



# L'APPROCCIO AL PAZIENTE IN TERAPIA IPERBARICA

## *L'assistenza medico infermieristica*

Congiu Andrea

Version 2.4, 05/08/2026: Correzione dei refusi. Aggiornati i capitoli: Creare un flusso continuo e Breve promemoria. Aggiunto il capitolo: L'infermiere sta male durante l'assistenza in camera iperbarica

# Indice

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Introduzione .....                                          | 1  |
| Proprietà generali dei gas .....                            | 2  |
| Pressione .....                                             | 2  |
| Legge di Boyle (isoterma cioè a temperatura costante) ..... | 3  |
| Legge di Charles (isobara cioè a pressione costante) .....  | 4  |
| Legge di Gay- Lussac .....                                  | 4  |
| Legge generale dei gas: la legge di Avogadro .....          | 4  |
| Considerazioni generali .....                               | 4  |
| Legge di Dalton .....                                       | 5  |
| Unità di misura della pressione .....                       | 5  |
| Cenni storici di medicina iperbarica e subacquea .....      | 6  |
| Concetti generali dell'Ossigeno Terapia Iperbarica .....    | 10 |
| L'ossigeno iperbarico .....                                 | 10 |
| La visita di accesso all'Ossigeno Terapia Iperbarica .....  | 14 |
| L'infermiere in camera iperbarica .....                     | 15 |
| I tre momenti dell'assistenza infermieristica .....         | 16 |
| Prima dell'ingresso in camera iperbarica .....              | 17 |
| In camera iperbarica .....                                  | 20 |
| Prima dell'avvio .....                                      | 20 |
| Le tre fasi pressorie .....                                 | 21 |
| Fase compressiva .....                                      | 22 |
| A pressione stabile .....                                   | 24 |
| Fase decompressiva .....                                    | 25 |
| Note per la desaturazione dell'infermiere .....             | 26 |
| Cenni sull'Incidente da Decompressione .....                | 26 |
| Particolari attenzioni .....                                | 27 |
| Dopo l'uscita dalla camera iperbarica .....                 | 28 |
| Il paziente nuovo .....                                     | 30 |
| Problemi in camera iperbarica .....                         | 31 |
| L'ansia e l'ambiente chiuso .....                           | 32 |
| Le variazioni di pressione .....                            | 33 |
| La tossicità dell'ossigeno .....                            | 34 |
| La fame d'aria .....                                        | 35 |
| Creare un flusso continuo .....                             | 36 |
| L'ipoglicemia nel paziente diabetico .....                  | 39 |
| Il paziente ha bisogno del bagno durante la terapia .....   | 40 |
| Permanenza o uscita dalla camera iperbarica .....           | 41 |
| Modalità di uscita .....                                    | 42 |



|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| L'infermiere non deve .....                                              | 44 |
| La compensazione .....                                                   | 45 |
| Nel bambino .....                                                        | 46 |
| Nel paziente collaborativo .....                                         | 47 |
| Fase compressiva .....                                                   | 47 |
| La manovra di Toynbee .....                                              | 47 |
| La manovra di Valsalva .....                                             | 47 |
| La manovra di Marcante-Odaglia (o manovra Frenzel) .....                 | 47 |
| Altre manovre per compensare durante la compressione .....               | 47 |
| Fase decompressiva .....                                                 | 47 |
| La manovra di Valsalva inversa .....                                     | 48 |
| Nel paziente in coma e/o intubato .....                                  | 48 |
| Consiglio .....                                                          | 49 |
| Breve promemoria .....                                                   | 50 |
| Promemoria dei concetti matematici .....                                 | 51 |
| Sicurezza .....                                                          | 52 |
| Mancanza di corrente .....                                               | 52 |
| Incendio .....                                                           | 54 |
| Introduzione .....                                                       | 54 |
| L'aria ambiente della camera iperbarica e la sicurezza antincendio ..... | 55 |
| Sistema antincendio .....                                                | 56 |
| Rilevatore di fiamma .....                                               | 57 |
| Sistema antincendio idrico a soffitto .....                              | 57 |
| Attivazione dei diffusori antincendio da parte dell'infermiere .....     | 58 |
| Attivazione dei diffusori antincendio da parte del tecnico .....         | 59 |
| Sistema antincendio idrico con manichetta .....                          | 60 |
| Incendio nel Centro Iperbarico .....                                     | 61 |
| Approfondimenti .....                                                    | 63 |
| Driving force .....                                                      | 63 |
| Meccanismi e fattori coinvolti .....                                     | 63 |
| Comunicare e informare i pazienti .....                                  | 64 |
| Materiale sanitario in camera iperbarica .....                           | 65 |
| I Parametri vitali .....                                                 | 68 |
| La pressione arteriosa .....                                             | 68 |
| La saturazione dell'emoglobina .....                                     | 69 |
| Puls-CO-ossimetro .....                                                  | 69 |
| Registrazione dei parametri vitali .....                                 | 70 |
| Il ventilatore polmonare .....                                           | 71 |
| Messa in funzione del ventilatore polmonare .....                        | 72 |
| Collegamento all'impianto elettrico .....                                | 73 |
| Collegamento all'impianto aria .....                                     | 74 |

