovo ad un amplificatore (quarto blocco) ed reinviato al generatore di scansione (quinto blocco), questo un convertitore analogico-digitale che analizza, digitalizza, memorizza e di seguito pone alla conversione tutti i dati che man mano che la scansione procede, gli giungono.

I segnali di ingresso a tempo continuo infatti vengono campionati ad intervalli definiti e trasformati in una forma numerica discreta, cioè digitalizzati. Solo in seguito quest'insieme numerico viene immagazzinato in un dispositivo di memoria costituito da un minimo di 4 ad un massimo di 8 celle che permettono di codificare rispettivamente anche l'intensità del segnale rispettivamente con 16 , 64 o 256 livelli di grigio.

Alla fine, i segnali vengono inviati ad un monitor (settimo blocco) per essere ovviamente visualizzato e lavorato. Il generatore base dei tempi (sesto blocco) coordina in modo costante nel tempo tutte le varie funzioni e le variabili descritte in modo da ottenere sullo schermo le informazioni nel giusto ordine temporale di ricezione degli echi.

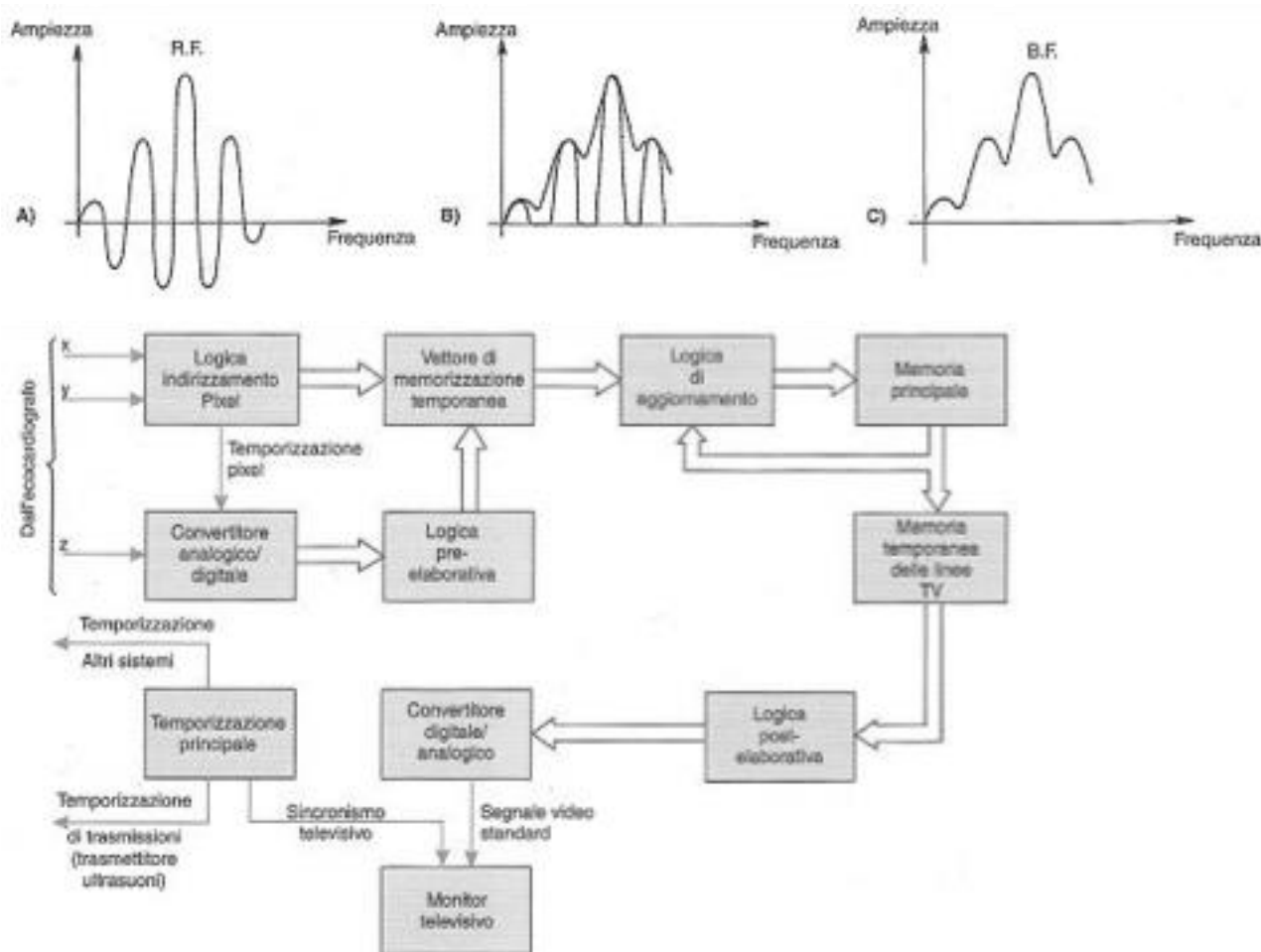


Figura . Schema di un convertitore digitale di scansione. "

Tutto l'intero sistema può essere organizzato attraverso meccanismi e sistemi da laboratorio fissi, o mobili (trasportati per mezzo di rotelle) o anche, attraverso sistemi portatili, di cui si ha la possibilità di essere trasportati ove necessari durante l'attività clinica quotidiana. Qualsiasi ecocardiografo, convenzionale e/o portatile, ai fini della considerazione e preferenza ad altri di diversa manifattura e qualità e o preferito come strumento deve possedere determinati requisiti: **Tabella**

Indispensabili	Raccomandabili	Opzionali
M-mode	Seconda armonica	Anatomical M-mode
Bidimensionale	Elevato frame rate (> 150 Hz)	Automatic Border Detection
Doppler pulsato		Caratterizzazione tessutale
Doppler continuo		3D
Color-Doppler		

Tabella II. Requisiti di un ecocardiografo.

Tali requisiti, in particolare quelli opzionali, sono messi a punto per agevolare le operazioni di diagnostica e di misurazione delle strutture cardiache. A tutt'oggi, nonostante il miglioramento degli algoritmi matematici, Queste tecnologie non sono ancora del tutto perfezionate e quindi non rappresentano al momento un costante ausilio clinico nell'attività di routine, soprattutto quando le immagini non sono di qualità adeguata.

13.7 Ecocardiografia M-mode

13.7.1 Manipolazione, orientamento e riconoscimento delle immagini ecocardiografiche

Per approcciare all'esame ecocardiografico necessita conoscere la fisica degli ultrasuoni, le caratteristiche generali dell'apparecchiatura utilizzata, l'anatomia tridimensionale del cuore, la fisiopatologia delle principali patologie cardiovascolari, la standardizzazione e l'orientamento dei piani ecocardiografici e le sedi delle finestre ecocardiografiche.

Inoltre è fondamentale comprendere che l'orientamento spaziale delle strutture cardiache è una caratteristica individuale.

Per questo, subito dopo aver appoggiato la sonda sul torace del paziente, si deve guardare il monitor alla ricerca dei markers anatomici interni che consentono di orientare il piano topografico in modo corretto, senza continuare a guardare il torace del paziente alla ricerca del piano giusto di scansione. Importante è ricordare che il cuore si trova all'interno del torace per lo più coperto dai polmoni che, contenendo aria, ostacolano la trasmissione degli ultrasuoni.

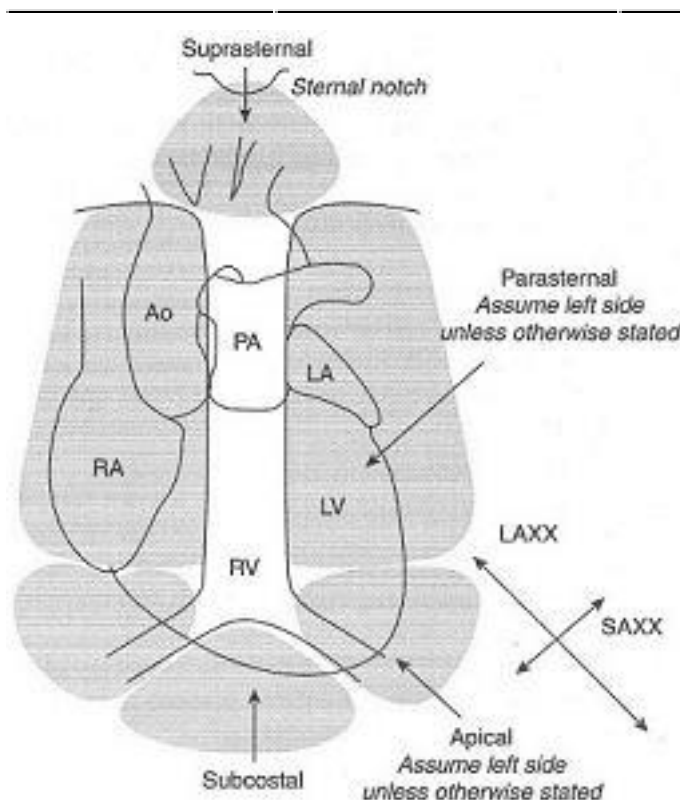
Pertanto è necessario reperire alcuni punti, o finestre acustiche, attraverso i quali gli ultrasuoni possano penetrare e raggiungere il cuore senza l'interferenza dei polmoni. Queste finestre, o tecniche di approccio, sono essenzialmente quattro e comprendono:

- **L'approccio parasternale**, che rappresenta di solito il punto di partenza per ogni esame ecocardiografico perché permette di identificare facilmente la mitrale e l'aorta, da cui si può risalire alle altre strutture cardiache;

- **L'approccio apicale**, che è il più facile da ottenere perché la finestra ultrasonora è in genere più ampia;
- **L'approccio sottocostale**, impiegato principalmente per la valutazione dei pazienti con problemi di finestra acustica (ad esempio obesi o con malformazioni toraciche);
- **L'approccio soprasternale**, che viene utilizzato per lo studio dei grossi vasi, anche se non sempre fornisce immagini di qualità ottimale.

Figura 14. Finestre acustiche.

L'esame ecocardiografico va condotto esplorando le strutture cardiache utilizzando sistematicamente tutte queste finestre o approcci, in modo da sfruttare al massimo le potenzialità dell'esame stesso e raggiungere la completezza delle informazioni. Teoricamente l'esame ecocardiografico può fornire un numero illimitato di sezioni e d'immagini. Come già sottolineato in precedenza, è fondamentale standardizzare i piani di scansioni e le immagini ottenute, in modo tale che i vari laboratori ecocardiografici possano parlare un linguaggio comune, aumentando



enormemente le potenzialità di scambio e di dialogo all'interno della comunità scientifica. Ciascuna sezione ecocardiografica viene classificata in base all'approccio secondo la quale è stata eseguita (parasternale, apicale, ecc.), ed è ulteriormente distinta a seconda del suo

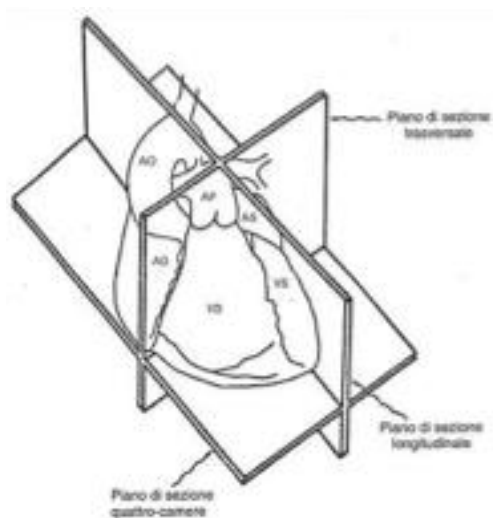
orientamento spaziale e delle strutture che in essa si registrano. L'orientamento spaziale di ciascuna sezione viene pertanto individuato dal piano secondo cui il fascio ultrasonoro attraversa il cuore. Per convenzione si riconoscono tre piani tra loro ortogonali, definiti come:

piano longitudinale, che attraversa il cuore perpendicolarmente alla supercie dorsale e ventrale del corpo e parallelamente all'asse longitudinale del cuore stesso;

piano trasversale, che è perpendicolare al precedente e parallelo all'asse trasversale del cuore;

piano quattro camere, che attraversa in cuore in direzione grosso modo parallela alle superfici ventrale e dorsale del corpo.

Figura 15. Piani utilizzati per la visualizzazione del cuore.



Esistono poi piani intermedi (off-axis), che vengono di volta in volta ottenuti a seconda delle esigenze del singolo esame.

Un elemento fondamentale nella corretta esecuzione di un esame ecocardiografico consiste nel riconoscimento delle strutture esaminate e nella registrazione di immagini ottenute secondo piani correttamente definiti. Quest'ultimo punto è essenziale in quanto da esso dipendono l'affidabilità delle dimensioni rilevate, la corretta interpretazione della cinetica, ed in generale della riproducibilità dei dati ottenuti.

"

13.7.2 Tecnica M-mode

L'ecocardiografia ha esordito negli anni '50 proprio con la tecnica M-mode, introdotta dagli svedesi Edler e Hertz come tecnica indipendente (stand-alone), che ha mantenuto un ruolo preminente nell'ambito degli ultrasuoni applicati alla Cardiologia per molti anni. Successivamente l'introduzione del bidimensionale, che mette a disposizione un elevato frame rate (numero di immagini per secondo), e poi del Doppler e del Color, ha determinato un progressivo miglioramento delle immagini ed il ruolo dell'M-mode è stato notevolmente ridimensionato. Per contro, pur se tale tecnica non manca di limitazioni, essa va tutt'ora considerata come parte integrante di un esame ecocardiografico completo, alla luce di alcune sue caratteristiche che permettono l'acquisizione di informazioni importanti, non altrimenti ottenibili.

I recenti progressi tecnologici nell'acquisizione e nel trattamento dei segnali ultrasonori hanno aperto nuove possibilità di analisi delle immagini ecocardiografiche, e hanno reso possibile l'applicazione dello studio M-mode a qualunque struttura del cuore, in tutte le direzioni dello spazio, perfino lungo linee curve e su immagini ecocardiografiche di ogni tipo, ampliando pertanto notevolmente le potenzialità informative dell'esame M-mode in ambito sia clinico che di ricerca. Negli ultimi anni, inoltre, anche altre tecniche di imaging, come la risonanza magnetica nucleare, sono state modificate per consentire l'analisi M-mode, il che sottolinea l'interesse verso questo tipo di approccio per la valutazione della funzione cardiaca. Non è dunque inattuale una trattazione dell'ecocardiografia M-mode. La tecnica M-mode viene ormai utilizzata prevalentemente per la valutazione delle dimensioni lineari delle strutture cardiache. Contemporaneamente al tracciato M-mode viene sempre visualizzato il segnale elettrocardiografico di riferimento, come per le altre metodiche eco. Abitualmente si ricorre sempre alla stessa derivazione, purché essa fornisca una traccia elettrocardiografica appropriata, cioè più stabile possibile, allo scopo di ridurre al minimo la variabilità negli esami in serie su uno stesso paziente.

13.8 L'elettrocardiogramma (ECG)

La parte relativa all'elettrofisiologia cardiaca verrà affrontata più avanti nell'elaborato, giusto ai fini di riepilogo e punto di partenza per i ragionamenti sull'elettrocardiografia, la tempistica cardiaca nelle sue varie fasi e caratteristiche.

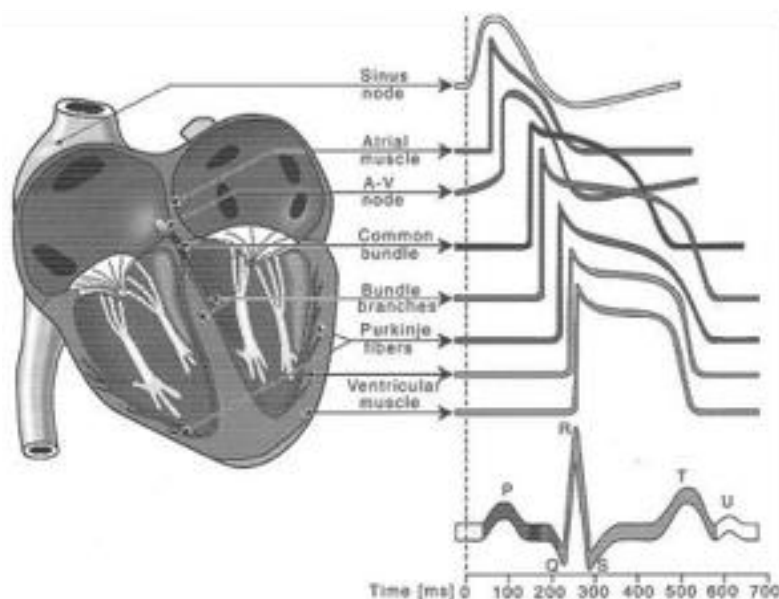
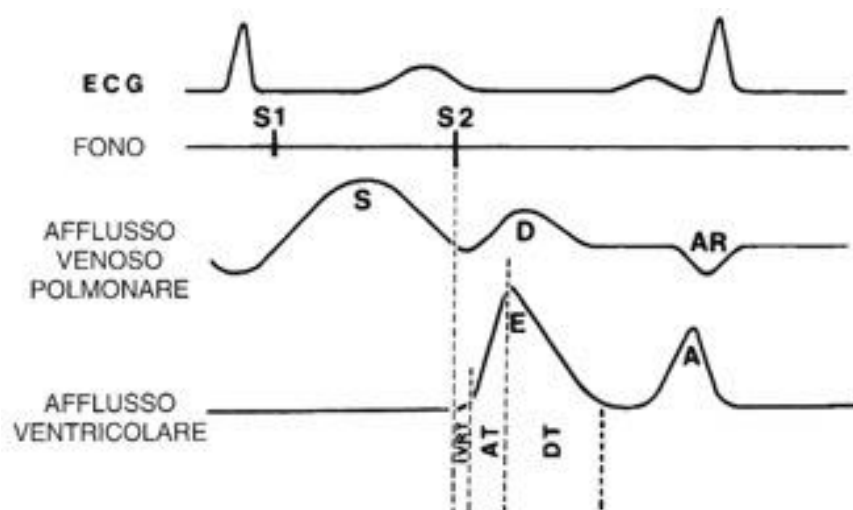


Figura 16. Rappresentazione dell'attività elettrica in varie regioni del cuore. L'onda caratteristica dell'ECG (in basso a dx) è risultato della sovrapposizione dei vari potenziali d'azione.

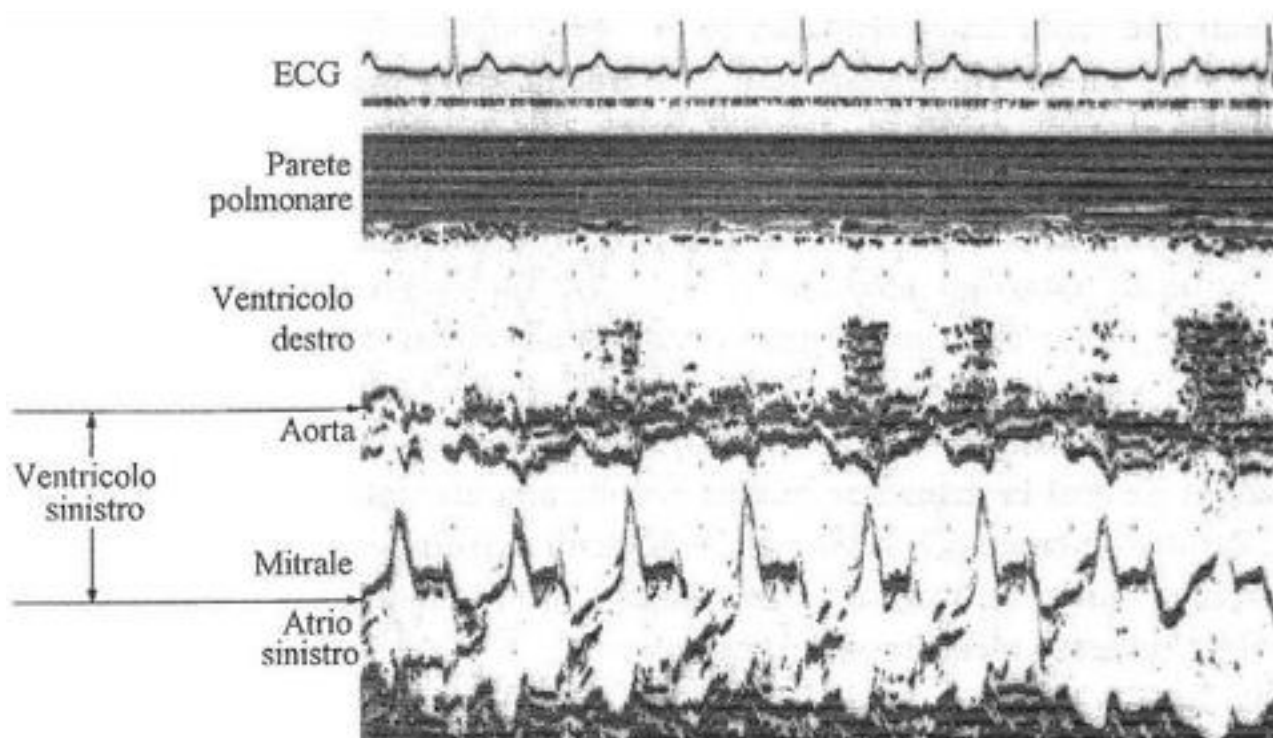
La presenza di un tracciato elettrocardiografico sull'immagine in formato M-mode è quindi al momento un riferimento meramente informativo sulle fasi elettrico-meccanico e al riconoscimento delle stesse per le misurazioni che verranno poi effettuate. Infatti permette di capire se le varie strutture (come ad esempio le valvole o le pareti cardiache) hanno un movimento corrispondente a quello teorico rispetto al punto del ciclo cardiaco preso in esame.

13.9 Formazione dell'immagine

L'ecocardiografia M-mode utilizza le riflessioni del segnale ultrasonoro emesso lungo una sola linea di interrogazione. Poiché la frequenza di ripetizione degli impulsi ultrasonori (PRF, Pulse Repetition Frequency) è di 200-1000 Hz (a seconda del tipo di ecocardiografo), proprio questa tecnica è caratterizzata da una risoluzione temporale molto elevata (1-5 ms) e ciò la rende particolarmente adatta allo studio delle strutture in movimento (M-mode = Motion-mode). Sullo schermo dell'ecocardiografo l'immagine M-mode è formata giustapponendo una fianco all'altra le riflessioni del segnale ultrasonoro ricevute nel tempo, che in base alla loro intensità vanno a modulare in luminosità il segnale video rappresentato sul monitor; gli spazi fra le varie riflessioni sono poi riempiti mediante un processo di interpolazione in modo da risolvere ogni soluzione di continuità.



Il tracciato viene visualizzato normalmente su una linea disposta sull'asse verticale del monitor, che scorre a velocità costante nel tempo mantenendosi parallela a se stessa; ciò permette, nel caso gli ultrasuoni siano riflessi da organi in movimento, di seguire l'evolversi nel tempo della loro posizione spaziale. L'immagine mono-dimensionale così poi ottenuta contiene quindi due tipi di informazioni: una temporale, rappresentata in ascissa (orizzontale) e l'altra spaziale, rappresentata in ordinata (verticale), che esprime la profondità del fascio ultrasonoro lungo le strutture da esso attraversate. La parola "mono-dimensionale" sottolinea proprio il fatto che nell'immagine M-mode, a differenza di quella bidimensionale, vi è una sola dimensione spaziale. Come descritto poco sopra, nei moderni ecocardiografi il fascio ultrasonoro M-mode è orientato sulla guida dell'immagine bidimensionale, ma le due immagini sono ottenute in modo indipendente. La qualità dell'immagine M-mode, pertanto, non dipende da quella dell'immagine bidimensionale, ma direttamente dalle caratteristiche acustiche dei tessuti esaminati e dalla PRF.



" "

Figura 18. Esempio di immagine M-mode.

13.10 Limiti

Innanzitutto, poiché la tecnica M-mode è effettivamente real-time ed è altresì indipendente dalle immagini bi-dimensionali, una volta che l'immagine M-mode sia stata formata non può più essere modificata. Pertanto, eventuali errori o inaccuratezze durante la fase di acquisizione non possono essere corretti e necessita ripetere l'acquisizione stessa.

Oltremodo, il movimento del fascio ultrasonoro M-mode convenzionale è limitato solo a inclinazioni intorno alla posizione del trasduttore sul torace e ciò non sempre consente di ottenere l'angolazione desiderata con la struttura cardiaca in esame. Altro limite sta nel fatto che, a causa dei movimenti sistolici di accorciamento e traslazione del cuore, la relazione spaziale fra il fascio ultrasonoro M-mode (mantenuto fisso) e le diverse strutture cardiache (che invece si spostano) varia nel tempo.

La fissità del fascio ultrasonoro impedisce il cosiddetto tracking, che consiste nell'aggiornare nel tempo la posizione della linea M-mode in modo da "seguire" il movimento sistolico e diastolico delle strutture.

Ulteriore limitazione della tecnica M-mode è legata alla mancanza di risoluzione laterale per cui, prima dell'introduzione della modalità derivata dal bi-dimensionale, non era inusuale ottenere informazioni fuori dall'asse di scansione e quindi non affidabili; ma attualmente, con la tecnica guidata dal bidimensionale, questa limitazione è ampiamente superata. Infine, la tecnica M-mode convenzionale utilizza una sola linea di interrogazione, per cui non è possibile valutare simultaneamente, ma solo in tempi diversi, il comportamento di strutture cardiache che non si trovano lungo la direzione del fascio ultrasonoro.

Tabella

Vantaggi	Limiti
Elevata risoluzione assiale e temporale	Solo in tempo reale
Più intervalli di tempo valutabili in una sola immagine	Solo lungo la direzione del fascio ultrasonoro"
Più cicli cardiaci valutabili in una sola immagine	Una sola linea M-mode per volta
Misure facilitate dalla ripetitività dei fenomeni	Non possibile il tracking della struttura in esame
Immediato confronto fra tracce M-mode e tracce fisiologiche (es. ECG) con elevata precisione temporale	Mancanza di risoluzione laterale

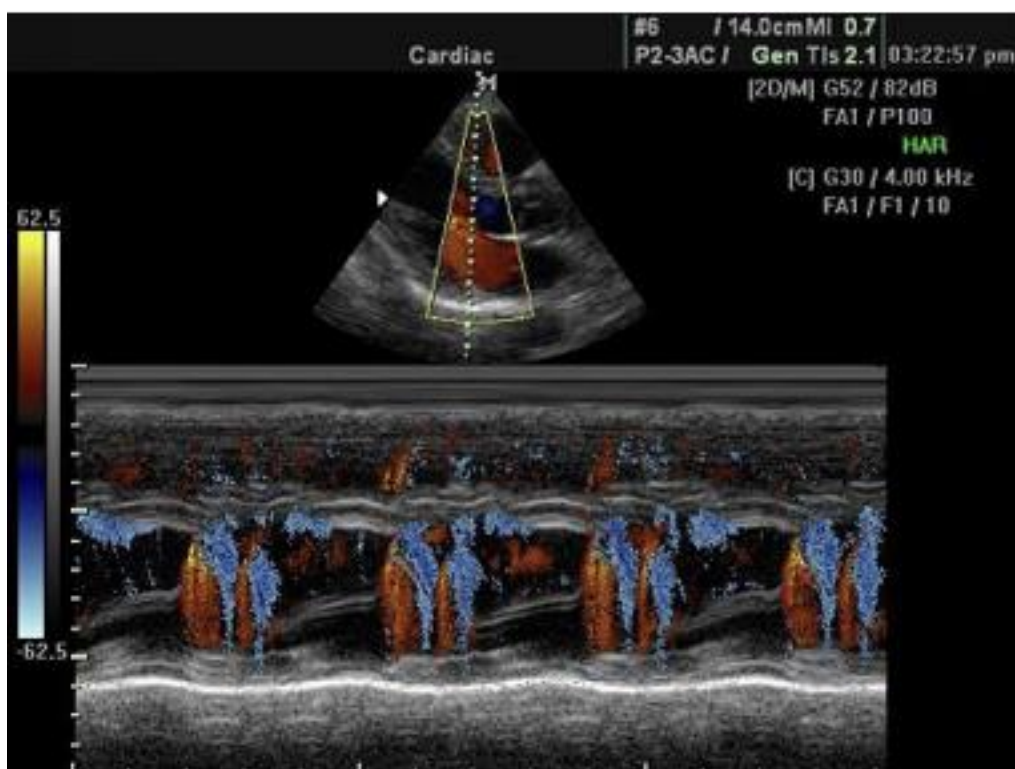
Tabella III. Vantaggi e limiti della tecnica M-mode.

13.14 Color M-mode Doppler

Questa tecnica è disponibile in quasi tutte le apparecchiature oggi sul mercato e consiste nella visualizzazione del colore su un formato di tipo M-mode. Essa utilizza impulsi Doppler lungo una singola linea di interrogazione, come la tecnica M-mode. Nel Color M-mode Doppler viene registrata la velocità di spostamento del flusso sanguigno che determina la codifica dei colori che vengono poi sovrapposti all'immagine M-mode. Il grande vantaggio di questa metodica consiste nella possibilità di riconoscimento della direzione, della tempistica e dell'intensità di un flusso. Inoltre anche questa tecnica, come l'M-mode, possiede un'elevata capacità di campionamento, benché buona parte del segnale di ritorno

venga utilizzato per la codifica dei colori. Questi infatti vengono utilizzati per stabilire la direzione del flusso sanguigno, che per convenzione accettata da tutti i costruttori è indicata utilizzando i due colori primari, il rosso e il blu, facilmente distinguibili sul fondo nero dello schermo. Il rosso indica i flussi in avvicinamento rispetto al trasduttore, il blu quelli in allontanamento. La possibilità di ottenere una buona definizione temporale dei flussi esaminati, può risultare di fondamentale importanza in alcuni settori della patologia cardiovascolare ed in particolare nel campo delle cardiopatie congenite.

Figura. Color M-mode Doppler della valvola mitrale.



13.15 M-mode ricostruito

L'M-mode ricostruito è una recente e innovativa tecnica di imaging che permette la ricostruzione del formato M-mode di qualsiasi struttura cardiaca a partire da immagini bidimensionali di varia origine (ecografiche, ecocontrastografiche, Color Doppler, Power Doppler, Doppler tissutale), consentendo di superare i limiti del metodo M-mode e di sfruttare fino in fondo l'utilità del formato monodimensionale in applicazioni diagnostiche e fisiopatologiche. La ricostruzione M-mode, non utilizzando linee di interrogazione ultrasonora come l'M-mode convenzionale, è una tecnica indipendente di elaborazione (post-processing) delle immagini bidimensionali che comprende

invece una serie di metodiche simili all' M-mode proposte nel corso degli ultimi anni e indicate a volte con nomi di differenti.

L'M-mode ricostruito può essere utile in alcune situazioni cliniche e può agevolare l'esame ecocardiografico, per consentire analisi corrette e facili da eseguire, in qualsiasi momento, sia on- line (cioè in tempo reale, durante la scansione bidimensionale al letto del paziente), sia on-line, analizzando brevi sequenze (cine-loop) bidimensionali digitali precedentemente acquisite o immagini videoregistrate (codeste analisi richiedono in genere programmi computerizzati ma, in alcuni casi, si può utilizzare lo stesso ecocardiografo). I principali vantaggi delle tecniche di ricostruzione M-mode sono riportati nella Tabella sottostante.

Vantaggi
Sia on-line (tempo reale)e sia off-line
Linea M-mode liberamente orientabile
Più linee M-mode simultaneamente
Tracking della struttura in esame

"

Tabella IV. Vantaggi tecnica M-mode ricostruito.

13.16 Formazione dell'immagine

L'immagine M-mode viene costruita a partire da una linea posizionata su un'immagine bidimensionale iniziale. Questa linea origina all'apice del settore e, attraversando l'immagine, può essere spostata nel piano di scansione, in modo tale che il raggio ultrasonoro possa essere posizionato perpendicolarmente alla cavità che si sta studiando relativamente all'angolo di intersezioni acquisito. Così facendo, il tessuto rifletterà il fascio di ultrasuoni con un angolo uguale a quello incidente e l'eco arriverà interamente alla sonda senza disperdersi.

"

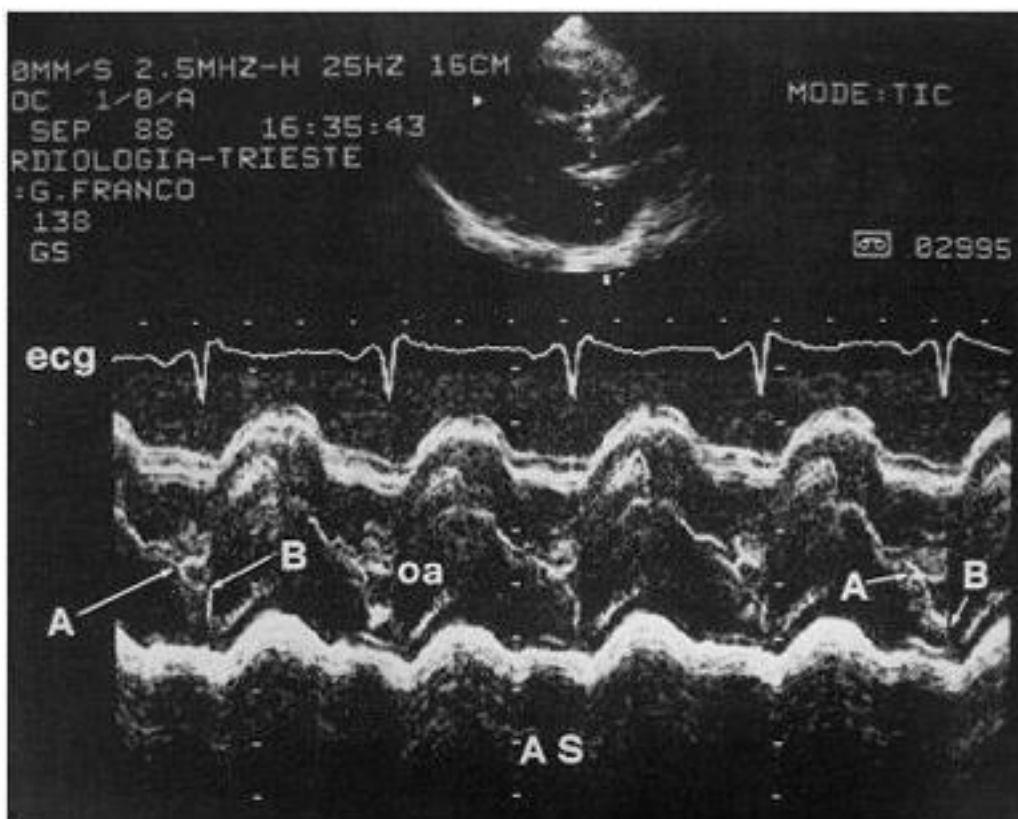


Figura. Esame M-mode derivato da una linea della sezione bidimensionale.

In questo modo si può facilmente riconoscere la posizione dalla quale viene derivato il tracciato M- mode, ed i dati ottenuti saranno decisamente più affidabili e riproducibili.

La sonda invia gli impulsi ultrasonori ad intervalli regolari sempre lungo la linea di scansione rappresentata nell'immagine bidimensionale.

Il risultato della scansione, ovvero una proiezione dei tessuti attraversati in profondità dagli ultrasuoni, viene posizionata di volta in volta verticalmente accanto alla precedente: si tratta pertanto di una "ricostruzione" M-mode del movimento della sezione in esame, partendo da un'immagine bidimensionale e visualizzandola in formato monodimensionale.

Si ottiene quindi un tracciato che riporta in ascissa il tempo e in ordinata la profondità.

La tecnica M-mode è nota anche con i termini "omnidirezionale", "panoramica" e

"unlinked" per la sua caratteristica di poter orientare la linea di scansione in qualunque direzione

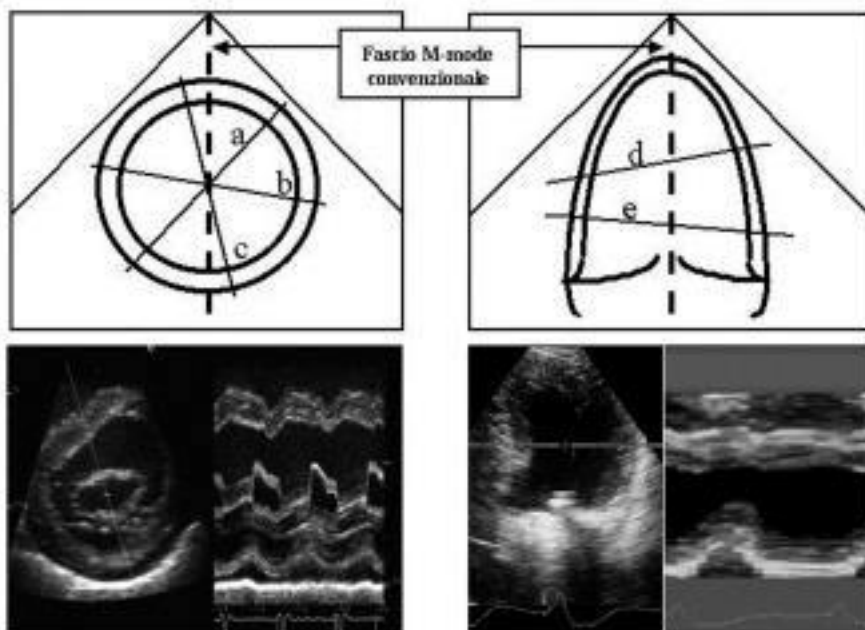


Figura Orientamento della linea M-mode.

Tutte le tecniche di ricostruzione M-mode consentono l'uso di più linee di analisi fra di loro indipendenti, le quali possono anche avere dei pixel in comune. Il principale vantaggio dell'approccio a più linee è la valutazione simultanea di diverse strutture cardiache (ad esempio dei sei segmenti ventricolari standard nelle sezioni parasternali asse corto, come si vede in Fig. 23). Le tracce rappresentate in simultanea mantengono in comune lo stesso elettrocardiogramma: in questo

modo sono facilitati i confronti tra le tracce stesse, sia in termini di spazio che di tempo.

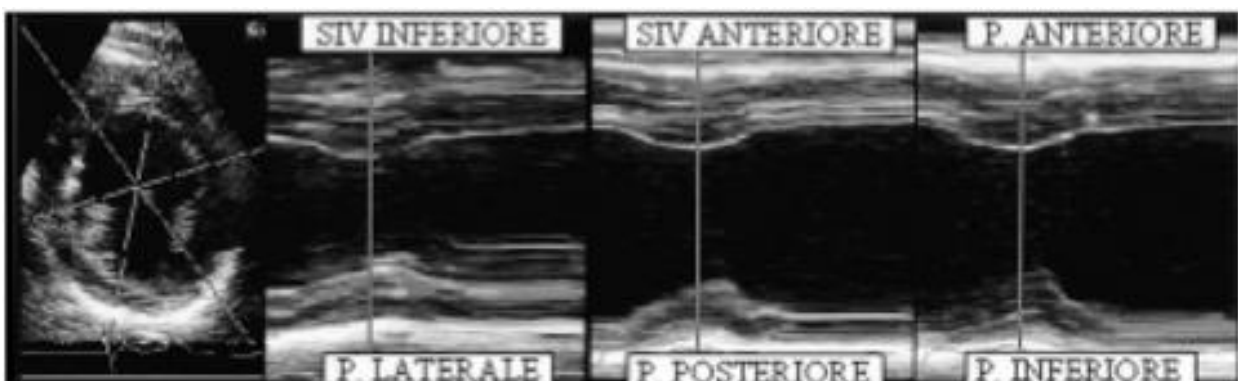


Figura. Visualizzazione a più linee all'M-mode ricostruito.

13.17 Risoluzione temporale

Mentre l'ecocardiografia M-mode convenzionale è caratterizzata, da un'elevata risoluzione temporale (1-5 ms per campione ovvero 200-1000 interrogazioni/s), la risoluzione temporale

della ricostruzione M-mode dipende da quella delle immagini bidimensionali di partenza. Questa, a sua volta, dipende dalla fonte delle immagini: videoregistratore, ecocardiografo convenzionale o digitale. Se si usa la videocassetta come fonte di immagini, il frame rate è basso: 25 o 30 Hz a seconda dello standard televisivo (PAL o NTSC). Se si usa un ecocardiografo convenzionale, il frame rate del bidimensionale può giungere fino a 50-60 Hz. Se si utilizza un ecocardiografo digitale, la risoluzione temporale è molto alta in qualunque modalità di imaging (bidimensionale, color Doppler, Doppler tissutale), e pertanto l'immagine M-mode ricostruita può avere una risoluzione temporale vicina a quella dell'ecocardiografia M-mode convenzionale. Va tenuto presente che maggiore è la risoluzione temporale, migliore sarà la qualità dell'immagine M-mode ricostruita poiché l'interpolazione utilizzata fra i dati campionati è minore. .

13.18 Fattori strumentali che determinano la qualità dell'immagine

Le misure effettuate sulle immagini M-mode ricostruite possono essere falsate a causa della distorsione dell'immagine bidimensionale se la linea di analisi devia dalla direzione effettiva del fascio ultrasonoro di più di 60° e la profondità di analisi è superiore a 15 cm. In queste condizioni la risoluzione laterale dell'immagine bidimensionale influenza in modo significativo la ricostruzione M-mode, facendo apparire più larghe o più alte le singole strutture, oppure provocando errori nella

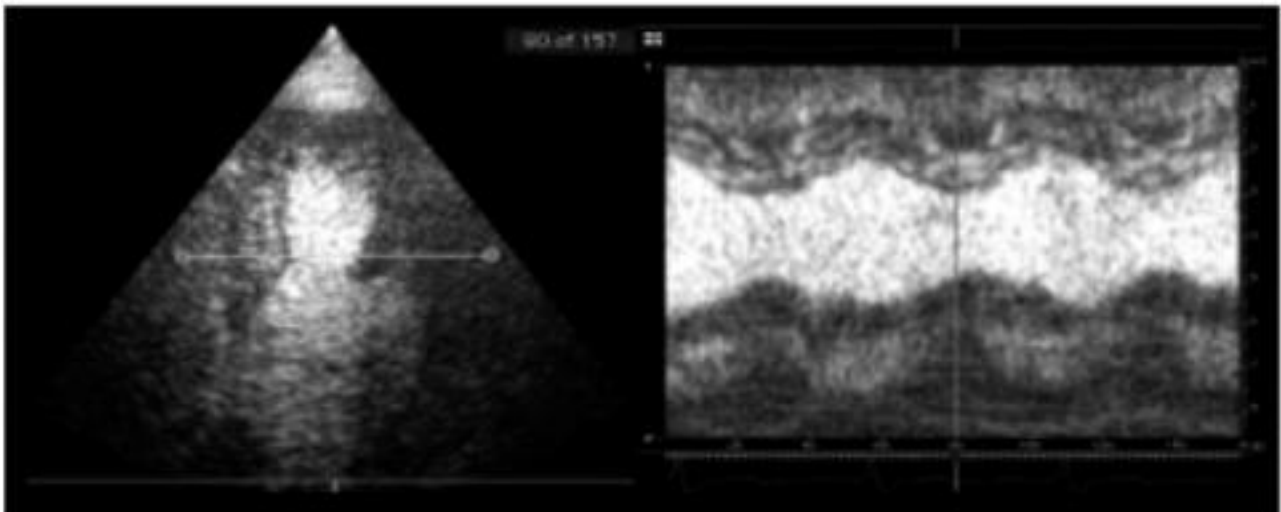
Frame rate (Hz)	Risoluzione	Temporale (ms)
Segnale video	25-30	30-40
Ecocardiografo standard	massimo 50-60	minimo 17-20
Ecografo digitale	> 60	< 17

misurazione, ad esempio, del diametro o della lunghezza dei vasi sanguigni. La situazione estrema si ha quando la linea di analisi M-mode è perpendicolare alla direzione del fascio ultrasonoro: in questo caso la risoluzione assiale dell'immagine M-mode ricostruita è in realtà la risoluzione laterale del trasduttore.

L'effetto negativo dei fattori sopracitati (angolo e profondità) può essere ridotto con l'impiego di mezzi di contrasto e con la tecnica dell'imaging armonico. L'utilizzo dei mezzi di contrasto consiste nell'iniezione, prima dell'esame, di microbolle gassose stabilizzate, che se colpite dagli ultrasuoni si rompono o oscillano producendo un aumento delle interfacce di riflessione del fascio ultrasonoro all'interno del vaso rispetto ai tessuti circostanti e, quindi, un'

amplificazione del segnale di ritorno. Dall'interazione del fascio ultrasonoro con i tessuti e/o con le microbolle del mezzo di contrasto si generano componenti lineari e non lineari dell'eco riflessa. Le componenti lineari corrispondono alla frequenza fondamentale degli ultrasuoni emessi dal trasduttore, mentre le componenti non lineari sono multiple di un fattore 2, 3 o più della frequenza di trasmissione (II, III armonica). L'imaging armonico si basa sulle componenti non lineari dell'eco riflessa, riducendone l'intensità e di conseguenza la dispersione laterale del fascio ultrasonoro di ritorno.

Figura Ricostruzione M-mode di un'immagine ecocontrastografica. La qualità dell'immagine M-mode ricostruita dipende quindi dalla combinazione di almeno tre fattori: la qualità delle immagini bidimensionali di partenza, il frame rate e l'inclinazione della linea



di analisi. Questi tre fattori vanno ottimizzati nel singolo paziente in relazione alla struttura da esaminare. Ciò costituisce un'importante differenza rispetto alla tecnica M-mode convenzionale, che risente invece di altri fattori.

Tabella

Tabella VI. Fattori che determinano la qualità dell'immagine M-mode. "

13.19 M-mode curvilineo

Questa tecnica consente di ottenere immagini M-mode di strutture non rettilinee grazie alla possibilità di tracciare linee di analisi M-mode curve, che sono poi ricostruite nel tempo allo stesso modo delle linee di analisi rette. Un esempio immagine che si ottiene operando in questo modo è mostrata nella Fig. 25, che

rappresenta la parete del ventricolo sinistro ottenuta tracciando una linea M-mode curva partendo da immagini Color Doppler tissutale. Questo tipo di rappresentazione M-mode facilita il confronto fra i diversi segmenti miocardici perché mostra a colori le velocità di tutti i punti ventricolari permettendo di studiarne la tempistica dei movimenti.

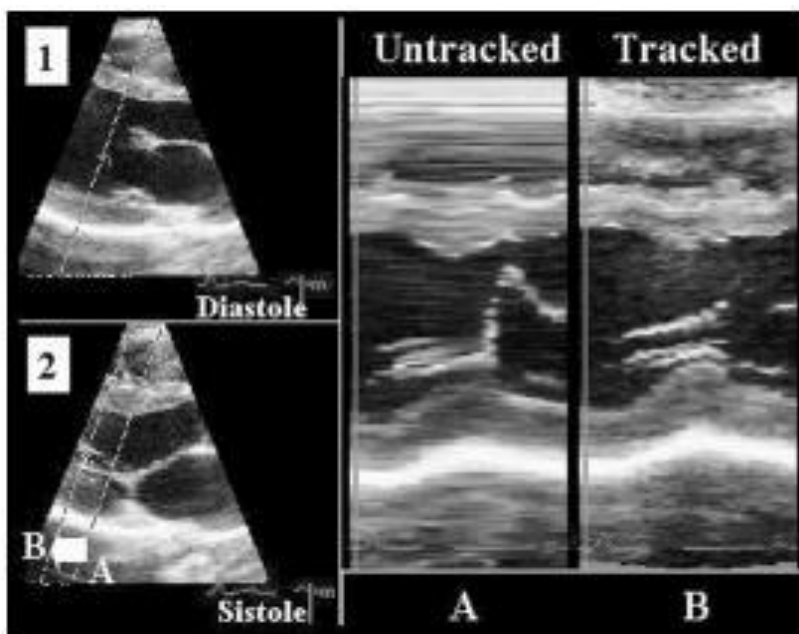
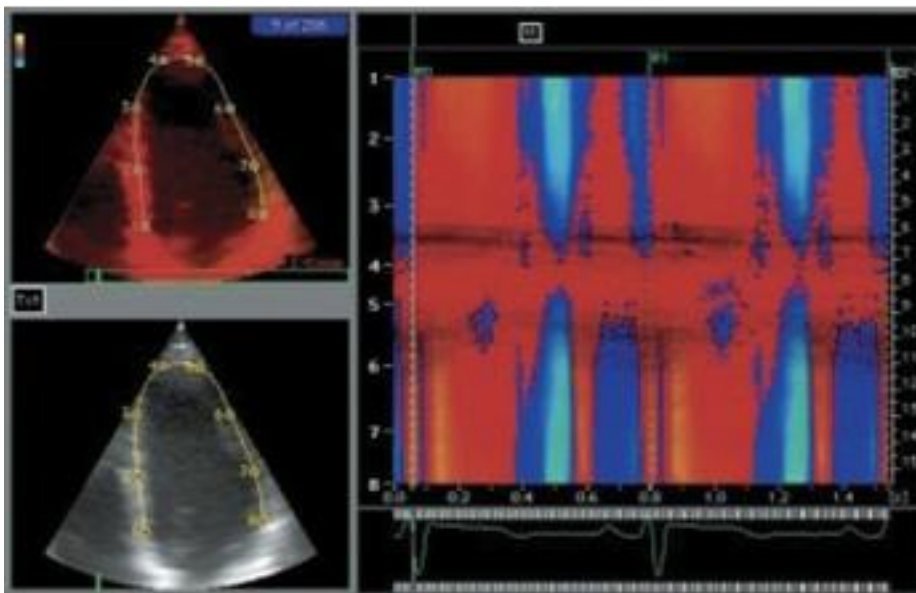
M-mode convenzionale	M-mode ricostruito
Caratteristiche acustiche del tessuto	Qualità dell'immagine bidimensionale
Frequenza di interrogazione Frame rate bidimensionale	Inclinazione della linea di analisi

Figura. Ricostruzione della parete del ventricolo sx utilizzando l'M-mode curvilineo.

13.20 Tracking

Questa funzione consente di aggiornare la posizione della linea M-mode all'interno di immagini bidimensionali consecutive: pertanto, ogni struttura che si sposta durante il ciclo cardiaco può essere effettivamente seguita (tracked) da un corrispondente spostamento della linea di analisi M-mode (Fig.26).

Figura. Effetto del tracking sulla ricostruzione M-mode delle pareti del ventricolo sinistro nella sezione parasternale asse lungo.



La tecnica M-mode viene utilizzata sostanzialmente per la valutazione delle dimensioni lineari delle strutture cardiache (diametri, spessori, ecc.); essa può essere inoltre utilizzata anche per la valutazione di fini movimenti (fluttering mitralico, corde tendinee rotte, vegetazioni, ecc.) o di eventi di breve durata, che sono al di là della capacità di risoluzione della tecnica bidimensionale. Infatti la caratteristica più importante della tecnica M-mode è l'elevata velocità di campionamento, che consente quindi di valutare l'andamento nel tempo degli eventi cardiaci, anche se di breve durata. La presentazione grafica del tracciato sostanzialmente molto semplice, lo rende facilmente e rapidamente interpretabile, in particolare dopo l'introduzione della tecnica ricostruita. La ricostruzione M-mode infatti migliora l'accuratezza e la riproducibilità delle misure lineari delle camere cardiache (in particolare, il diametro della cavità ventricolare destra e sinistra, il diametro antero-

posteriore della radice aortica e quello dell'atrio sinistro) in confronto alla tecnica M-mode convenzionale. Anche i parametri calcolati a partire dalle misure lineari risultano più precisi utilizzando la ricostruzione M-mode rispetto all'ecocardiografia M-mode convenzionale. Ciò è dovuto al corretto allineamento della linea M-mode con il vero asse corto delle camere esaminate (ventricoli, atrio, aorta) nella sezione parasternale asse lungo; questa correzione "anatomica" determina anche il nome di una delle tecniche di ricostruzione M-mode (anatomical M-mode). In genere il tracciato M-mode viene ottenuto a partire da una sezione bidimensionale parasternale trasversale o longitudinale del ventricolo sinistro.

La prima struttura visualizzata è di solito il ventricolo destro, ma vista la variabilità morfologica di questa struttura, le misurazioni ottenibili sono solo un'approssimazione delle reali dimensioni del ventricolo. Quando la finestra parasternale non risulta ottimale, può essere utilizzata quella sottocostale. Anche se in questo approccio il fascio ultrasonoro attraversa il ventricolo sinistro da una posizione diversa, le misurazioni ottenibili correlano con quelle parasternali, tranne che in caso di estese alterazioni della cinetica delle strutture cardiache. Queste misure tuttavia sono caratterizzate da una maggiore variabilità, forse per la maggiore difficoltà di ottenere un

allineamento del fascio ultrasonoro che sia veramente perpendicolare al ventricolo stesso. Altri approcci (apicale, soprasternale), sono utilizzati solo in casi molto limitati. L'esame M-mode comprende in genere la valutazione dell'aorta ascendente, dell'atrio sinistro, del ventricolo sinistro, delle quattro valvole cardiache, in particolare della mitrale e dell'aortica, ed in parte del ventricolo destro.

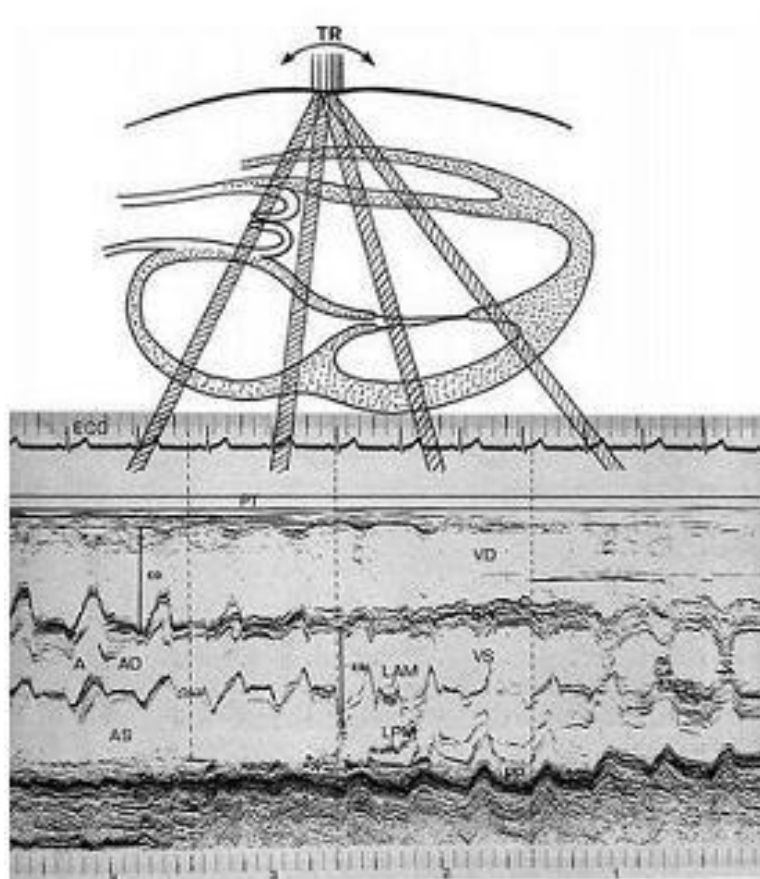


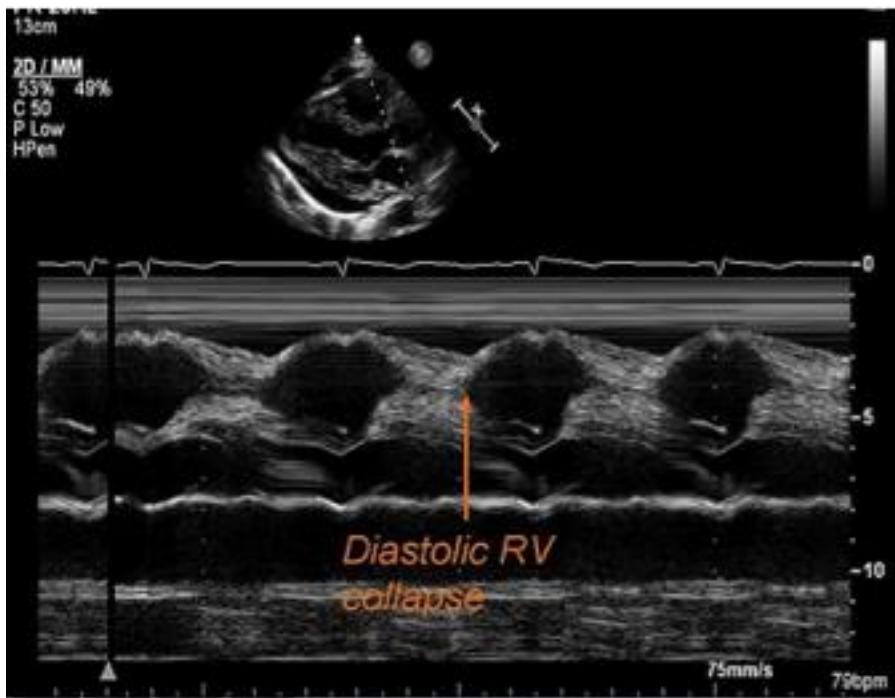
Figura . Scansione ecocardiografica completa in M-mode.

Ventricoli

13.21 Ventricolo destro

E' fra le strutture più difficili da visualizzare, per una serie di motivi. Il primo è che la finestra ecocardiografica è limitata, poiché il ventricolo destro si trova in gran parte dietro lo sterno; inoltre le sue pareti sono in genere sottili e trabecolate, cioè presentano dei tipici rilievi muscolari sulla superficie interna, il che rende difficile definire con esattezza i limiti fra cavità e pareti stesse. Infine la complessità della geometria tridimensionale rendono difficile la standardizzazione delle immagini relative al ventricolo destro nonché le misurazioni eventualmente ottenibili. In genere è possibile ricavare una valutazione del diametro antero-posteriore del ventricolo destro, ottenuta usualmente durante la diastole ed in fase espiratoria per evitare le interferenze del respiro sul riempimento ventricolare; per le altre valutazioni (presenza ed entità di una dilatazione del ventricolo, sovraccarico, ecc.) l'esame bidimensionale è nettamente superiore.

Figura. Esempio di collasso diastolico del ventricolo destro.



Ventricolo sinistro

Il ventricolo sinistro è costituito da una cavità delimitata da due pareti: quella anteriore e il setto interventricolare, quella posteriore e la parete posteriore del ventricolo stesso. Le principali applicazioni della tecnica M-mode nella valutazione del ventricolo sinistro sono sostanzialmente rappresentate dalle misurazioni delle dimensioni e degli spessori. Affinché siano attendibili è indispensabile identificare con esattezza l'endocardio, la membrana che riveste internamente tutte le cavità cardiache e le superfici valvolari, anche se a volte possono insorgere delle difficoltà per la presenza di corde tendinee o di trabecole; queste ultime possono produrre echi multipli perché la loro superficie irregolare e la loro posizione profonda mettono in particolare risalto i fenomeni legati alla divergenza del fascio ultrasonoro.

Per facilitare queste misurazioni è opportuno applicare l'M-mode ricostruito, che essendo ricavato dallo stesso piano di scansione dell'immagine bidimensionale rende possibile il confronto dei risultati ottenuti con le due tecniche. Inoltre la ricostruzione M-mode può essere utilizzata insieme a nuovi algoritmi per il riconoscimento automatico dei bordi; questa possibilità è stata anche indicata come M-mode "dinamico".

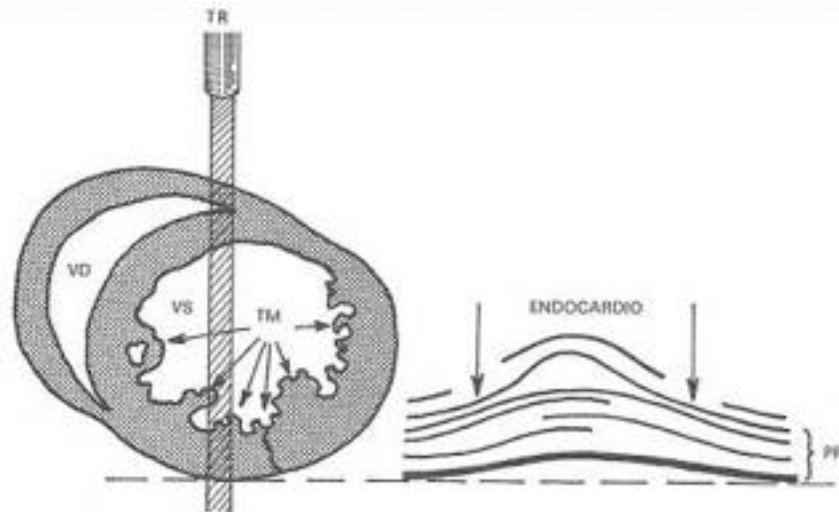


Figura. Difficoltà interpretative a livello della parete posteriore del ventricolo sinistro (PP) causate dalle trabecole muscolari (TM).

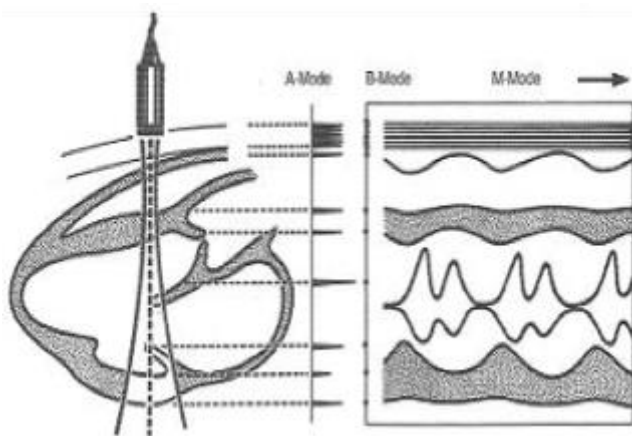


Figura Misurazione tramite M-mode del diametro del ventricolo sinistro.

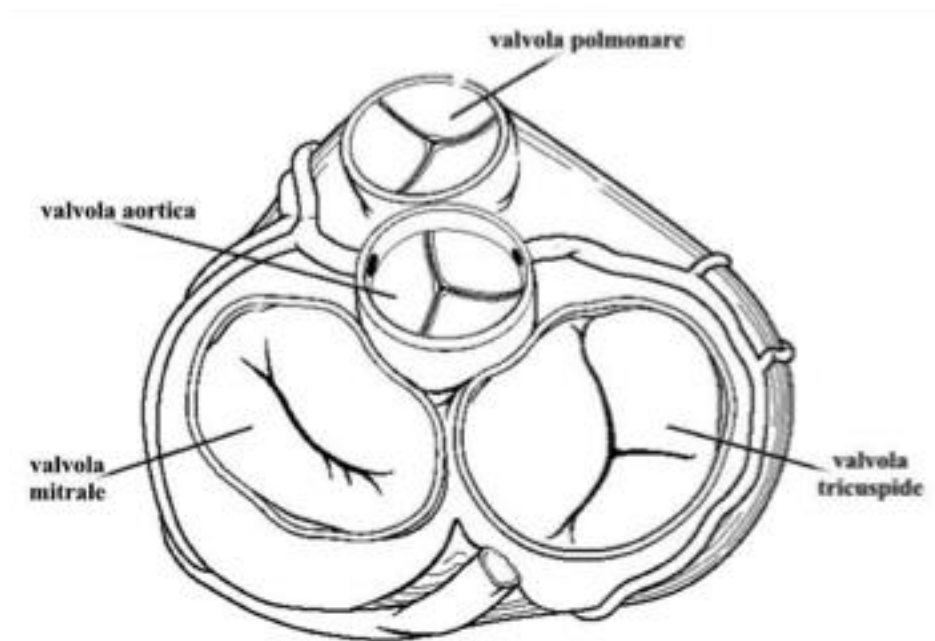
Da queste semplici dimensioni lineari possono essere ottenuti poi degli indici molto più sofisticati (volume, massa, stress di parete), che tuttavia possono avere delle limitazioni di affidabilità legate alla difficoltà di estrapolare da una singola dimensione lineare un dato che esprima concetti più complessi. La ricostruzione M-mode migliora inoltre la valutazione della funzione del ventricolo sinistro nella cardiopatia ischemica (malattia in cui, a seguito di una progressiva ostruzione del flusso di sangue nelle arterie coronarie, viene a mancare un adeguato rifornimento di ossigeno ad una parte di cuore), permettendo una valutazione più oggettiva di quest'alterazione rispetto all'ecocardiografia bidimensionale convenzionale.

Mediante M-mode curvilineo e Doppler tissutale è stata anche studiata la tempistica dell'attivazione meccanica del ventricolo sinistro: è stato osservato che in un cuore sano le

pareti del ventricolo (il setto e la parete posteriore) si contraggono praticamente in simultanea per pompare il sangue verso l'aorta.

13.22 Valvole cardiache

Figura. Valvole cardiache in sezione ortogonale.



13.23 Valvola aortica

La valvola aortica regola il flusso sanguigno dal cuore verso il sistema circolatorio. Localizzata presso l'orifizio che collega l'aorta al ventricolo sinistro, ha una struttura a nido di rondine ed è composta da tre lembi dette cuspidi, la cui posizione sfalsata assicura la chiusura del vaso impedendo il reflusso del sangue nel ventricolo.

Per visualizzare in modo ottimale la valvola aortica in trasduttore viene posizionato perpendicolarmente all'asse longitudinale del vaso, a livello delle cuspidi. In condizioni normali le cuspidi aortiche si separano bruscamente all'inizio della sistole, rimanendo parallele tra loro, per poi riunirsi velocemente e restare chiuse per tutta la durata della diastole fino alla sistole successiva. Nel complesso l'immagine sistolica è quella di un rettangolo, ed è nota comunemente come scatola aortica; essa viene considerata adeguata se vengono visualizzate contemporaneamente le massime escursioni di due delle tre

cuspidi. Il movimento delle cuspidi aortiche riflette ovviamente il flusso attraverso la valvola, e può essere utilizzato per calcolare i tempi sistolici.

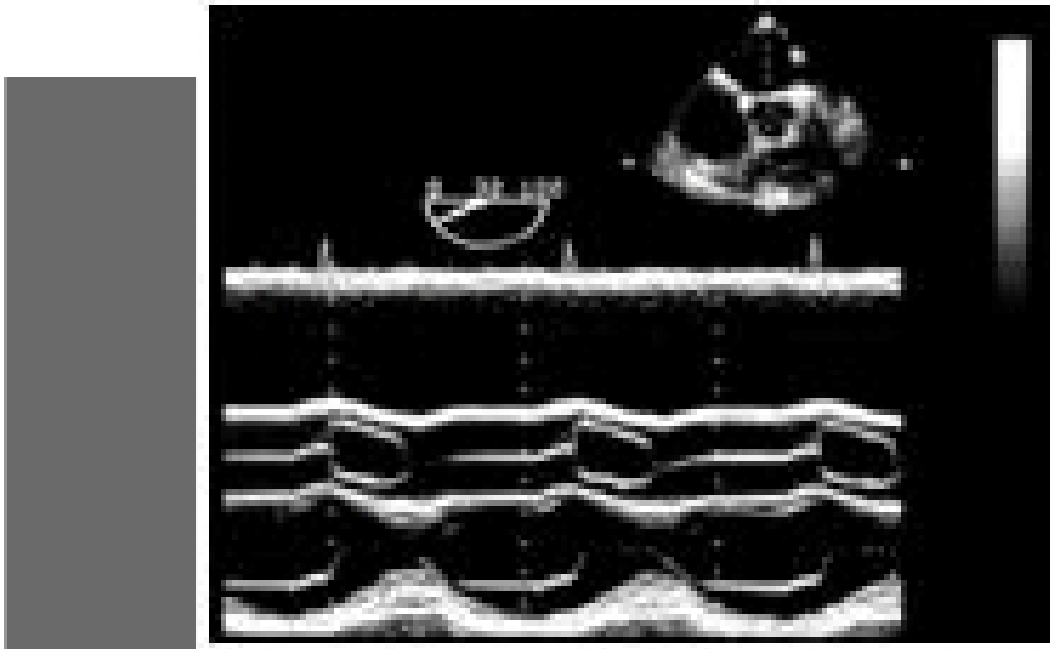


Figura. Visualizzazione della "scatola aortica" formata dalle cuspidi della valvola aortica.

13.24 Valvola mitrale

In passato la valvola mitrale, che regola il flusso sanguigno tra l'atrio sinistro ed il ventricolo sinistro, era considerata il punto di riferimento per la ricerca delle altre strutture durante un esame ecocardiografico, a causa della peculiarità del suo aspetto e dei suoi movimenti che la rendono facilmente riconoscibile. Essa infatti ha una forma leggermente ovale e presenta due cuspidi: una, più grande, posta in avanti e medialmente (cuspidi anteriore o aortica); l'altra, più piccola, posta indietro e lateralmente (cuspidi posteriore).

L'aspetto M-mode di una valvola mitrale è molto tipico: il movimento del lembo anteriore ricorda quello di una M, quello del posteriore ha movimenti speculari, ma più piccoli. Ad ogni modo, l'immagine della mitrale non risulta sempre ben definita, sia per la presenza delle corde tendinee, che talora possono essere confuse con i lembi stessi, sia per i problemi di risoluzione laterale. L'M-mode può risultare molto utile nella valutazione del movimento della mitrale, ed in particolare per il riconoscimento di fini movimenti di vibrazione (fluttering dei

lembi mitralici), non evidenziabili mediante la tecnica bidimensionale, legati a infezioni (vegetazioni) o rotture delle corde tendinee.

Dal tracciato M-mode della mitrale sono state ricavate varie misurazioni, alcune delle quali venivano utilizzate anche per avere una valutazione dell'andamento dei riempimenti e quindi delle pressioni intraventricolari.

Una parte di queste misurazioni sono cadute in sostanziale disuso dopo lo sviluppo della tecnica bidimensionale ed in particolare del Doppler e, comunque risentono di alcune limitazioni concettuali legate alla difficoltà di estrapolare dei parametri di riempimento a partire da un esame che registra solo l'andamento del movimento dei lembi nel tempo.

Alcuni autori hanno applicato la ricostruzione M-mode allo studio del movimento dell'anello mitralico, ritenuto indice della funzione globale del ventricolo sinistro, e hanno mostrato che lo spostamento dell'anello durante la sistole è meglio valutabile con M-mode ricostruito che con ecocardiografia M-mode convenzionale. Infatti, ottimizzando l'angolazione delle linee di ricostruzione M-mode, si possono evitare gli echi potenzialmente confondenti provenienti dalle pareti del ventricolo sinistro o dai muscoli papillari.

Figura Movimento a M caratteristico di un lembo della valvola mitrale.

M-mode convenzionale. Infatti, ottimizzando l'angolazione delle linee di ricostruzione M-mode, si possono evitare gli echi potenzialmente confondenti provenienti dalle pareti del ventricolo sinistro o dai muscoli papillari.

"

13.25 Valvola tricuspide

La valvola tricuspide è una valvola di forma ovale che regola il flusso sanguigno tra l'atrio destro ed il ventricolo destro e deve il suo nome alle tre cuspidi da cui è composta. E' difficile da visualizzare mediante M-mode a causa della sua posizione anatomica e dell'orientamento delle cuspidi, il cui movimento ricorda quello dei lembi mitralici, anche se meno ampio. Un'altra applicazione della ricostruzione M-mode è la valutazione simultanea non invasiva dei movimenti di apertura e di chiusura delle valvole mitrale e tricuspide. Ciò può essere utile in alcune situazioni cliniche, fra cui la differenziazione tra flutter e fibrillazione atriale in pazienti con elettrocardiogrammi dubbi.

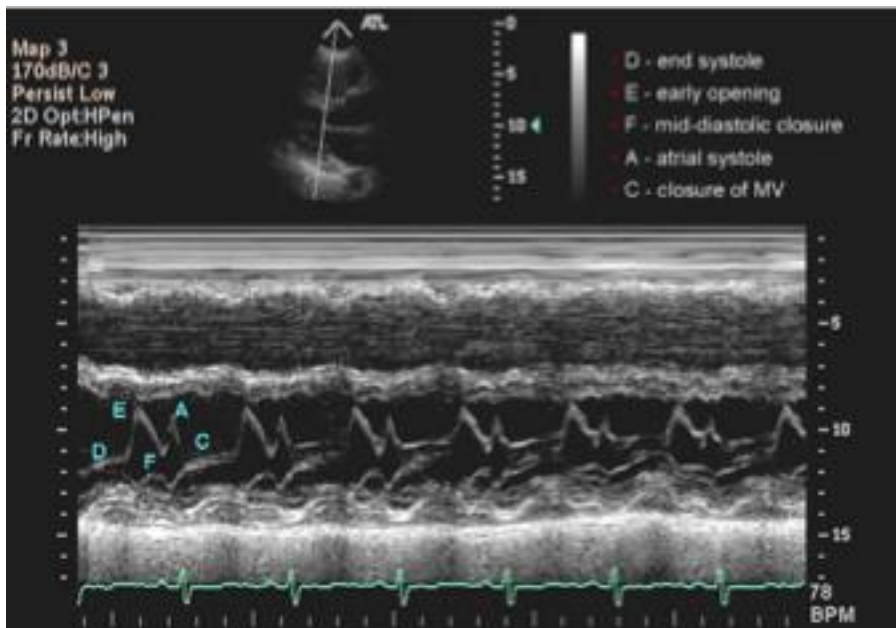


Figura Visualizzazione del movimento della valvola tricuspide.

Nei soggetti normali l'apertura della tricuspide precede quella della mitrale (vedi Fig. 34); nei soggetti affetti da flutter atriale (aritmia sopraventricolare misurabile in termini di "battiti" degli atri) l'apertura della mitrale precede quella della tricuspide; nei soggetti affetti da fibrillazione atriale (aritmia incontrollata degli atri) le due valvole si aprono in genere contemporaneamente, anche se vi è una certa variabilità fra i pazienti.

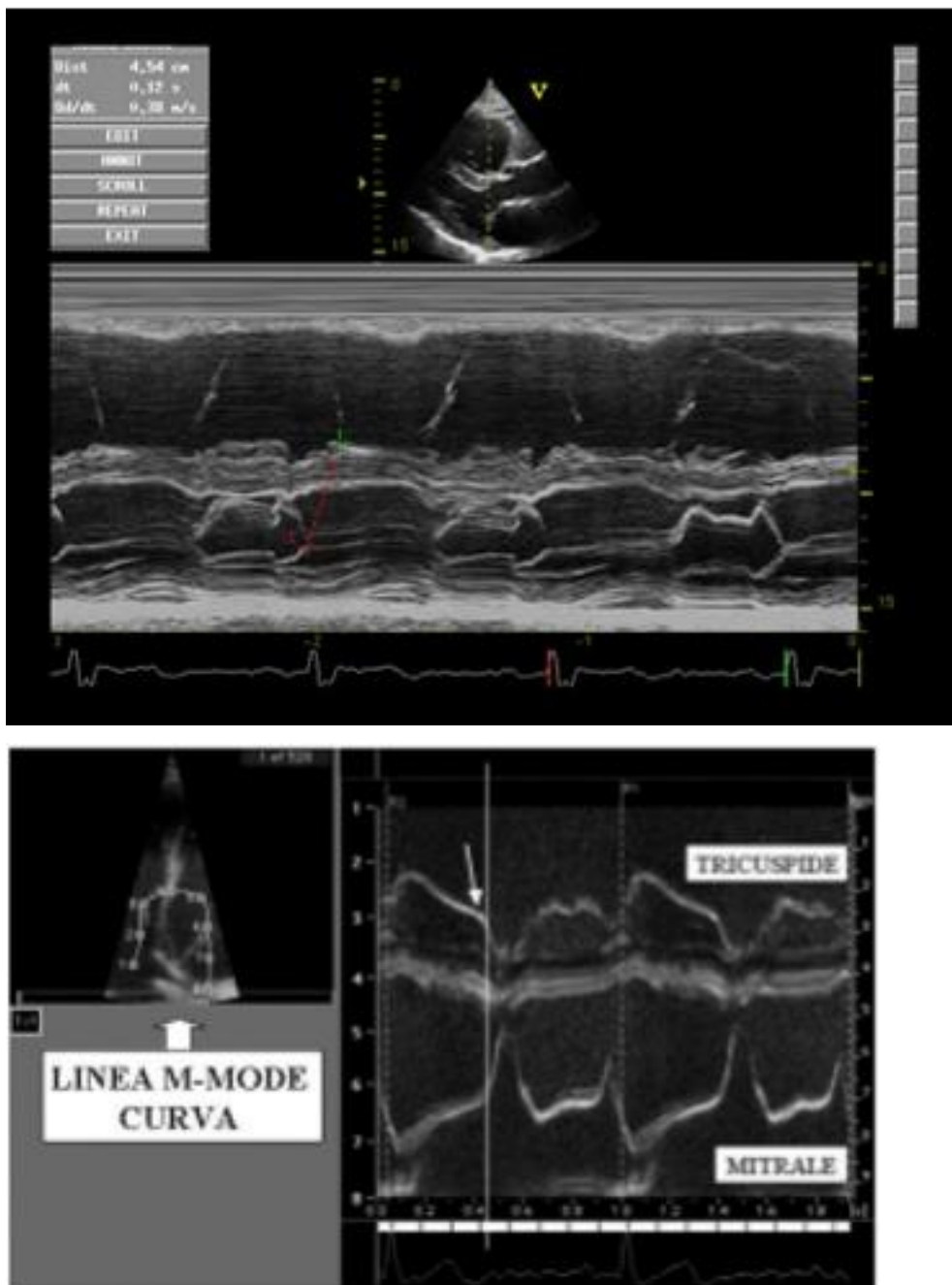


Figura Confronto tra i momenti di apertura e di chiusura delle valvole tricuspid e mitrale.

13.25 Valvola polmonare

La valvola polmonare regola il flusso sanguigno dal cuore verso la circolazione polmonare. Questa è la più difficile da registrare mediante M-mode, a causa della sua posizione e per l'interferenza dei polmoni. In genere, infatti, viene visualizzata solo una cuspid, la posteriore, oltretutto in modo spesso incompleto.

13.26 Atrio sinistro

L'atrio sinistro si trova subito dietro l'aorta e viene registrato dalla stessa posizione; benché la parete anteriore dell'atrio e la parete posteriore dell'aorta siano due strutture separate, esse producono un singolo eco lineare.

I movimenti delle pareti atriali non sono così ampi come quelli delle pareti ventricolari, e dipendono dal riempimento e dallo svuotamento dell'atrio stesso.



Figura. Color M-mode Doppler dell'arteria polmonare. A dx si può osservare il movimento di una cuspidè della valvola polmonare (V).

Durante la sistole ventricolare la cavità atriale si riempie, ed il movimento della parete atriale è diretto anteriormente; con l'inizio della diastole l'atrio si svuota ed il movimento della parete diventa posteriore; segue poi un periodo di scarso o assente movimento (diastasi), infine con la contrazione atriale c'è un ulteriore spostamento posteriore. Generalmente la cavità atriale è priva di echi, a meno che nel corso della registrazione non si usino guadagni troppo elevati; per questo motivo l'identificazione di masse endocavitarie mediante tecnica M-mode è rara.

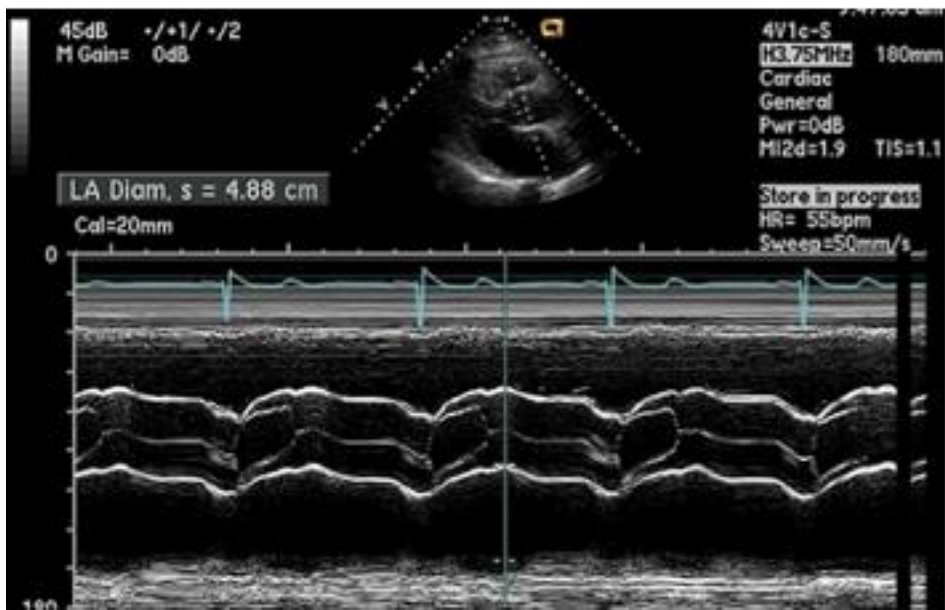
Figura. Misurazione tramite M-mode del diametro dell'atrio sinistro. "

13.27. Strain Rate Analysis (Speckle Tracking)

L' ϵ è la deformazione di un oggetto rispetto alla sua dimensione originaria ed è espresso come percentuale. Per ogni oggetto unidimensionale, con una sola possibile deformazione (per esempio allungamento), la deformazione fisica di ϵ è la variazione di lunghezza dell'oggetto rispetto alla sua lunghezza originaria:

$$\epsilon = L - L_0 / L_0$$

dove L è la lunghezza dell'oggetto dopo la deformazione e L_0 la sua lunghezza originaria.



Lo Strain Rate è la velocità con cui si verifica la deformazione miocardica, ed è espresso in l/s. $SR = (L - L_0 / L_0) / T$

La curva di ϵ regionale rappresenta la deformazione miocardica durante l'intero ciclo cardiaco.

Questa grandezza, espressa in percentuale, prende il nome di **Strain**. Dallo Strain Rate regionale, calcolando l'integrale, si ottiene lo Strain regionale. La contrazione del cuore avviene lungo tre piani:

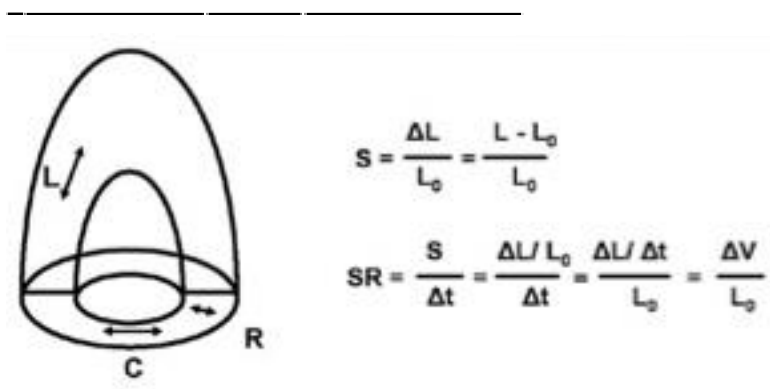
- **longitudinale** (accorciamento-allungamento del ventricolo per l'avvicinarsi del piano atrio-ventricolare all'apice cardiaco durante la sistole ed il suo allontanamento durante la diastole);

- **radiale** (ispessimento o assottigliamento delle pareti ventricolari);
- **circonferenziale** (movimento di twisting-untwisting che avviene durante la fase di contrazione

isovolumetrica e di rilascio isovolumetrico);

La metodologia oggi disponibile rende possibile studiare lo SR lungo tutti e tre i suddetti piani. Il principio fondamentale dell'analisi di **speckle-tracking** si basa sull'assunzione che ogni segmento miocardico è caratterizzato da un peculiare ed unico pattern di grigi all'immagine bidimensionale ("speckle pattern"). Una volta identificato tale pattern il software è in grado di seguire il segmento miocardico lungo tutto il ciclo cardiaco fornendo informazioni circa le velocità e le deformazioni attive del segmento.

figura 37. L: longitudinale; R: radiale; C: circonferenziale. S: strain; ΔL : variazione assoluta di lunghezza; L_0 : lunghezza basale. SR: strain rate; Δt : intervallo temporale; ΔV : gradiente di velocità nel segmento studiato.



13.28 Vantaggi Speckle Tracking

La valutazione di nuove strategie terapeutiche, farmacologiche e non, che possono influenzare la funzione ventricolare, potrebbero beneficiare di una tecnica di imaging come lo SR/ε che è non invasiva, economica ed altamente sensibile come è l'ecocardiografia. Gli indici ecocardiografici convenzionali, utilizzati per monitorare variazioni funzionali (frazione di accorciamento e frazione di eiezione) e morfologiche del ventricolo sinistro, hanno scarsa sensibilità, cosicché, ad oggi, per individuare variazione della funzione ventricolare o nella

massa ventricolare sinistra, sono necessari lunghi periodi di follow-up, con variazioni spesso misurabili solo a livello di gruppo.

Ciò comporta l'assunzione da parte del paziente, per lunghi periodi di tempo, di farmaci che, quando non siano dannosi, risultano inefficaci nel ridurre il danno d'organo e nel migliorare la funzione miocardica.

Lo SR/ε imaging, al contrario, è dotato di una maggiore sensibilità, rispetto agli indici ecocardiografici tradizionali. Le metodiche basate sullo **strain** e **strain rate analysis**, che consentono di valutare la contrattilità del miocardio, analizzano la funzione ventricolare diastolica e sistolica sinistra.

Lo strain rate (l/s) è la derivata spaziale della velocità del tessuto (mm/s), e lo strain (%) è l'integrale

temporale dello strain rate, tutti questi tre parametri sono matematicamente legati l'uno all'altro.

Lo strain sistolico è direttamente correlato alla frazione di eiezione mentre lo strain rate al picco sistolico è associato alla contrattilità del miocardio.

Attualmente sono disponibili due differenti metodi per calcolare la deformazione miocardica: lo strain derivato dal **Tissue Doppler** e lo **strain bidimensionale** derivato dall'immagine ultrasonografica B-mode. In seguito descriverò le due metodiche analizzandone i limiti di utilizzo e valutando quella migliore per il progetto in questione.

13.29 Tissue Doppler Imaging

Una recente applicazione ecocardiografica è il Doppler Tissutale (TDI) un'evoluzione del Doppler convenzionale, che consente modificando l'ampiezza dei filtri ed algoritmi interni degli ecocardiografi di valutare la velocità di movimento della parete miocardica. Il Tissue Doppler Imaging è caratterizzato da segnali a basse velocità e da alte ampiezze a differenza del Doppler convenzionale che utilizza segnali provenienti dal flusso ematico ad alta velocità e bassa ampiezza.

Le nuove tecnologie basate su questa metodica consentono di ottenere attraverso l'uso degli ultrasuoni nuovi parametri di funzione ventricolare come la velocità e lo spostamento del miocardio e degli anelli atrio-ventricolari durante il ciclo cardiaco.

L'accorciamento del miocardio genera un incremento graduale delle velocità dall'apice all'anulus del ventricolo chiamato gradiente di velocità. Questa valutazione è di tipo monodimensionale e permette di calcolare la deformazione attraverso la velocità lungo il fascio ultrasonico.

Il Tissue Doppler Imaging viene utilizzato nel progetto in questo elaborato, ne ho preso visione per mettere in luce uno degli importanti limiti che ha, l'angolo dipendenza. Come possiamo vedere nella figura riportata. La differenza tra Tissue Doppler Imaging e la metodica Speckle Tracking bidimensionale sta nel fatto che quest'ultima è una tecnica angolo indipendente che permette di seguire i movimenti degli speckle in ogni direzione. La deformazione miocardica viene rappresentata dallo spostamento spaziale degli speckle che si realizza durante il ciclo cardiaco nelle tre direzioni spaziali: longitudinale, radiale, circonferenziale.

Durante la diastole, nei soggetti sani, la base esegue una rotazione in senso antiorario mentre l'apice del ventricolo in senso orario, invece, durante la fase di eiezione l'apice ruota in senso antiorario mentre la base in senso orario. Da un punto di vista matematico i diversi parametri della meccanica del miocardio possono essere così descritti :

- **Rotazione (gradi):** spostamento angolare di un segmento miocardico, in proiezione asse corto, intorno all'asse longitudinale del VS, misurato in un singolo piano.
- **Torsione (gradi):** rappresenta la netta differenza tra la rotazione dell'apice rispetto a quella della base, calcolato tra due piani trasversali in proiezione asse corto del VS.
- **Gradiente torsionale (gradi/cm):** è definito come torsione normalizzata rispetto alla lunghezza del ventricolo definita dalla base fino all'apice. Tiene conto del fatto che un ventricolo più lungo possiede un angolo di torsione più ampio. Queste grandezze vengono valutate con l'aiuto di questa tecnica che è in grado di derivarle a partire da tre diversi parametri di deformazione :

- **Strain longitudinale:** rappresenta la contrazione dalla base verso l'apice.
- **Strain radiale(transmurale):** nella proiezione asse corto è perpendicolare sia all'asse lungo sia all'epicardio. In questo modo, la deformazione radiale rappresenta l'ispessimento e

l'assottigliamento del miocardio.

- **Strain circonferenziale:** rappresenta il cambiamento del raggio nella proiezione asse corto,

perpendicolare all'asse lungo e all'asse radiale.

"

La deformazione longitudinale è valutata a partire dalla proiezione apicale del ventricolo sinistro, mentre la deformazione circonferenziale e trasmurale dalla proiezione asse corto. E' inoltre possibile valutarli globalmente, cioè su tutto il miocardio, o localmente, cioè sui singoli segmenti che costituiscono l'intero miocardio.

Le caratteristiche di tale metodica sono:

1. la possibilità di misurare come per il Doppler tutti i parametri: spostamento, velocità, strain e strain rate
2. la qualità dei dati dipende dalla qualità delle immagini bidimensionali e dal corretto posizionamento della regione di interesse
3. a differenza del Doppler in cui vengono selezionate delle aree di interesse (tipicamente 12 mm x 6 mm) all'interno della parete miocardica, con lo speckle tracking vengono automaticamente selezionati i segmenti miocardici. I valori di strain ottenuti rappresentano la media dei valori all'interno del segmento
4. l'assenza di angolo-dipendenza con il fascio ultrasonoro rende misurabile in tutti i segmenti miocardici (asse lungo apicale e asse corto parasternale) la deformazione longitudinale, radiale e circonferenziale. In particolare per ogni segmento analizzato è possibile ricavare l'informazione di deformazione contemporaneamente in due direzioni ortogonali (da cui 2-Dimensional strain o semplicemente "2-D strain" mentre il Doppler strain viene da alcuni definito 1- Dimensional strain) "
5. la possibilità di calcolare automaticamente lo strain globale come media di tutti i segmenti.
6. la rapidità di esecuzione della misura
7. la maggiore automaticità che riduce la variabilità intra e interoperatore. Attraverso le tecniche di imaging descritte in questo elaborato siamo in grado di studiare la meccanica

del miocardio in particolare di focalizzare l'attenzione sull'analisi della funzionalità ventricolare.

vantaggi tecniche ecocardiografiche		
tecnica	vantaggi	svantaggi
Doppler convenzionale	• Valutazione facile e rapida della funzione diastolica • Disponibile ovunque	• In alcuni casi valutazione insufficiente
Doppler tissutale	• Promettente per riconoscere il danno precoce • Non dipende dalla qualità delle immagini ecocardiografiche	• Non disponibile ovunque
Speckle tracking	Promettente per riconoscere il danno precoce	• Dipende dalla qualità delle immagini ecocardiografiche • Non disponibile ovunque

Tabella VII. Vantaggi tecniche ecocardiografiche

13.30 Indici di funzionalità ventricolare

Come si è discusso in precedenza, la frazione di eiezione presa singolarmente è poco affidabile nel valutare e predire lo sviluppo dello scompenso cardiaco. Definiamo indici di funzionalità ventricolare i parametri che verranno utilizzati nell'elaborato come indici di disfunzione ventricolare e possibili predittori di scompenso. La stima delle dimensioni e della funzione sistolica globale dei ventricoli ha mostrato di possedere un valore prognostico significativo in un ampio spettro di cardiopatie.

Capitolo 14

14.1 Sviluppo e applicazioni della bia

La bioimpedenziometria (BIA) ha una storia recente. E' stata descritta per la prima volta da Thomasset solo nel 1963

Nel 1969 Hoffer fu il primo ad applicare questa metodica con lo scopo di misurare l'acqua corporea totale elaborando un modello che mostrava come l'acqua corporea totale (V) poteva essere stimata dalle misurazioni dell'impedenza dell'intero corpo (Z):

$$V = \rho S^2 / Z$$

dove ρ è la resistività ed S l'altezza. Tale metodica della bioimpedenziometria cominciò ad acquisire importanza con i lavori di Nyboer nei primi anni '70. Negli anni '80 nasce la valutazione della composizione corporea con la BIA convenzionale; negli anni '90 tale tecnica viene modificata dall'introduzione della BIA vettoriale che ne migliora l'accuratezza. La BIA per la valutazione della composizione corporea ha raggiunto l'attuale caratterizzazione di metodo non invasivo, poco costoso, di semplice esecuzione in qualsiasi contesto clinico (dall'ambulatorio alla terapia intensiva), riproducibile e adatto alla routine.

Attualmente i campi di applicazione della bioimpedenziometria sono molteplici:

Medicina di base: controllo dello stato nutrizionale del soggetto, specialmente nei pazienti obesi o in sovrappeso, identificazione degli stati depletivi della massa cellulare causati da patologia, individuazione delle alterazioni idro-elettrolitiche per la diagnosi precoce dello scompenso cardiaco, verifica del dosaggio dei diuretici.

Medicina dello sport: controllo dell'idratazione corporea, monitoraggio di eventuali variazioni nella composizione corporea in termini di massa muscolare e massa grassa, individuazione degli stati catabolici causati da un allenamento intenso o da un'inadeguata introduzione proteica con la dieta.

Ostetricia e ginecologia: monitoraggio delle variazioni ponderali della gestante e della ritenzione idrica.