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Collegamento all'impianto ossigeno .....                                    | 75  |
| Collegamento di messa a terra .....                                         | 76  |
| Collegamento all'impianto dell'esperto .....                                | 76  |
| Avvio e test del ventilatore .....                                          | 77  |
| Altre considerazioni .....                                                  | 80  |
| Pallone autoespandibile .....                                               | 80  |
| Allarme sovrappressione aria .....                                          | 80  |
| Manovre per gestire la pressione dall'interno della camera iperbarica ..... | 81  |
| Bloccare la compressione .....                                              | 82  |
| Bloccare la decompressione .....                                            | 83  |
| Ossigeno in flusso continuo .....                                           | 84  |
| Flusso continuo per maladesione della maschera .....                        | 87  |
| Paziente con barba .....                                                    | 87  |
| Forma del viso .....                                                        | 87  |
| Il paziente tracheostomizzato .....                                         | 88  |
| Paziente in barella .....                                                   | 89  |
| Salire di quota dopo la permanenza in Camera Iperbarica .....               | 91  |
| Stress ossidativo .....                                                     | 96  |
| Gestione del materasso a depressione .....                                  | 99  |
| L'infermiere sta male durante l'assistenza in camera iperbarica .....       | 100 |
| Normativa .....                                                             | 101 |
| Fonti e note di realizzazione .....                                         | 102 |
| Fonti .....                                                                 | 102 |
| Note di realizzazione .....                                                 | 102 |
| Collaboratori, revisioni e contatti .....                                   | 103 |
| Collaboratori .....                                                         | 103 |
| Revisioni .....                                                             | 104 |
| Contatti .....                                                              | 106 |
| La licenza .....                                                            | 107 |
| Applicazione della licenza .....                                            | 107 |
| La licenza applicata .....                                                  | 107 |
| Dettagli della licenza .....                                                | 107 |
| Avvertenze .....                                                            | 107 |
| Ringraziamenti .....                                                        | 108 |

# Introduzione

Un centro iperbarico è una struttura sanitaria altamente specializzata al trattamento di pazienti con particolari patologie, mediante somministrazione di ossigeno o miscele iperossigenate. Il trattamento viene eseguito in camere iperbariche all'interno delle quali la pressione ambientale viene portata a valori superiori a quella del livello del mare (1 atmosfera assoluta), mentre il paziente respira, ad intermittenza, ossigeno al 100%. Lo scopo è quello di potenziare la quota di ossigeno disciolto nel plasma, garantendo l'ossigenazione tissutale anche in uno stato di alterazione.

L'infermiere di camera iperbarica deve avere un'idoneità clinica per poter svolgere la sua funzione: deve essere esente da patologie o condizioni parafisiologiche che possono aggravarsi con la variazione di pressione, come problemi legati all'apparato uditivo, patologie dell'apparato respiratorio o ansia piuttosto che claustrofobia. Deve possedere inoltre conoscenze teoriche di farmacocinetica e farmacodinamica dei gas respirati in iperbarismo, del loro assorbimento e dei loro effetti. Deve avere una conoscenza completa dell'impianto e delle norme di sicurezza.

Per comprendere al meglio il principio di funzionamento della camera iperbarica, dell'ossigeno terapia in iperbarismo e molto altro di seguito descritto, è indispensabile avere delle conoscenze di base sulla fisica dei gas. Per questo motivo il primo capitolo del manuale spiega in sintesi le proprietà dei gas.



# Proprietà generali dei gas

Molte proprietà dei gas ci sono note perché possono essere osservate nella vita quotidiana. Lo stato gassoso infatti, è quello più semplice in cui la materia si presenta. Altre proprietà sono meno note e cercherò in seguito di elencare le principali leggi che regolano il loro comportamento nelle situazioni generali di esercizio.

Il termine “gas” è un’alterazione di “caos”: ciò suggerisce che in questo stato di aggregazione della materia le particelle possono muoversi con estrema libertà, divenendo estremamente miscibili, così da permettere la rapida diffusione di un gas nell’altro (omogeneità dell’aria). I gas non presentano una forma propria, quindi si espandono in modo da riempire il loro contenitore. Sono inoltre elastici e comprimibili.

Nella fase di compressione un gas si riscalda, mentre decompresso, ad esempio all’uscita della bombola, si raffredda, seguendo la legge fondamentale dei gas che vedremo in dettaglio più avanti.