Nutrizione artificiale: valutazione iniziale dello stato di nutrizione dell'individuo per l'impostazione del programma nutrizionale più adeguato e per il follow-up.

Dietologia: controllo delle variazioni dei compartimenti corporei nei programmi alimentari dedicati, valutazione dello stato di idratazione e della massa cellulare.

Terapia intensiva e rianimazione: impostazione e controllo delle terapie di alimentazione artificiale, prevenzione e controllo delle complicanze per cui sono a rischio i pazienti ricoverati in questi reparti, quali gli squilibri elettrolitici e gli stati catabolici.

Nefrologia e dialisi: individuazione del peso secco ideale di ciascun paziente per personalizzare la seduta di emodialisi, monitoraggio dei liquidi corporei per indagare la necessità di dialisi e valutazione dello stato idrico pre e post dialitico .

Oncologia e HIV: individuazione di quei pazienti affetti da riduzione della massa cellulare o con bilancio idrico alterato dalle terapie; l'angolo di fase è indice prognostico di sopravvivenza .

COSA MISURA LA BIA?

Lo scopo della BIA è quello di misurare molti aspetti della composizione corporea (figura)

Massa grassa corporea (Fat Mass, FM)

Massa non grassa corporea (Fat Free Mass, FFM) a sua volta suddivisa in:

- massa corporea extracellulare (ExtraCellular Mass, ECM)
- massa corporea cellulare (Body Cell Mass, BCM)

Acqua corporea totale (Total Body Water, TBW) suddivisa in:

- Acqua intracellulare (IntraCellular Water, ICW)
- Acqua extracellulare (ExtraCellular Water, ECW)

Come si può vedere nella figura i fluidi sono contenuti in maggiore quantità nella massa non grassa, perché gli adipociti sono meno idratati.

Figura- Relazione tra massa corporea e acqua. TBW: acqua totale corporea; ICW: acqua intracellulare; ECW: acqua extracellulare; FFM: massa magra; BCM: massa cellulare metabolicamente attiva; ECM: massa extracellulare; FM: grasso corporeo.

DEFINIZIONE E BASI FISICHE DELLA BIA

La bioimpedenziometria è la misura dell'impedenza bioelettrica nei tessuti biologici.

L'IMPEDENZA (Z) è l'opposizione misurabile di un corpo al passaggio della corrente elettrica. E' data dalla somma di due componenti elettriche quantificabili:

La RESISTENZA (R) : è la proprietà di un corpo di opporsi al passaggio della corrente elettrica attraverso di esso e risulta inversamente correlata alla conducibilità: più un tessuto è ricco di acqua minore è la sua resistenza e maggiore è la conducibilità; viceversa, se ne è povero, la resistenza è maggiore a fronte di una più scarsa conducibilità.

La REATTANZA (Xc): è la capacità di un corpo di comportarsi da condensatore, accumulando le cariche elettriche sulla sua superficie. E' direttamente proporzionale alla quantità di membrane cellulari attive, ovvero alla massa cellulare corporea.

$$\text{IMPEDENZA } Z^2 = \text{RESISTENZA } R^2 + \text{REATTANZA } Xc^2$$

Le strutture dell'organismo umano oppongono una forza diversa al flusso di corrente che le attraversa a seconda della loro costituzione.

I tessuti si possono comportare da:

NON CONDUTTORI: non si lasciano attraversare dalla corrente (osso)

CATTIVI CONDUTTORI: si lasciano attraversare poco dalla corrente (adipe)

BUONI CONDUTTORI: si lasciano attraversare bene dalla corrente (tessuti magri, ricchi di acqua)

DIELETTICI: trattengono le cariche (membrane cellulari)

Nei sistemi biologici, la conduzione elettrica è legata alla distribuzione dell'acqua e degli ioni nel conduttore. Poiché la massa non grassa corporea (FFM, fat free mass) contiene

praticamente la gran parte dell'acqua e degli elettroliti del corpo, la conducibilità è maggiore in questa che non nella massa grassa del corpo (FM, fat mass).

LE TIPOLOGIE DI BIA

OPZIONI PER LA POSIZIONE DEGLI ELETTRODI

- BIA DISTALE. E'una tecnica tetrapolare.

E' quella più utilizzata nelle rilevazioni della bioimpedenziometria a corpo intero e pertanto è anche definita standard. Vengono applicati quattro elettrodi cutanei, simili a quelli utilizzati in elettrocardiografia.

Una coppia di elettrodi è posizionata sul dorso della mano (generalmente è preferito il lato destro), uno sull'articolazione metacarpo-falangea del III dito (elettrodo iniettore), e l'altro sull'articolazione radio-ulnare (elettrodo sensore), e una coppia sul dorso del piede omolaterale, uno sull'articolazione metatarso-falangea del III dito (iniettore), e l'altro sull'articolazione tibio-tarsica (sensore).

Il paziente durante la registrazione impedenziometrica giace supino, non a contatto con elementi metallici; può tenere scoperti solo mano e piede ipsilaterali e deve mantenere gli arti inferiori divaricati di 45° e gli arti superiori abdotti di 30° per evitare contatti cutanei con il tronco.

Gli elettrodi sono connessi ai cavetti dell'analizzatore mediante quattro pinzette che fanno presa sugli elettrodi stessi.

Quando il soggetto è normoidratato, l'impedenza totale è determinata per il 50% dagli arti inferiori, per il 40% dagli arti superiori e per il 10% dal tronco

- BIA PROSSIMALE: metodo proposto da Lukaski e Scheltinga con posizionamento degli elettrodi sensori sulla fossa antecubitale del braccio e nel cavo popliteo.

La migliore accuratezza della BIA prossimale rispetto alla BIA distale per la valutazione della composizione corporea non è stata dimostrata.

- BIA SEGMENTALE: gli elettrodi vengono collocati alle estremità dell'arto superiore, inferiore e del tronco secondo varie modalità.

La tecnica, non ancora standardizzata, presenta delle difficoltà pratiche ed operative nell'identificazione dei punti di repere alla radice degli arti e del tronco, soprattutto nei soggetti edematosi od obesi.

A causa del passaggio della corrente attraverso i tessuti a cavallo dei segmenti corporei, questa modalità di rilevazione dell'impedenza mostra scarsa efficacia nella determinazione del grado di espansione dei liquidi corporei. (figura)

Figura- BIA segmentale: iniezione di corrente dalla mano (I1) al piede (I2) e varie possibili misurazioni del voltaggio: tra S1 e S2 (braccio-VA); tra S2 e S3 (tronco -VT); tra S3 e S4 (gambaVL).

OPZIONI PER LA FREQUENZA DELLA CORRENTE

- **MONOFREQUENZA:** la frequenza standard è fissata a 50 kHz.

Utilizzando una corrente di frequenza costante, l'impedenza misurata dipende solo dalle proprietà elettriche dei tessuti, in aggiunta all'errore della misurazione, stabile. E' stata selezionata la frequenza standard al valore di 50 kHz perché questa è dotata di caratteristiche ottimali, dal momento che attraversa la maggior parte delle cellule e genera un vettore di impedenza con angolo di fase massimo nello spettro di frequenze da 5 a 1.000 kHz e un rapporto massimale segnale/rumore.

Generalmente nelle misurazioni effettuate con la metodologia standard si utilizza una corrente con un'intensità di 800 microA, che è al di sotto del limite di percezione umano.

I campi elettrici che essa induce nel corpo sono inferiori ai limiti di suscettibilità elettrica di dispositivi come pacemakers o defibrillatori e non c'è motivo di temere per una possibile interferenza.

- **MULTIFREQUENZA:** viene impiegata una corrente a frequenze variabili, sulla base del principio che la corrente a bassa frequenza attraversa solo lo spazio extracellulare, mentre la corrente a frequenza elevata transita liberamente attraverso le cellule, ignorando gli effetti dielettrici dei vari tipi di tessuti . La resistenza R viene interpretata come R extracellulare

dopo la somministrazione di impulsi di corrente alternata a bassa frequenza (1-5 kHz) e come R totale (intra ed extracellulare) dopo iniezione di corrente ad alta frequenza (100-1.000 kHz). Dalla differenza dei due volumi elettrici totale ed extracellulare si ottiene il volume elettrico intracellulare (o resistenza R intracellulare). L'interpretazione dei dati ottenuti mediante una bioimpedenziometria in multifrequenza è complessa perché l'impedenza totale e quella cutanea variano, oltre che con le proprietà elettriche dei tessuti, con la frequenza della corrente iniettata. In aggiunta, può succedere che quando si somministra una corrente ad alta frequenza, la misura dell'impedenza non sia precisa con l'utilizzo di alcuni tipi di dispositivi.

OPZIONI SULL'INTERPRETAZIONE DELLA MISURA

- BIA CONVENZIONALE
- BIA VETTORIALE O BIVA

BIA CONVENZIONALE

Essa utilizza numerosi software che sfruttano equazioni di regressione che includono statura, peso, età e sesso per calcolare il volume elettrico totale (acqua corporea totale, TBW, in L) dalla componente R (resistenza), e da questo, assumendo un'idratazione costante dei tessuti molli, la massa magra (in Kg).

Per differenza della massa magra dal peso corporeo viene stimata la massa grassa. Nella maggior parte delle equazioni di regressione viene ignorata la componente reattanza (X_c). Nella Tabella I sono riportate le equazioni di regressione raccomandate in letteratura per stimare nell'adulto la TBW e la FFM.

Parametri stimati dalla BIA convenzionale: TBW (acqua corporea totale): la sua misurazione è ottenuta a partire dal rapporto fra statura (H) al quadrato e R (indice di impedenza, H^2/Z o di resistenza H^2/R) al quale vengono aggiunte altre variabili per aumentare l'accuratezza della regressione (multipla). $TBW = ICW$ (IntraCellular Water) + ECW (ExtraCellular Water, a sua volta costituita dall'acqua interstiziale e da quella vascolare) .

Il valore normale di TBW è variabile con l'età e il sesso dell'individuo.

La valutazione di un eventuale stato di disidratazione o ritenzione idrica non è effettuata sul valore di TBW, ma sulle proporzioni tra ECW/ICW.

Sono normali valori di ECW tra il 39% e il 45% della TBW.

Si parla di disidratazione se $ECW < 39\%$ della TBW, mentre se $ECW > 45\%$ della TBW si è di fronte a ritenzione idrica o a riduzione del comparto cellulare (malnutrizione, cachessia).

La differenza tra le due condizioni è possibile attraverso la valutazione della massa cellulare attiva (BCM) e dell'angolo di fase.

FFM (massa magra): si ricava dal valore della TBW.

FM (massa grassa): si ricava dalla differenza tra il peso e la FFM.

Valori di normalità sono tra 16-22% negli uomini e 20-25% nelle donne, in base all'età. Il 12% circa nella donna e il 3% circa nell'uomo costituiscono il tessuto adiposo essenziale (midollo osseo, polmoni, milza, fegato, SNC, intestino); il resto è grasso di deposito. Queste sono le percentuali che corrispondono ai valori minimi compatibili con uno stato di buona salute.

BCM (massa cellulare corporea): si ricava dai valori della reattanza misurata attraverso l'algoritmo.

Rappresenta la parte metabolicamente attiva della massa magra, responsabile del metabolismo basale e del consumo dell'ossigeno.

Sulla base di questo valore può essere calcolato dalla BIA anche il metabolismo basale. Il suo valore è espresso come percentuale rispetto al peso corporeo dell'individuo.

In condizioni fisiologiche il suo valore è tra il 40-50% del peso totale.

ECM (massa extracellulare): rappresenta lo spazio extracellulare.

È il compartimento strutturale e di sostegno metabolicamente inattivo.

La BIA convenzionale si basa sull'assunzione del corpo come di un conduttore isotropo (vale a dire che presenta le stesse caratteristiche fisiche in tutte le direzioni) con una sezione costante e il suo limite è dato dal fatto che l'attendibilità delle stime è progressivamente

ridotta quanto più ci si allontana da uno stato di normale idratazione e di massa muscolare. Infatti viene ipotizzata un'idratazione costante dei tessuti molli pari al 73%.

Dunque in assenza di alterazioni idro-elettrolitiche le correlazioni tra i vari compartimenti corporei sono costanti ed interdipendenti, tanto da permettere al clinico la valutazione quantitativa dei vari compartimenti corporei.

Tuttavia, in presenza di soggetti con alterazioni idroelettrolitiche (ritenzione idrica, edema, disidratazione lieve o grave) l'errore standard della migliore equazione ad oggi sviluppata è sempre troppo alto per permettere il suo utilizzo in qualsiasi campo clinico.

BIA VETTORIALE O BIVA

Con questa tipologia di bioimpedenziometria le due misure R e X_c , ottenute dalla BIA standard, vengono considerate simultaneamente come componenti del vettore impedenza Z .

Queste grandezze elettriche misurate vengono interpretate per mezzo di un grafico (Grafo RX_c) fornendo in questo modo una valutazione semiquantitativa dell'idratazione tissutale e dello stato nutrizionale di un individuo.

La BIA vettoriale può cogliere le variazioni di idratazione attraverso parametri indipendenti dal peso corporeo (6) e senza alcuna equazione di regressione matematica dei dati, quindi senza assumere in partenza un'idratazione costante.

Per tali motivi questo è, tra i due, il metodo più utile in ambito clinico.

Nel Grafo RX_c è collocata in ordinata la reattanza (X_c) rapportata all'altezza dell'individuo (Ohm/m) e in ascissa il valore della resistenza in rapporto all'altezza (Ohm/m).

Il vettore di impedenza di ciascun individuo è rappresentato dall'unione del punto individuato da $X_c/H - R/H$ con il punto 0 di intersezione degli assi.

E' definito angolo di fase, l'angolo che si forma tra il vettore di impedenza e l'asse delle ascisse. Rappresenta il rapporto tra la resistenza e la reattanza del corpo e si misura in gradi. Se il corpo fosse costituito solo da membrane cellulari, quindi senza fluidi (reattanza massima e resistenza nulla) si otterrebbe un angolo di fase di 90 gradi; se viceversa fosse

composto esclusivamente dai fluidi (reattanza nulla) si otterrebbe un angolo di fase di 0 gradi.

Il vettore del singolo individuo così realizzato può dunque essere confrontato con gli intervalli di riferimento della popolazione sana, di forma ellissoidale, espressi in percentili della distribuzione normale (gaussiana) bivariata (grafo probabilistico) (figura).

La prima ellissi è quella nella quale rientra il 50% della popolazione in termini di idratazione e cellularità.

La seconda ellissi è quella nella quale rientra il 75% della popolazione.

La terza ellissi comprende il 95% della popolazione.

Figura- Il vettore impedenza (Z) è confrontato con una popolazione di riferimento sana dello stesso genere. Le diverse ellissi corrispondono alle deviazioni standard. Fase=angolo di fase.

Tra le componenti R e X_c del vettore di impedenza Z è stata dimostrata una correlazione significativa sia in soggetti sani che patologici, con coefficienti di correlazione simili nei maschi e nelle femmine.

Ciò porta a dire che ad ogni variazione, fisiologica o patologica di R corrisponde una variazione proporzionale di X_c e viceversa.

Inoltre tale correlazione, valida anche per i valori di R e di X_c normalizzati per l'altezza, determina la forma ellissoidale delle distribuzioni di probabilità bivariate

Più il vettore dell'impedenza cade vicino al centro della distribuzione, più è elevata l'accuratezza degli algoritmi utilizzati per calcolare i volumi (TBW) e le masse corporee (BCM, FM, FFM) nella BIA convenzionale.

Ne consegue che tali risultati nella BIA convenzionale diventano sempre più meno attendibili quanto più ci si allontana dal centro della distribuzione.

La distribuzione normale bivariata del vettore impedenza nella popolazione sana, con tre percentili di riferimento e specifica per genere, è nota per la popolazione adulta italiana (726 soggetti, 15-85 anni, BMI). Le ellissi individuate nella popolazione di soggetti sani, specifiche

per sesso, al 50°, 75° e 95°centile, mostrano che le dimensioni sono maggiori nelle donne, in accordo con la maggiore variabilità della composizione corporea femminile.

Figura- Le ellissi di tolleranza specifiche per genere sono indicate dagli appropriati percentili, 50%, 75% e 95%. R: resistenza; Xc: reattanza; H: altezza.

Il primo approccio all'ideazione del Grafo RXc per la rappresentazione dei valori di impedenza è stato negli anni '90.

In questo studio erano stati arruolati 217 soggetti adulti caucasici, così rappresentati:

- 86 soggetti di controllo in buona salute (CS)
- 55 pazienti con insufficienza renale cronica da lieve a terminale (CRF), in terapia, con possibile presenza di edema
- 36 pazienti con sindrome nefrosica, con possibile presenza di edema (NS)
- 40 soggetti obesi con un BMI > 31 kg/m² Per ciascuno di questi 4 gruppi di studio sono stati calcolati i limiti di confidenza del 95% per i vettori medi di impedenza e riportati nel grafo RXc.

Grafico RXc medio con ellissi di confidenza al 95% per uomini (A) e donne (B) dei quattro gruppi di studio. I simboli sono: CS, soggetti di controllo in buono stato di salute; CRF, pazienti con insufficienza renale cronica; NS, pazienti con sindrome nefrosica; soggetti obesi. R è la resistenza, Xc la reattanza, H l'altezza.

Quello che si evince dalla rappresentazione grafica è che, rispetto al gruppo di controllo di soggetti sani, sia nei pazienti obesi che in quelli con patologia renale, il vettore di impedenza ha una minore lunghezza, senza una sovrapposizione di ellissi tra questi due gruppi.

Infatti il vettore medio del gruppo di soggetti obesi ha un angolo di fase significativamente maggiore rispetto a quello dei pazienti con patologia renale.

Le ellissi di confidenza al 95% dei due gruppi di pazienti con disfunzione renale (insufficienza renale vs sindrome nefrosica) si sovrappongono sia nel sesso maschile che in quello femminile.

Ciò significa che la dislocazione vettoriale tra i due gruppi non è significativamente rilevante.

Nello stesso lavoro gli autori si sono poi serviti di dati di bioimpedenziometria ricavati dalla letteratura relativamente a specifiche categorie di pazienti e li hanno messi in confronto con l'intervallo di confidenza al 95% della popolazione sana ottenendo la seguente rappresentazione grafica: (figura)

Figura - Grafo RX_c con dati presi dalla letteratura e riportati sul grafico, confrontandoli con l'ellisse di confidenza del 95% della popolazione sana, specifiche per genere. I vettori del grafico di sinistra rappresentano: atleti, soggetti con colera [ammissione con disidratazione (A), prime 24 ore di reidratazione (B), 10° giorno di idratazione (C)], soggetti sottoposti a chirurgia

[giorno preoperatorio (a), poi le infusioni di fluidi nel primo giorno postoperatorio spostano il vettore (b), e al 7° giorno dopo l'operazione il vettore medio ritorna al valore base (c)], AIDS, e ascite. I vettori del riquadro di destra sono: atleti, soggetti obesi prima e dopo un breve digiuno, soggetti con colera e anoressia nervosa. R è la resistenza, X_c la reattanza, H l'altezza.

Da questa rappresentazione grafica si deduce che la metodica di analisi vettoriale di bioimpedenza è potenzialmente molto utile per valutare in maniera diretta:

l'IDRATAZIONE CORPOREA, che è rappresentata dalla lunghezza del vettore di impedenza: l'allungamento del vettore è associato ad uno stato di disidratazione, l'accorciamento è associato all'iperidratazione (ritenzione idrica);
lo STATO NUTRIZIONALE: la valutazione dello stato nutrizionale dell'individuo (massa cellulare, proteine idrofile degli spazi interstiziali) è legata al valore dell'angolo di fase. Più è grande l'angolo di fase (spostamento a sinistra del vettore di impedenza) più è elevata la quantità

di massa cellulare; viceversa è indice di un peggior stato nutrizionale la minore inclinazione del vettore di impedenza

Schema riassuntivo per l'interpretazione del grafo

- Le variazioni della lunghezza del vettore di impedenza indicano un'alterazione dello stato di idratazione: l'accorciamento del vettore è indice di un aumento dell'idratazione corporea, mentre l'allungamento del vettore indica una progressiva disidratazione. Data l'inclinazione dell'asse maggiore delle ellissi di tolleranza, dovuta alla correlazione fra R e X_c , l'accumulo di liquidi corporei è associato a vettori più corti e con angolo di fase minore. Le variazioni del vettore nella direzione dell'asse minore dell'ellisse (vale a dire le variazioni dell'angolo di fase) indicano alterazioni dello stato nutrizionale del soggetto: obesità per i vettori corti o massa muscolare per i vettori lunghi, se l'angolo di fase aumenta; se l'angolo di fase si riduce si ha cachessia per i vettori corti, anoressia per i vettori lunghi. Le variazioni del vettore lungo entrambi gli assi dell'ellisse sono indice sia di un'alterata idratazione corporea che di un'alterata struttura dei tessuti.
- Eventuali variazioni isolate di R o X_c con strumento adeguatamente tarato prima dell'utilizzo, sono indice di errori pratici di misurazione (es ridotta adesività degli elettrodi, contatti tra gli arti e il tronco e creazione di cortocircuiti).

Figura- La figura fornisce un'interpretazione clinica dei dati impedenziometrici.

Figura- Ellissi ricavate da una distribuzione gaussiana bivariata del vettore impedenza e visualizzazione delle modificazioni nello stato di idratazione e nutrizionale del soggetto con la migrazione del vettore di impedenza lungo la direzione dei due assi principali dell'ellisse.

Tra i vantaggi del metodo grafico dell'analisi vettoriale della bioimpedenziometria, vi è, oltre a quello di poter fotografare nell'immediato lo stato stazionario di un individuo (relativamente al suo stato di idratazione e nutrizione), quello di poter monitorare in fasi successive eventuali cambiamenti intraindividuali, da ricondurre a svariate condizioni: fisiologiche (gravidanza), patologiche (insufficienza renale), assunzione di determinate terapie (diuretica) e poter scegliere, sulla base delle modifiche rilevate, un adeguato approccio clinico-terapeutico (figura).

Figura Grafico RXc di tre donne. Nel grafico a sinistra il vettore più breve è stato misurato in una donna con sindrome nefrosica ed edema (A), che è andata incontro a remissione della proteinuria (B), con una successiva ricaduta (C) che alla fine ha raggiunto la sua normale composizione corporea dopo una stabile e completa remissione della proteinuria e un completo ripristino dell'attività fisica (D). Nel grafico centrale il vettore è stato misurato in una paziente con una insufficienza renale cronica di grado medio, normale profilo metabolico, composizione corporea e attività fisica (a). L'insufficienza renale progressiva ha causato un accumulo di liquidi (b), prima controllato dai diuretici (c) ma che alla fine ha richiesto l'inizio di una terapia dialitica cronica (d). Nel grafico a destra il vettore più lungo è stato misurato in una paziente con un'insufficienza renale acuta (ARF) causata da una perdita di liquidi. La funzione renale è stata ripristinata dopo una abbondante infusione di liquidi.

Capitolo 15

15.1 Ecotorace Approccio toracico ecografico

L'ecografia toracica si propone ormai come il fonendoscopio dei nostri giorni che deve essere conosciuto da ogni operatore poiché la clinica moderna richiede sempre maggior accuratezza.

Ad eccezione della TAC torace, gold standard per la diagnosi di pneumotorace, la tradizionale radiologia mostra dei limiti, specialmente nella diagnosi di pneumotorace.

L'ecografia toracica si propone come valida integrazione a queste due metodiche riuscendo non solo a fornire vantaggi quali la ripetibilità, il basso costo e facilità e velocità per l'esecuzione in ambito extraospedaliero nel paziente critico anche in emergenza, ma anche a compensare la bassa accuratezza diagnostica della radiografia eseguita, una volta giunti in un presidio ospedaliero di competenza clinica o anche più semplicemente territoriale, effettuata in una unica proiezione, a paziente supino, in particolar modo in caso di pneumotorace piccolo e anteriore.

Il polmone normalmente areato determina una completa riflessione degli ultrasuoni impedendo lo studio del parenchima sottostante che risulta sostituito da artefatti; proprio la loro analisi e il riscontro di pattern specifici in caso di alterazione ha generato un crescente interesse per gli ultrasuoni.

Ad oggi la diagnostica strumentale dello pneumotorace si avvale di:

- **TAC torace** (con o senza mezzo di contrasto) Gold standard diagnostico in grado di identificare persino minime falde aeree e le eventuali patologie sottostanti responsabili. E' una metodica costosa, non eseguibile sul paziente critico instabile, sottopone il malato a un'alta dose di radiazioni ionizzanti per cui non è ripetibile in modo seriato.

15.2 Radiografia del torace

La diagnosi di pneumotorace è agevole solo per immagini acquisite in ortostatismo e al massimo espirio, in collapsi polmonari tali da determinare uno spazio aereo radiolucido tra i foglietti pleurici. Nel paziente critico politraumatizzato l'unica proiezione antero-posteriore eseguita, la posizione obbligata supina e la presenza di pneumotorace piccolo e anteriore, determinano la bassa accuratezza diagnostica della metodica ormai

ampiamente documentata in letteratura (sensibilità 28-75%) rispetto a quella ecografica (sensibilità 92-98%).

15.3 Ecografia toracica

Metodica che si pone come integrazione alle due precedenti apportando rispettivamente i vantaggi della ripetibilità, del basso costo e dell'eseguitività anche nel paziente instabile rispetto alla TAC, e della accuratezza diagnostica rispetto alla tradizionale radiologia.

Il 60% dei politraumatizzati presenta lesioni del torace che spesso richiedono il ricovero in unità di terapia intensiva per supporto ventilatorio invasivo e non.

L'ecografia toracica in questo contesto consente all'operatore prima e al clinico poi, sia di fare diagnosi differenziale di eventuali pneumotoraci "occulti", particolarmente importanti nel paziente sottoposto a ventilazione meccanica a pressione positiva e/o con parenchima polmonare compromesso, sia di seguirne uno stretto follow up. Questo elaborato si prefigge di confermare l'indubbio contributo che l'esame ecografico può apportare al cospetto del paziente critico e soprattutto in ambiente extraospedaliero, con pneumotorace sia in termini di diagnosi di pneumotorace occulto e/o sospetto, che di monitoraggio seriato della sua evoluzione.

15.4 Cenni storici dell'utilizzo

Per diversi anni l'ecografia è stata ritenuta una metodica non adatta all'utilizzo per lo studio della patologia polmonare, ad eccezione della valutazione e trattamento del versamento pleurico. Il giungere degli ultrasuoni a contatto con un parenchima polmonare normalmente areato, infatti, comporta una quasi completa riflessione degli stessi, con conseguente impossibilità nella formazione dell'immagine al di là dell'interfaccia aerea. I primi studi sulla ecografia polmonare risalgono al 1987, con le prime valutazioni di Wernecke riguardo allo pneumotorace. L'ecografia in ambito polmonare venne poi studiata sistematicamente da Lichtenstein verso la fine degli anni '90, e venne correlata a vere e proprie alterazioni strutturali del parenchima polmonare. La presenza di artefatti iperecogeni verticali (da allora denominati B- lines, o comet tail artifacts), infatti, si dimostrò correlare in maniera quantitativa con le alterazioni, visualizzate alla TAC, dei setti interlobulari interstiziali nell'edema polmonare interstiziale.

15.5 Imaging polmonare ecografico

Lo studio ecografico polmonare non richiedendo alcuna sonda specifica può essere eseguito con qualunque tipo di trasduttore. Il paziente può essere posizionato in decubito supino, semi-supino o seduto, in funzione delle condizioni cliniche in cui versa.

La sonda viene posizionata nello spazio tra costa e costa, in un numero di spazi intercostali variabile a seconda della patologia ricercata, sia anteriormente che lungo le linee ascellari, che posteriormente: la valutazione può comprendere da 4 a 28 spazi.

Uno dei protocolli più utilizzati è quello proposto da Volpicelli, che prevede la valutazione di 8 spazi intercostali, 4 per emitorace (Figura).

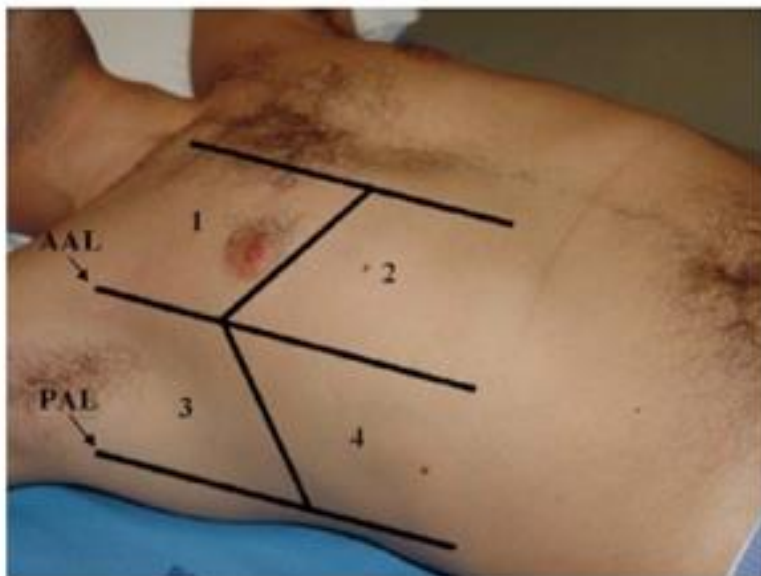


Figura 43: Suddivisione del torace per la valutazione ecografica.

L'immagine polmonare normale permette l'identificazione di una linea iperecogena (interfaccia tra tessuto polmonare aerato sottostante e tessuto muscolo/connettivale sovrastante) che rappresenta la linea pleurica, parallela alla parete toracica, e mobile in senso orizzontale sincronicamente con gli atti respiratori (Figura).

Questo movimento prende il nome di lung sliding e corrisponde allo scivolamento della pleura viscerale rispetto alla pleura parietale con l'atto respiratorio. Il riconoscimento del lung sliding può essere visibile in modalità **B-Mode**, ma talvolta il suo riconoscimento

richiede l'impiego della modalità **M-Mode**, dove assume il tipico “segno della battigia” (sea-shore sign) (Figura).

Il lung sliding a livello diaframmatico da un'immagine specifica, detta “segno della tendina”, corrispondente alla alternante copertura degli organi parenchimatosi, fegato o milza, da parte del seno costo-frenico durante l'inspirazione. La presenza dello sliding rappresenta un reperto diagnostico fondamentale potendo virtualmente escludere lo pneumotorace.

L'assenza di lung sliding assume un ruolo diagnostico importante e può essere

accertato con la valutazione **M-Mode** del cosiddetto “segno della 180

stratosfera” (stratosphere sign) (Figura 46). In caso di assenza del lung sliding, il punto di passaggio tra polmone mobile e polmone non mobile, cioè il punto dove si ha la ricomparsa del lung sliding, viene detto lung point. Il lung point è altamente predittivo della presenza di pneumotorace.

La pleura può presentare anche un movimento verticale sincrono con la pulsazione cardiaca, detto lung pulse espressione di atelettasia polmonare significativa.

Sotto la pleura troveremo il parenchima polmonare, normalmente anecogeno, intervallato da strie iperecogene orizzontali, che prendono il nome di A-lines (Figura): tale reperto fisiologico è generato dalla presenza di aria sub-pleurica che genera un riverbero dell'onda sonora. **B-line** è, invece, il nome che viene dato ad un artefatto che si forma

conseguentemente alla presenza di elementi a maggior impedenza acustica, come l'edema dell'interstizio polmonare.

Le **B-lines**, sono linee iperecogene, a margini ben definiti, che si dipartono dalla linea pleurica fino al polo opposto dello schermo dell'ecografo e si muovono

sincronicamente con il lung sliding, quando questo è presente. (Figura)

Viene considerato significativo a scopo diagnostico la presenza di almeno 3 B-lines per campo esplorato, un numero inferiore viene considerato nell'ambito della normalità.

Altro reperto polmonare patologico è rappresentato dall'addensamento, un aumento della consistenza del parenchima polmonare, che si presenta privo di aria, con aspetto ecografico sovrapponibile a quello di organi parenchimatosi. (Figure)

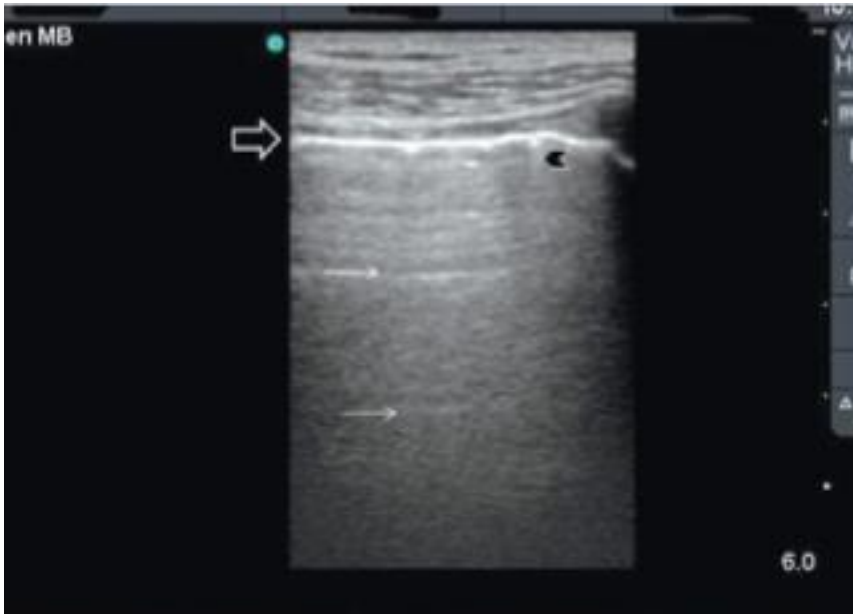


Figura Reperto ecografico toracico normale. Sono riconoscibili la linea pleurica (freccia nera a sinistra) e due linee A (freccie bianche)



Figura 45: Sea-shore sign, ecografia toracica modalità M-mode

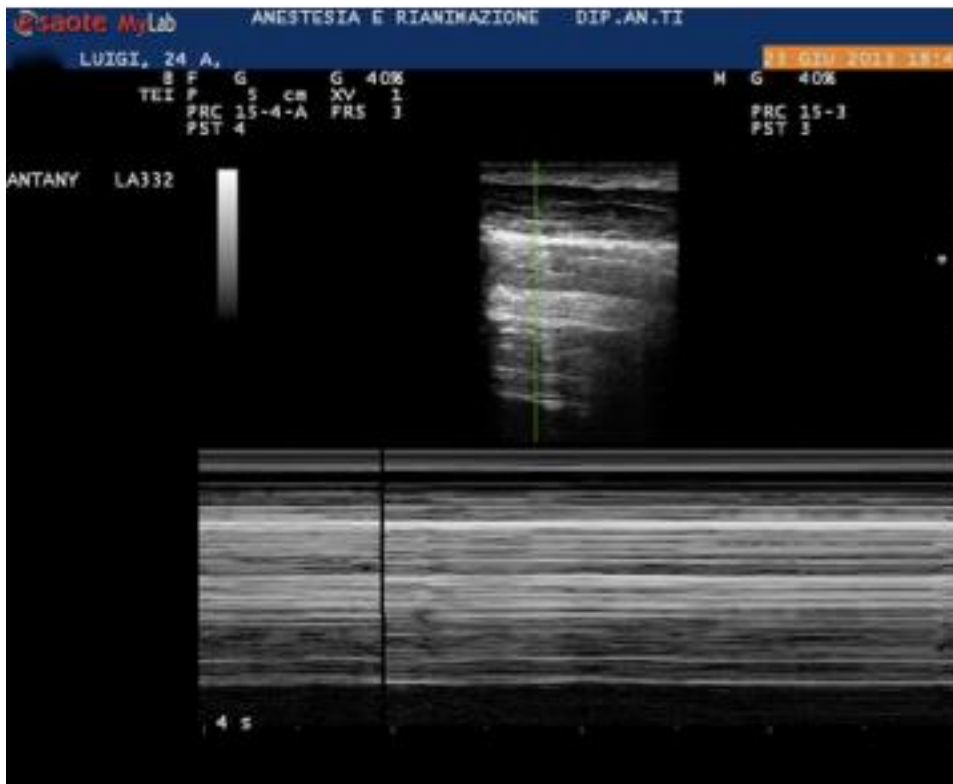


Figura 46: Stratosphere sign in un paziente con pneumotorace



Figura: Le B-lines



Figura: Versamento pleurico (immagine anecogena a sinistra). A destra sono riconoscibili fegato e rene, con spazio di Morrison libero da versamento



Figura: Versamento pleurico con atelettasia consensuale del polmone

15.6 Diagnostica ecografica generale

L'introduzione dell'ecografia toracica ha permesso la diagnosi precoce e non invasiva di diverse condizioni patologiche a livello polmonare. Diversi studi ne hanno analizzato l'affidabilità con risultati di "non inferiorità" o, addirittura, di "superiorità" diagnostica rispetto alle altre metodiche, come la radiografia del torace. La diagnosi in ecografia toracica nasce dall'interpretazione congiunta dei vari artefatti ed ha portato all'elaborazione di protocolli diagnostici di valutazione delle principali problematiche respiratorie in ambiente critico:

- **Edema interstiziale:** questo quadro va da condizioni lievi fino all'edema polmonare

acuto. E' caratterizzato da un aspetto polmonare normale associato alla quantitativamente variabile presenza di B-lines. Lo studio ecografico presenta sensibilità del 95% e specificità del 97%;

- **Polmonite:** ha un aspetto ecografico più variabile e, dunque, minore sensibilità (dall'11 al 42%): il consolidamento per essere eco-percettibile deve necessariamente affiorare sulla superficie polmonare, a contatto i foglietti pleurici.

- **Versamento pleurico:** la presenza di versamento pleurico è messa in evidenza dalla separazione dei foglietti pleurici, viscerale e parietale, da uno spazio anecogeno interposto. Nei versamenti a bassa densità è possibile identificare nella modalità M- mode il tipico "segno del senoide". Il versamento viene ad oggi quantificato solo visivamente, in quanto i diversi tentativi di calcolo volumetrico proposti non hanno ancora portato alla definizione di una formula adeguata. E' talvolta possibile rintracciare, nel contesto di un versamento pleurico, tralci e trabecolature che generalmente corrispondono ad apposizioni di fibrina. In questi casi il versamento e' di tipo flogistico e/o cronico.

- **Pneumotorace:** la diagnosi di pneumotorace si basa sull'assenza di lung sliding, la presenza di A-lines e sul riconoscimento del lung point. La presenza di questi criteri definisce una sensibilità dell'88% ed una specificità del 100%;

15.7 Valutazione costo-benefici

Nei vari studi analizzati nel precedente capitolo risulta un generale consenso favorevole all'uso dell'ecografia infermieristica ed emergono, in misure diverse, vantaggi che meritano di essere analizzati in dettaglio.

15.8 Comfort e sicurezza del paziente

L'ecografia è di per sé una procedura assolutamente non invasiva per il paziente e permette inoltre di ridurre il disagio e il dolore derivante da procedure tipiche dell'assistenza infermieristica. Alcune applicazioni dell'ecografia toracica hanno la potenzialità di poter ridurre il ricorso a procedure basate sull'uso di radiazioni ionizzanti come RX e TAC. Il protocollo "BLUE" per la valutazione della dispnea ha valori di sensibilità di 97.67% e di specificità del 97.87%, confermando come sia più precisa per il riconoscimento dell'origine cardiogena della dispnea rispetto al referto del radiografia al torace, i cui valori si assestano sul 65% di specificità e il 67% di sensibilità.

15.9 Validità delle procedure

L'uso dell'ecografia applicata alle tecniche infermieristiche ha dimostrato in linea generale di raggiungere risultati uguali o superiori a gran parte delle metodiche attualmente in uso.

15.10 Costi

Dalla letteratura emergono svariati dati che fanno presumere più o meno esplicitamente l'impatto positivo che l'ecografia infermieristica potrebbe avere sull'economia sanitaria.

Il costo di un apparecchio ecografico si aggira intorno ai 5000 euro sebbene sul mercato sia comunque possibile trovare modelli sia più economici sia molto più onerosi.

L'ecografia ha il vantaggio di non comportare costi aggiuntivi, a differenza di TAC e RX le quali richiedono uno staff dedicato oltre allo smaltimento dei rifiuti speciali

15.11 Formazione

Tutta la letteratura concorda nell'affermare che la formazione risulta indispensabile qualora si intenda puntare sull'efficienza e sull'efficacia del processo assistenziale. Non essendoci dei parametri precisi ogni studio ha sviluppato proposte formative piuttosto

eterogenee ma con alcuni punti comuni. Gran parte degli studi riportano tempi di addestramento dalla durata relativamente breve a seconda delle tematiche, dalle 6 alle 16 ore per quanto concerne la **FAST** dai 45 minuti alle 6 ore per gli **accessi venosi ecoguidati** dai 30 minuti alle 5 ore per l'ecografia pelvica mentre l'**ecografia polmonare** ha richiesto 3 ore di formazione. Gli studi sono stati condotti con successo sia con personale infermieristico specializzato sia con quello senza particolari curriculum o specializzazione.

15.13 Approccio tecnico-clinico

L'ecografia toracica si propone ormai come il fonendoscopio dei nostri giorni che deve essere conosciuto da personale infermieristico che opera sul territorio dico poiché la clinica moderna richiede sempre maggior accuratezza.

Ad eccezione della TAC torace, gold standard per la diagnosi di pneumotorace, come già accennato, la tradizionale radiologia mostra dei limiti, specialmente nella diagnosi di pneumotorace.

L'ecografia toracica si propone come valida integrazione a queste due metodiche riuscendo non solo a fornire vantaggi quali la ripetibilità, il basso costo e l'esecuzione in ambito extraospedaliero nel paziente critico, ma anche a compensare la bassa accuratezza diagnostica della radiografia eseguita, una volta giunti nel primo presidio di competenza clinica o più semplicemente territoriale, in una unica proiezione, a paziente supino, in particolar modo in caso di pneumotorace piccolo e anteriore.

15.14 Eco torace: specificità

Scenari di impiego:

Per ecografia toracica si intende lo studio del parenchima polmonare e del cavo pleurico escludendo per convenzione le camere cardiache, i grossi vasi e il mediastino.

Il torace è stato sempre considerato un segmento corporeo difficilmente valutabile con gli ultrasuoni poiché l'aria impedisce la valutazione morfologica degli organi; per tale motivo l'analisi ecografica è stata a lungo limitata allo studio del cavo pleurico, in particolare alla sola ricerca del versamento pleurico.

L'ecografia del polmone si è sviluppata recentemente dopo che alcuni studi osservazionali hanno mostrato la possibilità di analizzare per via ecografica patologie

quali l'atelectasia, alcune forme di addensamento polmonare e soprattutto lo pneumotorace.

Questo nascente interesse è basato sul concetto del "paradosso del polmone", fenomeno per cui quest'organo, poco esplorabile in condizioni normali, mostra invece significative finestre acustiche in caso di patologia.

La rivalutazione della metodica ecografica si sta espandendo ampiamente anche nelle terapie intensive, grazie alle sue caratteristiche di ripetibilità, non invasività e alla capacità di fornire risposte accurate e dicotomiche bedside.

In Terapia Intensiva ha infatti un ruolo parimenti importante nella diagnosi e nel monitoraggio delle fluttuazioni tipiche cui è sottoposto il malato critico colmando accuratamente il gap diagnostico tra la tradizionale radiologia e la TAC del torace.

15.15 **Sonde:**

Il trasduttore alterna le sue funzioni di:

- a) trasmissione, nella quale avviene l'emissione dell'impulso ultrasonoro (un milionesimo di secondo);
- b) ricezione, durante la quale sono ricevuti gli echi di ritorno dai tessuti;
- c) azzeramento del sistema, in preparazione di una nuova trasmissione.

Alla sonda in ascolto tornano gli echi che fanno entrare in risonanza i cristalli piezoelettrici determinando la produzione di un segnale elettrico. Secondo il ritardo con cui arrivano alla sonda gli echi vengono disposti nella matrice dell'immagine: echi precoci indicano zone vicine, echi tardivi zone profonde). A causa dell'attenuazione degli ultrasuoni nei tessuti, gli echi provenienti da strutture distali saranno meno intensi di quelli provenienti da strutture simili ma più prossimali. Per compensare ciò, gli echi lontani sono amplificati rispetto a quelli più vicini (funzione T.G.C. Time Gain Compensation).

Ogni sonda è caratterizzata da una frequenza che è essa stessa in gradi di emettere: basse frequenze hanno bassa risoluzione ma elevata penetrazione nei tessuti, mentre alte frequenze presentano alta risoluzione ma bassa penetrazione.

Per lo studio ecografico del torace sono necessarie una sonda Convex ed una sonda lineare con frequenze comprese tra 5 e 7.5 MHz. La metodica Doppler non è indispensabile.

La sonda Convex è in grado di fornire immagini panoramiche: visualizza la pleura, eventuali effusioni della pleura stessa e del parenchima polmonare sottostante. La sonda lineare ha invece a disposizione un più limitato e specifico campo di osservazione, amplificando però la resa dell'immagine pleurica e delle aree sottopleuriche.

Figura: Sonda ecografica Convex



Figura: sonda ecografica Lineare

Attraverso un apposito comando (deep) è possibile definire la profondità della scansione da effettuare; aumentando o diminuendo invece l'ampiezza degli echi di ritorno con il tasto gain control è possibile renderla rispettivamente più chiara o più scura.

Per ottimizzare invece la focalizzazione del fascio ultrasonoro alla profondità desiderata possiamo usare uno o addirittura più focus.

15.16 Scansioni:

La valutazione dei campi polmonari nel paziente critico è limitata dalla posizione supina obbligata ma la peculiarità di quello che andiamo a cercare ci deve guidare in regioni toraciche specifiche: un versamento pleurico viene indagato meglio nelle porzioni più declivi e posteriori possibili, mentre lo pneumotorace si ricercherà con scansioni anteriori.

Per lo studio del parenchima polmonare vengono condotte scansioni longitudinali e trasversali dei campi polmonari, muovendo la sonda dall'alto verso il basso fino ad esplorare l'intero parenchima bilateralmente.

Le scansioni longitudinali vengono eseguite inizialmente come fase di esplorazione generale, dagli apici alle basi lungo linee anatomiche usuali: parasternale, emiclaveare, ascellari anteriore e media.

Per maggiore accuratezza si eseguono anche le scansioni trasversali ruotando la sonda di 90 gradi in senso orario e muovendosi lungo gli spazi intercostali.

Qui si può scegliere di studiare più dettagliatamente un'immagine dubbia con una sonda lineare capace di amplificare il dettaglio e migliorarne la visualizzazione.

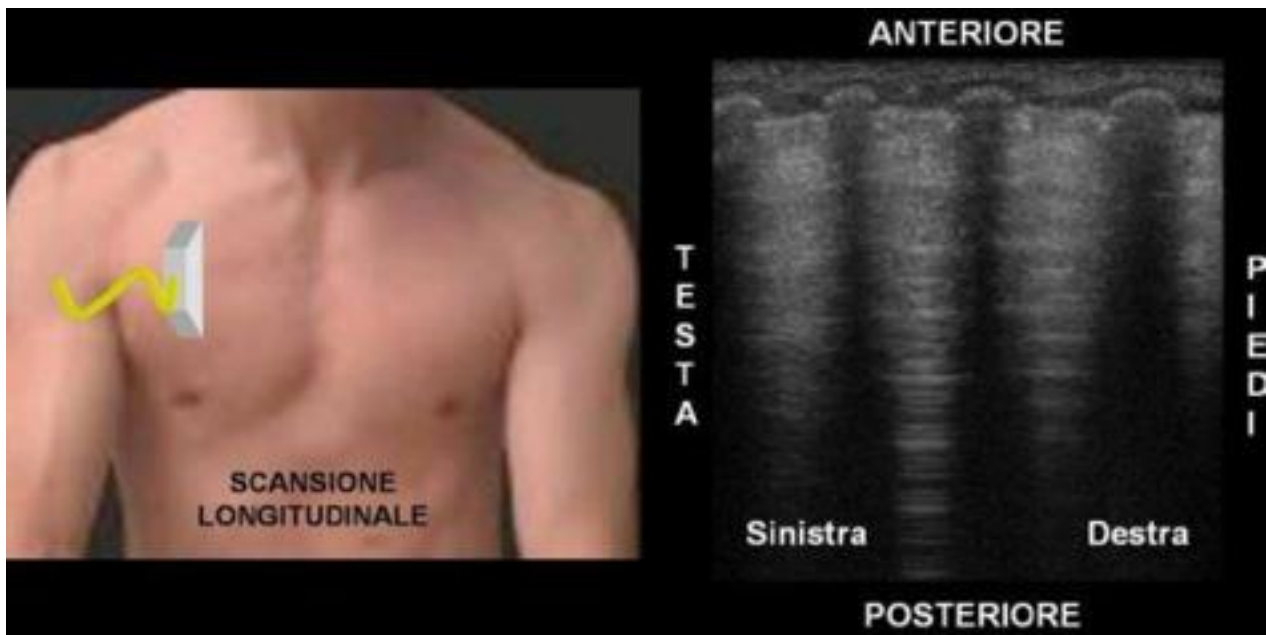
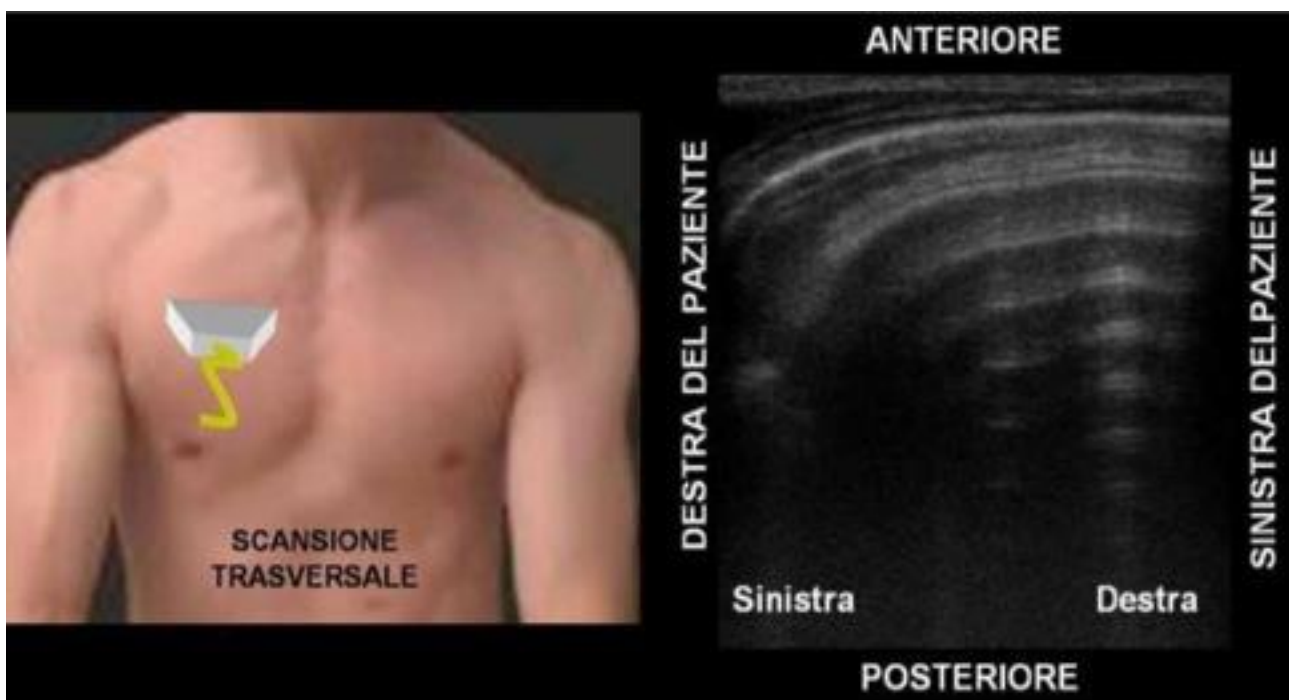


Figura: Scansione longitudinale: a sinistra dell'operatore si colloca la porzione craniale dell'immagine, a destra la caudale; nella parte alta dello schermo vengono rappresentate le parti anteriori, in quella inferiore le posteriori

Figura: Scansione trasversale: a sinistra dell'operatore viene rappresentata la parte destra del paziente, a destra dell'operatore la parte sinistra del paziente



15.18 Tecniche di esecuzione

Vengono in genere utilizzati sia il tradizionale B-Mode (Figura B)

Figura. Rx torace



Figura (B). Ecografia polmonare normale in B-Mode

che, in particolari circostanze, l'M-Mode (Figura C). La scelta del tipo di sonda varia a seconda del caso clinico. Se da un lato la sonda convex conferisce allo studio

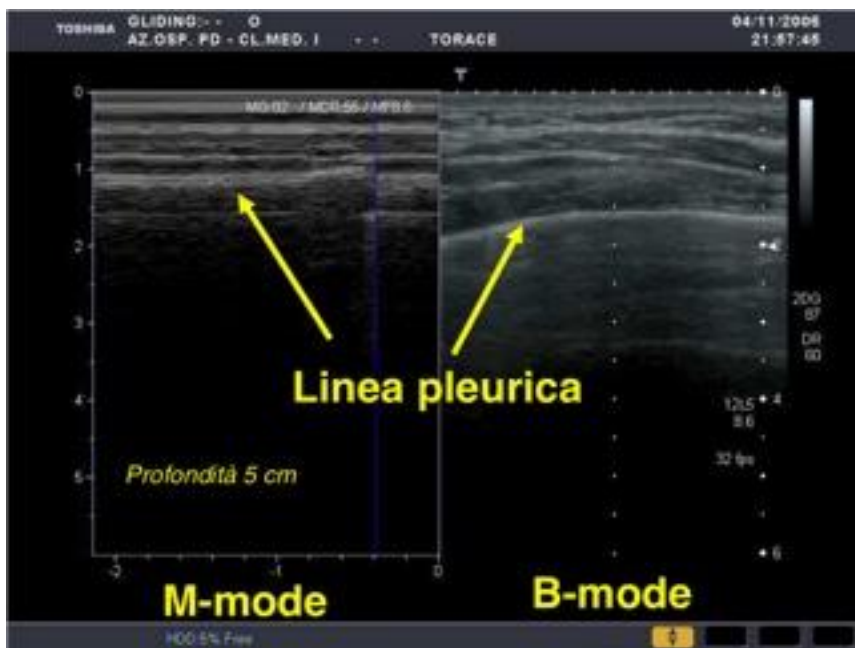


Figura (C). Ecografia polmonare in M-Mode (a sinistra) e B-Mode (a destra)

maggior panoramicità, consentendo un'esecuzione più rapida (Figura D), dall'altro

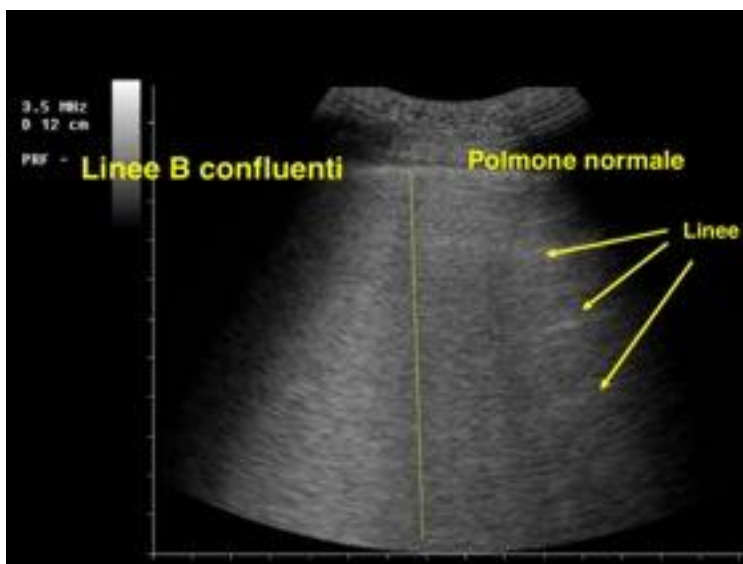


Figura (D). Ecografia polmonare con sonda **Convex**: presenza di multiple linee A (quadro normale) la sonda lineare permette uno studio più particolareggiato della linea pleurica (Figura E).

Figura 59 (E). Ecografia polmonare normale con sonda **Lineare**

L'utilizzo della sonda convex viene in genere preferito nell'urgenza poiché garantisce una valutazione immediata, sia dei campi polmonari che delle cavità cardiache e dell'addome.

Per la valutazione dei campi polmonari il paziente può essere studiato in posizione supina o seduta.

A seconda del quesito clinico e delle condizioni del paziente, ad esempio un versamento pleurico viene indagato meglio in posizione seduta con scansioni condotte posteriormente, mentre un pneumotorace è analizzato meglio in posizione supina e con scansioni anteriori.

I pazienti con insufficienza respiratoria generalmente assumono una posizione semi-seduta, che è quindi quella largamente più usata in condizioni di distress respiratorio.



Per lo studio del parenchima polmonare vengono condotte scansioni longitudinali e trasversali dei campi polmonari, muovendo la sonda dall'alto verso il basso fino ad esplorare l'intero parenchima. (Figura)

Le scansioni longitudinali vengono preferite per la loro panoramicità, e vengono condotte generalmente lungo linee standard (parasternali, emiclaveari, ascellari medie)

Qualora il reperto sia dubbio, si effettuano scansioni trasversali muovendo la sonda lungo lo spazio intercostale che consentono una migliore valutazione dei particolari.

Bisogna inoltre tenere in considerazione la presenza di aree polmonari nascoste da particolari strutture anatomiche che ne rendono difficile o impossibile lo studio. Queste aree critiche sono le regioni posteriori coperte dalle scapole, le regioni

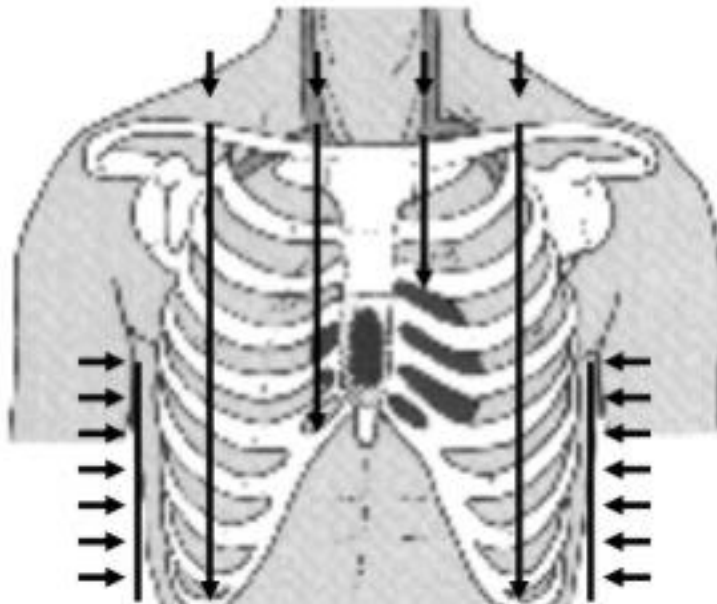


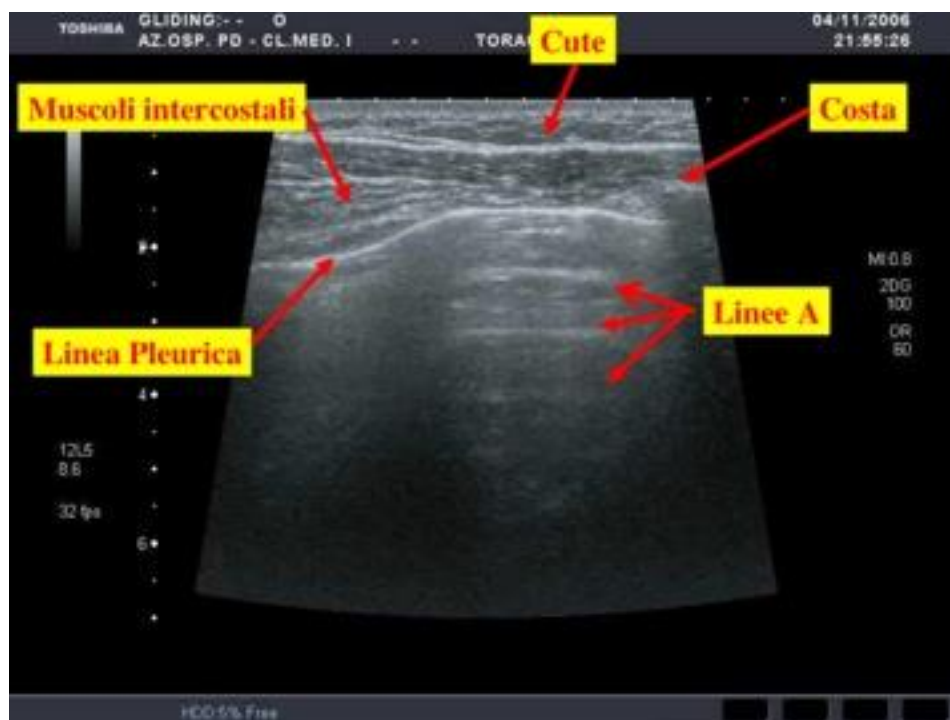
Figura: scansioni ecografiche utilizzate per lo studio del parenchima polmonare (scansioni longitudinali lungo le linee parasternali, emiclaveari, ascellari medie)periclaveari e gli apici, la porzione di parete corrispondente all'ascella e alla regione precordiale. In questo modo circa il 20% dei campi polmonari toracici rimangono celati agli ultrasuoni.

Generalmente alle scansioni toraciche propriamente dette vengono aggiunte le scansioni sottocostali oblique ascendenti destra e sinistra, utili per la valutazione dei seni costo-frenici attraverso le finestre epatica e splenica.

15.19 Anatomia ecografica

Quello che l'ecografia visualizza su ciascun emitorace è una successione di interfacce acustiche che, partendo dalla superficie, corrispondono alla cute ecogena, al sottocute (ecogenicità variabile), al tessuto adiposo delle mammelle, alla fascia muscolare superficiale ecogena, al piano muscolare extra-parietale; vengono inoltre visualizzate anche le coste, riflettenti nella loro porzione ossea e parzialmente penetrabili dagli ultrasuoni nella loro parte cartilaginea, ed i muscoli intercostali (Figura F).

Figura (F). Ecografia polmonare normale: strutture della parete toracica e repertinormali polmonari (linea pleurica, Line A)



In profondità rispetto al piano parietale ed alle coste vi è la linea pleurica.

Questa linea iperecogena è formata dalle due componenti parietale e viscerale, e ha aspetto regolare con spessore inferiore a 2 mm. Tra le due componenti è normalmente presente un film liquido dello spessore di 0,3-0,4 mm.

Fisiologicamente le due linee pleuriche (parietale e viscerale) scorrono l'una sull'altra con un movimento che ecograficamente è avvertito come singolo e che dipende dalle escursioni dei polmoni ("gliding" o "sliding sign"); tale movimento è avvertito come uno tremolio della linea pleurica se analizzato in B-mode, mentre con un'immagine M-mode esso appare come una linea irregolare.

Il parenchima polmonare sottostante, normalmente ripieno d'aria, crea un'immagine amorfa, ecogena, con riverberi orizzontali che si ripetono regolarmente in profondità come moltiplicazioni della linea pleurica, definiti come linee A, e non mostra alcuna struttura identificabile, tranne un background brillante tipo vetro smerigliato.

A volte appaiono immagini artefattuali riferibili a "effetto specchio" delle strutture più superficiali. Tali reperti non devono essere considerati patologici.

Gli echi diminuiscono rapidamente con l'aumentare della profondità, anche in relazione alla frequenza impiegata dal trasduttore, fino a scomparire formando un'immagine di vuoto acustico a pochi centimetri dalla superficie, limitando l'esplorazione del parenchima polmonare a questi primi sottili strati.

A livello delle basi polmonari le scansioni condotte per via intercostale non consentono in genere la corretta definizione del diaframma a causa di artefatti da sbarramento del fascio da parte del polmone areato. Quello che comunque deve essere valutato in queste sedi è il movimento dei lobi inferiori che nell'inspirio scendono negli sfondati del cavo pleurico con un movimento simile ad un sipario ("curtain"). La presenza di versamento pleurico consente invece una migliore visualizzazione del profilo diaframmatico con immagini simili a quelle che si ottengono per via trans-addominale utilizzando le finestre epatica e splenica.

15.20 Semeiotica ecografica

L'ecografia del torace, come visto in precedenza, permette di esplorare esclusivamente gli strati superficiali della parete toracica.

Tuttavia, come spesso accade in ultrasonografia, si possono sfruttare le caratteristiche peculiari di questa metodica per utilizzare gli artefatti (che nelle altre tecniche di imaging sono solo fattori confondenti) per effettuare delle diagnosi. Questo viene comunemente utilizzato anche a livello di altri organi o apparati (si pensi al cono d'ombra che segue un calcolo colecistico e ne permette una più facile visualizzazione) ma diventa fondamentale a livello del parenchima polmonare.

Linea pleurica e il "gliding-sliding sign"

La linea pleurica appare come una linea ecogena profonda rispetto al piano costale. Essa è formata dai due foglietti, parietale e viscerale, che scivolano l'uno sull'altro durante le escursioni respiratorie.

Ecograficamente questo movimento appare come singolo e viene definito, a seconda degli Autori, "gliding" o "sliding sign".

La presenza di gliding pleurico è un indice di escursione polmonare. Risulterà assente in caso di pneumotorace o atelettasia.

Lung points sono definiti i punti in cui il normale gliding pleurico viene sostituito da una linea pleurica immobile.

I lung points delimitano il contorno di una falda di pneumotorace; la presenza di almeno un lung point risulta patognomonica per pneumotorace.

L'assenza di lung points non consente invece di escludere la diagnosi di pneumotorace ed è anzi tipica del pneumotorace massivo con totale collasso polmonare.

La sede dei lung points consente inoltre di stimare l'entità del pneumotorace: se presenti anteriormente alla linea ascellare media indicano la raccolte aeree

relativamente piccole, se mediali alla linea mamillare sono significativi per la presenza di pneumotorace di minima entità.

Linee A

Sono dei riverberi trasversali, a distanza tra loro costante, riconducibili ad un "effetto specchio", che riproducono in profondità la linea pleurica. Sono presenti nel polmone normale.

Linee Z

Sono dei rinforzi verticali ecogeni fissi, che non mascherano le linee A, presenti fisiologicamente e di incerta origine.

Linee E

Sono degli artefatti verticali ecogeni a partenza dal sottocute e mascheranti i campi polmonari, espressione di enfisema sottocutaneo.

Linee B

Si definiscono linee B degli artefatti verticali a partenza pleurica, estesi fino alla base dello schermo, che mascherano le linee A.

Vengono definiti impropriamente artefatti a coda di cometa ma sono in realtà delle riverberazioni (artefatto da ring down) (Figura

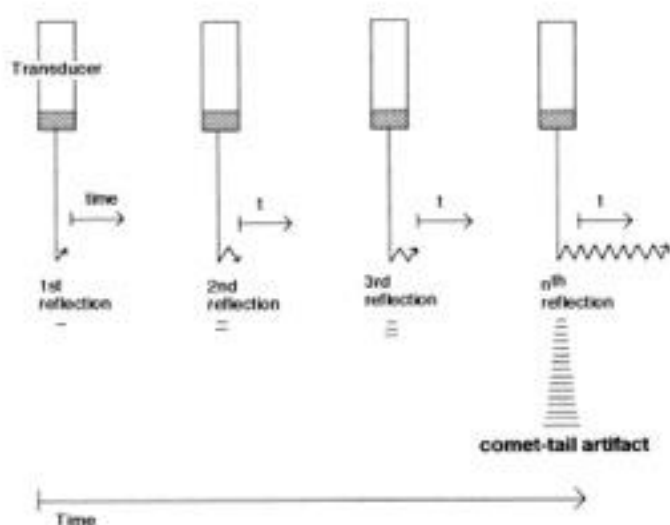


Figura: formazione degli artefatti da ring-down (“artefatti a coda di cometa” o linee B) mediante riflessioni multiple dell’onda ultrasonora

Sono questi espressione di sindrome alveolo-interstiziale e sono verosimilmente generati dalla differenza di impedenza acustica che si viene a creare tra aria alveolare e setti interlobulari polmonari ispessiti dall’edema.

Secondo alcune ricerche, la risonanza di strutture curve non areate poste in contiguità con spazi aerei e disperse in una matrice espansa porta alla formazione di artefatti da riverbero. Tale ipotesi è stata tuttavia criticata da taluni studi divergenti, che sostengono che, il tessuto tra le bolle areate, non possiede le caratteristiche necessarie a vibrare in risonanza con le alte frequenze. Anch’essi tuttavia non trovano un modello sperimentale soddisfacente per spiegare pienamente la formazione delle linee B. Da un punto di vista pratico, sebbene anche nel polmone normale possano comparire linee B, specialmente a livello basale e in numero ridotto (meno di otto sommandole in entrambi i campi polmonari), esse sono tipicamente espressione di patologia interstiziale. Quando

l'impegno interstiziale è lieve le linee B sono generalmente ben distanziate tra loro (7 mm o multipli) e, quando l'impegno è

maggiore, tendono invece a confluire. E' inoltre stata individuata una corrispondenza tra questi reperti dell'ecografia polmonare e quelli TC e RX nell'ambito della patologia interstiziale: il quadro di linee B diradate è correlato all'espansione dei setti interlobulari subpleurici identificabili con le linee di Kerley della radiologia tradizionale, mentre il quadro di linee B confluenti correla con i reperti ground-glass tipici della TC.

15.21 Broncogrammi

Sono presenti in ecografia come nelle immagini della radiologia convenzionale, tipicamente negli addensamenti polmonari.

Vengono distinti in aerei o fluidi: i primi sono foci o strie ecogene e riverberanti, i secondi strutture tubulari a contenuto ipo-anecono.

Le caratteristiche ecografiche consentono quindi di differenziare un addensamento con presenza di aerazione (broncogramma aereo) o assente aerazione (broncogramma fluido). La presenza di broncogramma fluido deve indirizzare alla ricerca di una ostruzione bronchiale.

Sfruttando inoltre le caratteristiche scansioni in tempo reale dell'ecografia si può evidenziare la presenza di broncogramma aereo dinamico (ovvero la presenza di aria che entra ed esce dalle vie aeree durante gli atti respiratori, a differenziarlo dal broncogramma aereo statico in cui l'aria rimane immobile), la cui presenza esclude l'origine secondaria ad atelettasia dell'addensamento.

REPERTO ECOGRAFICO	DEFINIZIONE
Lung gliding o sliding	Indica una regione polmonare a contatto con la pleura
Lung point	Indica il punto in cui un polmone collassato parzialmente contatta la parete toracica
Linee A	Riverberi orizzontali che riproducono profondamente la linea pleurica
Linee Z	Rinforzi ecogeni verticali, a banda, fissi sui campi polmonari, che non cancellano le linee A
Linee B	Riverberazioni verticali a partenza pleurica, estese fino al margine inferiore dello schermo, che mascherano le linee A
Linee E	Artefatti verticali da aria a partenza dal sottocute
Broncogrammi	Evidenza ecografica di bronchi aerati o ripieni di liquido
Broncogramma aereo dinamico	Esclude l'atelettasia
Broncogramma statico	Immobile con decorso parallelo dei bronchi. Indica atelettasia

Tabella: riepilogo elementi di semeiotica ecografica del polmone

15.22 Sindrome alveolo-interstiziale

Se ecograficamente il polmone normale non permette di visualizzare nessuna struttura con l'esclusione della linea pleurica, delle linee A e di uno sfondo privo di immagini, la presenza di edema interstiziale porta alla visualizzazione di artefatti a coda di cometa (linee B).

Questi artefatti, diradati (Figura G) o confluenti (Figura H), permettono di definire la sindrome alveolo-interstiziale, caratterizzata dalla presenza di almeno 8 artefatti a coda di cometa su ambedue i campi polmonari.

Figura (G). Ecografia polmonare patologica: **linee B isolate** (scansione longitudinale, presenza di cono d'ombra posteriore al profilo costale)

Figura (H). Ecografia polmonare patologica: **linee B confluenti** (a sinistra nell'immagine), linee A-polmonare normale (a destra nell'immagine)

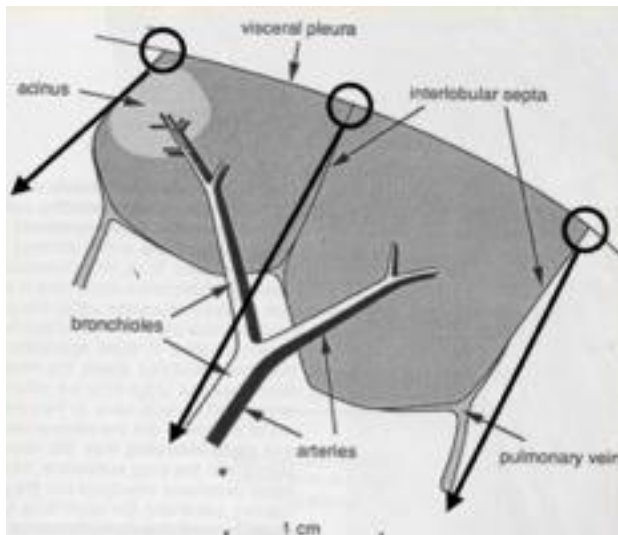


Il numero di linee B correla con il reperto radiologico di edema polmonare con la pressione di occlusione polmonare (wedge pressure) , con la classe NYHA, con la pressione diastolica del ventricolo sinistro e con il livello dei peptidi natriuretici. Rappresenta inoltre un'importante indicatore prognostico di gravità.

Tale quadro ecografico caratterizza sia l'edema polmonare cardiogeno che la sindrome da distress respiratorio dell'adulto (ARDS). Alcuni recenti studi hanno definito una serie di elementi in grado di differenziare una sindrome alveolo interstiziale dovuta a scompenso cardiaco e quella dovuta ad ARDS . In caso di scompenso sinistro l'edema si ritrova dapprima a livello interstiziale e successivamente a livello settale; la distanza tra linee B infatti è congruente con la distanza tra i setti interlobulari e indica la presenza di una "septal syndrome". Nel caso di ALI/ARDS, la formazione di addensamenti genera una disomogeneità visibile agli ultrasuoni con la presenza di aree di atelettasia e addensamenti subpleurici su uno sfondo formato da linee B confluenti alternate ad aree di polmone normale.

Vi è correlazione tra la presenza di linee B diradate e l'espansione dei setti interlobulari sub-pleurici (linee B di Kerley) e tra linee B ravvicinate e la presenza di reperti "ground glass" alla radiologia convenzionale. La natura delle linee B appare ancora scarsamente chiarita. Tra le ipotesi sulla loro patogenesi ricordiamo:

Figura 65: formazione delle linee B come modificazione dell'impedenza acustica a livello del punto di contatto tra setti interlobulari e pleura viscerale.



1. Un'ipotesi è quella proposta da Lichtenstein, secondo cui le linee B verrebbero prodotte da differenze di impedenza acustica tra aria alveolare e setti inter-lobulari ispessiti dall'edema, con successiva formazione di immagini dovute a riverberi verticali. (Figura).
2. Altra possibilità è che lobuli polmonari con setti inter- ed intra-lobulari ispessiti e con alveoli parzialmente allagati si comportino come microbolle in un ambiente fluido, tali da generare fenomeni di risonanza.
3. Ultima alternativa è che la semplice distensione venulare peri-lobulare modifichi i rapporti tra aria e liquido a livello dei setti inter-lobulari sub-pleurici generando le linee B. Quest'ultima ipotesi appare attraente alla luce delle rapide modificazioni della sindrome interstiziale a seguito di terapia diuretica o dialisi.

Importante osservare inoltre la presenza di numerose evidenze in letteratura di comparsa di linee B in soggetti sottoposti a test ergometrico o ecostress molto prima della comparsa di dispnea clinicamente manifesta.

Quello che appare evidente dall'insieme dei dati oggi presenti in letteratura è che i quadri ecografici polmonari costituiscono una precisa indicazione sul rapporto tra quantità di aria e di acqua polmonari: con l'aumentare della quantità di acqua libera extravascolare polmonare il quadro ecografico si modifica progressivamente passando dal quadro di normalità (assenza di linee B) alla presenza di linee B dapprima rade e quindi confluenti.

Il polmone normale, che presenta un grado di aerazione superiore al 95%, appare quindi non strutturato all'analisi ecografica.

Col ridursi dell'aerazione appaiono inizialmente linee B diradate, poi linee B ravvicinate (corrispondenti a quadri tipo "ground glass"), quindi quadri da addensamento con broncogramma aereo ed infine atelettasia con epatizzazione completa. (Figura)

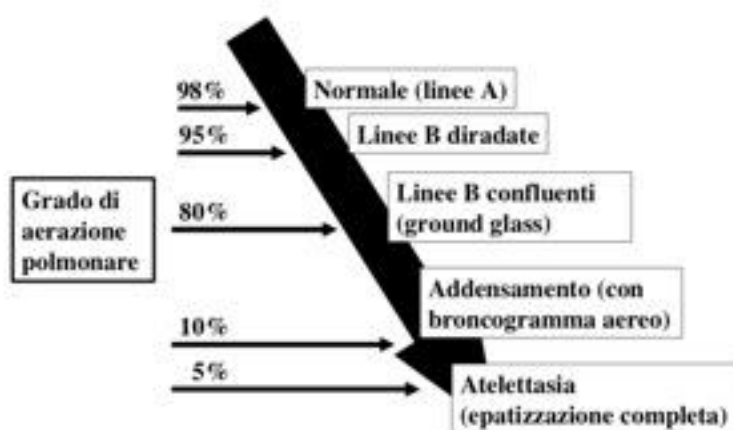


Figura. Quadri ecografici polmonari per diversi gradi di aerazione

L'utilità dell'ecografia polmonare nella valutazione del paziente con dispnea è ormai ben evidente dai dati apparsi in letteratura. Accanto agli impieghi tradizionali, limitati essenzialmente alla ricerca di versamento pleurico ed alla valutazione della parete toracica, si sono in questi anni affiancate altre indicazioni all'uso dell'ecografia a livello polmonare.

La sua utilità nella gestione del paziente in area di medicina critica (Pronto Soccorso, Terapia Intensiva) è dimostrata dagli alti valori di sensibilità e specificità dimostrati, nonché dalla rapidità di impiego e dalla ottima riproducibilità.

Gli studi sino ad ora condotti su tale metodica si sono sempre svolti considerando pazienti con quadri polmonari acuti, con severa insufficienza respiratoria, caratterizzati da un'alta prevalenza di quadri traumatologici. Anche la tipologia di patologie valutate varia a seconda degli ambiti in cui tali studi sono stati eseguiti: la prevalenza di pneumotorace, ARDS ed edemi polmonari cardiogeni massivi appare molto più alta di quella riscontrabile nei reparti internistici. Inoltre gli studi condotti fino ad ora in letteratura considerano

pazienti con singola patologia, e non con numerose concause di dispnea come accade nei pazienti ricoverati presso i reparti di Medicina Interna.

Scopo del nostro studio è stata la valutazione dell'ecografia polmonare in urgenza come strumento di valutazione del paziente dispnoico in fase sub-acuta (ovvero dopo una prima fase di stabilizzazione del quadro respiratorio acuto presso il Pronto Soccorso), al fine di valutarne il possibile impiego come strumento di diagnosi e di follow-up in un reparto di Medicina Interna.

7.19 Semeiotica anatomica

In condizioni di normale areazione il parenchima polmonare non è esplorabile dagli ultrasuoni che vengono completamente riflessi generando un'interfaccia nota come linea pleurica.

Pertanto saranno visualizzate:

Parete toracica:

Appoggiando la sonda sulla superficie cutanea riusciamo a visualizzare gli strati della parete che, dalla superficie in profondità e in scansione longitudinale, sono :

- uno strato iperecogeno omogeneo di pochi millimetri dato dalla cute (epidermide e derma); uno strato di spessore variabile ad ecogenicità mista (anecogeno con strie iperecogene) che rappresenta il sottocute (tessuto adiposo);
- lo strato muscolare, con aspetto prevalentemente ipoecogeno, organizzato in fasci paralleli e rivestito da fasce iperecogene; nello strato più profondo troviamo le coste e i muscoli intercostali. In quanto costituite da tessuto osseo che riflette completamente gli ultrasuoni, delle coste è visibile solo la corticale che appare come una linea iperecogena sovrastante un cono d'ombra.
- Le cartilagini costali hanno invece un'impedenza minore e, seppur determinino un cono d'ombra, lasciano trasparire le strutture sottostanti.
- Le coste sono osservabili anche lungo il loro asse maggiore e, così come per lo sterno, sarà importante valutare l'integrità e la continuità della linea iperecogena della corticale ossea per escludere fratture.
- I muscoli intercostali sono visibili come fasci ipoecogeni orizzontali compresi tra le coste.



15.23 Linea pleurica:

Figura: Parete toracica in scansione longitudinale

Collocata più in profondità, iperecogena, formata dalle membrane parietale e viscerale di spessore 0,2-0,4 mm essa racchiude 4-18 ml di fluido che l'ecografia visualizza come un insieme delle tre strutture.

I foglietti pleurici scorrono l'uno sull'altro con un movimento ecograficamente avvertito come singolo e che dipende dalle escursioni dei polmoni ("gliding" o "sliding sign").

Se analizzato in B-mode apparirà come un tremolio della linea pleurica, mentre con un'immagine M-mode si mostra come una linea orizzontali irregolare proprio a causa dello scivolamento.

La presenza di gliding pleurico è indice di escursione polmonare, risulta pertanto assente in caso di pneumotorace.

“ Cortex”:

Il parenchima polmonare sottostante normalmente areato crea un'immagine amorfa, ecogena, con riverberi orizzontali che si ripetono regolarmente in profondità come moltiplicazioni della linea pleurica (linee A).

Gli echi diminuiscono con l'aumentare della profondità fino a scomparire formando un'immagine di vuoto acustico a pochi centimetri dalla superficie, limitando l'esplorazione del parenchima polmonare a questi primi strati.

La "cortex" polmonare è infatti il volume più periferico dell'organo, l'unità funzionale deputata agli scambi. Collocata circa a 2 cm al di sotto della pleura è quella parte distale ai bronchioli terminali che si aprono negli acini polmonari, reale unità funzionale.

L'ecografia polmonare intercetta acini polmonari raggruppati in lobuli secondari, questi ultimi separati da setti interlobulari di spessore circa 100 micron.

Essi formano una schiuma compatta tridimensionale costituita da una componente aerea distribuita in celle e da una solida; esse si comprimono o si dilatano trasformandosi l'una nell'altra in maniera dinamica.

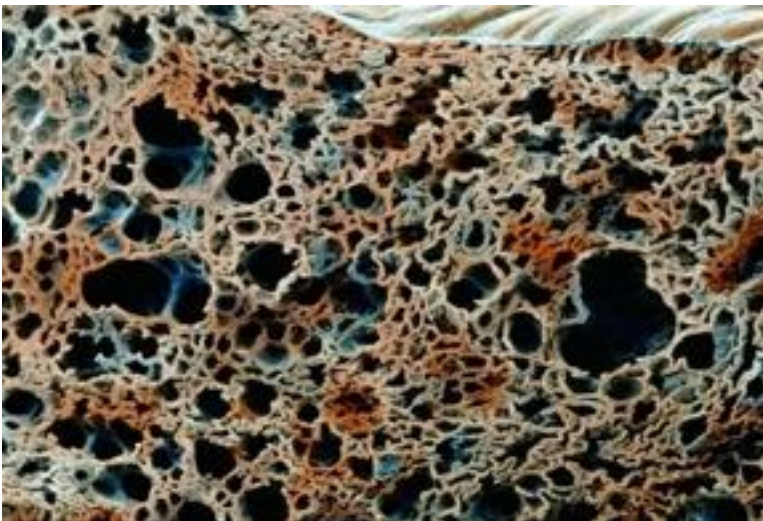


Figura: Effetto spugnoso del parenchima polmonare simil-schiuma

15.24 Diaframma:

A livello delle basi polmonari le scansioni condotte per via intercostale non consentono la corretta definizione del diaframma a causa di artefatti da sbarramento del fascio da parte del polmone areato. Quello che comunque deve essere valutato in queste sedi è il movimento dei lobi inferiori che in inspirazione si impegnano negli sfondati del cavo pleurico tipo tenda di sipario ("curtain").

La presenza di versamento pleurico consente invece una migliore visualizzazione del profilo diaframmatico con immagini simili a quelle che si ottengono per via trans-addominale utilizzando le finestre epatica e splenica.

Studi recenti hanno sottolineato una differenziazione tra ecografia “reale” e “artefattuale” indicando per la prima la visualizzazione di tessuti non areati (parete toracica, coste, pleura, versamenti, addensamenti, atelectasie), per la seconda un insieme di segnali complessi derivati da un substrato anatomico-patologico altrettanto complesso e non corrispondente a immagini anatomiche reali.

Il confine tra reale e artefattuale è espresso dal polmone in termini di diversa densità o areazione del tessuto. Si distinguono dunque una componente artefattuale fisiologica rappresentata da riverberi orizzontali o linee A e una patologica costituita da immagini verticali, a partenza dal piano pleurico, definite linee B.

Ogni tessuto ha peculiari parametri fisici e sonografici, pertanto le interfacce tra tessuti diversi areati non creano coefficienti di riflessione elevati.

Nel polmone normale la pleura ad esempio presenta un coefficiente di riflessione di 0,88 cioè l'88% dell'energia acustica inviata torna al trasduttore. L'immagine che si ottiene è una linea ecogena, indice di massima riflessione, che produce pertanto riverberi orizzontali (linee A). L'evidenza scientifica che la permeabilità acustica del polmone sia densità-dipendente ci spiega come il polmone normale si comporti da riflettore acustico quasi puro, la patologia come il consolidamento invece da finestra acustica permeabile. Pertanto tutti gli artefatti si collocano in un range compreso tra questi due estremi di densità.

Gli artefatti o linee B assumono nella patologia polmonare differente concentrazione ed omogeneità fino alla loro coalescenza nel white lung, così chiamato per l'aspetto prevalentemente bianco.

I principali reperti di semeiotica ecografica sono:

- **Lung gliding o sliding:** regione polmonare a contatto con la pleura
- **Lung point(s):** punto in cui un polmone collassato parzialmente contatta la parete toracica. Delimitano il contorno di una falda di pneumotorace. La presenza di almeno un lung point risulta patognomonica per pneumotorace.

- **Linee A:** riverberi orizzontali che riproducono in profondità la linea pleurica (reperto normale).

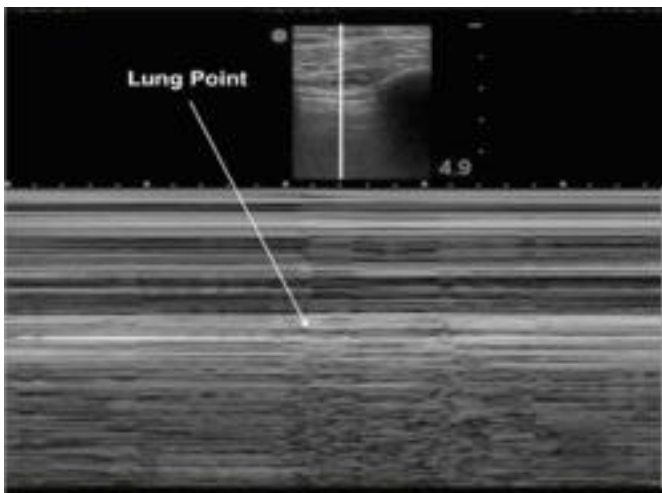


Figura: Lung point in modalità M-Mode: effetto della “stratosfera”

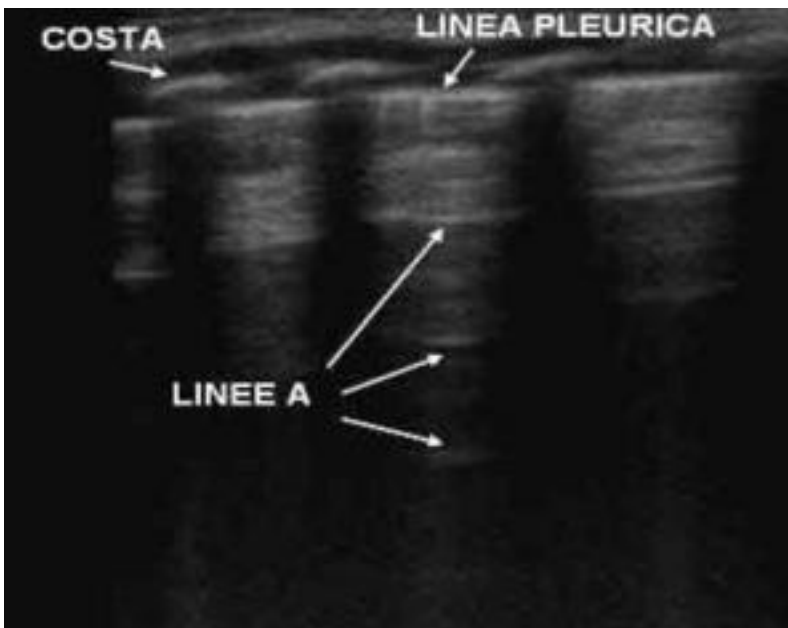


Figura: Linee A orizzontali

- **Linee Z:** rinforzi ecogeni verticali a banda, fissi sui campi polmonari. Non cancellano le linee A.
- **Linee B** ("artefatti a coda di cometa"): riverberi verticali a partenza pleurica, estesi fino al margine inferiore dello schermo. Mascherano le linee A.

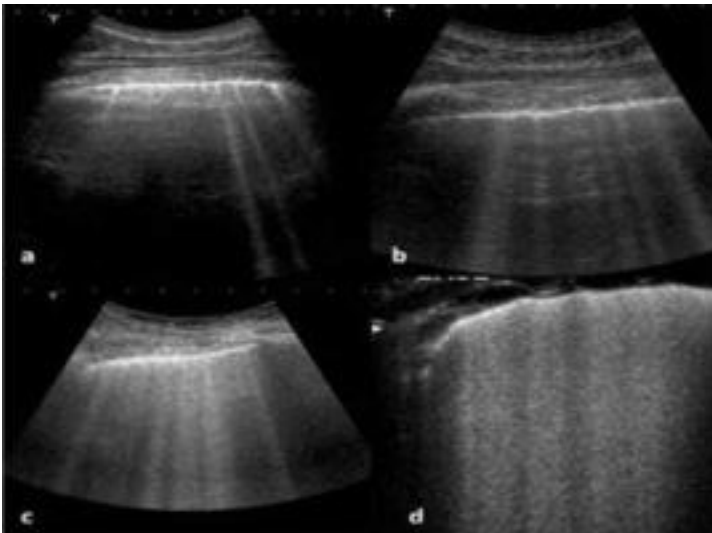


Figura: Diversa densità delle linee B: a: linee B singole. b-c: le linee B tendono alla coalescenza d: white lung.

- **Linee E:** artefatti verticali da aria a partenza dal sottocute.
- Broncogrammi: evidenza ecografica di bronchi aerati o ripieni di liquido.
- Broncogramma aereo dinamico: esclude l'atelettasia.
- Broncogramma statico: immobile con decorso parallelo ai bronchi. Indica atelectasia.

12.25 Pneumotorace (PNX) nel politrauma

Definizione del problema

Il 60% dei politraumatizzati presenta lesioni del torace, importanti causa di mortalità e morbidità. La parete toracica è la struttura più spesso interessata (45%) con ripercussioni sul polmone stesso nel 26% dei casi. Lesioni frequenti sono inoltre emotorace (25%) e pneumotorace (20%), mentre cuore, diaframma esofago e grandi vasi sono coinvolti meno facilmente.

Parete toracica	45%
Polmone	26%
Emotorace	25%
Pneumotorace	20%
Cuore	9%
Diaframma	7%
Aorta e grandi vasi	4%
Esofago	0,5%
Miscellanea	21%

Tabella: Lesioni associate al trauma toracico

Traumi sulle vie aeree si associano inevitabilmente alla compromissione emodinamica così come sanguinamenti intratoracici possono alterare in modo significativo la meccanica respiratoria. La principale causa di politrauma è l'incidente stradale, responsabile generalmente di traumi toracici chiusi di cui un 85% può essere trattato conservativamente con supporto respiratorio, adeguata analgesia/ fisioterapia, gestione dell'emotorace e/o pneumotorace e osservazione clinica; un 10-15% necessita invece di intervento invasivo per trattare le lesioni.

Lo pneumotorace (PNX), come si vedrà, è una condizione patologica caratterizzata dalla presenza di aria libera nel cavo pleurico, evenienza piuttosto frequente tra i pazienti ricoverati in UTI (25% circa) dove il rischio che si trasformi in pneumotorace iperteso sotto ventilazione meccanica è elevato.

La clinica nel paziente critico sedato e intubato è ovviamente quasi silente se non per

quadri che determinino obiettivamente desaturazione, riduzione/abolizione del

murmure vescicolare con incremento percussorio del suono plessico fino a quadri estremi di turgore giugulare e instabilità emodinamica.

Radiologicamente la diagnosi è agevole solo per immagini acquisite in ortostatismo e al massimo espirio, in collapsi polmonari tali da determinare uno spazio aereo radioluciente tra i foglietti pleurici.

Negli pneumotoraci anteriori e di piccolo volume o anteriore in paziente supino (20) può essere d'aiuto la ricerca del “deep sulcus sign” , un' area radiotrasparente iuxtacardiaca adiacente al diaframma e che si estende fino al seno costofrenico laterale.

Il gold standard per la diagnosi di pneumotorace è la TAC torace anche senza mdc, in grado di identificare persino minime falde aeree e le eventuali patologie sottostanti come le bolle enfisematose.

L'ecografia toracica si propone come valida integrazione alle due metodiche suddette riuscendo non solo a fornire vantaggi quali la ripetibilità, il basso costo e l'esecuzione bedside nel paziente critico, ma anche a compensare la bassa accuratezza diagnostica della radiografia eseguita in una unica proiezione, a paziente supino con pneumotorace piccolo o anteriore.

Questa fetta di pneumotoraci “occulti” è particolarmente importante nel paziente sottoposto a ventilazione meccanica a pressione positiva.

13.26 Definizione e fisiopatologia

Lo pneumotorace è l'accumulo d'aria nella cavità pleurica, con conseguente collasso del polmone in essa contenuto.

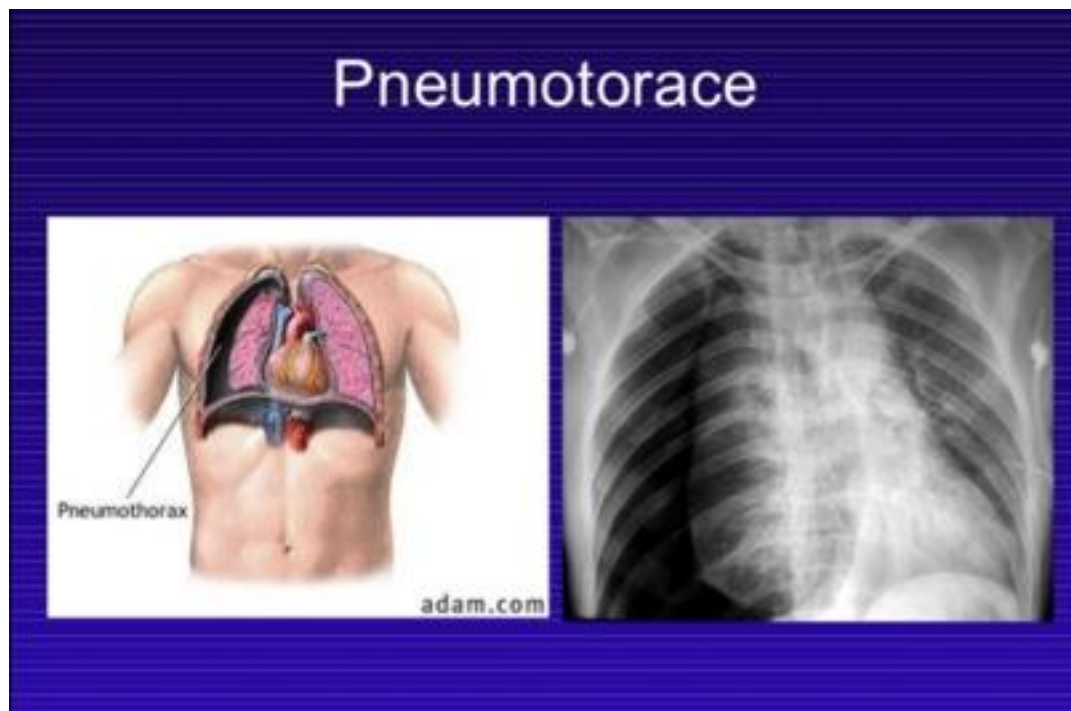
Il sacco pleurico, composto dalla pleura viscerale e da quella parietale, come noto, è uno spazio impermeabile all'aria nel quale è contenuto un sottile strato di liquido.

All' interno della cavità pleurica vige una pressione negativa la cui entità aumenta dal basso verso l'alto di circa 0,20 cmH₂O/cm.

Negli individui di alta statura all'apice della cavità pleurica la pressione negativa è dunque maggiore che in quelli di bassa statura, e questo è importante per capire perché lo pneumotorace è più frequente negli individui longilinei. Quando si apre una comunicazione tra lo spazio pleurico e l'ambiente esterno, direttamente attraverso la parete toracica o attraverso gli alveoli e il parenchima polmonare, la pressione negativa endopleurica richiama aria e il polmone si sgonfia.

Il collasso del polmone a seguito di uno pneumotorace provoca un peggioramento della funzione respiratoria sia perché il parenchima è mal ventilato (con riduzione della compliance, della capacità polmonare totale e della capacità funzionale residua), sia perché si crea una mal distribuzione del sangue rispetto all'aria negli alveoli (mismatch ventilo-perfusionale).

La comparsa della dispnea, che è un sintomo, dipende dall'entità dello pneumotorace e dalle condizioni respiratorie di base del paziente.



La sede di rottura della pleura attraverso la quale è penetrata aria nella cavità toracica, spesso si chiude spontaneamente per il collasso del polmone, e in questo caso la quantità d'aria, poca o tanta che sia, rimane stabile.

In altri casi, la sede rimane aperta e il polmone si sgonfia completamente. Infine può accadere che si crei un meccanismo a valvola unidirezionale per il quale l'aria entra nella cavità pleurica durante l'inspirazione, ma non può uscirne durante l'espirazione; il progressivo accumulo di aria aumenta la pressione nella cavità pleurica che si distende e disloca il mediastino e comprime il polmone controlaterale, determinando una gravissima alterazione respiratoria e, in minore misura, cardiocircolatoria che può mettere in pericolo di vita il paziente.

13.27 Classificazione

Sulla base delle differenti cause, dei meccanismi fisiopatologici e dei quadri clinici, esistono diversi tipi di pneumotoraci che prevedono sintomatologia, diagnosi, terapia e prognosi differenti.

Sono state proposte numerose classificazioni degli pneumotoraci, la più efficace delle quali è basata sull'eziologia (Tabella 17). Altre classificazioni, basate sul quadro clinico, sulla quantità d'aria presente nel cavo, o sull'eventuale associata presenza di liquido nel cavo sono utili per comprendere e inquadrare uno pneumotorace (Tabella 18).

Spontaneo	• Primitivo	
	• Secondario (ad altra patologia)	
		Enfisema bolloso

		Ascessi polmonari
		Neoplasie
		Fibrosi cistica
		AIDS (infezione da <i>Pneumocystis carinii</i>)
		Catameniale
		Linfangioleiomiomatosi
		Altri (perforazione esofagea, rottura tracheale ecc.)
Post-traumatico		
	• Da trauma chiuso	
	• Da trauma penetrante iatrogeno	
	• Post-agoaspirato TC guidato	
	• Post-toracentesi	

	• Post-posizionamento di catetere in vena centrale o pacemaker	
	! • Post-agoaspirato TC guidato !	

220

Post-toracentesi
!
• Post-biopsia transbronchiale
• Da barotrauma (in corso di ventilazione assistita)

Parziale	Aperto	Pneumotorace	Sintomatico
Totale	Chiuso	Idropneumotorace	Asintomatico
Ipereso	A valvola	Emopneumotorace Piopneumotorace	

Tabella 18. Altre classificazioni dello pneumotorace

13.28 Pneumotorace primitivo

È la forma più frequente di pneumotorace e caratteristicamente occorre in giovani adulti di sesso maschile e di conformazione longilinea. L'incidenza è di circa 6-7 casi per 100.000 nel sesso maschile e di 1-2 casi per 100.000 nel sesso femminile. È riportata una certa familiarità.

La causa più frequente è la rottura di una bolla sub-pleurica, definita come una piccola (< 2 cm) raccolta d'aria sotto la pleura viscerale dovuta alla rottura di alcuni alveoli (Figura). Caratteristicamente, queste bolle sub-pleuriche sono localizzate all'apice del lobo

superiore o all'apice del segmento apicale del lobo inferiore e circondate da tessuto fibrotico.

In realtà, si possono avere pneumotoraci con polmoni assolutamente normali o, all'opposto, con marcata distrofia bollosa.

Sulla base dei riscontri macroscopici è stata proposta una classificazione dello pneumotorace spontaneo primitivo (Tabella).

!	
Stadio I	Polmone normale senza evidenza di bolle (30-40% dei casi)
Stadio II	Non vi è evidenza di bolle , ma sono presenti aderenze pleuriche, indice di pregressi episodi di pneumotorace (10-15% dei casi)
stadio III	Presenza di bolle < 2 cm (30-40% dei casi)
Stadio VI	Presenza di bolle sup. 2 cm (20-30% dei casi), caratteristico dei pazienti di età avanzata

Tabella Classificazione dei pneumotorace spontaneo primitivo

La causa' ultima responsabile dell'insorgenza di uno pneumotorace è un aumento della pressione endo-alveolare che provoca la rottura della bolla e che è spesso attribuito ad uno sforzo improvviso o a un colpo di tosse.

Esistono senz'altro co-fattori misconosciuti ed è interessante notare che l'incidenza degli pneumotoraci in coincidenza con la diminuzione della pressione atmosferica, quando c'è brutto tempo.

Lo pneumotorace ha tendenza alla recidiva che ammonta a circa il 25% dopo il primo episodio e sale al 50% dopo il secondo.

L'esordio clinico dello pneumotorace è in genere caratterizzato da dolore piuttosto intenso all'emitorece interessato, a insorgenza improvvisa e di tipo trafittivo e spesso associato a tosse stizzosa e non produttiva. Dopo poche ore il dolore si riduce e residua un vago senso di peso e di indolenzimento. Nella fase acuta si associa tachicardia e un certo grado di dispnea da sforzo, soprattutto se lo pneumotorace è completo o il paziente è già

affetto da insufficienza respiratoria. La semeiotica fisica può essere significativa se lo pneumotorace è di grado discreto, e consente spesso la diagnosi: si ha ipomobilità dell'emitorece interessato, riduzione o assenza del murmure vescicolare e alla percussione un suono tìmpanico.

La diagnosi viene fatta con la radiografia del torace in proiezione anteroposteriore e laterolaterale (Figure). Per evidenziare minime falde di pneummotorace è consigliabile eseguire la radiografia in massima espirazione. Nello pneumotorace iperteso si vede il polmone completamente collassato e il mediastino spinto verso il lato opposto. A riespansione del polmone avvenuta, è ben completare lo studio radiologico dello pneumotorace con una TC, che permette di identificare la presenza, le dimensioni e la sede delle eventuali bolle.

A volte lo pneumotorace può essere associato a complicitanze (Tabella 20).[!]

Perdite aeree persistenti
Pneumotrache iperteso
Pneumomediastino
Enfisema sottocutaneo
Emotorace

Empiema

Le perdite aeree prolungate, oltre le 48 ore, sono più frequenti negli pneumotoraci recidivi, o in quelli nei quali non si è ottenuta la completa espansione del parenchima con il posizionamento del drenaggio. Lo pneumotorace iperteso, di cui si è già descritta la fisiopatologia, è un'evenienza drammatica, in cui il paziente presenta grave dispnea e ipotensione con cianosi periferica che deve essere riconosciuta prontamente in quanto l'immediato drenaggio del cavo, eventualmente anche con mezzi di fortuna, può salvargli la vita.

13.29 Lo **pneumomediastino** (Figura) e l'**enfisema sottocutaneo** sono conseguenti alla penetrazione di aria lungo i piani vascolari o i bronchi nel mediastino o nel sottocute. In genere sono complicanze di scarso rilievo clinico e senza conseguenze, anche se, soprattutto l'enfisema sottocutaneo, allarmano molto il paziente che si vede improvvisamente cambiare aspetto.

L'emoforace è una complicanza rara è dovuto in genere alla rottura di una aderenza pleurica durante il collasso polmonare.

Solitamente è di modesta entità e comunque la riespansione del polmone dopo il posizionamento di un tubo di drenaggio lo interrompe.

Lo pneumotorace bilaterale è in genere raro, meno del 10% dei casi. Può essere sequenziale o contemporaneo; in quest'ultimo caso è ovviamente necessario un trattamento di urgenza.

13.30 Trattamento

La terapia dello pneumotorace varia in rapporto alla sua entità, alle condizioni del paziente e alla situazione logistica e ambientale in cui egli si trova (Tabella

Osservazione	
Aspirazione con ago	
Drenaggio percutaneo di piccolo calibro	
	• Con valvola ad acqua
	• Con valvola di Heimlich
Drenaggio percutaneo di grosso calibro	
	• Con valvola ad acqua
	• Con valvola di Heimlich
Toracosopia con resezione delle bolle e pleurodesi	
Toracotomia	

Tabella 21. Le varie possibilità terapeutiche dello pneumotorace in ordine crescente

Se il paziente è giovane, in buone condizioni, lo pneumotorace è meno del 25-30% e stabile, può essere sufficiente l'osservazione clinica. Con l'andare dei giorni si verifica un fisiologico riassorbimento dell'aria (50-70 mL/die), ma va considerato che in genere sono necessarie alcune settimane per un completo riassorbimento dell'aria. E' anche opportuno che il paziente venga tenuto in ospedale per 24-48 ore, che si astenga da sforzi fisici e venga informato della possibile insorgenza dello pneumotorace iperteso.

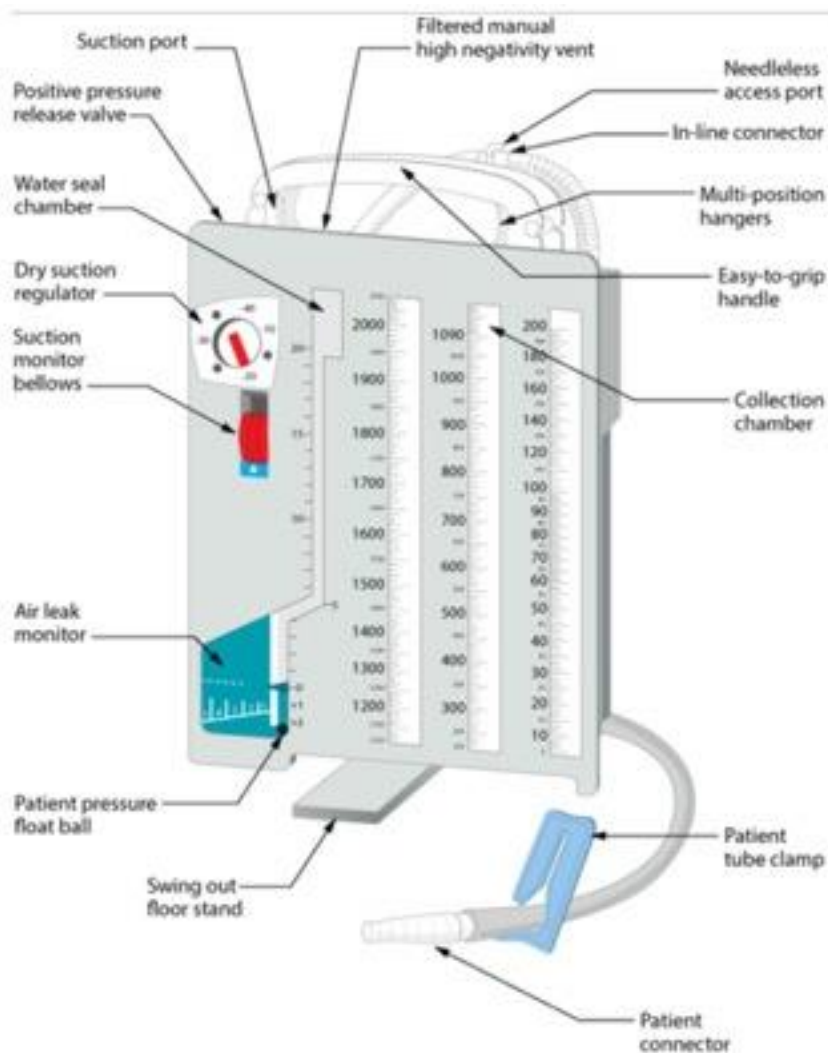
Altrimenti si può procedere all'aspirazione dell'aria introducendo nel cavo pleurico un piccolo catetere connesso ad una siringa con rubinetto a tre vie che viene rimosso immediatamente dopo l'aspirazione dell'aria.

Se lo pneumotorace è chiuso, questa semplice manovra sarà sufficiente ad ottenere la riespansione del polmone.

Se lo pneumotorace è sintomatico, se è iperteso, se risulta aumentato a controlli radiologici successivi, se coesistono bolle sub-pleuriche contro-laterali, è indicato il

Figura 73. Pleur-Evac

posizionamento di un drenaggio, eventualmente anche di piccolo calibro (Figura), nel secondo spazio intercostale anteriore o, meglio per motivi estetici, nel quarto spazio



lungo la linea ascellare media, collegato a una valvola unidirezionale ad acqua (Figura 73. pleur-evac) e viene lasciato in sede fino alla completa riespansione del polmone e alla cessazione delle perdite aeree.

Il paziente può essere dimesso sostituendo la valvola unidirezionale ad acqua con una valvola di Heimlich (Figura) e tornare in ospedale per i controlli e la rimozione del drenaggio.

Nel caso le perdite aeree non cessino o il polmone non torni a parete, può essere

necessario sostituire il drenaggio di piccolo calibro con un uno di calibro maggiore. Le indicazioni al trattamento chirurgico dello pneumorace sono ben codificate e vengono riportate di seguito (Tabella 22).



Figura (B). Drenaggio toracico-catetere sottile con valvola di Heimlich

Sostanzialmente sono costituite dalla recidiva dello pneumotorace spontaneo, in quanto, come detto, dopo due episodi la possibilità di una terza recidiva è concreta (50-60% dei casi). principi del trattamento chirurgico sono la rimozione delle eventuali bolle e la creazione di aderenze tra la pleura viscerale e quella parietale. Un intervento può essere eseguito per via toraco-scopica e prevede inizialmente la resezione delle bolle con l'utilizzo di suturatrici meccaniche che tagliano e cuciono il parenchima polmonare, e quindi la "scarificazione", cioè la formazione di piccole lesioni

traumatiche sulla pleura parietale in modo che si creino le aderenze. In passato, allo stesso scopo, è stata eseguita l'asportazione della pleura parietale oppure sono stati introdotti talco o sostanze chimiche; con queste tecniche però, soprattutto nei soggetti giovani, si rischia la formazione di aderenze così tenaci da rendere problematico un futuro intervento sul torace e sono state quindi sostanzialmente abbandonate.

A sfavore dell'utilizzo del talco esistono inoltre timori relativi agli effetti di un corpo estraneo nella pleura per anni.

Cateteri sottili con valvola di Heimlich



Figura (C). Cateteri sottili con valvola di Heimlich

Al primo episodio in caso di:
• Perdite aeree prolungate
• Incompleta riespansione polmonare
• Pneumotorace bilaterale
Pneumotorace iperteso
• Emopneumotorace

Al primo episodio in caso di:
• Lavori a rischio (personale di volo, subacquei ecc)
• Residenti in zone di scarsa assistenza sanitaria
• Presenza di grosse bolle
Al secondo episodio (sempre)

Tabella 22. Indicazioni al trattamento chirurgico dello pneumotorace

13.31 Pneumotorace secondario

Lo pneumotorace può essere secondario a diverse patologie polmonari. Di queste, la più frequente è senza dubbio costituita dalla broncopneumopatia cronica ostruttiva con distrofia bollosa del parenchima nella quale la rottura di una bolla sub-pleurica provoca lo pneumotorace.

Si tratta di pazienti in genere di sesso maschile, di età superiore ai 50 anni, con una storia di fumo, nei quali lo pneumotorace provoca comparsa di dispnea. La diagnosi clinica può essere difficile a causa dell'ipertimpanismo tipico dell'enfisema, e anche radiologicamente può non essere facile distinguere una bolla voluminosa da una sacca di pneumotorace.

La terapia prevede necessariamente il posizionamento di un tubo di grosso calibro sia perché è imperativo riespandere quanto prima il polmone, sia perché le perdite aeree sono spesso abbondanti e persistenti. Un intervento chirurgico può essere indicato anche al primo episodio e deve essere scelto in base al tipo di enfisema, alle condizioni del paziente e alle sedi delle bolle.

Un pneumotorace avviene in circa il 10% dei pazienti con fibrosi cistica.

Anche in questo caso il trattamento deve essere aggressivo per le condizioni respiratorie di base del paziente, tenendo presente da un lato la possibilità che si infetti il cavo pleurico, dall'altra che il futuro di questi pazienti frequentemente prevede un trapianto polmonare.

Anche un ascesso polmonare, batterico, tubercolare, parassitario, micotico o virale

può aprirsi nel cavo pleurico e provocare uno pneumotorace, in questi casi associato a empiema pleurico.

Nei pazienti affetti da AIDS si ha una discreta incidenza di pneumotorace, per lo più dovuta a polmoniti da *Pneumocystis carinii*. In genere questi sono parziali e quindi le indicazioni a un trattamento invasivo vanno considerate anche alla luce delle condizioni del paziente.

Si definisce pneumotorace catameniale quello che insorge caratteristicamente entro 48-72 ore dopo l'inizio delle mestruazioni.

Non è raro, interessa il 3-6% delle donne in età fertile e ha una sintomatologia sfumata, caratterizzata da vago dolore toracico.

La patogenesi non è chiara: un'ipotesi sostiene che l'aria giunga al cavo pleurico attraverso piccole soluzioni di continuo anomale del diaframma; un'altra fa riferimento a piccole zone di endometriosi sulla superficie pleurica che permetterebbero la fuoriuscita di aria durante il ciclo, o nei bronchioli terminali che, sempre durante il ciclo, si ostruirebbero provocando iper-inflazione degli alveoli e pneumotorace.

Il trattamento del singolo episodio è analogo a quello dello pneumotorace primitivo, mentre quello delle recidive è più problematico e prevede, tra l'altro, la terapia con anticoncezionali, la pleurodesi o anche l'isteroannessiectomia.

13.32 Segni ecografici di pneumotorace (PNX)

L'aria intrapleurica impedisce la visualizzazione del normale movimento pleurico (sliding) che ricompare là dove il polmone torna a parete (lung point). La letteratura ci indica che l'assenza dello sliding sign ha una sensibilità del 95% e una specificità variabile tra il 91 e il 100% per la diagnosi; il lung point invece ha una sensibilità del

66% ma una specificità del 100% risultando quindi patognomonico di pneumotorace quando esso non è massivo.

Gli artefatti verticali (linee B) attribuibili ad una pleura normale non possono essere visualizzati a causa della raccolta aerea sovrastante (27) mostrando una sensibilità del 100% e una specificità bassa.

Un altro segno da ricercare nel sospetto di pneumotorace è l'assenza del lung pulse fisiologico, ossia il movimento vibratorio verticale trasmesso dal ciclo cardiaco al polmone.

Un ausilio ulteriore può essere dato dalla modalità M-mode dove non troviamo più il classico “segno della spiaggia” dovuto allo scivolamento pleurico bensì il “segno della stratosfera” dovuto alla fissità dell'aria libera nel cavo.

Alcuni limiti dell'ecografia toracica dipendono da barriere oggettive quali una posizione del paziente obbligata, presenza di medicazioni, drenaggi toracici ed enfisema sottocutaneo; altri sono dovuti al fatto che si tratta di una metodica operatore-dipendente che, seppur di relativo facile apprendimento ed eseguibile da operatore non esperto, può dare risultati diversi.

Il limite maggiore è rappresentato dalla incapacità ecografica di stimare il volume dello pneumotorace, mentre identifica esattamente la sua estensione in superficie in base ai lung points.

13.33 Diagnosi ecografica di pneumotorace (PNX)

L'ecografia per le sue peculiarità compete comunque egregiamente con la radiologia del torace nella diagnosi di pneumotorace, affiancandola, integrandola e in certi casi sostituendola.

I quattro parametri da considerare pertanto nella diagnostica ecografica di pneumotorace sono:

- **Assenza sliding polmonare:** tra pleura viscerale e parietale c'è aria e il loro movimento di scivolamento sincrono alla respirazione è assente.
- **Assenza lung pulse:** la pleura viscerale non è più mossa dalle oscillazioni ritmiche del cuore.
- **Assenza linee B:** ogni artefatto verticale viene cancellato dato che esso origina dal parenchima polmonare subpleurico.
- **Presenza lung points:** mappano sulla parete toracica il punto di inizio e di fine dello pneumotorace, pertanto sono patognomonic.

13.33 Diagnostica strumentale nel pneumotorace (PNX) Attualmente è l'indagine strumentale principale in patologia toracica per la sua panoramicità e, innegabilmente, per l'assenza di metodiche alternative maggiormente sensibili ma altrettanto pratiche.

Oltre al suo indubbio valore storico essa ha una buona resa nella diagnostica toracica poiché sfrutta il contrasto fisiologico tra strutture areate e non, è inoltre di rapida esecuzione, non invasiva, sottopone il paziente ad una dose molto bassa di radiazioni e risulta eseguibile in quasi tutti i contesti clinici.

Restano tuttavia di mal definizione piccole differenze tra tessuto normale e patologico principalmente per la sovrapposizione di diverse strutture anatomiche; nel trauma toracico può non evidenziare oltre il 50% degli emo-pneumotoraci se eseguita non correttamente (ossia in ortostatismo e in massima espirazione). Il collasso polmonare deve poi essere di dimensioni tali da determinare un chiaro spazio aereo radiolucido che si interponga tra i due foglietti pleurici.

In conclusione sede e dimensione dello pneumotorace sono fattori importanti per la sua stessa determinazione radiografica.

13.34 Tomografia assiale computerizzata (TC)

La TC con o senza mezzo di contrasto rimane il gold standard diagnostico per il torace in quanto la sua alta definizione fornisce informazioni dettagliate sul parenchima polmonare

superando il problema della sovrapposizione radiografica poiché consente di riprodurre sezioni o “slice” toracici ed effettuare elaborazioni tridimensionali.

Essa è in grado di mostrare minime quantità di aria pleurica, sue localizzazioni esclusivamente anteriori, spessore della falda aerea ed eventuali cause sottostanti quali bolle enfisematose.

In pazienti con trauma toracico maggiore e radiografia negativa la TC ha dimostrato lesioni nel 39% dei casi.

Purtoppo anche questa metodica ha degli svantaggi: il paziente deve essere emodinamicamente stabile perchè sia trasportato in TAC e inoltre la sua invasività biologica e il suo costo ne limitano un monitoraggio seriato stretto.

13.35 Ecografia toracica

Il gap diagnostico tra tradizionale radiologia e TC può essere colmato dall'ecografia toracica.

Essa si propone ormai come il fonendoscopio dei nostri giorni che deve essere conosciuto da ogni medico poiché la medicina moderna chiede sempre maggior accuratezza.

Nei pronto soccorso e nelle terapie intensive poi, l'ecografia toracica ha un ruolo parimenti importante come strumento sia diagnostico che di monitoraggio: valutazione della riespansione polmonare dopo posizionamento di drenaggi toracici, controllo e/o guida per procedure invasive quali posizionamento cateteri venosi centrali, drenaggio di versamenti pleurici, diagnosi di piccoli pneumotoraci occulti importanti nel paziente sottoposto a ventilazione a pressione positiva o con parenchima polmonare già compromesso.

La bassa accuratezza diagnostica della radiografia standard per lo pneumotorace, specialmente se eseguita in un'unica proiezione a paziente supino con pnx piccolo e anteriore, è infatti ormai ampiamente documentata in letteratura (sensibilità 28-75%) rispetto a quella ecografia (sensibilità 92-98%).

L'ecografia consente uno studio rapido, non invasivo e ripetibile da integrare con i dati clinici; la sua diffusione è giustificata dal fatto che essa è una metodica più semplice da

imparare rispetto alle altre poiché il torace solo se patologico si mostra con specifici segni ecografici.

Per quanto riguarda lo pneumotorace, è importante considerare che l'ecografia non ne stima il volume, mentre l'estensione in superficie è ben valutabile seguendo lo spostamento dei lung points giorno dopo giorno a letto del paziente; essi, se reperiti oltre la linea ascellare anteriore correlano generalmente con pneumotorace importante, tuttavia non è escluso che uno pneumotorace discretamente esteso sia correlato a un modesto volume. Fondamentale è dunque escludere falsi lung points dovuti ad esempio ad aderenze pleuriche, ricordando che quelli veri hanno una dinamica orizzontale che segue gli atti respiratori.

La realtà tuttavia è diversa: la diffusione dell'ecografia toracica è ancora limitata ma, soprattutto, c'è ancora scarsa fiducia nelle informazioni che essa può darci, fiducia ancora ampiamente riposta nella radiologia tradizionale.

Nel politraumatizzato l'utilizzo degli ultrasuoni si è mostrato un valido approccio al letto del paziente in quanto permette, in modo non invasivo e ripetibile, uno studio del polmone anche in pazienti critici ed emodinamicamente instabili, non trasportabili in TC.

Gli ultrasuoni consentono la valutazione dell'andamento dello pneumotorace seguendo in modo seriato lo spostamento del lung point(s) apportando pertanto importanti informazioni sulla riespansione del polmone anche dopo posizionamento di drenaggi toracici o, al contrario, un suo peggioramento sotto ventilazione meccanica a pressione positiva.

La TAC torace rimane comunque inesorabilmente il gold standard diagnostico del polmone poiché fornisce informazioni dettagliate sul parenchima. Non sono da sottovalutare però la difficoltà con cui certi pazienti critici vengono trasportati in radiologia e il rischio radiologico stesso a cui vengono sottoposti eseguendo esami ripetuti, non ultimo il costo della procedura stessa.

La radiologia tradizionale storicamente è la radiografia antero-posteriore del torace, eseguibile al letto del paziente ma non priva di limiti di imaging in quanto visiona una sovrapposizione di strutture anatomiche rendendo difficile la definizione di certi dettagli.

La radiografia del torace si è dimostrata non accurata nella diagnosi di pneumotorace in casi in cui è stata eseguita in Shock Room in un' unica proiezione antero- posteriore, a

paziente supino disposto sulla tavola spinale. In entrambi i casi si è trattato di pneumotorace che non ha richiesto procedure invasive ed è stato seguito ecograficamente durante il ricovero nelle unità di terapia intensiva senza che si sia verificata la necessità di drenaggio toracico.

L'ecografia toracica si è dimostrata più accurata della radiologia tradizionale nel follow up dello pneumotorace del politraumatizzato con importante impegno polmonare. Essa ha permesso di verificare l'avvenuta riespansione o meno di polmoni collassati e drenati, ma anche di individuare piccoli pneumotoraci occulti (o residui)

anteriori, clinicamente e radiologicamente silenti ma potenzialmente significativi poiché sottoposti a ventilazione a pressione positiva suggerendo una implicazione della ventilazione meccanica protettiva ad alte PEEP e della terapia postulante eseguita per migliorare gli scambi respiratori.

La TAC e la radiografia standard del torace si sono dimostrate utili come integrazione alla metodica ecografica qualora il sospetto clinico o ecografico richiedesse una conferma e/o una quantificazione volumetrica dello pneumotorace.

13.36 Limiti

L'ecografia è una metodica operatore-dipendente, necessita l'acquisizione di una certa abilità per la quale sono opportune quante più esercitazioni teorico-pratiche possibile.

Il paziente obeso e l'enfisema sottocutaneo non permettono l'acquisizione di valide finestre acustiche, così come molte sono le barriere da gestire nel paziente di Rianimazione (presenza di medicazioni, tubi di drenaggio, accessi venosi centrali, posizioni obbligate, dolore in sede di frattura.)

Il torace presenta un 20% circa di zone in cui si ha un vero e proprio barrage acustico (aia cardiaca, ossa) che ostacola lo studio delle strutture sottostanti.

L'osso, infatti, assorbe gli ultrasuoni quasi completamente, rendendo impossibile visualizzare le strutture sottostanti. L'aria invece riflette quasi tutto il fascio, impedendone la penetrazione in profondità e determinando grossolani effetti di riverberazione. La metodica stessa non è infine in grado di stimare il volume dell'aria libera nel cavo pleurico

ma solo la sua estensione in superficie e il trend dell'evoluzione mediante lo studio della migrazione del lung point.

Circa un 20% di campo polmonare è tuttavia coperto da strutture che determinano “barrage acustico” (regione precordiale, regioni sottoclaveari) ostacolandone lo studio; spesso nel paziente critico vi sono anche difficoltà oggettive imposte da

immobilità per fratture, presenza di medicazioni, tubi di drenaggio ed enfisema

sottocutaneo. E' opportuno pertanto inclinare quanto più possibile la sonda per studiarne almeno i limiti.

Alle scansioni toraciche elencate vengono aggiunte le scansioni sottocostali oblique ascendenti destra e sinistra, utili per la valutazione dei seni costofrenici attraverso le finestre acustiche epatica e splenica.

Esistono inoltre tre grandi limiti:

L'enfisema sottocutaneo, che può essere diagnosticato mediante ecografia, poiché mostra segni inconfondibili (quali l'assenza del bat sign, le linee E e le linee W); tuttavia impedisce la visualizzazione delle strutture sottostanti, in quanto riflette la massima parte del fascio ultrasonoro. Pazienti obesi, in cui lo spessore della parete toracica può rendere difficoltoso lo studio del parenchima polmonare. Le lesioni polmonari che non raggiungono la pleura, che possono essere misconosciute, anche se in genere le lesioni ilari danno, almeno indirettamente, segno di sé (sotto forma di edema interstiziale, versamenti o atelettasia).

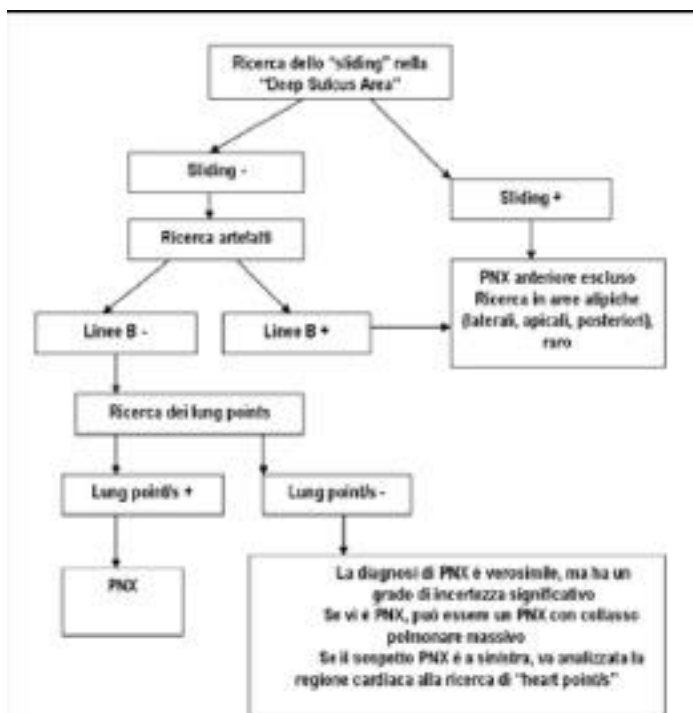


Figura. Flow

14 Capitolo

14.1 Definizione di emorragia e tipologie

Il termine emorragia, deriva dall'etimologia greca (αἷμα "sangue" e ρήγνυμι "rompere"), si definisce una fuoriuscita di sangue dai vasi o dal cuore. Eziopatologicamente possiamo definire tre modalità attraverso cui il sangue fuoriesce dai vasi:

- Ressi o rottura di un vaso;
- Diapedesi o trasudamento di sangue dal vaso;
- Diabrosi o corruzione delle tuniche del vaso fino a che queste cedano, provocando la rottura del vaso stesso. Può essere distinta inoltre in:
 - a) Emorragia venosa: interessamento di una vena
 - b) Emorragia arteriosa: interessamento di un'arteria
 - c) Emorragia capillare: interessamento di un vaso capillare.

Si possono distinguere in tre grandi categorie, in base alla tipologia del di- stretto circolatorio interessato, in quanto la fuoriuscita di sangue ha caratteristiche differenti dal tipo di vaso lesionato: infatti se si tratta di un vaso arterioso, la fuoriuscita di sangue sarà rosso vivo, colorazione data dalla quantità maggiore di ossigeno presente nelle arterie, dal modo attraverso cui l'emorragia si manifesta, ovvero con una fuoriuscita cosiddetta a "getto" poiché avviene in sincronia con il battito cardiaco, è rapida, profusa e di difficile controllo, diversa dall'emorragia venosa, caratterizzate dal fluire lento del sangue, in modo continuo ed uniforme lungo i bordi della lesione interessata, mentre le emorragie capillari si distinguono per il sangue che fuoriesce a gocce intorno alla ferita, dette appunto trasudanti e sono meno gravi in quanto il vaso lesionato sarà sicuramente di calibro e di portata minore rispetto ad una vena od arteria.

Ulteriore distinzione delle tipologie di emorragie sono classificate in base alla localizzazione:

Interne : si verifica quando non vi è presenza di una lesione cutanea, ma la lacerazione si verifica senza lesioni di continuo, riversandosi in una cavità (torace, addome), in un viscere (stomaco, intestino, o sotto l'epidermide (in questo caso è definito ematoma) e può interessare non solo strutture vasali, ma anche organi o apparati

Esterne: sono determinate dalla lacerazione del tessuto tegumentario, o dall'esposizione di fratture ossee, per cui la fuoriuscita di sangue si manifesta all'esterno

Esteriorizzate: sono quelle emorragie che fuoriescono da cavità naturali, come bocca, ano, uretra, ed appunto si manifestano all'esterno secondariamente.

Le emorragie, per insorgenza, sono dette acute, nel momento in cui si verifica un trauma che determini la fuoriuscita di sangue, o patologica se determinata da malattie acute, assunzione di farmaci, caustici, mentre sono dette croniche quando si verifica uno "stillicidio", ossia la fuoriuscita di sangue avviene in un periodo più lungo nel tempo, essendo determinata principalmente da patologie ematologiche, o di lesioni interne che non sono state diagnosticate fino ad una condizione patologica, quale può essere l'anemizzazione, del paziente, vale a dire la riduzione di concentrazione emoglobinica al di sotto di 13 g/dL per l'uomo e 12 g/dL nella donna, causando una diminuzione del trasporto di ossigeno ai tessuti, per cui l'organismo metterà in atto dei meccanismi di compenso attraverso l'aumento di estrazione di ossigeno da parte dei tessuti e l'aumento di gittata cardiaca incrementando la gittata sistolica e la frequenza cardiaca, fino a quando non si verificherà una manifestazione grave dell'anemia dettata da variabili per cui il compenso adottato fino ad allora, non avrà più la capacità di sostenere l'organismo stesso, instaurandosi una condizione patologica da dover tempestivamente modificare.

Una condizione patologica che richiederà l'immediata modifica della situazione clinica del paziente.

Inoltre, secondo l'eziologia dell'instaurarsi della patologia emorragica, la definiamo di natura:

- **Traumatica:** se questa condizione è una conseguenza di un evento traumatico incidentale o accidentale;
- **Patologica:** se si manifesta in seguito o come l'evoluzione di una malattia in atto quale può essere di tipo ematologica, tumorale, patologia a carico di fegato, milza, infettiva, cardiaca, anomalie dei vasi sanguigni ecc;
- **Da farmaci:** quando l'assunzione di specifiche categorie di farmaci hanno forti controindicazioni ed effetti collaterali, i quali possono causare lesioni a tessuti o

organi, oppure provocare una diminuzione di piastrine e fattori della coagulazione, determinando l'instaurazione di un evento emorragico.

- **Gravidanza:** possono accadere situazioni durante l'instaurarsi di una gravidanza ectopica o extrauterina, durante la gestazione o in post-partum, per cui la paziente necessita di un soccorso in emergenza che altrimenti determinerebbe la morte della madre, del feto o di entrambi, all'instaurarsi di una grave emorragia che può essere causata da diversi fattori meccanici, come nel caso di un trauma in gravidanza determinato da un incidente ad esempio, o fisiopatologici, come una possibile atonia uterina per cui non subentra nella fase del post-partum un arresto fisiologico del sanguinamento.

Distretti anatomici coinvolti:

Le emorragie possono coinvolgere uno o più distretti anatomici, a seconda della presenza della lesione emorragica, per cui distinguiamo emorragie del

- **Cranio:** cerebrali, intraparenchimali, delle meningi , alte vie respiratorie, alte vie digerenti, dell'orecchio
- **Torace:** parenchima polmonare, cuore, vasi, digestive,
- **Addome:** emorragie epatiche, spleniche, intestinali, parenchima renale, vasi addominali, apparato urinario, bacino e pelvi
- **Periferiche:** arti superiori ed inferiori

Che come vedremo più avanti nella relazione, le diverse situazioni cliniche saranno trattate con metodi, dispositivi e farmaci diversi a seconda della diversa insorgenza anatomica della situazione patologica.

❖ **Emorragie non traumatiche**

L'emorragia è una conseguenza, o una complicazione anche di patologie non riferibili a trauma, ma ugualmente da considerarsi emergenze che richiedono un tempestivo intervento. Qui di seguito si tratterà delle principali patologie che statisticamente, nei Paesi industrializzati, determinano un alto tasso di mortalità se non si interviene precocemente.

➤ **Emergenze ed urgenze ipertensive**

L'aumento inappropriato della pressione arteriosa che si associa ad un danno acuto di un organo, rappresenta un'emergenza ipertensiva. Non è stato stabilito, in realtà, un preciso valore di pressione arteriosa soglia per considerarla un'emergenza, ma nella maggior parte dei casi i valori di pressione diastolica che superano i 120-130 mmHg, associato ad un aumento acuto e danno d'organo clinicamente evidente può considerarsi emergenza. A differenza, invece delle urgenze ipertensive distinte da un grave aumento dei valori pressori maggiori di 180/120 mmHg, senza ancora evidente sofferenza d'organo.

Anche se nell'ambito preospedaliero il trattamento più indicato è quello di una rapida diagnosi, rilevamento dei parametri vitali e ridurre la pressione arteriosa, il trattamento più efficace è quello di stabilizzare il paziente e trasportarlo nel più breve tempo in un presidio ospedaliero più idoneo alla patologia interessata.

Tra le emergenze ipertensive ricordiamo

➤ **Dissecazione o dissezione aortica, aneurisma instabile, ematoma intramurale**

Rappresentano patologie con il più alto tasso di mortalità con o senza trattamento, in quanto abitualmente asintomatici, presentano sintomi e decorso clinico in netto declino in un tempo breve. Per patologie aortiche si intendono tutte quelle malattie a carico dell'aorta ascendente e discendente, toracica o addominale.

I principali fattori di rischio comprendono l'ipertensione arteriosa non controllata, l'età avanzata, la degenerazione della parete aortica, la velocità di espansione, il grado di dilatazione dell'aneurisma. Per la rapida evoluzione di questa patologia, è necessario ridurre entro venti minuti la pressione arteriosa fino a valori molto bassi, inferiore a cento centoveinti mmHg, utilizzando beta bloccanti e vasodilatatori in maniera tale da diminuire la frequenza cardiaca e la contrattilità.

La rottura dell'aneurisma ha un'evoluzione rapida da non consentire provvedimenti terapeutici, poiché si manifesta con dolore toracico, ipotensione e shock associato a tamponamento cardiaco o emotorace, secondo la sede di rottura.

La dissezione aortica può essere suddivisa in rapporto alla sede, all'estensione della lacerazione, alle caratteristiche anatomomorfologiche delle lesioni seguendo la classificazione della Stanford University, la più diffusa classificazione, la distingue in

dissecazione di tipo A, cioè tutte le dissecazioni coinvolgenti l'aorta ascendente, tipo B che non coinvolge l'aorta ascendente.

La nuova classificazione di Svesson distingue cinque classi:

- a) classe 1 dissecazione aortica classica con flap intinale tra vero e falso lume;
- b) classe 2 emorragia o ematoma intramurale
- c) classe 3 discreta/lieve dissecazione senza ematoma e con rigonfiamento eccentrico a livello della sede di rottura
- d) classe 4 rottura di placca ateroma sica con ulcerazione penetrante ed ematoma subavventiziale
- e) classe 5 dissecazione iatrogena e traumatica.

Classicamente il sospetto di patologia aortica è manifestato dal presentarsi di un dolore toracico, dorsale o addominale in maniera brusca, mai provato prima, con massimo dolore all'esordio del dolore, generalmente localizzato a livello anteriore nell'ematoma intramurale e dissezione di tipo A, a localizzazione dorsale o addominale per quelle di tipo B, anche se il dolore tende a migrare dalla sede di insorgenza, man mano che la dissezione prosegue per l'estensione aortica. Oltre ai sintomi tipici di una dissecazione, in letteratura sono presenti casi in cui la patologia si manifesta con ematemesi per perforazione in esofago, emottisi da emorragia dell'albero tracheobronchiale, paralisi delle corde vocali per compressione del nervo laringeo ricorrente sinistro, la sindrome della vena cava superiore.

Nella fase preospedaliera il servizio 118, partendo dall'allertamento della C.O. che assegnerà a questa tipologia di pazienti, data la gravità, un codice rosso e l'invio di un mezzo avanzato, il quale cercherà, arrivato sul luogo dell'evento, di stabilizzare il paziente stabilendone un primo quadro diagnostico-terapeutico, prima dell'arrivo in un ospedale idoneo.

Se il paziente è incosciente, si attuano procedure di soccorso base ed avanzato secondo le Linee Guida per la rianimazione cardiopolmonare, se il paziente è cosciente, si rilevano i parametri vitali, quali saturazione dell'ossigeno e pressione arteriosa, si esegue un ECG a dodici derivazioni, si assicura un accesso venoso periferico di grosso calibro, si effettua

sedazione e controllo del dolore, trattamento delle crisi ipertensive, e se in caso di ipotensione, si infondono liquidi.

Stabilizzato velocemente, il paziente verrà trasportato in un DEA II livello e verrà avvertita la chirurgia cardiotoracica per un intervento urgente. Stessa procedura è adottata per i casi clinici di aneurisma dell'aorta, in quanto la sintomatologia è molto simile alla dissezione aortica dove la complicanza più frequente è un quadro di shock emorragico compensato nelle prime fasi iniziali rilevando una pressione arteriosa elevata e la cui manifestazione clinica dipende dall'entità dell'ematoma retro peritoneale manifestatosi, e la rottura dell'aneurisma causando il 2% delle morti in soggetti con più di cinquantacinque anni.

➤ **Emorragia cerebrale intraparenchimale**

Notoriamente definito "ictus emorragico", si tratta di una patologia per la quale il trattamento deve essere iniziato se i valori pressori sono maggiori di 180/105 mmHg, utilizzando farmaci quali labetalolo, nitroglicerina o nitroprussiato, anche se studi recenti hanno dimostrato che per una minore espansione dell'ematoma intraparenchimale i valori devono essere ridotti a 140 mmHg. Seppur costituisca solo il 10-17% degli ictus, la mortalità è maggiore rispetto agli ictus ischemici, causando la morte del paziente, se non nell'immediatezza dell'evento, a trenta giorni dalla manifestazione patologica, correlata alle dimensioni e alla localizzazione del sanguinamento iniziale e delle emorragie profonde. L'emorragia intracranica è classificata in letteratura in primaria, imputabile ad ipertensione arteriosa ed angiopatia amiloide, le forme secondarie possono essere causate da aneurismi, malformazioni arterovenose (MAV), trattamento anticoagulante orale, antiaggreganti, coagulopatie, cirrosi epatica, neoplasie, traumi, vasculite, malattia Moya-Moya, trombosi venosa cerebrale, eclampsia, endometriosi cerebrale. Come per gli eventi ischemici, anche la presentazione clinica dell'emorragia intracranica dipende dalla localizzazione dell'evento emorragico, dalla velocità di sviluppo e dalle dimensioni. L'esordio più comune è l'improvvisa progressione dei sintomi che si evolvono in pochi minuti, il sanguinamento intracerebrale o negli spazi liquorali non provoca dolore, siccome il cervello è privo di fibre algogene, pertanto piuttosto che cefalea, il sanguinamento iniziale causa sintomi neurologici in rapporto alla sede. Con la crescita dell'emorragia, progressivamente aumenta il peggioramento dei motori e sensitivi, afasia, coniugata deviazione degli occhi verso il sito dell'emorragia, riduzione del livello di coscienza. Se la crescita continua può portare a coma e morte per aumento della pressione intracranica e quindi compressione dei

centri del tronco encefalico. Un segno tipico di un'emorragia intracranica è il vomito, mentre sintomi come cefalea intensa non può dare, nel pre ospedaliero una certezza di ictus emorragico data l'associazione a differenti situazioni patologiche, comprese l'ictus ischemico, per cui per differenziare la diagnosi si necessita di un trasporto in un DEA di competenza, confermando l'ipotesi di ictus emorragico mediante imaging, diagnostica d'eccellenza rappresentata dalla TC. La più frequente complicanza precoce è l'aumento del volume dell'ematoma intracranico, anche se non è ancora ben chiaro se l'incremento volume- trico sia dovuto a risanguinamento piuttosto che ad uno stillicidio continuo. Questa complicanza può presentarsi entro quattro ore dal primo sintomo nella più alta percentuale di pazienti affetti, mentre una restante percentuale ha questo tipo di complicanza venti ore dopo rispetto al pri- mo sintomo. Anche nel caso dell'ictus emorragico, nell'ambito preospedaliero ciò che si può effettuare per stabilizzare il paziente è il controllo dei parametri vitali, soprattutto della pressione arteriosa, un rapido accesso venoso, e la rapida centralizzazione del paziente per il trattamento chirurgico e la terapia emostatica.

➤Epistassi

L'epistassi o rinorragia è una condizione clinica nella quale il sanguinamen- to, di tipo arterioso o venoso, proviene dalle alte vie dell'apparato respirato- rio; può verificarsi in assenza di uno stato patologico apparente, ed in questo caso è denominata "essenziale". Può trattarsi di un'ectasia (dilatazione) venosa del letto vascolare del setto, e può essere riscontrata nella parte ante- riore delle fosse nasali ed in tal caso la fuoriuscita di sangue sarà dalle narici, o posteriore ed allora il sangue tenderà a scendere nella faringe, può pre- sentarsi a tutte le età, ma con prevalenza giovanile, può essere spontanea o favorita, come nel caso di un'esposizione al sole; l'emorragia può essere ab- bondante ma arrestarsi senza necessità di trattamenti aggiuntivi.

Le cause sono di tipo "idiopatiche" (frequente nei bambini), o secondarie associate quindi a:

- Lesioni traumatiche come contusioni, fratture nasali, interventi chirurgi- ci, in questi casi il sanguinamento può essere così copioso da poter anemizzare il paziente, soprattutto nei grandi traumi con interessamento del massiccio facciale e della fossa cranica anteriore e può essere associato a rinoliquorrea.

- Corpi estranei: specialmente quelli a superficie irregolare, permanendo a lungo nelle fosse nasali, determinano lesioni ulcerative della mucosa e granulazioni sanguinanti al minimo contatto.
- Barotraumi: l'epistassi da baro traumi degli aviatori e sommozzatori è dovuta alle repentine variazioni pressorie.
- Varici del locus Valsalvae: il locus Valsalvae situato nella zona della parete mediale della fossa nasale, al di sotto della linea di unione tra cartilagine del setto, vomere e lamina perpendicolare dell'etmoide, poiché riccamente vascolarizzata, è la sede più frequentemente interessata da sanguinamenti provocati da ectasie arteriose o venose riscontrabili specialmente in soggetti giovani.
- Perforazioni del setto: possono essere causate sia da agenti irritanti, come acido solforico, cloro, fluoro, piombo, benzolo, cocaina, sia da eventi vasospastici quali ulcere trofiche, sia da interventi di resezione settale o cauterizzazioni di varici, l'epistassi frequente si ripeterà fino alla sclerosi dei bordi della lesione.
- Ipertensione arteriosa: frequentemente riscontrata, l'emorragia è copiosa e fuoriesce da entrambe le narici, è bene in questo caso non arrestare l'emorragia, bensì controllarla e subito procedere alla rilevazione dei parametri vitali, soprattutto pressione arteriosa.
- Neoformazioni: tumori benigni o maligni del setto nasale o dei seni paranasali possono provocare eventi emorragici, come polipi sanguinanti del setto, fibromi e angiomi, lesioni metastatiche di melanomi o angiosarcomi.
- Epatopatie: il riscontro di epistassi ricorrenti può far sospettare epatopatie, specialmente cirrosi, per mancanza di protrombina e vitamina K.

➤ **Emottisi ed emoftoe**

L'emottisi è l'emissione di sangue dal cavo orale, proveniente dalle vie aeree sottoglottidee, se la quantità di sangue è scarsa, viene definita emoftoe. È considerata emergenza medica allorché l'espettorazione di sangue o di sangue commisto a muco, è di almeno 600mL in 24 ore, dimostrando una patologia grave a carico dell'apparato respiratorio come il riempimento alveolare di sangue, o di instabilità emodinamica.

La prognosi è peggiorata se il paziente presenta comorbidità quali:

- insufficienze respiratoria,
- tosse improduttiva,
- coagulopatie,
- terapia anticoagulante.

La mortalità può oscillare dai 12 al 50% fino al 75% nelle emottisi massive. Etiologicamente stati di emottisi deriverebbero da arterie bronchiali, dal circolo polmonare o da diversa provenienza, le cause possono essere delle più disparate, la più comune è l'infezione tubercolare, bronchi ectasie o dilatazioni di rami bronchiali secondari a polmoniti ricorrenti, ascesso polmonare e neoplasie.

Per la valutazione dell'emottisi, la conferma dell'origine del sanguinamento spesso è difficile distinguerla da un'ematemesi, vale a dire dal sanguinamento proveniente dalle alte vie digestive, ma generalmente ci si orienta verso la patologia a carico delle vie respiratorie, controllando il colorito del sanguinamento:

- sangue venoso, scuro, proveniente dall'albero bronchiale;
- sangue rosso vivo, che verosimilmente deriva da vene bronchiali per stenosi mitralica, o arterie bronchiali, caratteristica delle bronchiectasie.

Importante è l'anamnesi del paziente prossima e remota che confermerà l'eziologia del sanguinamento, così come l'esame obiettivo del torace: infatti la presenza di un'ecchimosi della parete toracica, suggerisce un trauma dimenticato con una possibile contusione polmonare sottostante, ed il riscontro di sibili, potrebbe indicare la presenza di un corpo estraneo o di un carcinoma bronconcoeno; mentre la triade rappresentata da ipofonesi alla percussione, incremento del fremito vocale e presenza di rantoli all'auscultazione, è indicativo di polmonite o consolidamento parenchimale. Il trattamento dipende dal grado di emergenza, ossia dalla severità del sanguinamento, i provvedimenti possono essere dall'emotrasfusione, alla somministrazione di farmaci antitosse o morfina endovena, fino all'intubazione e ad una broncoscopia per l'aspirazione, instillazione di farmaci vasocostrittori.

➤ Emorragie digestive

Le emorragie digestive acute del tratto superiore sono interessate nella maggior parte, circa l'80-90%, di tutte le emorragie digestive, ed individuano tutti quei sanguinamenti che avvengono al di sopra del legamento di Treitz, colpendo quindi esofago, stomaco e porzione prossimale del duodeno. Fortunatamente la mortalità dei pazienti colpiti da emorragia digestiva è relativamente bassa ed è legata all'età e al numero di malattie preesistenti.

L'emorragia si manifesta con ematemesi, l'emissione di sangue con vomito in atto o recente, è indice di una grave perdita ematica, che avviene in breve tempo. Essa può presentarsi di colore rosso vivo, ed è la più grave in quanto può determinare un rapido riempimento dello stomaco e quindi indurre vomito senza che il sangue abbia ristagnato nello stomaco subendo la digestione dell'emoglobina, mentre l'ematemesi può presentarsi di colore rosso scuro o nerastro, ed è indice di un sanguinamento importante ma lento. Altra manifestazione di sanguinamento è la melena, sangue digerito l'emoglobina ha subito la trasformazione in ematina ed emesso attraverso feci nere, è indicativo di sanguinamento insorto in un tratto compreso tra la bocca ed il colon discendente; l'ematochezia, è il passaggio di sangue rosso vivo dal retto in forma di sangue misto a feci formate; rettorragia è l'emissione di sangue rosso vivo dal retto, e poi vi sono casi di emorragia occulta che è possibile riscontrare attraverso altri segni e sintomi come l'anemia, la dispnea a sforzi minimi, alterazione dello stato mentale.

Nel preospedaliero, ciò che occorre eseguire per questi pazienti è sicuramente la stabilizzazione, la reperibilità di un accesso venoso, il controllo delle vie aeree ed il recupero del materiale biologico espulso dal paziente in modo tale da poterlo portare in un pronto soccorso e lì effettuare test diagnostici per valutare la gravità situazionale della persona soccorsa e verificare attraverso esami anche endoscopici la fonte di emorragia. Da non sottovalutare il rischio di shock emorragico e la tempestiva gestione attraverso le procedure ABCD e ATLS.

➤ Ematuria

Spesso nel preospedaliero ci si ritrova a dover soccorrere pazienti di una vastissima fascia d'età ma molte volte, nelle patologie non traumatiche specialmente, di natura emorragica, la fascia d'età più soccorsa è sicuramente quella dai cinquant'anni in su, poiché spesso l'evento emorragico è associato ad una conseguenza o complicanza di una patologia o di

un'assunzione di farmaci con importanti effetti collaterali. Tra le complicanze di patologie maggiormente riscontrate, vi è l'ematuria: presenza di sangue nelle urine proveniente da un tratto qualsiasi dell'apparato urinario posto al di sopra dello sfintere esterno dell'uretra. I diversi casi clinici nei quali si può riscontrare l'ematuria, come ad esempio traumatica, da sforzo, prostatica, ureterale, uretrale, renale, da neoplasia, fanno sì che il percorso pre ospedaliero può soltanto evitare che il paziente vada in shock, escludere sepsi ed inviarlo direttamente al pronto soccorso con un codice di gravità giallo se parametri vitali instabili.

❖ **Malattie emorragiche legate alla terapia anticoagulante**

Una delle più comuni terapie anticoagulanti, il Warfarin o Coumadin (TAO), i Nuovi Anticoagulanti Orali (NAO) o inibitori diretti della trombina, sono una classe di farmaci anticoagulanti indicati per la prevenzione dell'ictus ed embolia sistemica nella fibrillazione atriale non valvolare.

Questa classe di farmaci anticoagulanti agisce direttamente sul Fattore X della cascata coagulativa, senza l'utilizzo dell'antitrombina come mediatore. Le molecole utilizzate in Italia con l'approvazione dell'AIFA sono tre:

- Rivaroxaban e l'Apixaban clinicamente attive perché inibiscono il fattore X;
- Dabigatran che agisce selettivamente inibendo la trombina.

Questi farmaci sono clinicamente concorrenti dei più datati antagonisti della vitamina K (warfarin, acenocumarolo), che sono attivi, però, su diversi livelli della cascata della coagulazione, agendo sulla sintesi di vari fattori della coagulazione (II, VII, IX, X) nel fegato.

Entrambe le famiglie farmacologiche rappresentano la categoria della terapia per contrastare:

- tromboembolismo venoso, embolia polmonare, fibrillazione atriale,
- sindrome coronarica acuta,
- procedure invasive cardiache.

Agiscono bloccando la sintesi e l'attivazione di fattori della coagulazione, interferendo quindi con la cascata coagulativa in uno o più stadi. Poiché, quindi, questi farmaci

agiscono in modo tale da contrastare il rischio di coaguli intravasali rischiosi per il paziente, la complicanza più temuta è un'emorragia incontrollabile che potrebbe essere causata da diversi fattori come una marcata scoagulazione del paziente data dalla terapia stessa, l'assunzione di più farmaci, che possono aumentare o diminuire il metabolismo dell'anticoagulante, può causare effetti collaterali e provocare emorragie, la caduta del paziente che assume Warfarin può provocare emorragia cerebrale, tutte le terapie anticoagulanti hanno come possibile effetto collaterale il rischio di un'emorragia cerebrale intraparenchimale o sub aracnoidea. Da non sottovalutare fattori di rischio aggiuntivi per questa categoria di pazienti che possono essere anemia, ipotensione, eventi cerebrovascolari regressi, lesioni gastrointestinali, malattie renali ed epatiche. Per tutte queste considerazioni è necessario che all'arrivo del soccorso, l'operatore deve acquisire immediatamente un'anamnesi abbastanza dettagliata e informazioni sull'evento accaduto, identificare ed arrestare l'emorragia, diminuire l'intensità dell'effetto dell'anticoagulante mediante cessazione della terapia,

somministrazione di vitamina K e una volta in ospedale somministrare plasma fresco congelato o concentrati protrombinici e fattore VIIa ricombinante.

❖ **Le urgenze ginecologiche**

Altro grande capitolo che è doveroso dover citare è quello di una vasta gamma di patologie legate al sesso femminile. Comune nelle donne in età fertile un'emorragia da definire "fisiologica" ovvero il ciclo mestruale, vi sono però emorragie che non possono essere considerate come tali poiché di natura patologica. Esse possono presentarsi interne e di conseguenza presentare l'addome cosiddetto acuto, o esterne è il caso della metrorragia in età fertile o in menopausa. Per quanto concerne le perdite ematiche interne le cause attribuibili sono gravidanza extrauterina, rottura del corpo luteo emorragico, rottura di cisti ovarica, tumori; per le perdite esterne ricordiamo la metrorragia disfunzionale, miomi uterini, tumori, minaccia d'aborto, aborto in atto, gravidanza ectopica e traumi. Tutte situazioni di urgenza, ma in particolare vedremo due punti chiavi delle emergenze ginecologico-ostetriche.

➤ **Gravidanza e post partum**

Non sono rare le gravidanze a rischio negli ultimi tempi, anzi statistiche dimostrano un incremento dal 2000-2002 dovuto a cause mediche nell'80%. Molto spesso le urgenze ed

emergenze gravidiche riguardano non solo la madre ma anche il feto, e sono soprattutto di natura non traumatica, coinvolgendo spesso organi come il cuore provocando SCA, scompensi ipertensioni, fegato e pancreas e tiroide quindi malattie di origine metaboliche, o possono innescarsi meccanismi sistemici per cui si presentano sindromi come la pre-eclampsia, sindrome di HELLP ed altre patologie a carico di tutto l'organismo della gestante mettendo in pericolo non una ma ben due vite. Per quanto riguarda l'argomento emorragie in gravidanza tra le più temute ricordiamo:

- Gravidanze extrauterine che comportano, dato l'ectopico annidamento dell'embrione, una rottura delle tube di Falloppio, ovaie, o anche se raramente del peritoneo, provocando un emoperitoneo ed è un'emergenza assoluta nella quale la paziente con estrema urgenza deve essere trasportata nel più vicino ed idoneo ospedale per una chirurgia d'urgenza.
- Altra possibile causa di un massivo sanguinamento è la rottura in gravidanza di un aneurisma dell'arteria splenica o dell'aorta, in seguito a dilatazione e rottura spontanea: la paziente sarà fortemente anemizzata, con dolore dominante e in shock emorragico.

Se nella gravidanza rischi di incorrere in un sanguinamento massivo sono relativamente bassi, nel post partum la percentuale della mortalità per emorragia, soprattutto in parti naturali, aumenta esponenzialmente. Nel post partum per emorragia si intende una perdita ematica maggiore di 500mL di sangue. È una complicanza che si verifica dal 5 al 22% di parti ed è responsabile della maggior parte delle morti materne che avvengono entro 4 ore dal parto, e si aggrava maggiormente quando il parto non è effettuato in ospedale, ma d'urgenza in casa o in ambulanza.

Si parla di 140.000 morti per anno, pari a una morte ogni 4 minuti nel mondo dovute a emorragie post partum, e anche se non fatali, possono determinare comunque un'anemia sideropenica, Sindrome di Sheehan, scarsa galattopoiesi, esposizione a rischio trasfusionale, coagulopatie, danno d'organo associato all'ipotensione e allo shock. Si distingue in severa se maggiore di 150 ml/min (in 20' provoca una perdita di circa il 50% del volume ematico complessivo) oppure improvvisa maggiore di 1500-2000 ml, precoce o acuta: entro le 24 ore dal parto oppure tardiva o secondaria: dalla 24° ora alla 12° settimana dopo il parto.

Il trattamento prevede un'emostasi meccanica ed una farmacologica fino al trattamento chirurgico. Si somministra ossigeno in maschera ad alti flussi se la condizione è più grave

si procede all'intubazione endotracheale della paziente anche nel caso in cui non fosse più cosciente, accessi venosi periferici, somministrazione di cristalloidi e colloidi per il ripristino volumico, utero tonici, posizionamento di un catetere vescicale, controllo della presenza di eventuali lacerazioni del collo e della vagina ed eventuale ritenzione di materiale placentare. Si ricorda che la somministrazione di colloid non controllata e non effettuando un rapporto perdita ematica infusione di colloid 1:1, può dare origine a coagulopatia da emodiluizione difficilmente distinguibile dalla CID (coagulazione intravascolare disseminata) che vedremo nei capitoli successivi.

Dopo la stabilizzazione della paziente, è necessario individuare la causa della perdita ematica che può derivare dall'atonia uterina che è da ritenersi la causa prevalente di emorragie post partum, ma anche da lacerazioni vaginali e cervicali, mancato secondamento, inversione uterina e coagulopatia materna, ricercando ed identificazione la causa si può intervenire alla risoluzione dell'emorragia considerando quindi non più in pericolo la vita della paziente. Altro grave pericolo è da considerarsi il trauma in gravidanza che vedremo nel paragrafo dedicato alla traumatologia.

14.2 Emorragie trauma correlate

Sarà bene a questo punto dare una corretta definizione di trauma, essendo quest'ultimo una delle principali cause dell'emorragia.

Definiamo "trauma" una lesione prodotta nell'organismo da un qualsiasi agente capace di azione improvvisa, rapida e violenta. Nell'apparato locomotore le lesioni conseguenti a traumatismo sono molto frequenti, basti pensare alle continue sollecitazioni di tipo meccanico che l'organismo deve sopportare, soprattutto quando le sollecitazioni sono maggiori o più violente rispetto al carico "fisiologico", che molto spesso sono responsabili di lesioni che comportano una morbidità o una mortalità elevata soprattutto nei Paesi industrializzati: infatti solo nell'Unione Europea vi sono oltre 40.000 morti e 1.700.000 feriti solo per incidenti stradali, se dovessimo calcolare statisticamente anche incidenti sul luogo di lavoro o nella pratica sportiva, ad esempio, le cifre sarebbero esorbitanti.

Perché si verifichi una lesione traumatica, come detto pocanzi, è necessaria un'energia meccanica applicata ad una struttura del nostro apparato locomotore che superi la resistenza dei tessuti sottoposti a sollecitazioni fisiologiche: se l'energia meccanica è molto intensa, anche di breve durata, si parla di lesione traumatica; se la resistenza dei tessuti

molli è ridotta, è sufficiente un'energia meccanica nei limiti delle sollecitazioni fisiologiche per produrre una lesione di tipo patologica; se invece l'energia meccanica non è superiore alla resistenza dei tessuti molli, ma è di lunga durata, allora si verificherà una lesione cosiddetta da durata o fatica. Le conseguenze dell'energia meccanica prodotta su un distretto corporeo, causerà una lesione con meccanismo diretto, cioè danneggiando solo i tessuti nella sede di applicazione della forza lesiva, ma produrrà un effetto uguale e contrario, come ci dimostra la fisica meccanica, secondo la terza legge di Newton per cui ad ogni azione corrisponde un'azione uguale e contraria, verrà prodotto un effetto di meccanismo cosiddetto indiretto o contraccolpo, ovvero la forza lesiva non coinvolgerà solo il distretto corporeo interessato dalla forza applicata, ma la lesione avverrà, nella maggior parte dei casi, in un punto non coincidente alla sede di applicazione della forza ma nel punto opposto e spesso i due meccanismi coesistono. Ogni tessuto ha un particolare modo di reagire alla forza meccanica applicata, per cui le lesioni potranno essere differenti a seconda del punto interessato.

Infatti nel caso dei traumi possiamo distinguere traumi aperti, in questo caso si parla di ferite, fratture, laddove le lesioni creano comunicazioni tra l'interno del nostro organismo e l'ambiente esterno; traumi chiusi, rappresentati principalmente da contusioni, collisioni, cadute, distorsioni, lussazioni; traumi penetranti, determinati, perlopiù, da armi da fuoco, armi bianche, cadute su oggetti fissi.

Tutte e tre le tipologie di traumi possono avere conseguenze per il paziente quale le emorragie poiché, come già sopra citato, la resistenza dei tessuti può essere ridotta rispetto alla forza meccanica esercitata per cui si instaurano meccanismi lesivi che potrebbero danneggiare un organo o vasi sanguigni.

➤ **Contusione**

Per contusione si intende la lesione dei tessuti investiti da una forza meccanica applicata ad essi direttamente, tramite urti contro un oggetto, percosse con o senza corpo contundente, per azione di fluidi ad alta pressione, senza lesione di continuità dei tegumenti. La conseguenza a livello tissutale sarà determinata dall'intensità della forza applicata, per cui, nel caso vi sia una contusione lieve, l'interessamento della lesione sarà principalmente, solo da parte di tessuti superficiali come cute e sottocute, la sollecitazione dei meccanocettori stimoleranno a livello cellulare la liberazione di sostanze intracellulari con conseguente edema e flogosi locale; se la contusione è moderata, quindi l'azione della

forza più intensa, le lesioni saranno anche a livello del tessuto connettivo e dei vasi che circondano il tessuto stesso, per cui vi sarà un'effusione di sangue che potrà invadere il sottocute, causando emorragia interstiziale o "ecchimosi", la cute in corrispondenza della contusione ecchimotica sarà arrossata, successivamente assumerà un colorito caratteristico violaceo e nelle ore successive molto scuro, per poi assumere, con il passare dei giorni, tutte le sfumature della degradazione emoglobinica (blu-astro, verdastro, giallo) e poi ridursi fino alla scomparsa della colorazione tipica.

Se invece il sangue si raccoglie in uno spazio anatomico o scollando i tessuti molli, per esempio le fibre muscolari, si avrà la formazione dell' "ematoma", che può evolvere infiltrando i tessuti circostanti, o organizzandosi seguendo il meccanismo della coagulazione, in una massa gelatinosa, poi in una parte solida ed una liquida, lentamente riassorbita e drenata fino a procedere in una cicatrizzazione connettivale che potrebbe anche calcificare. Quando l'energia contusiva è molto intensa le lesioni saranno importanti componendo lesioni anche di tipo necrotico dei tessuti molli superficiali, del derma e dell'adipe sottocutaneo, nonché delle fasce muscolari e dei tendini.

14.3 Ferite

Si definisce ferita una soluzione di continuo dell'apparato tegumentario conseguenza ad una azione meccanica. Si distinguono principalmente in superficiali e profonde rispetto al coinvolgimento del solo piano cutaneo e sottocutaneo o con interessamento di tessuti ed organi sottostanti. La conseguenza più immediata, oltre al dolore locale, è la possibilità di sanguinamento della zona interessata che sarà determinata dall'entità e dal grado e dal tipo di ferita. A seconda dell' eziologia determinata dall'agente lesivo verrà distinta in:

- ferita da punta: dipende dal grado di profondità, in questo caso non vi è netta perdita di sostanza, con un'emorragia poco importante tanto da poter essere contenuta;
- ferita da taglio: la lesione ha un aspetto lineare a margini netti e sezione tissutale, possibilità di perdita di sostanza tissutale, una caratteristica è la ferita a lembo, il sanguinamento può essere imponente dipendendo dalla profondità del taglio e dal distretto corporeo coinvolto

- ferita lacerocontusa: tale tipologia di ferita è caratterizzata dalla lacerazione e concomitante contusione della cute provocando sofferenza tissutale anche alle zone di cute adiacente. Il meccanismo che determina la ferita può essere da strappamento e/o da schiacciamento.

- ferita a lembo: sono formate da un lembo cutaneo, a sezione triangolare, per azione di un tagliente che agisce con direzione obliqua creando una discontinuità tra i tessuti. La lama, inclinata da un lato, penetra a varia

profondità e il lembo formatosi assume spessore tanto maggiore quanto più obliqua e profonda è stata la penetrazione della lama stessa.

- ferita lacere: la lacerazione della cute si ha quando la massima elasticità della stessa è superata, avviene più facilmente quando un corpo con superficie di contatto piccola esercita una pressione su di essa.

- ferita da arma da fuoco: più complessa è la ferita da arma da fuoco, in quanto si possono avere tre differenti situazioni cliniche con un risultato di guarigione e trattamento diverso. Si può avere il caso nel quale il proiettile provocherà un foro di entrata, con margini più piccoli, netti ed introflessi, presentando un alone ecchimotico o ustione perilesionale, un tramite, il punto di trapasso del proiettile, ed un foro d'uscita, più grande del foro d'entrata, a margini sfrangiati ed estroflessi; oppure il caso nel quale il proiettile provocherà un foro di entrata ma non vi sarà foro d'uscita, restando intrappolato tra i tessuti o gli organi interessati, ciò può essere possibile se la forza esercitata dal colpo è insufficiente a far trapassare il proiettile dal lato opposto; il caso in cui il proiettile non penetrerà in un distretto corporeo, è la condizione in cui l'oggetto provocherà una ferita da strisciamento, provocando abrasione, escoriazione ed una leggera ustione dei tessuti cutanei e sottocutanei e sottostanti.

- ferita da scoppio: si verifica quando il proiettile delle schegge esplodono all'interno dell'organismo provocando quindi, una ferita a margini irregolari, se non distruzione dei tessuti e degli organi dell'organismo, essendo colpiti dall'onda d'urto, cioè dallo spostamento d'aria causato dall'esplosione.

I fattori che influenzano il processo di riparazione di una ferita sono principalmente

- Locali, comprendenti la forza esercitata sul distretto interessato, la vascolarizzazione, la mortificazione ed infiltrazione ematica dei margini, infezione o suppurazione, emorragia ematomi o raccolte sierose, precedenti lesioni quindi cicatrizzazione.
- Sistemici: l'età, lo stato nutrizionale, stati morbosi preesistenti, farmaci assunti, distretto corporeo interessato.

Un aspetto importante da considerare nelle ferite è la profondità e l'interessamento di formazioni anatomiche sottostanti, poiché oltre ai gravi problemi connessi alla possibile lesione di organi contenuti in addome e torace, o l'interessamento di muscoli e tendini, la conseguenza più temuta e più imminente sono le emorragie. Non tutte le emorragie determinano un pericolo grave per la vittima, ma il loro livello di pericolosità dipende da fattori quali:

1. Quantità di sangue persa: nell'organismo di un adulto medio circola circa 4,5 litri di sangue, se la massa totale persa è maggiore di 2 litri la vittima sarà in grave pericolo. Peggiora il bilancio se il paziente sarà un adolescente, che risulterà in pericolo di vita con la perdita di un litro di sangue, ancor più grave per il bambino ed il neonato che rispettivamente saranno in pericolo grave perdendo mezzo litro e trenta/cinquanta ml di sangue rispetto alla loro portata media;
2. Sede dell'emorragia: si tratta principalmente di emorragie interne ed esterne, sarà più grave e pericolosa quella interna poiché non se ne conosce l'entità specifica rispetto al grado di pericolosità, mentre un'emorragia esterna è, paradossalmente, più controllabile e gestibile;
3. Tipo di vaso leso: una lesione arteriosa sarà sicuramente più grave e letale rispetto ad una venosa;
4. Velocità della perdita ematica: per mancati meccanismi di compenso dell'organismo, una rapida perdita ematica di un solo litro di sangue nell'adulto comporta un'emergenza, così come nel bambino se la velocità di perdita ematica è di un quarto di litro al minuto e per il neonato venticinque ml al minuto;
5. Condizioni del paziente precedenti all'emorragia: un paziente con un buon stato di salute precedente ad una lesione avrà una prognosi migliore rispetto ad un paziente affetto da altre patologie.

➤Fratture

L'interruzione della struttura ossea, che avviene a causa dell'esposizione di un segmento osseo a sollecitazioni maggiori rispetto alla sua possibile resistenza meccanica, sollecitazioni di tipo dirette o indirette, è definita frattura. L'osso, pur essendo per antonomasia la struttura più resistente del corpo umano rispetto ad altri organi e tessuti presenti, è poco elastico, incapace di deformarsi a forze meccaniche maggiori, è più fragile, anche in rapporto all'età del soggetto in discussione: un bambino infatti, ha una struttura più elastica di un anziano, fattori differenti determinati dalla quantità di cristalli di idrossiapatite e la struttura di collagene su cui sono depositati, per cui l'osso con presenza maggiore di questi cristalli e collagene sarà non solo più rigido ma anche meno resistente. In alcune situazioni, laddove la resistenza ossea diminuisce in maniera esponenziale, si verificano fratture anche con sollecitazioni fisiologiche: è il caso delle fratture cosiddette patologiche, in caso di osteolisi, e fratture da fragilità, nel caso in cui si parla di osteoporosi.

La frattura di uno o più strutture ossee può essere frammentata, se l'osso si rompe in vari pezzi, o possono costituirsi monconi, se vengono a costituirsi frammenti principali che dividono l'osso in due sezioni. La rima di frattura è il sottile spazio interposto tra i frammenti determinati dalla frattura, può essere unica o presentarsi più rime di frattura, in questo caso la lesione è bifocale o plurifocale, mentre il focolaio di frattura è la zona compresa tra i vari frammenti, dove si forma l'ematoma di frattura poiché dalla rottura della struttura ossea, copiosamente fuoriuscirà sangue, proveniente dalla ricca circolazione dell'osso interrotto, ed in esso precocemente si svilupperanno fenomeni infiammatori in risposta alla lesione tissutale che in seguito porteranno ai processi riparativi.

Se oltre ai due monconi principali sono presenti altri frammenti, allora la frattura si dice pluriframmentata e se sono di piccole dimensioni è detta comminuta; quando tra i frammenti ossei non c'è alterazione di posizione, essa è definita composta, se i frammenti non sono rimasti a contatto ma si sono allontanati e il loro spostamento è avvenuto in varie direzioni, la frattura è definita scomposta; si definisce esposta quando il focolaio comunica con l'ambiente esterno, poiché un agente lesivo ha interrotto il tessuto tegumentario o perché, come nel caso della esposizione inversa, un moncone acuminato ha lacerato dall'interno i tessuti molli fino alla cute.

- Lesioni complesse: trauma da schiacciamento e amputazione

Si parla di trauma da schiacciamento quando la zona lesa è interessata da una compressione tra il corpo contundente e un altro corpo rigido, componendo così un improvviso aumento della pressione a livello tissutale e causa lesione tipiche: ferite lacere, con notevole sofferenza o necrosi dei tessuti molli, dei tessuti muscolari con edema, ematomi, lacerazioni, danneggiamento delle strutture nervose e vascolari e fratture comminute.

Qualora una porzione di arto venga sottoposta a forze molto intense di taglio o di trazione, esse provocano come conseguenza l'interruzione completa a tutto spessore dei tessuti, dalla cute all'osso, provocando la detroncazione o comunemente detta amputazione. Se invece l'azione lesiva interessa gran parte del segmento ma non è completa, si parla allora di sub-amputazione.

Le complicanze di fratture, ferite, contusioni e lesioni provocate da un trauma di qualsiasi genere, saranno principalmente

Vascolari: l'ispezione del segmento lesionato, va ispezionato rilevando il polso, ovvero l'onda di pressione impressa sulle pareti dei vasi arteriosi che indica l'azione di pompa del cuore la frequenza, l'intensità e il ritmo si percepisce facendo pressione mediante polpastrelli su una superficie rigida quale l'osso. I polsi sono rilevati su specifici punti di repere quali: temporale, carotideo, brachiale, radiale, femorale, popliteo, tibiale, pedideo; valutazione della temperatura corporea, colorito cutaneo, palpazione delle logge muscolari.

È importante eseguire tempestivamente queste rilevazioni, come vedremo più avanti nell'ABCDE primario dell'extraospedaliero poiché l'arto potrebbe apparire momentaneamente vitale, date le diverse circolazioni collaterali che fornirebbero sufficiente flusso retrogrado. In presenza di una lesione vascolare parziale, il distretto interessato si presenterà freddo con prolungato tempo di riempimento capillare e polsi periferici ridotti o assenti; se la lesione vascolare è completa, la zona interessata sarà fredda, pallida, ecchimatosa, dolente e priva di polso.

Complicanze neurologiche: poiché anatomicamente il sistema nervoso è collegato ad ossa e articolazioni, la lesione determinerà una compressione, uno stiramento o un'interruzione del nervo o dei nervi coinvolti.

Sindrome compartimentale: si può manifestare nel momento in cui un muscolo è contenuto in uno spazio chiuso chiamato fascia. Tale sindrome deriverebbe dall'aumento di pressione all'interno della fascia muscolare. La causa può essere un ematoma o un edema dei tessuti sottostanti la fascia o per un'eccessiva compressione data dai mezzi di immobilizzazione, che se non trattata, può portare ad ischemia della zona interessata e conseguente necrosi. Clinicamente si manifesta con dolore, edema teso, alterata sensibilità e mobilità, la patologia può esaurirsi in un trattamento chirurgico urgente definito fasciotomia.

Contaminazione: la colonizzazione batterica di ferite e fratture, maggiormente quelle esposte, inizia dopo sei ore dall'evento lesivo della cute, per questo è importante e necessario come primo intervento, pulire la ferita con abbondante acqua o soluzione fisiologica e coprire con garze sterili.

Complicanze emorragiche: dato l'importante coinvolgimento delle strutture vascolari che si riscontra nelle lesioni di tipo traumatico, gran parte di essi hanno come complicanza imminente la fuoriuscita di sangue o cosiddetta emorragia che se non trattate precocemente e seguendo procedure adeguate, si rischia la possibilità di perdere la vita del paziente o provocargli sequele e complicanze che possono causare danni permanenti al soggetto coinvolto.

Per meglio classificarle e argomentarle, dividiamo i principali traumi e le conseguenti perdite emorragiche ed i loro relativi trattamenti, sezionando il corpo in: testa, torace, addome, arti superiori ed inferiori.

➤Trauma cranico

Consideriamo trauma cranico l'evidenza all'esame fisico e clinico di segni esterni come ecchimosi, ematomi del cuoio capelluto, lacerazioni o lesioni e fratture evidenti della testa comprendendo la scatola cranica dall'osso temporale anteriormente, lobi temporali e posteriormente l'occipite. Può accadere che un trauma cranico può non manifestarsi mediante la presenza di segni clinici evidenti, ma celarsi sotto sintomatologie a cui occorre prestare particolare attenzione, sintomi detti "secondari da trauma", per attuare nel più breve tempo possibile procedure clinico terapeutiche adeguate al trattamento di complicanze in risposta all'evento traumatico. Al trauma, infatti, può essere associata una leggera contusione provocata dall'urto con un corpo rigido, oppure, se la dinamica dell'evento è moderatamente più complessa, oltre alla concussione alle fratture delle diverse ossa del

cranio possono associarsi ematomi di tipo epidurale, subdurale, emorragie subaracnoidee, cerebrali, lesioni cerebrali che porterebbero ad un'instabilità emodinamica del paziente in tempi brevissimi fino alla compromissione neurologica del soggetto leso. Questi possono essere conseguenze dinamiche di trauma con forze lineari o rotazionali che determinano una dislocazione dell'encefalo rispetto alla dura madre con rottura delle vene a ponte tra encefalo e seni venosi, per cui conoscendo l'intensità della forza e la sua direzione, ci si può orientare al tipo di lesione subita e alla gravità della situazione clinica da attendersi.

Fattori aggravanti sono non solo l'età dei pazienti ma anche comorbidità e l'assunzione di farmaci che potrebbero peggiorare la prognosi del soggetto colpito. Di fatti il trauma cranico, come viene riportato in letteratura, viene distinto in lieve, moderato e grave, in base non solo alla dinamica dell'evento e alla gravità del trauma stesso, ma anche in base a fattori concorrenziali, comorbidità, precedenti eventi traumatici etc. ciò che in prima analisi, arrivati sullo scenario, bisogna appurare, è il livello di coscienza del paziente attraverso la Glasgow Coma Scale (GCS): una scala attraverso la quale si assegna un soggetto da 3 a 15 in base alla risposta di tre livelli di coscienza, cioè risposta verbale, motoria ed apertura degli occhi. Una volta rilevato il punteggio si procede alla stabilizzazione e centralizzazione del paziente, per poter accertare con sicurezza eventuali danni neurologici o solo traumatici attraverso la diagnostica per eccellenza ovvero la TAC e l'osservazione del soggetto di almeno 48 ore dall'evento, per certificare lo stato di salute dello stesso.

➤Trauma toracico

Proseguendo in senso cranio-caudale, un trauma può avere un forte impatto sulla gabbia toracica, causando soprattutto compromissioni della funzione respiratoria, ma non pochi sono i casi, soprattutto in incidenti stradali, di lesioni che compromettono la funzionalità di organi contenuti nella cassa toracica provocando la rottura degli stessi e quindi emorragie che se non arrestate in tempo provocano morte. Come vedremo di seguito, ciò che va effettuato in caso di traumi a livello toracico, ma anche addominale, è l'esposizione del paziente, scoprire la vittima per valutare la presenza di segni che possano far pensare immediatamente ad una criticità d'organo e trasportarlo nell'immediato in un DEA di competenza.

➤Trauma addominale

La terza regione anatomica più interessata dal trauma dopo la testa e gli arti. Pur potendo essere colpito come unica regione del corpo, un trauma all'addome viene generalmente identificato come una condizione di poli- trauma, considerato critico sia perché la maggior parte delle volte sono interessati anche altri distretti corporei, sia perché da punto di vista emodinamico si possono nascondere insidie potenzialmente rischiose, infatti anche quando un altro distretto corporeo è interessato al trauma, va sempre ispezionato e valutato l'addome per riconoscere eventuali lesioni non evidenti. La principale differenza nell'addome è il trauma aperto, dove di particolare rilievo sono le ferite da arma bianca e da fuoco o oggetti contundenti (trauma penetrante). È indispensabile conoscere il tipo di oggetto o di arma, la lunghezza la velocità con il quale è stato sferrato il colpo o è penetrato incidentalmente, la profondità della ferita ed infine indagare sul tragitto dell'oggetto per valutare sommariamente gli organi lesi. Trauma chiuso può essere causato da un agente che per diretto contatto ha compresso o schiacciato degli organi, ma anche con azione indiretta da decelerazione , ad esempio, ha potuto causare una lacerazione di organi o dislocazione degli stessi per rottura dei mezzi legamentosi di fissità. Questa è una delle dinamiche più viste in quanto è propria degli incidenti stradali. Gli organi maggiormente colpiti sono fegato, milza, colon, diaframma e vasi. Seguendo il percorso ospedaliero la valutazione primaria è legata al metodo ATLS con una valutazione ABCDE ed un esame testa-piedi.

➤Trauma arti

Lesioni ai distretti periferici, quali arti superiori ed inferiori, in una grande percentuale di casi, tendono ad essere responsabili di morbidità e non di mortalità in seguito a traumi di questo genere. Come scritto nei paragrafi precedenti, un trauma all'arto può essere interessato da un'emorragia in caso di compromissione della circolazione del distretto corporeo, dovuto a ferite, lacerazioni o fratture, ma può presentarsi il caso di amputazioni o sub amputazioni. In questo caso il trauma è dovuto a forze che schiacciano l'arto, o lo strappano letteralmente, causando la lesione, come nel caso di traumi da schiacciamento.

Fisiopatologia delle emorragie

L'emostasi fisiologica richiede l'interazione di numerose glicoproteine plasmatiche con le piastrine circolanti e con le cellule dell'endotelio vascolare. Essa viene distinta in varie fasi: vascolare, piastrinica, plasmatica e fibrinolitica.

Schematicamente l'emostasi normale si attua tramite meccanismi immediati:

- vasocostrizione attiva ed adesione delle piastrine alla lesione vascolare;
- meccanismi intermedi: aggregazione piastrinica, formazione del trombo piastrinico e del coagulo di fibrina;
- meccanismi ritardati: lisi del coagulo e reazione cellulare riparativa. Questi tre meccanismi che hanno lo scopo di arrestare l'emorragia, devono tuttavia assicurare una funzione coordinata e limitata nel tempo e nello spazio. Infatti, se l'emostasi è squilibrata in senso difettivo si verificherà un sanguinamento; se, viceversa, è squilibrata in senso eccessivo si verificherà una condizione trombofilica o trombotica. La perdita di tale equilibrio può portare alla paradossale coesistenza di emorragia e trombosi, fenomeno patologico chiamato coagulazione intravascolare disseminata (CID). Si deve tenere presente che le possibilità di arresto dell'emorragia sono limitate nel tempo in quanto i vari fattori ed elementi coinvolti vengono consumati durante le loro funzioni ed i meccanismi che partecipano al processo emostatico variano anche in funzione del tipo e della sede della lesione.

I vasi ematici, costituiti da due strati, lo strato endoteliale tromboresistente e le strutture sottoendoteliali, dotate invece di "trombogenicità", fisiologicamente trasportano il sangue liquido, con componenti diversi disciolti in esso, in tutto il circolo ematico, ma se la parete vascolare viene danneggiata da lesioni di continuo, il sangue assumerà, in quella regione lesionata, una consistenza "gelatinosa", definita coagulo, sia in corrispondenza della parete vascolare, sia quando è fuoriuscito all'esterno. Questo processo viene definito emostasi e garantisce l'arresto delle perdite ematiche attraverso dei meccanismi di controllo, quali:

- Fattori pro coagulanti, che favoriscono la creazione del coagulo;
- Fattori anticoagulanti, che bloccano l'attivazione, in assenza di lesioni vascolari, dei fattori pro coagulanti, mantenendo il sangue costantemente fluido, ed in caso di lesione vasale, circoscrivono il processo coagulativo nel sito alterato;
- Fattori fibrinolitici che dissolvono il coagulo quando la lesione vascolare è stata riparata, reintegrano la superficie endoteliale a contatto con il sangue.

Tutti questi meccanismi sono attuati in maniera coordinata da:

- Piastrine, dette anche trombociti, derivano dalla frammentazione, che avviene nel midollo osseo, delle cellule megacariociti, che a loro volta si formano dalle cellule staminali emopoietiche attraverso varie tappe moltiplicative e differenziative e la loro produzione è controllata da un ormone, la trombopoietina. I trombociti sono privi di nucleo, hanno forma ovale o rotondeggiante, con una concentrazione ematica di 150.000-400.000/lo vitale di massimo nove giorni, dopo di che sono fagocitate dai macrofagi nella milza e dalle cellule di Kupfer nel fegato. Le piastrine esprimono recettori per fattori di crescita alcuni dei quali si ricordano:

- IL-3: stimola la differenziazione delle cellule staminali emopoietiche multipotenti in cellule progenitrici mieloidi di tutte le cellule della linea mieloide (globuli rossi, megacariociti, granulociti, monociti e cellule dendritiche).

- eritropoietina: o EPO è un ormone glicoproteico prodotto da reni e in misura minore dal fegato e cervello, con funzione principale di regolazione dell'eritropoiesi, ossia la produzione dei globuli rossi da parte del midollo osseo.

- GM-CSF: Granulocyte-Macrophage Colony-Stimulating Factor è un fattore di crescita dei granulociti e dei macrofagi, proteina secreta da varie cellule del sistema immunitario e di altri tessuti quali linfociti T, macrofagi, mastociti, fibroblasti, cellule dell'endotelio; agisce sui globuli bianchi, stimolando le cellule staminali a evolvere in granulociti e nei monociti.

- IL-6: l'interleuchina 6 agisce come citochina multifunzionale, sia pro-infiammatoria, sia anti-infiammatoria. È secreta dai Linfociti T e dai macrofagi per stimolare la risposta immunitaria, nelle cellule muscolari lisce delle tonache media di molti vasi è prodotta come citochina pro-infiammatoria.

- IL-11: l'interleuchina 11 è un induttore della produzione delle proteine di fase acuta durante l'infiammazione oltre a promuovere la proliferazione di alcuni linfociti, ha proprietà osteotrofiche, promuovendo la proliferazione e la differenziazione delle cellule dell'osso ed è la principale citochina coinvolta nella maturazione dei megacariociti nel midollo osseo.

- ➤ MK-CSF: Proteine necessarie alla regolazione del processo emopoietico, in grado di esplicare il suo effetto sulla cellula staminale, regolando i processi di

sopravvivenza, proliferazione e maturazione, ma anche sui progenitori commissionati e su cellule già differenziate e mature. Si legano ai recettori specifici presenti sulle cellule bersaglio ed a seguito di questo legame si attiva un segnale ed una conseguente risposta attraverso la membrana cellulare al fattore di crescita.

- trombopoietina, sintetizzata da fegato e reni e contribuisce a regolare le piastrine circolanti, il processo. attraverso meccanismi di feedback permettono di rimuovere i fattori protrombinici dal sangue quando sono in eccesso, evitando che le piastrine superino il valore fisiologico facendo in modo che i fattori di crescita non raggiungano il midollo osseo e che questo stimoli la frammentazione dei megacariociti con conseguente rilascio in circolo di ulteriori piastrine. Questo processo è chiamato “meccanismo omeostatico di regolazione piastrinico”.

Si presentano come piccole spugne in quanto alla superficie sono presenti dei pori attraverso i quali fuoriescono i componenti biochimici interni prodotti durante l'attivazione. La piastrina è racchiusa da una membrana plasmatica che dal lato citoplasmatico si connette alle proteine del citoscheletro modulando la forma delle cellule, sul versante esterno è rivestita da lipopolisaccaridi che costituiscono il glicocalice, dalla quale sporgono glicoproteine con funzione adesiva e recettoriale, coadiuvando i fenomeni di adesione, aggregazione delle piastrine. Nel citoplasma sono presenti tre tipi di granuli che sono secreti all'esterno della cellula partecipando ai processi emostatici e sono :

- a) Granuli densi δ : contengono serotonina, peptidi chemiotattici, Ca^{+} , Mg^{+} , fattore piastrinico V;
- b) Granuli α : le molecole in essi contenute sono fibrinogeno, collagene, α -tromboglobulina, fattori di crescita, albumina, chemochine, fattore piastrinico 4, fattore di permeabilità vasale, fibronectina, proteine ad attività battericida;
- c) Lisosomi, in essi contenute gli enzimi idrolitici di vario tipo.

Le piastrine espletano la loro funzione primaria di formazione del coagulo, detta appunto Fase Piastrinica, formando un tappo in corrispondenza della lesione endoteliale, coinvolgendo altri fenomeni patologici quali l'infiammazione, il processo ripartivo, reazioni di ipersensibilità. L'ADP liberato dalle superfici induce un mutamento della loro morfologia che facilita la formazione di microaggregati, mentre il trombossano A₂, prodotto dalle

piastrine, stimola ulteriormente l'aggregazione. Attraverso interazioni tra piastrine e proteine della coagulazione si verifica una produzione di trombina alla superficie delle piastrine tramite i meccanismi intrinseco ed estrinseco della cascata emocoagulativa che dà inizio alla formazione di fibrina ed alla stabilizzazione dei coaguli fibrinici.