## Pressione

Si definisce pressione la forza che agisce su una superficie. La pressione atmosferica è quella che i gas presenti nell’atmosfera esercitano sulla terra, ed è il peso della colonna d’aria che grava sulla superficie del nostro pianeta,  $1,033 \text{ Kg/cm}^2$  al livello del mare.

Il barometro a mercurio ideato da Torricelli ci spiega in modo chiaro la misurazione della pressione atmosferica.



Figure 1. Raffigurazione di Torricelli - by Wikipedia

Nella parte di tubo sopra al mercurio si forma il vuoto quasi assoluto, il vuoto barometrico. L'altezza del mercurio nel tubo è dovuta alla pressione atmosferica che agisce sulla superficie a cielo libero del liquido, equilibrando il peso della colonna verticale, la cui altezza è di 760mm/Hg (mercurio) e quindi 760 Tor.

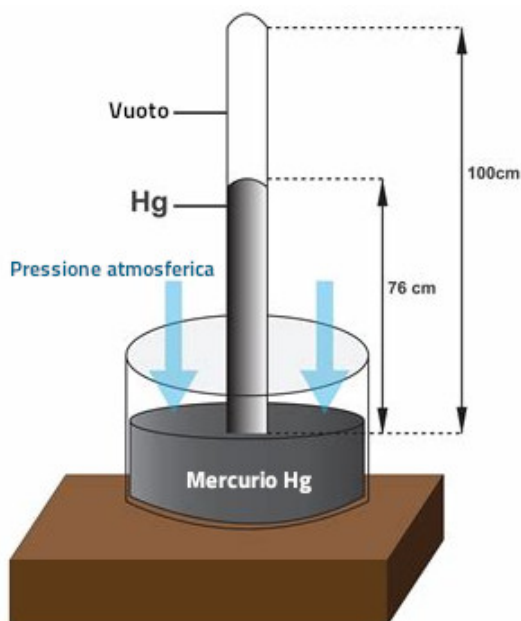


Figure 2. Il barometro di Torricelli - by Wikipedia

Verrà utilizzata spesso come unità di misura della pressione atmosferica, definita come la pressione esercitata da una colonna di mercurio alta 760 mm/Hg a 0 °C, al livello del mare (1Atm = 760mm/Hg).

**Vengono quindi definite condizioni standard quelle che corrispondono a 0 °C e 1 Atm di pressione**

La colonna di acqua che equivale alla pressione atmosferica è di 10,336 metri e la grande differenza rispetto alla colonna di mercurio è data dalla differenza di densità dei due liquidi che a temperatura ambiente è di 13,6 g/cm<sup>3</sup> per il mercurio mentre, è di 1g/cm<sup>3</sup> per l'acqua.

## Legge di Boyle (isoterma cioè a temperatura costante)

La legge di Boyle ci permette di capire il comportamento di un gas mentre viene compresso. Essa afferma che a temperatura costante la pressione del gas è inversamente proporzionale al volume del gas stesso. Ovvero, se raddoppiamo la pressione, il volume del gas si dimezza, mentre se diminuiamo la pressione, il volume del gas aumenta sempre in proporzione.

$$K1=P \cdot V$$

## Legge di Charles (isobara cioè a pressione costante)

La legge di Charles mette in rapporto la temperatura del gas e il volume. A pressione costante, all'aumentare della temperatura aumenta anche volume in maniera direttamente proporzionale. Esiste un livello di temperatura, lo zero assoluto ( $-273,15\text{ C}^\circ = 0\text{ Kelvin}$ ), dove la materia si ferma e quindi l'agitazione delle molecole di un gas cessa e, il suo volume, di conseguenza, si annulla. Se utilizziamo la scala Kelvin per esprimere la temperatura del gas possiamo affermare che il volume è proporzionale alla temperatura e che al raddoppiare di un valore raddoppia anche l'altro.

$$V=T \cdot K_2$$

## Legge di Gay- Lussac

La legge ci insegna come a volume costante se aumentiamo la temperatura del gas aumenta in maniera proporzionale la pressione.

$$P=T \cdot K_3$$

## Legge generale dei gas: la legge di Avogadro

Ci insegna che a parità di volume, temperatura e pressione, due gas differenti hanno lo stesso numero di molecole. Per esempio, se prendiamo 1 litro di ossigeno e 1 litro di idrogeno a parità di temperatura e pressione hanno lo stesso numero di molecole.