Il processo di aggregazione piastrinica rappresenta un rapido intervento per garantire l'emostasi a cui fa seguito l'attivazione del processo coagulativo che ha l'azione di consolidamento del tappo piastrinico e l'avvio del processo ripartivo attraverso due processi, emostasi primaria, cui fa parte l'aggregazione piastrinica ed emostasi secondaria che vedremo successivamente in dettaglio.

➤ Cellule endoteliali della parete vascolare: danno inizio alla Fase Vascolare, formano il rivestimento luminale dei vasi, contribuendo all'attività anticoagulante, a mantenere il sangue allo stato fluido. Questo avviene per meccanismi di barriera fisica che impedisce alle piastrine di venire a contatto con il tessuto connettivo per repulsioni elettrostatiche negative e per meccanismi fisiologici, in quanto le cellule endoteliali sintetizzano e rilasciano molecole ad attività anticoagulante o vasodilatatoria. Se l'endotelio favorisce l'azione coagulante attraverso la produzione di tromboplastina tissutale, fattore di von Willebrand (vWF) e fissano tramite meccanismi recettoriali altri fattori della coagulazione quali Fattore IX e X in forma attiva, si dà inizio alla coagulazione con meccanismo rapido detto via estrinseca che vedremo successivamente, innescando la formazione di trombina e protrombina che daranno il via al processo di fibrinolisi. La risposta al danno vascolare non è determinata solo dall'intervento della cascata coagulativa e successivamente dalla fibrinolisi, ma è integrata ad una rapidissima vasocostrizione del vaso lesionato e della costrizione riflessa delle arteriole più vicine in modo tale da ridurre l'afflusso di sangue al distretto lesionato, rallentano la velocità del sangue circolante e facilita le piastrine ad aggregarsi ai tessuti sub endoteliali insieme ai fattori della coagulazione;

➤ Cellule muscolari lisce della parete vascolare che si contraggono attraverso l'azione dell'actina e della miosina;

➤ Proteine plasmatiche e tissutali che favoriscono l'attaccamento del coagulo, oppure ostacolano la coagulazione o, ancora, dissolvono il coagulo.

- Emostasi primaria

In questo primo processo ad arrivare sul vaso danneggiato, sono le piastrine che attraverso due meccanismi, quello di adesione ed aggregazione, cercano di tamponare la lesione costituendo il cosiddetto tappo piastrinico.

L'adesione iniziale consiste nell'interazione delle glicoproteine espresse sulla superficie piastrinica con il vWF secreto dalle cellule endoteliali, formando un complesso che in parte si lega, polimerizzandosi, alla struttura subendoteliale, in parte circola nel sangue. La polimerizzazione di questo complesso lungo la parete dell'endotelio e a contatto con le piastrine, favorisce l'azione collante stabilizzando l'adesione e evitando il distacco della struttura creata attraverso la forza esercitata sulla parete vascolare. Le piastrine legatesi al collagene presente nello strato sub endoteliale, favoriscono attraverso questo processo, l'attivazione modificando la loro forma e secernendo enzimi che fungono da recettori per il vWF e fibrinogeno. Subentra a questo punto l'aggregazione, l'unione delle piastrine tra loro formando così un tappo emostatico che conclude l'emostasi primaria, dando l'avvio all'emostasi secondaria.

- Emostasi secondaria o processo coagulativo

La Fase Plasmatica, è determinata dall'attivazione della cascata enzimatica che si svolge sotto diverse tappe che si susseguono dall'attivazione consecutiva e sequenziale di proenzimi in enzimi culminando nella conversione della protrombina, proteina plasmatica in trombina. La trombina agisce sull'attivazione del Fattore XIII con conseguente stabilizzazione dei polimeri di fibrina, poco dopo la formazione del coagulo tramite meccanismo favorito delle piastrine, esso si contrae con processo definito " retrazione del coagulo ". Perché si verifichi il processo coagulativo, la cascata enzimatica avverrà attraverso due meccanismi che si svolgono indipendentemente l'uno dall'altro ma che convergono nella stessa fase finale contemporaneamente e sono la via intrinseca ed estrinseca. Indispensabile per il verificarsi della coagulazione sono gli ioni Ca^{++} . La finalità del processo coagulativo è quello di stabilizzare il tappo piastrinico rafforzandolo con reticoli di fibrina, con il fenomeno della contrazione precedentemente descritto e con la degranolazione poiché dai granuli vengono rilasciate molecole partecipanti al processo coagulativo.

a) La via intrinseca: è innescata dal contatto diretto del sangue con superfici anomale, inducendo l'attivazione del fattore XII attraverso il contatto con:

- Chininogeno;
- Superfici a carica negativa;
- Callicreina, enzima proteasico;
- Fattore XII attivato, che interagisce con la pre-callicreina trasformandola in callicreina a sua volta diventando responsabile dell'attivazione di altri fattori come XIa ed il fattore X facendo assumere loro attività enzimatiche e quindi rendendoli attivi.

➤ La via estrinseca: è la via più rapida perché i fattori che vi partecipano sono in numero inferiore ed è innescata da sostanze prodotte dai tessuti danneggiati, un complesso di molecole definite tromboplastina tissutale. Questo complesso interagisce con il fattore VII attivato dal complesso. Il fattore Xa interagisce con i fosfolipidi del complesso e con il fattore V così da formare l'attivatore protrombinico e favorire l'attivazione della protrombina.

Le due vie convergono nell'attivazione del fattore X, quindi nella fase terminale della coagulazione con l'attivazione della trombina che idrolizza il fibrinogeno, una proteina plasmatica costituita da tre subunità e che scindendosi legano monomeri dello stesso tipo, formando quella che è la fibrina polimero reticolare insolubile. Questi vengono stabilizzati dal fattore XIII che induce la formazione di legami covalenti molto stabili in modo tale da imbrigliare le cellule ematiche ed il plasma formando il co-agulo. Infine avviene la retrazione del coagulo, indotta dalla contrazione delle proteine contrattili delle piastrine intrappolate nel reticolo di fibrina.

Il processo coagulativo rimane localizzato al sito di lesione vasale e non si estende a tutto il sangue in circolo per due ragioni:

- 1) Il reticolo di fibrina imbriglia la maggior parte della trombina formata e quindi non diffonde nel sangue circolante;
- 2) La trombina in eccesso è neutralizzata da proteine presenti nel sangue come l'antitrombina III, la cui attività è potenziata dall'eparina, la proteina C e la proteina S che agiscono insieme ed inattivano i fattori V e VIII.

Un'anomalia di uno o più fattori pro coagulanti o anticoagulanti, possono portare a conseguenze patologiche che potrebbero mettere a repentaglio la vita di un soggetto oppure causare patologie a carico del sistema ematico di tipo cronico.

- Sistema fibrinolitico e modulazione del processo coagulativo (Fase fibrinolitica)

Terza fase, del processo coagulativo è la fibrinolisi, che riporta gradualmente alla normale pervietà del lume vasale e consente, quindi, il ripristino del circolo ematico nel distretto interessato. Questo processo avviene 24 ore dopo la formazione del coagulo e non è altro che una dissoluzione fisiologica del processo coagulativo instauratosi con il danno vascolare.

Tra le molecole imbrigliate nel coagulo è presente il plasminogeno, un proenzima sintetizzato a livello epatico e che per idrolisi enzimatica viene attivato in plasmina e attraverso la modulazione da parte di altre proteine, dette serine, partecipano all'impedimento della diffusione del processo coagulativo, dissolvendo il coagulo e ripristinando il fisiologico contatto del sangue con le pareti endoteliali.

- Patologie da alterazioni del processo coagulativo

Numerose sono le malattie emorragiche da alterazioni su base ereditaria od acquisita. Tra le patologie emorragiche ereditarie la più frequente è l'emofilia A, determinata dalla mancata sintesi del fattore VIII della coagulazione, causata da mutazioni a carico del gene codificante per esso localizzato sul cromosoma X. È una patologia che si manifesta nel 50% degli uomini affetti, mentre le donne possono essere portatrici sane della mutazione poiché il deficit viene compensato dalla codificazione del fattore VIII da parte dell'altro allele integro, ma esiste la possibilità che anche la donna possa essere malata e manifesti questo deficit se è figlia di un uomo ammalato ed una donna portatrice.

Oltre all'emofilia A si conosce anche l'emofilia tipo B trasmessa con lo stesso meccanismo, ma interessante il gene che codifica per il fattore IX.

Altro deficit fattoriale che conduce a patologia emorragica di tipo ereditario è la deficienza del fattore di von Willebrand, di cui si conoscono tre varianti, causate da mutazione del cromosoma 12.

Questo fattore interagisce con il fattore VIII, proteggendolo dall'idrolisi operata dalla serin-preteasi, ma in mancanza di questo fattore, anche l'VIII subisce modificazioni che comportano una non coagulazione efficace.

Tra i disordini acquisiti della coagulazione ritroviamo:

- Ipovitaminosi K: può essere determinata da mancata assunzione alimentare della vitamina K, mancata sintesi da parte della flora batterica intestinale di questa vitamina o come conseguente riduzione o alterazione della sintesi epatica dei fattori della coagulazione che sono vitamina K – dipendenti e risolvibili con la somministrazione di vitamina K.
- Epatopatie: a causa di patologie a carico del fegato è ridotta o impedita la sintesi di uno o più fattori della coagulazione che sono tutti sintetizzati dagli epatociti tranne per il vWF che è sintetizzato dalle cellule endoteliali e dai megacariociti, precursori delle piastrine.
- Terapia impropria con anticoagulanti;
- Malattie autoimmuni: con produzione di autoanticorpi diretti verso uno o più fattori.

Oltre al processo coagulativo, patologie consequenziali ad alterazioni del processo fibrinolitico, pur essendo rare rispetto ad alterazioni della coagulazione, si manifestano come sindromi iperfibrinolitiche, caratterizzate da iperfunzione plasminica e accentuata fibrinolisi oppure è causata da fenomeni emorragici con eccessivo consumo di fibrinogeno.

La patologia acquisita del sistema fibrinolitico provoca l'insorgenza di una sindrome chiamata "Coagulopatia Intravascolare Disseminata" (CID), caratterizzata da un'esagerata deposizione di fibrina in molti distretti dell'apparato circolatorio e da contemporanea riduzione dei fattori della coagulazione e delle piastrine. La sintomatologia è molto varia ma pre-domina quella di tipo emorragica, in altri pazienti quella ipercoagulativa o trombotica o possono coesistere entrambe le sintomatologie.

Nei capitoli successivi si tratterà della CID come conseguenza di una lesione emorragica massiva.

Proprio sulla base di questi meccanismi ed elementi fisiopatologici, si può riscontrare quello che è il tema centrale della seguente tesi. La risposta dell'organismo alle emorragie, infatti, è mediata da questi meccanismi ed è proprio quando questi non compensano un reale o

potenziale danno, che vi è la necessità soprattutto in regime di emergenza urgenza di intervenire medicalmente per gestire l'evento emorragico.

Capitolo 15

15.1 Gestione delle emorragie: trattamenti in uso

Sono state identificate diverse patologie ed eventi per cui può verificarsi di dover trattare un sanguinamento, in questo capitolo saranno posti dei punti chiave per la gestione da parte di un soccorritore di pazienti che hanno in corso un'emorragia da arrestare o da bloccare per lo più fino all'arrivo in un DEA.

Qualunque trattamento medico o manovra praticata dagli operatori sanitari si ritrova già posta per iscritto in quelle che sono Linee Guida, procedure e protocolli; niente è fatto dai sanitari se non mediante queste manovre e trattamenti scritti in base a prove ed evidenze scientifiche che garantiscono, fino a prova contraria, l'efficacia e l'efficienza di ciò che è scritto in queste trattazioni.

➤Linee Guida

Le Linee Guida e percorsi assistenziali, sono strumenti di governo clinico, necessari per definire e verificare gli standard e l'appropriatezza dell'assistenza erogata. Secondo la definizione dell' "Institute of Medici-

Linee Guida sono "raccomandazioni di comportamento clinico, prodotte attraverso un processo sistematico, allo scopo di assistere medici

e pazienti, nel decidere le modalità di assistenza più appropriate in speci-

fiche circostanze cliniche".

Negli ultimi 10 anni, la qualità delle Linee Guida prodotte da agenzie governative e da società scientifiche, è progressivamente migliorata in tutte le dimensioni previste dallo strumento "AGREE": obiettivi, coinvolgimento delle parti in causa, rigore metodologico, chiarezza, applicabilità, indipendenza editoriale. Anche per tale ragione, un'azienda sanitaria non ha la mission di produrre linee guida, ma quella di implementare e verificare l'impatto dei percorsi assistenziali, previa ricerca, valutazione critica, selezione di una Linea Guida di riferimento e suo adattamento locale.

➤Procedure

Con questo termine si definisce la sequenza di azioni tecnico-operative eseguite dal professionista e rappresenta l'unità elementare del processo assistenziale, nel quale vengono erogate un numero variabile di procedure. Esse possono essere distinte in semplici o complesse ed in genere, la complessità della procedura è direttamente correlata all'incremento del rischio clinico per i pazienti. La conformità delle singole procedure dovrebbe essere definita dagli standard di competence professionale, in Italia infatti, a differenza di altri paesi, non esiste una collaborazione strutturata tra sistema sanitario, università, scuole di specializzazione e società scientifiche in grado di definire e implementare criteri di training e accreditamento professionale per misurare le dimensioni della competence.

➤Protocolli

Sono schemi predefiniti di comportamento diagnostico terapeutico, facendo riferimento a sequenze procedurali abbastanza prescrittive essendo strumenti rigidi che indicano un percorso assistenziale, un processo, una procedura per raggiungere un determinato obiettivo in maniera efficace efficiente ed omogeneo. Nell'interpretazione giuridica, il contenuto di un protocollo è vincolante (mandatory) per i professionisti; in altre parole, se le Linee Guida forniscono raccomandazioni cliniche, flessibili per definizione, il termine protocollo implica, senza precisarlo, che deve essere applicato a tutti i pazienti, esponendo il professionista e l'organizzazione a potenziali rischi medico-legali se questo non avviene. Pertanto, "protocollo" dovrebbe essere utilizzato solo se viene condiviso l'obbligo di applicarne i contenuti a tutti i pazienti (target 100%).

Ogni C.O. può avere quindi procedure e protocolli operativi che seppur stabiliti dal Responsabile Medico si rifanno sempre alle Linee Guida internazionali già citate in precedenza.

Nel caso delle emorragie, e la loro gestione, ci possiamo avvalere di questi tre provvedimenti, di manuali tipici del primo soccorso di base, se per soccorritori volontari, avanzato per i professionisti, con loro relative manovre e provvedimenti medico farmacologici, di un trattamento farmacologico, di un trattamento attraverso l'utilizzo di dispositivi e strumenti che consentono l'arresto del flusso ematico imponente. Qui di seguito

andremo a sviluppare i diversi paragrafi rispetto alle differenti tipologie di trattamento utilizzati per meglio identificarle.

- Primo soccorso ABCDE o BLS
- ALS e ATLS base avanzato
- PTC e PTCH base avanzato
- Trattamento farmacologico
- Trattamento medico strumentale

➤ **Primo soccorso o BLS: l'ABCDE**

In ogni situazione di urgenza emergenza nella quale ci si trova a dover fronteggiare, soprattutto laddove la prima valutazione di un operatore sanitario è effettuata sul territorio e quindi nell'ambito preospedaliero, la prima cosa da fare è la cosiddetta "valutazione", un processo dinamico volto a prendere atto dell'intervento che un soccorritore è chiamato a svolgere. Dinamico in quanto varia e si sviluppa nel corso del tempo di un intervento di soccorso poiché possono cambiare tanto le condizioni cliniche del paziente, quanto la situazione di sicurezza ambientale.

Bisogna in primo luogo valutare l'ambiente, e quindi lo scenario: il luogo dove è accaduto l'evento, gli astanti ed i mezzi nelle vicinanze, i pericoli circostanti, la situazione climatica, insomma tutto ciò che potrebbe mettere a repentaglio non solo la vita di una o più vittime già di un incidente, ma anche dei soccorritori che sono sopraggiunti sul luogo. Infatti un esempio lampante è dato dal caso di un possibile ferito sulla strada, delle auto in pericolo di scoppio e quindi potrebbero causare un incendio, o una giornata piovosa, e il paziente necessita di una scarica di defibrillazione: in questo caso lo scenario risulta pericoloso per la vittima ed il soccorritore che, se non applica manovre in sicurezza, mette in pericolo anche se stesso. Per evitare ciò, il soccorritore dovrà posizionare il paziente in un luogo asciutto e sicuro come può essere l'ambulanza o una tettoia, rimuovere gli indumenti bagnati e asciugarlo, per poi proseguire nelle manovre rianimatorie. Oltre alla scena, e ad un triage iniziale per valutare quanti feriti sono coinvolti e decidere quindi quale tra gli incidentati è necessario soccorrere per primo in base alla gravità, è di vitale importanza eseguire una cosiddetta valutazione primaria, che consiste nell'esame delle funzioni vitali e nel valutare ad un primo sguardo la presenza o meno di anomalie scoprendo il corpo del soggetto in esame; deve essere rapida massimo 90 secondi, mirata all'identificazione sia degli interventi indifferibili sia delle necessità di trasporto immediato per perseguire degli obiettivi

che la valutazione primaria si prefigge ovvero: stabilire la priorità di trattamento e di evacuazione, stabilire i supporti, sanitari e non, necessari, individuare gli interventi indifferibili e idonei, sostenere le funzioni vitali, migliorare le condizioni del paziente, organizzare il tra- sporto in ospedale.

Le conoscenze richieste per effettuare un' adeguata valutazione prima- ria sono sicuramente l' anatomia e fisiologia del corpo umano ed il BLS (Basic Life Support – supporto vitale di base) prestando attenzione a cinque punti fondamentali del primo soccorso.

- A (Airway) : la prima vera priorità, bisogna verificare che le vie aeree siano pervie o renderle tali per garantire l'ossigenazione e combattere l'ipossia. Possono essere necessarie a tal fine manovre come l'aspirazione di sangue o liquidi biologici dal cavo orale, sollevamento del mento o sublussazione della mandibola, l'uso di cannule oro o nasofaringee (cannule di Guedel), finanche l'intubazione endotracheale o cricotiroidotomia. Attenzione particolare nel caso in cui ci si trova di fronte a traumi maxillo-facciali, in questi casi non sempre è consigliato l'uso di cannule nasofaringee od orofaringee poiché si potrebbe rischiare di inserire la cannula non in faringe ma in porzioni traumatizzate o lesionate, provocando danni irrevocabili al paziente.

Contemporaneamente, nel caso di un trauma, bisogna stabilizzare ed immobilizzare il rachide cervicale manualmente e mediante collare cervicale di misura adeguata e se si necessita di un'immobilizzazione della colonna vertebrale, anche di una tavola spinale. Immediata dovrà essere la somministrazione di ossigeno supplementare ad alti flussi con maschera e reservoir, anche per quanto riguarda l'uso dell'ossigeno ad alti flussi, è consigliato, secondo le nuove Linee Guida 2015 dell'IRC, procedere con somministrazione di O₂ ad alti flussi per ripristinare la saturimetria ideale del paziente traumatizzato (90-95 % SpO₂)e poi, stabilizzato, ridurre il flusso alla somministrazione necessaria.

Per valutare lo stato di coscienza bisogna chiamare e scuotere il paziente, valutarlo attraverso la Glasgow Coma Scale (GCS) esaminando tre punti che focalizza questa scala: risposta motoria, verbale ed apertura degli occhi; poi si passa alla valutazione delle vie aeree a- prendo la bocca e controllando la presenza o meno di corpi estranei o liquidi nelle prime vie aeree. La perdita di coscienza determina un rilasciamento muscolare cosicché la

mandibola cade all'indietro e la lingua va ad ostruire, quindi le vie aeree, per ottenere la pervietà bisogna:

sollevare con due dita il mento spingere la testa all'indietro appoggiando l'altra mano sulla fronte della vittima, se necessario eseguire manovre avanzate al fine di garantire una buona ossigenazione al paziente.

B (Breathing): gestione della funzione respiratoria. Verrà valutata la qualità e la quantità di del respiro per contrastare il rapido evolvere dei quadri di insufficienza respiratoria. Questa valutazione viene effettuata attraverso la manovra G.A.S. (Guardo, Ascolto, Sento), mediante questi tre accorgimenti della durata di 10 secondi in totale, servono per la rilevazione del respiro in qualità e quantità.

Infatti ponendo la vittima in posizione supina, l'operatore si posiziona in ginocchio da un lato della vittima, pone la sua guancia vicino la bocca del paziente e con lo sguardo rivolto verso il torace del paziente, in questo modo il soccorritore potrà: guardare il sollevamento e l'abbassamento del torace e se si verifica, controllare se questo movimento sia simmetrico, ascoltare la possibilità di rumori respiratori, sentire se c'è passaggio d'aria grazie al calore che viene a crearsi sulla guancia dell'operatore. Particolare attenzione al "gaspings", per meglio dire alla presenza di "respiro agonico" che equivale ad assenza dell'attività respiratoria, consistendo in contrazioni dei muscoli respiratori accessori senza che venga prodotta un'espansione del torace tale da poter permettere una buona respirazione e quindi ossigenazione essendo un respiro inefficace.

Oltre a valutarne la presenza del respiro, bisogna valutarne anche la qualità, si presterà quindi, particolare attenzione a:

➤ Frequenza respiratoria, contando il numero di atti respiratori ovvero espansione e abbassamento del torace, che in eupnea, cioè in un respiro regolare, sono 12-16 al minuto

- Ritmo, valutare se gli atti respiratori sono regolari ed equidistanti nel tempo o se vi sono periodi di apnea
- Ampiezza del respiro, valutare se il respiro è superficiale, cioè viene immessa aria con una respirazione insufficiente, spesso associato a tachipnea, oppure profondo, viene immessa una consistente quantità di aria e quindi, più efficace.

- Rumori respiratori, che durante le inspirazioni e le espirazioni si possono udire: i principali sono rantoli, cioè rumori simili al russare o gorgoglii, tipici nei pazienti con vie aeree ostruite oppure con edema polmonare acuto, oppure sibili, rumori simili ad un fischio, tipici nei pazienti con broncopneumopatie cronico ostruttive (BPCO: asma bronchiale, polmoniti, laringospasmo).

Espansione del torace da ambio i lati, occorre valutare se il torace si espande simmetricamente oppure se un emitorace si muove più dell'altro durante le inspirazioni, ciò indica un deficit nel funzionamento di un polmone; nei traumatismi della cassa toracica è possibile una perforazione di uno dei due polmoni o comunque l'ingresso d'aria nelle cavità pleurica, definito pneumotorace (PNX).

- C (Circulation): questo punto riguarda la gestione dello shock. È fondamentale individuare il più rapidamente possibile eventuali foci emorragici esterni e arrestare il sanguinamento, sospettare lesioni interne sulla base di segni anche sfumati di ipoperfusione, quali l'agitazione, il pallore, profusa sudorazione, tachicardia e tachipnea, oltre ad aver valutato torace, addome e bacino, data la loro grande quantità di sangue contenuta nei vasti e numerosi vasi ematici e organi. Occorre poi immobilizzare, rapidamente ed in maniera efficacemente contenitiva, le pericolose fratture di bacino e arti prossimali, se parliamo di traumi, ma anche di saper individuare cause rare di shock, come può essere un tamponamento cardiaco, uno shock neurogeno in pazienti mielolesi cervicali.

È indicato reperire almeno due accessi venosi periferici con ago cannule di grosso calibro almeno 14-16G, o ricorrendo ad un accesso intraosseo nei casi gravi di shock, per infondere cristalloidi e/o colloidi o farmaci salvavita ove necessario, sempre rispettando i target pressori e la cosiddetta ipotensione permissiva dove necessita. L'attività cardio-circolatoria è rilevabile, in prima analisi mediante dei punti di repere definiti "polso", sono espressione dell'aumento di pressione all'interno delle arterie poiché l'onda sfigmica generata dalla sistole ventricolare e propagatasi all'interno delle arterie e poiché queste presentano una tonaca muscolare "elastica", comprimendo l'arteria relativa al polso che ci interessa contro una superficie ossea sottostante, si può rilevare l'attività del cuore.

I principali polsi facilmente accessibili sono:

- polso carotideo, situato medialmente alla faringe e all'esofago, è importante però ricordarsi di non comprimere troppo energicamente in corrispondenza dell'arteria

carotide, rischio di diminuzione improvvisa del flusso ematico al cervello e bradicardia per risposta vasovagale.

- polso radiale, situato a livello dell'osso radiale di entrambi i polsi.
- polso brachiale, situato lungo la fossa ante cubitale mediana.
- polso temporale, situato sull'osso temporale del cranio
- polso femorale, situato nella parte interna delle cosce in prossimità dell'inguine
- polso popliteo, situato nella parte posteriore di ciascun ginocchio
- polso tibiale posteriore, situato nella parte interna di ciascuna gamba
- polso pedidio dorsale, situato sul dorso dei piedi.

Questi polsi sono, oltre che punti utili per rilevare l'attività circolatoria, punti di compressione qualora vengano usati come ultimo metodo per arrestare emorragie, comprimendo le arterie principali in modo da arrestare il flusso di sangue ossigenato. Di ogni rilevazione bisogna valutare la frequenza cardiaca, calcolando il numero di battiti al minuto, la qualità del polso se pieno forte filiforme piccolo assente, il ritmo se sinusale o aritmico.

• D (Disability): considera lo stato mentale del paziente. Il riconoscimento di possibili conseguenze di un'emorragia intratecale, ad esempio in un trauma cranico grave, la stratificazione del livello di coscienza secondo GCS e il suo monitoraggio, la valutazione della simmetria del diametro e foto reattività delle pupille, la capacità di eseguire risposte motorie sono le valutazioni essenziali per capire la gravità della situazione della vittima. Nella valutazione primaria andremo ad utilizzare non solo la GCS ma anche un'altra scala siglata nell' acronimo " A.V.P.U." che consente di valutare:

Alert, paziente vigile sveglio e cosciente;

Verbal, il paziente risponde agli stimoli verbali attraverso l'utilizzo della parola, con voce sibilante, solo con gli occhi, o risulta assopito e confuso;

Pain, valutazione del dolore attraverso la somministrazione di piccoli stimoli dolorosi sia a paziente cosciente che non;

Unresponsive, in questa fase il paziente non risponde agli stimoli somministrati né dolorosi, né verbali né motori. Se il soggetto durante questa valutazione presenta criteri per cui la criticità della situazione è grave, si ricorre alla GCS per una valutazione più approfondita e

considerando il danno del paziente su scala, attraverso un punteggio che va da 3, paziente incosciente in gravissime condizioni, a 15, paziente vigile e cosciente.

La scala valuta le seguenti attività

➤ **Eye response (risposta oculare)**

1 il paziente non apre gli occhi (o ecchimosi delle orbite)

2 apre gli occhi con stimolo doloroso

3 apre gli occhi con stimolo verbale (parlandogli)

4 apre gli occhi spontaneamente

➤ **Verbal response (risposta verbale)**

1 nessuna risposta verbale, nessun suono (o paziente intubato)

2 suoni incomprensibili

3 parla e pronuncia parole, ma incoerenti

4 confusione, frasi sconnesse

5 risposta orientata e appropriata

➤ **Motor response (risposta motoria)**

1 nessun movimento

2 estensione al dolore (si irrigidisce: risposta decerebrata)

3 flessione al dolore (lenta, distonica: risposta decorticata)

4 retrazione dal dolore (si ritrae rapidamente se viene applicato uno stimolo doloroso)

5 localizzazione del dolore (cerca lo stimolo doloroso)

6 in grado di obbedire ai comandi

Risultato: somma i punteggi delle 3 prove

- -Punti 15 : nella norma
 - Punti da 12 a 14 : lieve alterazione
 - Punti da 9 a 11 : alterazione importante
 - Punti da 4 a 8 : alterazione grave
 - Punti 3 : coma profondo
- **E (Exposure):** si tratta di esporre il soggetto vittima, cioè di spogliarlo, sempre valutando la scena e la situazione in cui ci si ritrova e valutare con un esame obiettivo come si presenta il paziente. Viene effettuata quasi sempre a paziente stabile, il più delle volte quindi non “sul ter-reno” ma durante il trasporto in ospedale, ed il soggetto deve essere osservato sia nella parte anteriore sia posteriore, nel caso di immobilizzazione non vi è possibilità di controllarlo in toto.

Questa valutazione si compone di:

- Cinematica, intesa come rapida valutazione degli elementi che indichino al tipo di evento traumatico o non, alla dinamica dell'evento;
- Anamnesi, secondo l'acronimo AMPLE, dove A sta per allergie, M medicine, P per patologie, L ultimo pasto (last intake), E per eventi connessi;
- Esame testa-piedi, esame obiettivo sistematico di ciascun distretto corporeo, comprensivo di funzioni neurologiche sensitivo-motorie.

Tutte le osservazioni dovranno essere trascritte sia per permettere la valutazione dell'andamento clinico, sia come documento medico-legale.

Una volta effettuata la valutazione primaria e deciso di stabilizzare il paziente sul luogo, oppure trasportarlo con immediatezza all'ospedale più idoneo, si passa alla valutazione secondaria che si avvale di effettuare a bordo dell'ambulanza, durante il trasporto del paziente in ospedale, la rivalutazione delle condizioni cliniche del paziente secondo la scala del ABCDE, prestando attenzione particolare alle eventuali variazioni dei parametri dei segni vitali rispetto ai valori riscontrati durante la valutazione primaria. Oltre alla rivalutazione l'operatore sanitario deve saper mantenere le funzioni vitali di base e valutare un possibile miglioramento o peggioramento delle condizioni del paziente. Qualsiasi sia la condizione clinica del paziente, dalla dinamica dell'evento, che può essere

di natura traumatica o patologia correlata, si prevede sempre, per ogni situazione una valutazione primaria, per poter rendersi conto della criticità dell'evento. Ovviamente, le fasi dalla A alla E non devono essere invertite perché rispettano la priorità di ciò che deve essere stabilizzato per primo, ma qualora dovesse sussistere un'instabilità grave o un imminente pericolo di vita dovuto a cause legate ad uno dei punti del primo soccorso, è chiaro che si provvederà direttamente alla risoluzione o per lo meno alla stabilizzazione di quel punto per poi continuare la valutazione successivamente.

Possono essere considerate altre valutazioni oltre il BLS in base ai diversi riscontri clinici a cui ci si trova di fronte.

❖ **ALS: Advanced Life Support**

Si tratta della rianimazione cardiopolmonare avanzata, laddove il solo BLS, vale a dire le compressioni toraciche e la respirazione artificiale, non sono sufficienti a ripristinare un ritmo di perfusione a sostenere il circolo, è necessario ricorrere ad un algoritmo, universale (ALLEGATO), utilizzabile da medici, infermieri ed operatori sanitari quale quello presentato dall'ALS. Questo corso permette di saper valutare le diverse tecniche di monitoraggio elettrocardiografico (ECG) di un paziente in arresto: il monitoraggio in elezione, dove il tempo consente di poter effettuare un monitoraggio ECG programmato, applicando tre elettrodi sul torace per poter identificare l'onda P ed il complesso QRS; nel monitoraggio d'emergenza, cioè in corso di arresto cardiaco è fondamentale monitorare il tipo di ritmo cardiaco se defibrillabile o meno, i moderni monitor sono in grado di rilevare il ritmo cardiaco applicando direttamente le piastre al torace, così come con un monitoraggio con defibrillatore semiautomatico (DAE), posizionando le piastre adesive una sottoclavicolare destra, la seconda a sinistra sulla linea ascellare media, all'altezza dell'apice cardiaco, oppure in senso antero-posteriore. Bisogna saper riconoscere i ritmi cardiaci e interpretare la traccia sul monitor, valutando se sono ritmi di arresto (tachicardia ventricolare e fibrillazione ventricolare), ritmi pre-arresto (bradi aritmie, blocchi atrio ventricolari, ritmi di scappamento, agonico o tachiaritmie) in modo tale da saper distinguere un ritmo defibrillabile da uno non defibrillabile oppure cardiovertibile: la differenza infatti sta nella tipologia di ritmo, nel caso di una possibile defibrillazione, il ritmo si presenta con onde P e complessi QRS non distinguibili, a differenza di una cardioversione sincronizzata, dove è possibile riconoscere complessi QRS ed è possibile erogare lo shock o scarica, all'apice

dell'onda R. Altra sezione dell'ALS è la gestione delle vie aeree e la ventilazione con tecniche di base quali:

- iperestensione del capo,
- sollevamento del mento e sublussazione della mandibola,
- cannula orofaringea e nasofaringea,
- somministrazione di ossigeno con tecnica bocca-maschera, pallone auto espansibile, o con maschera laringea dispositivo sovraglottideo e combi tube.

Il dispositivo combi tube è tubo a doppio lume inserito alla cieca nella cavità orale, consente di poter ventilare il paziente anche se il dispositivo è posto in esofago poiché all'estremità sono presenti dei fori localizzati tra due cuffie e grazie ad esse, pur insufflando aria il lume esofageo è chiuso dalla cuffia distale e quindi l'aria passa attraverso il secondo tubo posizionatosi in ipofaringe.

Altra possibilità che permette di poter effettuare l'ALS è l'intubazione endotracheale e cricotiroidotomia, oppure ricorrere alla ventilazione meccanica di base che consiste in un'erogazione di flusso costante di gas durante l'inspirazione. L'ALS fornisce metodi e procedure anche sulle vie di somministrazione di farmaci, liquidi, prelievi ematici e inserimento di pacemaker endocavitario: dettagliatamente suggerisce i vari sistemi per incanalazione endovenosa sia in vene periferiche che centrali attraverso ago cannula, sistema seldinger, o per la somministrazione endotracheale o per via intraossea. Un vasto capitolo, poi, è riservato alle tipologie di farmaci utilizzati:

a) Nell'arresto cardiaco: va somministrato a tutti i pazienti in arresto ossigeno, Adrenalina è il primo farmaco utilizzato in qualsiasi tipo d'arresto, infatti è stato inserito nell'algoritmo universale dell'ALS ogni 3 minuti di RCP, in caso di anafilassi e di seconda scelta nello shock cardiogeno, utilizzata nelle asistolie, attività elettrica senza polso (PEA), Atropina utilizzata nella bradicardia sinusale o nodale; Amiodarone, in fibrillazioni ventricolari e tachicardie ventricolare senza polso dopo le prime tre erogazioni di shock, e in tachicardie emodinamicamente stabili e tachiaritmie resistenti; Magnesio Solfato ($MgSO_4$) in caso di fibrillazioni ventricolari refrattarie a terapia elettrica, tachicardie ventricolari in evidente ipomagnesiemia e torsioni di punta; Lidocaina per fibrillazione ventricolare e tachicardia ventricolare senza polso refrattaria; Bicarbonato di Sodio per acidosi metabolica grave ed

ipokaliemia; Vasopressina, essendo un ormone naturale ad azione antidiuretica, risulta più efficace dell'adrenalina nel mantenimento della perfusione coronarica con ritorno spontaneo della circolazione; liquidi, specialmente in caso di ipovolemia, come nel caso di emorragia ad esempio, le somministrazioni possono essere condotte tramite cristalloidi o colloidi; Calcio (Ca^{++}) in situazioni di attività elettrica senza polso causata da iperkaliemia, ipocalcemia, sovradosaggio da calcio antagonisti; Acido Acetilsalicilico (ASA) in caso di infarto del miocardio, angina instabile e profilassi secondaria ad IMA; terapia trombolitica per sopraslivellamento del tratto ST o blocco di branca.

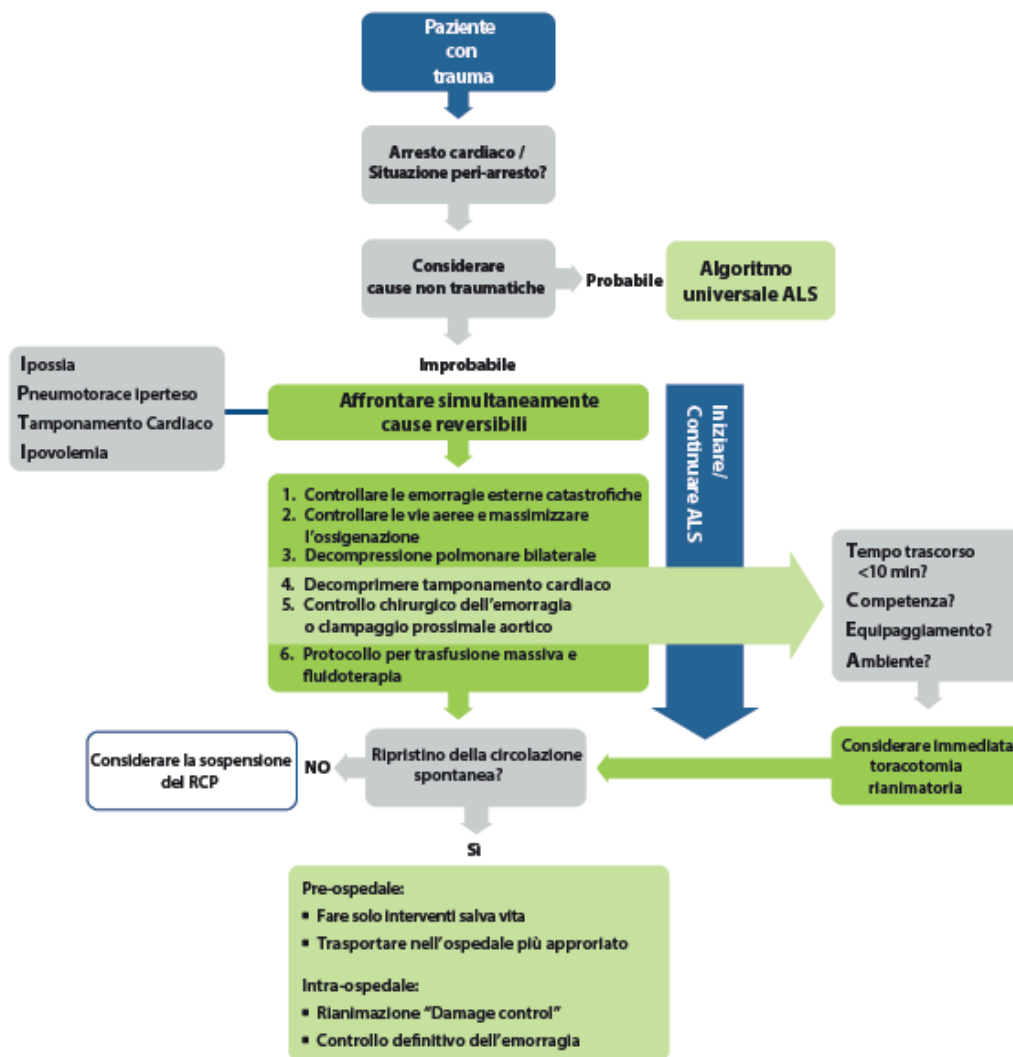
b) Oppiacei per analgesia; naloxone per sovradosaggio di oppiacei.

c) Farmaci per shock anafilattici: adrenalina; H_1 bloccante come il sodio succinato somministrato dopo gli attacchi gravi per contribuire ad evitare le sequele tardive; idrocortisone;

2 Antagonista per via inalatoria come il salbutamolo è utile in aggiunta in quadri di broncospasmo non responsivo a terapia.

❖PTC (Prehospital Trauma Care)

Questo modulo si avvale di poter formare operatori in grado di sapere gestire situazioni in cui le vittime presentano una dinamica di evento di tipo traumatologico. Oltre all'aspetto della sicurezza e della valutazione primaria sul luogo dell'evento di cui abbiamo già discusso nei paragrafi precedenti, il PTC si propone di un modello di procedure che garantisca-



no una efficiente ed efficace qualità del servizio preospedaliero in questa categoria di pazienti.

In primo luogo è importante saper gestire l'evento al momento della telefonata al 118: compito dell'infermiere di C.O. che, mediante protocollo per la risposta telefonica relativo alla gestione di un sospetto trauma, deve sostenere e guidare la telefonata in maniera tale da acquisire ed individuare il problema principale e dare la risposta operativa più idonea, nonché reperire informazioni quanto più precise e dettagliate possibili, individuazione tuttavia molto difficile perché condizionata dalla scarsa attendibilità delle chiamate di soccorso, dal fattore emotivo di chi è al telefono e contemporaneamente sul luogo dell'incidente. Una volta acquisita la telefonata e le informazioni sulla tipologia dell'evento, sarà compito dell'infermiere e del medico se coadiuva al lavoro in equipe, inviare mezzi di soccorso idonei al trattamento e alla gestione dei richiedenti soccorso.

Inviati, i mezzi di soccorso, avanzati o di base che siano, procederanno alla valutazione del caso in questo modo:

1) Valutazione primaria ABCDE: sono indispensabili, per questioni tempo-dipendenti, tre regole definite “d’oro” che si basano sul quick look =

1. garantire la sicurezza della scena, valutare la necessità di manovre ABC, estricazione, roll-over e rimozione del casco;
2. accelerare il triage nelle emergenze multiple ed individuare i pazienti da trattare in ordine di criticità;
3. individuare la necessità di ulteriore supporto come forze dell’ordine; questa manovra è utile per indirizzare il tipo di strategia operativa che i mezzi di soccorso devono utilizzare, ovvero

• **Metodologia “scoop & run”**: letteralmente “caricare e correre in ospedale”, una strategia valida nel caso in cui ci si ritrova di fronte a eventi e patologie tempo-dipendenti, per cui la sola possibilità di sopravvivenza della vittima è la sua centralizzazione immediata, come i traumi penetranti da taglio o da punta e da arma da fuoco a carico del torace, addome e radici degli arti inferiori, dove la possibilità di sopravvivenza è dettata dall’intervento chirurgico d’urgenza. In questi casi è opportuno procedere alla rapida valutazione dell’ABC valutando la presenza di respiro e polso, in caso contrario vanno effettuate le manovre di rianimazione cardiopolmonare (RCP) e garantire la pervietà delle vie aeree la protezione del rachide cervicale e somministrazione, sempre, di ossigeno ad alti flussi con mascherina dotata di reservoir. Non è consigliato impegnare tempo per tamponare eventuali emorragie nelle sedi sopracitate poiché le lesioni penetranti non è possibile tamponarle con le convenzionali tecniche come la compressione, mentre per le ferite penetranti al torace senza corpo estraneo è necessario adottare una particolare medicazione: medicazione non permeabile all’aria, avendo solo tre lembi chiusi ed uno aperto in quanto durante l’inspirazione la medicazione tende ad aderire sulla breccia impedendo la penetrazione di aria dall’esterno e durante l’espirazione si distacca permettendo all’aria di fuoriuscire evitando di creare uno pneumotorace iperteso. Da un punto di vista operativo, in assenza di un soccorso ALS, anche i traumi chiusi per i quali non si riesca a procedere alla stabilizzazione delle funzioni vitali, si procederà con uno “scoop and run”.

• **“Stay & play”**: stabilizzare sul posto e trasportare, viene adottato come strategia in tutti i casi in cui i pazienti, vittime di incidenti di natura traumatica o meno, ed è possibile

stabilizzarli sul posto, come nel caso di pazienti che non presentano lesioni penetranti in profondità, o nel caso di trauma chiuso, laddove è possibile sostenere le funzioni vitali della vittima, impiegando quelli che sono protocolli operativi, algoritmi di ALS che oltre a fornire il supporto di base, l'equipe può essere in grado di attuare manovre quali:

➤ Intubazione

➤ Cricotiroidotomia con ago

➤ Detensione di PNX iperteso

➤ Ventilazione meccanica

➤ Reintegro volêmico

➤ Analgesia.

Dopo aver optato per una delle due strategie operative, il successivo step del PTC è considerare punto per punto l'ABCDE, così come nell'ALS prestando particolare attenzione, essendo un paziente possibilmente politraumatizzato, alla stabilizzazione ed immobilizzazione del rachide cervicale, della colonna vertebrale e se necessita dell'utilizzo di dispositivi come:

- stecco bende,

- KED,

- dispositivi emostatici semplici: garze compressive o complessi come l'uso di MAST che vedremo nel paragrafo successivo.

Al termine della valutazione primaria e quindi della valutazione ABCDE, la secondary survey, o valutazione secondaria, si prefigge di raccogliere gli elementi dall'arve relativi alla dinamica dell'evento, l'anamnesi, stabilire le necessità relative alla immobilizzazione e al trasporto, e individuare l'ospedale di destinazione. Inoltre al termine della valutazione secondaria dovranno essere assicurate:

- immobilizzazione delle fratture
- stabilizzazione totale della colonna
- preparazione del paziente al trasporto

- monitoraggio adeguato e rivalutazione dei parametri

individuazione dell'ospedale più idoneo e comunicare in tempo reale con la C.O. . Importante punto nel PTC è al punto C, poiché parlando di eventi traumatici, è fondamentale identificare e controllare foci emorragici, in particolare quelli esterni e comprimibili, le possibili tecniche citate sono:

➤Elevazione dell'arto: attraverso l'applicazione delle leggi fisiche gravitazionali, sollevando l'arto al di sopra della lesione interessata e al di sopra del livello della posizione anatomica del cuore, poiché, se l'emorragia è di interessamento venoso, il sangue per gravità tenderà a non fuoriuscire;

➤Pressione diretta, tecnica efficace ed al contempo meno dannosa per i tessuti, è la pressione esercitata direttamente sul focolaio di emorragia. Effettuata all'inizio solo manualmente, la compressione va poi perfezionata posizionando un pacchetto di garze bloccato da una fasciatura compressiva con benda elastica autoretraente ed autoadesiva, in tale maniera si assicura una pressione prevalente sul vaso lesionato, determinando una minore ischemizzazione dei tessuti a valle.

➤Tourniquet e laccio emostatico, dispositivi determinano entrambi una riduzione o arresto del circolo a valle, la pressione viene applicata circonferenzialmente sulla cute e sui tessuti sottostanti di un arto: questa pressione è trasferita alle pareti dei vasi, rendendoli temporaneamente occlusi. Poiché può essere utilizzato sia per compressione di emorragie venose che arteriose, il laccio deve essere posto in maniera tale da comprimere la lesione per evitare l'ingente perdita ematica, ma consentire alla circolazione collaterale di non essere occlusa per impedire il rischio di danno ischemico secondario, pertanto è da limitare nei casi in cui una semplice compressione diretta non è possibile o non è sufficiente, o in caso di più feriti critici da soccorrere contemporaneamente che non permettono un'adeguata assistenza ai singoli. Non è indicato come primo trattamento, anche se secondo le nuove Linee Guida IRC 2015 l'utilizzo di laccio emostatico e del tourniquet è stato rivalutato, ma l'applicazione continua maggiore di due ore può provocare lesioni permanenti ai nervi, lesioni muscolari, danno vascolare e necrosi cutanea, danno muscolare è quasi completo a distanza di sei ore. La maggior parte di questi studi sono stati effettuati con lacci pneumatici applicati nelle operazioni elettive su pazienti normovolemici. Ci sono pochissimi studi sulle vittime ipovolemiche trattate con lacci emostatici di emergenza. Altra controindicazione è indicata dalla riperfusione che crea danno tissutale causato quando l'apporto di sangue

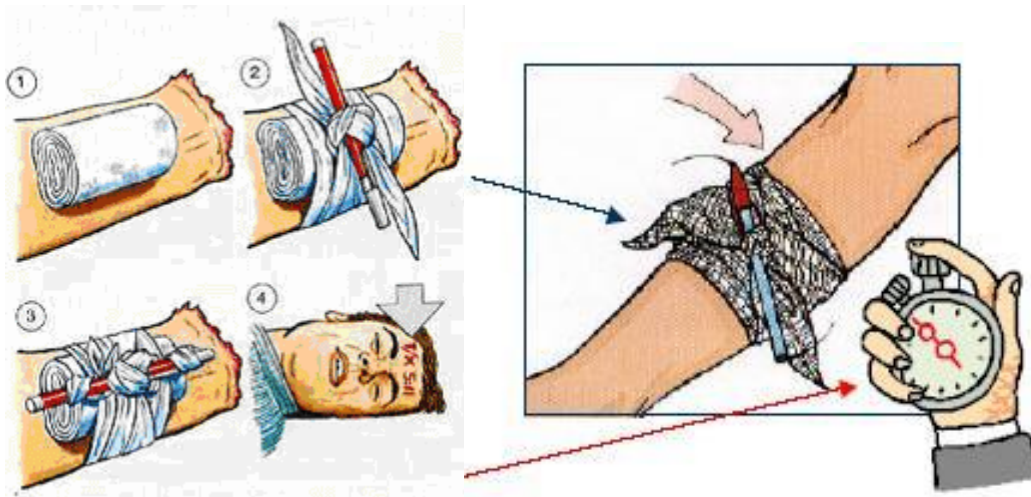
ritorna al tessuto dopo un periodo di ischemia o mancanza di ossigeno. L'assenza di ossigeno e nutrienti dal sangue durante il periodo ischemico, crea una condizione in cui il ripristino della circolazione provoca stati di infiammazione e danno ossidativo attraverso l'induzione di stress ossidativo, piuttosto che il ripristino della funzione normale, o addirittura può verificarsi una "sindrome compartimentale": è una condizione grave che può causare mortalità o morbidità in un paziente critico. L'aumento della pressione all'interno di un compartimento, come ad esempio braccio, gamba o qualsiasi spazio racchiuso all'interno del corpo, comporta danni al tessuto nervoso a causa della ipoperfusione. L'uso prolungato o improprio di un laccio emostatico può portare alla sindrome compartimentale, specialmente se il flusso di sangue venoso viene ostacolato ma non quello arterioso, consentendo il circolo arterioso in un distretto, ma non permettendo il ritorno venoso. Per evitare queste conseguenze, nel caso in cui si necessita l'uso di tourniquet o laccio emostatico, bisogna effettuare manovre e utilizzare dispositivi che mettono in sicurezza il paziente e quindi:

- 1) lento rilascio del dispositivo, una volta applicato il laccio ogni 30-45 minuti deve essere ridotta la sua compressione in maniera tale da evitare l'ischemizzazione del distretto corporeo interessato dall'emorragia;
- 2) usare un laccio idoneo alla tipologia di emorragia, di diametro non troppo piccolo per evitare un danno provocato dalla compressione diretta in un solo punto del distretto corporeo;
- 3) scrivere l'ora in cui è stato applicato il laccio o il tourniquet per poter eseguire la decompressione non più tardi dei 15 minuti;
- 4) la rimozione definitiva del laccio o del tourniquet deve essere preceduta dalla compressione diretta della ferita mediante bendaggio compressivo, poiché tolto il dispositivo, ci sarebbe il ritorno incontrollabile dell'emorragia esterna. È opportuno, prima dell'arrivo in sala operatoria per l'intervento chirurgico, sostituirlo e non rimuoverlo.

Un utile uso del tourniquet è possibile nel caso in cui ci si trova di fronte ad un'amputazione di un arto, venendo a mancare il problema dell'ischemizzazione dei tessuti a valle, mentre in caso di emorragie in seguito a fratture esposte, è controindicato esercitare la pressione in corrispondenza del punto di frattura, la prima scelta deve essere sicuramente il lavaggio con acqua o con fisiologica della ferita, e la compressione su punti di repere o di pressione,

cioè zone a monte del focolaio nelle quali l'arteria è palpabile e scorre lungo un piano osseo, ma in caso di controllo inefficace si ricorrerà al laccio. La compressione diretta è indicata solo nel caso in cui il sito dell'emorragia non è comprimibile con nessun'altra tecnica o strumento a disposizione.

Altro punto della valutazione della circolazione è la ricerca dei segni di shock emorragico, al quale il paziente politraumatizzato è spesso soggetto,



identificandosi come una situazione di ridotto apporto di sangue e quindi di ossigeno agli organi, dovuto alla perdita ematica circolante, e può essere sottostimato in assenza di emorragie visibili. Possiamo stimare una perdita di:

- 1000-2000 mL per una frattura del bacino,
- 500-1500mL per frattura di femore,
- 250-500mL per frattura di tibia o di perone,
- 125- 250 mL per frattura di un osso piccolo,
- 500mL per un ematoma di almeno otto centimetri di diametro. Altre possibili cause di shock da prendere in considerazione nel traumatizzato sono:
 - a. Lesione midollare che si può determinare per aumento della capacità dei vasi a causa di vasodilatazione nei territori a valle della sede della lesione, con conseguente riduzione della pressione arteriosa anche senza reale perdita di sangue;
 - b. PNX iperteso o tamponamento cardiaco;
 - c. Associazione delle cause sopracitate.

È essenziale identificare precocemente lo stato di shock, ricercandone tutti i segni principali quali:

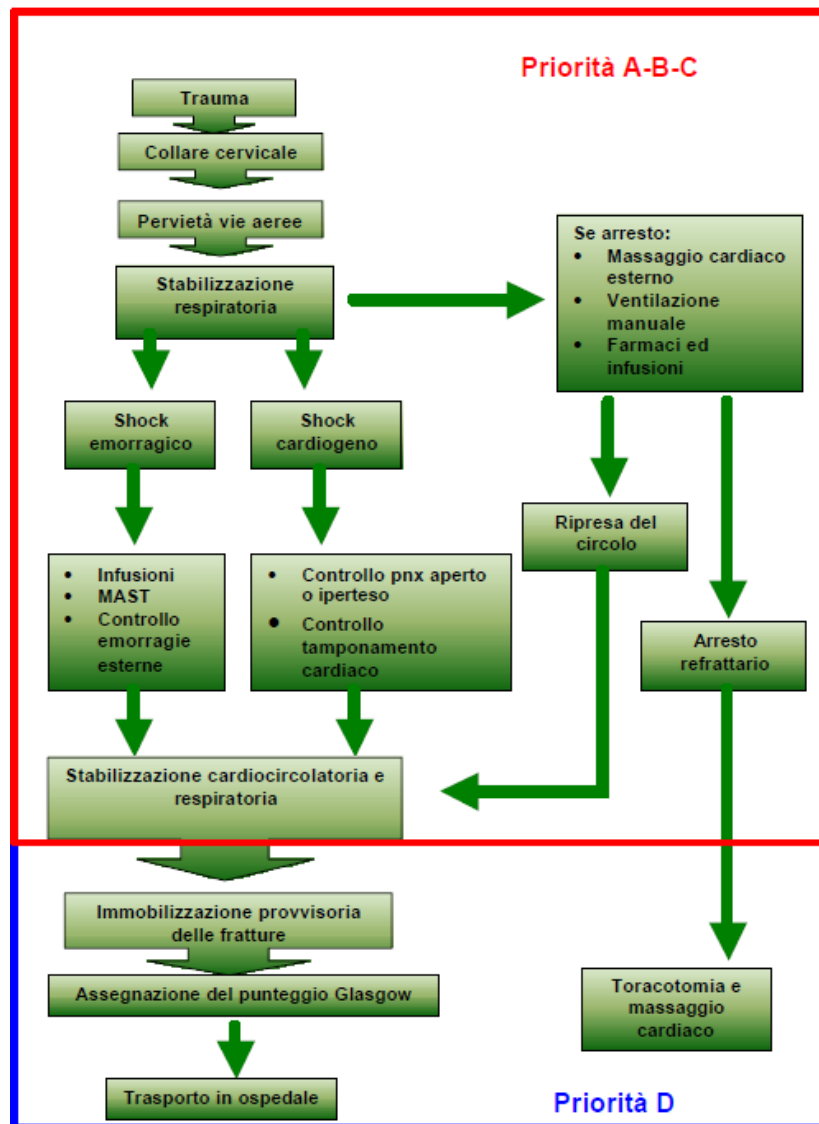
- Estremità fredde e pallide
- Tachicardia con polso piccolo
- Tachipnea
- Stato confusionale fino all'agitazione e al coma.

Il primo parametro da rilevare è la presenza/assenza di polso radiale, indicativo di una pressione sistolica almeno maggiore o uguale ad 80 mmHg e carotideo che indica una pressione arteriosa sistolica almeno tra i 50 e gli 80 mmHg.

Se in egual modo si procede alla valutazione di un traumatizzato di diversa fascia d'età di un adulto, quale può essere un neonato (dalla nascita ad un anno di vita), un infante (dagli 1 ai 4 anni), ad un bambino (dai 5 ai 14 anni), e per le gestanti, differente è l'approccio dal punto di vista dei parametri vitali e nell'attuazione di terapie. Nella fascia d'età compresa tra lo zero ed i quattordici anni, le risposte di compenso dell'organismo sono differenti da un adulto per quanto riguarda in questo caso lo shock: nel bambino, infatti, il cuore non è in grado di aumentare la quantità di sangue espulsa ad ogni contrazione, ne consegue che in mancanza di questa capacità, l'organismo del bambino mette in campo diverse soluzioni di compenso:

- Aumenta notevolmente la frequenza cardiaca (tachicardia)
- Importante vasocostrizione

Pertanto, trovandosi di fronte ad un bambino fortemente ipoteso, con marcata vasocostrizione e tachicardia profusa, egli può mantenere comunque una normale pressione arteriosa, fuorviandoci da quella che è la reale diagnosi.



Nella donna gravida, anche se le priorità di trattamento sono esattamente le stesse indicate per i soggetti adulti, è opportuno ricordare che Il volume circolante della gestante aumenta fino al 45% rispetto al normale;

La frequenza cardiaca aumenta di 10-15 battiti al minuto;

La pressione arteriosa diminuisce di 10-15 mmHg;

L'utero in gravidanza avanzata, raccoglie fino al 20% del volume ematico circolante;

➤ In caso di shock emorragico la paziente, contrae la circolazione placentare con conseguenze sofferenza fetale. La possibilità di utilizzare la percentuale di sangue presente in placenta comporta inizialmente il mascheramento dei sintomi di shock;

➤ I traumi addominali possono comportare la rottura dell'utero con grave perdita ematica;

➤ La compressione esercitata sulla vena cava inferiore ad opera dell'utero gravido, determina, in posizione supina, una riduzione del ritorno venoso con conseguente riduzione della gittata cardiaca di circa il 40%, ne risulta una comparsa di bradicardia;

➤ L'aumentato tempo di svuotamento gastrico e la diminuzione del tono dello sfintere esofageo, possono aumentare il rischio di vomito ed ab ingestis nelle vie aeree.

Pertanto occorre:

- Valutare attentamente la comparsa di sintomi di shock
- Somministrare ossigeno precocemente con flussi a concentrazioni elevati in relazione al fabbisogno aumentato
- In caso di gravidanza oltre il secondo trimestre, posizionata e fissata la gestante sull'asse spinale, bisogna ruotarla di 30° sul lato sinistro così come l'utero, per ridurre la compressione della vena cava inferiore determinata dall'utero
- Prevedere e prevenire il rischio di vomito, soprattutto durante il trasporto a bordo dell'ambulanza, limitando le sollecitazioni meccaniche.

“Gestione delle emorragie”

È stato discusso nel capitolo precedente come, in caso di eventi patologici e/o traumatici, laddove occorre il soccorso extra-ospedaliero, ci si serve di linee guida, procedure, protocolli per poter meglio valutare e gestire il caso in questione senza perder tempo aggiuntivo, tempo prezioso che un soccorritore potrebbe toglier alla vita di un paziente, soprattutto se in condizioni critiche.

Tra le linee guida non sono inserite solo le procedure da effettuare, ma anche quali tipologie di dispositivi e farmaci da utilizzare in diversi casi. Nel nostro caso analizzeremo ciò che necessita per un supporto ed una gestione efficace delle emergenze di natura emorragica.

❖ L'utilizzo di dispositivi

In ambito extraospedaliero, relativamente alle emorragie, ciò che compete ad un operatore sanitario, è sicuramente la stabilizzazione dei parametri vitali del paziente ma non la correzione della perdita ematica soprattutto se essa si presenta copiosa, interna o non comprimibile.

In pratica ciò che il soccorritore professionista può effettuare è l'arresto emorragico atto ad impedire l'ulteriore perdita ematica e quindi un possibile stato di shock ipovolemico. Tra i dispositivi usati per controllare le emorragie, abbiamo già citato il bendaggio compressivo, laccio emostatico ed il tourniquet adoperati nei casi in cui non è possibile una compressione diretta della lesione.

Sono disponibili alcuni dispositivi utilizzati nel caso in cui le emorragie siano massive, o provocate da incidenti stradali causando fratture imponenti come quella di bacino.

➤ **Il MAST (Military AntiShock Trousers) o PASG (Pneumatic AntiShock Garment)**

E' un dispositivo usato per il trattamento iniziale dello shock ipovolemico, dotato di un apparato per compressione pneumatica circumferenziale, una struttura monocomponente di tessuto polivinilico ed è capace di sopportare pressioni interne di oltre i 100 mmHg. Il corpo del paziente è avvolto dagli arti inferiori, esclusi i piedi, fino alla parte inferiore del torace. Le estremità inferiori sono racchiuse separatamente consentendo l'accesso all'area perineale. L'addome e gli arti inferiori vengono avvolti da tre compartimenti distinti che vengono fissati con velcro ed alcuni modelli sono disposti per il gonfiaggio separato dei tre comparti,

provvisti di un sistema di valvole per impedirne un gonfiaggio eccessivo e di manometri che indicano la pressione ottimale interna del dispositivo.

I primi ad utilizzarli furono gli Americani, poiché due scienziati valutarono che l'utilizzo del MAST per i militari che in guerra erano vittime di lesioni da scoppio o da arma da fuoco, fosse un valido metodo per contrastare il rischio di morte imminente sul campo di battaglia. Data la loro efficacia sono stati introdotti nel commercio anche per uso civile.

La pressione applicata dal MAST agli arti inferiori e all'addome, viene trasmessa direttamente attraverso la cute, il grasso sottocutaneo, i muscoli e gli altri tessuti molli, alle arterie e alle vene: i vasi ematici vengono compressi e il loro calibro viene ridotto. I risultati fisiologici sono sostanzialmente due:

1. il sistema vascolare nella parte del corpo che soggiace al dispositivo, si riduce di calibro e perciò il sangue viene ridistribuito ed usato nell'area non compressa dal dispositivo e cioè nella parte superiore del corpo;
2. l'aumento delle resistenze vascolari nella parte coperta dal MAST produce un aumento di flusso nei vasi in cui le resistenze rimangono invariate. Ciò permette un flusso maggiore di sangue alle carotidi, con miglioramento della perfusione cerebrale e alle coronarie, con buona perfusione di sangue al miocardio.

L'effetto finale è un aumento della pressione sistemica, migliorando così la funzionalità cerebrale e la perfusione generale nella parte superiore del corpo.

E' generalmente accettato che il MAST produca uno spostamento della massa di sangue dagli arti inferiori al territorio splancnico per effetto di un'autotrasfusione. Ci sono tuttavia diversi altri meccanismi che inducono effetti emodinamici generali che dipendono essenzialmente dal livello di compressione dei vari comparti del MAST.

Per una compressione venosa fino a 30 mmHg, che può essere mantenuta per un massimo di ventiquattro ore, si ha un aumento del ritorno venoso, mentre per una compressione fino a 80-100 mmHg, effetto arterioso, che può essere mantenuta per un tempo limitato di massimo 90 minuti per evitare complicanze maggiori, si ottiene un risultato di natura emostatica ed un aumento delle resistenze periferiche.

I principali effetti dunque si ripercuotono essenzialmente sul ritorno venoso e sulle resistenze vascolari e sono strettamente correlati alla pressione di gonfiaggio del MAST.

Gli effetti vascolari del MAST sono quasi tutti estrapolabili da studi in soggetti normovolemici in quanto risulta essere indaginoso l'esplorazione emodinamica di un paziente in shock emorragico.

I meccanismi d'azione su cui si basa l'utilizzo dei pantaloni AntiShock, sono di natura emodinamica ed emostatica per compressione del sistema vascolare e di natura neurormonale conseguenti a modificazioni cardiovascolari.

❖ **Aumento del ritorno venoso (precarico)**

Col termine di "autotrasfusione" si indica quell'azione indotta dal gonfiaggio del MAST per valori non elevati di pressione, in genere fino a 30 mmHg che provoca una compressione del sistema di capacitanza e, mediante un aumento del ritorno venoso, un incremento del

precarico attraverso il sangue che dagli arti inferiori, passando al circolo centrale, fa sì che ne aumenti il ritorno venoso.

Studi effettuati hanno calcolato che per mezzo di questa azione, viene trasferita al grande circolo una quantità variabile di sangue compresa dai 750 ai 2000 mL. Queste stime sembrano basarsi sulla quantità di sangue o di liquidi necessari da rimpiazzare per mantenere la pressione quando vengono ri- mossi i pantaloni.

Nei soggetti con shock emorragico, invece, è stato dimostrato, in studi con radioisotopici, che la quantità di sangue autotrasfusa è minima. Ciò è confermato dalla considerazione che nello shock emorragico esiste di per sé una vasocostrizione periferica, pertanto l'utilizzo del MAST non permette di re- clutare una quantità sostanziale di sangue dal circolo periferico.

❖ **Aumento delle resistenze periferiche (postcarico)**

La compressione del distretto sottodiaframmatico è responsabile di un aumento delle resistenze periferiche e del postcarico e tale effetto diventa evidente soltanto per pressioni elevate di gonfiaggio pari a 80-100 mmHg il MAST dunque agisce come clampaggio aortico parziale sottodiaframmatico. Nei soggetti normovolemici, dopo gonfiaggio, sono stati dimostrati aumenti della pressione venosa centrale, del volume di sangue intratoracico, delle resistenze periferiche totali, della pressione e dell'indice cardiaco né alterazio- ni della gittata cardiaca, nonostante una riduzione del 75% del flusso aortico distale rispetto alla mesenterica superiore ed un aumento del 10% della pressione arteriosa.

In un' altra ricerca, impiegando la posizione anti-Trendelemburg come modello di ipovolemia in volontari sani, è stato dimostrato che il MAST aumenta la gettata cardiaca ed il flusso di sangue nell'avambraccio, mentre un altro studio ha messo in evidenza un aumento della pressione e delle resistenze periferiche con riduzione della gittata cardiaca e di quella sistolica, applicando il MAST nel paziente supino, ma quando i pazienti venivano inclinati di circa 60° (posizione di anti-Trendelemburg), il MAST produceva soltanto un minimo aumento della gittata sistolica.

Nei pazienti anziani, si è visto che a livelli crescenti di gonfiaggio, si assisteva ad un peggioramento della funzione ventricolare sinistra e riduzione dell'indice cardiaco, in metà dei pazienti.

I contrastanti studi riguardo l'aumento delle resistenze periferiche possono essere spiegati

dal fatto che i soggetti normovolemici rispondono in maniera efficace e repentina alle variazioni del precarico e del postcarico, ma nei soggetti coinvolti da shock emorragico non sempre si giunge ad una risposta di compenso così rapida.

Un aumento delle resistenze periferiche totali comporta un aumento della gittata sistolica e della frequenza cardiaca in modo tale che la gittata cardiaca non aumenti, ma il calcolo delle resistenze periferiche è un indice di difficile valutazione, poiché in caso di shock emorragico, l'alterata emodinamica, porta ad una valutazione errata dell'indice cardiaco ed i pantaloni antishock modificano in modo considerevole la pressione d'occlusione nel territorio sottodiaframmatico e non in quello sopradiaframmatico. Dal momento che il calcolo delle resistenze sistemiche comprende l'intero circolo sanguigno, non si prende in considerazione questa ridistribuzione tra i due territori vascolari dopo il gonfiaggio dei pantaloni, messa ben in evidenza nel soggetto sano con un aumento del flusso ematico agli arti superiori.

❖ Aumento della gittata cardiaca

La gittata cardiaca in soggetti normovolemici, dopo applicazione del MAST, rimane perlopiù invariata o addirittura diminuita, mentre si ha un aumento in corso di shock emorragico in modelli sperimentali. I pantaloni antishock consentono la risoluzione rapida delle bradicardie paradosse dello shock emorragico, che sarebbero dovute a ipovolemia estrema. Il gonfiaggio del MAST permette un rapido riempimento ventricolare che correggerebbe la bradicardia in soggetti con shock emorragico grave e ciò è dovuto al solo aumento del ritorno venoso per semplice dilatazione ventricolare destra che si ripercuote sulla funzione sinistra.

❖ Azione diretta compressiva

Un'altra azione del MAST è da riferirsi alla compressione diretta sul punto di sanguinamento, in quanto può essere utilizzato come una stecca pneumatica al fine di immobilizzare un'articolazione e di bloccare il sanguinamento in prossimità di una frattura oltre ad essere particolarmente utile nelle fratture diafisarie del femore e di bacino e può essere usato anche in quelle emorragie in pazienti con problemi ginecologici o ostetrici.

Per spiegare la diminuzione del sanguinamento da un vaso lacerato bisogna riferirsi a due leggi della fisica.

La Legge di La Place stabilisce che la tensione superficiale (T) di un vaso è direttamente proporzionale alla pressione trasmurale (ΔP) e al raggio (R) del vaso sanguinante, secondo la formula:

$$T = \Delta P \times R$$

La pressione trasmurale ($\Delta P = P_I - P_E$) è la differenza di pressione tra l'interno del lume (P_I) e la pressione extraluminale (P_E). Se si applica una pressione esterna (P_E) sul vaso tale da non superare la pressione intraluminale (P_I), si ha la chiusura della breccia del vaso per diminuzione della tensione superficiale (T), poiché la ΔP decresce all'aumentare della P_E , e per riduzione del raggio (R) del vaso.

Per pressioni extramurali inferiori alle pressioni intraluminali, si ha un tamponamento dell'emorragia, senza però arrestare la circolazione ematica in quanto il vaso non collabisce. Il Principio di Bernoulli considera altri fattori che sono messi in relazione tra di loro secondo la formula:

$$Q \times A \times P_v = + \Delta p^2$$

dove Q sta per la velocità del flusso del vaso lesionato, A per l'area superficiale della lacerazione, ΔP la pressione trasmurale, ρ la densità del fluido e V la velocità del liquido nel vaso. Anche in questa legge si prende in considerazione la pressione trasmurale ΔP che decresce con l'applicazione del MAST, rallentando così il flusso di sangue e favorendo l'emostasi.

La contropressione esterna risulta essere efficace in soggetto con un normale sistema di coagulazione.

❖ Effetti neurormonali

Lo shock emorragico si accompagna ad un aumento dell'attività reninica plasmatica che testimonia l'intervento del sistema renina-angiotensina. È stato dimostrato che i pantaloni antishock aumentano la pressione arteriosa, senza provocare diminuzione dell'attività reninica plasmatica.

La persistenza di tale attività potrebbe essere spiegata dalla diminuzione del flusso ematico renale e dall'aumento della pressione tissutale retroperitoneale che conduce ad una diminuzione della pressione trasmurale delle arterie renali.

La persistenza di un'attività reninica plasmatica elevata, quando lo stato emodinamico è migliorato, potrebbe essere deleteria, contribuendo ad aggravare l'ischemia renale. Il MAST non è utilizzato solo in pazienti traumatizzati, bensì per poter contrastare ipovolemie relative ad ipotensioni non traumatiche come uno shock neurogeno, anafilattico e nello shock settico, anche se ad oggi il suo utilizzo è piuttosto incerto.

Le controindicazioni relative al posizionamento di un dispositivo tale, possono suddividersi in assolute:

- edema polmonare,
- insufficienza cardiaca congestizia
- traumi toracici;

e relative: nelle lesioni con eviscerazione e nelle penetrazioni addominali di corpi estranei o nella donna gravida, si può considerare la possibilità di applicare il solo comparto degli arti, evitando l'applicazione del comparto addominale, in presenza di oggetto conficcato nell'arto inferiore e nelle fratture esposte, bisogna evitare la compressione del comparto relativo all'arto interessato, nel trauma cranico l'aumento della pressione intracranica, sia per aumentato afflusso cerebrale che per ostacolato deflusso, può comportare conseguenze fatali anche in osservazione ad un isolato o concomitante edema cerebrale.

- “Pelvic Circumferential Compression Devices” o “PCCDs”

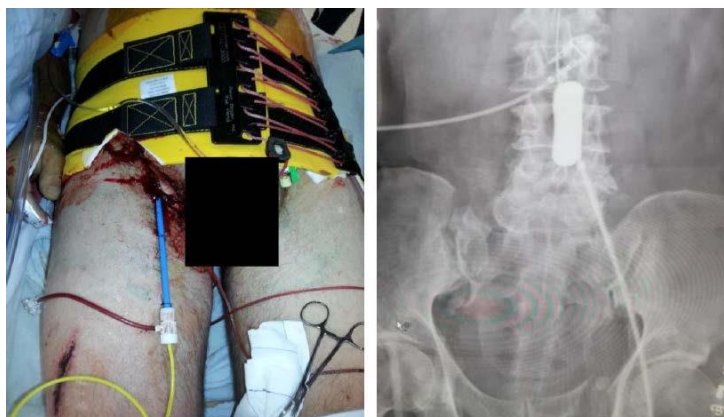
è una vera e propria cintura che, avvolta attorno al bacino lesionato e stretta con dei meccanismi di chiusura, è in grado di esercitare una pressione costante sulle ossa del bacino. È un presidio utile a ridurre in modo risolutivo la perdita ematica in un soggetto con trauma pelvico; suo punto di forza è la semplicità e la praticità di utilizzo: la cintura è dotata di un sistema di sicurezza che si attiva automaticamente quando la tensione viene impressa sulla pelvi è maggiore di quella da utilizzare, impedendo di peggiorare la situazione. È totalmente radiotrasparente, per cui non è necessario rimuoverla nei reparti di diagnostica e in alcuni casi si può lasciare in sede anche per effettuare interventi invasivi in sala operatoria fino al posizionamento di un fissatore esterno: un presidio ortopedico montato all'esterno del corpo montato attraverso il fissaggio all'osso mediante pins o perni e fili metallici o wires che trapassano la cute.

La cintura pelvica permette di inserire cateteri uretrali, è resistente a più utilizzi anche su terreni impervi, la cintura non può essere tesa oltre il limite in quanto la forza applicabile è predeterminata per mettere in sicurezza il paziente, è utilizzabile in ambiente extraospedaliero ed intraospedaliero, è formata da materiale decontaminabile.

➤ Catetere “REBOA” :

Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion Of The Aorta, il dispositivo è usato per occludere gravi lesioni dell’aorta toracica o addominale, inserendo il catetere in arteria femorale «alla cieca» (Manning JE. J Trauma Acute Care Surg. 2013), cuffiare il palloncino posto all’estremità inserita del catetere, in modo tale da trasportare il paziente in ospedale aumentando il tempo di possibilità di sopravvivenza grazie a questo presidio. Messo in commercio dal 2013, viene usato in pochissimi casi nei quali si ha la certezza di una rottura dell’aorta.

➤Croc o C-Clamp:



è un dispositivo formato da un disco che permette la compressione diretta della lesione emorragica arrestando il flusso ematico in meno di un minuto. Usato per lo più nei campi di battaglia, oggi nel campo preospedaliero non ha un largo uso, in quanto raccomandazioni specificano che se da un lato permette il rapido controllo dell'emorragia, potendo assistere più pazienti contemporaneamente, dall'altro non ha un fissaggio così stabile che nel momento in cui bisogna spostare il paziente potrebbe posizionarsi provocando la fuoriuscita ematica e peggiorando la situazione della vittima.

➤T- POD:



PYNG MEDICAL

T-POD™ Trauma Pelvic Orthotic Device

Istruzioni per l'uso

1 PREPARAZIONE DEL SISTEMA

Assicuratevi che il paziente sia disteso sulla schiena. Srotolate la cintura T-POD mantenendo la parte anancione verso il basso. Rimuovete il sistema di trazione, attaccato a velcro, dalla cintura T-POD.

2 POSIZIONAMENTO DELLA CINTURA

Fate scorrere, con delicatezza, un' estremità del T-POD sotto la schiena del paziente. Estraeatela per circa 30/45 cm. dalla parte opposta. Fate scendere, con delicatezza, T-POD lungo il corpo del paziente fino a che non sarà posizionato al di sotto del bacino.



3 REGOLAZIONE DELLA TAGLIA

Sollevate il lato più corto del T-POD ed appoggietelo sul paziente. Tagliate la parte più lunga lasciando uno spazio di circa 15/20 cm. fra le due estremità.



4 POSIZIONAMENTO DEL SISTEMA DI TRAZIONE

Tirate le due metà del sistema di trazione fino a quando le corde non saranno completamente distese. Con delicatezza premete le due metà sulle estremità del T-POD fino a quando le superfici in velcro non avranno completamente aderito alla cintura.



5 ATTIVAZIONE DELLA COMPRESSIONE

Dopo essersi assicurati della completa adesione del sistema di trazione alla cintura, tirate lentamente ma costantemente la maniglia verso l'esterno. Quando il sistema di trazione sarà completamente chiuso, si ottiene il mantenimento della compressione facendo passare le corde attorno ai quattro ganci presenti e facendo aderire la maniglia al velcro presente sui due lati. Il paziente è ora pronto per il trasporto.



DISTRIBUTORE AUTORIZZATO EMIMED TECH S.r.l.
Via Gramsci 104F - 42124 Reggio Emilia
Tel +39 0522 515306 - Fax +39 0522 0131162
Website: www.emimed.it - Mail: info@emimed.it

EmiMed[®]
Tech

è un dispositivo capace di stabilizzare il bacino in maniera non invasiva, nonché di creare una efficace emostasi in caso di emorragie. È un presidio di facile utilizzo, in misura unica, adattabile anche per uso pediatrico, è radiotrasparente, ma più costoso rispetto agli altri utilizzati, ma anch'esso presenta delle possibili complicanze legate al suo utilizzo prima fra tutti rischi di decubito e ischemia, shock ipovolemico legati alla compressione prolungata. Posizionato a paziente supino, a livello delle creste iliache posteriori, l'infermiere regolerà la taglia più giusta al paziente tagliando la fascia, una volta regolata, posizionerà il sistema di trazione prima sovrapponendo i due lembi con velcro per far aderire la cintura, poi tirare

con delicatezza le orde presenti ai quattro ganci presenti. Una volta effettuate queste manovre, il paziente è pronto

per essere trasportato.

❖Emostatici farmacologici:



Sono stati ideati negli ultimi anni agenti topici e farmaci sistemici in grado di bloccare o ridurre la perdita ematica al fine di garantire una sopravvivenza della vittima evitando quelle che sono sequele causate dai possibili danni che arrecano gli emostatici meccanici. I criteri della medicazione emostatica ideale per l'uso preospedaliero:

- capacità di fermare emorragie di grandi arterie e vene entro 2 minuti;
- utilizzabili durante l'emorragia in atto;
- pronta all'uso, che non richieda una miscelazione del preparato;
- di semplice applicazione sia da operatori che per autosoccorso;
- utilizzabile con una formazione non medica;
- leggera e resistente;
- capacità di resistenza a temperature avverse (idealmente 10-55 ° C);

- senza rischi di trasmissione di patologie o malattie virali, non lesiva e poco costosa.

➤ Celox : progettato nel 2003 ed ottenuta l'approvazione della FDA, è un preparato a base di chitosano, che tramite l'assorbimento di acqua presente nel sangue e legandosi alla superficie dei globuli rossi, crea un coagulo robusto e gelatinoso che si inserisce nella foce emorragica e sigilla la ferita. Questo meccanismo funziona indipendentemente dalla funzionalità coagulativa della vittima, poiché dipende dalla carica elettrostatica positiva del chitosano e negativa delle membrane eritrocitarie. Tra gli emostatici topici appartiene alla classe dei “mucoadesivi” che grazie a una forte adesione ai tessuti sigillano le ferite sanguinanti. I sali cationici producono un sigillo aderente intorno alla superficie del vaso reciso e, sebbene risulti bio-assorbibile, deve essere rimosso dalla ferita chirurgica prima della chiusura definitiva. Questo farmaco topico ha la capacità di fermare emorragie di grandi arterie e vene entro due minuti, è pronto all'uso senza richiedere una miscelazione del preparato, oltre ad avere una capacità di resistenza a temperature avverse, idealmente tra i 10 e i 55 ° C, non è lesivo ed è poco costoso, unico effetto avverso è una reazione allergica al principio attivo.

➤ Acido tranexamico (Ugurol) : è un antifibrinolitico, capace di arrestare l'emorragia in pochi minuti se somministrato per via endovenosa e l'infusione è precoce (≤ 3 ore) è più efficace rispetto all'uso ritardato (>3 ore). È indicato nel trattamento di pazienti preospedalieri, in caso



di trauma, in soggetti maggiori di sedici anni, in stato di shock emorragico con frequenza cardiaca maggiore di 110 bpm o di pressione arteriosa sistolica inferiore a 90 mmHg e lunghi tempi di centralizzazione; mentre è controindicato in casi di evidenza di CID, disordini

trobotici e trombofilia conosciuta. La dose indicata da somministrare nel preospedaliero è di 10-15 mg/Kg di acidotranexamico in 100 ml di soluzione fisiologica alla velocità di infusione di 10 minuti.

➤ Somministrazione emazie emogruppo zero fattore Rhesus Rh zero negativo

in Italia solo alcuni protocolli aziendali prevedono la possibilità di somministrazione di emotrasfusione di emazie zero negativo a vittime di trauma maggiore, laddove la centralizzazione del paziente richiede un tempo maggiore di trenta minuti.

➤ Colloidi: chiamati anche Plasma expander, sono soluzioni contenenti sostanze che grazie alla loro distribuzione esclusiva nel letto vascolare, sono in grado di incrementare il volume circolante. Tra le differenti soluzioni utilizzate, l'albumina è il più indicato, in quanto determina l'80% della pressione colloidosmotica del plasma e ha un'emivita di 16 ore circa. Nei pazienti ipovolemici è indicata la somministrazione di 500 ml per espandere il volume plasmatico di 400 ml, anche se studi dimostrano che è controindicato nei casi di trauma cranico, poiché si rischierebbe di aumentare il rischio di edema. Altro soluzione usata è la soluzione salina ipertonica, ha però una durata d'azione molto breve, circa trenta sessanta minuti e può incrementare la sodiemia.

➤ Cristalloidi: Sostanza capace in soluzione di diffondere facilmente attraverso una membrana semipermeabile, somministrati in grandi quantità favoriscono il rimpiazzo volêmico anche se rispetto ai colloidi, hanno una breve durata nel plasma.

Soluzioni utilizzate sono

Soluzione Fisiologica (NaCl) allo 0,9% ed allo 0,45%; Ringer Lattato che si è dimostrato più utile e meno dannoso rispetto alla soluzione fisiologica per la minor incidenza di acidosi ipercloremica che presenta venti avversi sulla coagulazione e funzionalità renale.

➤ Soluzioni ipertoniche: L'approccio per il trattamento preospedaliero dello shock emorragico prevede come primo trattamento l'espansione volêmica, che deve tener in considerazione tutti i fattori implicati ad iniziare da quelli fisiopatologici. La distribuzione fisiologica dei fluidi può aiutare a comprendere gli obiettivi dell'espansione volêmica nello shock.

Circa il 60% del peso corporeo ideale è formato da acqua suddivisa in liquido intracellulare, che costituisce i 2/3 del peso corporeo ideale, ed extracellulare che costituisce la terza parte dell'acqua presente nel corpo. La composizione di liquido intra ed extracellulare è differente, in quanto per effetto di pompe regolatrici degli elettroliti, proteine e elementi corpuscolari, permettono o meno il passaggio di queste particelle all'interno o all'esterno delle cellule. Questa differenza è presente anche nei vasi del circolo ematico, che contengono oltre all'acqua per costituire il plasma, anche elementi corpuscolari che a loro volta contengono liquido interstiziale elemento essenziale, in quanto, in caso di emorragia, garantirà una situazione di compenso al vaso danneggiato. Poiché fisiologicamente è presente questa differenza tra liquido intracellulare, extracellulare oltre alla differenza tra liquido interstiziale e liquido extracellulare, quando c'è bisogno di un ripristino volêmico come nel caso dello shock emorragico, si deve tenere in considerazione la differenza tra questi valori e tra quelli pressorei oncotici o colloidio-osmotici (pressione che esercitano i soluti in una soluzione), per garantire un adeguato ripristino volêmico.

Difatti vengono usati cristalloidi e colloidi che garantiscono l'aumento della volemia se utilizzati rapidamente e nelle giuste proporzioni, considerando anche il fattore velocità di infusione. Questo fattore è considerato fondamentale nel ripristino volêmico in quanto può garantire un apporto di fluidi massivo, in breve tempo, utilizzando dispositivi come ago cannule di diverso calibro associate a spremi sacca nel caso in cui si necessita una velocità infusoriale maggiore di quella che normalmente una cannula di un certo calibro potrebbe supportare. Infatti gli accessi venosi periferici sono dispositivi di diverso calibro e dimensione, il calibro interno del lume viene espresso in Gauge (G), la lunghezza in millimetri (mm). Qui di seguito viene riportata una tabella con i diversi ago cannula in calibro e dimensioni e la loro normale portata infusoriale. Questo fattore è necessario conoscerlo in quanto durante un rimpiazzo volêmico in caso di shock, bisogna considerare quanti fluidi è possibile e necessario somministrare, controllando anche e soprattutto i cosiddetti target pressorei permissivi e la possibile eccessiva diluizione dei fattori coagulativi, al fine di non nuocere il paziente.

CLASSIFICAZIONE DELLE CANNULE

codice colore applicazioni	gauge	diametro esterno	capacità di flusso	lunghezza in mm
ARANCIO trasfusioni rapide di sangue	14	2,2	315 ml/h	50
GRIGIO trasfusioni rapide di sangue intero o emoderivati	16	1,8	210 ml/h	50
VERDE per pazienti che devono ricevere grandi quantità di liquidi (es. operati)	18	1,3	100 ml/h	45
ROSA per pazienti che devono ricevere grandi quantità di fluidi, di fluidi viscosi o sangue.	20	1,1	65 ml/h	32
AZZURRO pazienti pediatrici o adulti con vene di piccole dimensioni, per infondere chemioterapia	22	0,9	38 ml/h	25
GIALLO per pazienti pediatrici, neonati e prematuri e oncologici.	24	0,7	24 ml/h	19
LILLA neonatalogia	26	0,5	16 ml/h	

Ad ogni calibro di accesso venoso periferico, dunque, così come nell'accesso intraosseo, corrisponde una capacità di flusso tale da poter essere infusa al paziente. Queste velocità possono essere aumentate fino al triplo della loro capacità utilizzando gli spremisacca, dispositivi in grado di aumentare la pressione all'interno del flacone si cristalloidi e garantire una maggiore perfusione alla vittima.

Le Linee Guida attualmente prevedono il raggiungimento dei valori pressorei desiderati attraverso la terapia infusoriale, associata quando possibile alla somministrazione di

farmaci vasopressori in modo tale da ripristinare la volemia almeno per il raggiungimento di target pressori idonei senza danneggiare tessuti e strutture corporee. Il solo utilizzo di farmaci vasopressori senza il ripristino volemico attraverso infusioni di cristalloidi o colloidi, potrebbe generare situazioni nelle quali l'aumento di pressione potrebbe essere falsamente tranquillizzante perché maschererebbe situazioni di ipovolemia, oltre ad aumentare e ad esasperare una condizione di vasocostrizione periferica per

Tabella 5C4-2 – Portata massima (ml/min) dei cateteri venosi; valori medi ottenuti con cateteri non inseriti in vena (Prehospital Trauma Care, IRC, 1998).

Catetere Gauge (Ø mm)	Soluzione fisiologica a caduta h 120 cm	Emagel a caduta h 120 cm	Soluzione fisiologica a pressione 300 mmHg	Emagel a pressione 300 mmHg
22 (0.8)	27	25	74	68
20 (1.0)	43	37	137	120
18 (1.2)	67	48	160	152
17 (1.4)	98	72	266	249
16 (1.7)	109	97	332	295
14 (2.0)	146	130	432	322

preesistente, con l'aggiunta del farmaco, si potrebbe innescare un processo che determini una marcata ipossia e quindi sofferenza tissutale.

L'effetto che provocano le infusioni ipertoniche nei tessuti vascolari è la mobilitazione istantanea di liquidi endogeni secondo gradiente osmotico dal compartimento intracellulare ed interstiziale verso quello intravascolare, provocando un ripristino volemico e un innalzamento della pressione arteriosa mediante piccole somministrazioni di queste soluzioni.

Si calcola che 250mL di Soluzione Salina Iperonica rispondono all'infusione di 1500-2000 ml di cristalloidi. L'incremento della pressione è determinato da un meccanismo rapido di richiamo dei fluidi dal comparto interstiziale a favore di quello intravascolare. Date queste premesse è stato dimostrato come la rapida infusione di una piccola quantità di soluzione ipertonica, tecnica chiamata "small volume resuscitation", cioè 250 ml di soluzione ipertonica che corrispondono a 4ml/Kg peso corporeo, è considerato il punto di partenza per il ripristino volemico in caso di ipotensione severa e shock. La quantità di soluzione ipertonica da somministrare può essere preparata estemporaneamente secondo le seguenti modalità:

- 1) Flacone di Soluzione Fisiologica NaCl 0,9% da 250ml;

- 2) Rimuovere 150ml so soluzione;
- 3) Aggiungere 15 fiale da 10 ml di NaCl 11,7% (20 mEq/mmol)
Si ottiene così una soluzione ipertonica con NaCl 7,4%
Esistono dei preparati già pronti sottoforma di NaCl 7,2% che utilizzano oltre all'NaCl l'amido idrossietilico 6% (HyperEs).
- 4) La soluzione deve essere somministrata in infusione in un periodo di 15 minuti e la durata dell'effetto dura circa 60 minuti.
- 5) Dopo un'iniziale breve prevalenza dell'effetto vasodilatatore, entro pochi minuti si verifica il rapido richiamo di fluidi con incremento della pressione e quindi perfusione d'organo.
- 6) Il vantaggio pratico delle soluzioni ipertoniche è quello di ottenere un rapido innalzamento della pressione arteriosa con una minore quantità di liquidi, in questo modo si limiterebbe anche la diluizione dei fattori della coagulazione e si ridurrebbe l'impatto emodinamico negativo legato all'infusione massiva di soluzioni fredde e quindi della conseguente ipotermia.

Un ulteriore elemento a favore dell'utilizzo di soluzioni ipertoniche è rappresentato dal miglioramento del microcircolo attraverso il cosiddetto "deswelling" delle cellule endoteliali ischemiche, vale a dire un miglioramento delle cellule del microcircolo.

Le soluzioni ipertoniche presentano svantaggi quali:

- l'eccessiva lentezza di infusione che in presenza di shock e trauma cranico possono aumentare il tempo di esposizione cerebrale all'insulto ipotensivo;
- impossibilità di controllare il livello pressorio da raggiungere poiché l'effetto della soluzione ipertonica continua a realizzarsi anche a terapia di infusione sospesa;
- nel trauma cranico il richiamo di liquidi può causare l'aumento dell'edema cerebrale.

❖ **Somministrazione da accesso intraosseo:**

Lo stato emorragico espone il traumatizzato alla cosiddetta "triade letale", costituita da ipotermia, coagulopatia e acidosi metabolica, condizioni cliniche che ne riducono la possibilità di sopravvivenza. Una strategia basata sul mantenimento dei target pressori predefiniti, anche ricorrendo all'espansione volemica, può limitare il danno secondario e prevenire gli effetti della triade migliorando l'outcome del paziente. L'ottenimento di tali

risultati è strettamente dipendente dalla capacità di intervenire tempestivamente per interrompere l'evoluzione del danno da ipoperfusione; tuttavia stabilire un accesso venoso periferico (CVP) o centrale (CVC) può risultare difficoltoso: dati di letteratura riportano che in alcuni casi, sono necessari dai 3 ai 12 minuti con una percentuale di successo che va dal 10 al 40%; le cause che possono essere correlate al quadro di shock come il collasso delle vene periferiche o a peculiarità anatomiche del paziente, per esempio un paziente pediatrico o obeso.

Una valida alternativa è rappresentata dall'accesso intraosseo che si sta dimostrando sulla base di evidenze scientifiche, efficace al pari di un accesso venoso, offrendo indiscutibili vantaggi in termini di rapidità e sicurezza rispetto ad altre tecniche invasive come il posizionamento di un CVC. Attraverso l'accesso intraosseo è possibile somministrare tutti i tipi di farmaci al pari di un CVP, tranne farmaci chemioterapici ed i fluidi cristalloidi e colloidi per un massimo di dieci litri in 24 ore. Situato nella porzione spongiosa delle ossa lunghe e piatte, il compartimento intraosseo rappresenta una rete vascolare estremamente estesa che rimane immodificata in corso di shock. L'utilizzo di una sacca a pressione, fortemente indicato nel paziente traumatizzato, consente di vincere la pressione del compartimento intraosseo e di somministrare un notevole volume di liquidi. I principali siti di inserzione sono:

- Omerale
- Tibiale prossimale
- Tibiale distale
- Sternale

La portata dei fluidi è diversa da sito a sito, dove quello che garantisce una portata ideale è il punto di inserzione omerale che garantisce un flusso di 5000 ml/h. Affinché questo accesso sia pronto all'uso, deve essere lavato con soluzione fisiologica di 10ml per favorire la massima funzionalità dei vasi presenti nella struttura trabecolare ossea ed attivare il sistema. Il dolore durante l'inserimento può essere alleviato somministrando lidocaina 2% in paziente cosciente, in bolo di 40mg immediatamente dopo conferma del corretto posizionamento dell'ago e ripetuto un bolo di 20mg dopo lavaggio con 10ml di

NaCl.

Il protocollo operativo di utilizzo dell'infusione prevede in paziente adulto cosciente:

- □ Reperimento dell'accesso
- □ Aspirazione di 5ml di sangue per corretto posizionamento
- □ Somministrazione lenta di 40mg di lidocaina 2%
- □ Dopo 15 secondi, somministrazione di 10ml di soluzione fisiologica
- □ Somministrazione lenta di 20ml di lidocaina 2%
- □ Infusione prescritta al trattamento.

Complicanze dell'accesso intraosseo prevedono microfratture e stravasamento correlato, dislocazioni, inserzioni fallimentari, infezioni, osteomieliti. Bisogna ricordare che l'accesso intraosseo è un presidio usato in casi di emergenza, quindi una volta stabilizzato il paziente, deve essere usato per un massimo di 24 ore.

❖ Nuovi dispositivi emostatici in commercio: XSTAT

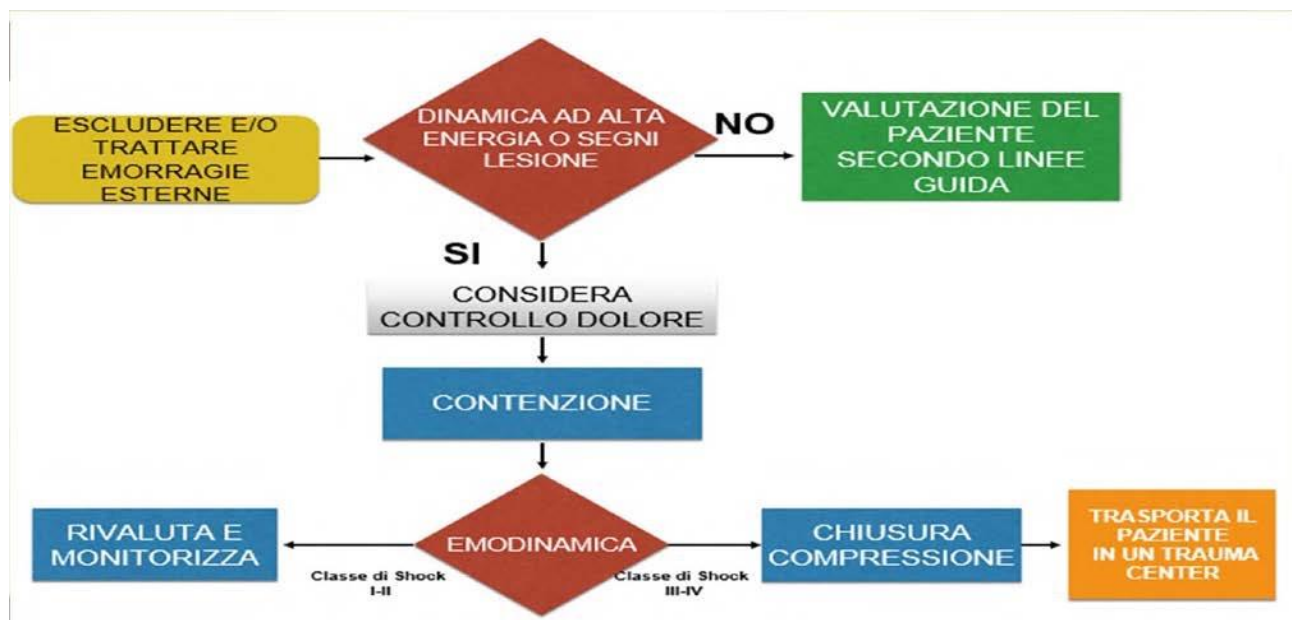
Entra in gioco un dispositivo medico approvato recentemente dalla FDA l'ente di autorizzazione sanitaria in Usa: si tratta dello Xstat Rapid Hemostasis System che consiste in una siringa precaricata con minuscole spugne, un presidio medico per uso interno temporaneo, che originariamente era stato sviluppato per l'uso militare,



è ora disponibile negli Stati Uniti anche per i civili. Il suo funzionamento è possibile grazie alle sue novantadue spugne sterili di cellulosa, inserite all'interno di una siringa, delle dimensioni di piccole compresse. Il sistema, iniettato nella ferita, arresta le emorragie che non possono essere arrestate facilmente con altri mezzi in soli venti secondi, perché inserito all'interno della ferita ed attivato per liberare le spugne, in pochi secondi si espandono fino a riempire la ferita e ad assorbire fino a 1,2 L di sangue, non solo, ma ogni spugna ha anche un rivelatore a raggi x per cui i medici possono rimuoverle tutte con sicurezza dal corpo sul tavolo operatorio.

Qui di seguito è riportato un algoritmo che riassume brevemente la metodologia che un soccorritore dovrebbe utilizzare trovandosi nella gestione di un evento traumatico o non traumatico e come seguire ed assistere il paziente in caso di emorragie tenendo presenti i capisaldi del "Damage Control Resuscitation" (DCR) che sono:

- rianimazione ipovolemica
- prevenzione precoce dell' ipotermia
- supporto precoce della coagulazione
- damage control surgery



Determinazione della criticità del paziente

❖ La grande formica: target pressorei testa–torace–addome

Per definire la criticità di un soggetto coinvolto in incidenti di natura traumatica, non basta avere un buon occhio clinico ed un esame obiettivo, bensì bisogna far riferimento a dei

parametri “target”, in maniera tale da gestirlo nel miglior modo possibile, evitando danni secondari quali ipossiemia, ipotensione e mobilitazioni maldestre, derivanti non solo dalla patologia innescata, ma anche dalla cattiva gestione assistenziale. L'entità del danno è “dose e tempo dipendente” e la prognosi dipende dal tipo e numero di loci minorati e resistenti. Per quanto riguarda l'ipossiemia, se in una prima fase l'organismo riesce, tramite meccanismi di compenso limitati aumentando la capacità delle cellule di sopravvivere, successivamente questi compensi si trasformano in un trigger di danno cellulare tendente all'irreversibilità, vale a dire:

Riduzione della Disponibilità d'O₂ (DO₂) Acidosi, aumento permeabilità capillare, travaso di liquidi con deupaperamento del comparto vascolare

15.2 Riduzione di DO₂.

Per questo motivo più rapidamente si interviene sul mantenimento di DO₂ con gittata cardiaca, pressione di perfusione, contenuto di Hb, SpO₂, minori saranno la disfunzione ed il danno d'organo.

Questo capitolo è stato nominato “ la grande formica”, perché è stato visto che per mantenere una funzionalità globale degli organi, occorre che sia stabilizzata la pressione di perfusione sia nel compartimento cranico, sia toracico che addominale: tre compartimenti divi ma che, come il corpo di una formica sezionato in tre divisioni indivisibili, non possono funzionare in maniera ottimale l'uno senza l'altro perché influenzati da valori positivi o negativi che siano dell'uno o dell'altro compartimento. Una riduzione di DO₂ nella scatola addominale, ad esempio, porta ad un processo patologico auto aggravante che se non interrotto precocemente, termina nella morte

cellulare: ipossia

funzionale

compliance di parete

Le conseguenze sono sindromi compartimentali di tipo ischemia aumento volume interno per edema e aumento pressione intracavitaria variabile secondo la compressione dei vasi ischemia.

- Dirette, trasmesse per contiguità alla camera toracica e cranica

- Indirette, biologico-funzionale cioè una disfunzione cardiaca con ipovolemia, acidosi, aumento resistenze sistemiche, riduzione ritorno venoso, insufficienza respiratoria, danno polmonare, attivazione cascata infiammatoria.

I tre compartimenti presentano una compliance crescente in senso cranio-caudale e anche piccolissime variazioni del volume interno, ovvero quando interviene un processo occupante spazio e ciò si manifesta in maniera repentina come un'emorragia, liquido, ematoma, rigonfiamento degli organi, provocando ipertensione che si ripercuote sugli altri due compartimenti. Quando accade che un trauma coinvolge uno dei tre compartimenti per non rischiare l'insorgere di un processo dannoso e deleterio per il paziente, occorre tener presente alcune attenzioni soprattutto per quanto concerne il parametro pressorio.

Oltre ad evitare il rischio più conclamato quale lo shock ipovolemico, il mantenimento dei range pressorie entro certi limiti garantisce:

- Buona ossigenazione degli organi e tessuti;
- Danno funzionale ridotto;
- Mantenimento di una perfusione cerebrale ottimale;
- Ridurre le perdite ematiche;
- Ottimizza la prognosi neurologica.

Se si parla di un trauma chiuso al torace o in addome, il target pressorio da mantenere è 90 mmHg per pressione arteriosa sistolica, se il trauma è penetrante sia in torace che in addome, la pressione sistolica da mantenere è di 70 mmHg. Per quanto riguarda un trauma cranico, l'optimum di una buona PAS è di 110 mmHg.

❖ **Scale di valutazione delle lesioni**

Un parametro oggettivo che permette al soccorritore di valutare la gravità del paziente oltre i parametri vitali, sono delle scale di valutazione specifiche per ogni tipologia di patologia che permettono di rilevare oggettivamente, attraverso un punteggio dato dalla somma di diversi fattori presi in considerazione o scale numeriche, quanto il danno sia grave per il paziente. Nel caso delle emorragie non c'è una scala specifica, ma si può valutare l'entità del danno attraverso la GCS nel caso in cui l'emorragia non sia dovuta ad eventi traumatici, valutando soprattutto lo stato neurologico del soggetto leso, mentre se la causa della perdita ematica è da ricercare in eventi traumatici, si fa riferimento principalmente a due scale:

- Injury Severity Score (ISS): costituisce un punteggio che rende conto, in modo più soddisfacente rispetto ad altri indici, della gravità della situazione clinica di un soggetto che ha riportato più lesioni: le lesioni infatti, interagiscono tra loro, peggiorando la prognosi, per cui la ISS consiste nell'assegnare un punteggio da 1 a 6, in ordine crescente di gravità:

- minore,
- moderato,
- serio,
- grave,
- critico
- massimo

alle lesioni presenti in otto regioni del corpo:

Testa, Volto, Collo,

Torace,

Addome,

Colonna vertebrale,

Arti superiori e Arti inferiori.

Nella costruzione dell'ISS del soggetto, si considera la somma dei quadrati delle tre regioni del corpo più interessate al trauma. Valori superiori a 15 corrispondono ad un trauma grave. Pur essendo una diagnosi delle lesioni anatomiche semplice da applicare, può essere attuata con precisione solo dopo il ricovero ospedaliero.

- Revised Trauma Score (RTG), è una scala costituita da tre categorie: Glasgow Coma Scale, pressione arteriosa sistolica, e la frequenza respiratoria. Il punteggio va da 0 a 12: un paziente con un punteggio di 12 RTS è considerato differibile, 11 è urgente e da 3 a 10 è necessario un intervento immediato, mentre con un punteggio inferiore a 3 la vittima è considerata priva di vita.

- **Indice di shock:** L'indice in questione da informazioni sulla stabilità emodinamica in caso di emorragie interne od esterne. E' utile quindi per l'individuazione di stato di shock ipovolemici. Consiste nella valutazione di un coefficiente desunto dal rapporto tra Frequenza Cardiaca (FC) / Pressione Arteriosa Sistolica (PAS), quindi l'applicazione della formula rispecchia le caratteristiche di rapidità e semplicità utili al triage:

INDICE DI SHOCK = FC / PAS

Valori normali 0,5 - 0,7

Stabilità emodinamica

Valore < 1 (sanguinamento < 25% della massa ematica)

Instabilità emodinamica

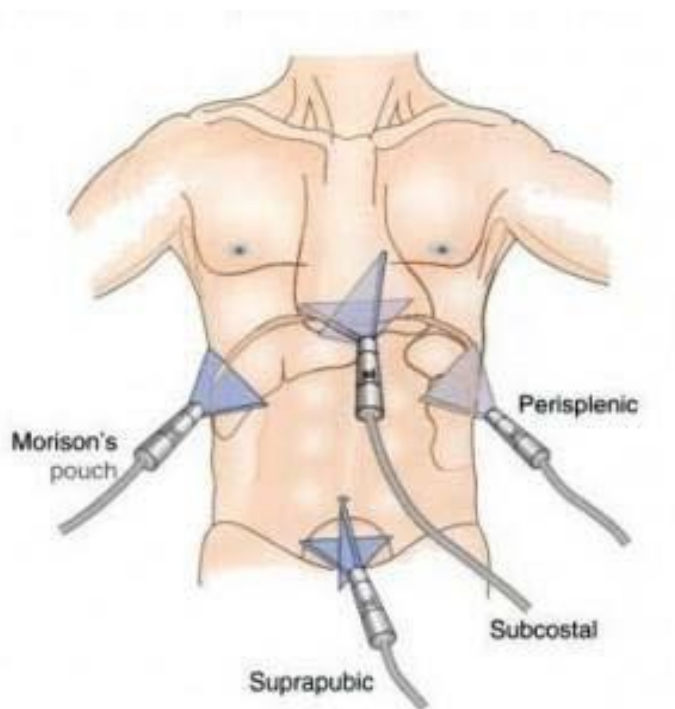
Valore > 1 (sanguinamento > 33% della massa ematica)

- **Test del riempimento capillare:** consiste nel provocare un'ischemia temporanea del letto ungueale di un dito della mano del paziente mediante pressione su di esso, ed al rilascio, valutare il tempo di ricomparsa del colorito roseo proprio dell'unghia: valori normali ricadono in un range che non supera i due secondi, maggiore di due secondi è un segno precoce di shock.

❖ **Ruolo dell'ECO-FAST nel preospedaliero**

Con la diffusione dell'attrezzatura per gli esami ad ultrasuoni portatile ed utilizzabile anche in fase preospedaliera, è possibile con personale medico ed infermiere formato ed esperto, eseguire un'ecografia rapida e focalizzata, infatti questa modalità di diagnostica prende il nome di FAST (Focused Assessment with Sonography for Trauma) & FOCUSED, alla ricerca di un riscontro patologico che possa indirizzare precocemente verso la gestione più idonea nonché alla centralizzazione in un presidio di competenza in maniera tale da ridurre il ritardo diagnostico-terapeutico e quindi la mortalità di un paziente che arriva in ospedale, come una rottura di aneurisma, dissezione aortica, trauma chiuso, emorragia intera e così via. Le variabili di affidabilità sono legate all'operatore in relazione all'esperienza, all'apparecchiatura, al paziente; l'esame ecografico viene eseguito andando ad analizzare in maniera settoriale i diversi quadranti dell'addome in ordine partendo dall'epigastrio per

valutare il cuore, per un eventuale tamponamento cardiaco, sull'emitorace destro e quindi ipocondrio di destra, per poi passare ai quadranti a sinistra, infine l'ultima sede da valutare è l'ipogastrio. Non meno importante nella valutazione di un PNx o in un emopericardio, poiché la diagnostica



precocemente induce ad attuare manovre salvavita in pochi minuti. Strumenti di ultima generazione permettono anche la tele-ecografia, ovvero di smettere le immagini dell'ecografia sulla scena al Pronto Soccorso o alla C.O. 118 per un confronto tra operatori sanitari e scelta più appropriata da fare.

❖La Golden Hour

Studi hanno dimostrato come l'ECO-FAST, prima confinato solo all'ospedale, apporta dei benefici al paziente migliorandone l'outcome e ottimizzando la Golden Hour, o meglio il Golden Period, riducendo l'intervallo tra l'insorgenza della patologia e la diagnosi definitiva, aumentando quindi le possibilità di sopravvivenza del paziente. Sono stati individuati tre principali picchi di mortalità conseguenti al trauma:

➤ Il primo picco (50 % dei decessi) è definita morte immediata. La morte della persona sopraggiunge nel giro di pochi secondi o minuti dal trauma; la morte è di solito causata da asfissia, da gravi lesioni cerebrali e del midollo spinale, da rottura di cuore e grandi vasi. Sono lesioni non compatibili con la sopravvivenza. L'unico trattamento in questi casi

prevede la prevenzione (caschi, cinture di sicurezza, campagne contro la guida in stato di ebbrezza o di alta velocità)

➤ Il secondo picco (30-35% dei decessi) è definita morte precoce. La morte sopraggiunge in poche ore (solitamente all'interno della golden hour) ed è di solito causata da traumi toracici (emopneumotorace), fratture (rottura del bacino o altre lesioni associate ad elevate perdite ematiche), ematomi subdurali ed extradurali e rottura di fegato e/o milza shock emorragico, ipossiemia. Il trattamento in questi casi, prevede il riconoscimento tempestivo e l'erogazione di cure a più alto tasso professionale, all'interno "dell'ora d'oro".

➤ Il terzo picco (15-20% decessi) è definita come morte tardiva, può sopraggiungere nel giro di qualche settimana (solitamente 4 settimane). La causa di questi decessi è correlata alle conseguenze dell'evoluzione della sepsi e MOF.

Per poter parlare di una corretta gestione della golden hour bisogna ricorrere alla cosiddetta regola delle 3 G : portare il Giusto paziente, nel Giusto ospedale, nel Giusto tempo. Tuttavia il concetto di "ora d'oro" è stato sostituito dal termine "periodo d'oro", in quanto a volte è praticamente impossibile garantire cure adeguate e il trasporto precoce all'ospedale più adeguato in un'ora poiché, per esempio, in alcuni casi viene richiesto molto tempo anche per l'estricazione delle vittime da incidente stradale. Viene utilizzato il termine "periodo d'oro" in quanto vuol essere mantenuta costante la filosofia di trattare il paziente nel più breve tempo possibile.

Il primo soccorso al traumatizzato riguarda i pazienti che fanno parte del secondo picco di mortalità, agendo così in maniera rapida ed efficiente, con un'importante influenza sulla mortalità ed anche invalidità della persona coinvolta. Da ciò deriva il concetto di "10 minuti di platino" oppure "few minutes platinum" secondo cui "nessun paziente dovrebbe avere più di 10 minuti di stabilizzazione sul luogo dell'evento da parte del personale di soccorso, prima di essere trasportato in un centro traumatologico dove riceverà le cure definitive". Importante precisare, che questo periodo riguarda il tempo massimo che si ha a disposizione sul campo. In questi pochi attimi, sarà di vitale importanza che l'infermiere valuti il paziente, immobilizzi quest'ultimo e non ritardi il trasporto in ambulanza.

Lavoro d'equipe e Soccorso extraospedaliero Volontari

Precedentemente è stato già sottolineato quanto in operazioni di soccorso, sia indispensabile la collaborazione dell'intero team per far sì che un buon lavoro di squadra

renda la missione eseguita nel modo giusto, al tempo giusto, con i mezzi l'equipaggio e l'equipaggiamento giusti, per garantire a chi necessita soccorso un outcome positivo.

Per far sì che ciò accada, a partire dalla centrale operativa, agli operatori sanitari dei mezzi di soccorso, agli autisti, pilota, perfino forze dell'ordine e soccorritori volontari devono essere in grado di fare un buon lavoro di squadra proiettandosi verso un unico obiettivo: salvare chi chiede aiuto.

Per realizzare questa tipologia di lavoro, bisogna stabilire un Team Leader, cioè una persona che abbia competenze tali da poter e saper gestire una situazione che di norma, nel preospedaliero è sempre di tipo critico, una persona che sappia prendere in mano e redini della situazione, sappia guidare l'assistenza dei singoli operatori che sono sulla scena dell'evento. Ovviamente-

te il team leader non si deve imporre in maniera categorica e autoritaria, ma deve lavorare sempre in un insieme di persone che devono essere guidate e supportate su alcune decisioni da prendere in quel frangente.

Un'altra figura non meno importante, è il Coordinatore della Sicurezza sull'evento, quando le forze dell'ordine ancora non sono disponibili, l'autista soccorritore ricopre questo incarico, autorizzato dal team leader, gestendo la folla che potrebbe essersi presentata sul luogo, mettendola in sicurezza non facendo avvicinare nessuno soprattutto se nelle vicinanze è presente un mezzo avanzato come l'elicottero sanitario.

Sul luogo dell'evento possono partecipare a garantire un aiuto anche i Soccorritori Volontari, come la CRI (Croce Rossa Italiana) o Protezione Civile Nazionale: sono volontari addestrati in alcune manovre di primo soccorso come il BLS e BLSD, coadiuvano l'intervento di medici ed infermieri trovandosi sulla scena. In alcune regioni d'Italia la collaborazione con i volontari è riconosciuta a patto che eseguano dei corsi di formazione standard, per uniformare i compiti di tutti i volontari soccorritori operanti sul territorio regionale. Il volontario è un cittadino che opera in un intervento di soccorso con capacità professionali nell'ambito di un'organizzazione definita. Il termine professionale si riferisce alla formazione all'impegno di operare secondo coscienza e al meglio del proprio sapere, saper fare e saper essere e alla volontà di aggiornarsi periodicamente. Il Volontario Soccorritore deve essere in grado di :

- Operare in modo coordinato con la C.O.
- Gestire l'organizzazione di un soccorso sicuro sul luogo e durante il trasferimento
- Valutare le condizioni di un soggetto bisognoso di soccorso
- Prestare l'assistenza di primo soccorso sul luogo e durante il trasferimento verso la struttura sanitaria competente.

I compiti e gli obiettivi formativi di un soccorritore volontario prevedono l'identificazione dei problemi e l'esecuzione di metodiche di primo soccorso applicate alle procedure di collaborazione, tenendo conto degli obiettivi da raggiungere in seguito al periodo di apprendimento delle capacità operative.

• **Volontario di Protezione Civile:** Il volontariato di protezione civile è nato sotto la spinta delle grandi emergenze che hanno colpito l'Italia negli ultimi 50 anni: l'alluvione di Firenze del 1966 e i terremoti del Friuli e dell'Irpinia, sopra tutti. Una grande mobilitazione spontanea di cittadini rese chiaro che a mancare non era la solidarietà della gente, ma un sistema pubblico organizzato che sapesse im-

piegarla e valorizzarla. Il volontariato di protezione civile unisce, da allora, spinte di natura religiosa e laica e garantisce il diritto a essere soccorso con professionalità.

Con la legge n. 225 del 24 febbraio 1992, istitutiva del Servizio Nazionale della Protezione Civile, le organizzazioni di volontariato hanno assunto il ruolo di "struttura operativa nazionale" e sono diventate parte integrante del sistema pubblico.

Il Dipartimento della Protezione Civile stimola, anche nelle autonomie locali, una forte identità nazionale del volontariato di protezione civile per favorire una pronta risposta su tutto il territorio. Il volontariato si integra con gli altri livelli territoriali di intervento previsti nell'organizzazione del sistema nazionale della protezione civile, in base al principio della sussidiarietà verticale. È inoltre attore del sistema e del proprio territorio: protegge la comunità in collaborazione con le istituzioni, in base al principio della sussidiarietà orizzontale.

Come tutte le organizzazioni, tutti i volontari di protezione civile

devono far capo ad un Regolamento adottato con il DPR 2001 che prevede l'adempimento dei volontari a compiti quali l'attività di previsione, prevenzione, soccorso nonché attività di formazione ed addestramento, infatti per verificare e testare i modelli organizzati-

d'intervento in emergenza, il Dipartimento e le Regioni promuovono esercitazioni che simulano situazioni di rischio a cui le organizzazioni di volontariato partecipano. Come struttura operativa del sistema nazionale di protezione civile, possono anche promuovere e organizzare prove di soccorso che verificano la capacità di ricerca e intervento.

Poiché in molte regioni italiane partecipano attivamente a garantire sicurezza sul territorio e primo soccorso in caso di interventi come le maxiemergenze o incidenti stradali oppure diversi casi in cui si necessita un pronto intervento, i volontari di protezione civile devono essere in grado di saper fare le manovre base di primo soccorso, per questo motivo hanno l'obbligo di formazione di tipo sanitaria, come l'acquisizione del BLS e BLSD e di altri corsi specifici in rapporto alla situazione geo-territoriale nella quale si trovano ad operare.

Chiunque può iscriversi al Servizio di Protezione Civile, purché risponda a determinati requisiti presenti sul Regolamento, primo fra tutti non si può far parte contemporaneamente di più associazioni di volontariato.

- Croce Rossa Italiana (CRI): La Croce Rossa Italiana, fondata il 15 giugno 1864, è un'Associazione senza fini di lucro che si basa sulle Convenzioni di Ginevra del 1949 e sui successivi Protocolli aggiuntivi, di cui la Repubblica Italiana è firmataria. Essa rispetta ed agisce in conformità ai Principi Fondamentali del Movimento Internazionale della Croce Rossa e della Mezzaluna Rossa Umanità, nato dall'intento di assistere, senza discriminazione, i feriti sul campo di battaglia, si adopera, sia a livello internazionale che nazionale, per prevenire ed alleviare ovunque la sofferenza umana. Il suo scopo è quello di proteggere la vita e la salute e garantire il rispetto dell'essere umano. Esso promuove la comprensione reciproca, l'amicizia, la cooperazione e la pace duratura tra i popoli; lavora con imparzialità in quanto non fa alcuna distinzione di nazionalità, razza, credo religioso, classe o opinione politica. Si dedica esclusivamente ad alleviare le sofferenze degli individui, guidata soltanto dai loro bisogni e dando la precedenza ai casi più urgenti; segue il principio di neutralità: per poter continuare a godere della fiducia di tutti, il Movimento non si schiera con nessuna delle parti in conflitto, né prende parte a controversie di carattere politico, razziale, religioso o ideologico.

Indipendenza: la CRI è indipendente. Le Società Nazionali, in quanto ausiliarie nelle attività umanitarie del loro governo e sottoposte alle leggi dei loro rispettivi paesi, devono tuttavia mantenere un'autonomia che permetta loro di operare in ogni momento in conformità ai principi del Movimento. Il principio di volontarietà sostiene che il Movimento Internazionale

della Croce Rossa e della Mezzaluna Rossa è un movimento volontario di soccorso che non è mosso dal desiderio di profitto ed è unito, poiché in ogni Paese non vi può essere che una sola Società della Croce Rossa o della Mezzaluna Rossa. Essa deve essere aperta a tutti e deve estendere le sue attività umanitarie all'intero territorio nazionale. L'universalità è l'ultimo principio fondamentale su cui la CRI si fonda e nel quale tutte le Società Nazionali godono di uguale status e condividono uguali responsabilità e obblighi di aiuto reciproco, è universale.

L'obiettivo principale della Croce Rossa Italiana è quello di prevenire ed alleviare la sofferenza in maniera imparziale, senza distinzione di nazionalità, razza, sesso, credo religioso, lingua, classe sociale o opinione politica, contribuendo al mantenimento e alla promozione della dignità umana e di una cultura della non violenza e della pace.

La Croce Rossa Italiana, anche per lo svolgimento di attività sanitarie e socio sanitarie, compresi il servizio di pronto soccorso e trasporto infermi per il Servizio sanitario nazionale, i soccorsi speciali ed il servizio psico- sociale, può sottoscrivere convenzioni con pubbliche amministrazioni, partecipare a gare indette da pubbliche amministrazioni e sottoscrivere i relativi contratti.

Tutto il sistema organizzativo della Croce Rossa è regolamentato dallo Statuto che viene continuamente aggiornato e sulla quale è presente ogni tipologia di intervento che possono effettuare, la commissione organizzativa, i rapporti con lo stato italiano e l'estero, le funzioni di un volontario di CRI, l'obbedienza alla CRI ed il divieto di potersi iscrivere ad altre associazioni di volontariato se iscritti alla CRI.

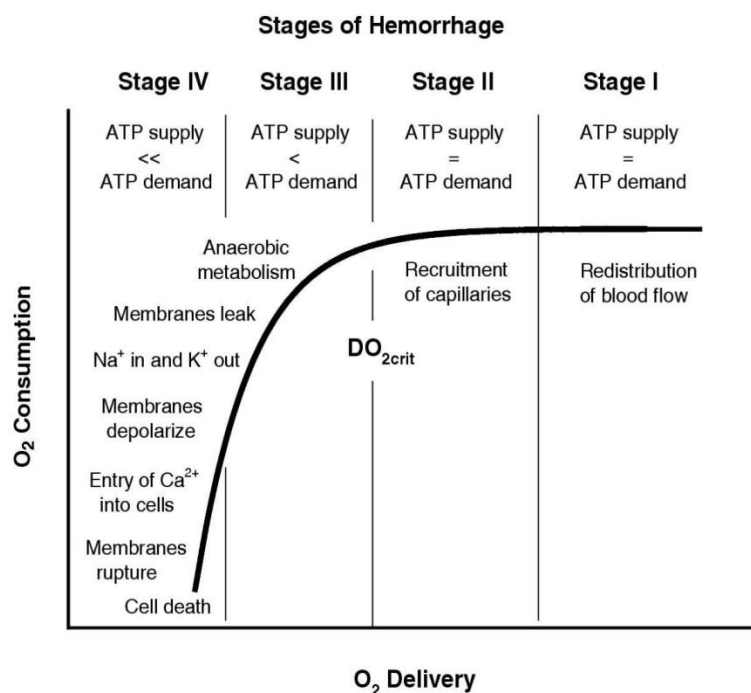
Ad oggi in Basilicata il volontario che presta il proprio servizio a fianco del 118 nella maggior parte degli eventi è la Croce Rossa Italiana (CRI), che attraverso corsi di formazione e di aggiornamento, disciplina il lavoro dei volontari che supportano la sanità, purtroppo non ancora negli interventi di primo soccorso vero e proprio in quanto non sono ancora stati stilati protocolli operativi condivisi e dalla CRI e dall'Azienda Sanitaria Locale per poter permettere ai volontari il trasporto di feriti o di soggetto non in condizioni critiche in un presidio ospedaliero, ma possono aiutare e coadiuvare il servizio di urgenza-emergenza durante le manifestazioni svolte in luoghi pubblici, aiutando gli infermieri di 118 e posizionandosi con le proprie ambulanze di solo trasporto paziente, per garantire un più ampio campo d'azione in caso di folle numerose, eventi che richiedono il supporto di più persone minimamente formate per poter procedere al soccorso, in situazioni nelle quali si

richiede una divulgazione di massa di notizie come ad esempio una giornata sulla prevenzione di determinate patologie.

Insomma l'attività del volontario è proprio utilissima perché permette di poter avere uno sguardo mirato e più attento verso i pazienti più critici sulla scena, mentre il volontario può garantire il suo aiuto mettendo in sicurezza la scena, prestando soccorso a chi non necessita di cure tempestive, garantisce un mezzo di trasporto in più utile soprattutto in territori come la Basilicata che a causa del suo assetto geologico e conformazionale, necessita di molti mezzi di soccorso per poter essere adeguatamente collegata in ogni suo confine, cosa che può essere fatta da questi volontari quando è possibile.

15.3 Complicanze emorragie

Dopo aver stabilito come il paziente vittima di un incidente che possa essere di tipo traumatico, o una patologia a carico del sistema vascolare, possa avere delle conseguenze a questi eventi, che possono manifestarsi sotto diversi aspetti tra cui vedremo in particolare l'ipotensione e lo shock emorragico, la coagulazione intravascolare disseminata, la coagulopatia indotta da trauma e lesioni a carico di due organi importanti situati in addome maggiormente colpiti, ovvero milza e fegato.



❖Ipotensione e shock ipovolemico o emorragico*

Lo shock è una condizione in cui il flusso ematico ai tessuti periferici è inadeguato al mantenimento delle funzioni vitali a seguito di un'insufficiente gittata cardiaca e della maldistribuzione del flusso periferico; di solito è accompagnato da ipotensione ed oliguria. Lo shock ipovolemico è determinato da una rapida diminuzione del volume del sangue che può essere causata da:

- Emorragia acuta : può accompagnare un notevole numero di condizioni patologiche sia mediche che chirurgiche;
- Traumi;
- Patologie a carico del tratto Gastrointestinale e Riproduttivo;
- Malattie vascolari (aneurisma, dissecazione, malformazioni artero-venose);
- Perdite gastrointestinali di liquidi (vomito, diarrea);
- Perdite renali (diabete mellito, diabete insipido, eccessivo uso di diuretici);
- Perdite cutanee (ustioni, lesioni essudative, eccesso di sudorazione e di perspiratio insensibilis);
- LO SHOCK IPOVOLEMICO: DIAGNOSI E MONITORAGGIO di B. D'Elia, M. Marsili
- <http://www.massimofranzin.it/pdf/shockipovolemico.pdf>
- Sequestro di liquidi causato da processi flogistici a livello del terzo spazio intercostale (ascite, ostruzione intestinale, emotorace, emoperitoneo);
- Aumento della permeabilità capillare (v. shock anafilattico).

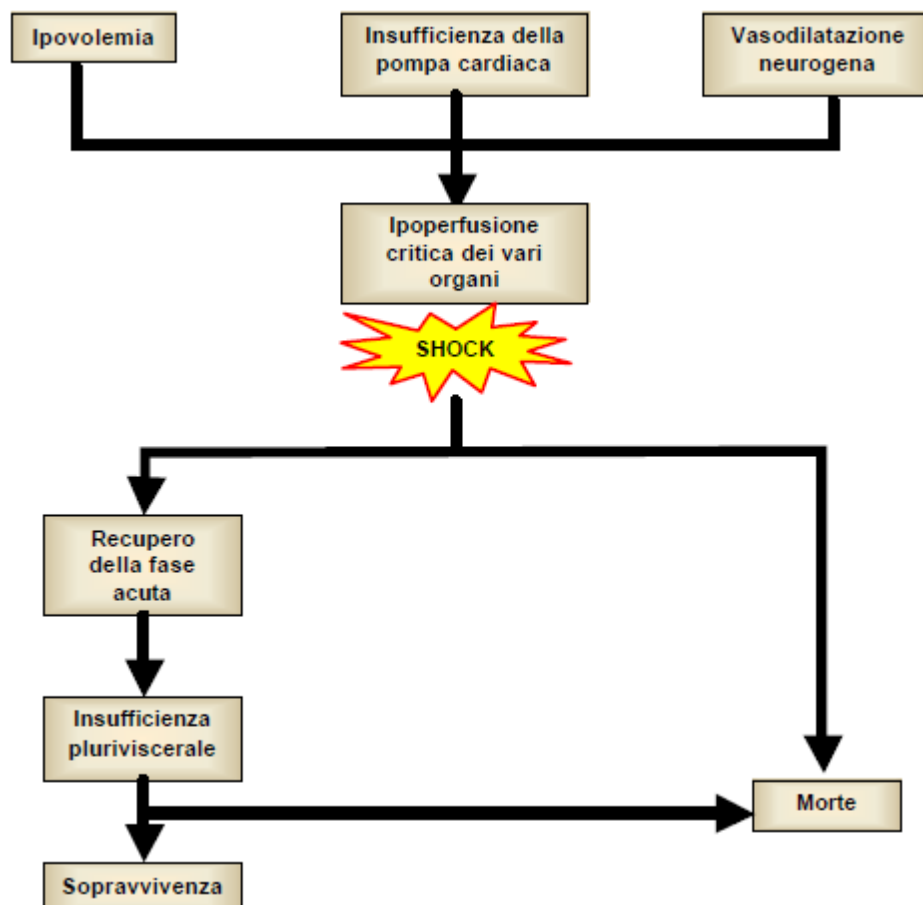
L'emorragia e l'ipovolemia determinano shock solo quando la perdita è di entità tale da superare le normali risposte compensatorie fisiologiche e da compromettere la perfusione e l'ossigenazione tissutale. In un primo momento, infatti, l'organismo è capace di sopperire alla mancanza del volume adeguato mettendo in moto una serie di meccanismi di compenso. Questi, in ultima analisi, tendono al mantenimento dell'omeostasi, garantendo un'adeguata perfusione degli organi cosiddetti "nobili" (cervello, cuore e rene) mediante:

- una notevole riduzione dello spazio vascolare
- un miglioramento dell'efficacia del lavoro fatto dal cuore
- una contrazione delle perdite corporee totali di liquidi.

Al fine di evitare che la cascata di eventi in un primo momento favorevoli si rivolga contro la vittima innescando una serie di meccanismi a prognosi infausta, è opportuno riconoscere subitaneamente le manifestazioni cliniche dello shock così da mettere in atto rapidamente gli adeguati presidi terapeutici.

- **Diagnosi di shock**

Lo shock emorragico si presenta con alterazione dei parametri vitali del paziente oltre ai segni e sintomi evidenti. Dal grado di lesione e di perdita ematica e conseguente riduzione volemica, vengono determinate a seconda della gravità, diverse classi di shock, situazioni più o meno critici che richiedono, in tutti i casi, di una rapida gestione del caso clinico attuando metodiche di soccorso adatte al tipo di evento in atto.



Lo shock viene comunemente differenziato in 4 classi: dal grado I, meno grave, al grado IV, situazione critica del paziente che richiede immediato trasporto nel centro ospedaliero più vicino ed idoneo possibile.

Classi di shock - ATLS

	I	II	III	IV
perdita ematica ml	750	800-1500	1500-2000	>2000
perdita ematica %	<15	15-30	30-40	> 40
FC	80-100	100-120	120-140	>140
PA sist/diast		N/B	< 90	molto < 90
FR	14-20	20-30	30-40	>35
diuresi ml/h	30-35	20-30	10-20	anuria
riempimento capillare	N	> 2sec	> 2sec	indeterminabile
SNC	vigile	ansia agitazione	ansia confusione	confusione coma
cute	normale	pallida	pallida-sudata	pallida-fredda cianotica-sudata

In generale, il rilevamento di almeno 4 tra i successivi parametri permette all'operatore di porre la diagnosi di shock

1. Aspetto sofferente o stato mentale alterato
2. Frequenza cardiaca > 100 / min
3. Frequenza respiratoria > 22 / min. o PaCO₂ < 32 mmHg 4. BE < -5 mEq / l o Lattati > 4 mMol / l
4. Diuresi < 0,5 ml / Kg / h
6. Ipotensione arteriosa di durata > 20 min.

• Segni, sintomi e fisiopatologia dello shock ipovolemico

Lo shock ipovolemico evolve nelle sue manifestazioni attraverso una serie di stadi che dipendono dalla gravità e dalla velocità di progressione dello stato di ipovolemia. È opportuno pertanto procedere all'analisi del quadro clinico rispettando la cronologia di presentazione dei segni e dei sintomi della sindrome.

Manifestazioni iniziali sono una riduzione della volemia comporta l'immediata attivazione dei barocettori situati a livello della carotide, dell'arco aortico, dell'atrio sinistro e delle vene polmonari. Tale attivazione conduce, attraverso un arco riflesso, ad una riduzione del tono vagale, ad un aumento della secrezione di Noradrenalina (aumento del tono del sistema simpatico) a livello delle terminazioni nervose (in particolare a livello del cuore e dei vasi sanguigni) e ad un aumento della secrezione di Adrenalina e Noradrenalina nel torrente ematico per opera della Midollare della Ghiandola Surrenale.

A livello cardiaco, la riduzione di attività del sistema nervoso parasimpatico e l'aumentato rilascio di Noradrenalina provocano tachicardia ed aumento della forza di contrazione cardiaca; a livello vascolare, la Noradrenalina determina un aumento della contrazione degli sfinteri precapillari (prevalentemente dei vasi splanchnici e muscoloscheletrici) ed un conseguente e conseguente aumento delle resistenze periferiche che costituiscono l'elemento determinante il valore della Pressione Diastolica.

Dunque, le prime manifestazioni dell'ipovolemia sono in genere rappresentate da tachicardia e da moderato aumento della pressione diastolica con conseguente riduzione dei valori della pressione differenziale. In accordo alla massiva scarica simpatoadrenergica, il paziente presenta inoltre

- Agitazione ed apprensione,
- cute pallida e fredda
- sudorazione algida;
- piloerezione

Table 6.8.2 The neuroendocrine response to shock: a summary of the main elements of the neuroendocrine response to shock together with their physiological effects

Neuroendocrine response	Physiological effect
↑ sympathetic nervous activity	Vaso- and venoconstriction Tachycardia and ↑ myocardial contractility
Circulating catecholamines	Vasoconstriction Tachycardia and ↑ myocardial contractility ↑ glucose release from the liver ↑ glucose uptake peripherally ↑ plasma free fatty acid concentration
Antidiuretic hormone (ADH)	Salt and water retention in the kidney Vasoconstriction
Adrenocorticotrophic hormone (ACTH)	Glucocorticoid release Mineralocorticoid release
Glucocorticoids	↑ responsiveness of vascular smooth muscle ↑ plasma glucose ↑ plasma free fatty acids
Angiotensin II	Vasoconstriction Aldosterone release
Aldosterone	Sodium and water retention

È opportuno sottolineare che la risposta cardiovascolare varia, comunque, in rapporto alle condizioni cliniche (in particolare le condizioni cardiopolmonari) del paziente, alla sua età ed alla sua eventuale assunzione di farmaci. In effetti, durante un'emorragia la frequenza cardiaca e la pressione arteriosa sono caratterizzate da valori sensibilmente variabili. Perciò, dopo la valutazione di questi parametri non è possibile giungere ad una diagnosi conclusiva e sicura di shock emorragico. E' più efficace l'utilizzo, a fini diagnostici, del rapporto FC/PAS che normalmente è < 0,8. Manifestazioni nella fase intermedia sono la diminuzione del flusso di sangue ai tessuti degli organi non nobili (cute, muscoli, tessuto adiposo, visceri) e la consensuale carenza di Ossigeno comporta, a livello cellulare, uno spostamento nella produzione di energia dal metabolismo aerobio al metabolismo anaerobio. Si viene così a creare un'aumentata produzione di Acido Lattico, che prima si accumula nelle cellule, per poi diffonde nel torrente ematico.

La vittima, presenta così una concentrazione ematica di Lattati, arrivato al pronto soccorso, maggiore di 4 mMol / l. Il cambiamento dell'equilibrio Acido/Base precede qualsiasi significativa riduzione della Gittata Cardiaca. In accordo con queste variazioni decresce precocemente l'Eccesso di Basi (BE < -5 mEq/l), poiché la neutralizzazione degli ioni H^+ che si verifica in seguito alla aumentata concentrazione ematica di Acido Lattico porta ad

un consumo delle Basi. Proprio in base alla riduzione del BE, che pertanto rappresenta uno dei dati di laboratorio che indica ipoperfusione tissutale, è possibile delineare la soglia tra semplice emorragia e shock ipovolemico.

In questa fase il pH permane all'interno del suo range di normalità. Anche i chemocettori del Sistema Nervoso Centrale (SNC) infatti rispondono all'acidemia, innescando un aumento della ventilazione minuto e conducendo ad una riduzione della PaCO₂. Il paziente presenta una frequenza respiratoria aumentata (>22 / min.) ed una PaCO₂ <38 mmHg (ipocapnia). Il controllo della ventilazione avviene infatti a livello del Sistema Nervoso Centrale e l'eliminazione della CO₂ è direttamente dipendente dalla Ventilazione al minuto. L'ipocapnia sposta il pH verso l'alcalosi e quindi tende a contrastare l'acidosi ed a mantenere invariato il pH. La Pressione Arteriosa Sistolica (PAS) ha ancora valori non alterati. Il livello di coscienza va incontro a progressiva alterazione con presenza di lieve stato confusionale. Manifestazioni nella fase post-intermedia, dopo una perdita acuta di circa un terzo del volume di sangue i riflessi cardiovascolari non sono più in grado di adeguare il riempimento del circuito arterioso. A livello del cuore la progressiva diminuzione del precarico, per compromissione del riempimento atriale, provoca una riduzione della gittata cardiaca e la successiva caduta dei valori di PAS. Si assiste così al manifestarsi di uno stato di ipotensione arteriosa franca (durata >20min.).

Ipotensione arteriosa rappresentata da una riduzione della PA al di sotto di 90 mmHg. Questa soglia potrebbe essere portata a 100 mmHg in pazienti con Ipertensione Arteriosa Sistemica dimostrata ed in pazienti con età > 60 anni.

Allo stesso tempo, con il presentarsi dell'ipotensione, il paziente può non iperventilare sufficientemente a lungo per mantenere un pH arterioso normale; sopraggiunge così l'acidemia (pH < 7,38).

Lo stato mentale risulta visibilmente alterato. Il paziente presenta obnubilamento del sensorio e sonnolenza.

Durante lo shock ipovolemico si ha l'attivazione dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene, con conseguente rilascio degli ormoni dello "stress" (Adrenalina e Noradrenalina) per opera della Midollare del Surrene, di Ormoni Glicocorticoidi per opera della Corticale del Surrene e di Glucagone per opera del Pancreas. Questi ormoni determinano glicogenolisi, lipolisi e

lieve ipopotassiemia. Dunque, nel reparto di Emergenza, i pazienti con emorragia possono presentare lieve iperglicemia (150-170 mg/dl) ed ipokaliemia (3,5- 3,7 mEq /l).

La diuresi, che ovviamente rappresenta un ottimo indicatore dello stato di ipoperfusione degli organi, si riduce severamente riducendosi a 0,5 ml / Kg / h, laddove l'escrezione urinaria normale è > 1,0 ml / Kg / h.

La diuresi si riduce da un lato per opera dell'Aldosterone (secreto dalla Corticale del Surrene), dall'altro per opera dell'Ormone Antidiuretico (secreto dall'Ipofisi Posteriore). Infatti, l'effetto globale di questi ormoni è il risparmio di acqua e di NaCl a livello renale, permettendo un completo recupero senza interventi fino a perdite pari al 40 % del volume ematico totale, con aumentata escrezione del Potassio.

A livello renale, la vasocostrizione e la riduzione dell'ipovolemia stimolano la secrezione di Renina; essa innesca la cascata del Sistema Renina- Angiotensina-Aldosterone mediante la trasformazione dell'Angiotensinogeno in Angiotensina, la quale a sua volta è trasformata in Angiotensina II a livello epatico e polmonare. L'Angiotensina II stimola la Corticale del Surrene a secernere Aldosterone. L'Ipotalamo stimola l'Ipofisi Posteriore a secernere l'Ormone Antidiuretico (ADH).

L'ipotensione, pur alterando significativamente il rapporto Ventilazione/Perfusione, raramente è capace di produrre ipossiemia se le vie aeree sono pervie, il polmone non è danneggiato e lo sforzo respiratorio è adeguato. Manifestazioni finali, se la perfusione tissutale è restaurata si può assistere ad un recupero; altrimenti, se l'ipovolemia persiste, la vasocostrizione periferica costituisce un fattore aggravante in quanto instaura un circolo vizioso innescato dall'ipoperfusione e dall'ampio danno cellulare. La riduzione del flusso ai centri midollari vasomotori deprime l'attività dei riflessi compensatori.

Il risultato dell'ipoperfusione tissutale e del metabolismo anaerobio è quindi costituito da anossia, ipercapnia e acidosi lattica.

Le riserve energetiche delle cellule diminuiscono progressivamente e, poiché l'integrità delle membrane cellulari risulta compromessa, si assiste alla liberazione nel circolo sanguigno dei componenti cellulari. La funzione cardiaca è depressa a causa del rilascio di fattori "deprimenti", le citochine, prodotte dai leucociti a livello di tutti gli organi ipoperfusi. Nel fegato, il danno da infiammazione e da Radicali liberi dell'Ossigeno prodotti dai Neutrofili è

costituito da una persistente microischemia, con conseguente produzione di irregolari danni centrolobulari che potrebbero portare ad un immediato aumento delle Transaminasi. A livello renale, in relazione al grado di insulto di tipo ipotensivo, si potrebbe manifestare spasmo acuto delle arteriole preglomerulari e conseguente Necrosi Tubulare Acuta con rapida evoluzione verso l'Insufficienza Renale Acuta. Nello stato di shock conclamato si aggiunge inoltre un elemento aggravante l'ipoperfusione periferica: l'attivazione della cascata coagulativa sottoforma di Coagulazione Intravascolare Disseminata (CID).

❖ **Coagulazione Intravascolare Disseminata (CID)**

La CID si verifica a carico di tutti gli organi, è caratterizzata dall'attivazione sistemica della coagulazione con formazione di fibrina e secondaria insufficienza d'organo, e dal concomitante consumo di piastrine e fattori della coagulazione con secondarie manifestazioni emorragiche. Essa risulta sempre associata ad un disturbo sottostante e dalla liberazione di citochine come parte di una risposta infiammatoria sistemica sia al rilascio e/o esposizione di sostanze pro coagulanti. Nel caso in cui si produca una microischemia a livello dei vasi intestinali costituisce, probabilmente, una complicazione ulteriore dello scompenso circolatorio. Infatti, la rottura della barriera della mucosa favorirebbe, in base all'ipotesi più comunemente accettata, il passaggio di batteri e di tossine batteriche all'interno del torrente ematico. Cambiamenti simili si avrebbero a carico della rete capillare dei polmoni nei quali la comparsa di un edema interstiziale ed alveolare prelude ad una riduzione del passaggio dei gas (ARDS, Adult Distress Respiratory Syndrome).

Poiché le sostanze batteriche sono dei potenti agenti vasodilatatori i meccanismi vasocostrittori, nonostante l'intensa attività simpatica, potrebbero essere inibiti e non essere in grado di sostenere ulteriormente la PA ed il paziente sarà portato in breve tempo verso uno stato di coma. In base alla progressione dello shock ipovolemico appena descritta è possibile identificare le seguenti condizioni:

- **Stato di semplice emorragia o ipovolemia** (shock ipovolemico leggero):

1. Sanguinamento sospetto o perdita sospetta con FC $< 0 > 100$ / min,
2. FR normale,
3. PA normale,
4. BE normale.

- Stato di emorragia o ipovolemia con ipoperfusione (shock ipovolemico moderato):

a) Sanguinamento sospetto o perdita sospetta

b) BE < -5 mEq/l

c) persistente FC > 100 /min.

- Shock ipovolemico (shock ipovolemico grave)

15.4 Primo soccorso sul territorio

Mettere in atto i seguenti provvedimenti:

1. Porre il paziente in posizione supina e con gli arti inferiori leggermente sollevati, in modo da favorire il ritorno venoso;
2. Liberare velocemente la vittima dagli abiti;
3. Arrestare un'evidente emorragia esterna, applicando una forte compressione direttamente sull'arteria coinvolta, o adoperare le manovre descritte;
4. Controllare e mantenere la pervietà delle vie aeree;
5. Valutare e rilevare i principali parametri vitali: stato di coscienza, frequenza del respiro, frequenza cardiaca, PA, Saturazione dell'Emoglobina in O₂ mediante pulsossimetro;
6. Somministrare Ossigeno mediante sondino nasale o maschera facciale (5 l / min.);
7. Inserire due aghi di grosso calibro o una cannula endovenosa per permettere la somministrazione di liquidi o di farmaci;
8. Tranquillizzare il paziente;
9. In caso di traumi associati ad emorragie sottodiaframmatiche e caratterizzati da shock ipovolemico refrattario al rimpiazzo delle perdite di liquidi, può essere utilizzata la tuta

antishock (MAST). Essa deve essere rimossa soltanto in sala operatoria quando si è pronti ad arrestare chirurgicamente l'emorragia;

10. Coprire il paziente evitando comunque un calore eccessivo per prevenire la dilatazione dei vasi sanguigni e la privazione di sangue agli organi "nobili";

11. Ricoverare in ospedale possibilmente in unità di cure intensive.

❖ Rottura di milza e fegato:

Due organi frequentemente interessati nei traumi addominali, soprattutto di tipo chiuso, sono fegato e milza.

Una lesione epatica, si presenta in un soggetto, con dolore in ipocondrio destro ed eventuale posizione di difesa.

CLASSIFICAZIONE LESIONI SPLENICHE OIS/AST		
Grado I	Ematoma	Sottocapsulare, non in espansione, interessante meno del 10% della superficie splenica
	Lacerazione	Rottura della capsula, non sanguinante, con profondità non superiore a 1 cm
Grado II	Ematoma	Sottocapsulare, non in espansione, interessante il 10-50% della superficie splenica, diametro inferiore a 5 cm
	Lacerazione	Soluzione di continuo della capsula, sanguinamento attivo, con profondità di 1-3 cm, senza coinvolgimento dei vasi trabecolari
Grado III	Ematoma	Sottocapsulare, interessante più del 50% della superficie o in espansione; o ematoma sottocapsulare rotto con sanguinamento attivo; o ematoma intraparenchimale superiore a 5 cm in espansione
	Lacerazione	Profondità superiore 3 cm o interessante i vasi trabecolari
Grado IV	Ematoma	Rottura ematoma intraparenchimale con sanguinamento attivo
	Lacerazione	Lacerazione con interessamento di vaso segmentale o ilare con devascularizzazione maggiore (più del 25%)
Grado V	Lacerazione	Spappolamento completo
	Lacerazione vascolare	Lesione dei vasi dell'ilo con devascularizzazione splenica

L'American Association of Surgery for Trauma (AAST), ha determinato mediante una tabella diverse criticità di lesioni epatiche e spleniche per destinare il paziente al trattamento chirurgico più adeguato, che sarà sempre un trattamento conservativo in caso di stabilità emodinamica e in assenza di altre indicazioni chirurgiche. I gradi di lesione vanno dall'ematoma sottocapsulare, alla lacerazione capsulare alla lesione vascolare e avulsione del fegato, la gravità più elevata. Come nel fegato, così anche lesioni della milza vengono classificate nell' AAST in cinque gradi lesivi dalla lacerazione capsulare alla lacerazione completa di tutta la milza o spappolamento alla lesione vascolare interessante l'ilo della

milza con completa devascularizzazione. È indicata la laparotomia d'urgenza nel caso di instabilità emodinamica con evidenza all' ECO-FAST di versamento libero. È possibile un trattamento conservativo se la stabilità emodinamica è nella norma e non vi sono altri organi ad essere interessati ad un trattamento chirurgico.

❖ Coagulopatia indotta da trauma (CIT)

La CIT viene attualmente descritta come una coagulopatia sistemica acuta, che frequentemente si sviluppa in maniera acuta nei pazienti traumatizzati. Diversamente da quanto accade nella coagulopatia intravascolare disseminata, i responsabili sono il danno tissutale e lo shock, attraverso l'attivazione della proteina C. Inizialmente ritenuta come l'esaurimento,

CLASSIFICAZIONE LESIONI EPATICHE SECONDO OIS/AAST		
GRADO	TIPO DI DANNO	DESCRIZIONE DEL TRAUMA
I	EMATOMA	Sottocapsulare, non in espansione, < 10% della superficie epatica
	LACERAZIONE	Capsulare, non sanguinante, con lesione parenchimale < 1 cm di profondità
II	EMATOMA	Sottocapsulare, non in espansione, 10-50% della superficie epatica
	LACERAZIONE	intraparenchimale non in espansione < 2 cm < 3 cm profondità parenchimale; < 10 cm di lunghezza
III	EMATOMA	Sottocapsulare, > 50% superficie epatica o in espansione; sottocapsulare
	LACERAZIONE	rotto con sanguinamento attivo; ematoma intraparenchimale > 2 cm > 3 cm profondità parenchimale
IV	LACERAZIONE	Distruzione parenchimale coinvolgente il 25-75% di un lobo epatico oppure distruzione di 1-3 segmenti secondo Couinaud di un singolo lobo
V	LACERAZIONE	Distruzione parenchimale > 75% di un lobo epatico o più di 3 segmenti secondo Couinaud di un singolo lobo
	ROTTURA VASCOLARE	Lesioni venose iuxtaepatiche
VI	ROTTURA VASCOLARE	Avulsione epatica

la disfunzione e/o diluizione dei fattori della coagulazione, la compressione recente dei meccanismi fisiopatologici, ha portato al riconoscimento di uno squilibrio dinamico tra:

- a) Fattori pro coagulanti
- b) Fattori anticoagulanti
- c) Trombociti

d) Funzione endoteliale

e) Fibrinolisi.

A questo squilibrio vanno aggiunti altri mediatori in grado di aggravare la coagulopatia quali l'ipotermia, acidosi metabolica, ipocalcemia, emodiluizione da trasfusione. Di conseguenza è facile comprendere che a causa della complessità dei meccanismi della coagulopatia, è importante un approccio multimodale per la gestione del paziente.

Il primo fattore che porta alla CIT è la perdita dei fattori di coagulazione durante l'emorragia, oltre alla perdita di globuli rossi provocando anemia e di tutte le sostanze presenti nel sangue. A seguito della perdita di questi fattori si ha la cosiddetta coagulopatia da consumo: le lesioni dei tessuti, induce l'attivazione immediata del sistema di coagulazione attraverso l'esposizione del fattore tissutale (TF) ed un aumento di consumo dei livelli circolanti di trombina. La concomitanza della lesione dei tessuti in associazione ad un vasto danno endoteliale, un danno massivo ai tessuti molli ed eventuale embolizzazione di grasso a par tenenza delle fratture delle ossa lunghe, può essere associato con il consumo dei fattori di coagulazione e delle piastrine e quindi, in questo senso, con lo sviluppo della CID, forma più estrema di coagulopatia da consumo. Oltre alla coagulopatia da consumo risulta una riduzione quantitativa di tutti i fattori, aggravata dal tentativo del corpo di tamponare l'emorragia, consumando ulteriormente i fattori a disposizione. Perdita e consumo sono quindi gli elementi che portano un paziente con trauma ad avere livelli iniziali di fattori della coagulazione e di piastrine più bassi rispetto alla propria condizione basale.

D'altra parte la diluizione dei fattori della coagulazione e delle piastrine provoca quella che è la coagulopatia nei traumatizzati, specie se oltre ai cristalloidi non vengono associati l'uso di colloidali, utile a poter bilanciare i fluidi introdotti e ad evitare una diluizione massiva.

Fattori associati a tale evenienza sono da considerarsi

- L'ipotermia: è associata ad un rischio di sanguinamento incontrollato e a morte nei pazienti traumatizzati; l'ipotermia indotta dalla coagulopatia è attribuita ad una disfunzione piastrinica, ad un'attività ridotta dei fattori della coagulazione, con induzione della fibrinolisi. Tali effetti sono reversibili con la normalizzazione della temperatura corporea, scaldando il paziente e somministrando fluidi a 40°C;

- **Acidosi:** in pazienti con trauma l'acidosi metabolica è indotta dall'ipoperfusione ed eccesso di somministrazione di Cloro con NaCl 0.9% durante la rianimazione. L'acidosi altera quasi tutte le parti essenziali della coagulazione poiché con un pH inferiore a 7.35, le piastrine cambiano la loro struttura e forma, l'attività dei fattori della coagulazione sulla superficie cellulare è ridotta e la conseguente generazione di trombina appare compromessa. Inoltre l'acidosi porta ad una maggiore degradazione del fibrinogeno, per aumento dei processi di fibrinolisi e riduzione dell'azione del fattore XIII.

- **Ipocalcemia:** per poter adeguatamente funzionare, la coagulazione richiede la presenza di adeguate dosi di calcio ionizzato nel plasma; l'azione di tale ione si esplica in particolare nel complesso che si forma sulla via comune tra fattore V, fattore X e superficie delle piastrine. Trasfusioni eccessive di emazie concentrate possono portare ad una netta riduzione dei valori plasmatici di calcio che deve essere adeguatamente sostituito. Piuttosto che Calcio Cloruro, si preferisce perciò somministrare Calcio Gluconato per scongiurare una possibile ipercloremia.

- L'iperfibrinolisi è, anch'esso, una conseguenza di una CIT, per una

profonda attivazione endoteliale e danno secondario a lesioni, poiché il corpo risponde all'aumento della gravità delle lesioni, aumentando la fibrinolisi. Somministrando precocemente fibrinogeno, è stato evidenziato come questo migliora i meccanismi della coagulazione, però la quantità da somministrare non è ancora standardizzata e la presenza di colloidali può essere compromessa.

❖ **Early Coagulation Support (ECS)**

Il "Trauma Update Network", ha proposto un protocollo per il supporto precoce al traumatizzato con emorragia non controllabile, poiché la coagulopatia indotta da trauma ad oggi non ha una incidenza così bassa e si associa a noxa patogene multifattoriali. Infatti la CIT non è conseguenza soltanto della diluizione dei fattori della coagulazione dovuta al rimpiazzo volêmico, ma questa conseguenza dell'emorragia, può essere causata anche da un INR del paziente molto elevato, alterazioni del pH, BE e dei lattati. Alla luce di queste considerazioni quindi la CIT è stata considerata una patologia conseguente ad una serie di alterazioni fisiopatologiche che alterano i processi coagulativi attraverso diverse vie.

Ad esempio un paziente che non ha ricevuto fluido terapia durante il soccorso extra-ospedaliero, ma giunge al PS con ipoperfusione, in questo caso la coagulopatia precoce

può essere determinata dall'ipoperfusione stessa poiché induce l'attivazione di mediatori per una questione di compenso fisiologico del corpo che produce ulteriori danni tissutali, oltre a determinare acidosi metabolica. Ipoperfusione, acidosi e danni tissutali scatenano una cascata di eventi che conduce l'organismo ad una lisi del fibrinogeno, riduzione incontrollata dei fattori della coagulazione per opera dell'acidosi metabolica, in particolare del Fattore V e VIII.

Tutto ciò può essere efficacemente gestito se oltre ad una corretta somministrazione di fluidi come cristalloidi e colloidi, anche in fase preospedaliera, si somministrano farmaci antifibrinolitici, uno di questi è l'Acido Tranexamico.

Diversi studi condotti, dal CRASH 2 Study, su 20.000 pazienti hanno dimostrato l'efficacia del farmaco antifibrinolitico dimostrando la riduzione della mortalità nell'emorragia da trauma. Da questi dati sono state riassunte Linee Guida Europee nelle cui raccomandazioni di I livello di classe A sottoscrivono l'efficacia emostatica dell'acido tranexamico in pazienti con emorragia massiva, se assunto entro le prime 3 ore dall'evento traumatico.

Ma le complicanze di un'emorragia massiva possono insorgere anche tardivamente per cui la rianimazione volemica, la prevenzione dell'ipotermia ed il supporto precoce alla coagulazione rappresentano, unitamente alla Damage Control Surgery (DCS), i capisaldi della Damage Control Resuscitation (DCR), dove per DCS si intende aumentare le possibilità di sopravvivenza del paziente e recuperare la fisiologia, ricostituendo l'integrità anatomica nella fase di intervento in sala operatoria, terapia intensiva e nella fase di re intervento; ma prima della DCS lo scenario d'intervento per la sopravvivenza di un ferito grave sono l'ambiente preospedaliero ed il PS, dove in questi ambienti occorre gestire e correggere quella che viene denominata “ triade killer”: **ipotermia, acidosi, coagulopatia**. Quindi trattamento preospedaliero e DCS formano il DCR che descrive i criteri per la gestione della coagulopatia nei pazienti sottoposti a trasfusioni massive attraverso:

- Infusioni limitate di cristalloidi isotonici
- Uso aggressivo di plasma fresco congelato, emazie concentrate, fattore VIIa della coagulazione.

Anche se il DCR garantisce un supporto al paziente in emorragia massiva da trauma, in ambiente ospedaliero, le Linee Guida europee hanno tratto

le raccomandazioni per un supporto precoce anche in campo preospedaliero, per evitare una coagulopatia precoce in queste tipologie di pazienti.

Gli obiettivi della ECS ed i principi su cui si basa sono:

- Assicurare il supporto precoce della coagulazione riducendo il time- to-treat (trattamento precoce secondo il concetto di golden hour)
- Limitare l'utilizzo di plasma ed emazie solo nei pazienti con criteri adeguati per la trasfusione;
- Tutti i pazienti con clinica emorragica devono ricevere entro le prime tre ore dal trauma farmaci antifibrinolitici;
- È prioritario correggere l'anticoagulazione indotta da farmaci;
- In caso di emorragia critica il fibrinogeno è il fattore più critico e deve essere corretto precocemente;
- ❖ È utile assicurare una normo volemia infondendo cristalloidi ai pazienti anche se appartenenti alla classe I-II di shock emorragico, nei pazienti maggiormente critici infondere anche emazie e plasma laddove possibile;
- Controllo e trattamento dell'ipotermia è di prioritaria importanza;
- È fondamentale raccogliere dati clinici relativi allo stato salutare del paziente compreso l'assunzione di farmaci e allergie o complicanze per trasfusioni.

Utilizzando questo protocollo e gestendo quella che è la triade killer per un'induzione di coagulopatie come la CIT, è garantita una sopravvivenza del paziente maggiore rispetto ad un trattamento non effettuato o non correttamente applicato.

Due casi clinici: gestione trauma da schiacciamento e paziente gravida

Qui di seguito si riportano due casi clinici che si prendono in esempio come eventi di estrema emergenza e valutare quanto possa essere difficile gestirli trovandosi in condizioni critiche.

15.5 Trauma in paziente gravida

L'ACR di una paziente gravida è una delle emergenze più drammatiche che un professionista dell'emergenza può dover affrontare, soprattutto se l'evento avviene in ambito preospedaliero. Se la gravidanza è avanzata, le possibilità di rianimare efficacemente la madre, sono limitate alla presenza dell'utero le principali Linee Guida (ATLS e ALS) pongono indicazione a pensare precocemente al taglio cesareo per fornire maggior probabilità di sopravvivenza alla madre e al feto. In letteratura sono presenti diversi case report che riportano l'esecuzione di tale manovra in emergenza con out come diversi per la madre e il bimbo, tutti concordi con la necessità di effettuarla rapidamente entro cinque minuti dall'ACR della madre. Un caso riportato dal Trauma Journal Club (TJC), ha riportato il caso di un medico e la sua equipe di un evento: un incidente in cui è stata coinvolta una gestante, due auto coinvolte in uno scontro frontale su una strada periferica. Durante il tragitto il team ALS con Rianimatore, Infermiere, e un Autista soccorritore comunicava e chiedeva aggiornamenti con la C.O.; sul posto la situazione era complicata: un'auto capovolta, due passanti che prestavano soccorso, quattro soggetti incarcerati nel veicolo ribaltato di cui due apparentemente privi di coscienza ed un giovane non poco lontano che urlava tenendosi la gamba. Nei pressi dell'altro veicolo un altro ragazzo gridava aiuto e accanto a quell'uomo tre volontari del soccorso che stavano praticando il BLSD su una giovane donna in evidente stato di gravidanza, per un totale di sette feriti. Il team si è suddiviso i compiti distaccandosi e provvedendo all'assistenza di tutte le vittime e alla messa in sicurezza della scena.

Reperate le informazioni di dinamica dell'incidente, evento, età della gestante ed epoca gestazionale, valutazione dell'ABC, e monitorizzata la paziente, intubata anche se con emorragia in ipofaringe, il medico ha reperito un CVC in succlavia ed iniziato l'ALS cercando le cause reversibili della attività elettrica senza polso (PEA).

Il medico confrontandosi con la C.O. e valutando il caso, ha optato per la strategia stay&play, poiché nonostante le manovre ALS, somministrazioni di farmaci secondo protocollo, garantito la volemia, assicurato la ventilazione e l'ossigenazione con RCP, la situazione continuava a peggiorare ed il trasporto in ospedale avrebbe richiesto più tempo di quanto ne aveva a disposizione la paziente, quindi la dottoressa ha valutato l'opzione di poter avere più vantaggi separando la madre dal feto. Caricata in ambulanza, gli operatori hanno immobilizzato la paziente su spinale e posizionato il collare, preparato il kit parto,

disinfettato l'addome, il medico ha praticato il taglio cesareo e la bimba, con indice di Apgar pari a 3 e FC di 70 bpm è stata intubata e iniziata l'RCP oltre all'adrenalina e posizionato un accesso intraosseo alla piccola. La bimba dopo pochi minuti ha reagito bene e iniziava a stabilizzarsi. Una volta eseguite tutte le manovre, la bimba è stata centralizzata in una terapia intensiva neonatale, ma la madre, per il trauma ricevuto e già in peri- arresto con emorragia massiva in atto, nonostante tutte le manovre adeguate al trattamento, è deceduta sul luogo.

- Raccomandazioni per la diagnosi ed il trattamento di donne in gravidanza Sono raccomandazioni di livello II applicando monitoraggi specifici sono:

- Monitoraggio cardiotocografico per almeno sei ore in tutte le gestanti > 20 settimane, per verificare contrazioni uterine, alterazioni del battito fetale, emorragia vaginale o perdita di liquido amniotico;

- In tutte le donne >12 settimane di gestazione avendo avuto trauma, devono essere sottoposte al test di Kleihauer-Betcke o simili, per valutare la presenza di eritrociti fetali nel sangue materno e diagnosticare un'eventuale emorragia feto-materna che nelle donne con Rh negativo può determinare all'immunizzazione materno-fetale e seria compromissione della gravidanza.

Raccomandazioni di livello III prevedono:

- Monitoraggio precoce del feto e attivazione dell'ATLS;

- Tutte le donne in età fertile devono essere sottoposte a dosaggi di HCG e schermate durante RX;

- Il taglio cesareo peri-morte deve essere preso in considerazione in gestanti oltre le 24 settimane;

- Il taglio cesareo deve avvenire entro 20 minuti dalla morte della madre;

- La paziente gravida deve essere posizionata in decubito laterale destro e sollevata di 15° per evitare una compressione cavale dell'utero;

- La consulenza ostetrico-ginecologica va considerata in tutti i casi di trauma in gravidanza.

15.6 Trauma pelvico da schiacciamento

Il trauma addominale e pelvico è una causa frequente di lesioni traumatiche dovute a mezzi pesanti, come quelli agricoli o industriali, specialmente in zone come la Basilicata dove un'ampia percentuale della popolazione lavora con queste tipologie di mezzi.

Le lesioni addomino-pelviche da schiacciamento, ovvero da una forza maggiore che provoca lo schiacciamento delle ossa e dei tessuti molli del bacino, richiedono un tempestivo intervento primo fra tutti l'estricazione dal mezzo che ha provocato il trauma, in seguito vengono trattate con appositi dispositivi di immobilizzazione ed emostasi, farmaci antiemorragici, ripristino volemico facendo particolare attenzione alla volemia del paziente poiché una brusca variazione di pressione, nel momento in cui viene sollevato il mezzo e spostato dal corpo del ferito, può far collassare il paziente già in stato di pseudo shock.

15.7 Nuove raccomandazioni gestione emorragia di frattura pelvica

Si riportano di seguito le principali raccomandazioni della EAST (Eastern Association Of The Surgery Of Trauma) sul trattamento delle fratture emorragiche della pelvi, unitamente al livello della raccomandazione ed esplicazione razionale per ciascuna di esse.

- 1) Paziente con frattura pelvica e instabilità emodinamica: secondo raccomandazione di livello III, l'utilizzo di presidi di contenimento del bacino come il Pelvic Orthotic Device (POD), non sembra limitare le perdite ematiche del bacino, ma riducono il volume della pelvi e il movimento dei monconi di frattura. Ad oggi per ridurre le perdite ematiche viene usata, tra i diversi dispositivi già citati, la fissazione C-Clamp che oltre a ridurre il volume pelvico del 10-20%, immobilizza il bacino e comprime l'emorragia, ma secondo alcuni autori richiede troppo tempo per la fissazione. Più recentemente è usato il T-POD o pelvic binding, che riduce il sanguinamento con maggiore efficacia per velocità e facilità di posizionamento.
- 2) Il miglior esame per escludere sanguinamenti addominali, pur avendo una bassa sensibilità nell'escludere emorragie intraperitoneali in presenza di fratture pelviche secondo raccomandazione livello I, ma un'alta specificità per pazienti instabili con fratture pelviche per laparotomia e controllo emorragico, l'ECO-FAST risulta tra i migliori esami, oltre al lavaggio peritoneale diagnostico. Questo perché più rapida è la diagnosi ed il riconoscimento della

presenza di un emoperitoneo, maggiore è la possibilità di sopravvivenza del soggetto leso.

- 3) Presidi temporanei di fissazione esterna non invasivi, secondo raccomandazione livello III, sono efficaci nel ridurre l'invasività della pelvi fratturata allo stesso modo della stabilizzazione definitiva e ne riducono il volume se aperta, oltre a limitare il sanguinamento pelvico. Tutto questo è dovuto grazie all'evoluzione tecnologica che oggi fornisce presidi capaci di unire il vantaggio dell'immobilizzazione e quindi stabilizzazione della frattura, ad un'efficace compressione oltre ad essere leggeri e facilmente trasportabili. Il limite di questi presidi è legato alla durata di utilizzo: se lasciati in sede per più di 72 ore, il rischio di decubito è alto, pertanto se si necessita di un'immobilizzazione prolungata, il dispositivo deve essere sostituito con un fissatore esterno.

15.8 dal territorio all'ospedale: il pronto soccorso e trauma team

La missione di un mezzo di soccorso extra-ospedaliero, non termina quando è stato stabilizzato il paziente, ma nel momento in cui viene consegnato nelle mani di altri colleghi professionisti che provvederanno, nel modo più possibile, a ristabilire quella condizione di salute precedente all'evento accaduto.

Il paziente, stabilizzato sul posto oppure preso e caricato in ambulanza secondo le diverse strategie di soccorso, a seconda della gravità della sua situazione, verrà centralizzato nel presidio più idoneo per la sua assistenza. Nel momento in cui la gravità del paziente è elevata e il tempo a disposizione per poter cercare di salvargli la vita è minimo, si provvederà a trasportare la vittima direttamente nell'unità operativa prestabilita o in sala operatoria per direttissima per evitare una perdita di tempo che è solamente dannosa per il paziente. Se invece si tratta di "codici" che permettono la stabilizzazione anche sul territorio, o consentono di poter far sostare il paziente in DEA, si procederà a trasportare il paziente in ospedale, lasciandolo nelle mani del Pronto Soccorso, dove, già dalla telefonata effettuata dalla C.O. o dal mezzo di soccorso stesso, sarà avvisato della tipologia di paziente a cui prestare soccorso; in pronto soccorso ciò che si eseguirà sarà un triage all'ingresso per rilevare tutti i parametri, la dinamica dell'evento le condizioni del paziente, l'età, la presenza

di morbidità, farmaci assunti, allergie, dopodiché verrà visitato e assistito e gestito dai componenti dell'unità operativa.

L'infermiere del sistema extra ospedaliero consegnerà oltre al paziente, anche i documenti relativi ad esso compresa la scheda di valutazione che ha compilato all'arrivo sull'evento, sulla quale sono indicate tutte le manovre effettuate, l'anagrafica del paziente, il codice di allertamento ed il codice stimato dall'operatore sanitario, gli orari di chiamata, arrivo sul luogo e ripartenza dal presidio ed ogni altra informazione relativa all'evento accaduto. Compilando tale scheda su triplice copia, in maniera tale che una copia sia destinata al pronto soccorso, permette una più rapida valutazione del paziente all'arrivo in DEA.

Vi è un'altra componente presente nel servizio ospedaliero e che coopera con i mezzi di soccorso, nonché con il pronto soccorso, è il Trauma Team: è l'insieme delle figure professionali, mediche ed infermieristiche, con diversa specializzazione, esperti nel trattamento del traumatizzato grave. I modelli proposti per garantire interventi mirati e tempestivi ai pazienti sono diversi soprattutto in relazione alle risorse con risultati variabili in termini di efficacia ed efficienza. Con il passare degli anni, da un concetto di sistema traumi dedicato ai traumi maggiori, si è passati all'idea del Trauma Team che agisce con una metodologia "funzionale".

Sarebbe opportuno adottare l'algoritmo di sotto riportato per consegnare tutta documentazione al trauma team del paziente in arrivo attraverso 5 punti fondamentali per comprendere la situazione clinica del soggetto vittima di un trauma:

Comunicazione delle informazioni pre-ospedaliere

Il momento del passaggio delle informazioni dal personale pre-ospedaliero al trauma team è molto delicato e spesso avviene in maniera confusa e disturbata. Oltre al report scritto sarebbe opportuno utilizzare uno schema condiviso e mnemonicamente semplice; qui di seguito proposto l'acronimo: **SEDALASETE** (soddisfa la sete di informazioni del Trauma Team !!)

S.E.	Sesso ed Età del paziente
D.A.	Dinamica del trauma; Anamnesi del paz. (es. farmaci anticoagulanti)
L.A.	Lesioni Anatomiche: Testa-Piedi (tr. Cranico, Toracico...)
Se.	Segni vitali (ABCD: spO2, F.resp., F.card., PA, GCS...)
Te.	Terapie effettuate (Intubazione, liquidi, farmaci, decompressione pnx...)

Il trattamento del paziente è suddiviso in una serie di compiti tra diversi specialisti, che operano sotto il coordinamento del Team Leader e la valutazione non è mirata solamente all'efficacia in termini di riduzione della mortalità ma in maniera più estesa di riduzione delle invalidità, di soddisfazione del paziente, di riduzione delle giornate di ricovero, di qualità delle prestazioni erogate. Per il paziente con trauma maggiore, per i quali la complessità di trattamento è relazionata a pressanti fattori di tempo, è necessario un approccio multidisciplinare, anche in considerazione delle accresciute conoscenze scientifiche e mediche.

Adottare gli standard, organizzare il sistema traumi dentro l'ospedale, addestrare il personale, assicurare il controllo di qualità e definire percorsi per il miglioramento, sono tutti compiti dei responsabili delle diverse aree specialistiche come anestesisti-rianimatori, chirurghi, radiologi, che si confrontano con i pazienti traumatizzati. Protocolli specifici coordinano le risorse necessarie ad identificare e trattare ogni lesione in tutti i distretti corporei. Il Trauma Team, nei dipartimenti di emergenza urgenza in cui è costituito, ad ogni inizio turno, attraverso un breafing in cui si identificano i ruoli, si valuta la situazione del Dea, Sale Operatorie e Rianimazione, analizzano casi clinici che si sono affrontati cercando punti critici e spunti di miglioramento.

Nel Trauma Team sono presenti figure quali:

Team Coordinator: Trauma Leader coordina il team e il trattamento del paziente.

In Europa il trauma leader può essere:

- Chirurgo,
- Medico dell'emergenza
- Anestesista-Rianimatore.

Nurse Coordinator: un infermiere esperto che al fianco del Team Co-ordinator, si occupa di controllare prima dell'arrivo del paziente le check list dei box di accettazione, prende consegne insieme al Team Coordinator dall'equipaggio dei mezzi preospedalieri, è responsabile dell'assistenza infermieristica del paziente, compila la scheda "Trauma Nurse Coordinator" redatta secondo gli schemi del registro traumi, guida e mantiene l'assistenza dei pazienti durante la valutazione secondaria, coordina il "Protocollo trasfusione massiva",

l'intervento degli specialisti, i trasferimenti del paziente, il personale di supporto e si occupa delle consegne ad altri colleghi, sala operatoria, Rianimazione, Angiografia,

Anestesista Rianimatore: è responsabile delle vie aeree, (intubazione, ventilazione), accessi venosi centrali, valutazione testa collo, valutazione colonna cervicale, stabilizzazione della colonna cervicale.

Primo Infermiere: si occupa dell'esposizione del collo torace e addome, colonna cervicale, collabora con il rianimatore nella stabilizzazione delle vie aeree e somministrazione dell'ossigeno del monitoraggio e controllo continuo dei parametri vitali, sondino naso gastrico, collabora nel posizionamento di eventuali drenaggi toracici, massaggio cardiaco e defibrillazione.

Medico chirurgo: si occupa dell'esposizione del torace e addome e valutazione, posizionamento di drenaggi toracici, controllo di eventuali emorragie esterne.

Traumatologo: si occupa dell'esposizione arti inferiori, valutazione bacino e pelvi, pelvico device e fissatore di bacino, controllo emorragie bacino arti, valutazione clinica della colonna, valutazione deficit neurologici arti.

secondo Infermiere : si occupa dell'esposizione arti inferiori, accessi venosi ed arteriosi eventuali intraossea, prelievi, posizionamento del catetere vescicale che avviene dopo controllo ecografico della pelvi, controllo emorragia bacino e arti, controllo infusioni e emoderivati, somministrazione di farmaci, oltre ad essere responsabile di molte altre azioni.

Operatore Socio Sanitario (OSS): partecipa alla mobilitazione del paziente, collabora con gli infermieri, si occupa del trasporto di esami urgenti di laboratorio, fornisce i presidi necessari sotto supervisione di infermieri, gestione effetti personali del malato, accompagna l'infermiere Team Coordinator negli spostamenti.

Tecnico di Radiologia: esegue esami radiologici secondo sequenza stabilita.

Radiologo: valutazione di tutta la diagnostica strumentale del paziente.

Il Team Nurse Coordinator è la figura dell'infermiere avanzato che rappresenta l'espressione massima di gestione assistenziale del paziente traumatico all'interno di un Dipartimento di emergenza qualitativamente ed a livello organizzativo.

Figura di riferimento per i colleghi del proprio reparto e/o dei reparti in cui potrebbe prestare consulenza, il TNC deve avere diversi percorsi formativi che sono tra loro complementari: in particolare possiamo citare il Master in "Area Critica", corsi certificati da parte dell' "Italian Resuscitation Council" (o simili), l'autoformazione attraverso la lettura e la ricerca di materiale nei siti e nelle riviste internazionali, corsi di formazione specialistica (Trauma System), fino a raggiungere un livello avanzato definito "senior" cioè quando investe nella ricerca attraverso l'Evidence Based Nursing, raccogliendo dati per la ricerca, promuovendo modelli organizzativi innovativi, programmi sulla gestione dei traumi, pubblicando articoli, al fine di condividere con la comunità scientifica di riferimento i risultati ottenuti e stimolando alla discussione per trovare soluzioni condivise.

Vi sono diversi criteri proposti per allertare i Trauma Team, con l'obiettivo di ridurre al minimo i tempi per gli interventi tempo-dipendenti: mediante un pre-allertamento da parte del sistema di emergenza territoriale, cioè attraverso la Centrale Operativa 118. La comunicazione avviene attraverso una linea dedicata tra C.O. e DEA, i dati vengono raccolti dal Trauma Nurse Co-ordinator, su lavagna apposita, in base ai criteri di inclusione (decisi dal gruppo che ha creato il protocollo del TT) si deciderà l'attivazione del Team, l'applicazione di questi principi si traduce nella creazione del Trauma Team e nella definizione della fondamentale figura del Trauma Leader.

Per pazienti che non necessitano da subito della presenza del Trauma Team nell'area dell'emergenza, con traumi emodinamicamente stabili, viene dato l'allertamento al Trauma Team come possibile intervento in caso di rapida evoluzione all'instabilità.

Parametri vitali che indicano instabilità:

- GCS inferiore 14
- FR <10 > 29 PAS <90 mmHg (CLASSE SHOCK III IV)

Dinamica

- Incidente stradale
- Decesso occupante del veicolo
- Pedone investito

- Motociclista caduto con separazione del mezzo
- Ribaltamento del veicolo
- Alta velocità
- Estricazione >20 minuti
- Precipitazione >5metri
- folgorazione
- Ustione > 20%.

Un trauma grave o, maggiore, è il prodotto di un evento in grado di determinare lesioni mono- o multi-distrettuali tali da configurare un rischio immediato o potenziale di morte e/o di produrre severe inabilità immediate e future al paziente.

Secondo i più recenti dati dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e dei Centers for Disease Control and Prevention (CDC), più di 9 persone al minuto muoiono a seguito di un evento traumatico per un totale, nel Mondo, di 5.800.000 di decessi annui a seguito di lesioni intenzionali e non. Inoltre, si prevede che nel 2020 una persona su 10 morirà a causa di un evento traumatico.

Nonostante i recenti sviluppi in ambito preventivo, il trauma rimane a tutt'oggi la principale causa di morte, per tutte le classi di età. Pertanto, si mantiene centrale la ricerca volta al miglioramento dell'assistenza sanitaria (ospedaliera ed extra-ospedaliera) al paziente traumatizzato al fine di ridurre ulteriormente la mortalità da evento traumatico.

Circa un quarto dei decessi è attribuibile a coagulopatia da trauma ed emorragia incontrollabile, considerata prevenibile. Uno degli strumenti per trattare tali complicanze da trauma risulta la trasfusione massiva di sangue che per ovvi motivi non può essere garantita in ambito pre-ospedaliero. Proprio in questo contesto assume una vitale importanza il saper identificare, a partire dalle fasi più precoci dell'assistenza pre-ospedaliera ed in modo più preciso possibile, i pazienti che hanno alto rischio di sanguinamento incorrendo nelle patologie che ad esso possono condurre. Presidi farmacologici e tecnologici di altissimo livello riescono, se correttamente utilizzati, a risolvere situazioni rapidamente evolvendosi quanto mortali permettendo al paziente critico, traumatizzato e copiosamente sanguinante di raggiungere in tempi brevi ed in condizioni emodinamiche "stabilizzate" i DEA più idonei, atti a curare la patologia traumatica presente.

Capitolo 16

16.1 Fisiologia dell'apparato respiratorio

Il metabolismo aerobico delle migliaia di miliardi di cellule di cui è composto il corpo umano dipende dal costante rifornimento dell'ossigeno e nutrienti dall'ambiente circostante ed è accompagnato dalla rimozione dell'anidride carbonica. Questo scambio di gas tra le cellule dell'organismo e l'ambiente costituisce la respirazione esterna.

Negli animali di piccole dimensioni queste necessità di scambio vengono soddisfatte per diffusione semplice, attraverso la superficie corporea. Tuttavia la velocità di diffusione semplice è limitata dalla distanza, perciò la maggior parte degli animali pluricellulari, tra i quali l'uomo, si servono di un apparato respiratorio associato a un sistema cardiocircolatorio.

L'apparato respiratorio è fondamentale poiché assolve a determinate funzioni principali:

1. Scambio di sostanze gassose tra atmosfera e sangue
2. Regolazione omeostatica del pH corporeo tramite l'escrezione o la ritenzione selettiva della CO₂
3. Protezione da patogeni inalati e da sostanze irritanti
4. Vocalizzazione: il movimento dell'aria sulle corde vocali genera vibrazioni utilizzate per parlare
5. Espulsione di acqua e di calore dall'organismo

La respirazione può essere suddivisa in quattro processi integrati:

- a. Lo scambio di aria tra atmosfera e polmoni, noto come ventilazione, che si distingue in inspirazione quando si ha l'entrata di aria nei polmoni ed espirazione quando l'aria esce dai polmoni.
- b. Lo scambio di ossigeno e anidride carbonica tra polmoni e sangue.
- c. Il trasporto di ossigeno e di anidride carbonica tra polmoni e sangue
- d. Lo scambio di gas tra sangue e cellule.

La respirazione esterna richiede perciò il funzionamento coordinato degli apparati respiratorio e cardiovascolare.

In particolare, l'apparato respiratorio può essere suddiviso in due parti:

- il tratto respiratorio superiore, costituito da bocca, cavità nasale, faringe, laringe e trachea;
- il tratto respiratorio inferiore o porzione toracica, è costituito dalla trachea, da due bronchi primari, dalle loro ramificazioni dicotomiche e dai polmoni.

Approfondendo, il sistema respiratorio è costituito da strutture coinvolte nella ventilazione e nello scambio dei gas:

- a. Le ossa e i muscoli del torace e dell'addome che permettono la ventilazione.
- b. Un sistema di conduzione (vie aeree) che va dall'ambiente esterno fino alla superficie di scambio dei polmoni.
- c. Gli alveoli, una serie di sacchi interconnessi che formano collettivamente la superficie di scambio, attraverso cui l'ossigeno diffonde dall'aria inspirata al sangue e l'anidride carbonica diffonde dal sangue all'aria che sta per essere espirata.

16.2 Le ossa e i muscoli del torace

Il torace, o cavità toracica, è delimitato dalle ossa della colonna vertebrale, dalle coste e dai muscoli ad esse associati. Le ossa e i muscoli sono collettivamente chiamati gabbia toracica.

Le coste e la colonna vertebrale formano le pareti laterali e quella superiore della cassa toracica, mentre un muscolo scheletrico a forma di cupola, il diaframma, ne forma il pavimento. Esso divide il torace dalla cavità addominale ed ha uno spessore di circa 3-5 mm. E' fissato a sterno, costole e colonna vertebrale lombare.

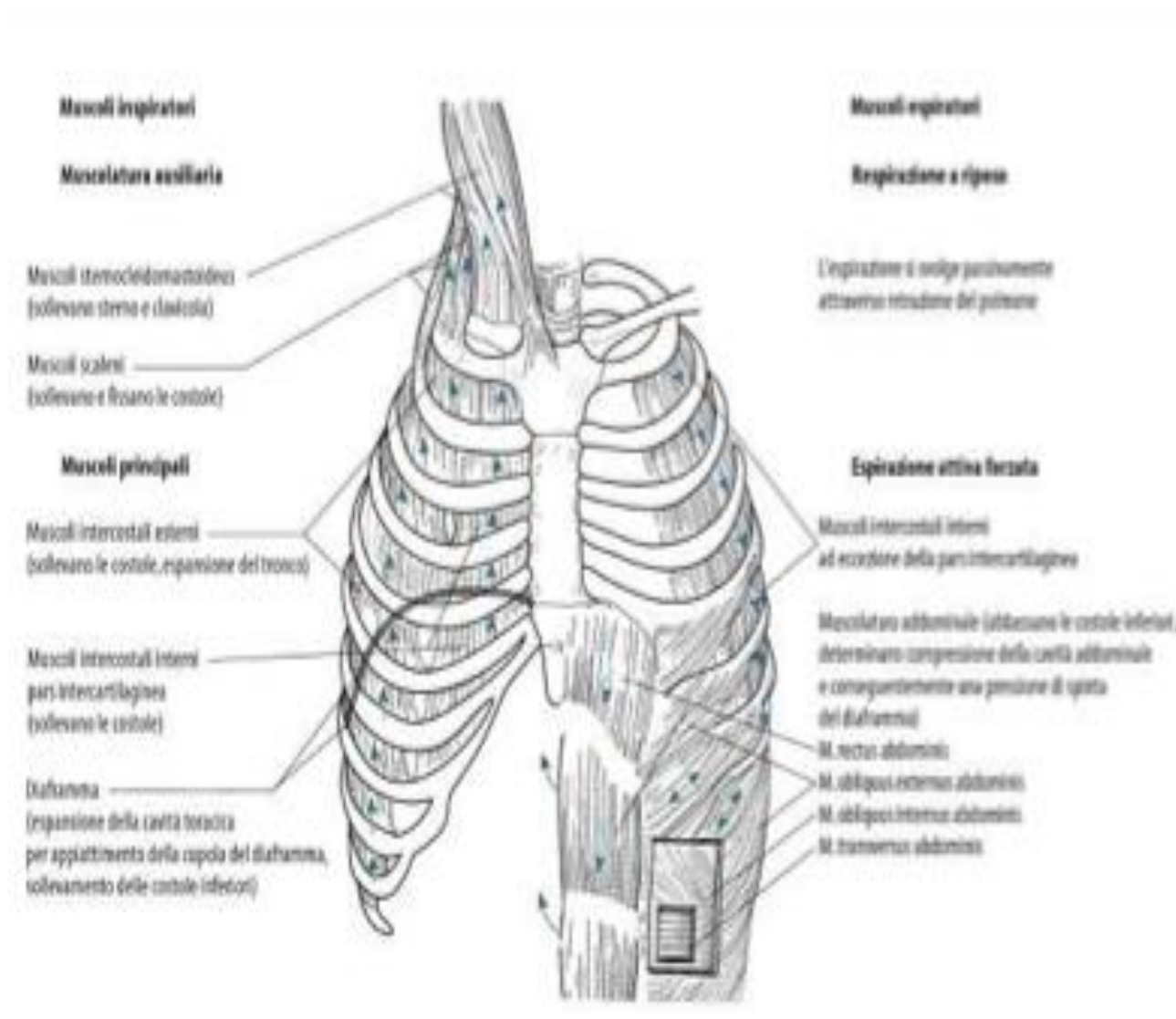


Figura . Contesto muscolare respiratorio

Due gruppi di muscoli intercostali, interni ed esterni, connettono le 12 paia di coste. Le ultime due coste sono fluttuanti, in quanto non sono unite allo sterno e permettono una maggiore flessibilità nei movimenti.

Tuttavia esse presentano un grado di pericolosità maggiore in quanto, a seguito di un trauma, potrebbero facilmente perforare i polmoni.

Alcuni muscoli accessori, gli sternocleidomastoidei e gli scaleni, si trovano nell'estremità apicale e si portano dalla testa e dal collo fino allo sterno e alle prime due coste.

Essi vengono utilizzati nell'atto respiratorio solo in caso di incombente necessità. Dal punto di vista funzionale, la cassa toracica è un contenitore sigillato che contiene tre sacchi membranosi:

il sacco pleurico, contenente il cuore; altri due sacchi pleurici contenenti i polmoni. L'esofago, i vasi sanguinei toracici e i nervi passano tra i due sacchi pleurici.

16.3 La pleura e i polmoni

I polmoni sono organi a forma di cono irregolare costituiti da tessuto leggermente simile ad una spugna, il cui volume è principalmente occupato da spazi riempiti di aria.

Essi occupano quasi completamente la cavità toracica, hanno la base appoggiata sulla cupola diaframmatica e sono collegati alla trachea, via di conduzione principale, dai bronchi.

In stato di media estensione essi hanno nell'adulto le seguenti dimensioni:

- diametro verticale 25-26 cm;
- diametro sagittale alla base 16 cm;
- diametro trasverso 10-11 cm per il polmone destro e 7-8 cm per il polmone sinistro (a causa dell'ingombro del cuore).

Sono contenuti nelle logge polmonari della cavità toracica che sono delimitate: lateralmente da coste e muscoli intercostali;

- a) medialmente dallo spazio mediastinico, ossia lo spazio che si interpone tra i due polmoni. In tale spazio vi alloggiano molti linfonodi e vasi linfatici che hanno lo scopo di drenare i liquidi in eccesso ed evitare quindi pericolosi edemi polmonari;
- b) inferiormente dal diaframma;
- c) superiormente dai vasi succlavi, dal plesso brachiale, dal muscolo scaleno anteriore.