## Considerazioni generali

Se consideriamo tutte le variabili  $T$ ,  $P$ ,  $V$  ed introduciamo una costante di proporzionalità  $R$ , chiamata costante universale dei gas, possiamo concludere che il comportamento dei gas può essere espresso con l'equazione nota come legge generale dei gas:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Secondo la teoria cinetica le molecole di un gas si muovono rapidamente ed indipendentemente fino a che non urtano altre molecole o le pareti del recipiente, subendo così una deviazione della loro traiettoria. La teoria cinetica ipotizza che la pressione di un gas è determinata dagli urti delle singole molecole del gas contro le pareti del recipiente e, tanto maggiore è il numero di urti nell'unità di tempo, tanto maggiore è la pressione esercitata dal gas. Se consideriamo un dato campione di gas e ne riduciamo il volume del contenitore mantenendo costante la temperatura, si verificherà un maggior numero di urti nell'unità di tempo contro la superficie interna del recipiente, con conseguente aumento della pressione in quanto le molecole devono percorrere un tragitto più breve tra una collisione e la successiva. Viceversa, se aumentiamo il volume, i tragitti di collisione si allungheranno e la pressione diminuirà di conseguenza. Inoltre, l'energia cinetica delle molecole del gas dipende dalla temperatura assoluta ed è ad essa direttamente proporzionale; ciò spiega perché quando si riscalda un gas aumenti anche la pressione dello stesso. Caratteristica fondamentale di una miscela di gas è che i suoi componenti si comportano in maniera indipendente l'uno dall'altro. La pressione di un componente della miscela è detta pressione parziale ed è data dalla pressione che lo stesso eserciterebbe se fosse solo all'interno del recipiente

che ospita la miscela.

## Legge di Dalton

Questa legge ci insegna che la pressione della miscela gassosa è data dalla somma delle pressioni parziali dei gas che la compongono. Se indichiamo con  $P$  la pressione della miscela gassosa e  $P_1$ ,  $P_2$  ecc., la pressione dei vari gas che la compongono si enuncia che:

$$P = P_1 + P_2 + \dots$$

Tenendo conto di questa legge e della legge generale dei gas si può anche osservare che in una miscela gassosa il volume è la somma dei volumi occupati da ciascun gas componente la miscela.

## Unità di misura della pressione

Le unità di misura della pressione sono molteplici, per evitare confusione elenchiamo le più usate nel nostro campo.

L'unità di misura più usata in campo iperbarico si esprime in metri di colonna d'acqua (m.c.a.), ad esempio 10 m.c.a. equivalgono a 1 kilogrammo per centimetro quadro ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

Poiché definiamo  $1\text{kg}/\text{cm}^2$  pari ad 1 atmosfera assoluta (ATA) abbiamo che 10 m.c.a. sono equivalenti a 2 ATA (1 ATA di pressione atmosferica + 1 ATA di pressione di colonna d'acqua). Ciò significa che con 20 m.c.a. avremo una pressione pari a 3 ATA ovvero il peso della colonna di aria + il peso della colonna di acqua.

In campo internazionale si utilizza come unità di misura il Pascal che è paria 1 Newton per metro quadro. Abbiamo quindi che 100.000 Pa equivalgono a 1 Bar e il rapporto con ATA è:

$$1 \text{ ATA} = 0,9807 \text{ bar}$$

$$1 \text{ bar} = 1,0197 \text{ ATA}$$

# Cenni storici di medicina iperbarica e subacquea

Le prime esperienze ed esperimenti di cui si ha notizia risalgono al 332 a.c. e sono descritti nel "Libro dei Re".

Probabilmente i primi studi di medicina iperbarica risalgono al 1662 da parte del medico inglese Nathaniel Henshaw. Egli si accorse come le variazioni barometriche influenzassero la guarigione di diverse patologie a livello del mare rispetto a quote più alte in montagna. Fece costruire una camera stagna "*la Domicilium di Henshaw*" che, per mezzo di un mantice e valvole, creava ambienti iperbarici e ipobarici.

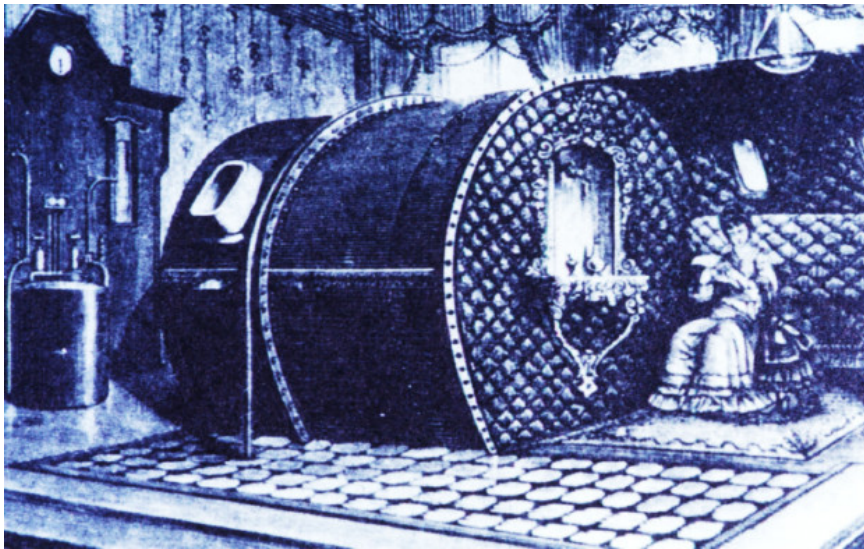


Figure 3. *Domicilium di Henshaw*

Nel 1664 scrisse un trattato intitolato "*Aero-Chalinos*" o "registro dell'aria riguardante l'aria e il suo valore terapeutico".