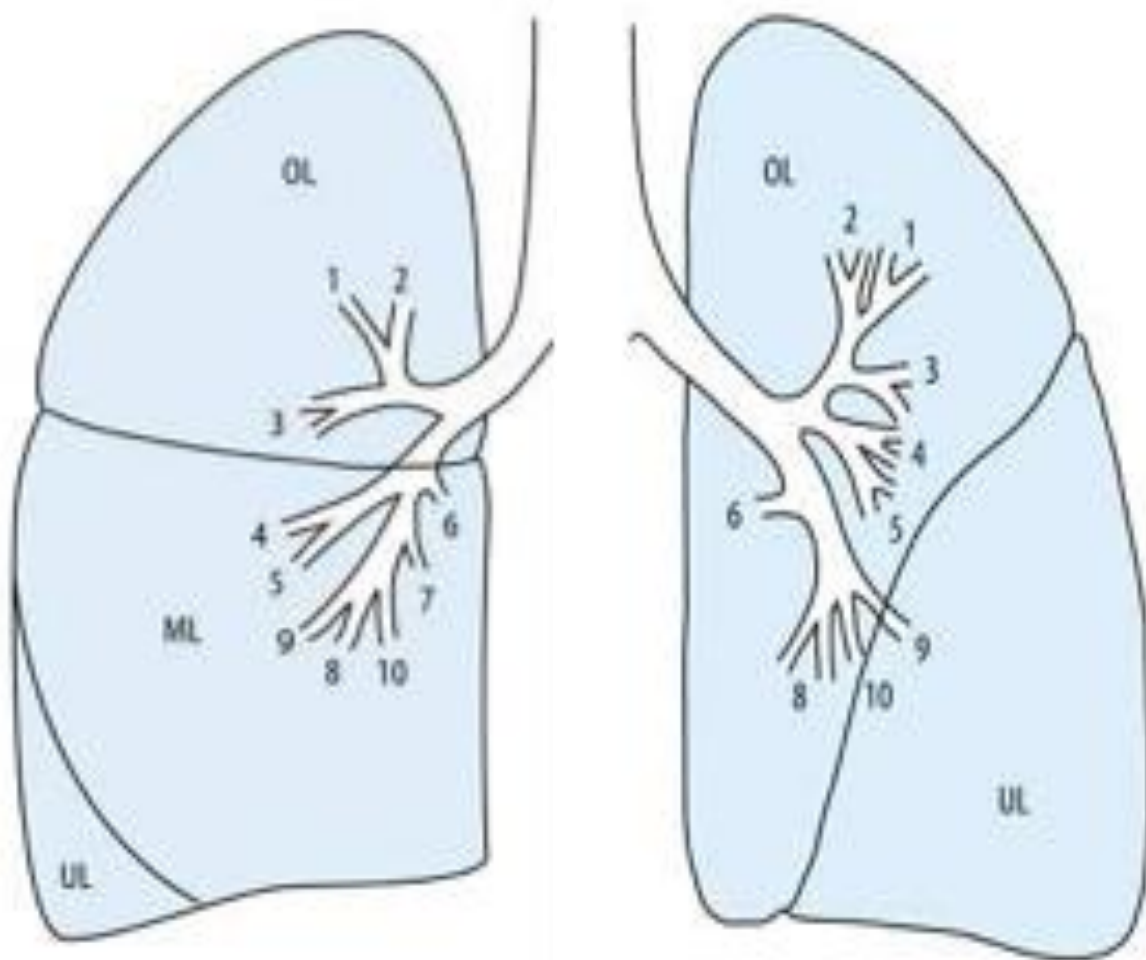
Ogni polmone è all'interno di un sacco pleurico, formato da due foglietti pleurici: uno viscerale, più sottile e trasparente, che riveste la superficie esterna del polmone e l'altro parietale, più robusto e ricco di fibre elastiche, che riveste l'interno della cavità toracica.

Le membrane pleuriche, o pleure, sono costituite da diversi strati di tessuto connettivo elastico, formato da un intreccio di fibre di collagene ed elastina, e numerosi capillari. I due foglietti sono tenuti insieme da un sottile strato di liquido pleurico il cui volume ammonta a pochi millilitri.

Il liquido pleurico che si trova intorno alle pleure serve a diversi scopi:

- a) crea una superficie umida e scivolosa tale per cui i due foglietti possono scorrere l'uno sull'altro durante il movimento dei polmoni nella cavità toracica;
- b) mantiene i polmoni a stretto contatto con le pareti toraciche sfruttando la proprietà di coesione dell'acqua fungendo quasi come da adesivo.

La zona dei polmoni, compresa nella fascia mediale, attraverso la quale entrano i bronchi e vasi sanguigni è chiamata ilo polmonare e l'insieme degli organi che lo attraversano, tra cui bronchi vasi sanguigni e linfatici, costituisce il peduncolo polmonare.



Polmone destro

Polmone destro

Figura . Struttura polmonare

16.4 Le vie aeree

L'aria entra nel tratto respiratorio superiore dalla bocca e dal naso e passa nella faringe, via di passaggio comune per cibi, liquidi ed aria. Dalla faringe, l'aria fluisce attraverso la laringe per raggiungere la trachea. La laringe contiene le corde vocali, bande di tessuto connettivo che si tendono per generare suoni durante il passaggio dell'aria.

La trachea è un tubo semi-flessibile costituito da 20 anelli cartilaginei a forma di C. Essa si estende nella cavità toracica, dove si ramifica in una coppia di bronchi primari, uno per ogni polmone, costituiti ugualmente da tessuto cartilagineo. All'interno dei polmoni le vie aeree formano un intricato sistema di arborizzazione: i bronchi si ramificano ripetutamente in maniera dicotomica fino a 16-17 volte in bronchi progressivamente più piccoli fino a divenire bronchioli, ossia piccole vie di passaggio comprimibili con pareti di tessuto liscio. I bronchioli continuano a ramificarsi fino ai bronchioli terminali che terminano a livello dell'epitelio di scambio polmonare. Il diametro delle vie aeree diventa progressivamente sempre più piccolo man mano che si scende verso i bronchioli ma le singole vie aeree aumentano di numero. Di conseguenza l'area della superficie delle vie aeree aumenta enormemente ad ogni divisione. Se si potesse infatti stendere il tessuto di cui sono fatti i polmoni si potrebbe coprire interamente la superficie di un campo da tennis circa 75m².

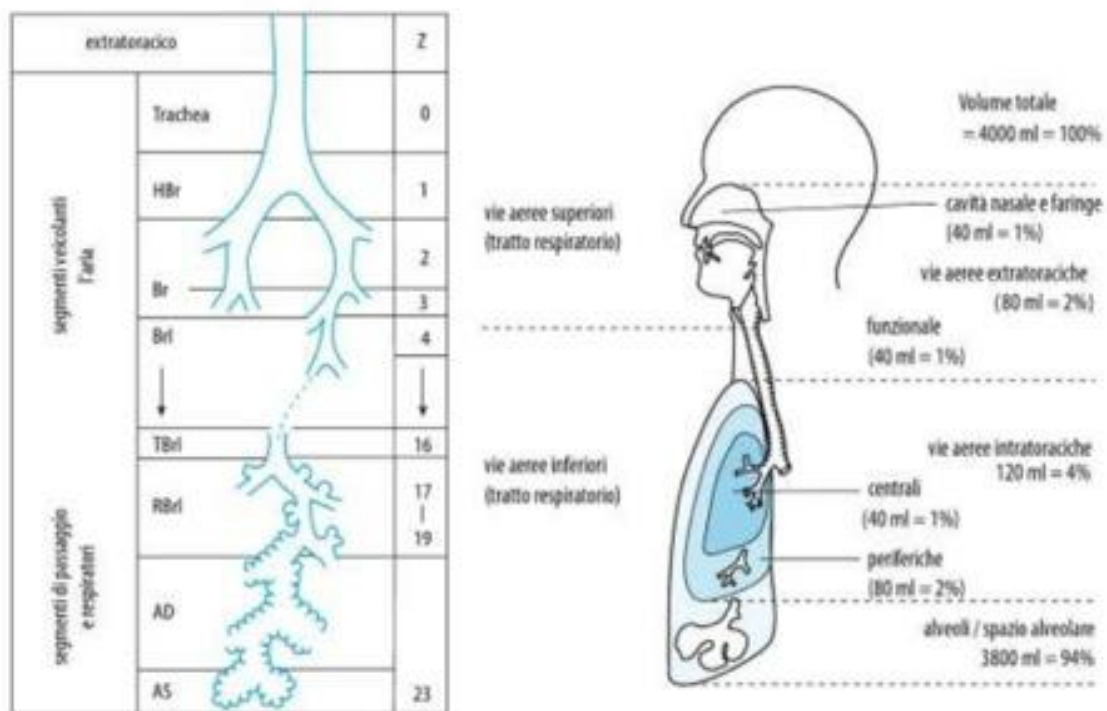


Figura. Rapporto Volume-scambio-distrettuale

Le vie aeree superiori, fino ai bronchioli, possono variare il proprio calibro tramite l'intervento del sistema nervoso autonomo (SNA) che controlla la muscolatura liscia delle pareti dell'albero bronchiale. Ad esempio, possono contrarsi nel caso in cui venga inalato un

agente irritante e ciò si verifica attraverso l'attivazione del sistema parasimpatico, che ha, appunto effetti broncocostrittori, mentre il sistema ortosimpatico produce effetti broncodilatatori.

16.5 Gli alveoli

Gli alveoli, raggruppati all'estremità dei bronchioli costituiscono la maggior parte del tessuto polmonare. La loro funzione primaria è lo scambio di gas tra l'aria presente negli alveoli e il sangue.

Ogni alveolo è costituito da un sottile strato di epitelio di scambio delle dimensioni di 0,5 μm , in cui sono presenti due tipi di cellule:

- Le cellule alveolari di tipo II (pneumociti II), piccole e spesse, che sintetizzano e secernono una sostanza chimica detta surfactante, un agente tensioattivo, che si mescola con il sottile liquido di rivestimento alveolare per facilitare l'espansione polmonare durante la ventilazione.
- Esse rappresentano il 7% della superficie alveolare. Inoltre, tali cellule contribuiscono a minimizzare il volume di liquido presente negli alveoli trasportando soluti, seguiti dall'acqua, fuori dagli spazi aerei alveolari.
- Le cellule alveolari di tipo I (pneumociti I), grandi e molto sottili, permettono ai gas di diffondere rapidamente attraverso di esse.

In gran parte della superficie di scambio uno strato di lamina basale congiunge l'epitelio alveolare all'endotelio capillare, così che è presente solo una piccola quantità di liquido interstiziale.

Tali cellule rappresentano il 90% della superficie alveolare. Le pareti alveolari non hanno tessuto muscolare, perché questo potrebbe ostacolare lo scambio gassoso: per questo il tessuto polmonare non può contrarsi.

Il tessuto connettivo presente tra le cellule epiteliali alveolari, tuttavia, presenta molte fibre elastiche che contribuiscono al ritorno elastico dei polmoni quando questi vengono stirati.

Un estesa rete di capillari copre l'80-90% della superficie alveolare ormando una lamina quasi continua di sangue in stretto contatto con l'aria che riempie gli alveoli. La vicinanza tra il capillare e l'aria alveolare è fondamentale per permettere un rapido scambio gassoso.

16.6 La circolazione polmonare

La circolazione polmonare inizia dall'arteria polmonare che riceve sangue poco ossigenato dal ventricolo destro, poi si divide nelle due arterie polmonari, una per ogni polmone.

Il sangue ossigenato a livello polmonare torna all'altro sinistro tramite le vene polmonari e viene spinto in tutto il corpo attraverso il ventricolo sinistro e l'aorta.

La circolazione polmonare contiene in ogni momento 0,5 L di sangue, cioè il 10% del volume totale.

Circa 75ml di questa quota si trovano a livello capillare, dove avviene lo scambio gassoso, mentre la parte restante si trova nelle vene e nelle arterie polmonari.

La portata del flusso di sangue nei polmoni è molto maggiore di quella degli altri tessuti perché i polmoni ricevono dal ventricolo destro l'intera gittata cardiaca cioè 5 L/min.

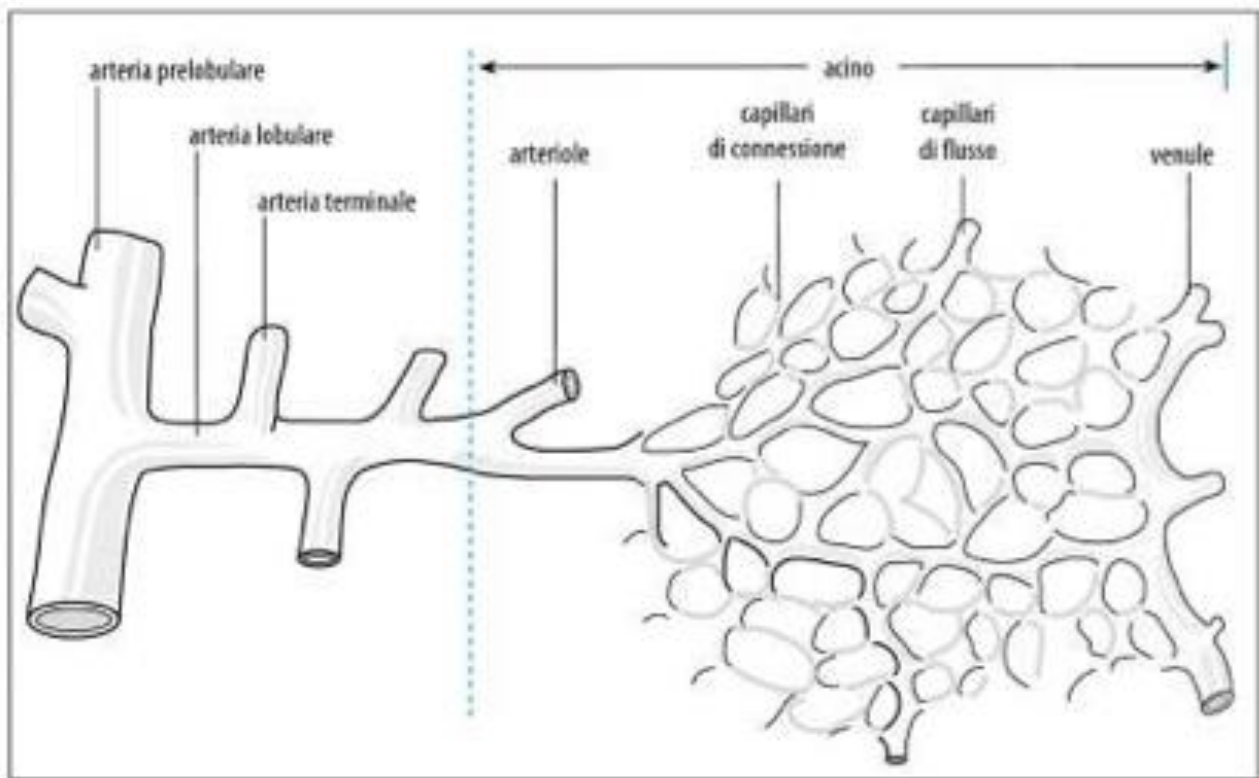


Figura . Sistema bronco-alveolare

Questo significa che la quantità di sangue che scorre nei polmoni in un minuto corrisponde a quella che circola in tutto il resto dell'organismo nello stesso tempo.

La pressione del sangue della circolazione polmonare è tuttavia molto bassa attorno ai 25/8 mmHg, inferiore a quella del sangue nel circolo arterioso sistemico di 120/80 mmHg.

Data la minore lunghezza dei vasi, la facilità di distensione ed elevata area della superficie di sezione delle arteriole polmonari, la resistenza del circolo polmonare è bassa, per cui il ventricolo destro compie un lavoro minore rispetto al sinistro per generare il flusso sanguigno.

16.7 La composizione dell'aria

La **legge di Dalton** stabilisce che la pressione totale esercitata da una miscela di gas corrisponde alla somma delle pressioni parziali esercitate dai singoli gas componenti.

“Pressione parziale di un gas atmosferico = pressione totale atmosferica x % del gas nell'atmosfera”

Nell'aria secca alla pressione atmosferica di 760 mmHg a livello del mare, il 78% della pressione totale è dovuto a N₂ (azoto), il 21% a O₂ (ossigeno), lo 0,033% a CO₂ (anidride carbonica) e si ha conseguentemente una pressione parziale di 593 mmHg per N₂, 160 mmHg per O₂ e 0,25 mmHg per la CO₂. Le pressioni parziali dei gas nell'aria variano leggermente in relazione alla quantità di vapore acqueo presente, perché la presenza di vapore acqueo diluisce il contributo degli altri gas alla pressione totale. In aria a 37°C con il 100% di umidità si ha una pressione parziale di 556 mmHg per N₂, 150 mmHg per O₂ e 0,235 mmHg per la CO₂.

“Il flusso dell'aria si verifica ogni volta che è presente un gradiente di pressione da aree ad alta pressione verso aree a bassa pressione”.

Il movimento della cassa toracica durante la ventilazione genera ciclicamente condizioni di alta e bassa pressione all'interno dei polmoni. Il movimento secondo gradiente avviene anche per i singoli gas: l'ossigeno per esempio fluisce da zone con pressione parziale elevata a zone a pressione parziale inferiore.

$P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{costante}$ Legge di Boyle

La **legge di Boyle** del 1600 indica che se il volume si riduce della metà la pressione raddoppia e viceversa.

Nell'apparato respiratorio, i cambiamenti di volume della cavità toracica durante la ventilazione generano gradienti di pressione che determinano il flusso d'aria. Quando il volume del torace aumenta, la pressione intratoracica diminuisce e l'aria entra nell'apparato respiratorio. Quando la cavità toracica diminuisce di volume la pressione aumenta e l'aria esce dai polmoni. Tale movimento viene detto flusso di massa.

16.8 La ventilazione

La ventilazione è lo scambio di aria per flusso di massa tra atmosfera e gli alveoli. La quantità d'aria spostata durante la ventilazione può essere suddivisa in quattro volumi polmonari:

- **Volume corrente (V_c):** è il volume d'aria che si sposta normalmente durante una singola inspirazione o espirazione ed ammonta circa a 500 mL o cm³ d'aria.
- **Volume di riserva inspiratoria (VRI):** è il volume aggiuntivo inspirato oltre al volume corrente ed ammonta circa a 3000 mL, sei volte maggiore al volume corrente nominale.
- **Volume di riserva espiratoria (VRE):** è il volume d'aria eliminato forzatamente dopo la fine di un'espirazione tranquilla ed ammonta a circa a 1100 mL.
- **Volume residuo (V_r):** è il volume d'aria che rimane nelle vie aeree dopo un'espirazione massimale ed ammonta circa a 1200 mL. La maggior parte del volume residuo è dovuta al fatto che il polmone viene tenuto stirato contro la parete toracica a opera del liquido pleurico. Se tale liquido venisse a meno i polmoni collasserebbero su se stessi e si giungerebbe velocemente all'asfissia.

Tali volumi polmonari variano in funzione dell'età, del sesso e dell'altezza.

La somma di due o più volumi polmonari è detta capacità.

La capacità vitale (CV): è la somma del volume di riserva inspiratoria, del volume di riserva espiratoria e del volume corrente e rappresenta il massimo volume d'aria che può essere volontariamente spostata dentro e fuori l'apparato respiratorio durante un atto ventilatorio. Essa diminuisce fortemente con l'età;

La capacità polmonare totale (CPT): è la somma di capacità vitale e volume residuo;

La capacità inspiratoria (CI): è la somma di volume corrente e volume di riserva inspiratoria;

La capacità funzionale residua (CFR): è la somma di volume di riserva espiratoria e volume residuo.

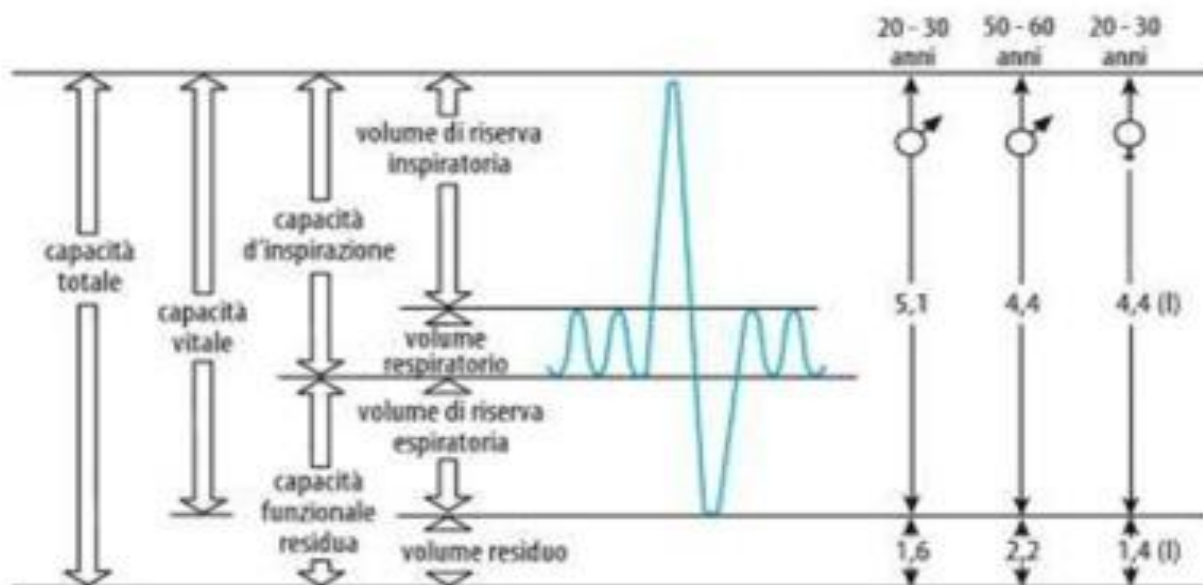


Figura . Volumi e capacità polmonari

Parametri	Uomini	Donne
Capacità polmonare totale, TLC	7,0	6,2
Capacità vitale, VC	5,6	5,0
Volume residuo, RV	1,4	1,2
Capacità funzionale residua, FRC	3,2	2,8

Tabella. Volumi polmonari in soggetti sani

Le vie aeree superiori ed i bronchi assolvono funzioni ulteriori rispetto al semplice passaggio dell'aria contribuendo al condizionamento di quest'ultima tramite:

- Il riscaldamento dell'aria alla temperatura corporea di 37°C in modo che gli alveoli non vengano danneggiati dall'aria fredda. Esso avviene per mezzo dei canali sinuosi, che sono un particolare tipo di capillare.
- L'aggiunta di vapore acqueo fino a che l'aria raggiunga il 100% di umidità in modo che l'epitelio di scambio, che è umido, non si disidrati.

- La filtrazione del materiale estraneo in modo che virus, batteri e particelle inorganiche non raggiungano gli alveoli.

La ventilazione attraverso la bocca non è così efficace nel riscaldare ed umidificare l'aria come la ventilazione attraverso il naso.

La filtrazione si verifica sia a livello della trachea, che a livello dei bronchi: tali vie aeree sono rivestite da un epitelio cigliato che secerne muco e soluzione salina diluita che intrappolano la maggior parte delle particelle inalate di diametro superiore a 2 micrometri.

Il muco contiene immunoglobuline che possono inattivare gli agenti patogeni; le ciglia si contraggono spostando il muco verso la faringe finché possa essere deglutito e l'ambiente acido e gli enzimi dello stomaco possano distruggere i microrganismi rimanenti.

La secrezione della soluzione salina è essenziale per la risalita del muco, infatti in una condizione detta fibrosi cistica, l'inadeguata escrezione di soluzione salina fa intrappolare le ciglia nel muco denso e viscoso e ne ostacola il movimento.

Per questo motivo il muco non può essere eliminato così i batteri colonizzano le vie aeree e provocano gravi infezioni polmonari.

Il movimento della cassa toracica e del diaframma

Nell'apparato respiratorio, in analogia al cuore per l'apparato circolatorio, sono i muscoli della cassa toracica e il diaframma a fungere da pompa. Quando essi si contraggono determinano il movimento delle coste e del diaframma e di conseguenza dei polmoni che aderiscono all'interno della gabbia toracica grazie al liquido pleurico.

La pressione atmosferica è costante quindi la pressione all'interno dei polmoni deve essere superiore o inferiore rispetto a quella atmosferica per permettere il flusso d'aria tra ambiente esterno e alveoli.

16.9 L'inspirazione

L'inspirazione è la fase della dinamica inspiratoria in cui l'aria fluisce all'interno dei polmoni. Per far sì che si attivi questa dinamica, è necessario che la pressione nei polmoni divenga inferiore rispetto a quella atmosferica. Tale risultato si ottiene attraverso la contrazione del diaframma che perdendo la sua forma a cupola si abbassa verso l'addome di circa 1,5 cm:

questo movimento aumenta il volume della cavità toracica contribuendo al 60-75% della variazione del volume polmonare.

Il restante 25-40% della variazione del volume polmonare è dovuto al movimento della cassa toracica ad opera dei muscoli intercostali esterni, degli scaleni e sternocleidomastoidei che contraendosi esercitano una trazione sulle coste verso l'alto e verso l'esterno, fungendo da leva di terzo tipo.

La combinazione di questi due movimenti allarga la cassa toracica in tutte le direzioni e permette all'aria di fluire all'interno dei polmoni.

$$\text{Flusso aereo (F)} \propto \text{differenza di pressione/resistenza polmonare} = \Delta P/R$$



Figura . Inspirazione-espirazione

Normalmente durante una eupnea, ovvero una respirazione tranquilla, si ha un atto respiratorio ogni 4 secondi ossia 12-20 atti respiratori al minuto per un adulto e 23-40 atti/min per i neonati. A prescindere dall'età, ogni atto respiratorio è sempre suddivisibile in quattro fasi:

Tempo 0s: si ha una pausa respiratoria in quanto la pressione alveolare è uguale a quella atmosferica (0 mmHg) e quindi in assenza di differenza di pressione non si ha flusso d'aria ne verso l'interno ne verso l'esterno.

Tempo 0-2s: inizia l'inspirazione quando i muscoli inspiratori si contraggono e il volume toracico aumenta. Parallelamente la pressione intrapolmonare si riduce di circa 1 mmHg al di sotto della pressione atmosferica e l'aria inizia fluire verso gli alveoli.

I cambiamenti di volume polmonare sono più rapidi del flusso d'aria e per questo la pressione alveolare raggiunge il valore minimo a circa metà dell'atto respiratorio. L'aria entra negli alveoli e la pressione inizia gradualmente ad aumentare fino a

quando la cassa toracica smette di espandersi, appena prima del termine dell'inspirazione. Si raggiunge poi la condizione in cui la pressione alveolare è nuovamente uguale a quella atmosferica ed il volume d'aria contenuto nei polmoni è al massimo valore raggiunto nel ciclo ventilatorio.

16.10 L'espiazione

Per espiazione si intende il processo a partire dal momento in cui i motoneuroni somatici cessano di stimolare i muscoli respiratori, i quali conseguentemente si rilassano. Successivamente il ritorno elastico dei polmoni riporta il diaframma e le coste alla posizione di partenza.

L'espiazione a riposo non è causata da una contrazione muscolare attiva ed per questo che viene definita espiazione passiva che si differenzia dall'espiazione attiva che si verifica durante l'esercizio fisico nel quale si possono compiere anche 30-40 atti respiratori al minuto (anziché 12-20) ad opera dei muscoli espiratori ossia muscoli intercostali interni ed addominali (retto dell'addome, obliquo interno ed esterno, trasverso dell'addome).

Tempo 2-4s: i volumi di polmone e torace diminuiscono e la pressione dell'aria nei polmoni aumenta fino ad un valore massimo di 1 mmHg sopra la pressione atmosferica: il flusso si inverte e l'aria inizia ad uscire dai polmoni.

Tempo 4s: l'espiazione ha termine quando la pressione alveolare è nuovamente uguale a quella atmosferica ed il volume polmonare raggiunge il suo valore minimo nel ciclo ventilatorio.

A questo punto un ciclo ventilatorio ha termine ed inizia il successivo.

16.11 La pressione intrapleurica

La ventilazione richiede che i polmoni si muovano assieme alla gabbia toracica nei suoi movimenti di contrazione e rilasciamento.

Non esistono legami fissi tra polmoni e gabbia toracica perché questi renderebbero il sistema troppo rigido. La connessione avviene grazie alla proprietà di coesione del liquido tra le due membrane pleuriche.

La pressione di tale liquido è normalmente negativa o subatmosferica (inferiore a quella atmosferica).

Questo perché durante lo sviluppo la cassa toracica cresce più rapidamente dei polmoni e questi ultimi sono costretti dalle membrane pleuriche a stirarsi per adattarsi meglio al volume (maggiore della cassa toracica).

Allo stesso tempo i polmoni tendono ad avere un ritorno elastico a causa del materiale fibroso di cui sono costituiti: la combinazione della spinta verso l'esterno della cassa toracica e del ritorno elastico dei polmoni provoca l'instaurarsi di una pressione intrapleurica negativa di circa -3/-4mmHg come se il liquido tra le due pleure, in assenza di aria, venisse attratto da un pistone.

Se si perfora la membrana intrapleurica ad esempio a causa di una rottura di una costola o di un qualsiasi altro evento che metta in comunicazione la cavità pleurica con l'ambiente esterno, l'aria entra nella cavità intrapleurica e, annullando la proprietà di coesione ottenuta grazie alla pressione negativa, rompe il legame tra polmone e cassa toracica: il polmone collassa al proprio volume mentre la parete toracica si espande verso l'esterno.

Tale condizione è detta di pneumotorace e si ha la completa incapacità del polmone di funzionare normalmente e può portare rapidamente alla morte del paziente.

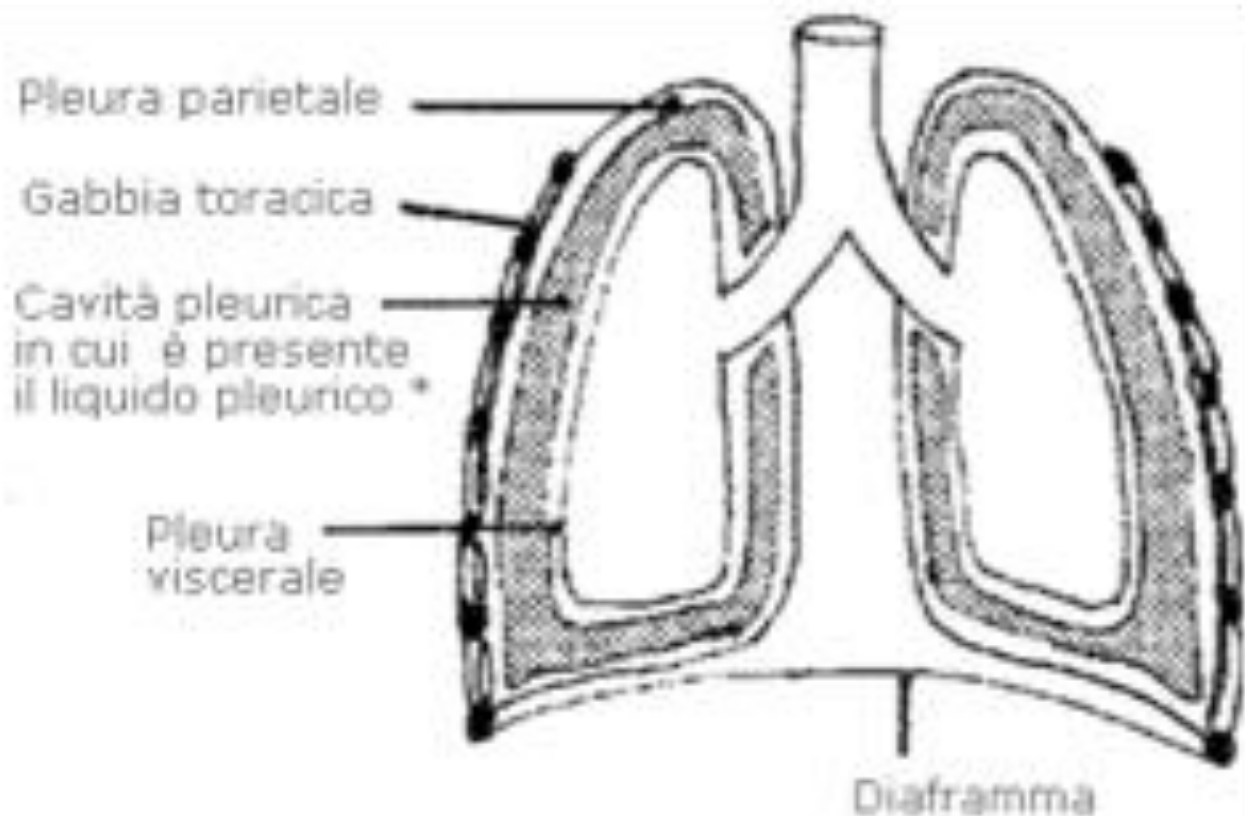


Figura. Spazi intrapleurici

16.12 L'azione dell'agente surfactante

All'interno degli alveoli esiste una tensione superficiale che si sviluppa perché le forze di coesione tra le molecole di liquido sono più forti di quelle esistenti tra molecole liquide e gassose.

L'aria alveolare è satura di acqua per cui la superficie epiteliale degli alveoli, a contatto con l'aria, è ricoperta continuamente da un velo di acqua. Per questo si sviluppa una forte tensione superficiale aria-acqua e gli alveoli, al fine di ridurre la superficie di contatto gas-liquido tendono a chiudersi.

Circa i 2/3 della forza di retrazione polmonare sono dovuti alla tensione superficiale che si crea dentro gli alveoli.

All'interno di ogni polmone sono presenti circa 300.000.000 alveoli e se non si riducesse la pressione causata dalla forte tensione superficiale, essi potrebbero diventare un unico alveolo con scarsa funzione di scambio.

A tale scopo viene prodotto, dai pneumociti di tipo II, il fattore surfattante, una molecola fosfolipidica denominata dipalmitoilfosfatidilcolina, ad azione tensioattiva, che diminuisce la tensione superficiale e quindi la tendenza degli alveoli a chiudersi su se stessi.

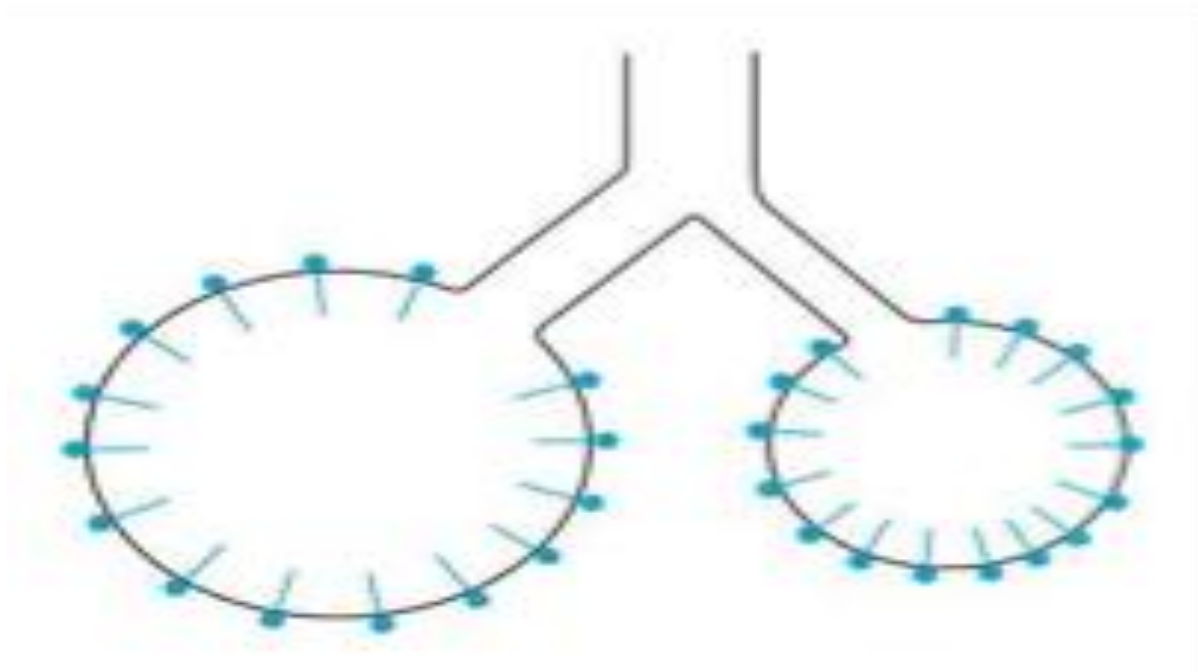


Figura . La pressione in un alveolo piccolo è maggiore rispetto a uno più grande

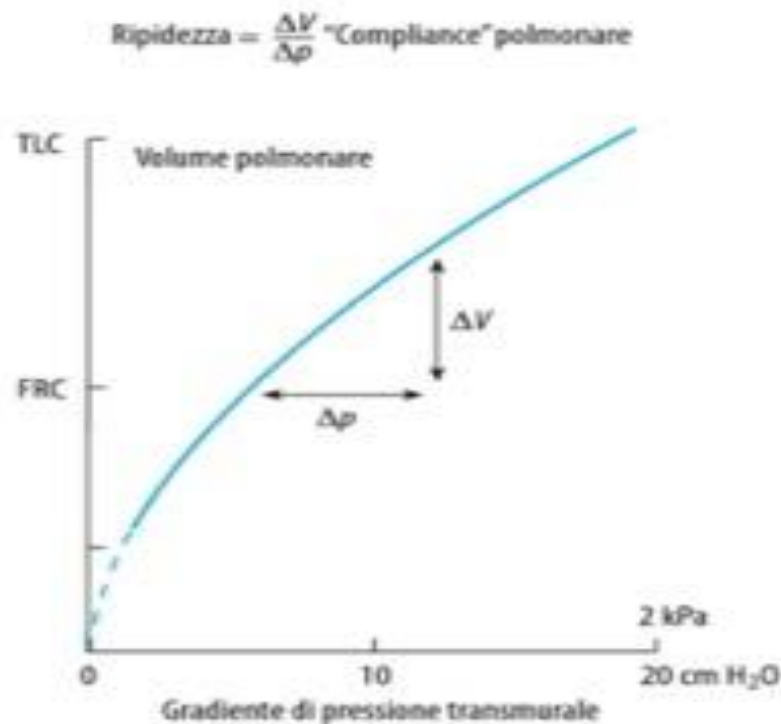


Figura . Gradiente pressorio

16.13 Compliance, elastanza e resistenza polmonare

La compliance è la capacità del tessuto polmonare di espandersi e dilatarsi facilmente in seguito al flusso d'aria verso l'interno dei polmoni.

Nel caso della retta d'equazione di Hooke la compliance rappresenta il coefficiente angolare della retta $\Delta V/\Delta P$.

Opposta è la **elastanza**, la capacità di tornare, in seguito a un ritorno elastico, allo stato di riposo durante l'espirazione.

Compliance ed elastanza sono essenziali per una buona ventilazione, negli anziani queste due proprietà si riducono: se i polmoni mancano di compliance allora si dilatano facilmente opponendo poca resistenza al flusso d'aria; se mancano di elastanza essi hanno poco ritorno elastico e non si comprimono facilmente per cui la maggior parte dell'aria rimane intrappolata al loro interno e l'espirazione diviene faticosa.

L'enfisema polmonare è uno stato patologico in cui il tessuto polmonare e le pareti alveolari risultano danneggiate o distrutte per cui la complicità del polmone aumenta notevolmente e piccole pressioni possono dilatare facilmente il polmone.

La fibrosi è una patologia polmonare che porta all'aumento di tessuto fibroso e non elastico nel polmone. La complicità in questo caso è notevolmente ridotta, e incrementi anche notevoli di pressione causano solo piccole variazioni di volume rendendo difficile la ventilazione.

Infine, **la resistenza**, ossia la proprietà del sistema polmonare di opporsi al flusso d'aria, è esprimibile attraverso legge di Poiseuille, che mette in relazione tre parametri: la lunghezza del sistema (L), la viscosità dell'aria che scorre (η), il raggio dei condotti del sistema (r).

$$R \propto L \cdot \eta / r^4$$

Circa il 90% della resistenza può essere attribuito a trachea e bronchi strutture rigide con area della superficie di sezione minima. Trachea e bronchi sono sostenuti da tessuto cartilagineo in modo che il diametro della loro sezione non subisca modifiche durante la ventilazione e la resistenza offerta rimanga costante.

16.14 Tipo di ventilazione e ventilazione alveolare

La ventilazione polmonare totale, detta anche volume minuto, è il volume d'aria spostato dentro e fuori dai polmoni ad ogni minuto:

$$\text{Volume minuto} = \text{Frequenza respiratoria} \cdot \text{Volume corrente} \quad \text{Volume minuto} = 12 \text{ atti respiratori} \cdot 500 \text{ mL} = 6 \text{ L/min}$$

In un soggetto adulto il volume minuto è di circa 6 L/min. Tuttavia, non tutta l'aria che entra ed esce dai polmoni viene a contatto con la superficie alveolare. Infatti, una quota d'aria non raggiunge gli alveoli perché resta nelle vie aree di conduzione, cioè nella trachea e nei bronchi che vengono definiti **spazio morto anatomico**, in quanto in essi non è possibile scambiare gas con il sangue. Tale spazio ha un volume di circa 150 mL. Ad ogni atto respiratorio quindi giungono agli alveoli solo 350 mL di aria "fresca", ossia il volume corrente diminuito dei 150 mL di aria "ferma" dello spazio morto anatomico.

16.15 Tipo di ventilazione e ventilazione alveolare

$$\text{Ventilazione alveolare} = \text{Frequenza respiratoria} * (\text{Volume corrente} - \text{spazio morto anatomico}) = 4,2 \text{ L/min}$$

ARIA FRESCA AGLI ALVEOLI (mL)	VOLUME CORRENTE (mL)	FREQUENZA RESPIRATORIA (atti/min)	VOLUME MINUTO (mL/min)	VENTILAZIONE ALVEOLARE (mL/min)
350	500 (normale)	12	6000	4200
600	750 (profonda)	8 (lenta)	6000	4800
150	300 (superficiale)	20 (rapida)	6000	3000

Tabella. Ventilazione alveolare

16.16 Il rapporto ventilazione perfusione

La ventilazione polmonare è la quantità d'aria che raggiunge gli alveoli in un minuto; la perfusione polmonare è il flusso ematico al minuto attraverso il circolo polmonare e corrisponde alla gittata cardiaca. La ventilazione è una grandezza che è migliore alla base del polmone dove gli alveoli, poiché più schiacciati a causa della forza di gravità, si distendono di più di quelli che sono già un po' aperti in alto.

Anche la perfusione è maggiore alla base, dove i capillari risultano un po' più aperti di quelli che stanno in alto. L'indice che tiene conto della ventilazione alveolare e dell'irrorazione polmonare è detto rapporto ventilazione/perfusione ed è espresso dalla formula:

Questa frazione ha un valore maggiore all'apice perché la ventilazione diminuisce meno rapidamente della perfusione ed ha un valore medio di circa 0,8.

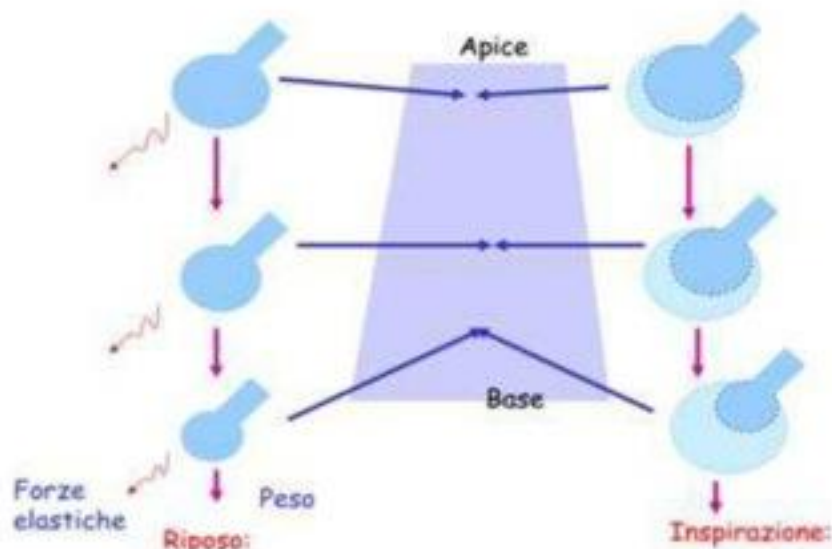


Figura . Distribuzione regionale della ventilazione

16.17 Il controllo della ventilazione

La ventilazione è un processo ritmico che si verifica normalmente in assenza di consapevolezza e per questo aspetto assomiglia al battito cardiaco. Tuttavia i muscoli scheletrici, responsabili dell'atto respiratorio, non sono in grado di contrarsi spontaneamente come le fibre muscolari autoritmiche del tessuto cardiaco. Essi, infatti, necessitano del controllo superiore dei motoneuroni somatici controllati a loro volta dal sistema nervoso centrale (SNC). La ritmicità della ventilazione è modulata da diversi fattori quali i riflessi chemocettivi, il feedback del centro di controllo del sistema cardiovascolare, le emozioni e il controllo conscio e inconscio da parte del SNC. Diaframma e muscoli intercostali sono comandati da un **generatore centrale di ritmi ventilatori** che comprende gruppi di neuroni situati nel ponte e nel bulbo del tronco dell'encefalo, i quali generano una serie di impulsi ritmici in maniera simile alle cellule pacemaker cardiache con potenziale di membrana instabile. Più precisamente, tra neuroni bulbari vi è il **gruppo ventilatori dorsale (DRG)** che controlla l'inspirazione agendo sul diaframma e il **gruppo ventilatorio ventrale (VRG)**, che controlla l'espirazione. I neuroni del VRG rimangono inattivi durante la respirazione a riposo, mentre si attivano nella espirazione attiva, per esempio durante un esercizio fisico. Durante un esercizio fisico inoltre aumenta l'attività dei neuroni inspiratori e si ha una stimolazione dei muscoli accessori come gli sternocleidomastoidei. La ventilazione è invece modulata dai neuroni del ponte. La ritmicità del generatore centrale di ritmi respiratori è influenzata da

informazioni sensoriali provenienti da chemorecettori centrali e periferici, i quali sono maggiormente affini alle variazioni di anidride carbonica, ossigeno e pH plasmatico.

Parametri		età pediatrica	adulti
Frequenza respiratoria	(per minuto)	30-40	12-16
Tempo inspiratorio	(s)	0,4-0,5	1,2-1,4
Rapporto di tempo resp.	(I:E)	1:1,5-1:2	1:2-1:3
Flusso inspiratorio	(l/min)	2-3	24
Volume per atto insp.	(ml)	18-24	500
	(ml/kg)	6-8	6-8
FRC	(ml)	100	2200
	(ml/kg)	30	34
Capacità vitale	(ml)	120	3500
	(ml/kg)	33-40	52
Capacità totale	(ml)	200	6000
	(ml/kg)	63	86
Compliance totale	(ml/cm H ₂ O)	2,6-4,9	100
	(ml/cm H ₂ O/FRC)	0,04-0,06	0,04-0,07
Compliance polmonare	(ml/cm H ₂ O)	4,8-6,2	170-200
	(ml/cm H ₂ O/FRC)	0,04-0,074	0,04-0,07
Perdita respiratoria d'acqua	(ml/24 h)	45-55	300

Tabella . Valori fisiologici respiratori

I recettori per la CO₂ e per l'O₂ si trovano lungo la circolazione arteriosa: se nel sangue è presente un eccesso di CO₂ o una carenza di O₂, tali recettori inviano stimoli atti a modulare la ventilazione aumentando la frequenza e la profondità di quest'ultima.

I **chemorecettori centrali** avvertono la presenza di un eccesso di CO₂ avvertendo i cambiamenti del pH nel liquido cerebrospinale. Infatti l'anidride carbonica che si diffonde attraverso la barriera ematoencefalica nel liquido cerebrospinale è convertita a bicarbonato e ioni H⁺ i quali sono responsabili della diminuzione del pH.

I **chemorecettori periferici** si trovano nelle arterie carotidee (glomero carotideo) e nell'aorta (glomero aortico); essi rilevano specialmente i cambiamenti della PO₂ nel plasma. Solo se la PO₂ si abbassa del 50% i chemorecettori si attivano e la frequenza della respirazione aumenta.

Nonostante sia possibile modulare volontariamente la ventilazione ad atto del sistema nervoso centrale, non è invece possibile bloccare i riflessi mediati dai chemorecettori e per questo motivo non si può arrestare volontariamente la respirazione in maniera permanente.

Infatti, quando i livelli della PCO_2 nel plasma e nel liquido cerebrospinale aumentano, si attivano i chemorecettori e che ci costringono all'inspirazione

Capitolo 17

17.1 Ventilatori meccanici artificiali

In passato, la ventilazione artificiale era vista come un semplice procedimento meccanico. Oggi, grazie alle nuove tecnologie nel campo dei ventilatori e alle diverse modalità in cui può essere erogata, la respirazione artificiale si è sviluppata nell'ambito di un complesso procedimento terapeutico che richiede, da parte degli operatori di terapia intensiva e non, una vasta conoscenza delle basi e dei principi di funzionamento.

La **ventilazione artificiale**, nota anche come **ventilazione meccanica**, sostituisce o integra l'attività dei muscoli inspiratori fornendo l'energia necessaria ad assicurare un adeguato volume di gas ai polmoni soprattutto durante una insufficienza respiratoria acuta.

La ventilazione meccanica può essere utilizzata in maniera **continua** o **intermittente**, soprattutto durante il sonno. Essa viene erogata con apparecchiature speciali, dette ventilatori polmonari, di piccole dimensioni che possono facilmente essere trasportati e utilizzati a domicilio.

Essa ha lo scopo di supportare o vicariare completamente la ventilazione, in modo da allontanare la CO₂ prodotta nel metabolismo e fornire all'organismo una quantità di O₂ sufficiente al fabbisogno dello stesso organismo. Perché si possa avere un flusso di gas, è necessario che tra la bocca e i polmoni esista un gradiente di pressione. Il gradiente può essere prodotto da una pressione positiva a livello della bocca e in questo caso si parla di **ventilazione a pressione positiva** oppure realizzando una pressione negativa a livello pleurico e si parla di **ventilazione a pressione negativa**, realizzabile con il "polmone d'acciaio".

In particolare, la ventilazione artificiale si classifica in:

a. **Ventilazione artificiale permanente**, generalmente realizzata mediante un sistema a pressione negativa, grazie ad una camera d'aria che circonda il torace – come il cosiddetto polmone d'acciaio – e che viene ritmicamente resa a pressione negativa per permettere l'aspirazione dell'aria nelle vie aeree e nei polmoni;

La ventilazione artificiale inoltre può essere effettuata in due modalità:

Invasivamente, attraverso un foro di pochi centimetri eseguito sulla cute all'altezza della trachea (detto tracheostoma) attraverso il quale viene inserita una cannula tracheostomica di materiale plastico che permette l'entrata del flusso di aria dal ventilatore ai polmoni.

Non invasivamente per mezzo di apposite maschere facciali o nasali che, una volta fissate al volto del paziente con leggere cinghiette, permettono di collegarsi al ventilatore meccanico che eroga il flusso attraverso un circuito cilindrico.

E' spesso considerata un intervento salva-vita, ma non è privo di complicanze, anche gravi, come lo pneumotorace, la lesione delle vie aeree o degli alveoli e la polmonite infettiva.

b. **Ventilazione artificiale temporanea**, realizzata mediante sistemi a pressione positiva come un ventilatore o la ritmica compressione manuale di un serbatoio di aria arricchita in ossigeno. Tra questi ultimi ricordiamo il Pallone di Ambu o un "Va-e-vieni, collegati alle vie aeree del paziente.

17.2 Ventilatori a pressione negativa

Il polmone d'acciaio, conosciuto anche come **Cisterna di Drinker** e **Shaw** o corazza respiratoria, fu sviluppato nel 1929 e fu una delle prime macchine a pressione negativa per la ventilazione artificiale a lungo termine.

Si tratta di un contenitore metallico, nel quale il paziente è chiuso fino al collo con la testa che sporge e le vie aeree in diretto contatto con l'aria dell'ambiente.

Attraverso un mantice viene generata una depressione all'interno del contenitore, così che la cassa toracica si espanda e si determini una depressione all'interno delle vie aeree del paziente. L'aria ambiente, per differenza di pressione, entra nelle vie aeree e giunge nei polmoni. Annullando la depressione all'interno del contenitore, si ha il ritorno della gabbia toracica alla posizione di riposo, con conseguente svuotamento passivo del polmone.

Il polmone d'acciaio riproduce quindi la normale meccanica respiratoria che si avrebbe se i muscoli respiratori non fossero danneggiati. In passato uno dei grossi problemi era rappresentato dal fatto che, poiché anche l'addome si trovava nella cisterna e di conseguenza anch'esso si espandeva durante l'azione del mantice, raccoglieva sangue, riducendo il riempimento cardiaco.

Ad oggi, i sistemi a pressione negativa sono ancora in uso, per lo più su pazienti con insufficienza della muscolatura della gabbia toracica, come nella poliomielite.

Ad essi viene coinvolta la sola zona toracica, con interessamento delle braccia e delle gambe, lasciando la possibilità di movimento al paziente e quindi eliminando il problema dell'espansione dell'addome.

17.3 Ventilatori a pressione positiva

Pur essendo la ventilazione a pressione negativa un sistema ancora utilizzato, la ventilazione a pressione positiva rappresenta la pratica più ricorrente.

Infatti attraverso la ventilazione artificiale positiva vengono trattate diversi tipi di patologie tra cui:

- danno polmonare acuto
- apnea da arresto respiratorio
- intossicazione
- malattie polmonari croniche
- acidosi respiratoria acuta
- paralisi del diaframma
- Miastenia Gravis (perdita del tono muscolare)
- crisi acute di distrofia muscolare o sclerosi laterale amiotrofica
- lesione del midollo spinale
- effetto di anestetici o farmaci miorilassanti
- aumento del lavoro dei muscoli respiratori, evidenziata da eccessiva tachipnea (frequenza respiratoria >20 atti/min)
- ipossia con $\text{PaO}_2 < 55 \text{ mmHg}$
- ipotensione e shock, da scompenso cardiaco o sepsi

Il ventilatore meccanico è utilizzato per aumentare o sostituire la ventilazione spontanea di un individuo che presenta insufficienza respiratoria/ventilatoria per malattie che colpiscono il polmone o la pompa toracica.

I moderni ventilatori a pressione positiva derivano dai dispositivi utilizzati nella seconda guerra mondiale per assistere la ventilazione in quota dei piloti di aerei militari. Il ventilatore lavora insufflando aria a pressione positiva nelle vie aeree del paziente. L'espirazione è

permessa dal ritorno della pressione del ventilatore al livello della pressione atmosferica e dal ritorno elastico dei polmoni e della gabbia toracica.

La ventilazione artificiale è indicata negli interventi chirurgici che prevedano la curarizzazione del paziente con conseguente paralisi muscolare o nel momento in cui la respirazione spontanea del paziente non sia in grado di mantenere le funzioni vitali.

La ventilazione può essere effettuata con:

- Pallone auto espandibile (AMBU)
- pallone va e vieni (o dispositivo a T)
- manualmente
- ventilatore meccanico

In particolare ventilatori meccanici vengono classificati in:

- **Ventilatori trasportabili**, che sono piccoli, basilari ed alimentati pneumaticamente, oppure mediante corrente elettrica dalla rete oppure da batterie.
- **Ventilatori da terapia intensive**, di maggiori dimensioni, richiedono solitamente l'alimentazione diretta dalla rete elettrica ma tutti hanno una batteria per permettere il trasporto del paziente all'interno dell'ospedale oppure l'alimentazione

temporanea in caso di black out. Questi dispositivi sono anche più complessi e permettono il controllo di più parametri della ventilazione. Inoltre, negli ultimi modelli sono presenti grafici in tempo reale per valutare visivamente l'effetto dei ventilatore sui flussi e le pressioni delle vie aeree.

- **Ventilatori per terapia intensiva neonatale**, progettati per la ventilazione dei neonati pretermine e presentano una risoluzione maggiore del controllo dei parametri della ventilazione.
- **Ventilatori a pressione positiva PAP (Positive Airway Pressure)**, concepiti per la ventilazione non invasiva, anche a domicilio per il trattamento delle apnee ostruttive nel sonno durante le quali le vie aeree del paziente si restringono, i muscoli si rilassano naturalmente e si ha un brusco risveglio per non soffocare. La macchina **PAP** riesce a contrastare questo fenomeno fornendo una corrente di aria compressa, attraverso una mascherina facciale (o nasale) ed un tubo, permettendo, tramite la pressione dell'aria, di rendere pervie le vie aeree, in modo che sia possibile la

respirazione senza ostruzioni. La macchina PAP eroga l'aria alla pressione prescritta che è nota anche come pressione "tirata" e viene usualmente determinata da un medico dopo l'analisi di uno studio polisonnografico eseguito durante uno studio notturno in un laboratorio del sonno.

- **Ventilatori C-PAP (Continuous Positive Airway Pressure)** che mantengono all'interno delle vie aeree una pressione costante maggiore della pressione atmosferica durante tutto il ciclo respiratorio al fine di favorire il reclutamento alveolare ed aumentare la capacità funzionale residua (CFR).

La CPAP, allevia la fatica dei muscoli respiratori e diminuisce il lavoro durante la respirazione. L'aumento della pressione nelle vie aeree permette inoltre una migliore distribuzione dei gas, questo porta ad un aumento della pressione alveolare, alla riespansione degli alveoli collassati, a una migliore compliance polmonare, alla diminuzione della resistenza delle vie aeree, ad un aumento della broncodilatazione che influisce positivamente sul rapporto Ventilazione/Diffusione (V/Q). Il respiro è tuttavia affidato totalmente al paziente ed è dunque impiegabile solo in pazienti con una buona funzione dei muscoli respiratori.

17.4 Modalità di ventilazione

I sistemi di ventilazione, sia a pressione positiva sia negativa, vengono azionati in modo pneumatico, con pressione d'aria o di ossigeno oppure elettrico con corrente alternata o continua.

La trasformazione dell'energia di funzionamento nello sviluppo di un determinato flusso, pressione nelle vie aeree o volume d'esercizio, avviene per compressione gassosa interna od esterna, con l'impiego di valvole di controllo pneumatiche od elettromagnetiche.

Fondamentale per la comprensione della ventilazione meccanica è la conoscenza del rapporto tra pressione (p), flusso (F) e volume (V), in dipendenza della "Compliance" (C) e della resistenza (R) dell'apparato respiratorio.

Come già introdotto precedentemente, con questa terminologia si delineano le seguenti definizioni:

- **La Resistenza** è l'ostacolo opposto dalle vie aeree; definisce il valore di pressione che deve essere praticata per determinare un flusso nelle vie aeree

$$R = \Delta p / \Delta F$$

- **La Compliance** definisce l'espansibilità del sistema respiratorio, cioè la variazione di volume per unità di variazione di pressione, che si determina nei polmoni

$$C = \Delta V / \Delta p$$

- **L'elastanza** è indice della "durezza" del sistema respiratorio, indica quale pressione deve essere esercitata per determinare una predefinita variazione di volume

$$E = \Delta p / \Delta V$$

- L'elastanza e la "Compliance" sono relazionate da un rapporto inverso

$$E = 1/C$$

Durante l'inspirazione, deve essere esercitata una pressione totale data dalla somma delle pressioni elastiche e di resistenza

$$p_{tot} = p_{elast} + p_{resist.}$$

Questa pressione viene esercitata dal solo respiratore ($p_{respiratore}$) nelle forme di sola ventilazione controllata, dalla muscolatura respiratoria del paziente ($p_{paziente}$) nelle forme di sola ventilazione spontanea, oppure attraverso entrambe, nelle ventilazione parziali.

$$p_{tot} = p_{respiratore} + p_{paziente} = p_{elast} + p_{resist} = V \cdot E + F \cdot R$$

Da queste definizioni si deduce che quanto più alta è l'elastanza (cioè tanto più bassa è la "Compliance") e più alta la resistenza, maggiore è la pressione che deve essere sviluppata per determinare un preciso volume d'esercizio da parte del respiratore e/o dalla muscolatura del paziente.

Le modalità di ventilazione si classificano in base al controllo dell'atto respiratorio e tradizionalmente in base al modo con il quale viene stabilito quando interrompere l'insufflazione di aria. Oggi, diversamente dal passato, i ventilatori sono in grado di eseguire tutti programmi di ventilazione artificiale.

A seconda della variabile impiegata, la ventilazione viene definita come a pressione, a volume, a flusso o a tempo controllata.

Calcolo delle resistenze dell'apparato respiratorio

Fine inspirazione:

$$P_{aw} = P_{max} = P_{el} + P_{res} + P_0$$

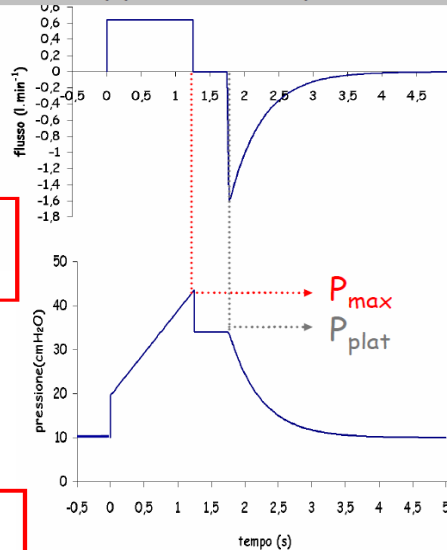
$$P_{res} = \dot{V} \times R \rightarrow \dot{V} = 0 \rightarrow P_{res} = 0$$

Fine inspirazione (flusso = 0):

$$P_{aw} = P_{plat} = P_{el} + P_0$$

$$P_{max} - P_{plat} = P_{res}$$

$$R = P_{res} / \dot{V} = (P_{max} - P_{plat}) / \dot{V}$$



Calcolo dell'elastanza dell'apparato respiratorio

$$P_{plat} = P_{el} + P_0$$

$$P_{el} = V \times E$$

$$E = P_{el} / V = (P_{plat} - P_0) / V$$

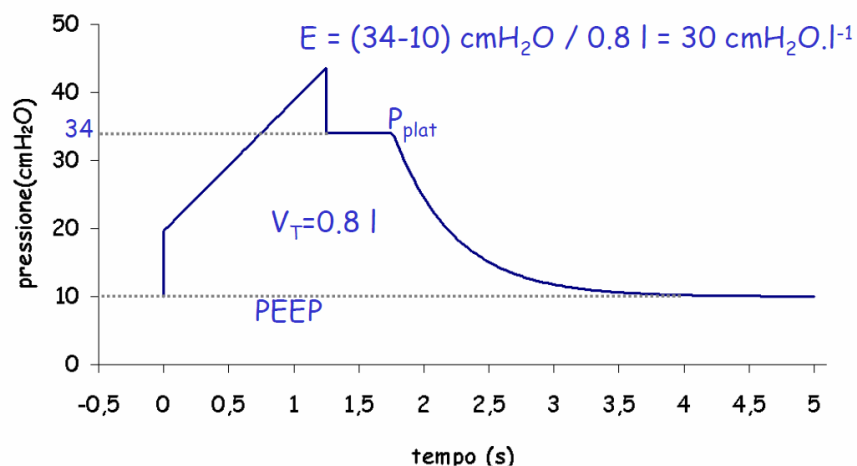


Figura. Equazione di moto

17.5 Ventilazione a pressione controllata

Una ventilazione a pressione controllata viene realizzata o per sviluppo di una pressione positiva nelle vie aeree oppure per determinazione di una pressione negativa, rispetto a quella atmosferica, sulla superficie toracica. La prima è la forma più comunemente impiegata, la seconda solo eccezionalmente. Volume e flusso sono le variabili dipendenti e quest'ultimo il flusso è sempre decelerante. Il livello di pressione positiva da erogare nelle vie aeree è stabilito dal medico e regolato sull'apparecchio, tale livello viene raggiunto ad ogni atto respiratorio. Questo tipo di ventilatore non garantisce però un volume di aria costante per ogni atto respiratorio, e quindi il volume/min è variabile. Per questo, tale ventilazione è considerata ventilazione di supporto (life-support) e non indispensabile (life-sustaining) alla vita del paziente: è pertanto da riservarsi alla ventilazione domiciliare di tipo non invasivo, generalmente applicata a pazienti con discreta autonomia respiratoria.

Esistono anche ventilatori che erogano una certa pressione a **tempo prefissato**, in questo caso il paziente dovrà adattarsi al ritmo della macchina.

Esistono invece dei ventilatori che erogano pressione solo a comando del paziente, ovvero quando il paziente inizia a respirare da solo (**ventilazione assistita**). La ventilazione controllata è per lo più usata per i pazienti non completamente autonomi nella ventilazione.

La **ventilazione in pressione di supporto (PSV)** è una modalità limitata in pressione, in cui ciascun atto respiratorio è iniziato e sostenuto dal paziente. Essa fornisce un supporto ventilatorio, respiro per respiro, per mezzo di un'onda di pressione positiva sincronizzata con lo sforzo inspiratorio del paziente che ne controlla sia l'inizio che la fine. La ventilazione a pressione di supporto può essere quindi utilizzata per sostenere la ventilazione spontanea in pazienti con richieste ventilatorie stabilizzate o in fase di svezzamento.

Ventilatori Bi-Level: ciclano fra due livelli di pressione, il livello più alto IPAP (Pressione Positiva Inspiratoria delle vie Aeree) assiste l'inspirazione il più basso EPAP (Pressione Positiva Espiratoria delle vie aeree) si applica durante l'espirazione. La ventilazione Bi-Level può svolgersi sia in modalità spontanea (assistita) che in modalità timed (controllata).

Ventilazione a flusso/volume controllata

I ventilatori a flusso/volume controllati sono in grado di erogare nelle vie aeree un volume prestabilito (tidal volume "Vt", o volume corrente) di aria per ogni atto inspiratorio. A

differenza degli apparecchi pressometrici, la quantità di volume di aria è decisa e impostata dal medico, ed è costante ad ogni atto respiratorio. Quello che varia è il livello di pressione positiva nelle vie aeree necessario per raggiungere tale volume.

Sono utilizzati prevalentemente quando appaiono indispensabili alla sopravvivenza del paziente: sono, infatti, dotati della possibilità di impostare una ventilazione volume/minuto prefissata. Sono comunque indicati per la ventilazione domiciliare dei pazienti tracheotomizzati e incapaci di autonomia ventilatoria.

La suddivisione in ventilazione a volume/flusso controllata non ha molta importanza, visto che flusso e volume sono tra loro relazionate dal tempo:

$$\text{flusso} = \text{volume}/\text{tempo} \text{ e } \text{volume} = \text{flusso} \cdot \text{tempo}$$

Una ventilazione a volume controllato è, quindi, sempre indirettamente a flusso controllato e viceversa.

Le forme più comunemente impiegate sono quelle con controllo di volume (VCV) e di pressione (PVC). Nei respiratori di vecchia generazione è possibile impostare solo uno dei due parametri. I respiratori moderni, invece, offrono la possibilità di scelta tra l'uno e l'altro. Comunque, anche in questi, non è possibile mantenere costante contemporaneamente, più di una variabile. È consentito, però, il cambiamento della variabile di controllo, nel corso del ciclo respiratorio, da flusso/volume a pressione.

17.6 Respirazione guidata dal paziente o dal ventilatore

La ventilazione meccanica avviene, così come nella ventilazione spontanea, durante la fase inspiratoria, attraverso sviluppo, limitazione e conclusione dell'atto inspiratorio. Le diverse fasi dell'atto inspiratorio possono essere guidate o dal respiratore o dal paziente.

Nel primo caso, le variabili di fase vengono determinate indipendentemente dall'attività del paziente. Nel secondo invece, il paziente interagisce con il ventilatore. L'attività del paziente e la contrazione della sua muscolatura respiratoria determinano variazione di pressione e movimento di flusso e volume nelle vie aeree, ai quali il respiratore, secondo prefissate condizioni ed algoritmi, reagisce.

Da ciò vale che ciascuna variabile di fase può essere descritta secondo due aspetti: il primo, se viene guidata dal ventilatore o dal paziente, il secondo se è regolata da pressione, volume, flusso o tempo.

17.7 Guidata dal ventilatore (ventilazione controllata)

L'inizio dell'inspirazione può essere guidata dal ventilatore. Dopo un certo lasso di tempo, viene conclusa l'espirazione ed inizia l'inspirazione.

La guida da parte del ventilatore è, quindi, regolata dal tempo che è la variabile "trigger". Una variante di questa forma è il "trigger" manuale, determinato dalla ventilazione manuale: in tal caso, la persona che ventila guida la ventilazione (secondo tempi prestabiliti) e sostituisce il respiratore.

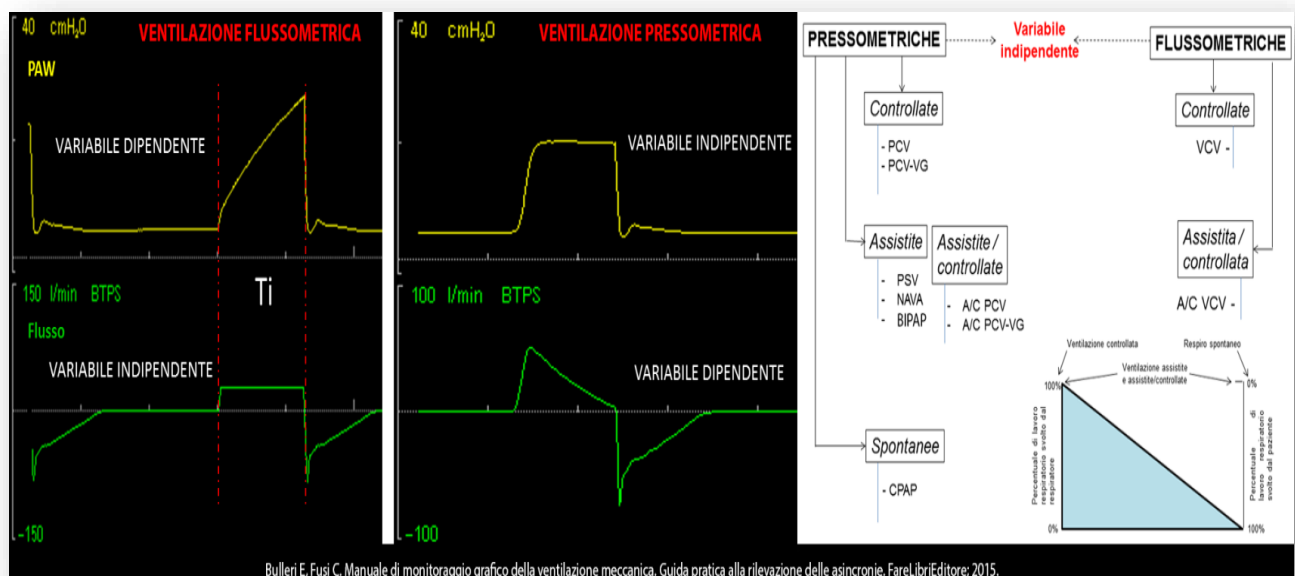


Figura Modalità di ventilazione

17.8 Guidata dal paziente (ventilazione assistita)

Il ventilatore registra i movimenti del paziente che sono coinvolti nell'inspirazione. Ciò è, quindi, possibile solo quando il paziente mantiene la sua spontanea attività respiratoria. La ventilazione assistita riduce il rischio di barotrauma dal momento che è minima la

sovrapposizione tra l'atto inspiratorio spontaneo e quello erogato rispetto alla ventilazione controllata.

Il "trigger" può avvenire secondo diversi principi:

- **Pressione o "trigger" di risucchio:** la riduzione della pressione nelle vie aeree è un "trigger". L'entità della caduta di pressione necessaria, può essere definita direttamente al ventilatore oppure essere impostata al livello desiderato. È la forma "trigger" più comunemente impiegata.
- **Flusso "trigger":** il ventilatore riconosce i movimenti inspiratori del paziente, grazie a variazioni di flusso.

Volume "trigger": vengono riconosciuti discreti movimenti di volume ed il ventilatore determina l'inspirazione.

- **Regolata a livello neurale:** è un innovativo approccio alla ventilazione meccanica controllata dai segnali del cervello che provocano la stimolazione vagale del diaframma. Tale modalità, denominata **NAVA (Neurally Adjusted Ventilatory Assist = assistenza ventilatoria regolata a livello neurale)**, sarà discussa ampiamente nel prossimo capitolo.

Dopo il raggiungimento di adeguati valori di pressione, volume/flusso o di un tempo prefissato, ha termine la fase inspiratoria e si ha il cambiamento dall'inspirazione all'espiazione.

La variabile può essere guidata dal ventilatore o dal paziente come nel caso dell'inspirazione.

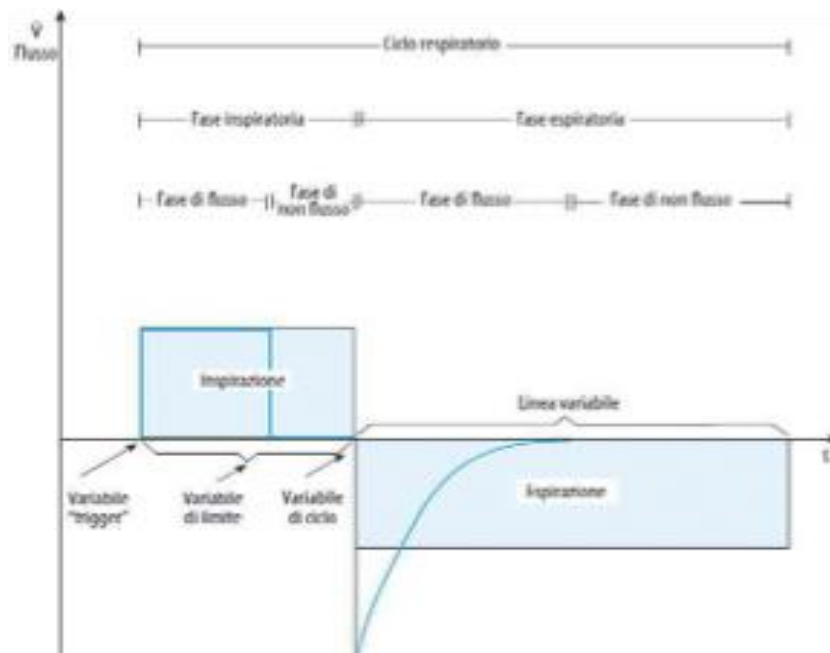


Figura . Curve di flusso nel ciclo inspiratorio

L'espiazione nella ventilazione meccanica, così come nel respiro spontaneo, avviene passivamente.

La direzione del flusso durante la fase espiratoria è inversa rispetto a quella inspiratoria, pertanto il flusso espiratorio, nei diagrammi flusso-tempo, è negativo e rappresentato al di sotto della linea nulla, come possiamo osservare nello schema affianco.

17.9 Sistemi di allarme dei ventilatori meccanici

I sistemi d'allarme sono meccanismi che devono avvertire circa il possibile sviluppo o la presenza di eventi pericolosi. Questi ultimi possono essere:

- Errori di funzionamento del respiratore;
- Alterazioni dell'interazione tra paziente e ventilatore;
- Condizioni a rischio per il paziente.

Si suddividono tre livelli di priorità, corrispondenti all'intensità del segnale d'allarme rilevato. Il segnale d'allarme può essere ottico od acustico.

- **I segnali acustici** si differenziano in base alla regolazione del volume ed alla successione di toni. È possibile una loro temporanea sospensione (per circa due minuti). Se la causa si risolve, l'allarme acustico si annulla automaticamente;
- **I segnali ottici** possono essere semplici o complessi. I primi consistono nell'accensione o nel lampeggiare di una luce. I secondi evidenziano la causa dell'allarme in una finestra del monitor. Se il problema viene risolto l'allarme ottico può essere, grazie ad appositi tasti, resettato.

Il sistema d'allarme deve poter rilevare tutte le situazioni di pericolo (elevata sensibilità) e dall'altro lato, dare quanto meno possibile segnali falsi positivi (elevata specificità). Purtroppo, nella pratica, una elevata sensibilità si associa ad una bassa specificità, il che si traduce in una frequente segnalazione di falsi allarmi. Ciò potrebbe condurre ad una minore attenzione da parte del personale. Per tale motivo, non devono essere stabiliti livelli d'allarme per tutte le variabili da controllare, ma solo per i parametri essenziali.

Di regola, sono soggetti a controllo con sistemi d'allarme i seguenti parametri: fonte energetica, controllo del circolo, pressione nelle vie respiratorie, volume respiratorio per esercizio e per minuto, frequenza respiratoria, rapporti di flusso, rapporto tra i gas inspirati e loro temperatura. Gli eventi segnalati possono essere classificati a seconda delle priorità.

Priorità	Pericolo di vita	Urgenza immediata	Ridondanza	Tipo di allarme
Primo livello	sì, subito	sì	sì	acustico (forte) + ottico
Secondo livello	sì, possibile	sì	no	acustico (deb.) + ottico
Terzo livello	no	no	no	ottico

Tabella . Tipologia allarmi

17.10 Ventilazione non invasiva NIV (Non Invasive Ventilation)

Un'altra modalità di ventilazione artificiale è rappresentata dalla ventilazione non invasiva (NIV) che sostiene il respiro senza necessità di intubazione endotracheale. Può essere

realizzata nei casi di ventilazione a domicilio per patologie respiratorie croniche o per il trattamento delle patologie respiratorie acute o degli scompensi acuti delle patologie respiratorie croniche in terapia intensiva. Ove possibile viene effettuata, poiché sono molteplici gli svantaggi e le possibili complicazioni di un'intubazione protratta o di una tracheotomia, tra i quali:

- Insufficiente umidificazione dell'aria inspirata;
- Lesioni da pressione di naso, palato, corde vocali e trachea;
- Polmoniti;
- Sinusiti;
- Difficile comunicazione con il paziente.

17.11 Sostegno polmonare artificiale ALA (Artificial Lung Assist)

È noto che elevate concentrazioni inspiratorie di ossigeno, così come eccessive pressioni e volumi d'esercizio nelle vie aeree, nelle alterazioni polmonari acute, possono ulteriormente peggiorarne funzione e struttura.

In alcuni pazienti, nonostante l'ottimale impostazione di una terapia respiratoria, non è possibile raggiungere e mantenere valori adeguati di paO_2 .

Questa condizione può svilupparsi rapidamente (**"catastrophic lung disease"**) o progressivamente, nell'arco di alcuni giorni. In caso di fallimento delle metodiche convenzionali di terapia respiratoria, in alcuni centri, vengono praticate tecniche di sostituzione della funzione polmonare, extra- ed intra-corporee.

Il fine è quello di porre il polmone in una condizione di "riposo", evitando pressioni e volumi d'esercizio elevati ed eccessive concentrazioni inspiratorie di ossigeno. A queste tecniche appartengono:

- Il sostegno polmonare extra-corporeo ("Extra Corporal Lung Assist", ECLA);
- L'ossigenazione intravascolare.

L'**ECLA** viene praticata secondo diverse varianti ed identificata con varie denominazioni: artero-venosa, veno-arteriosa e veno-venosa.

Come noto, la variante veno-arteriosa è da tempo praticata in cardiocirurgia nella macchina cuore-polmone e, definita con il termine ECMO (“Extra-Corporal Membrane Oxygenation”, ossigenazione extra-corporea a membrane).

La tecnica veno-venosa, è oggi di più frequente applicazione ed è stata inizialmente definita come ECCO2-R (“Extra-Corporal CO2-Removal”, eliminazione extra- corporea di CO2”), poiché avviene, in primo luogo, l'eliminazione di anidride carbonica e non l'ossigenazione del sangue.

Questo processo è, tuttavia, realizzabile anche nella ECLA veno-venosa e, per tale motivo, vengono indicate la tecnica veno-arteriosa e veno-venosa dello scambio gassoso extra-corporeo.

17.12 Ossigenazione extracorporea a membrane (ECMO)

Così come avviene in cardiocirurgia nella macchina cuore-polmone, il sangue viene prelevato da una grossa vena ed attraverso una cannula di cospicuo diametro, drenato all'esterno dell'organismo, convogliato grazie ad una pompa a rullo in una o due membrane ossigenanti e quindi ricondotto all'organismo in una vena (o arteria).

Questo procedimento necessita di una riduzione della coagulazione, ottenibile con eparina. Per determinare una sufficiente ossigenazione ed eliminazione di anidride carbonica, il **“flowrate” extra-corporeo** deve essere superiore a 2,5 Litri/minuto.

Tuttavia a seguito di tale metodologia possono insorgere gravi effetti collaterali e complicazioni emorragiche dovute alla importante somministrazione di eparina e lesioni in corrispondenza dell'arteria. Inoltre si può giungere a una distribuzione ineguale del sangue ossigenato o ad una alterazione di quest'ultimo a causa del flusso elevato.

17.13 Eliminazione extracorporea di CO2 (Extra Corporal CO2-Removal, ECCO2-R)

In passato, la ECCO2-R veniva combinata alla ventilazione a bassa frequenza.

Oggi invece, l'eliminazione di anidride carbonica viene considerata di minore importanza e l'ossigenazione del sangue venoso nella membrana ossigenante, come più importante funzione della metodica.

La metodica viene eseguita con tecnica di irrorazione venovenosa, con membrane polmonari con eparina e sistema di tubi, in modo che siano sufficienti minime riduzioni della capacità di coagulazione ematica.

17.14 Ossigenazione intra-vascolare

Questa tecnica prevede l'introduzione di membrane ossigenanti nella vena cava, attraverso la giugulare interna o la femorale.

La membrana consiste di fibre insufflate di ossigeno con micropori, sulla cui superficie avviene uno scambio gassoso artificiale.

Tuttavia la superficie di scambio gassoso del sistema (**"Intra-Vascular OXygenator" IVOX**) è minima e la capacità di ossigenazione relativamente limitata.

17.15 Scopi clinici della ventilazione

La ventilazione meccanica può sostenere il respiro alterato, fino a quando la funzione polmonare non migliora, permettendo una sufficiente respirazione spontanea. La ventilazione, però, non risolve la patologia polmonare di base.

Al contrario: la ventilazione è una metodica invasiva, associata a particolari rischi, che possono condurre ad ulteriori lesioni e complicazioni polmonari. I più importanti scopi della ventilazione sono:

17.16 Trattamento di uno stato ipossico (paO₂ inferiore a 60 mmHg);

L'ipossia arteriosa, poiché mette in pericolo la vita del paziente, deve obbligatoriamente essere trattata. La paO₂ deve essere innalzata, in modo da ottenere valori di saturazione superiori al 90%.

17.16 Correzione di un'acidosi respiratoria (pH inferiore a 7,2);

L'ipercapnia determinante acidosi respiratorie che possono mettere a rischio la vita del paziente, deve essere corretta. Mentre lo stato di normocapnia non è, in questo caso, lo scopo principale della ventilazione meccanica, è importante riportare a valori normali il pH.

17.16 Trattamento dell'insufficienza respiratoria.

Alcune patologie polmonari che inducono serie alterazioni respiratorie possono essere trattate con un temporaneo sostegno meccanico.

Soprattutto in corso di malattie respiratorie gravi, la respirazione artificiale, non riesce a riportare i valori di paO_2 e pH a livelli normali, senza arrecare ulteriori lesioni polmonari. Si deve valutare, caso per caso, se possono essere tollerati valori più bassi.

17.17 Ripresa della funzionalità della muscolatura respiratoria.

L'affaticamento della muscolatura respiratoria ("**respiratory muscle fatigue**"), per aumento acuto, non più compensabile, del lavoro respiratorio, può essere trattato con sostegno meccanico.

17.18 Possibilità di sedare e rilassare il paziente.

Con l'impiego della respirazione artificiale, il paziente può essere sedato, rilassato, può essere sottoposto ad anestesia totale o ad analgesia, durante il trattamento in terapia intensiva o per interventi chirurgici.

17.19 Riduzione del fabbisogno sistemico e cardiaco di ossigeno.

In alcune particolari condizioni patologiche, quali la grave insufficienza cardiaca, la sepsi, la ventilazione meccanica può ridurre il lavoro del miocardio e della muscolatura respiratoria e, quindi, ridurre il fabbisogno sistemico e cardiaco di ossigeno.

17.20 Riduzione della pressione intracerebrale.

Un'iperventilazione meccanica controllata riduce l'irrorazione ed il volume di sangue che affluisce al distretto cerebrale, abbassando la pressione, come avviene nei casi di edema cerebrale o trauma cranico. Si devono valutare però i rischi connessi.

17.21 Stabilizzazione del torace.

Nei traumi che determinano instabilità toracica ("**flail chest**"), la temporanea ventilazione può stabilizzare il torace e permettere una sufficiente ventilazione alveolare.

17.22 Differenze fra ventilazione a breve e lungo termine.

Gli scopi della ventilazione a breve e lungo termine non sono differenti, sebbene non si possa definire con esattezza il limite tra le due definizioni.

Una ventilazione che dura più di 48 ore viene denominata a lungo termine. Tanto più prolungato è il tempo di permanenza del tubo, tanto maggiori sono le complicazioni ad esso correlate.

Per tale motivo, in una ventilazione che si prolunga oltre i 14 giorni, è necessario effettuare una trachetomia.

Le complicazioni della ventilazione (infezioni, lesioni polmonari da volume o da pressione), probabilmente, aumentano con il prolungamento della durata della ventilazione; errori nella programmazione dei parametri di ventilazione agiscono negativamente sui polmoni, anche nei casi di ventilazione a breve scadenza; lo svezzamento dal respiratore dopo una ventilazione a lunga scadenza è più complesso rispetto a quello successivo ad un trattamento di minor durata.

17.23 Svezzamento dalla ventilazione (“Weaning”)

Con il termine “Weaning” si intende il meccanismo di passaggio tra la completa ventilazione meccanica e con vie aeree artificiali (tubo endotracheale o cannula tracheale) alla respirazione spontanea con successiva estubazione.

17.24 Pulsossimetro

È una valutazione continua non invasiva dell'ossigenazione del sangue arterioso. Viene misurata la saturazione parziale di ossigeno dell'emoglobina (SpO₂).

Il valore viene mostrato in pochi secondi con un errore, per saturazioni comprese tra 60 e 90%, solo dell'1-2%.

La pigmentazione della pelle non influenza la misurazione. Il valore normale di SpO₂ è 98%. Come noto, la colorazione e le variazioni cromatiche del sangue dipendono dalla saturazione e dalle proprietà ottiche dell'emoglobina:

quella ossigenata assorbe meno la luce nello spettro del rosso, rispetto all'emoglobina deossigenata (ridotta) risultando, quindi, meno trasparente alla luce, a queste lunghezze d'onda. Le metodiche spettrofotometriche del pulsossimetro si basano sulla Legge di

Lambert-Beer, secondo la quale l'assorbimento (l'indebolimento di un raggio di luce) è data dal prodotto fra lo spessore dello strato della soluzione, il coefficiente di assorbimento e la concentrazione della sostanza disciolta (emoglobina).

$$I1 = I0 \cdot e^{-\mu x}$$

Così la concentrazione di una molecola può essere valutata analizzando l'assorbimento della luce ad una lunghezza d'onda data.

Il rapporto di assorbimento viene calibrato rispetto a campioni noti di valori di saturazione e la curva risultante, viene memorizzata da microprocessori del pulsossimetro.

Lo strumento esegue più di 100 letture al secondo e fornisce in "output" la media di queste osservazioni. Possono essere prefissati valori superiori ed inferiori di allarme, il cui superamento in senso positivo o negativo viene segnalato acusticamente.

17.25 Capnometria

Valuta, ad ogni atto respiratorio, la concentrazione di anidride carbonica nella miscela di gas espirata e segnala sul monitor il valore rilevato. Nella capnografia, viene anche registrata la curva di CO₂, durante tutto il ciclo respiratorio. La misurazione avviene per la maggior parte dei casi con la spettrometria ad infrarossi.

17.26 Asincronie paziente-ventilatore

La ventilazione meccanica negli ultimi decenni ha mostrato un notevole sviluppo. I ventilatori moderni sono in grado di offrire un'ampia gamma di ventilazioni e di fornire a infermieri e medici importanti strumenti per il monitoraggio del trattamento ventilatorio al fine di controllarne l'efficacia e di rilevarne le problematiche. La ventilazione meccanica è un importante trattamento di supporto vitale ma al tempo stesso può generare diverse e gravi complicanze come il danno polmonare (V.I.L.I.), la polmonite (V.A.P.), l'atrofia diaframmatica (V.I.D.D.)¹. I clinici, analizzando nello specifico quest'ultima problematica, cercano di scongiurarla utilizzando ventilazioni parzialmente assistite/supportate piuttosto che totalmente controllate². Questa strategia ha lo scopo di evitare l'atrofia diaframmatica attraverso il mantenimento dell'attività contrattile dei muscoli respiratori³, ma richiede un'armoniosa sincronizzazione dell'interazione tra il paziente ed il ventilatore. Durante la ventilazione artificiale l'interazione tra paziente e macchina è caratterizzata da un delicato

equilibrio, che spesso è alterato da molteplici fattori capaci di favorire **complicanze** o di generare **un'asincronia** (in altre parole, una scorretta interazione paziente-ventilatore). In letteratura le asincronie sono descritte e suddivise generalmente in base alla fase del ciclo respiratorio in cui avvengono e si articolano in: asincronie di trigger (sforzo inefficace, doppio trigger, autociclaggio), asincronia di flusso, asincronie di fine inspirazione (ciclaggio ritardato, ciclaggio prematuro) e asincronia di fine espirazione⁴. Molti autori affermano che le asincronie si associano a una maggior durata della ventilazione meccanica⁵, minore probabilità di successo del weaning⁶, ipossiemia⁷, aumento del carico di lavoro dei muscoli respiratori⁸, compromissione cardiovascolare⁹, discomfort¹⁰, disfunzione diaframmatica¹¹⁻¹², disordine del sonno¹³ motivi per cui la loro risoluzione è da considerarsi di grande importanza¹⁴. La correzione precoce delle asincronie è quindi una priorità clinica¹⁴. Per la prima volta, nel 2015, degli autori hanno trovato una significativa correlazione tra frequenza di asincronie e mortalità. Nello studio di Blanch et al.¹⁵ sono stati investigati l'impatto delle asincronie sull'outcome dei pazienti. Tra i 50 pazienti arruolati allo studio, sei avevano un Asynchrony Index (A.I.)* superiore al 10%. Questi pazienti avevano outcome simili in termini di estubazioni fallite e tracheostomie con una maggiore durata di ventilazione meccanica (16 vs 6 giorni, $p=0.061$). C'era inoltre una significativa relazione tra incidenza di asincronie e mortalità in terapia intensiva e ospedaliera. Rimane ad oggi da stabilire se le asincronie siano esse stesse responsabili dell'aumento della mortalità o siano semplicemente un biomarker di gravità della malattia¹⁶. Di fronte a crescenti evidenze che mostrano l'impatto negativo delle asincronie verso gli obiettivi clinici è lecito chiedersi, per iniziare ad affrontare il problema, quanto siano frequenti. Chao et al.⁶ rilevarono che, tra 200 pazienti dipendenti dal ventilatore in un centro di svezzamento, gli sforzi inefficaci erano presenti nel 10% degli arruolati allo studio. Mellot et al.¹⁷ scoprirono che il 24% di 43758 respiri erano asincronie, con prevalenza di sforzi inefficaci. Thille et al.¹⁸ su un campione di 62 pazienti ricoverati in terapia intensiva, rilevarono che il 24% di essi presentavano un alto indice di asincronie, superiore al 10%.

Si può definire da questa analisi della letteratura internazionale che la presenza di asincronie sia un evento piuttosto frequente oltre che potenzialmente deleterio nel paziente ventilato.

17.28 Strumenti utili a identificarle

Molti studi hanno utilizzato nell'identificazione delle asincronie il **catetere esofageo**. Il catetere in polietilene è avvolto nella porzione distale da una cuffia in silicone della lunghezza di 5-10 cm ed una volta cuffiato con aria consente:

- l'acquisizione di valori di pressione da utilizzare come surrogato della pressione pleurica, fornendo dati molto utili nelle misure di meccanica respiratoria e nella valutazione dello stress polmonare;
- il monitoraggio grafico della traccia della pressione esofagea che permette un'osservazione diretta dello sforzo inspiratorio del paziente, permettendo un'accurata interpretazione dell'interazione e della sincronia tra paziente e ventilatore. L'utilizzo di questo device ha permesso l'identificazione di una nuova asincronia denominata reverse triggering, scoperta nel 2013¹⁹.

Un altro sistema, estremamente efficace e validato in molti studi, è l'utilizzo del sondino che caratterizza il funzionamento della ventilazione N.A.V.A. (Neurally Adjusted Ventilatory Assist). Questa tecnica utilizza un SNG chiamato **catetere EAdi** (Electrical Activity of the diaphragm), posizionato in esofago e dotato di una matrice di elettrodi bipolari che si collocano a cavallo del diaframma, consentendo di rilevare i μV della depolarizzazione diaframmatica. Il device esegue una misura diretta del drive respiratorio e risulta essere molto accurato nel rilevare l'inizio e la durata dell'inspirazione ed espirazione neurale.

In questi ultimi anni sono stati sviluppati **software dedicati alla rilevazione delle asincronie** in tempo reale. Ad oggi vi sono pochi studi che utilizzano questa tecnologia che è basata da una parte sull'equazione di moto dell'apparato respiratorio e dall'altra utilizzando valori stimati di elastanza e resistenza²⁰. Sinderby et al.²¹ hanno sviluppato un sistema di rilevazione automatica delle asincronie incrociando le curve di pressione e la traccia derivante dal catetere EAdi. La differenza tra le due tracce è stata quantificata e indicizzata prendendo il nome di NeuroSync Index mostrando un'ottima correlazione quando comparata alla rilevazione manuale. Blanch et al.²² attraverso un software hanno sviluppato un algoritmo in grado di identificare gli sforzi inefficaci e questo sistema è risultato valido quando comparato alla rilevazione di esperti.

I ventilatori moderni presentano di serie il **monitoraggio grafico** della ventilazione. Da più di vent'anni tale tecnologia è presente al letto del malato e si è dimostrata molto utile

nell'identificazione delle asincronie. **L'analisi in tempo reale delle curve di pressione e flusso è in grado di spiegare la complessa interazione paziente-ventilatore**, ma presenta delle limitazioni:

- correlate all'abilità, anche di medici esperti, che può essere scarsa e non permette una semplice, affidabile e fine rilevazione delle asincronie²³;
- le asincronie possono verificarsi in qualsiasi momento e non è possibile rilevarle in modo continuo¹⁶;
- alcune asincronie sono difficilmente rilevabili solo attraverso il monitoraggio grafico¹⁶.

Nel confronto tra i diversi sistemi di monitoraggio dell'interazione paziente-ventilatore è attuale nella realtà di tutti i giorni che il monitoraggio grafico sia il più utilizzato al letto del paziente, per diversi motivi. Il catetere EAdi ed il catetere esofageo non sono posizionati di routine nei pazienti ricoverati in terapia intensiva e su di essi grava senza dubbio il costo dei presidi. A questo, si aggiunge in merito al catetere EAdi, la necessità di disporre di uno specifico ventilatore che supporti tale tecnologia che è brevettata ed esclusiva. Per quanto concerne i software in grado di rilevare le asincronie, essi costituiscono probabilmente lo scenario futuro di sviluppo, con la necessità poi di capirne i costi oltre che validarne gli effettivi benefici su larga scala. Ad oggi il monitoraggio grafico, seppur con qualche limitazione di natura tecnica, è lo strumento di riferimento più utilizzato non solo nelle terapie intensive, ma anche a domicilio. L'analisi delle curve di ventilazione è una tecnologia poco sfruttata, sottoutilizzata dovuto alla complessità d'interpretazione, limitate risorse e limitata formazione anche degli infermieri²⁴. La materia è senza dubbio ostica ma i vantaggi in termini di riconoscimento e trattamento precoce presentano una ricaduta positiva sui pazienti. La nostra personale esperienza ci ha mostrato come un'adeguata preparazione abbia creato i presupposti fondamentali nello sviluppo di una competenza. Nello specifico si è dimostrato che l'infermiere adeguatamente formato è in grado di analizzare il monitoraggio grafico e riconoscere le asincronie²⁵. Il continuo miglioramento e aggiornamento della nostra professione potrebbe porre realmente, tra gli obiettivi futuri, la padronanza infermieristica di questo importante strumento.

*Il termine Asynchrony Index indica il rapporto tra il numero di asincronie verificatesi diviso il totale della frequenza respiratoria. Si ritiene questo valore elevato quando il rapporto supera il 10%.

17.29 Cos'è il trigger?!

giugno 21, 2016 Enrico Bulleri CONCETTI BASE Infermieri area critica, infermieri e monitoraggio, infermieristica clinica, monitoraggio ventilazione, ventilazione meccanica

In questo post proverò a rispondere a due domande piuttosto frequenti: cos'è il trigger? Quanti tipi di trigger esistono?

Il **trigger** (= grilletto) rappresenta un sistema di comunicazione tra paziente e ventilatore, è quel segnale che se viene rilevato dal ventilatore dà inizio alla fase inspiratoria o alla fase espiratoria. È quindi lo strumento utile a sincronizzare il ciclaggio del ventilatore alle richieste del paziente. Il trigger inspiratorio è il segnale che dà inizio alla fase inspiratoria mentre quello espiratorio dà inizio alla fase espiratoria.

Tipi di trigger:

- trigger a tempo anche chiamato tempo di ciclo respiratorio (*sia inspiratorio che espiratorio*);
- trigger a pressione (*solo inspiratorio*);
- trigger a flusso (*solo inspiratorio*);
- trigger neurale (*sia inspiratorio che espiratorio*);
- “ciclo off” anche chiamato % picco di flusso (*solo espiratorio*).

TRIGGER A TEMPO O TEMPO DI CICLO RESPIRATORIO

Per spiegare il trigger a tempo riporto l'esempio di un paziente privo di drive respiratorio che necessita di una modalità di ventilazione controllata. In questo caso sarà il **tempo** di ciclo respiratorio (anche chiamato trigger a tempo) a **comandare il ciclaggio** del ventilatore. Il trigger a tempo sarà gestito dall'operatore attraverso 2 impostazioni: la **frequenza respiratoria (FR)** ed il **rapporto inspirazione/espirazione (I:E)**.

La **frequenza respiratoria** impostata definisce la durata del **ciclo respiratorio** (inspirazione + espirazione), se ad esempio impostiamo una **FR di 12/min**, il ciclo respiratorio durerà **5 secondi** (60 sec/frequenza respiratoria).

Il **rapporto I:E** permette di suddividere il ciclo respiratorio a nostro piacimento, ovvero di scegliere quanto tempo dedicare all'inspirazione e quanto all'espirazione.

Esempio:

- $FR = 12/\text{min}$
- $I:E = 1:2$

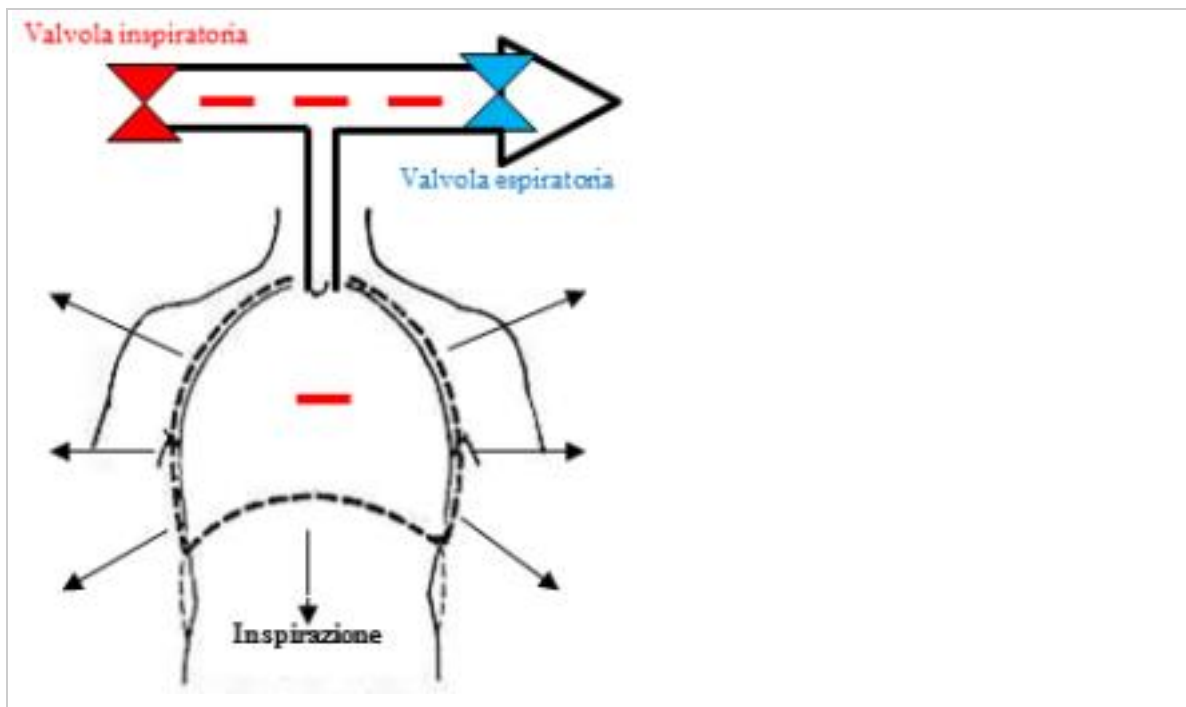
$I:E$ di 1:2 significa che il ciclo respiratorio (in questo esempio di 5 sec) viene suddiviso in 3 parti uguali, una è spesa per l'inspirazione e due per l'espirazione.

Con $FR = 12/\text{min}$ e $I:E = 1:2$ avremo un' **inspirazione di 1.67 sec** e un' **espirazione di 3,33 sec**.

Ricorda che non tutti i ventilatori usano l'impostazione $I:E$, alcuni utilizzano il Ti/T_{tot} , altri ancora fanno impostare direttamente il tempo inspiratorio (Ti). Per sapere quale logica di suddivisione del ciclo respiratorio utilizza il nostro ventilatore basta verificare nel menu impostazioni di una modalità di ventilazione controllata.

Nelle ventilazioni controllate è richiesta anche l'impostazione di un trigger inspiratorio a pressione o a flusso, in quanto questi due tipi di trigger **sono prioritari** rispetto al trigger a tempo. In pratica se durante l'espirazione non viene rilevato alcun segnale, il ventilatore cicla allo scadere del tempo impostato, al contrario se durante l'espirazione viene rilevato il segnale del trigger a flusso o a pressione il ventilatore cicla immediatamente alla fase inspiratoria senza attendere lo scadere del tempo espiratorio, questo serve a fornire aria al paziente ogni volta che lo desidera, lasciando al paziente la scelta della frequenza respiratoria.

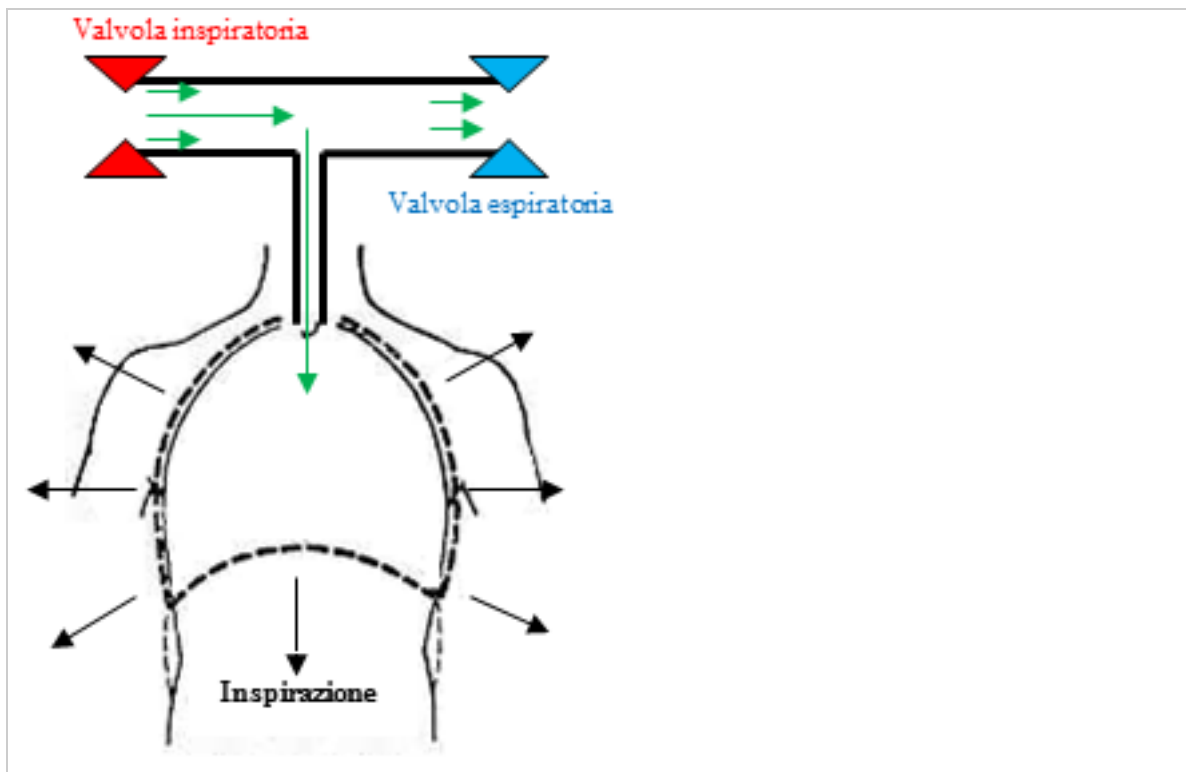
17.30 Trigger inspiratorio a pressione



La figura mostra in modo schematico quello che avviene nei brevi istanti che precedono l'inizio di un nuovo ciclo respiratorio.

La clessidra rossa raffigura la **valvola inspiratoria** a monte del circuito respiratorio, quella azzurra la **valvola espiratoria**. Nel momento in cui il paziente, una volta terminata l'espirazione, decide di inspirare, attiva la muscolatura che genera l'espansione della gabbia toracica senza introduzione di nuovo gas (poiché la **valvola inspiratoria è chiusa**), questo porta ad un abbassamento della pressione all'interno degli alveoli e del circuito ventilatorio. Questa depressione, quando raggiunge il livello che abbiamo selezionato sul trigger inspiratorio (ad esempio -1, -2 cmH₂O), dà al ventilatore il segnale necessario ad iniziare una nuova insufflazione. Il valore da scegliere dovrebbe essere sempre il più basso possibile (a patto che non generi autociclaggio), in modo tale da rendere il trigger molto sensibile: questo consentirà una tempestiva assistenza inspiratoria ed eviterà, al paziente, un eccessivo sforzo muscolare per raggiungere la soglia di trigger impostata e ricevere l'aria.

Trigger inspiratorio a flusso



La figura 2 mostra in modo schematico quello che avviene nei brevi istanti che precedono l'inizio di un nuovo ciclo respiratorio.

La clessidra rossa raffigura la **valvola inspiratoria** a monte del circuito respiratorio, quella azzurra la **valvola espiratoria**. Nel trigger a flusso le valvole non vengono mai chiuse del tutto, in quanto permettono il passaggio di un **flusso continuo**, chiamato bias flow o **flusso di base**, che **esce** dalla **via inspiratoria** e **ritorna** attraverso la **via espiratoria**. Se il paziente non sta inspirando (come a **fine espirazione**), nel circuito **rimarrà** solo il **flusso di base** che entra ed esce dal circuito alla stessa velocità. Se il paziente **inizia l'inspirazione**, una **quota del flusso base** sarà **sottratta** dal paziente e alla macchina **rientrerà** un **flusso inferiore a quello erogato**. La ricezione di questo **segnale** innescherà l'assistenza inspiratoria.

Trigger neurale

Il trigger neurale è disponibile unicamente nella modalità di ventilazione **NAVA(Neurally Adjusted Ventilatory Assist)** della Maquet, la quale gestisce il ciclaggio del ventilatore attraverso l'analisi della curva di depolarizzazione del diaframma (Figura 3).

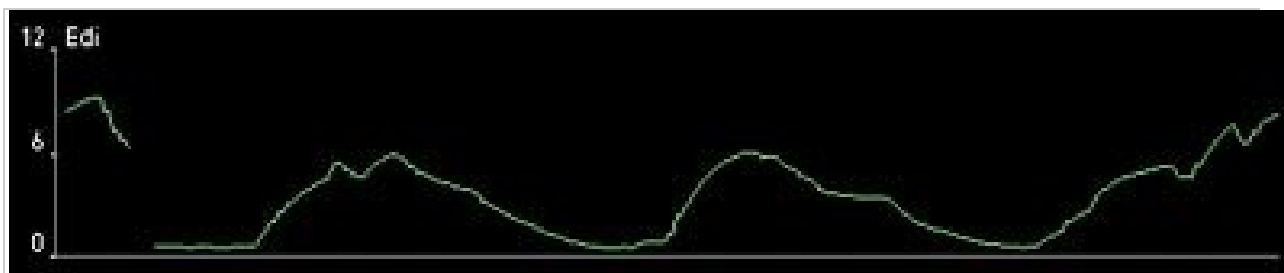


Figura mostra la curva fornita da catetere Edi, ovvero i microvolt generati dalla depolarizzazione diaframmatica.

Richiede il posizionamento di un apposito sondino naso-gastrico dotato di elettrodi che si collocano a livello del diaframma (figura 4) in grado di leggere i microvolt (μV) di depolarizzazione generati dalla contrazione diaframmatica.

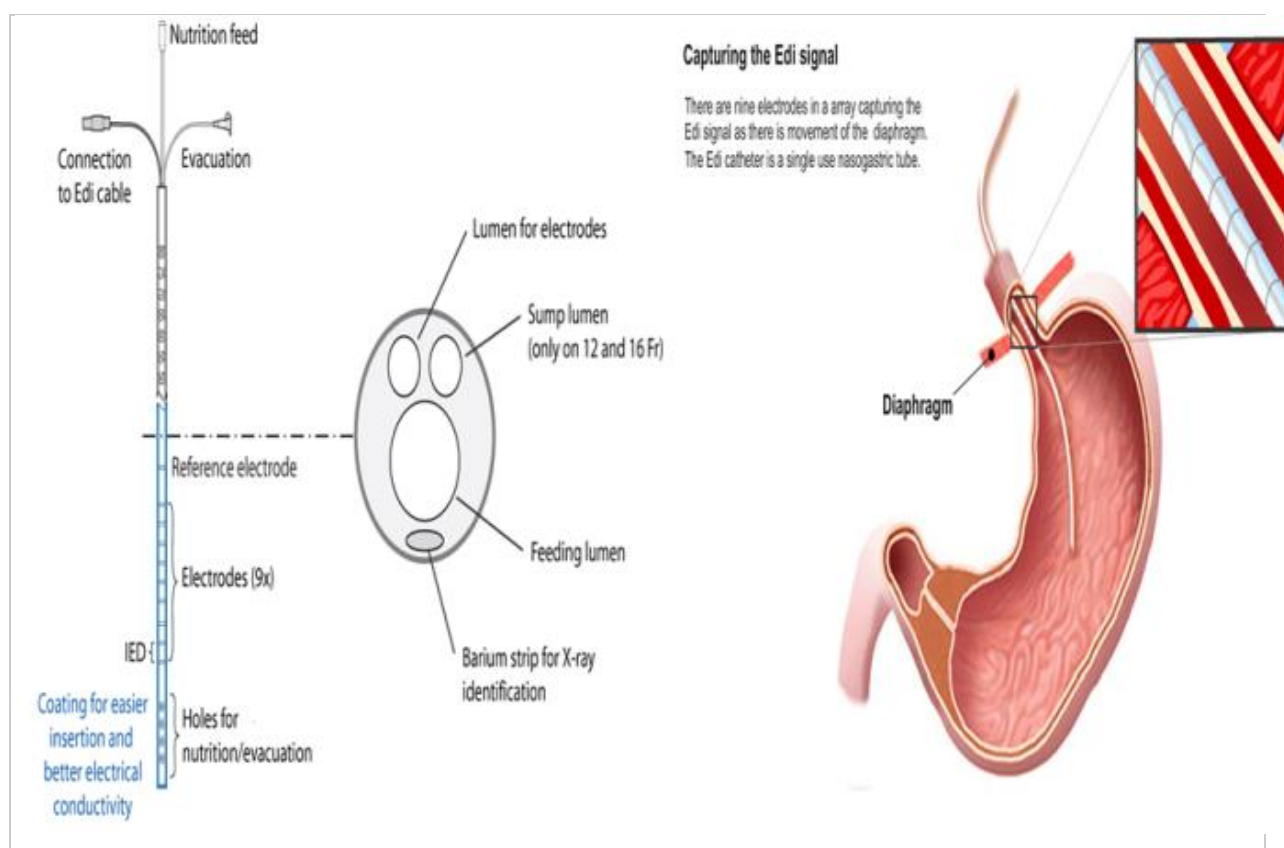


Figura . Sincronizzare il ventilatore sull'attività elettrica diaframmatica può dare alla macchina la massima sensibilità nel ciclaggio, poiché le variazioni di flusso o pressione del circuito, che innescano i relativi trigger, sono sicuramente più tardive.

Trigger inspiratorio: ogni volta che la depolarizzazione del diaframma, espressa in μV , supera la soglia impostata, parte l'assistenza inspiratoria. Nella figura 5 è stato impostato

un trigger di 0,5 μV come soglia, quando il segnale Edi raggiunge tale valore il ventilatore eroga l'assistenza inspiratoria.

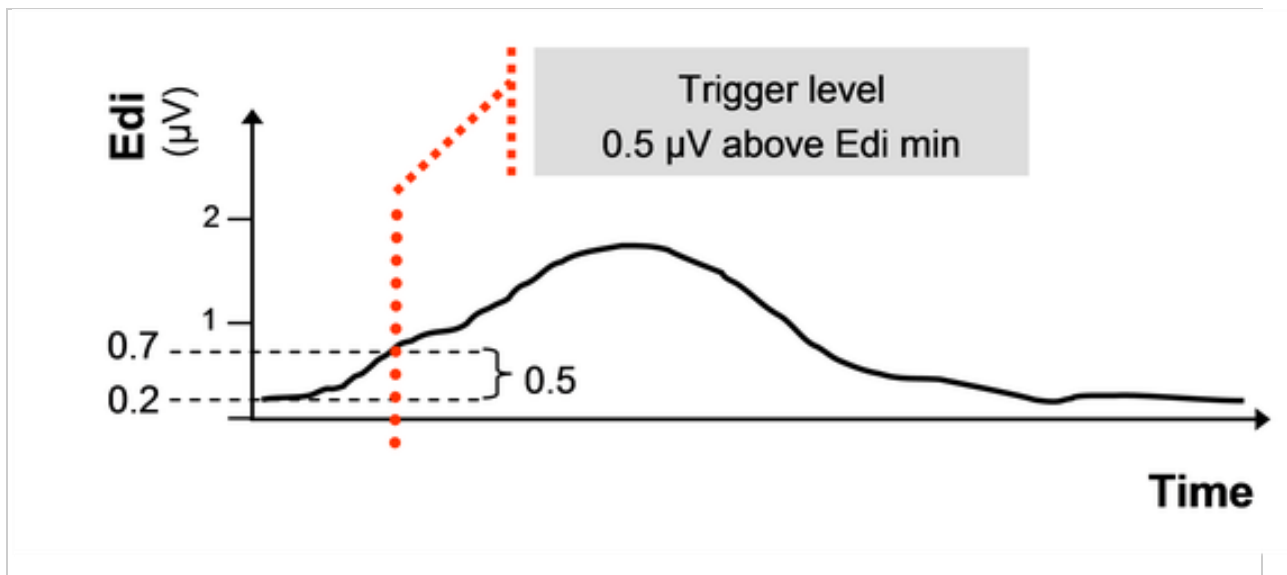


Figura . Trigger espiratorio: in presenza di un **normale o alto segnale Edi**, il ventilatore cicla alla fase espiratoria quando la curva di depolarizzazione diaframmatica **decresce al 70% del picco Edi**. Nel caso in cui il **segnale Edi è basso**, il ventilatore cicla alla fase espiratoria quando la curva di depolarizzazione diaframmatica decade al **40% del suo picco**. Vediamo nella figura 6. un esempio di ciclaggio con segnale Edi normale.

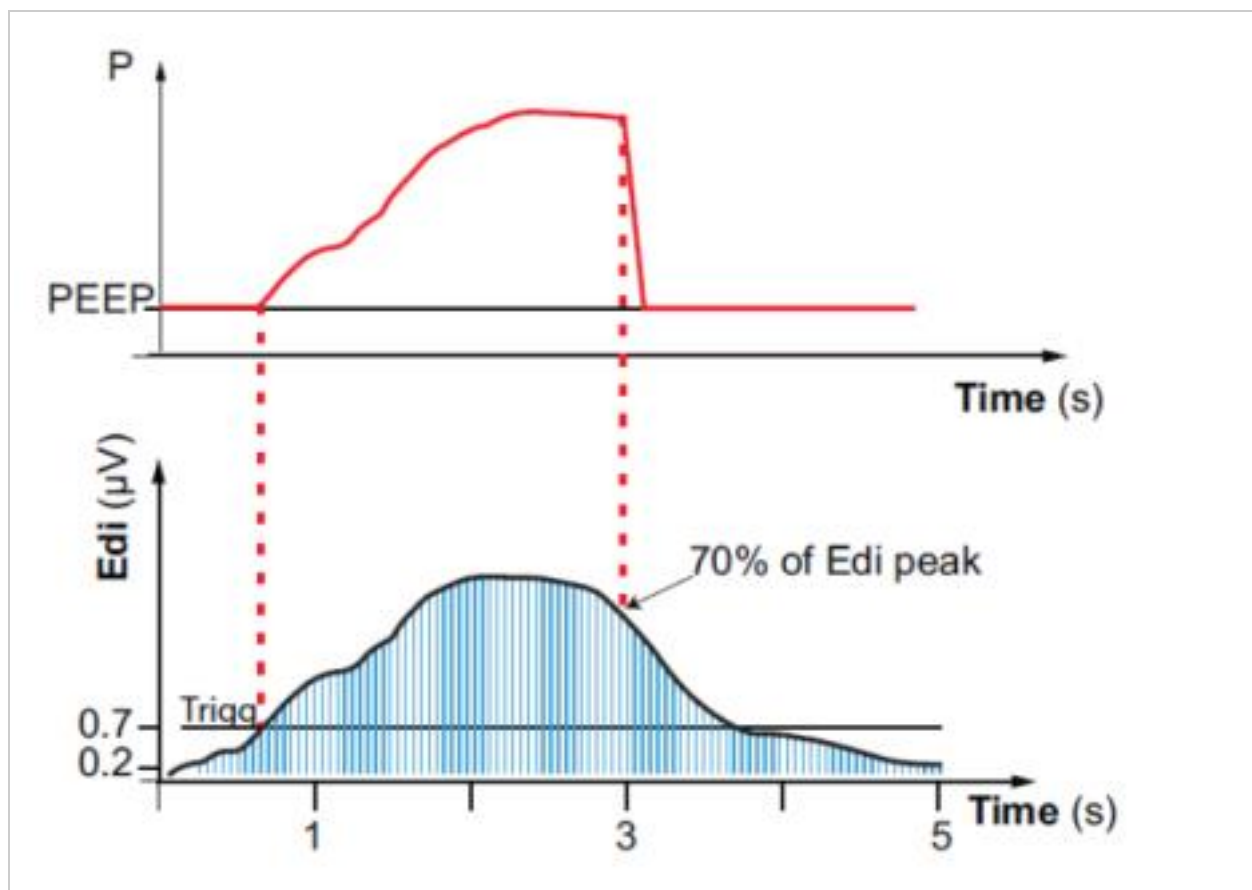


FIGURA 6

CICLO OFF DETTO ANCHE % DEL PICCO DI FLUSSO INSPIRATORIO

Durante le ventilazioni pressometriche la miscela gassosa, all'inizio dell'inspirazione, entra molto velocemente per poi rallentare gradualmente. Graficamente abbiamo un picco di flusso iniziale cui segue un andamento decrescente. Questo trigger espiratorio è operativo durante PSV, nella quale l'inspirazione termina quando il flusso inspiratorio, riducendosi progressivamente, raggiunge la soglia del trigger espiratorio. A tal punto il ventilatore interrompe l'applicazione della pressione di supporto e consente al paziente di espirare. Il trigger espiratorio è regolabile e viene espresso come percentuale del picco di flusso iniziale.

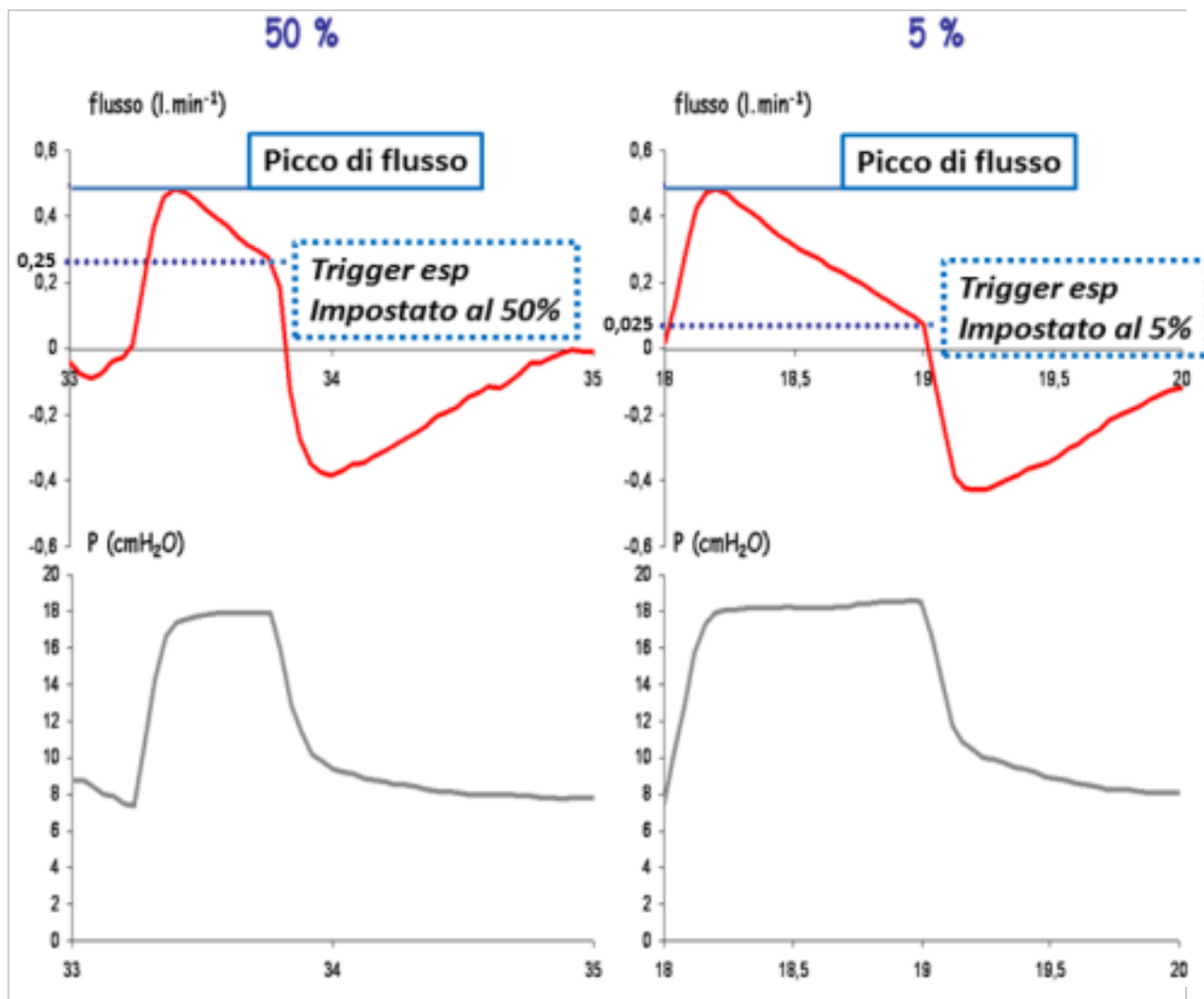


FIGURA 7

Cerchiamo di capire meglio questa impostazione osservando il monitoraggio grafico nella figura 7: abbiamo messo a confronto due atti respiratori di uno stesso paziente, mantenendo inalterato il setting della ventilazione, l'unica differenza tra le due impostazioni è il trigger espiratorio selezionato. Se scegliamo un trigger espiratorio del 50% (parte sinistra della fig. 7), il ventilatore interrompe il supporto e lascia espirare il paziente quando il flusso decresce fino al 50% del picco iniziale. Nell'immagine il picco di flusso è di 0,5 l/min e solamente quando il flusso decresce a 0,25 l/min (50% del picco iniziale) avviene il ciclaggio del ventilatore, cioè l'apertura della valvola espiratoria. Se, invece, scegliamo un trigger espiratorio del 5% (immagine destra della figura 7), il ventilatore cicla quando il flusso decresce fino al 5% del picco iniziale.

17.31 Doppio Trigger (Double Triggering or Breath Stacking)

Il doppio trigger (double triggering or breath stacking) è un'alterazione che si verifica con una discreta frequenza e che cela anch'essa potenziali effetti deleteri.

Questa asincronia si instaura maggiormente in pazienti con grave danno polmonare e drive respiratorio elevato. Analizzando la letteratura gli autori trovano pressoché unanime consenso nel definirla come **“due inspirazioni separate da una fase espiratoria che dura meno della metà del tempo inspiratorio medio”**.

I fattori che possono generare un doppio trigger sono essenzialmente due:

- **eccessiva richiesta del paziente e/o insufficiente supporto/volume inspiratorio;**
- **inadeguato tempo inspiratorio.**

Graficamente quest'asincronia si presenta come due cicli respiratori molto ravvicinati e non separati da un significativo periodo espiratorio: appena termina un'inspirazione ne inizia immediatamente un'altra.

Si è soliti interpretare il doppio trigger come una **duplice attivazione del trigger inspiratorio**, generata però, da **un unico sforzo dei muscoli respiratori**. Quando il ventilatore inizia la fase espiratoria, si verifica un immediato calo di pressione, (perché il paziente sta ancora inspirando), che attiva il trigger, generando una nuova insufflazione⁷.

Molti dei nostri pazienti ventilati possiedono potenzialmente una forza dei muscoli inspiratori sufficiente a depressurizzare il sistema a tal punto da costringere il ventilatore a concedere una nuova mandata ravvicinata. Se a questo elemento si aggiunge un settaggio insufficiente a rispondere alle richieste ventilatorie o un tempo inspiratorio inadeguato sarà matematico l'avvento di un doppio trigger.

Come rilevare il doppio trigger?

Si prende in esame un paziente che ventila in assistita-controllata (A/C in PCV-VG).

Setting del ventilatore

- Volume corrente 320 ml
- Frequenza respiratoria 5 resp/min
- Rapporto I:E 1:10
- PEEP 5 cmH₂O
- Trigger inspiratorio a flusso a massima sensibilità.

Il relativo monitoraggio grafico si presenta così (**Figura**):

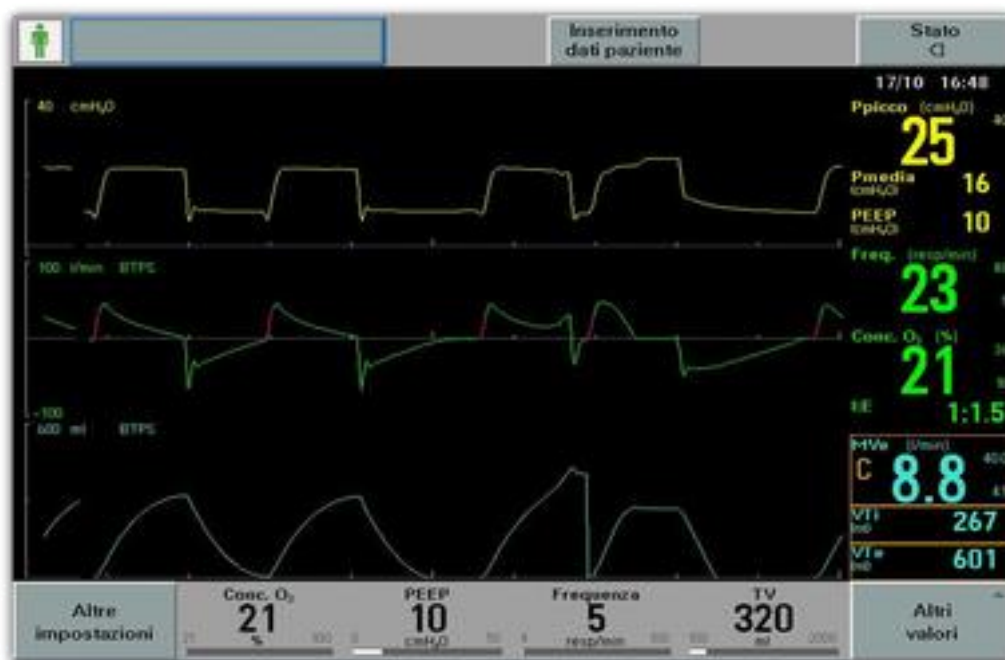


Fig. 1 Monitoraggio grafico durante A/C PCV-VG. Nel terzo atto respiratorio si riscontra la presenza di un doppio trigger.

I primi due atti non rivelano alterazioni e sono cicli respiratori anticipati dal segno di trigger (deflessione sulla curva di pressione), in altre parole il paziente si attiva ed il ventilatore fornisce la pressione necessaria ad ottenere 320 ml di volume corrente, una volta terminata l'insufflazione inizia la fase espiratoria.

Il terzo atto, invece, mostra un'evidente e grossolana anomalia. Vi sono due insufflazioni molto ravvicinate ed intervallate da una **fase espiratoria brevissima**.

Nella **figura** è evidente che il tempo espiratorio dura sicuramente meno della metà del tempo inspiratorio medio, si tratta dunque di un doppio trigger.

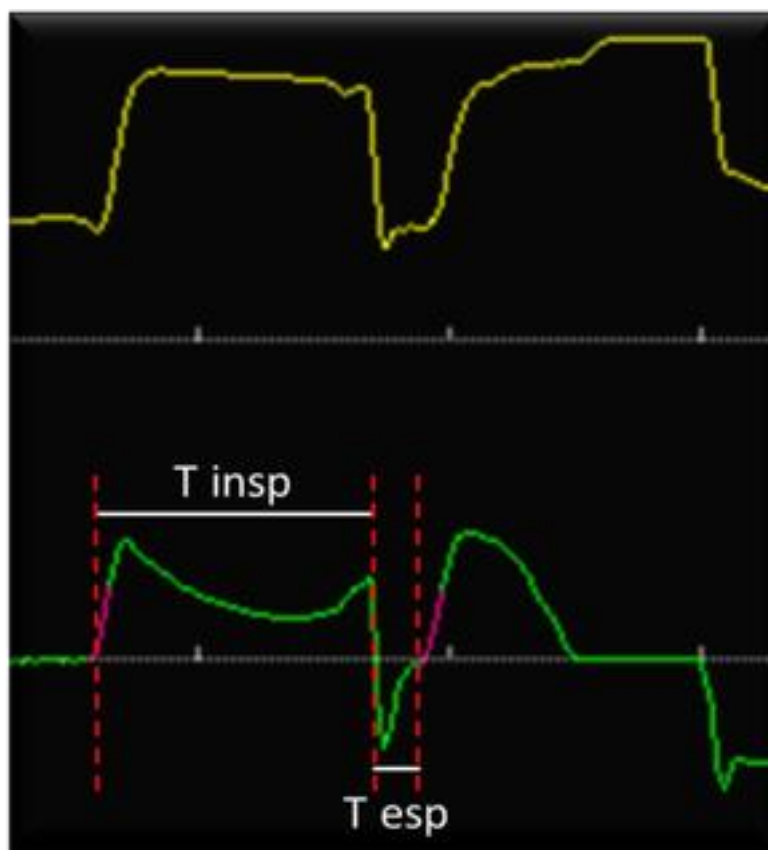


Fig. Dettaglio sulla curva di flusso-tempo. In presenza di doppio trigger, il tempo espiratorio è talmente breve che dura meno della metà del tempo inspiratorio medio.

Vi è poi un particolare rilevabile verso il termine del quarto atto inspiratorio e che esula dalla definizione di doppio trigger. La PAW è più alta rispetto agli altri atti, inoltre il flusso in concomitanza di quest'incremento rimane a zero: si può tradurre questo segno come un tentativo da parte del paziente di espirare prima che il ventilatore abbia terminato l'insufflazione. Questo comportamento è imputabile al fatto che il paziente una volta soddisfatto dal volume ottenuto decide di interrompere l'inspirazione passando all'espirazione, ma il ventilatore non ne asseconda il desiderio perché a quel punto sta ancora fornendo pressione, erogazione che interromperà mezzo secondo più tardi. Quanto descritto descrive le caratteristiche di un'altra asincronia definita ciclaggio ritardato e che

tratterò per esteso in futuro. Da un punto di vista clinico è importante capire che, tra le due diverse asincronie generate (doppio trigger e ciclaggio ritardato), il trattamento deve essere riservato al doppio trigger essendo l'alterazione principale e la causa primaria. Per semplificare ulteriormente il concetto trovo utile dire che il paziente incorre, per qualche problema, in un doppio trigger e che questa asincronia a sua volta ne genera un'altra.

Nella **figura** si riporta un paziente che ventila in PSV ed oltre al monitoraggio grafico con le curve di pressione e flusso si abbina anche la traccia diaframmatica EAdi prodotta dal catetere NAVA. L'immagine spiega chiaramente come durante il doppio trigger del ventilatore vi sia un'unica contrazione diaframmatica del paziente. Sottolineo questo elemento fondamentale perché vedremo in futuro un'altra asincronia che spesso è confusa e scambiata per doppio trigger.

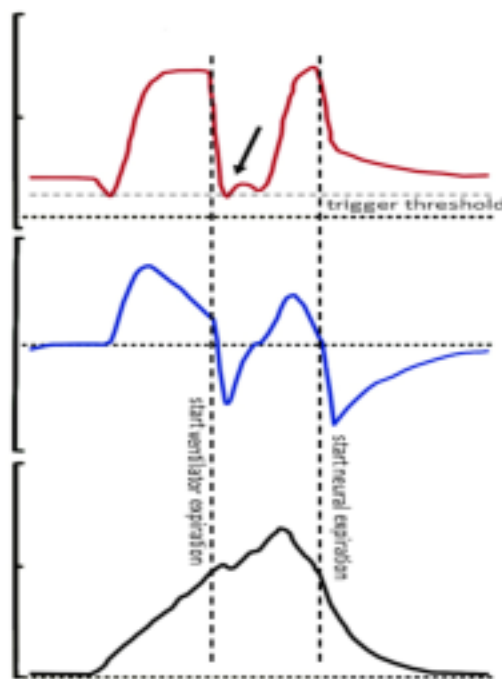


Fig. Doppio trigger e catetere EAdi. Il paziente inspira ed il ventilatore “risponde” con due insufflazioni. La fase espiratoria brevissima che intercorre tra le due mandate non è, come si può vedere, generata dal paziente. Si tratta invece del ritardo del ventilatore nel re-invertire le valvole. Il ventilatore, terminando l’insufflazione, chiude la valvola inspiratoria ed apre in condizioni di normalità la valvola espiratoria. La forza diaframmatica del paziente che si vede nella terza traccia, invece, obbliga il ventilatore a riaprire a stretto giro la valvola inspiratoria e chiudere quella espiratoria provocando così “un artefatto espiratorio”. Questa è la rara situazione

in cui ad un flusso negativo non corrisponde un'effettiva espirazione. La vera espirazione del paziente (neural expiration) si compie più tardi.

Possibili soluzioni

1 . Il doppio trigger è l'espressione di una domanda eccessiva del paziente e/o un insufficiente flusso fornito dal ventilatore. Un semplice accorgimento potrebbe essere l'aumento del supporto inspiratorio o del volume nel settaggio della ventilazione poiché porterebbe a una riduzione della richiesta inspiratoria del paziente.

2 . Altra impostazione che potrebbe risolvere il doppio trigger è l'aumento del tempo inspiratorio. Nelle ventilazioni assistite/ controllate si potrebbe suggerire di:

- dimenticare il rapporto I:E e guardare, invece, solo il tempo inspiratorio;
- iniziare con un tempo inspiratorio di circa un secondo e perfezionare la scelta analizzando il monitoraggio grafico.

Attenzione! **Controlla che vi sia la presenza del segno di trigger prima della “doppietta”**. Se non lo vedi sei in presenza di un'altra asincronia che spiegherò prossimamente.

Si consiglia poi di prestare particolare attenzione al doppio trigger nelle ventilazioni assistite/controllate a target di volume: alla presenza di due atti inspiratori non separati da un'espirazione rilevante (che si ricorda non è un'espirazione reale come risulta ben chiaro nella figura

3), il volume fornito con il primo atto si somma a quello del secondo. Questa situazione, di fatto, porta ad avere nei polmoni il doppio del volume impostato, elemento che potrebbe vanificare i benefici della ventilazione protettiva (basso volume corrente, ≤ 6 ml/kg di peso ideale) utilizzata nei pazienti con ARDS, oltre che indurre potenziali danni da volutrauma.

17.32 Sforzo inefficace (Ineffective effort)

Tra gli obiettivi da perseguire durante la ventilazione meccanica la riduzione delle asincronie tra paziente e ventilatore riveste un ruolo di grande importanza¹. Tra di esse lo sforzo inefficace risulta essere la più frequente². L'inizio della fase inspiratoria è molto delicata e richiede l'attivazione della muscolatura inspiratoria del paziente, che

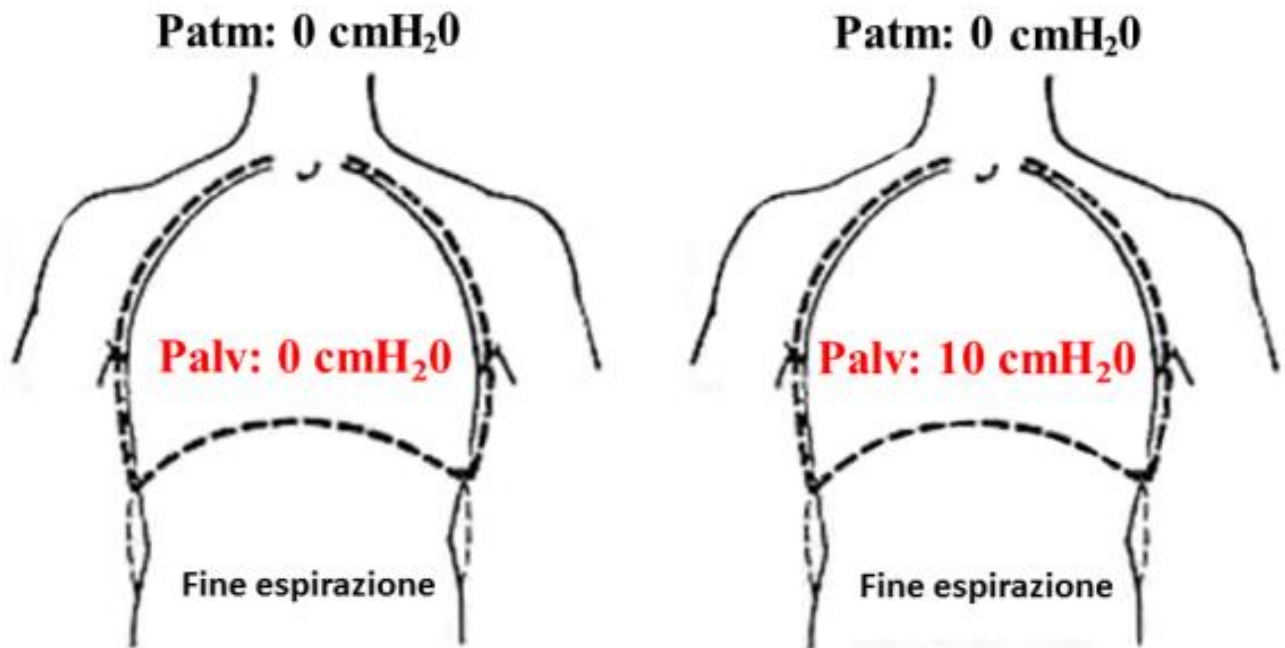
superando la soglia impostata, innesca il trigger del ventilatore. Quando il paziente attiva il diaframma, ma non riesce ad attivare il trigger del ventilatore si verifica uno sforzo inefficace. Per diversi motivi la muscolatura inspiratoria, sebbene si sia attivata, non ottiene l'assistenza del ventilatore. Questa situazione ricorda, ma esattamente al contrario, un'altra asincronia già trattata, ovvero l'autociclaggio in cui il ventilatore regala assistenza al paziente, sebbene quest'ultimo non abbia attivato i muscoli respiratori.

L'attivazione della muscolatura respiratoria cui non segue l'apertura della valvola inspiratoria genera uno sforzo inefficace. Il paziente genera uno sforzo inspiratorio non sufficiente ad attivare il trigger, quindi non riceve la miscela gassosa.

I fattori che possono generare quest'asincronia sono:

1. **Ridotta attivazione dei muscoli respiratori.** I pazienti con patologie neuromuscolari sono caratterizzati da **debolezza dei muscoli respiratori**, in genere secondaria a miopatia, miosite, tetraplegia o altre cause, sia infettive, metaboliche o traumatiche. Gli sforzi inefficaci sembrano essere più frequenti in pazienti con **alti livelli di assistenza ventilatoria**³. Lo studio di De Wit et al.⁴ ipotizza che un minore sforzo muscolare e quindi un minore flusso inspiratorio generato dai pazienti **maggiormente sedati** aumenti l'incidenza di ineffective efforts. Il tasso di sforzi inspiratori inefficaci (cui era pari a zero nei pazienti svegli e calmi (RASS=zero) aumentava linearmente con l'aumento della profondità dello stato di sedazione, fino ad attestarsi intorno al 15% di tutti gli
2. atti respiratori nei pazienti non risvegliabili (RASS=-5). Vaschetto et al.⁵ affermano che la sedazione profonda con propofol può promuovere l'instaurarsi di sforzi inefficaci durante ventilazione in Pressure Support.
3. **Presenza di PEEP intrinseca.** Se a fine dell'espirazione il volume corrente è stato esalato completamente, (come avviene in condizioni di normalità), negli alveoli si avrà la stessa pressione che si trova all'esterno delle vie aeree. Si porta, ad esempio, il respiro spontaneo, dove ci si aspetta che a fine espirazione, la pressione negli alveoli sia uguale alla pressione atmosferica (Patm): **Palv =**

Patm



4. Figura 1. Nell'immagine a sx è mostrata una fine espirazione fisiologica, a dx una pressione di fine espirazione con PEEP intrinseca.
5. Se a fine espirazione, invece, il volume corrente non è stato espirato completamente (figura 1), si genera **IPERINFLAZIONE DINAMICA, un fattore in grado di generare sforzi inefficaci.**
6. Qualunque sia il meccanismo fisiopatologico sottostante questo fenomeno, possiamo definire la PEEPi come la condizione in cui a fine espirazione la pressione alveolare è maggiore della pressione atmosferica (se il paziente è in respiro spontaneo), oppure, $Palv > PEEPe$ (se il paziente è ventilato meccanicamente). Nei pazienti passivi il valore di PEEP intrinseca varia principalmente al variare del tempo espiratorio, delle resistenze delle vie aeree e della presenza o meno di flow limitation⁶. Quindi una variazione di frequenza respiratoria/tempo inspiratorio oppure un miglioramento o peggioramento di flow limitation e broncocostrizione porteranno a diversi valori di PEEP intrinseca nello stesso paziente, anche in tempi relativamente brevi. Nei pazienti con attività respiratoria spontanea, la PEEPi può cambiare anche in funzione della presenza o meno di attività dei muscoli espiratori⁷.
1. **Trigger poco sensibile.** L'impostazione di un trigger poco sensibile costringe il paziente ad un surplus di lavoro inutile. Nella sostanza è come se volontariamente si volesse aumentarne il carico soglia.

17.33 COME RILEVARE UNO SFORZO INEFFICACE

Prendiamo in esame il monitoraggio grafico di un paziente che ventila in PSV, con le seguenti impostazioni (figura 2):

- Supporto di Pressione 10 cmH₂O
- PEEP 5 cmH₂O
- Trigger a pressione, -2 cmH₂O

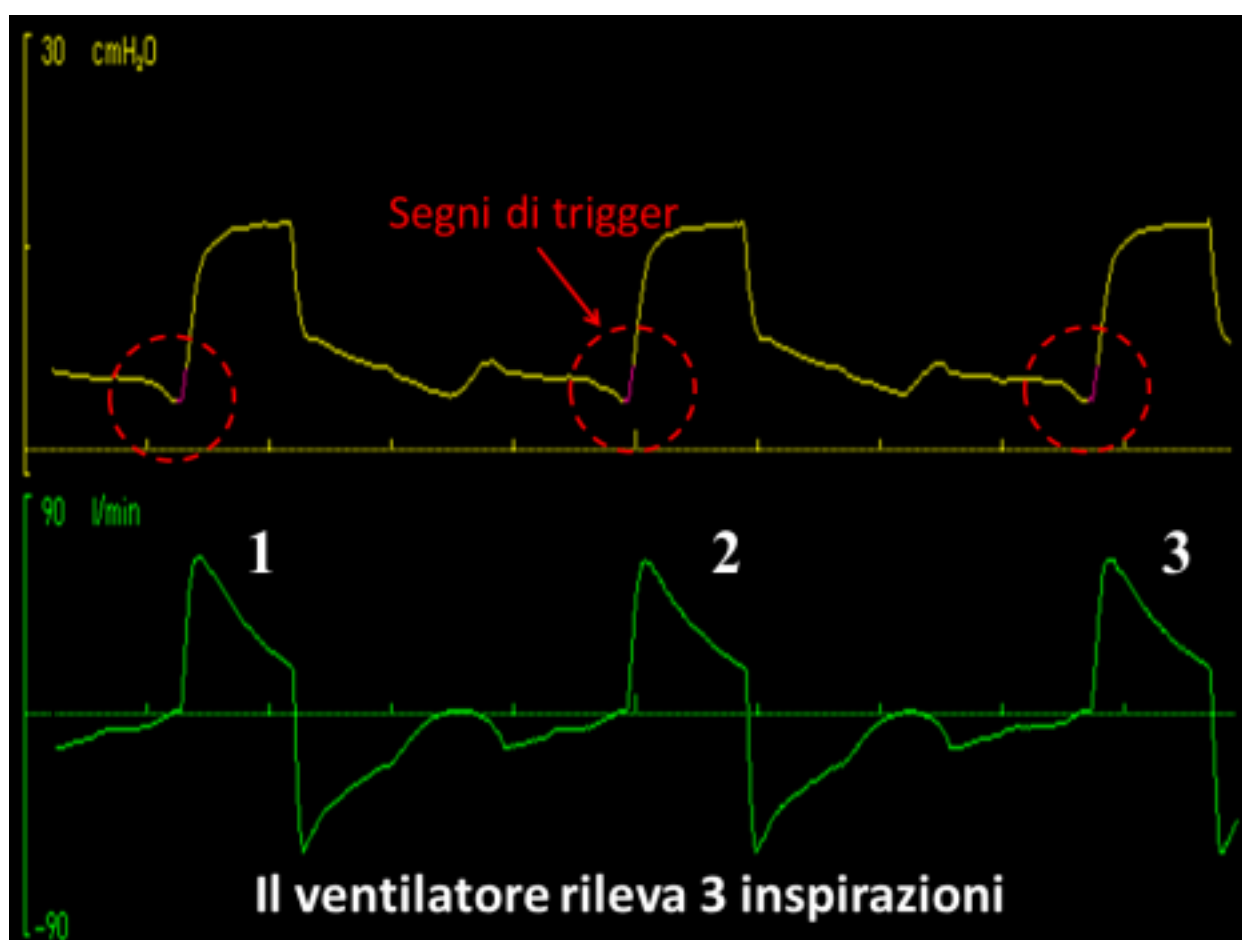


Figura 2. Monitoraggio grafico di un paziente che ventila in PSV.

Nell'immagine sono ben visibili tre segni di trigger, con la classica incisura sulla curva di pressione-tempo, a cui seguono tre erogazioni di Pressure Support.

Normalmente quando il flusso espiratorio torna a zero, ci si aspetta che il paziente si attivi per una nuova inspirazione. Nella figura 2, tra il primo e secondo atto, così come tra il secondo e il terzo, il **flusso torna a zero** per qualche istante, ma non segue una nuova inspirazione, anzi, **riprende** con una breve **espirazione**.

Che cosa è successo?

Il paziente ha terminato la propria espirazione quando la curva di flusso tocca la linea dello zero, ma nel tentativo di inspirare, non riesce ad attivare il trigger. La pressione diminuisce, ma non abbastanza da raggiungere la soglia del trigger impostata: è così che si genera uno **sforzo inefficace!** (Fig 3-4)

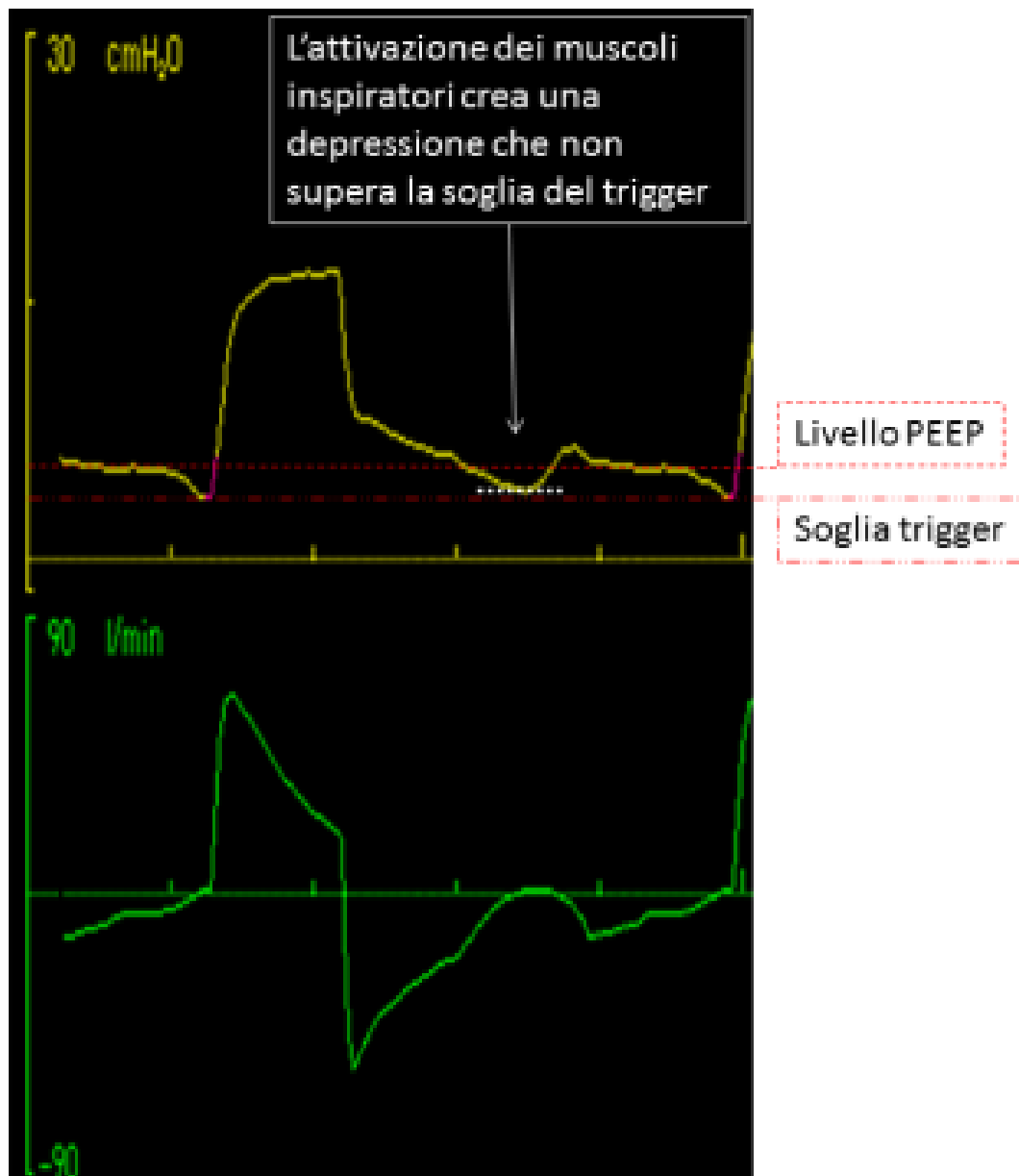


Figura . Tratteggiati in rosso il livello di PEEP e la soglia di trigger impostata. In bianco il livello raggiunto dai muscoli inspiratori

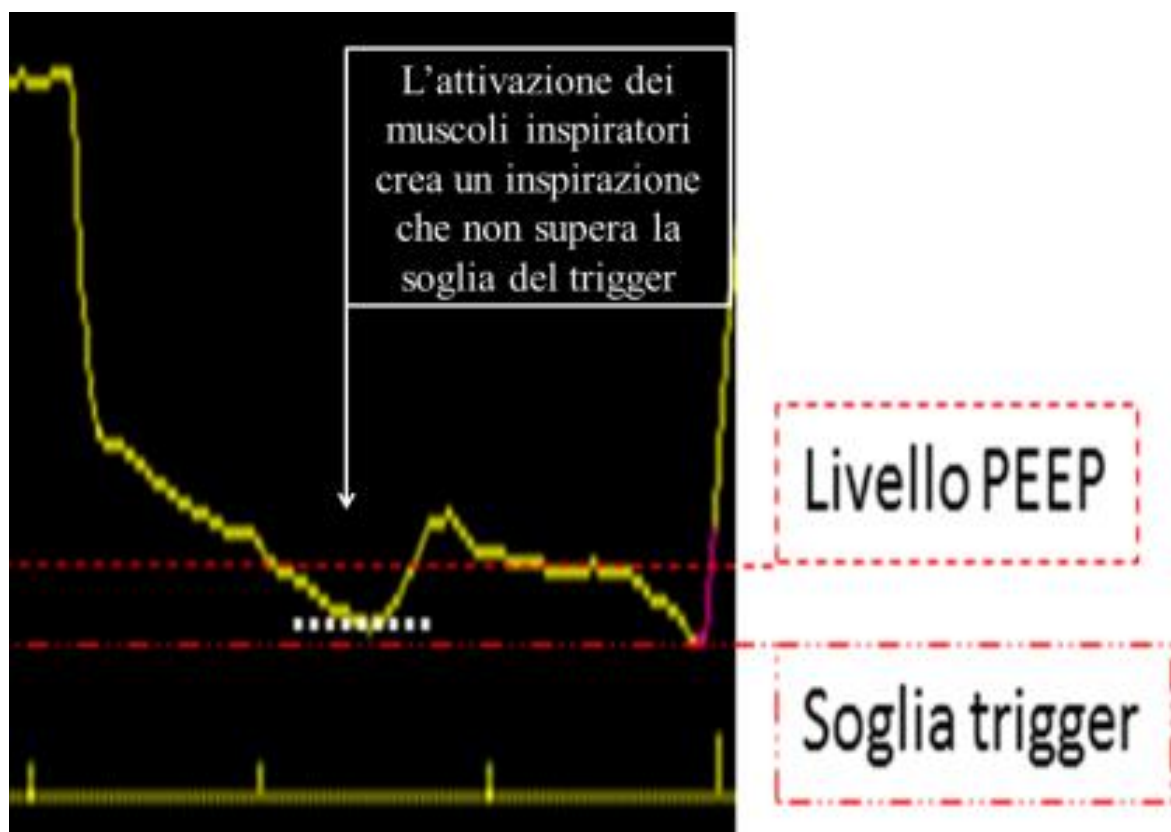


Figura . Dettaglio ingrandito sulla curva di pressione-tempo.

Nella curva di pressione è evidente una depressione, che disegna una caratteristica concavità verso l'alto, proprio in corrispondenza al tentativo del paziente di innescare il trigger.

Le **concavità verso il basso** sulle curve di flusso, e le corrispettive concavità verso l'alto sulle curve di pressione (che non sempre sono visibili sulle PAW), descrivono graficamente la presenza di uno sforzo inefficace.

Il paziente ottiene il supporto inspiratorio per tre volte, mentre in due casi fallisce.

Sebbene questi due atti non abbiano condotto all'ottenimento dell'aiuto del ventilatore **sono da considerarsi inspirazioni dal punto di vista muscolare**: i muscoli respiratori hanno inspirato, purtroppo senza riuscire a

fare entrare la miscela gassosa nei polmoni.

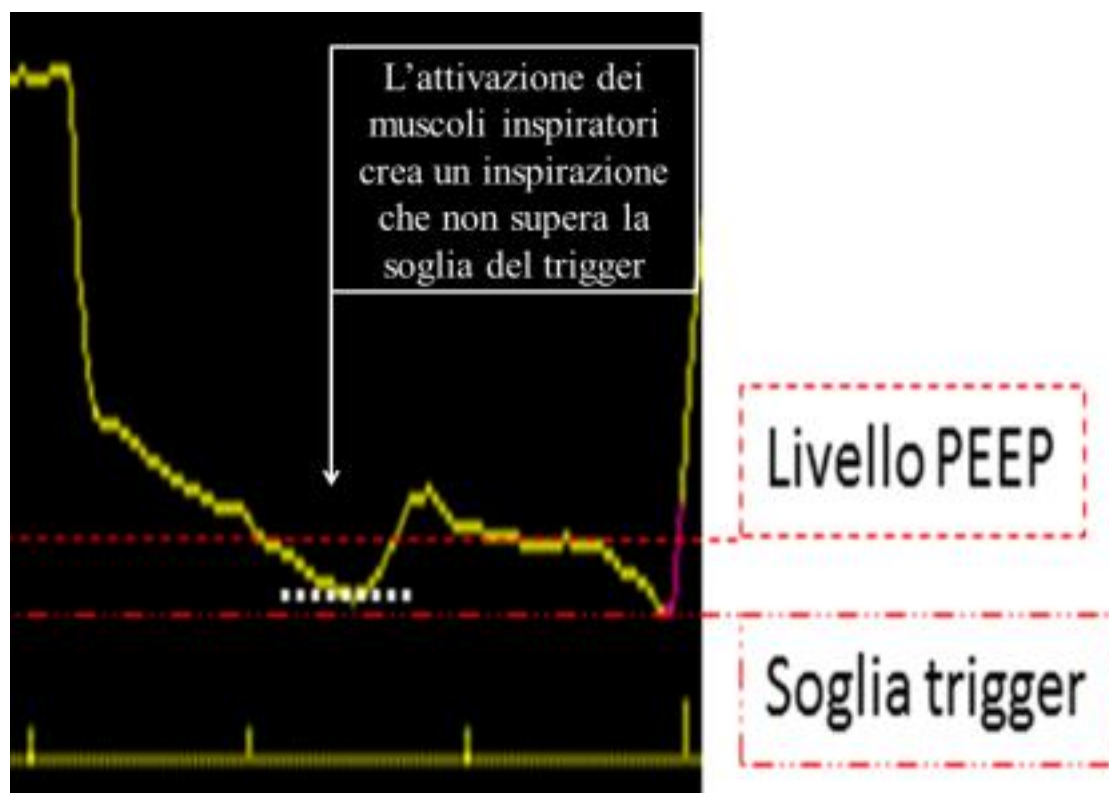


Figura . Dettaglio ingrandito sulla curva di pressione-tempo.

*Il **monitoraggio numerico** del ventilatore rileverà una frequenza respiratoria inferiore a quella effettiva dei muscoli respiratori, perché riconosce solo gli atti triggerati e tra le altre cose non emetterà allarmi di alcun tipo.*

Un'attenta analisi del **monitoraggio grafico** dimostra, invece, che gli atti respiratori effettivi sono di più: **gli sforzi inefficaci, infatti, sono da aggiungere alla frequenza respiratoria per valutare l'attività del paziente.**

Si ricorda che il tipico aspetto di un'espiazione passiva presenta un flusso

espiratorio che inizia con un picco e in seguito decresce esponenzialmente. In altre parole ha l'aspetto di una curva con la concavità verso il basso. Nel nostro caso abbiamo una curva che appare inizialmente passiva, ma ad un certo punto notiamo un cambio di ripidità: segno che mostra l'attivazione della muscolatura inspiratoria che interrompe l'espiazione, portando il flusso sulla linea dello zero (Figura).



Figura. In rosso è stata tratteggiata la linea teorica del flusso espiratorio.

Caratteristiche di uno sforzo inefficace:

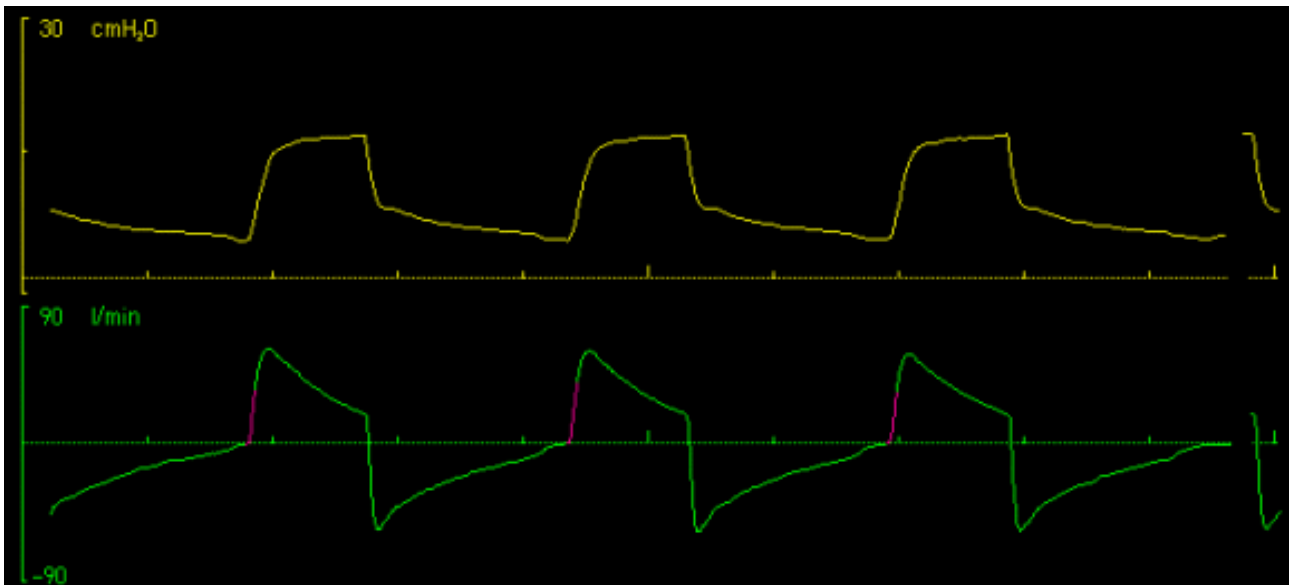
- Si può manifestare durante l'espirazione o tra la fine dell'espirazione e l'inizio dell'inspirazione, che, di fatto, non avviene perché al paziente non arriva la miscela gassosa;
- Presenta una **concavità verso il basso** sulla curva di flusso e spesso una concavità verso l'alto sulla curva di pressione.

Possibili soluzioni

1. La presenza di sforzi inefficaci potrebbe essere correlata a errate impostazioni di trigger. Si potrebbe **impostare una soglia di trigger più sensibile per risolvere il problema (e diminuire, così, il carico di lavoro della muscolatura inspiratoria)**.
2. Il riconoscimento di quest'alterazione può evidenziare un problema clinico importante: **uno sforzo inefficace può essere un segno della presenza di PEEP intrinseca (se il trigger inspiratorio è stato impostato correttamente). La riduzione della PEEP intrinseca, quando possibile, diminuisce il lavoro della muscolatura inspiratoria ed il rischio di incorrere in sforzi inefficaci.**

3. Protocolli e strategie finalizzate “all’**ottimizzazione**” (**riduzione**) **dell’uso dei sedativi** si sono rivelati vantaggiosi nel ridurre l’incidenza di asincronie. Si potrebbe riservare l’uso di sedativi solo ai casi di assoluta necessità.

Nel nostro esempio, la semplice variazione del setting, passando da un trigger a pressione ad un trigger a flusso con **maggiore sensibilità**, ha prodotto il seguente monitoraggio grafico. (FIG).



È evidente l’**assenza di sforzi inefficaci** poiché ogni attivazione della muscolatura inspiratoria del paziente va a buon fine. La soglia di trigger ora richiede meno impegno muscolare e rende più facile al paziente l’accesso al supporto di pressione. Gli atti rilevati a monitor corrispondono all’effettiva frequenza della muscolatura respiratoria.

17.34 RISE TIME

Tra le diverse impostazioni che il ventilatore richiede, il rise time è tra quelle che solitamente non figura nel main menù..

Il **Rise Time** o tempo di salita, o ancora rampa, è un’impostazione presente su tutte le ventilazioni controllate, assistite e assistite/controllate. Rappresenta il tempo impiegato dalla curva che “comanda” la ventilazione (variabile indipendente) per passare da zero al proprio valore massimo. Nelle **ventilazioni volumetriche** è il *tempo impiegato a raggiungere il picco di flusso inspiratorio*, mentre nelle **ventilazioni pressometriche** è il *tempo impiegato dalla pressione per raggiungere il suo punto più alto*¹. Di seguito si

mostrano due diversi settaggi, ma che differiscono solo nell'impostazione del tempo di rampa.

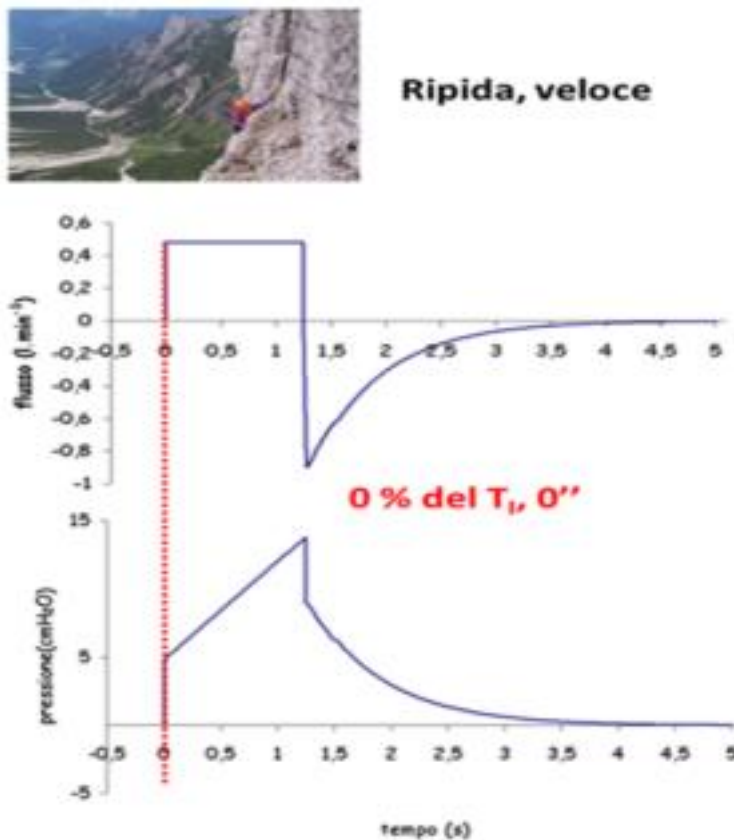


Figura . Rise time impostato a 0 millisecondi.

La figura mostra una ventilazione **volumetrica**, in cui possiamo osservare sul **monitoraggio grafico** l'erogazione del **flusso inspiratorio** in base all'impostazione scelta: nella **curva di flusso** la rampa è immediata (**tempo di salita 0 millisecondi**) e questo significa che a tempo zero viene raggiunto il picco di flusso.

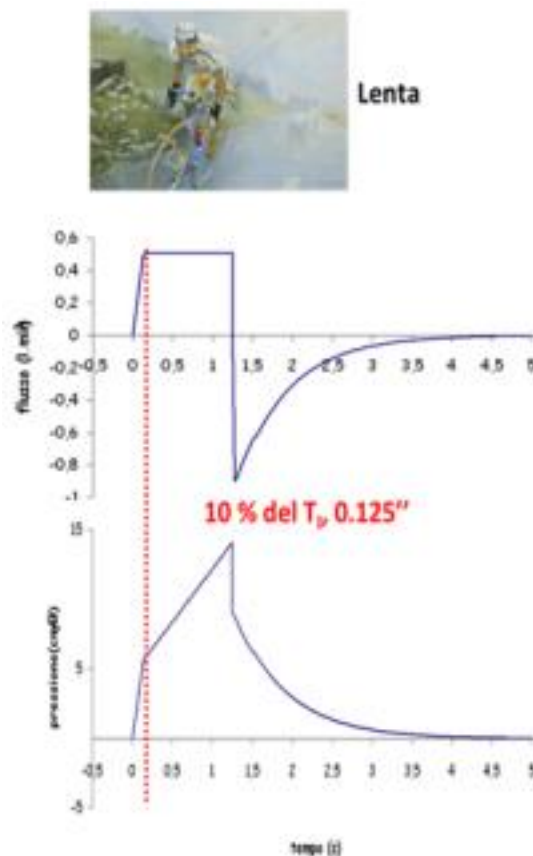


Figura . Rise time impostato a 0,125 millisecondi.

La figura mostra ancora una ventilazione volumetrica, ma con un'impostazione di rise time più lenta, infatti il tempo di salita è di 0,125 secondi. Nella curva di flusso-tempo si nota che il picco di flusso viene raggiunto più lentamente.

Ad uno primo sguardo questi due diversi settaggi possono apparire ininfluenti o un esercizio di stile. In realtà e soprattutto nei **pazienti attivi**, il **rise time è uno strumento che può migliorarne l'interazione**.

Il **rise time si misura in frazioni di secondo**. Qualche ventilatore ha un'impostazione molto intuitiva: bisogna scegliere il tempo di rise time (spesso in millisecondi), qualche altro lo esprime come percentuale del tempo inspiratorio. Comunque sia, **più è basso il numero, più veloce è il rise time**.

Esistono poi dei ventilatori (bastian contrari!) che indicano con 100% un rise time istantaneo e se la percentuale si abbassa il tempo di salita aumenta: in questo caso, **più è basso è il numero, più lento è il rise time**. A questo, in linea teorica generale, si deve aggiungere che le prestazioni di ciascun ventilatore possono differire nel raggiungimento del picco inspiratorio sebbene siano impostati con settaggi similari². Per questi motivi,

ma non solo, è sempre nostra premura raccomandare la consultazione del manuale delle istruzioni del ventilatore in uso (consiglio banale, ma sempre salutare).

Il tempo di salita esprime la rapidità con cui inizia l'insufflazione. La regolazione del rise time è importante soprattutto nei pazienti che interagiscono con il ventilatore, mentre è molto meno importante nei pazienti passivi.

Nei pazienti con patologie restrittive il rise time deve essere impostato con un tempo di salita veloce/breve. Vi sono evidenze che mostrano che un rise time lento aumenta il lavoro respiratorio e l'incidenza di asincronie ³⁻⁶.

Una rampa troppo veloce, di contro, può generare talvolta discomfort perché l'erogazione del flusso avviene talmente repentinamente da superare la capacità d'inspirazione del paziente, fenomeno definito in letteratura come pressure overshoot.

Graficamente si manifesta con un singolo spike o più spikes con andamento decrescente (figura).

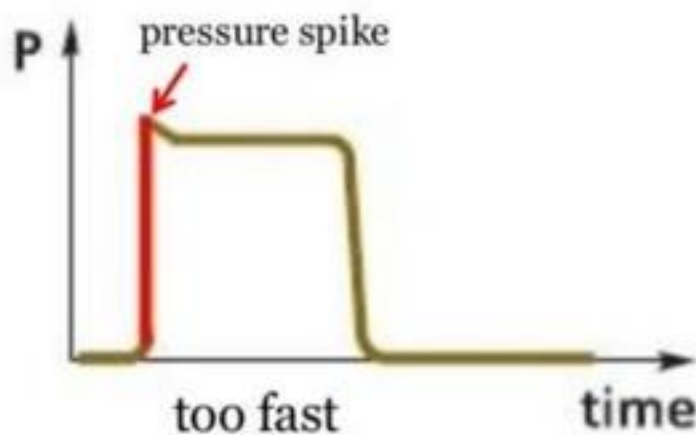


Figura . Rise time “veloce” e overshoot di pressione



Figura. Rise time “veloce” e overshoot di pressione.

Da acquisire:

1. Un rise time **troppo veloce** può generare **discomfort**;
2. Un rise time **troppo lento** può determinare **aumento del lavoro respiratorio, asincronie** ed un **minor volume corrente**;
3. Il **monitoraggio grafico** è indispensabile per valutare la corretta impostazione del tempo di salita;
4. Il rise time, se impostato correttamente, può migliorare l'interazione tra paziente e ventilatore.

17.35 Autociclaggio (autocycling)

Nel post precedente affrontato da Enrico sono stati spiegati i tipi di trigger e l'importanza che rivestono durante l'inizio della fase inspiratoria e il ciclaggio alla fase espiratoria durante ventilazione meccanica.

Il **trigger inspiratorio** è un dispositivo che permette una sorta di comunicazione tra paziente e ventilatore: ad ogni attivazione della muscolatura inspiratoria del paziente che raggiunge la soglia del trigger impostato corrisponde un'insufflazione del ventilatore (secondo modalità di ventilazione scelta). Oggi cercherò di spiegare un'alterazione che scombina quanto abbiamo detto sin qui: l'**autociclaggio** (autocycling).

Definizione: l'autociclaggio è un atto inspiratorio generato dal ventilatore in assenza di attivazione della muscolatura inspiratoria durante una ventilazione assistita.

Il ventilatore “cicla” spontaneamente, fornendo un atto respiratorio che il paziente non ha iniziato. In condizioni normali le ventilazioni **assistite** richiedono, per dare il via all'assistenza inspiratoria, **l'attivazione del trigger** che scaturisce dallo sforzo inspiratorio del paziente.

Se tutti i cicli respiratori fossero generati da un autociclaggio (evento raro), il paziente **non** ventilerebbe, come crediamo, in **modalità assistita**, ma con una vera e propria **ventilazione controllata**.

Risultano chiari due aspetti importanti:

1. Il paziente in **ventilazione assistita deve attivare il trigger** per ottenere flusso dal ventilatore.
2. Se Il paziente in **ventilazione assistita** ottiene flusso, pur **non attivando** con la propria muscolatura inspiratoria **il trigger**, significa che il ventilatore sta **autociclando**.

Normalmente, in assenza di attività diaframmatica, i ventilatori dopo un periodo di apnea emettono un allarme acustico e supportano il paziente con una ventilazione controllata preimpostata chiamata “ventilazione di back-up”. Sfugge, a questo sistema di controllo, l'autociclaggio: quando presente, di fatto, non si verifica un'apnea ed il ventilatore non emette di conseguenza alcun allarme. L'autociclaggio è da considerarsi la più importante, subdola e pericolosa asincronia.

17.36 Perché il ventilatore autocicla?

In presenza di un trigger **molto sensibile** vi sono dei fattori predisponenti alla generazione di autociclaggio come le **oscillazioni cardiogeniche**, le **perdite aeree** e la **condensa** nel circuito respiratorio. Questi fattori sono in grado di “imbrogliare” il ventilatore che scambia erroneamente questi segnali come se fossero scaturiti dai muscoli inspiratori.

17.37 Come rilevare l'autociclaggio

Inizio con il caso di un paziente che ventila in modalità assistita (PSV) e dove sulla curva di pressione-tempo è ben visibile la classica incisura che anticipa l'insufflazione (**figura 1**). Questo inconfondibile deflessione manifesta il segno di trigger generato dall'attivazione diaframmatica. In questa immagine tutti i cicli respiratori sono richiesti dal paziente e il ventilatore risponde con l'erogazione del supporto impostato: tutto ok!

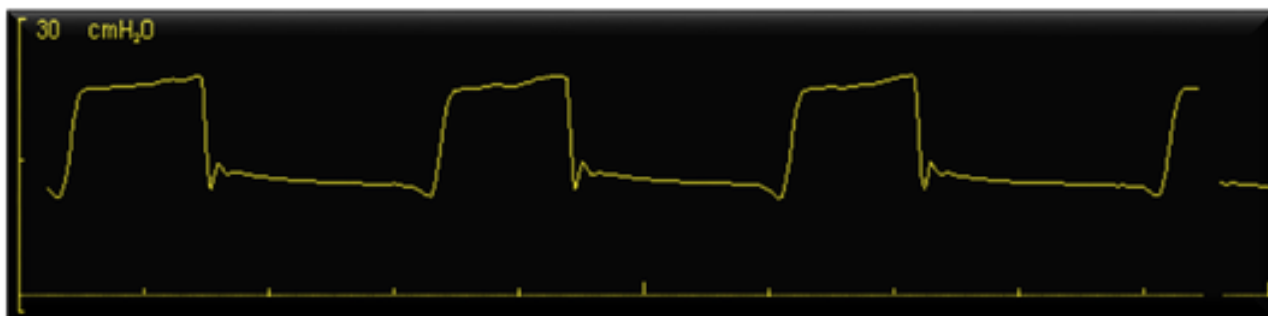


Figura . L'inizio di ogni insufflazione del ventilatore è preceduta da un'incisura.

Nella **figura** è presentato il monitoraggio grafico di un paziente che ventila in PSV con un trigger a flusso a massima sensibilità.

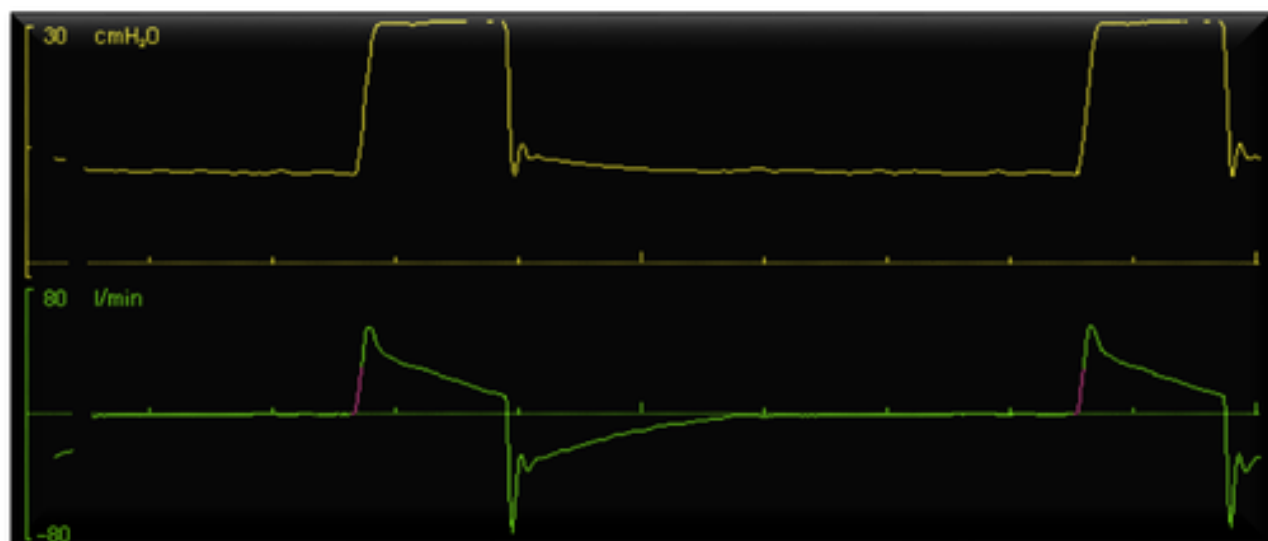


Figura . L'inizio di ogni insufflazione non è preceduta da alcuna incisura o deflessione sulla curva di pressione-tempo.

Se si osserva la curva di pressione-tempo non è evidente alcun segno di trigger, infatti manca la classica incisura prima dell'erogazione del supporto inspiratorio. Il ventilatore fornisce Pressure Support anche se il paziente di fatto non l'ha richiesto. In questo caso specifico la fonte che ha generato autociclaggio proviene dall'attività cardiaca. Se si sta

ben attenti si è in grado di vedere minime oscillazioni cardiogeniche trasmesse alle vie aeree e alcune di esse sono state in grado di attivare il trigger inspiratorio per due volte. Un dettaglio aggiuntivo e da non trascurare è la passività del paziente: sulla curva di pressione si sviluppa un'onda quadra e analogamente sulla curva di flusso, dopo il picco iniziale, un andamento lineare e decrescente. Questa morfologia è esattamente uguale ad una **ventilazione pressometrica controllata**! La fase espiratoria (fisiologica), termina dopo due secondi circa, ma è poi seguita da un lungo intervallo di circa 2,5 secondi in cui il flusso rimane sulla linea dello zero (ogni tacchetta indica un secondo) e anche questa condizione certifica ulteriormente la passività del paziente.

REPORT THIS AD

Porto di seguito un altro esempio di autociclaggio in un paziente che ventila in PSV con il monitoraggio **dell'attività elettrica diaframmatica**.

Si nota nella **figura**, che solo il **secondo** dei quattro respiri è **l'unico** effettivamente richiesto dal **paziente**: è ben visibile prima dell'inspirazione il classico segno di trigger. Se si guarda l'ultima traccia delle quattro mostrate, solo in questo respiro il **diaframma si depolarizza**, come si evidenzia bene sull'onda fornita dal **catetere Edi**.



Figura. La quarta traccia in basso mostra il profilo grafico derivante dalla forza di contrazione diaframmatica fornita dal catetere Edi.

Non si registra alcun segno di trigger sul primo, terzo e quarto atto respiratorio, classico segno di **autociclaggio**, confermato in questo caso anche dall'**assenza di attività elettrica diaframmatica** (motivo per cui il tracciato è piatto nei corrispettivi atti).

In sintesi, siamo in presenza di **autociclaggio quando in ventilazione assistita non vi è il classico segno di trigger** sulla curva di pressione-tempo e quando le curve del monitoraggio grafico assumono l'aspetto di una ventilazione controllata.

Perché dovremmo prestare attenzione a questa asincronia?

Rilevare precocemente l'autociclaggio, cioè l'abolizione della semplice attività di trigger, è una **priorità clinica**, in quanto può portare alla **disfunzione diaframmatica indotta dalla ventilazione (V.I.D.D.)**, una delle principali cause di **svezzamento prolungato o impossibile**.

Per concludere provo a dare qualche piccolo consiglio pratico.

2. Quando il paziente ventila in modalità assistita accertarsi che vi siano **segni di trigger**, se manca la classica incisura sulla curva di pressione il ventilatore sta autociclando. Possibili soluzioni:

- Controlla che non vi sia **condensa nel circuito respiratorio**: la fluttuazione dell'acqua può creare un'oscillazione d'aria nell'apparato respiratorio e il ventilatore con trigger sensibile può scambiare questo segnale come attività del paziente.
- In assenza di condensa, ricorda che la causa più frequente di autociclaggio è l'oscillazione di aria nell'apparato respiratorio determinata dalla **trasmissione del battito cardiaco. Un trigger meno sensibile** potrebbe risolvere il problema.
- **Le perdite aeree del circuito respiratorio** possono generare autociclaggio, verificane l'integrità.

2. Rileva i segni di passività del paziente. Un'onda quadra sulla traccia di pressione, con il caratteristico plateau e un flusso lineare e decrescente sono segni che indicano che il paziente è insufflato passivamente. Un paziente con autociclaggio mostra forme d'onda uguali a una ventilazione controllata.

3. Se disponibile, controlla l'attività elettrica diaframmatica rilevata con **catetere Edi**.

UTILIZZO DEI VENTILATORI AUTOMATICI NELL'EMERGENZA EXTRAOSPEDALIERA

Premessa La sempre maggior presenza nell'ambito dell'emergenza extraospedaliera di equipe con reali competenze ALS e la conseguente adozione di protocolli complessi per il trattamento e la centralizzazione del paziente critico rendono indispensabile l'utilizzo di strumenti di assistenza e monitoraggio che garantiscano una adeguata gestione sia degli aspetti terapeutici che operativi.

La ventilazione in ambito extraospedaliero

Per ciò che riguarda il trasporto (o il trasferimento) di pazienti intubati risulta fondamentale che l'assistenza ventilatoria garantisca un range ottimale di ossigenazione e capnia che la ventilazione manuale difficilmente riesce ad assicurare. Sono infatti numerosi gli studi che dimostrano come quest'ultima, in relazione alle variazioni imputabili alla esperienza ed emotività dell'operatore ed alle condizioni operative (sobbalzi, frenate, accelerazioni del mezzo di soccorso), esponga il soggetto ventilato ad alterazioni soprattutto dei valori di PaCO₂ (riscontrati all'arrivo in Pronto Soccorso), talvolta ben oltre i valori soglia (valore ottimale 35 mmHg, range normale tra 30 e 40), con rischi iatrogeni tutt'altro che trascurabili, particolarmente evidenti in determinate situazioni cliniche (es.: trauma cranico).

Un altro non secondario aspetto operativo è che l'uso del ventilatore libera di fatto l'operatore addetto alla ventilazione manuale. Inoltre consente di affidare il paziente, dopo le manovre ALS compiute sulla scena, ad altro personale che conosca sostanzialmente i principi di utilizzo del ventilatore (di seguito elencati). Questo elemento può permettere, nelle emergenze complesse con più pazienti critici, di svincolare l'equipe ALS che continua a lavorare sul posto, dal trasporto dei singoli pazienti.

In tal senso viene proposto l'utilizzo semplice di ventilatori automatici che, con idoneo addestramento, possono facilmente diventare gli strumenti ideali per la gestione della ventilazione del paziente critico in ambito extraospedaliero.

L'uso del ventilatore automatico: punti chiave per un corretto utilizzo

3. I più semplici ventilatori in questione sono di tipo volumetrico (erogano volumi prestabiliti di ossigeno o ossigeno/aria) ed utilizzano come forza motrice la pressione dell'ossigeno delle bombole cui sono collegati. Ciò comporta che, al di sotto di un certo livello di pressione, non sia più garantibile con certezza la corretta somministrazione di O₂. Questa soglia viene usualmente fissata a 50 Atm e, anche se modelli più recenti funzionano regolarmente con pressioni inferiori, è opportuno mantenere come riferimento tale valore. In tal senso occorre calcolare l'autonomia per la ventilazione meccanica, dando per scontato che, trattandosi di pazienti critici, l'O₂ sarà sempre erogato al 100%

(Pressione indicata dal manometro in Atm – 50 Atm pressione di sicurezza) x litri capacità bombola = autonomia in minuti
volume minuto da erogare esempio: $(180 - 50) \times 7 \text{ litri} = 91 \text{ minuti}$

NOTA: l'O₂ rimanente (50 Atm x 7 l = 350 l.) può essere utilizzato per la ventilazione con pallone

2. Il funzionamento del ventilatore deve essere controllato all'inizio del servizio, verificando l'integrità dei circuiti e la quantità di ossigeno a disposizione

3. Prima di collegare al ventilatore il paziente occorre:

a. impostare con l'apposito interruttore la % di ossigeno al 100 %: nel breve periodo le lesioni da alte concentrazioni sono trascurabili. Al contrario, la iperossigenazione consente un margine di sicurezza maggiore qualora compaiano inconvenienti durante il trasporto (es.: estubazione, ecc.)

b. stabilire il volume/minuto da erogare: è uguale al VOLUME CORRENTE (VC) X LA FREQUENZA VENTILATORIA (FR). Semplificando possiamo dire che il VC in un paziente adulto è 10-12 ml/kg di peso corporeo mentre la FR è compresa tra 12 e 15 atti/min.