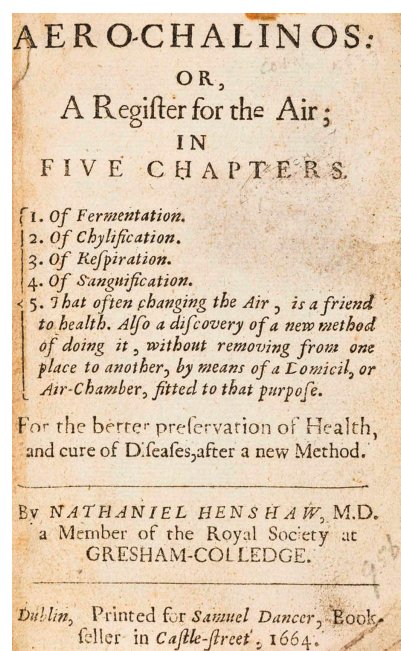


Figure 4. *Areo-Chalinos*



Le sue teorie non attirarono la dovuta attenzione e per molti anni non vennero approfondite. Solo alla fine del XVIII secolo furono scoperti gli effetti dell'ossigeno e le basi fisiologiche dell'iperbarismo grazie a Joseph Priestley e Antoine Laurent Lavoisier. Poi dai medici francesi Tabarie (1832), Junod (1834) e Pravez (1837), che ripresero gli studi medico-scientifici con la creazione delle camere iperbariche che raggiungevano 2 bar ATA. Questi ultimi si accorsero come molte patologie miglioravano o guarivano. Vennero anche realizzate camere iperbariche portatili.

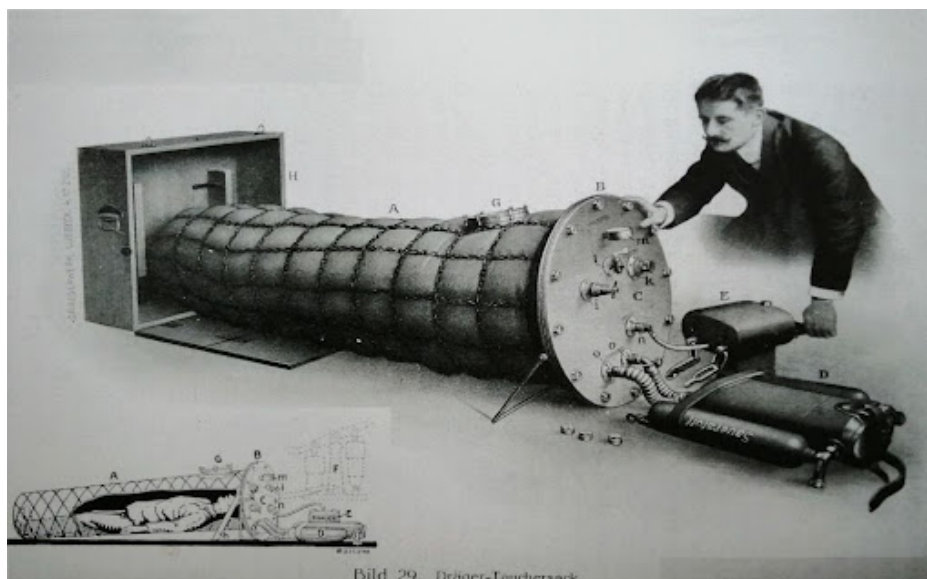


Figure 5. Camera iperbarica portatile

Nel 1879 il medico francese J.A. Fontaine concepì una sala operatoria iperbarica trasportabile che per mezzo di un compressore manuale raggiungeva i 2 bar ATA. Questa condizione creava un ambiente asettico con un'azione batteriostatica e battericida contro l'insorgenza dei batteri anaerobi; inoltre le condizioni iperbariche favorivano un'efficacia più prolungata del gas anestetico.

Nel 1733 l'ingegnere italiano Giovanni Bentivoglio sperimentò i cassoni per costruire le fondamenta del ponte di Saumur (Francia). In questi cassoni veniva pompata aria compressa ad una pressione superiore della colonna d'acqua al fine di eliminare l'acqua e la sabbia, in modo che gli operai potessero eseguire gli scavi al suo interno sotto pressione.