Impostare la ghiera apposita al valore prescelto. Nella pratica i volumi oscillano tra 8 e 10 l/min.

c. impostare la FR con l'apposita manopola: 12 atti/min per i pazienti di taglia normale o superiore, 15/min. per i pazienti di corporatura più piccola

esempio: adulto di media taglia (12 ml x 70 kg) x 12 atti/min. = 840 ml. X 12 = 10080 ml/min.
in pratica impostare 10 litri/minuto

esempio: adulto di piccola taglia (10 ml x 50 kg) x 15 atti/min. = 500 ml. X 15 = 7500 ml/min.
in pratica impostare 8 litri/minuto

d. nei bambini considerare una FR di circa 20/min ed un VC di 15-18 ml/kg

e. nei neonati e lattanti è opportuna la ventilazione manuale

f. impostare la valvola di sovrappressione. Tutti i ventilatori volumetrici possiedono una valvola che consente lo scarico del flusso al raggiungimento di pressioni eccessive all'interno delle vie aeree, evitando così barotraumi. Tale valvola (collegata al manometro presente) dovrebbe essere tarata ad una pressione mediamente compresa tra 20 e 30 cm di H₂O (pressione normalmente presente nelle vie aeree). In realtà, poiché non tutti i ventilatori sono dotati di allarme volumetrico con conseguente rischio di falsa impressione di ventilare il paziente e poiché l'allarme sonoro di superamento di tale pressione potrebbe essere assente o comunque non udibile in caso di rumore ambientale (ambulanza, elicottero), è consigliabile impostare la valvola di sovrappressione ad un valore elevato (fine scala) in modo che il controllo visivo del ventilatore stesso (un operatore dovrà essere dedicato a questa funzione) consenta di rilevare prontamente tutte le situazioni che comportano un aumento della pressione (pressione di picco) all'interno delle vie aeree

g. che il paziente sia completamente (farmacologicamente, se necessario) sedato al fine di evitare qualsiasi contrasto con l'attività ventilatoria meccanica (possibilità di indurre aritmie cardiache, ipertensione endocranica, ecc.)

h. prevedere le situazioni in cui la ventilazione a pressione positiva potrebbe slatentizzare situazioni di distress ventilatorio anche grave (es.: PNX che potrebbe diventare iperteso)

4. Dopo aver collegato il paziente al ventilatore è necessario:

- a. controllare la posizione del tubo
- b. auscultare i campi polmonari
- c. aspirare se necessario

Eventuali problemi e soluzioni

1. la pressione di picco non raggiunge più i valori iniziali: il circuito perde. Controllare:

- a. distacco del tubo tracheale dal raccordo con il ventilatore
- b. tappo del catetere di Mount (corrugato) aperto
- c. la cuffia del tubo tracheale si è rotta o sgonfiata
- d. eventuali rotture nei tubi di raccordo del ventilatore o pinzettamenti od ostruzione del tubo che porta ossigeno al ventilatore

2. la pressione di picco supera i valori di 20-30. Staccare sempre il paziente dal ventilatore e ventilare manualmente. Controllare:

- a. aspirando la pervietà del tubo
- b. la posizione del tubo
- c. il MV sui campi polmonari
- d. che il paziente si stia svegliando: in questo caso sedare (o curarizzare)
- e. eventuali pinzettamenti od ostruzione del tubo tra il ventilatore ed il tubo endotracheale

3. la saturazione di O₂ scende. Controllare:

- a. prima tutti i passaggi del punto 2.
- b. in presenza di MV diminuito unilateralmente, dopo aver aspirato e controllato la posizione del tubo (potrebbe essere sceso ed aver imboccato il bronco dx), sospettare, nei pazienti traumatizzati, la comparsa di un PNX iperteso

c. poi tutti i passaggi al punto 1.

d. accidentale spostamento dell'interruttore della % di ossigeno erogato su valori < 100%

NOTA BENE: controllare costantemente il manometro della bombola O₂ poiché costituisce la forza lavoro del ventilatore!

Guida alla risoluzione in urgenza dei problemi dell'Unità PAZIENTE-VENTILATORE

Quando compare un deterioramento acuto dell'unità paziente-ventilatore, escludi che il paziente sia sveglio e agitato (eventualmente incrementa la sedazione) e ricerca rapidamente una delle seguenti 4 possibilità:

a. problemi del ventilatore

b. ostruzione della protesi ventilatoria

c. spostamento fuori (estubazione) (c1) o in un bronco (c2)

d. pneumotorace (DOPE: Displacement; Obstruction; Pneumotorax; Equipmant failure)

1. Disconnetti il pz dal ventilatore e ventila manualmente con pallone autoespandibile con FiO ₂ =100%; in tal modo si elimina la possibilità (a.); se il problema persiste passa a 2...	Un secondo operatore valuta: • SpO₂ • PA • Fc
2. Ventila manualmente: se la ventilazione non è efficace, (resistenza elevata) verifica la possibilità (b.): se il pz è stabile, aspira con sondino nel tubo tracheale; se ostruzione persistente ◇ estuba, ventila in maschera e riguadagna la via aerea	
4. Se la ventilazione è possibile, escludi (c.) o (d.): ascolta in regione ascellare: • se MV_{dx}>MV_{sn} è probabile (c2) ◇ ritira il tubo con cautela e rivaluta • se ascolti gorgoglio in ipofaringe è probabile (c1) ◇ estuba, ventila in maschera e riguadagna la via aerea	

4. Se la ventilazione è unilaterale è possibile (d.): evenienza difficile da differenziare da (c2) ma di solito si accompagna da deterioramento emodinamico, ipertimpanismo alla percussione: se sospetti (d.)◇ puntura esplorativa ◇ decompressione con ago ◇ drenaggio toracico definitivo	
5. La procedura finale se i problemi persistono è estubare, ventilare in maschera e riguadagnare la via aerea	
Se non è possibile reintubare passa ad un piano alternativo: ventilazione in maschera + Sellick; Maschera Laringea; Tubo Laringeo, Cricotirotomia con Ago.	

VENTILATORE DA TRASPORTO : dall'alveolo alla bombola

STEP 1 verifica autonomia bombola

VERIFICA VOLUME BOMBOLA – litri (peso) sulla fascia bianca

VERIFICA ATMOSFERE

- aprire bombola
- verificare sul manometro le atmosfere presenti

LITRI DISPONIBILI – moltiplicare volume (litri) x atmosfere

AUTONOMIA IN RESP. SPONTANEO (in min.)

- totale litri/consumo = durata

AUTONOMIA CON VENTILATORE

- sottrarre 50 atm a quelle segnate sul manometro
- calcolare litri disponibili
- dividere x consumo = durata
- le rimanenti 50 atm. Sono utilizzabili x la ventilazione con pallone

STEP 2 impostazione ventilatore

VOLUME MINUTO= CONSUMO – volume corrente (circa 10 ml/kg peso pz) x frequenza respiratoria (FR)

2 TAGLIE DI RIFERIMENTO

- pz LARGE: 10 l/min FR 12/min
- pz SMALL: 8 l/min FR 15/min

VALVOLA SOVRAPRESSIONE (se presente) – impostarla al massimo: facilita il riconoscimento di ipoventilazioni occulte (perdite, ostruzioni)

FiO₂ (Concentrazione O₂)

- in emergenza impostare 100% (o NO air mix)

STEP 3 verifica ventilazione

VERIFICA BUON FUNZIONAMENTO

- aprire bombola O₂
- controllare collegamenti
- accendere il ventilatore
- occlusione linea e verifica manometro a fondo scale

CONTROLLO PAZIENTE

- connessione al paziente
- controllo posizione tubo tr.

- auscultazione campi polmonari
- controllo pressioni (resistenze)
- controllo saturimetria

STEP 4 riconoscimento problemi

AUMENTO PRESSIONE (resistenze)

- staccare il pz dal ventilatore e ventilarlo manualmente
- verificare passi AB: pervietà tubo (aspirare); dislocamento tubo (ha imboccato il bronco dx); MV ridotto (sviluppo PNX?)
- verificare linea del ventilatore/tubo
- controlla clinica pz. (contrasta? Necessità di sedazione/curarizzazione?)

RIDUZIONE PRESSIONI (resistenze)

- staccare il pz dal ventilatore e ventilarlo manualmente
- verificare connessioni, O₂ disponibile, bombola
- rottura cuffia? Tubo aperto?

DESATURAZIONE

- verificare stato sonda
- valutare FiO₂ e O₂ bombola
- verificare ventilazione
- verificare perfusione

CONCLUSIONI

Per concludere l'evoluzione professionale infermieristica ha permesso, una crescita esponenziale delle competenze avanzate, tali da permettere, allo stesso di cimentarsi e interagire in maniera soddisfacente, proporzionata ed efficiente con i contesti logistico-clinici, dell' area clinica e dell' emergenza di genere.

L' approccio sistematico e valutativo alla tipologia di paziente, evidenziato nell' elaborato, ha sottolineato che, la qualità del soccorso, l'efficienza della gestione e la riduzione degli out comes prognostici del paziente, e' operatore dipendente e che, pur essendo l'elicottero un mezzo avanzato per l' emergenza sul territorio, in fin dei conti, non e' altro che un mezzo di trasporto, demandando l' esito del soccorso, alle competenze dell' operatore.

Bibliografia

- Cerretelli P.: *Gas Exchange at high altitude*. In “Pulmonary gas exchange”. J.B. West (Ed.), II vol., Academic Press, NY, pp. 97-147, 1980.
- Honigman, B., et al: Acute mountain sickness in a general tourist population at moderate altitude. *Ann, Intern. Med.*, 118:587, 1993.
- Krasney, (J.A.: Brief review: a neurogenic basis for acute altitude sickness. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 26:195,1994.
- Malconian. M.K., and Rock, P33.: Medical problems related to altitude. In *Human Performance Physiology end Environmental Medicine at Terrestrial Extremes*. Edited by K. Pandolf. et al. Carmel, IN, Cooper Publishing Group, 1994.
- MeFaddan, D.M., et al.: High altitude retinopathy JAMA, 245:581, 1981.
- Sutton, JR.: High altitude retinal hemorrhage. *Sem Resp. Med.*, 5:159, 1983.

- Torre-Bueno, J.R.. et al.: Diffusion limitation in normal humans during exercise at sea-level and simulated altitude. *J. Appl. Physiol.* 58:989, 1985.
- Klausen K. Cardiac output in man in rest and work during and after acclimatization to 3800 m. *J. Appl. Physiol* , 21:609, 1969.
- Vogel, J.A., et al.: Cardiovascular responses in man during exhaustive work at sea-level and high altitude. *J. Appl. Physiol.* 23:531, 1967.
- Wolfel, E.E., et al.: Systemic hypertension at 4300 m is related to sympathoadrenal activity *J. Appl Physiol.* 76:1643, 1994.
- Pugh, L.C.G.E.: Athletes at altitude. *J. Physiol. (Lond.)*, 192:619, 1967.
- Kayser E. et al.: Fatigue and exhaustion in chronic hypobaric hypoxia: influence of exercising muscle mass. *J. Appl. Physiol*, 76:634, 1994.
- Mazzeo, R. et al.: β -Adrenergic blockade does not prevent the lactate response to exercise after acclimatization to high altitude. *J. Appl. Physiol.* 76:610, 1994.

- Alexander, J.K., et al: Reduction of stroke volume during exercise in man following ascent to 3100 m altitude. *J. Appl. Physiol.* 23:849, 1967.
- Buskirk, E.R. et al: Physiology and performance of track athletes at various altitudes in the United States and Peru. In *The International Symposium on the Effects of Altitude on Physical Performance*. Edited by R.F. Goddard. Chicago, The Athletic Institute, 1967.
- Hannon, J.P., et al.: Effects of altitude acclimatization on blood composition of women. *J. Appl. Physiol.* 26:540, 1969.
- Abbrecht, P.H., and Littell, J.K.: Plasma erythropoietin in men and mice during accimatization in different altitudes. *J. Appl. Physiol.* 32:54, 1972.
- Groves, B.M. et al: Operation Everest II: elevated high-altitude pulmonary resistance unresponsive to oxygen. *J. Appl. Physiol.* 63:521, 1987.
- Reynafarje, C.: Hematologic changes during rest and phvsical activitv in man at high altitude. In *The Physiological Effects of High Altitude*. Edited by W.H. Weihe. New York, Macmillan, 1964.

- Manier, G. et al.: Pulmonary gas exchange in Andean natives with excessive polycythemia-effect of hemodilution. *J. Appl. Physiol.* 65:2107, 1988.
- Cerretelli, P.: Limiting factors to oxygen transport on Mount Everest. *J. Appl. Physiol.* 40:658, 1976.
- Pugh, L.C.G.E.: Physiological and medical aspects of the Himalayan Scientific and Mountaineering Expedition, 1960-61. *BMJ.* 2:621, 1962.
- West, J.B., et al.: Arterial oxygen saturation during exercise at high altitude. *J. Appl. Physiol.* 17:617, 1962.
- Green, H.J., et al.: Operation Everest II: adaptations in human skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.* 66:2454, 1983.
- Hoppeler, H., and Desplanches, D.: Muscle structural modifications in hypoxia. *Int. J. Sports Med.* 13:S166, 1992.
- Terrados, N. et al.: Is hypoxia a stimulus for synthesis of oxidative enzymes and myoglobin? *J. Appl. Physiol.* 68:2369, 1990.

- MacDougall, J.D. et al.: Operation Everest II: Structural adaptations in skeletal muscle in response to extreme simulated altitude. *Acta Physiol. Scand.*, 142:421, 1991.
- Reynafarje, C.: Myoglobin content and enzymatic activity of muscle and altitude adaptation. *J. Appl. Physiol.* 17:301, 1962.
- Eaton, J.W, et al.: Role of red cell 2,3-diphosphoglycerate (DPG) in adaptation of men to altitude. *J. Lab. Clin. Med.* 73:603, 1969.
- Lenfant C.P. et al.: Effect of chronic hypoxic hypoxia on the O₂-Hb dissociation curve and respiratory gas transport in man. *Respir Physiol.* 7:7, 1969.
- Rose, M.S. et al.: Operation Everest II: nutrition and body composition. *J. Appl. Physiol.* 65:2-545, 1988.
- Dinmore, A.J. et al.: Intestinal carbohydrate absorption and permeability at high altitude (5730 m). *J. Appl. Physiol.* 76:1903, 1994.
- Durnin J.VGA, Womersley J., Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutrition.* 1974; 32: 77-97.

- Butterfield, G.E., et al.: Increased energy intake minimizes weight loss in men at altitude. *J. Appl. Physiol.* 72:1741, 1992.
- Buskirk, E.R. et al.: Maximal performance at altitude and on return from altitude in conditioned runners. *J. Appl. Physiol.* 23:259, 1967.

- Abraham D. a Dashwood M., 2008. Endothelin – role in vascular disease. *Rheumatology*. 47 (Suppl.5):v23-v24.
- Adler K.B., Fisher B.M., Li H., Choe N.H., Wright D.T., 1995. Hypersecretion of mucin in response to inflammatory mediators by guinea pig tracheal epithelial cells in vitro is blocked by inhibition of nitric oxide synthase. *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* 13(5):526-530.
- Adnot S., Raffestin B., Eddahibi S., Braquet P., Chabrier P.E., 1991. Loss of endothelium-dependent relaxant activity in the pulmonary circulation of rats exposed to chronic hypoxia. *J. Clin. Invest.* 87(1):155-162.
- Albert R.K., Lakshminarayan A.S., Hildebrandt J., Kirk W., Butler J., 1979. Increased surface tension favors pulmonary edema formation in anesthetized dogs' lungs. *J. Clin. Invest.* 63:1015-1018.
- Albert J., Radomski A., Soop A., Sollevi A., Frostell C., Radomski M. W., 2003. Differential release of matrix metalloproteinase-9 and nitric oxide following infusion of endotoxin to human volunteers. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 47:407–410.
- Albertini M., Vanelli G., 1991. Che fatica respirare! *Scienza veterinaria*. Maggio-Giugno/Luglio-Agosto: 11-14.
- Amato M.B., Barbas C.S., Madeiros M.D., Magaldi R.B., Schettino G.P., Lorenzi-Filho G., Kairalla R.A., Deheinzelin D., Munoz C., Oliveira R., Takagaki Y., Carvalho C.S., 1998. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in acute respiratory distress syndrome. *N. Engl. J. Med.* 338:347-354.
- Astiz ME, DeGent GE, Lin RY, 1995. Microvascular function and rheologic changes in hyperdynamic sepsis. *Crit Care Med*; 23:265–271
- Auten R.L., Vozzelli M., Clark R.H., 2001. Volutrauma. What is it, and how do we avoid it? *Clin. Perinatol.* 28(3): 505-515.
- Baker A.H., Edwards D.R., Murphy G., 2002. Metalloproteinase inhibitors: biological actions and therapeutic opportunities. *J Cell. Sci.* 115:3719-3727.
- Barnes P.J., Belvisi M.G., 1993. Nitric oxide and lung disease. *Thorax*. 48(10):1034-43.

- Barth A., Bauer R., Gedrange T., Walter B., Klinger W., Zweiner U., 1998. Influence of hypoxia and hypoxia/hypercapnia upon brain and blood peroxidative and glutathione status in normal weight and growth-restricted newborn piglets. *Exp. Toxicol. Pathol.* 50:402-410.
- Bates J.H., Hunter I.W., Sly P.D., Okubo S., Filiatrault S., Milic-Emili J., 1987. Effect of valve closure time on the determination of respiratory resistance by flow interruption. *Med. Biol. Eng. Comput.* 25(2):136-140.
- Belperio J.A., Keane M.P., Burdick M.D., Londhe V., Xue Y.Y., Li K., Phillips R.J., Strieter R.M., 2002. Critical role for CXCR2 and CXCR2 ligands during the pathogenesis of ventilator-induced lung injury. *J. Clin. Invest.* 110:1703-1716.
- Benamou A.E., Art T., Marlin D.J., Roberts C.A., Lekeux P., 1999. Effect of exercise on concentrations of immunoreactive endothelin in bronchoalveolar lavage fluid of normal horses and horses with chronic obstructive pulmonary diseases. *Equine Vet. J.* 30:92-95.
- Bendeck M.P., Zempo N., Clowes A.W., Galaray R.E., Reidy M.A., 1994. Smooth muscle cell migration and matrix metalloproteinase-2 expression after arterial injury in the rat. *Circ. Res.* 75:539-545.
- Bevilacqua M.P., Pober J.S., Majeau G.R., Fiers W., Cotran R.S., Gimbrone M.A. Jr, 1985. Recombination tumor necrosis factor induces procoagulant activity in cultured human vascular endothelium: characterization and comparison with the actions of interleukin 1. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 83:4533-4537.
- Birkedal-Hansen H., Moore W.G., Bodden M.K., Windsor L.J., Birkedal-Hansen B., DeCarlo A., Engler J.A., 1993. Matrix Metalloproteinases: A Review. *Crit. Rev. Oral Biol. And Med.* 4(2):197-250.
- Bode W., Gomis-Rüth F.X., Stöckler W., 1993. Astacins, serralsins, snake venom and matrix metalloproteinases exhibit identical zinc-binding environments (HEXXHXXGXXH and Met-turn) and topologies and should be group into a common family, the metzincins. *Fed Eur Bioche.* 331,1,2:134-140.

- Bowton D.L., Kong D.L., 1989. High tidal volume ventilation procedures increased lung water in oleic acid-injury rabbit lungs. *Crit. Care Med.* 17(9):908-911.
- Brealey D., Brand M., Hargreaves I., Heales S., Land J., Smolenski R., 2002. Association between mitochondrial dysfunction and severity and outcome of septic shock. *Lancet.* 360:212-223
- Bredt D.S., Hwang P.M., Snyder S.H., 1990. Localization of nitric oxide synthase indicating a neural role for nitric oxide. *Nature.* 347(6295):768-770.
- Bredt D.S., Snyder S.H., 1990. Isolation of nitric oxide synthetase, a calmodulin-requiring enzyme. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 87(2):682-685.
- Broccard A.F., Hotchkiss J.R., Vannay C., Markert M., Sauty A., Feihl F., Schaller M.D., 2001. Protective effects of hypercapnic acidosis on ventilator-induced lung injury. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 164:802-806.
- Brower R.G., Matthay M.A., Morris A., Schoenfeld D., Thompson B.T., 2000. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N. Engl. J. Med.* 342(18): 1301-1308.
- Brown K.A., Brain S.D., Pearson J.D., 2006. Neutrophils in development of multiple organ failure in sepsis. *Lancet.* 368: 157–169
- Brunner F., Bras-Silva C., Cerdeira A.S., Leite-Moreira A.F., 2006. Cardiovascular endothelins: essential regulators of cardiovascular homeostasis. *Pharmacol. Ther.* 111:508-531.
- Carcillo J.A., Fields A.I., 2007. Clinical practice parameters for hemodynamic support of pediatric and neonatal patients in septic shock. *Crit. Care Med.* 30 : 1365-1378.
- Carlton D.P., Cummings J.J., Scheerer R.G., Puolain F.R., Bland R.D., 1990. Lung overexpansion increases pulmonary microvascular protein permeability in young lambs. *J. Appl. Physiol.* 69:577-583.
- Celermajer D.S., Sorensen K.E., Georgakopoulos D., Bull C., Thomas O., Robinson J., Deanfield J.E., 1993. Cigarette smoking is associated with

dose-related and potentially reversible impairment of endothelium-dependent dilation in healthy young adults. *Circulation*. 88(5 Pt 1):2149-2155.

- Chan T., Thiagarajan R.R., Frank D., Bratton S.L., 2008. Survival after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in infants and children with heart disease. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 136:984-992.
- Cinel I., Opal S.M., 2009. Molecular biology of inflammation and sepsis: A primer. *Crit. Care Med.* 37(1):291-304.
- Clement M.G., Marzani M., Dimori M., Albertini M., 1998. Prostanoids counterbalance the bronchoconstrictor activity of endothelin-1 in pigs. *Prostaglandins Leukot., Essent Fatty Acids*. 58(3):177-183.
- Coakley R.J., Taggart C., Greene C., McElvaney N.G., O'Neill S.J., 2002. Ambient pCO₂ modulates intracellular pH, intracellular oxidant generation, and interleukin-8 secretion in human neutrophils. *J. Leukoc. Biol.* 71:603-610.
- Coker P.J., Hernandez L.A., Peevy K.J., Adkins K., Parker J.C., 1992. Increased sensitivity to mechanical ventilation after surfactant inactivation in young rabbit lung. *Crit. Care Med.* 20:635-640.
- Cohen J., 2002. The immunopathogenesis of sepsis. *Nature*. 420:885-891.
- Chonghaile M., Higgins B., Laffey J.G., 2005. Permissive hypercapnia: role in protecting lung ventilator strategies. *Curr. Opin. Crit. Care Med.* 11:56-62.
- Chow A.K., Cena J., Schulz R., 2007. Acute actions and novel targets of matrix metalloproteinases in the heart and vasculature. *Br. J. Pharmacol.* 152:189-205.
- Cooper J.A., Van Der Zee H., Line B.R., Malik A.B., 1987. Relationship of end-expiratory pressure, lung volume and 99mTc-DTPA clearance. *J Appl. Physiol.* 63:1586-1590.
- Corbridge T.C., Wood L.D., Crawford G.P., Chudoba M.J., Yanos J., Sznajder J.I., 1990. Adverse effects of large tidal volume and low PEEP in canine acid aspiration. *Am. Rev. Respir. Dis.* 142(2): 311-315.
- Costello M.L., Mathieu-Costello O., West J.B., 1992. Stress failure of alveolar epithelial cells studied by scanning electron microscopy. *Am. Rev. Respir. Dis.* 145:1446-1455.

- D'Angelo E., Koutsoukou A., Della Valle P., Gentile G., Pecchiari M., 2008. Cytokine release, small airway injury and parenchymal damage during mechanical ventilation in normal open-chest rats. *J. Appl. Physiol.* 104(1):41-49.
- De Backer D., Creteur J., Preiser J-C., Dubois M-J. Vincent J-L., 2002. Microvascular blood flow is altered in patients with sepsis. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 166:98-104
- Dellinger R.P., Carlet J.M., Masur H., Gerlach H., Calandra T., Cohen J., Gea-Banacloche J., Keh D., Marshall J.C., Parker M.M., Ramsay G., Zimmerman J.L., Vincent J.L., Levy M.M. Surviving Sepsis Campaign Management Guidelines Committee. 2004. Surviving Sepsis Campaign guidelines for management of severe sepsis and septic shock. *Crit Care Med.* 32:858–73.
- Dinarello C. A. Proinflammatory and anti-inflammatory cytokines as mediators in the pathogenesis of septic shock. *Chest* 112, 321S–329S
- Donaubauer B., Busch T., Lachmann R., Deja M., Petersen B., Francis R., Träger A., Ebsen M., Boemke W., Kaisers U., 2006. Low-doses inhalation of an endothelin-A receptor agonist in experimental acute lung injury: ET-1 plasma concentration and pulmonary inflammation. *Exp. Biol. Med.* (Maywood). 231(6):960-966.
- D'Ortho M.P., Jarreau P.H., Delacourt C., Macquin-Mavier I., Levame M., Pezet S., Harf A., Lafuma C., 1994. Matrix metalloproteinase and elastase activities in LPS-induced acute lung injury in guinea pigs. *Am. J. Physiol. Lung Cell. Mol. Physiol.* 266:L209-L216.
- Dos Santos C.C., Slutsky A.S., 2000. Mechanisms of ventilator-induced lung injury: a perspective. *J. Appl. Physiol.* 89:1645-1655.
- Doroszko A., Hurst T.S., Polewicz D., Sawicka J., Fert-Bober J., Johnson D.H., Sawicki G., 2010. Effects of MMP-9 inhibition by doxycycline on proteome of lungs in high tidal volume mechanical ventilation-induced acute lung injury. *Proteome Sci.* 29:8.3.
- Dreyfuss D., Basset G., Soler P., Saumon G., 1985. Intermittent positive-pressure hyperventilation with high inflation pressures produces

pulmonary microvascular injury in rats. *Am. Rev. Respir. Dis.* 132:880-884.

- Dreyfuss D., Soler P., Basset G., Saumon G., 1988. High inflation pressure pulmonary edema. Respective effects of high airway pressure, high tidal volume and positive end-expiratory pressure. *America Review of Respiratory disease.* 137:1159-1164.
- Dreyfuss D., Saumon G., 1992. Barotrauma is volutrauma, but which volume is the one responsible? *Intensive Care Medicine.* 18:139-141.
- Dreyfuss D., Soler P., Saumon G., 1995. Mechanical ventilation-induced pulmonary edema: interaction with previous lung alterations. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 151:1568-1575.
- Dreyfuss D., Saumon G., 1998. Ventilator-induced lung injury: lessons from experimental stuies. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 157:294-323.
- Dreyfuss D., Martin-Lefevre L., Saumon G., 1999. Hyperinflation induced lung injury during alveolar flooding in rats: effect of perfluorocarbon instillation. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 159:1752-1757.
- Duszyk M., Radomski M.V., 2000. The role of nitric oxide of ion channels in airway epithelium: implications for diseases of lung. *Free Radic. Res.* 33(5):449-459.
- Dyson A. Stidwill R., Taylor V., Singer M., 2007. Tissue oxygen monitoring in rodent model of shock. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 293:H526-533
- Edwards Y.S., Shuterland L.M., Murray A.W., 2000. NO protects alveolar type II cells from stretch-induced apoptosis. A novel role for macrophages in the lung. *Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol.* 279(6):L1236-L1242.
- Egan E.A., Nelson R.M., Olver R.E., 1976. Lung inflation and alveolar permeability to non electrolytes in the adult sheep in vivo. *J. Physiol. (Lond.).* 260:409-424.
- Egan E.A., 1980. Response of alveolar epithelial solute permeability to changes in lung inflation. *J. Appl. Physiol.* 49:1032-1036.
- Engel C., Brunkhorst F.M., Bone H.G., Brunkhorst R., Gerlac H., Grond S., 2007. Epidemiology of sepsis in Germany: result from a National prospective multi center study. *Intens. Care Med.* 33:606-618.

- Farre R., Granell S., Rotger M., Serrano-Mollar A., Closa D., Navajas D., 2005. Animal model of unilateral ventilator-induced lung injury. *Intensive Care Med.* 31(3):487-490.
- Faridy E.E., Permutt S., Riley R.L., 1966. Effect of ventilation on surface forces in excised dogs' lungs. *J. Appl. Physiol.* 21:1453-1462.
- Faridy E.E., 1976. Effect of ventilation on movement of surfactant in airways. *Resp. Physiol.* 27:323-334. *Am.J Respir. Cell Mol. Biol.* 25:717-724.
- Feihl F. and Perret C., 1994. Permissive hypercapnia should we be? *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 150:1722-1737.
- Ferry G., Lonchamp M., Pennel L., de Nanteuil G., Canet E., Tucker G.C., 1997. Activation of MMP-9 by neutrophil elastase in an *in vivo* model of acute lung injury. *FEBS Lett.* 402:111-115.
- Fink M.P., 2002. Role of reactive oxygen and nitrogen species in acute respiratory distress syndrome. *Curr. Opin. Crit. Care.* 8(1):6-11.
- Frank J.A., Wray C.M., McAuley D.F., Schwendener R., Matthay M.A., 2006. Alveolar macrophages contribute to alveolar barrier dysfunction in ventilator-induced lung injury. *Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol.* 291(6):L1191-L1198.
- Frisdal E., Gest V., Vieillard-Baron A., Levame M., Lepetit H., Eddahibi S., Lafuma C., Harf A., Adnot S., d'Ortho M-P., 2001. Gelatinase expression in pulmonary arteries during experimental pulmonary hypertension. *Eur. Respir. J.* 18:838-845.
- Foda H.D., Rollo E.E., Drews M., Conner C., Appelt K., Shalinsky D.R., Zucker S., 2001. Ventilator-induced lung injury upregulates and activates gelatinases and EMMPRIN: attenuation by synthetic matrix metalloproteinase inhibitor, Prinomastad (AG3349).
- Fu Z., Costello M.L., Tsukimoto R., Prediletto R., Elliot A.R., Mathieu-Costello O., West J.B., 1992. High volume increases stress failure in pulmonary capillaries. *J. Appl. Physiol.* 73:123-133.
- Gehrke I., Pabst R., 1990. Cell composition and lymphocyte subsets in the bronchoalveolar lavage of normal pigs of different ages in comparison with germ-free and pneumonic pigs. *Lung.* 168:79-92.

- Geiger R., Kleinsasser A., Meier S., Neu N., Pajk W., Fischer V., Trembl B., Stein J.I., Loeckinger A., 2008. Intravenous tezoseptan improves gas Exchange and hemodynamics in acute lung injury secondary to meconium aspiration. *Intensive Care Med.* 34(2):368-376.
- Giaid A., Yanagisawa M., Langleben D., Michel R.P., Levy R., Shennib H., Kimura S., Masaki T., Duguid W.P., Steward D.J., 1993. Expression of Endothelin-1 in the lungs of patients with pulmonary hypertension. *N. Engl. J. Med.* 328(24):1732-1739.
- Giaid A., Saleh D., 1995. Reduced expression of endothelial nitric oxide synthase in the lung of patients with pulmonary hypertension. *N. Engl. J. Med.* 333(4):214-221.
- Greenfield L.J., Ebert P.A., Benson D.W., 1964. Effect of positive pressure ventilation on surface tension properties on lung extracts. *Anesthesiology.* 25:312-316.
- Greenlee K.J., Werb Z., Kheradmand F., 2007. Matrix metalloproteinases in lung: multiple, multifarious and multifaceted. *Physiol. Rev.* 87:69-89.
- Gushima Y., Ichikado K., Suga M., Okamoto T., Iyonaga K., Sato K., Miyakawa H., Ando M., 2001. Expression of matrix metalloproteinases in pigs with hyperoxia-induced acute lung injury. *Eur. Resp. J.* 18(5):827-837.
- Haitsma J.J., Uhlig S., Goggel R., Verbrugge S.J., Poelma D.L., Lachmann B., 2000. Ventilator induced lung injury leads to loss of alveolar and systemic compartmentalization of tumor necrosis factor- α . *Intensive Care Med.* 287:1131-1137.
- Halbertsma F.J., Vaneker M., Pickkers P., Snijdelaar D.G., van Egmond J., Scheffer G.J., van der Hoeven H.G., 2008. Hypercapnic acidosis attenuates the pulmonary innate immune response in healthy mice. *Crit. Care Med.* 36:2403-2406.
- Hall S.M., Haworth S.G., 1992. Onset and evolution of pulmonary vascular disease in young children: abnormal postnatal remodeling studied in lung biopsies. *J. Pathol.* 166(2): 183-193.

- Haseneen N.A., Vaday G.G., Zucker S., Foda H.D., 2003. Mechanical stretch induces MMP-2 release and activation in lung endothelium: role of EMMPRIN. *Am. J. Physiol. Lung Cell. Mol. Physiol.* 284:L541-547.
- Hassett P., Laffey J.G., 2007. Permissive hypercapnia: balancing risks and benefits in the peripheral microcirculation. *Crit. Care Med.* 35(9):2229-2231.
- Herget J., Suggett A.J., Leach E., Barer G.R., 1978. Resolution of pulmonary hypertension and other features induced by chronic hypoxia in rats during complete and intermittent normoxia. *Thorax.* 33:468-473.
- Hernandez L.A., Peevy K.J., Moise A.A., Parker J.C., 1989. Chest wall restriction limits high airway pressure-induced lung injury in young rabbits. *J. Appl. Physiol.* 66:2364-2368.
- Hernandez L.A., Coker P.J., May S., Thompson A.L., Parker J.C., 1990. Mechanical ventilation increases microvascular permeability in oleic injured lungs. *J. Appl. Physiol.* 69:2057-2061.
- Hickling K.G., Walsh J., Henderson S., Jackson R., 1990. Low mortality associated with low volume pressure limited ventilation with permissive hypercapnia in severe adult respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med.* 16:372-377.
- Hickling K.G., Joyce C., 1995. Permissive hypercapnia in ARDS and its effects on tissue oxygenation. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 107:201-208.
- Hinman L.E., Beilman G.J., Groehler K.E., Sammak P.J., 1997. Wound-induced calcium waves in alveolar type II cells. *Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol.* 273:L1242-1248.
- Hirano S., 1998 Nitric oxide-mediated cytotoxic effects of alveolar macrophages on transformed lung epithelial cells are independent of the beta 2 integrin-mediated intercellular adhesion. *Immunology.* 93(1):102-108.
- Hotchkiss R. S. *et al.*, 1999. Apoptotic cell death in patients with sepsis, shock, and multiple organ dysfunction. *Crit. Care Med.* 27, 1230–1251.
- Howell J.B.L., Permutt S., Proctor D.F., Riley R.L., 1961. Effect of inflation of the lung on different parts of pulmonary vascular bed. *J. Appl. Physiol.* 16:71-76.

- Ilif L.D., 1971. Extra-alveolar vessels and edema development in excised dog lungs. *Circ. Res.* 28:524-532.
- Imai Y., Kawano T., Miyasaka K., Takata M., Imai T., Okuyama K., 1994. Inflammatory chemical mediators during conventional ventilation and during high frequency oscillatory ventilation. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 150:1550-1554.
- Imanaka H., Shimaoka M., Matsuura N., Nishimura M., Ohta N., Kiyono H., 2001. Ventilator-induced lung injury is associated with neutrophils infiltration, macrophage activation and TGF- β 1mRNA upregulation in rat lungs. *Anesthesia Analgesia.* 92:428-436.
- Kavanagh B.P. and Laffey J.G., 2006. Hypercapnia: permissive and therapeutic *Minerva Anesthesiol.* 72(6):567-576.
- Kim J.H., Crandall E.D., 1982. Effects of lung inflation on alveolar epithelial solute and water transport properties. *J. Appl. Physiol.* 52:1498-1505.
- Kim J.H., Suk M.H., Yoon D.W., Lee S.H., Hur G.Y., Jung K.H., Jeong H.C., Lee S.Y., Suh I.B., Shin C., Shim J.J., In K.H., Yoo S.H., Kang K.H., 2006. Inhibition of matrix metalloproteinase-9 prevents neutrophilic inflammation in ventilator induced lung injury. *Am. J. Physiol. Lung Cell. Mol. Physiol.* 291(4):L580-587.
- Kim K. C., and Lee C. H., 2005. MAP kinase activation is required for the MMP-9 induction by TNF-stimulation. *Arch. Pharm. Res.* 28:1257–1262.
- Knowles H., Leek R., and Harris A.L., 2004. Macrophage infiltration and angiogenesis in human malignancy. *Cancer Inflammation* 256: 189–204.
- Kobayashi Y., Matsumoto M., Kotani M., Makino T., 1999. Possible involvement of matrix metalloproteinase-9 in Langherans cell migration and maturation. *J Immunol.* 163(11):5989-5993.
- Kuiper J.W., Groeneveld A.B.J., Slutsky A.S., Plotz F.B., 2005. Mechanical ventilation and acute renal failure. *Crit. Care Med.* 33:1408-1415.
- Kuklin V., Kirov M., SoverashaevM., Andreasen T., Ingebretsen O.C., Ytrehus K., Bjertnaes L., 2005. Tezosentan-induced attenuation of lung

injury in endotoxemic sheep is associated with reduced activation of protein kinase C. *Crit. Care.* 9(3):R211-217.

- Kusano K., Miyaura C., Inada M., Tamura T., Ito A., Nagase H., Kamoi K., Suda T., 1998. Regulation of matrix metalloproteinases (MMP-2, -3, -9 and -13) by Interleukin-1 and Interleukin-6 in mouse calvaria: association of MMP induction with bone resorption. *Endocrinology.* 139(3):1338-1345.
- Laffey J.G. and Kavanagh B.P., 2000. Biological effects of hypercapnia (review). *Intens. Care Med.* 26:133-138.
- Laffey J.G., Tanaka M., Engelberts D., Luo X., Yuan S., Keith Tanswell A., Post M., Lindsay T., Kavanagh B.P., 2000. Therapeutic hypercapnia reduces pulmonary and systemic injury following in vivo lung reperfusion. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 162:2287-2294.
- Laffey J.G., Honan D., Hopkins N., Hyvelin J.M., Boylan J.F., McLoughlin P., 2004. Hypercapnic acidosis attenuates endotoxin-induced acute lung injury. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 169:46-56.
- Lai T., Cai S., Guo Z., 2010. Serum and lung endothelin-1 increased in a canine model of ventilator-induced lung injury. *Chin. Med. J.* 123(8):1021-1027.
- Lalu M.M., Csonka C., Giricz Z., Csont T., Schulz R., Ferdinandy P., 2002. Preconditioning decrease ischemia/reperfusion-induced release and activation of matrix metalloproteinase-2. *Biochem. Biophys. Res.* 296:937-941.
- Landry D. W. and Oliver J. A., 2001. The pathogenesis of vasodilatory shock. *N. Engl. J. Med.* 345, 588–595.
- Lequier L., Joffe A.R., Robertson C.M., Dinu I.A., Wongswadiwat Y., Anton N.R., Ross D.B., Rebeyka I.M., 2008. Western Canadian Complex Pediatric Therapies Program Follow-up Group. Two-year survival, mental and motor outcome after extracardiac extracorporeal life support at less than five years of age. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 136:976–983.
- Levi M. and ten Cate H., 1999. Disseminated intravascular coagulation. *N. Engl. J. Med.* 341, 586–592.

- Levy M.M., Fink M.P., Marshall J.C., Abraham E., Angus D., Cook D., 2003. 2001 SCCM/ESICM/ACCP/ATS/SIS International Sepsis Definitions Conference. *Crit. Care Med.* 31: 1250- 1256.
- Liu M., Tanswell A.K., Post M., 1999. Mechanical force-induced signal transduction in lungs cells. *Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol.* 277:L667-L683.
- Loick H.M., Wendt M., Rotker J., Theissen J.L., 1993. Ventilation with high end-expiratory airway pressure causes leukocyte retention in human lung. *J. Appl. Physiol.* 75:301-306.
- Macklin M.T. and Macklin C.C., 1994. Malignant interstitial emphysema of the lungs and mediastinum as an important occult complication in many respiratory diseases and other conditions: an interpretation of the clinical literature in the light of laboratory experiment. *Medicine.* 23:281-352.
- Madjdpour C., Jewell U.R., Kneller S., Ziegler U., Schwendener R., Booy C., Klausli L., Pasch T., Schimmer R.C., and Beck-Schimmer B., 2003. Decreased alveolar oxygen induces lung inflammation. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol* 284: L360–L367.
- Malhotra A., 2007. Low tidal volume ventilation in Acute Respiratory Distress Syndrome. *N. Engl. J. Med.* 357(11):1113-1120.
- Marasciulo F.L., Montagnani M., Potenza M.A., 2006. Endotheli-1: the yin and yang on vascular function. *Curr. Med. Chem.* 13(14):1655-1665.
- Mark E., 2007. Hypoxic pulmonary vasoconstriction. *Essays Biochem.* 43:61-76.
- Markos J., Doerschuk C.M., English D., Wiggs B.R., Hogg J.C., 1993. Effect of positive end-expiratory pressure on leukocyte transit in rabbit lungs. *J. Appl. Physiol.* 74:2627-2633.
- Marks J.D., Luce J.M. Lazar J.N., Wu J.N., Lipavsky A., Murray J.F., 1985. Effect of increases in lung volume on clearance of aerosolized solute from human lungs. *J. Appl. Physiol.* 59:1242-1248.
- Massaro G., Massaro D., 1983. Morphological evidence that large inflations of the lung stimulate secretion of surfactant. *Am. Rev. Respir. Dis.* 127:235-236.

- Matsuoka T., Kawano T., Miyasaka K., 1994. Role of high-frequency ventilation in surfactant-depleted lung injury as measured by granulocytes. *J. Appl. Physiol.* 76:539-544.
- McKeever K.H., Antas L.A., Kearns C.F., 2002. Endothelin response during and after exercise in horses. *Vet. J.* 164(1):38-46.
- Mead J., Takishima T., Leith D., 1970. Stress distribution in lungs: a model of pulmonary elasticity. *J. Appl. Physiol.* 28:596-608.
- Minamino T., Christou H., Hsieh C.M., Liu Y., Dhawan V., Abraham N.G., Perrella M.A., Mitsialis S.A. Kourembanas S., 2001. Targeted expression of heme oxygenase-1 prevents the pulmonary inflammatory and vascular responses to hypoxia. *Proc Natl Acad Sci USA* 98: 8798–8803.
- Miller S.I., Ernst R.K., Bader M.W., 2005. LPS, TLR4 and infectious disease diversity. *Nat. Rev. Microbiol.* 3:36-46.
- Miserocchi G., Negrini D., Del Fabbro M., Venturoli D., 1993. Pulmonary interstitial pressure in intact in situ lung: the transition to interstitial edema. *J. Appl. Physiol.* 74: 1171-1177.
- Mizuno S., Matsumoto K., Li M.Y., Nakamura T., 2005. HGF reduces advancing lung fibrosis in mice: a potential role for MMP-dependent myofibroblast apoptosis. *FASEB J.* 19(6):580-582.
- Moriyama K., Ishizaka A., Nakamura M., Kubo H., Kotani T., Yamamoto S., Ogawa E.N., Kajikawa O., Frevert C.W., Kotake Y., Morisaki H., Koh H., Tasaka S., Martin T.R., Takeda J., 2004. Enhancement of the endotoxin recognition pathway by ventilation with a large tidal volume in rats. *Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol.* 286:L1114-L1121.
- Nakamura, T., Ebihara I., Shimada N., Shoji H., Koide H., 1998. Modulation of plasma metalloproteinase-9 concentrations and peripheral blood monocyte mRNA levels in patients with septic shock: effect of fiberimmobilized polymyxin B treatment. *Am. J. Med.* 316:355–360.
- Nakano Y., Tasaka S., Saito F., Yamada W., Shiraishi Y., Ogawa Y., Koh H., Hasegawa N., Fujishima S., Hashimoto S., Ishizaka A., 2007. Endothelin-1 level in epithelial lining fluid of patients with acute respiratory distress syndrome. *Respirology.* 12(5):740-743.

- Nakos G., Batistatou A., Galiatsou E., Kostanti E., Koulouras V., Kanavaros P., Doulis A., Kitsakos A., Lekka M., Bai M., 2006. Lung and 'end organ' injury due to mechanical ventilation in animals: comparison between the prone and supine position. *Crit. Care med.* 10:R38.
- Nagaki M., Shimura M.N., Irokawa T., Sasaki T., Shirato K., 1995. Nitric oxide regulation of glycoconjugate secretion from feline and human airways in vitro. *Respir. Physiol.* 102(1):89-95.
- Nagase H., Woessner J.F.Jr., 1999. Matrix metalloproteinases. *J. Biochem.* 274(31):21491-21494.
- Narimanbekov I.O., Rozycki H.J., 1995. Effect of IL-1 blockade on inflammatory manifestations of acute ventilator-induced lung injury in a rabbit model. *Exp. Lung Res.* 21:239-254.
- Negrini D., Passi A., De Luca G., Miserocchi G., 2003. Matrix proteoglycans in development of pulmonary edema. In: *Proteoglycans in lung disease*. Edit by Garg H.G., Roughley P.J. and Hales C.A., New York: Marcel Dekker, p. 143-168.
- Novota J., Herget J., 2002. Possible role of matrix metalloproteinases in reconstruction of peripheral pulmonary arteries induced by hypoxia. *Physiol. Res.* 51:323-334.
- Nilsson R., Grossmann G., Robertson B., 1980. Pathogenesis of neonatal lung lesions induced by artificial ventilation: evidence against the role of barotraumas. *Respiration.* 40:218-225.
- Omlor G., Niehaus G.D., Maron M.B., 1993. Effect of peak inspiratory pressure on the filtration coefficient in the isolated perfused rat lung. *J. Appl. Physiol.* 74:3068-3072.
- Owen C.A., Hu Z., Barrick B., Shapiro S.D., 2003. Inducible expression of the tissue inhibitor of metalloproteinases-resistant matrix metalloproteinase-9 on the cell surface of neutrophils. *Am. J. Respir. Cell. Mol. Biol.* 29:283-294.
- Pagenstecher A., Stalder A. K., Kincaid C. L., Volk B., Campbell I. L., 2000. Regulation of matrix metalloproteinases and their inhibitor genes in lipopolysaccharide-induced endotoxemia in mice. *Am. J. Pathol.* 157:197–210

- Pardo A., Ridge K., Segura L., Sznajder J.I., Selman M., 1996. Gelatinase A and interstitial collagenase are upregulated during high tidal volume mechanical ventilation. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 153(Suppl.):A531.
- Parker J.C., Townsley M.I., Rippe B., Taylor A.E., Thigpen J., 1984. Increased microvascular permeability in dog lungs due to high airway pressures. *J. Appl. Physiol.* 57:1809-1816.
- Parker J.C., Hernandez L.A., Longenecker G.L., Peevy K., Johnson W., 1990. Lung edema caused by high peak inspiratory pressures in dogs: role of increased microvascular filtration pressure and permeability. *Am Rev. Respir. Dis.* 142:321-328.
- Parker J.C., Ivey C.L., Tucker A., 1998. Gandolinium prevents high airway pressure-induced permeability increases in isolated rat lungs. *J. Appl. Physiol.* 84:1113-1118.
- Parker J.C., 2000. Inhibitors of myosin light chain kinase and phosphodiesterase reduce ventilator-induced lung injury. *J. Appl. Physiol.* 89:2241-2248.
- Parsons S.L., Watson S.A., Brown P.D., Collins H.M., Steele R.J., 1997. Matrix metalloproteinases. *Br. J. Surg.* 84:160-166.
- Peek G.J., Mugford M., Tiruvoipati R., Wilson A., Allen E., Thalanany M.M., Hibbert C.L., Truesdale A., Clemens F., Cooper N., Firmin R.K., Elbourne D. 2009. CESAR trial collaboration. Efficacy and economic assessment of conventional ventilator support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomized controlled trial. *Lancet.* 374:1352–1363.
- Peltekova V., Engelberts D., Otulakowski G., Uematsu S., Post M., Kavanagh B.P., 2010. Hypercapnic acidosis in ventilator-induced lung injury. *Intensive care Med.* 36:869-878.
- Pelosi P., Rocco P., Negrini D., Passi A., 2007. The extracellular matrix of the lung and its role in edema formation. *An. Acad. Bras. Cienc.* 79(2): 285-297.
- Persson M.G., gustafsson L.E., Wiklund N.P., Moncada S., Hedqvist P., 1990. Endogenous nitric oxide as a probable modulator of pulmonary

circulation and hypoxic pressor response in vivo. *Acta Physiol. Scand.* 140(4):449-457.

- Pingleton S.K., 1998. Complication of acute respiratory failure. *Am. Rev. Respir. Dis.* 137:1463-1493.
- Pugin J., Dunn I., Jolliet P., Tassaux D., Magnenat J.L., Nicod L.P., Chevrolet J.C., 1998. Activation of human macrophages by mechanical ventilation in vitro. *Am. J. Lung Cell Mol. Physiol.* 275:L1040-L1050.
- Pugin J., Widmer M. C., Kossodo S., Liang C. M., Preas H. L. n., Suffredini A. F., 1999. Human neutrophils secrete gelatinase B in vitro and in vivo in response to endotoxin and proinflammatory mediators. *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* 20:458-464
- Rabinovitch M., Bothwell T., Hayakawa N., 1986. Pulmonary arterial abnormalities in patients with congenital heart defects and pulmonary hypertension. *Lab. Invest.* 55:632-653.
- Ranieri V.M., Suter P.M., Tortorella C., De Tullio R., Dayert J.M., Brienza A., Bruno F., Slutsky A.S., 1999. Effect of mechanical ventilation on inflammatory mediators in patients with acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA.* 282:54-61.
- Ranieri V.M., Giunta F., Suter P.M., Slutsky A.S., 2000. Mechanical ventilation as a mediator of multi system organ failure in acute respiratory distress syndrome. *JAMA.* 284:43-44.
- Reid L.M., 1986. Structure and function in pulmonary hypertension. New perceptions. *Chest.* 89:279-288.
- Riard J.D., Dreyfuss D., Saumon G., 2001. Production of inflammatory cytokines during ventilator-induced lung injury: a reappraisal. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 163:1176-1180.
- Ricciardolo F.L., Strerk P.J., Gaston B., Folkerts G., 2004. Nitric oxide in health and disease of respiratory system. *Physiol. Rev.* 84(3):731-765.
- Roberts I.S., 1996. The biochemistry and genetics of capsular polysaccharide production in bacteria. *Annu. Rev. Microbiol.* 50:285-315.
- Rounds S., Hill N.S., 1984. Pulmonary hypertensive disease. *Chest.* 85(3):397-405.

- Rudiger A., Stotz M., Singer M., 2008. Cellular process in sepsis. *Swiss Med. WKLY.* 138(43-44):629-634.
- Sachs F., 1986. Biophysics of mechanoreception. *Membr. Biochem.* 6:173-195.
- Savov J., Silbajoris R., Young S.L., 1999. Mechanical ventilation of rat lung: effect on surfactant forms. *Am. J. Physiol. Lung Cell. Mol. Physiol.* 277:L320-L326.
- Schoene R.B., Swenson E.R., Pizzo C.J., Hackett P.H., Roach R.C., Mills W.J., Henderson W.R., Martin T.R., 1988. The lung at high altitude: bronchoalveolar lavage in acute mountain sickness and pulmonary edema. *J Appl Physiol* 64: 2605–2613.
- Serrano C.V., Fraticelli A., Paniccia R., Teti A., Noble B., Corda S., Faraggiana T., Ziegelstein R.C., Zweier J.L., Capogrossi M.C., 1996. pH dependance of neutrophil-endothelial cell adhesion molecule expression. *Am. J. Physiol.* 271:C962-C970.
- Shibata H., Cregg N., Engelberts D., Takeuki A., Fedorko L., Kavanagh B.P., 1998. Hypercapnic acidosis may attenuate acute lung injury by inhibition of endogenous xanthine oxidase. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 158:1578-1584.
- Skinnet S.C. Hirschl R.B., Bartlett R.H., 2006. Extracorporeal life support. *Semin. Pediatr. Surg.* 15(4):242-250.
- Skippet P., Kissoon N., Waller D., Northway T., Krahn G., 2008. Sepsis and septic shock: progress and future considerations. *Indian J. Pediatr.* 75(6):599-607.
- Sladen A., Laver M.B., Pontoppidan H., 1968. Pulmonary complications and water retention in prolonged mechanical ventilation. *N. Engl. J. Med.* 279:448-453.
- Slutsky A.S., 1993. Mechanical ventilation: American College of Chest Physicians' Consensus Conference. *Chest.* 104:1833–59.
- Smiztko P.E., Wang C.H., Weisel R.D., de Almeida J.R., Anderson T.J., Verma S., 2003. New markers of inflammation and endothelial cell activation: Part I. *Circulation.* 108(16):1917-23.

- Snider M.T., Chaudhari S.N., Richard R.B., Whitcomb D.R., Russell G.B., 1987. Augmentation of CO₂ transfer in membrane lungs by the infusion of a metabolizable organic acid. *ASAIO Trans.* 33:345–351.
- Sommer N., Dietrich A., Schermuly R.T., Ghofrani H.A., Gunderman T., Schulz R., Seeger W., Grimminger F., Weissmann N., 2008. Regulation of hypoxic pulmonary vasoconstriction: basic mechanism. *Eur. Respir. J.* 32:1639-1651.
- Stamenkovic I., 2003. Extracellular matrix remodelling: the role of matrix metalloproteinases. *J. Pathol.* 200:448–464.
- Stenmark K.R., Davie N.J., Reeves J.T., Frid M.G., 2005. Hypoxia, leucocytes, and the pulmonary circulation. *J. Appl. Physiol.* 98:715-721.
- Sternlicht M.D., Werb Z., 2001. How matrix metalloproteinases regulate cell behavior. *Annu. Rev. Cell. Bio.* 17:463-516.
- Stretton D., 1991. Non-adrenergic, non-cholinergic neural control of the airways. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* 18(10):675-684.
- Sugiura M., McCulloch P.R., Wren S., Dawson R.H., Froese A.B., 1994. Ventilator pattern influences neutrophils influx and activation in atelectasis-prone rabbit lung. *J. Appl. Physiol.* 77:1355-1365.
- Takata M., Abe J., Tanaka H., Kitano Y., Doi S., Kohsaka T., Miyasaka K., 1997. Intra-alveolar expression of tumor necrosis factor- α gene during conventional and high-frequency ventilation. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 156(1):272-279.
- Tasker R.C. and Peters M.J., 1998. Combined lung injury , meningitis and cerebral edema: how permissive can hypercapnia be? *Intensive Care Med.* 24:616-619.
- The Acute Respiratory Distress Syndrome Network, 2000. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.*;342:1301–8.
- Thorin E. and Webb D.J., 2010. Endothelium-derived endothelin-1. *Pflugers Arch. – Eur. J. Physiol.* 459:951-958.
- Tilson M.D., Bunke M.C., Smith G.J., KatzJ., Cronau L., Barash P.G., Baue A.E., 1997. Quantitative bacteriology and pathology of the lung in

experimental *Pseudomonas pneumonia* treated with positive end-expiratory pressure (PEEP). *Surgery*. 82:133-140.

- Todo G., Herman P.G., 1986. High-resolution computed tomography of the pig lung. *Invest. Radiol*. 21:689-696.
- Todorovitch-Hunter L., Johnson D.J., Ranger P., Keeley F.W., Rabinovitch M., 1988. Altered elastin and collagen synthesis associated with progressive pulmonary hypertension induced by monocrotaline: a biochemical and ultrastructural study. *Lab. Invest*. 58:184-195.
- Tozzi C.A., Thakker-Varia S., Yu Y.Y., 1998. Mast cell collagenase correlates with regression of pulmonary vascular remodeling in the rat. *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol*. 18:497-510.
- Tremblay L., Valenza F., Ribeiro S.P., Li J., Slutsky A.S., 1997. Injurious ventilatory strategies increase cytokines and c-fos m-RNA expression in an isolated rat lung model. *J Clin. Invest*. 99:944-952.
- Tremblay N.L., Slutsky A.S., 1998. Ventilator-induced injury: from barotraumas to biotrauma. *Proc. Ass. Am. Physicians*. 110(6):482-488.
- Tsukimoto K., Mathieu-Costello O., Prediletto R., Elliot A.R., West J.B., 1991. Ultrastructural appearances of pulmonary capillaries at high transmural pressures. *J. Appl. Physiol*. 71:573-582.
- Tsuno K., Prato P., Kolobow T., 1990. Acute lung injury from mechanical ventilation at moderately high air way pressures. *J. Appl. Physiol*. 69: 956-961.
- Tsuno K., Miura K., Takey M., Kolobow T., Morioka T., 1991. Histopathologic pulmonary changes from mechanical ventilation at high peak air way pressures. *Am. Rev. Resp. Dis*. 143:1115-1120.
- Van Beers B.E., Materne R., Annet L., Hermoye L., Sempoux C., Peeters F., Smith A.M., Jamart J., Horsmans Y., 2003. Capillarization of the sinusoids in liver fibrosis: noninvasive assessment with contrast-enhanced MRI in rabbit. *Magn. Reson Med*. 49(4):692-699.
- Van Lint P., Libert C., 2007. Chemokine and cytokine processing by matrix metalloproteinases and its effect on leucocyte migration and inflammation. *J. Luek. Biol*. 82:1375-1381.

- Vanlaere I., Libert C., 2009. Matrix Metalloproteinases as drug targets in infections caused by Gram-Negative bacteria in septic shock. *Clin. Microbiol. Rev.* 22(2)::224-239.
- Vannucci R.C., Brucklarcher R.M., Vannucci S.J., 1997. Effect of carbon dioxide on cerebral metabolism during hypoxia-ischemia in the immature rat. *Pediatr. Res.* 42:24-29.
- Vannucci R.C., Towfighi J., Brucklarcher R.M., Vannucci S.J., 2001. Effect of extreme hypercapnia on hypoxic-ischemic brain damage in the immature rat. *Pediatr. Res.* 42:799-803.
- Veldhuizen R.A., Marcou J., Yao L.J., McCaig L., Ito Y., Lewis J.F., 1996. Alveolar surfactant aggregate conversion in ventilated normal and injured rabbits. *Am. J. Physiol.* 270:L152-L158.
- Veldhuizen R.A., Slutsky A.S., Joseph M., McCaig L., 2001. Effects of mechanical ventilation of isolated mouse lungs on surfactant and inflammatory cytokines. *Eur. Respir. J.* 17:488-494.
- Verbrugge S.J., Bohm S.H., Gommers D., Zimmermann L.J., Lachmann B., 1998. Surfactant impairment after mechanical ventilation with large alveolar surface area changes and effects of positive end- expiratory pressure. *Br. J. Anaesth.* 80:360-364.
- Verbrugge S.J., Uhlig S., Neggers S.J.C.M., 1999. Different ventilation strategies affect lung function but do not increase tumor necrosis factor- α and prostacyclin production in lavaged rat lungs in vivo. *Anesthesiology.* 91:1834-1843.
- Verbrugge S.J., Lachman B., Kesecioglu J., 2007. Lung protective ventilatory strategies in acute lung injury respiratory distress syndrome: from experimental findings to clinical application. *Clin. Physiol. Funct. Imaging.* 27(2):67-90.
- Villar J., Kacmarek R.M., Perez-Mendez L., Aguirre-Jaime A., 2006. A high positive end-expiratory pressure, low tidal volume ventilator strategy improve outcome in persistent acute respiratory distress syndrome: a randomized, controlled trial. *Crit. Care Med.* 34:1311-1318.
- Volkt T., Kox W.J., 2000. Endothelium function in sepsis. *Inflamm. Res.* 49:185-198.

- Von Bethamm A.N., Brasch F., Nüsing R., Vogt K., Volk H.D., Müller K.M., Wendel A., Uhlig S., 1998. Hyperventilation induces release of cytokines from perfused mouse lung. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 157(1):263-272.
- Ward H.E. and Nicholas T.E., 1992. Effect of artificial ventilation and anaesthesia on surfactant turnover in rats. *Respir. Physiol.* 87:115-129.
- Waters C.M., Ridge K.M., Sunio G., Venetsanou K., Sznajder J.L., 1999. Mechanical stretching of alveolar epithelial cells increases Na⁺-K⁺-ATPase activity. *J. Appl. Physiol.* 87:715-721.
- Webb H.H., Tierney D.F., 1974. Experimental pulmonary edema due to intermittent positive pressure ventilation with high inflation pressures: protection by positive end-expiratory pressure. *Am. Rev. Respir. Dis.* 110:556-565.
- Weiler H., Lindner V., Kerlin B., Isermann B.H., Hendrickson S.B., Cooley B.C., Meh D.A., 2001. Characterization of a mouse model for thrombomodulin deficiency. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 21:1531-1537.
- Weinberger B., Carbone T., England S., Kleinfeld A.M., Hiatt M., Hegyi T., 2001. Effects of perinatal hypoxia on serum unbound free fatty acids and lung inflammatory mediators. *Biol Neonate* 79: 61–66.
- West J.B., Tsukimoto K., Mathieu-Costello O., Prediletto L., 1991. Stress failure in pulmonary capillary. *J. Appl. Physiol.* 70:1731-1742.
- West J.B. and Mathieu-Costello O., 1999. Structure, strength, failure and remodeling of the pulmonary blood-gas barrier. *Annu. Rev. Physiol.* 61: 543-557.
- West J.B., 2000. Pulmonary capillary stress failure. *J. Appl. Physiol.* 89: 2483-2489.
- Whatling C., McPheat W., Hurt-Camejo E., 2004. Matrix management. Assigning different roles for MMP-2 and MMP-9 in vascular remodeling. *ATVB.* 24:10-11.
- Whitehead T.C., Zhang H., Mullen B., Slutsky A.S., 2004. Effect of mechanical ventilation on cytokine response to intratracheal lipopolysaccharide. *Anesthesiology.* 101(1):52-58.

- Wolthuis E.K., Vlaar A.P., Choi G., Roelofs J.J., Juffermans N.P., Schultz M.J., 2009. Mechanical ventilation using non-injurious ventilation settings causes lung injury in the absence of pre-existing lung injury in healthy mice. *Crit. Care*.13(1):R1.
- Woo S.W., Hedley-Whyte J., 1972. Macrophage accumulation and pulmonary edema due to thoracotomy and lung overinflation. *J. Appl. Physiol.* 33:14-21.
- Wurfel M.M., 2007. Microarray-based analysis of ventilator-induced lung injury. *Proc. Am. Thorac. Soc.* 4(1):77-84.
- Wyszogrodski I., Kyei-Aboagye K., Taeusch H.W. Jr., Avery M.E., 1975. Surfactant inactivation by hyperventilation: conservation by end-expiratory pressure. *J. Appl. Physiol.* 38:461-466.
- Yanada M., Kojima T., Ishiguro K., Nakayama Y., Yamamoto K., 2002. Impact of antithrombin deficiency in thrombogenesis: lipopolysaccharide and stress-induced thrombus formation in heterozygous antithrombin-deficient mice. *Blood.* 99:2455-2458.
- Yamada T., Ikegami M., Jobe A.H., 1990. Effects of surfactant subfractionson preterm rabbit lung function. *Pediatr. Res.* 27:592-598.
- Yassen K.A., Galley H.F., Webster N.R., 2001. Matrix metalloproteinase-9 concentrations in critically ill patients. *Anaesthesia.* 56:729–732
- Zampetaki A., Minamino T., Mitsialis S.A., Kourembanas S., 2003. Effect of heme oxygenase-1 overexpression in two models of lung inflammation. *Exp Biol Med* 228: 42–446.
- Zanella A., Patroniti N., Isgrò S., Albertini M., Costanzi M., Pirrone F., Scaravilli V., Vergnano B., Pesenti A., 2009. Blood acidification enhances carbon dioxide removal of membrane lung: an experimental study. *Intensiv. Care Med.* 35:1484–1487.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

21. Fourth Surviving Sepsis Campaign's hemodynamic recommendations: a step forward or a return to chaos? Hernández G, Teboul JL. *Critical Care*. 2017; 21:133
22. Fluid Therapy: Double-Edged Sword during Critical Care? Benes J, Kirov M, Kuzkov V, et al. *BioMed research international*. 2015;2015:729075.
23. Meta-analysis of hemodynamic optimization in high-risk patients. Kern JW, Shoemaker WC. *Critical care medicine*. 2002;30(8):1686-1692.
24. Acute respiratory distress syndrome: Supportive care and oxygenation in adults. Siegel MD. *UpToDate*. 2016.
25. Early versus delayed administration of norepinephrine in patients with septic shock. Bai X, Yu W, Ji W, et al. *Critical Care*. 2014;18(5).
26. Goal-directed therapy: what we know and what we need to know. O'Neal JB, Shaw AD. *Perioperative Medicine (Lond)*. 2015 Feb 5;4(1):1.
27. The importance of fluid management in acute lung injury secondary to septic shock Murphy CV, Schramm GE, Doherty JA, et al.. *Chest*. 2009;136(1): 102-109.
28. Fluid management in acute lung injury and ARDS GS Martin
Netherlands Journal of Critical Care. 2012
29. Development and standardization of a furosemide stress test to predict the severity of acute kidney injury. Chawla LS, Davison DL, Brasha-Mitchell E, et al. *Critical Care*. 2013;17(5).
30. Perioperative fasting in adults and children: guidelines from the European Society of Anaesthesiology. Smith I, Kranke P, Murat I, et al. *European journal of anaesthesiology*. Aug 2011;28(8):556-569.
31. The half-life of infusion fluids. An educational review Hahn RG, Lyons G *European Journal Anaesthesiology*. 2016 Jul;33(7):475-82.
32. Fluid therapy in the perioperative setting-a clinical review. Voldby AW, Brandstrup B. *Journal of intensive care*. 2016;4:27.
33. Volume kinetics of Ringer solution, dextran 70 and hypertonic saline in male volunteers. Svendsen C, Hahn RG. *Anesthesiology* 1997; 87:204– 212

34. Fluid therapy in the perioperative setting-a clinical review. Voldby AW, Brandstrup B. Journal of intensive care. 2016;4:27.
35. The 'third space' – fact or fiction? Jacob M, Chappell D, Rehm M. Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology. 2009. 23; 145–157
36. The estimation of cardiac output by the Nexfin device is of poor reliability for tracking the effects of a fluid challenge Monnet X, Picard F, Lidzborski E, Mesnil M, Duranteau J, Richard C, Teboul JL. Critical Care 2012 Oct 29;16(5):R212.
37. Postoperative fluid management. Kayilioglu SI, Dinc T, Sozen I, Bostanoglu A, Cete M, Coskun F. World journal of critical care medicine. Aug 4 2015;4(3):192-201.
38. A trial of goal-oriented hemodynamic therapy in critically ill patients. SvO₂ Collaborative Group. Gattinoni L, Brazzi L, Pelosi P, et al. The New England journal of medicine. Oct 19 1995;333(16):1025-1032.
39. American Society for Enhanced Recovery (ASER) and Perioperative Quality Initiative (POQI) joint consensus statement on perioperative fluid management within an enhanced recovery pathway for colorectal surgery. Thiele RH, Raghunathan K, Brudney CS, Lobo DN, Martin D, Senagore A, Cannesson M, Gan TJ, Mythen MM, Shaw AD, Miller TE; Perioperative Quality Initiative (POQI) I Workgroup. Perioperative Medicine. 2016 Sep 17;5:24.
40. A meta-analysis of randomised controlled trials on preoperative oral carbohydrate treatment in elective surgery. Awad S, Varadhan KK, Ljungqvist O, Lobo DN. Clinical Nutrition. 2013 Feb;32(1):34-44.
41. A comparison of albumin and saline for fluid resuscitation in the intensive care unit. Finfer S, Bellomo R, Boyce N, et al. New England Journal of Medicine. 2004;350(22):2247-2256.
42. Role of permissive hypotension, hypertonic resuscitation and the global increased permeability syndrome in patients with severe haemorrhage: adjuncts to damage control resuscitation to prevent intra-abdominal

hypertension Duchesne JC, Kaplan LJ, Balogh ZJ, Malbrain MLNG. *Anaesthesiology Intensive Therapy* 2015, vol. 47, no 2, 143–155

43. Aiming for negative fluid balance in patients with acute lung injury and increased intra-abdominal pressure: A pilot study looking at the effects of PAL-treatment. Cordemans C, De laet I, Van Regenmortel N et al.: *Annal of Intensive Care* 2012; 2 (Suppl 1): S15.

45. Extravascular lung water determined with single transpulmonary thermodilution correlates with the severity of sepsis-induced acute lung injury. Kuzkov VV, Kirov MY, Sovershaev MA et al.: *Critical Care Medicine* 2006; 34: 1647–1653.

46. The C-Reactive Protein/Albumin Ratio as an Independent Predictor of Mortality in Patients with Severe Sepsis or Septic Shock Treated with Early Goal-Directed Therapy. Kim MH, Ahn JY, Song JE, Choi H, Ann HW, Kim JK, Kim JH, Jeon YD, Kim SB, Jeong SJ, Ku NS2, Han SH, Song YG, Choi JY, Kim YS, Kim JM. *PLoS One*. 2015 Jul 9;10(7):e0132109

47. Ratio of C-Reactive Protein/Albumin is An Inflammatory Prognostic Score for Predicting Overall Survival of Patients with Small-cell Lung Cancer. Zhou T, Zhan J, Hong S, Hu Z, Fang W, Qin T, Ma Y, Yang Y, He X, Zhao Y, Huang Y, Zhao H, Zhang L. *Scientific Reports*. 2015 Jun 18;5:10481

48. The influence of volume management on outcome. Bagshaw SM, Bellomo R. *Current Opinion in Critical Care*. 2007; 13: 541–548.

49. The polycompartment syndrome: a concise state-of-the-art review. Malbrain ML, Roberts DJ, Sugrue M, et al. *Anaesthesiology intensive therapy*. Nov-Dec 2014;46(5):433- 450.

50. The structure and function of the endothelial glycocalyx layer. Weinbaum S, Tarbell JM, Damiano ER. *Annual Review of Biomedical Engineering*. 2007:121-167.

51. Fluid management with a simplified conservative protocol for the acute respiratory distress syndrome. Grissom CK, Hirshberg EL, Dickerson JB, et al. *Critical care medicine*. 2015;43(2):288-295.

52. Controversies in fluid therapy: Type, dose and toxicity. McDermid RC, Raghunathan K, Romanovsky A, Shaw AD, Bagshaw SM. World journal of critical care medicine. Feb 4 2014;3(1):24-33.

53. Saline or albumin for fluid resuscitation in patients with traumatic brain injury. Myburgh J, Cooper DJ, Finfer S, et al. New England Journal of Medicine. 2007;357(9):874-884.

54. Hydroxyethyl starch 130/0.42 versus Ringer's acetate in severe sepsis. Perner A, Haase N, Guttormsen AB, et al. New England Journal of Medicine. 2012;367(2):124-134.

55. Hydroxyethyl Starch or Saline for Fluid Resuscitation in Intensive Care. Myburgh JA, Finfer S, Bellomo R, et al. New England Journal of Medicine. 2012;367(20):1901- 1911.

56. Assessment of hemodynamic efficacy and safety of 6% hydroxyethylstarch 130/0.4 vs. 0.9% NaCl fluid replacement in patients with severe sepsis: the CRYSTMAS study. Guidet B, Martinet O, Boulain T, et al. Critical care. 2012;16(3):R94.

57. Management of severe perioperative bleeding: Guidelines from the European Society of Anaesthesiology. Kozek-Langenecker SA, Afshari A, Albaladejo P, et al. European journal of anaesthesiology. 2013;30(6):270-382.

58. Hydroxyethyl starches: what do we still know? Reinhart K, Takala J. Anesthesia and analgesia. 2011;112(3):507-511.

59. Consensus statement of the ESICM task force on colloid volume therapy in critically ill patients. Reinhart K, Perner A, Sprung CL, et al. Intensive care medicine. Mar 2012;38(3):368-383.

60. Iatrogenic salt water drowning and the hazards of a high central venous pressure. Marik PE. Annals of intensive care. 2014;4(1):1-9.

61. Major complications, mortality, and resource utilization after open abdominal surgery: 0.9% saline compared to plasma-lyte. Shaw AD, Bagshaw SM, Goldstein SL, et al. Annals of surgery. 2012;255(5):821-829.

62. Fluid balance and mortality in critically ill patients with acute kidney injury: a multicenter prospective epidemiological study Wang N, Jiang L, Zhu B, Wen Y, Xi XM, The Beijing Acute Kidney Injury Trial (BAKIT) workgroup. *Critical Care*. 2015;19:371.
63. The haemodynamic dilemma in emergency care: Is fluid responsiveness the answer? A systematic review Elwan MH, Roshdy A, Elsharkawy EM, Eltahan SM, Coats TJ. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine* 2017 Mar 6;25(1):25.
64. Association between fluid intake and mortality in critically ill patients with negative fluid balance: a retrospective cohort study. Shen Y, Huang X, Zhang W. *Critical Care* 2017 May 12;21(1):104.
65. Fluid overload and acute kidney injury: cause or consequence? Ostermann et al. *Critical Care*. 2015; 19:443
66. Indications and management of mechanical fluid removal in critical illness. Rosner MH, Ostermann M, Murugan R, Prowle JR, Ronco C, Kellum JA, et al. *British Journal of Anaesthesia*. 2014;113:764–71.
67. Does the central venous pressure predict fluid responsiveness? An updated meta-analysis and a plea for some common sense. Marik PE, Cavallazzi R. *Critical care medicine*. 2013;41(7):1774-1781.
68. Fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a review of indices used in intensive care. *Intensive care medicine*. Bendjelid K, Romand JA. Mar 2003;29(3):352- 360.
69. Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review of the literature. Marik PE, Cavallazzi R, Vasu T, Hirani A. *Critical care medicine* 2009;37(9):2642-2647.
70. Predicting fluid responsiveness in ICU patients: A critical analysis of the evidence. Michard F, Teboul JL. *Chest*. 2002;121(6):2000-2008.

71. Mechanism of the increased venous return and cardiac output caused by epinephrine. *The American journal of physiology*. Guyton AC, Lindsey AW, Abernathy B, Langston JB. 1958;192(1):126-130.
72. Basic concepts of fluid responsiveness. Cherpanath TG, Geerts BF, Lagrand WK, Schultz MJ, Groeneveld AB. *Netherlands heart journal : monthly journal of the Netherlands Society of Cardiology and the Netherlands Heart Foundation*. 2013;21(12):530- 536.
73. “Fluid Responsiveness and Fluid Resuscitation”. capitolo 9 Marik P. *Evidence-Based Critical Care*. ed. Springer; 2015.
74. “Undifferentiated Shock” capitolo 3 da *Evidence-Based Critical Care*: Whitmore SP. ed. Springer; 2017.
75. The relationship between right atrial pressure and blood volume. Hughes RE, Magovern GJ. *A.M.A. archives of surgery*. 1959;79(2):238-243.
76. Fluid status and fluid responsiveness. Magder S. *Current opinion in critical care*. 2010;16(4):289-296.
77. Systematic review including re-analyses of 1148 individual data sets of central venous pressure as a predictor of fluid responsiveness. *Intensive care medicine*. Eskesen TG, Wetterslev M, Perner A. 2016;42(3):324-332.
78. Right ventricular end-diastolic volume as a predictor of the hemodynamic response to a fluid challenge. Wagner JG, Leatherman JW. *Chest*. 1998;113(4):1048-1054.
79. Right atrial pressure predicts hemodynamic response to apneic positive airway pressure. Jellinek H, Krafft P, Fitzgerald RD, Schwarz S, Pinsky MR. *Critical care medicine*. 2000;28(3):672-678.
80. The effect of PEEP on left ventricular diastolic dimensions and systolic performance following myocardial revascularization. van Trigt P, Spray TL, Pasque MK, et al. *Annals of Thoracic Surgery*. 1982;33(6):585-592.
81. Measurements of right ventricular volumes during fluid challenge. Reuse C, Vincent JL, Pinsky MR. *Chest*. 1990;98(6):1450-1454.

82. Relation between respiratory changes in arterial pulse pressure and fluid responsiveness in septic patients with acute circulatory failure. Michard F, Boussat S, Chemla D, et al. American journal of respiratory and critical care medicine. 2000;162(1):134-138.

83. Cardiopulmonary effects of volume loading in patients in septic shock. Krausz MM, Perel A, Eimerl D, Cotev S. Annals of surgery. 1977;185(4):429-434.

84. Comparison of arterial systolic pressure variation with other clinical parameters to predict the response to fluid challenges during cardiac surgery. Bennett-Guerrero E, Kahn RA, Moskowitz DM, Falcucci O, Bodian CA. The Mount Sinai journal of medicine, New York. Jan-Mar 2002;69(1-2):96-100.

85. End-diastolic volume versus pulmonary artery wedge pressure in evaluating cardiac preload in trauma patients. Diebel L, Wilson RF, Heins J, Larky H, Warsaw K, Wilson S. Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care. 1994;37(6):950-955.

86. Systolic pressure variation as a guide to fluid therapy in patients with sepsis-induced hypotension. Tavernier B, Makhotine O, Lebuffe G, Dupont J, Scherpereel P. Anesthesiology. 1998;89(6):1313-1321.

87. The use of transesophageal echocardiography for preload assessment in critically ill patients. Tousignant CP, Walsh F, Mazer CD. Anesthesia and analgesia. 2000;90(2):351- 355.

88. Determination of ventricular volume by radioisotope-angiography. Mullins CB, Mason DT, Ashburn WL, Ross Jr J. The American Journal of Cardiology. 1969;24(1):72-78.

89. Measurement of right ventricular end-systolic and end-diastolic volumes by the thermodilution technique. Balcon R, Oram S. British Heart Journal. 1968;30(5):690-695.

90. End-Diastolic Volume: A Better Indicator of Preload in the Critically Ill. Diebel LN, Wilson RF, Tagett MG, Kline RA. Archives of Surgery. 1992;127(7):817-822.

91. Transesophageal echocardiographic dimensional analysis of four cardiac chambers during positive end- expiratory pressure. Terai C, Uenishi M, Sugimoto H, Shimazu T, Yoshioka T. *Anesthesiology*. 1985;63(6):640-646.
92. Combined thermodilution and two-dimensional echocardiographic evaluation of right ventricular function during respiratory support with PEEP. Jardin F, Brun-Ney D, Hardy A, Aegerter P, Beauchet A, Bourdarias JP. *Chest*. 1991;99(1):162-168.
93. Echocardiographic evaluation of ventricles during continuous positive airway pressure breathing. Jardin F, Farcot JC, Gueret P. *Journal of Applied Physiology Respiratory Environmental and Exercise Physiology*. 1984;56(3):619-627.
94. Echocardiographic pattern of acute cor pulmonale. Jardin F, Dubourg O, Bourdarias JP. *Chest*. 1997;111(1):209-217.
95. Persistent preload defect in severe sepsis despite fluid loading: A longitudinal echocardiographic study in patients with septic shock. Jardin F, Fourme T, Page B, et al. *Chest*. 1999;116(5):1354-1359.
96. Estimation of left ventricular volume and ejection fraction by two-dimensional transoesophageal echocardiography: Comparison of short axis imaging and simultaneous radionuclide angiography. Clements FM, Harpole DH, Quill T, Jones RH, McCann RL. *British journal of anaesthesia*. 1990;64(3):331-336.
97. Stroke volume variations for assessment of cardiac responsiveness to volume loading in mechanically ventilated patients after cardiac surgery. *Intensive care medicine*. Reuter DA, Felbinger TW, Schmidt C, et al. 2002;28(4):392-398.
98. Physiological studies of the effects of intermittent positive pressure. Cournand A, Motley HL. *The American journal of physiology*. 1948;152(1):162-174.

99. Hemodynamic effects of intermittent positive pressure respiration. Morgan BC, Martin WE, Hornbein TF, Crawford EW, Guntheroth WG. *Anesthesiology*. 1966;27(5):584-590.
100. Hemodynamic effects of positive-pressure inflation. Scharf SM, Brown R, Saunders N, Green LH. *Journal of Applied Physiology Respiratory Environmental and Exercise Physiology*. 1980;49(1):124-131.
101. Effect of lung inflation on lung blood volume and pulmonary venous flow. Brower R, Wise RA, Hassapoyannes C, Bromberger-Barnea B, Permutt S. *Journal of Applied Physiology*. 1985;58(3):954-963.
102. Cardiovascular effects of positive pressure ventilation in humans. Abel JG, Salerno TA, Panos A, et al. *Annals of Thoracic Surgery*. 1987;43(2):198-206.
103. Dependence of ventricular distensibility on filling of the opposite ventricle. Taylor RR, Covell JW, Sonnenblick EH, Ross Jr J. *The American journal of physiology*. 1967;213(3):711-718.
104. Respiratory variations in systemic arterial pressure as an indicator of volume status. Coyle JP, Teplick RS, Long MC, Davison JK. *Anesthesiology*. 1983;59.
105. A comparison of systolic blood pressure variations and echocardiographic estimates of end-diastolic left ventricular size in patients after aortic surgery. Coriat P, Vrillon M, Perel A, et al. *Anesthesia and analgesia*. 1994;78(1):46-53.
106. Systolic pressure variation predicts the response to acute blood loss. Ornstein E, Eidelman LA, Drenger B, Elami A, Pizov R. *Journal of clinical anesthesia*. 1998;10(2):137-140.
107. Cyclic changes in arterial pulse during respiratory support. Jardin F, Farcot JC, Gueret P, Prost JF, Ozier Y, Bourdarias JP. *Circulation*. 1983;68(2 I):266-274.
108. Clinical use of respiratory changes in arterial pulse pressure to monitor the hemodynamic effects of PEEP. Michard F, Chemla D, Richard C, et al.

American journal of respiratory and critical care medicine. 1999;159(3): 935-939.

109. Respiratory changes in aortic blood velocity as an indicator of fluid responsiveness in ventilated patients with septic shock. Feissel M, Michard F, Mangin I, Ruyer O, Faller JP, Teboul JL. Chest. Mar 2001;119(3):867-873.

110. Stroke output variations calculated by esophageal Doppler is a reliable predictor of fluid response. Vallee F, Fourcade O, De Soyres O, et al. Intensive care medicine. Oct 2005;31(10):1388-1393.

111. Predicting and measuring fluid responsiveness with echocardiography. Miller A, Mandeville J. Echo research and practice. 2016;3(2):G1-G12.

112. Esophageal Doppler monitoring predicts fluid responsiveness in critically ill ventilated patients. Monnet X, Rienzo M, Osman D, et al. Intensive care medicine. 2005;31(9):1195-1201.

113. Transthoracic echocardiography: an accurate and precise method for estimating cardiac output in the critically ill patient. Mercado P, Maizel J, Beyls C, Titeca-Beauport D, Joris M, Kontar L, Riviere A, Bonef O, Soupison T, Tribouilloy C, de Cagny B, Slama M Critical Care. 2017 9;21(1):136.

114. Stroke volume variation does not predict fluid responsiveness in patients with septic shock on pressure support ventilation. Perner A, Faber T. Acta anaesthesiologica Scandinavica. Oct 2006;50(9):1068-1073.

115. Influence of respiratory rate on stroke volume variation in mechanically ventilated patients. De Backer D, Taccone FS, Holsten R, Ibrahimi F, Vincent JL. Anesthesiology. 2009;110(5):1092-1097.

116. Influence of tidal volume on left ventricular stroke volume variation measured by pulse contour analysis in mechanically ventilated patients. Intensive care medicine. Reuter DA, Bayerlein J, Goepfert MSG, et al. 2003;29(3): 476-480.

117. Stroke Volume Variation and Pulse Pressure Variation Are Not Useful for Predicting Fluid Responsiveness in Thoracic Surgery. Jeong DM, Ahn HJ, Park HW, Yang M, Kim JA, Park J. *Anesthesia and Analgesia*. 2017 May 11
118. Pulse-pressure variation and hemodynamic response in patients with elevated pulmonary artery pressure: A clinical study. Wyler von Ballmoos M, Takala J, Roeck M, et al. *Critical Care*. 2010;14(3).
119. Assessing fluid responsiveness in critically ill patients: False-positive pulse pressure variation is detected by Doppler echocardiographic evaluation of the right ventricle. Mahjoub Y, Pila C, Friggeri A, et al. *Critical care medicine*. 2009;37(9):2570-2575.
120. Dynamic indices do not predict volume responsiveness in routine clinical practice. Lansdorp B, Lemson J, van Putten MJ, de Keijzer A, van der Hoeven JG, Pickkers P. *British journal of anaesthesia*. Mar 2012;108(3):395-401.
121. Respiratory pulse pressure variation fails to predict fluid responsiveness in acute respiratory distress syndrome. Lakhal K, Ehrmann S, Benzekri-Lefèvre D, et al. *Critical Care*. 2011;15(2).
122. Goal directed fluid therapy. Marik PE, Desai H. *Current pharmaceutical design*. 2012;18(38):6215-6224.
123. Passive leg raising. Monnet X, Teboul JL. *Intensive care medicine*. 2008;34(4):659-663.
124. Changes in BP induced by passive leg raising predict response to fluid loading in critically ill patients. Boulain T, Achard JM, Teboul JL, Richard C, Perrotin D, Ginies G. *Chest*. 2002;121(4):1245-1252.
125. Changes in aortic blood flow induced by passive leg raising predict fluid responsiveness in critically ill patients. Lafanechere A, Pene F, Goulenok C, et al. *Critical care*. 2006;10(5):R132.
126. Echocardiographic prediction of volume responsiveness in critically ill patients with spontaneously breathing activity. Lamia B, Ochagavia A, Monnet X, Chemla D, Richard C, Teboul JL. *Intensive care medicine*. 2007;33(7):1125-1132.

127. Central venous pressure measurements improve the accuracy of leg raising-induced change in pulse pressure to predict fluid responsiveness. Lakhali K, Ehrmann S, Runge I, et al. *Intensive care medicine*. 2010;36(6):940-948.
128. The passive leg-raising maneuver cannot accurately predict fluid responsiveness in patients with intra-abdominal hypertension. Mahjoub Y, Touzeau J, Airapetian N, et al. *Critical care medicine*. Sep 2010;38(9):1824-1829.
129. Diagnosis of central hypovolemia by using passive leg raising. Maizel J, Airapetian N, Lorne E, Tribouilloy C, Massy Z, Slama M. *Intensive care medicine*. 2007;33(7):1133- 1138.
130. Probing the limits of arterial pulse contour analysis to predict preload responsiveness. Pinsky MR. *Anesthesia and analgesia*. 2003;96(5):1245-1247.
131. Changes in stroke volume induced by passive leg raising in spontaneously breathing patients: comparison between echocardiography and Vigileo/FloTrac device. Biais M, Vidil L, Sarraey P, Cottenceau V, Revel P, Sztark F. *Critical care*. 2009;13(6):R195.
132. Can changes in arterial pressure be used to detect changes in cardiac index during fluid challenge in patients with septic shock? Pierrakos C, Velissaris D, Scolletta S, Heenen S, De Backer D, Vincent JL. *Intensive care medicine*. 2012;38(3):422-428.
133. An increase in aortic blood flow after an infusion of 100 ml colloid over 1 minute can predict fluid responsiveness: The mini-fluid challenge study. Muller L, Toumi M, Bousquet PJ, et al. *Anesthesiology*. 2011;115(3):541-547
134. Bioreactance is not reliable for estimating cardiac output and the effects of passive leg raising in critically ill patients. Kupersztych-Hagege E. *British journal of anaesthesia*. 2013.
135. Comparison of monitoring performance of bioreactance versus esophageal Doppler in pediatric patients. Dubost C, Bouglé A, Hallynck C, et al. *Indian journal of critical care medicine : peer-reviewed, official publication of Indian Society of Critical Care Medicine*. 2015;19(1):3-8.

136. Relation between respiratory variations in pulse oximetry plethysmographic waveform amplitude and arterial pulse pressure in ventilated patients. Cannesson M, Besnard C, Durand PG, Bohé J, Jacques D. Critical care. 2005;9(5).

137. Ability of pleth variability index to detect hemodynamic changes induced by passive leg raising in spontaneously breathing volunteers. Keller G, Cassar E, Desebbe O, Lehot J-J, Cannesson M. Critical Care. 2008;12(2):R37.

138. Accuracy of pleth variability index to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review and meta-analysis. Journal of clinical monitoring and computing. Chu H, Wang Y, Sun Y, Wang G. 2016;30(3): 265-274.

139. Point-of-care ultrasound to estimate central venous pressure: a comparison of three techniques. Prekker ME, Scott NL, Hart D, Sprenkle MD, Leatherman JW. Critical care medicine. Mar 2013;41(3):833-841.

140. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. Barbier C, Loubieres Y, Schmit C, et al. Intensive care medicine. Sep 2004;30(9):1740-1746.

141 Fluid responsiveness and shock assessment. De Backer D, Fagnoul D. Intensive care ultrasound: VI. Annals of the American Thoracic Society. Jan 2014;11(1):129-136.

142. Superior vena caval collapsibility as a gauge of volume status in ventilated septic patients. Vieillard-Baron A, Chergui K, Rabiller A, et al. Intensive care medicine. Sep 2004;30(9):1734-1739.

143. Ten situations where inferior vena cava ultrasound may fail to accurately predict fluid responsiveness: a physiologically based point of view. Via G, Tavazzi G, Price S. Intensive care medicine. 2016;42(7):1164-1167.

144. Does inferior vena cava respiratory variability predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients? Airapetian N, Maizel J, Alyamani O, et al. Critical care. 2015;19:400.

145. Jugular vein distensibility predicts fluid responsiveness in septic patients. Guarracino F, Ferro B, Forfori F, Bertini P, Magliacano L, Pinsky MR. *Critical care*. 2014;18(6):647.

146. Sonographic evaluation of intravascular volume status in the surgical intensive care unit: a prospective comparison of subclavian vein and inferior vena cava collapsibility index. Kent A, Bahner DP, Boulger CT, et al. *J Surg Res*. Sep 2013;184(1):561-566.

147. Respiratory variation in carotid peak systolic velocity predicts volume responsiveness in mechanically ventilated patients with septic shock: a prospective cohort study. Ibarra-Estrada MA, Lopez-Pulgarin JA, Mijangos-Mendez JC, Diaz-Gomez JL, Aguirre- Avalos G. *Crit Ultrasound J*. Dec 2015;7(1):29.

148. Respirophasic carotid artery peak velocity variation as a predictor of fluid responsiveness in mechanically ventilated patients with coronary artery disease. Song Y, Kwak YL, Song JW, Kim YJ, Shim JK. *British journal of anaesthesia*. Jul 2014;113(1):61-66.

149. Passive leg-raising and end-expiratory occlusion tests perform better than pulse pressure variation in Patients with low respiratory system compliance. Monnet X, Bleibtreu A, Ferré A, et al. *Critical care medicine*. 2012;40(1):152-157.

150. Predicting volume responsiveness by using the end-expiratory occlusion in mechanically ventilated intensive care unit patients. Monnet X, Osman D, Ridel C, Lamia B, Richard C, Teboul JL. *Critical care medicine*. 2009;37(3):951-956.

151. Detecting volume responsiveness and unresponsiveness in intensive care unit patients: two different problems, only one solution. Teboul JL, Monnet X. *Critical care*. 2009;13(4):175.

152. Clinical review: Goal-directed therapy- what is the evidence in surgical patients? The effect on different risk groups. Cecconi M, Corredor C, Arulkumaran N, et al. *Critical care*. 2013;17(2):209.

153. Fluid responsiveness and right ventricular function in cardiac surgical patients. A multicenter study. Ranucci M, Pazzaglia A, Tritapepe L, et al. HSR Proc Intensive Care Cardiovasc Anesth. 2009;1(1):21-29.

Scala di Kelly

Grado Kelly	Stato Mentale	Valutazione
1	Sveglio	Esegue 3 ordini complessi
2	Sveglio	Esegue ordini semplici
3	Sonnolento	Risvegliabile al comando verbale
4	Soporoso	Risvegliabile allo stimolo doloroso
5	In coma	Senza alterazioni del tronco encefalico
6	In coma	Con alterazioni del tronco encefalico

Bibliografia essenziale

1. British Thoracic Society Standards of Care Committee (2002) BTS Guideline: Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. Thorax; 57: 192-211;
2. British Thoracic Society & The Intensive Care Society. The Use of Non-Invasive Ventilation in the management of patients with chronic obstructive pulmonary disease admitted to hospital with acute type II respiratory failure (With particular reference to Bilevel positive pressure ventilation). October 2008;
3. O'Driscoll BR, Howard LS, Davison AG on behalf of the British Thoracic Society BTS guideline for emergency oxygen use in adult patients. Thorax 2008; 63(Suppl VI): vi1–vi68. doi:10.1136/thx.2008.102947;
4. Gattinoni L et al. Il punto su l'insufficienza respiratoria: terapia intensiva e subintensiva. Scien- tific Press 1998;
5. Brochard L et al. Non invasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. N Engl J Med 1995; 333: 817-822;
6. Wijesinghe M, Perrin K, Healy B, Hart K, Clay J, Weatherall M, Beasley R Pre-hospital oxygen therapy in acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease, Intern Med J. 2010 Feb 26;
7. L'Her et al. Non-invasive positive aiway pressure in acute hypoxaemic respiratory failure. Experience of an emergency department. Eur J Emerg Med 1998; 5:313-8;
8. Willi Schmidbauer, Olaf Ahlers, Claudia Spies, Anke Dreyer, Georg Mager, Thoraf Kerner- Early prehospital use of non-invasive ventilation improves

acute respiratory failure in acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease, *Emerg Med J* doi:10.1136/emj.2009.089102;

9. Masip J, Roque M, Sánchez B, Fernández R, Subirana M, Expósito JA. Noninvasive ventilation in acute cardiogenic pulmonary edema: systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2005; 294: 3124-3130;
10. Nava S, Carbone G, DiBattista N, et al. Noninvasive ventilation in cardiogenic pulmonary edema: a multicenter randomized trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;
11. Kosowsky JM, Stephanides SL, Branson RD, Sayre MR. Prehospital use of continuous positive airway pressure (CPAP) for presumed pulmonary edema: a preliminary case series;
12. Stiell IG, Spaite DW, Field B, Nesbitt LP, Munkley D, Maloney J, Dreyer J, Toohey LL, Campeau T, Dagnone E, Lyver M, Wells GA, (2007) Advanced life support for out-of- hospital respiratory distress. *N Engl J Med* 356: 2156-2164;
13. Patroniti N, Foti G, Manfio A, Coppo A, Bellani G, Pesenti A, (2003) Head helmet versus face mask for non-invasive continuous positive airway pressure: a physiological study. *Intensive Care Med* 29: 1680-1687;
14. Kallio T, Kuisma M, Alaspää A, Rosenberg PH. The use of prehospital continuous positive airway pressure treatment in presumed acute severe pulmonary edema. *Prehosp Emerg Care*. 2003 Apr-Jun;7(2):209-13;