L'ingegnere francese Jacques Triger migliorò l'ingegneria dei cassoni realizzandoli in cemento armato e per la prima volta comparve anche la camera di trasferimento per raggiungere gli ambienti pressurizzati. Le frequenti compressioni e decompressioni dettero origine ad una patologia di cui non si capiva l'origine e venne chiamata la "Malattia dei Cassoni".

Nel 1854 il fisiologo Paul Bert iniziò a studiare la Malattia dei Cassoni e dimostrò che era causata dall'Azoto assorbito dai tessuti durante la compressione e rilasciato in modo incontrollato durante la decompressione. A questo punto il nome venne cambiato in "Malattia da Decompressione (MDD)". Paul Bert sostenne la necessità che gli operai che uscivano dai cassoni facessero una più lenta decompressione per poi essere ripressurizzati velocemente in una camera iperbarica che egli stesso costruì insieme al medico Denis Jourdanet al fine di rompere le bolle d'azoto presenti nel sangue.



Figure 6. Paul Bert - Wikipedia by Théodore Truchelut / Félix Théodore Valkman

Nel 1870 cominciarono i lavori del ponte di Brooklyn con il metodo dei cassoni pneumatici e a molti lavoratori vennero riscontrati segni e sintomi della MDD. Ci furono anche dei decessi.

Nel 1878 Paul Bert pubblicò uno studio *"La Pression barométrique"* in cui descrisse le basi patogenetiche della "malattia dei cassoni" e cercò di indicarne la prevenzione ed i rimedi. Osservò anche come la respirazione di ossigeno attenuasse la sintomatologia degli operai affetti MDD. Nel suo lavoro evidenziò con vari esperimenti gli eventi causati negli esseri umani dalle variazioni della pressione atmosferica e della pressione parziale dell'ossigeno, esponendo in dettaglio gli effetti fisiologici causati dalla mancanza di ossigeno (ipossia) e dell'eccessiva esposizione all'ossigeno (iperossia). Ancora oggi la crisi iperossica, ovvero la tossicità dell'ossigeno a carico del sistema nervoso centrale, è definita con il nome di "Sindrome di Paul Bert".

Su incarico del governo britannico, nel 1906 il fisiologo e inventore scozzese John Scott Haldane cominciò uno studio per capire meglio la patogenesi della Malattia dei Cassoni. Definì le proprietà dell' "Effetto Haldane" secondo il quale il legame chimico tra l'ossigeno e l'emoglobina (ossiemo globina,  $\text{HbO}_2$ ) rendeva più acida l'emoglobina, rendendo meno favorevole il legame tra l'emoglobina e l'anidride carbonica (carbaminoemoglobina,  $\text{HbCO}_2$ ), favorendo lo spostamento dell'anidride carbonica dal sangue agli alveoli e il suo rilascio a livello alveolare.

Nel 1908, in collaborazione con Arturo E. Boycott e Guybon C. Damant, pubblicò il lavoro scientifico *"The Prevention of Compressed-air Illness"* sulla malattia della decompressione, facendo riferimento in camera iperbarica agli innumerevoli esperimenti condotti sulle capre. Stabilì il principio più importante, quello del rapporto di sovra-saturazione critica, detto rapporto di Haldane: così chiamò il massimo valore ammissibile della variazione di pressione alla quale può essere sottoposto l'organismo umano per non riportare incidenti. Il metodo per evitare la malattia da decompressione è quindi legato alla proprietà dei tessuti umani di tollerare un livello di tensione del gas inerte superiore alla pressione ambiente, entro il limite del rapporto critico. Realizzò le tabelle di decompressione con procedure d'immersione ad aria sino a 65 m. Le tabelle di decompressione di Haldane vennero adottate dalla Marina Militare Reale Britannica e, nel 1912, dalla US.Navy.

Il professor Ite Boerema, illustre cardiocirurgo e fisiologo di Amsterdam, fu il primo a sperimentare il meccanismo di azione dell'ossigenoterapia iperbarica pubblicando i risultati nel celebre articolo scientifico *"Life without blood – Vita senza sangue"* (1960). Tra i molti concetti descritti, spiegò come la respirazione di ossigeno ad elevate pressioni parziali in camera iperbarica (un ambiente pressurizzato) permette di veicolare e sciogliere fisicamente una maggior quantità di ossigeno nel plasma, la parte liquida del sangue formata soprattutto di acqua e nel quale sono sospesi gli elementi cellulari: globuli rossi, globuli bianchi e piastrine, con l'ossigeno non legato all'emoglobina, quel pigmento dei globuli rossi che conferisce il caratteristico colore rosso al sangue ed è responsabile del trasporto dell'ossigeno molecolare dai polmoni ai tessuti dell'organismo e dell'anidride carbonica dai tessuti ai polmoni.

I suoi esperimenti ebbero grande rilevanza mondiale e pose le basi fisiologiche per gli studi dell'attuale medicina subacquea ed iperbarica.

Da allora numerosi studi medico-scientifici e progressi tecnologici, ci hanno portato alla moderna medicina iperbarica e subacquea, nonché alla realizzazione delle moderne camere iperbariche.

# Concetti generali dell'Ossigeno Terapia Iperbarica

## L'ossigeno iperbarico

Con Ossigeno Terapia Iperbarica (OTI) si intende una somministrazione incruenta di ossigeno puro (oppure di miscele gassose iperossigenate), che avviene all'interno di ambienti a questo dedicati (camere iperbariche), che vengono portati ad una pressione superiore a quella atmosferica mediante la loro pressurizzazione con aria compressa. E' usualmente richiesta una collaborazione attiva del paziente (per l'esecuzione delle necessarie manovre di compensazione durante la compressione della camera fino alla quota di inizio trattamento).



Figure 7. La camera iperbarica - by Andrea Congiu

Durante il trattamento all'interno della camera, una volta raggiunta la quota prefissata per la specifica terapia, il paziente respirerà ossigeno puro (o una miscela gassosa iperossigenata) in un circuito chiuso, ricorrendo a un dispositivo personalizzato al caso (maschera orofacciale, casco, mount o ventilazione meccanica).

Alla pressione atmosferica, a livello del mare, quando respiriamo quella miscela gassosa che chiamiamo aria [e che è approssimativamente composta da: azoto ( $N_2$ ) per il 78,09%, da ossigeno ( $O_2$ ) per il 20,9%, da argon (Ar) per lo 0,04% e da anidride carbonica ( $CO_2$ ) per lo 0,93%], il 98,5% dell'ossigeno viene trasportato dai globuli rossi, dove l'ossigeno viaggia legato con l'emoglobina qui presente. È pertanto necessaria la presenza di vasi sanguigni integri, affinché i globuli rossi possano passare veicolando l'arrivo dell'ossigeno fino ai tessuti. Ciò che aumenta in camera iperbarica è invece la quota libera dell'ossigeno, quello disciolto nel plasma, quello di immediato e pronto utilizzo: in camera iperbarica si combina infatti il duplice effetto di una maggiore percentuale di ossigeno disponibile (non più il 21% ma il 100%) e una maggior pressione parziale dell'ossigeno, grazie alle pressioni elevate che possono essere raggiunte proprio dalla camera iperbarica. A quote di trattamento di 2,8 atmosfere assolute (ATA), la quantità d'ossigeno disponibile, nella forma disciolta nel plasma, può risultare tale da poter soddisfare interamente alle necessità a livello cellulare.



Respirando ossigeno puro in iperbarismo la pressione parziale dell'ossigeno ( $PO_2$ )

di un paziente sarà di:  
2,5 bar a 2,5 bar ATA e 2,8 bar a 2,8 bar ATA.

Nota: un subaqueo raggiunge una  $PO_2$  massima di 1,6 bar.

Consideriamo ora l'ossigeno in funzione della pressione e analizziamo meglio cosa succede a livello dell'emoglobina (Hb) e a livello plasmatico.

A pressione atmosferica respirando aria (21% ossigeno) l'emoglobina è satura di ossigeno al 97%, mentre respirando ossigeno al 100% l'emoglobina si satura completamente e, vista la percentuale di partenza, si ha di fatto uno scarso incremento del gas trasportato.

Per chiarire meglio il concetto consideriamo che normalmente (a 1 bar ATA) 1 grammo di emoglobina (Hb) si lega a 1,34 ml di  $O_2$ . Ipotizziamo una quantità di Hb pari 15 gr. per 100 ml di sangue avremo che:

**Con  $O_2$  al 21%**

$1,34 \cdot 15 \cdot 0,97 = 19,50$  ml si legano all'Hb

**Mentre respirando  $O_2$  al 100%**

$1,34 \cdot 15 \cdot 1 = 20,1$  ml si legano all'Hb

Risulta quindi evidente che l'incremento del trasporto di  $O_2$  è scarso.

Aumentare la percentuale di Ossigeno nel sangue è dunque possibile solo aumentandone la solubilità nel plasma; ciò è realizzabile, essendo ossigeno e plasma legati in soluzione, aumentando la pressione esercitata sul liquido. Infatti la nota legge di Henry (sulla solubilità dei gas nei liquidi) afferma appunto che la solubilità di un gas (ad es. ossigeno) in un liquido (ad es. plasma) è direttamente proporzionale all'aumentare della pressione esercitata sul liquido e al coefficiente di solubilità, ed è inversamente proporzionale alla distanza che il gas deve percorrere per solubilizzarsi nel liquido.

Considerando un coefficiente di solubilità dell'ossigeno nel plasma pari a 0,0214 ml per ml di plasma a 37°C di temperatura a 1 bar ATA, analizziamo quanto ossigeno si scioglie nel plasma respirando aria ambiente e ossigeno puro a 1 bar ATA di pressione e respirando ossigeno puro a diverse pressioni.

**Con  $O_2$  al 21% a 1 bar ATA**

$0,21 \cdot 0,0214 = 0,00449$  ml di  $O_2$  si disciolgono in ogni ml di plasma

**Mentre respirando  $O_2$  al 100% a 1 bar ATA**

$1 \cdot 0,0214 = 0,0214$  ml di  $O_2$  si disciolgono in ogni ml di plasma

**Respirando  $O_2$  al 100% a 2,5 bar ATA (terapia normale)**

$1 \cdot 0,0214 \cdot 2,5 = 0,0535$  ml di  $O_2$  si disciolgono in ogni ml di plasma

**Respirando  $O_2$  al 100% a 2,8 bar ATA (terapia urgente)**

$1 \cdot 0,0214 \cdot 2,8 = 0,05992$  ml di  $O_2$  si disciolgono in ogni ml di plasma

**Respirando  $O_2$  al 100% a 3 bar ATA**

$1 \cdot 0,0214 \cdot 3 = 0,0642$  ml di O<sub>2</sub> si disciolgono in ogni ml di plasma

Ora è evidente quanto aumenta il trasporto di ossigeno plasmatico a 2,5 bar ATA rispetto a 1 bar ATA.

Riassumendo i valori del trasporto di ossigeno a livello plasmatico in una tabella si evidenzia quanto segue:

| OSSIGENO TRASPORTATO DA 100 ml DI PLASMA |         |                |
|------------------------------------------|---------|----------------|
| Frazione di ossigeno                     | bar ATA | ml trasportati |
| 21%                                      | 1       | 0,45           |
| 100%                                     | 1       | 2,14           |
| 100%                                     | 2,5     | 5,35           |
| 100%                                     | 2,8     | 5,99           |
| 100%                                     | 3       | 6,42           |

Grazie all'iperossia così ottenuta, si avrà un *Driving force* maggiore (vedi approfondimenti per maggiori informazioni) che, consentirà una migliore ossigenazione dei tessuti mediante due principali meccanismi di azione:

- trasporto dell'ossigeno nel plasma quando l'emoglobina è in difetto o per carenza (anemia) o per incapacità funzionale (intossicazioni: da monossido di carbonio: CO, da cianuri e sostanze metaemoglobinizzanti);
- ripristino della diffusione dell'ossigeno dai capillari alle cellule quando questa è impedita o per diminuzione della perfusione (portata di sangue) ematica (ischemia) o per l'ispessimento della membrana basale (edema di qualunque natura, membrane piogene).

L'iperossia indotta dall'ossigenoterapia iperbarica determina:

- sintesi di un collagene stabile per l'idrossilazione della prolina e della lisina;
- proliferazione dei fibroblasti e degli osteoblasti con deposizione di un tessuto connettivo che, in presenza di tensioni di Ossigeno aumentate, diventa rapidamente stabile e facilita la deposizione di sali minerali;
- vasocostrizione periferica che non produce ipossia tissutale in quanto bilanciata dall'aumento del trasporto di ossigeno in soluzione nel plasma.

Quest'ultimo effetto è desiderabile in tutte le situazioni in cui l'edema rappresenta una complicanza che rallenta la diffusione dell'ossigeno in quanto aumenta la distanza che deve percorrere per raggiungere le zone ipossiche. Infine, l'ipossia inibisce la funzione citolitica dei leucociti polimorfonucleati, mentre l'iperossia la stimola, favorendo la produzione di sostanze antimicrobiche contenute nei fagociti che si formano come prodotti intermedi della riduzione dell'ossigeno ad acqua, e sono:

- lo ione perossido: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>;
- lo ione superossido: O<sub>2</sub>;

- il radicale idrossile: OH<sup>-</sup>.

Questi radicali liberi che esercitano azione battericida nei confronti dei batteri anaerobi causano perdita dell'integrità della membrana cellulare con lisi della cellula batterica.

Oltre agli importanti effetti prima citati, l'ossigeno iperbarico è anche in grado d'esplicare:

- un'azione antibatterica diretta e indiretta;
- un'azione di vasocostrizione con riduzione dell'edema post-traumatico e/o post-chirurgico;
- una promozione dei processi riparativi, la cui accelerazione risulta mediata dal marcato incremento del metabolismo cellulare, dalla riattivazione di fibroblasti, osteoblasti, e della collagenosintesi, con un netto aumento della sintesi di matrice extracellulare;
- protezione delle membrane dalla lipoperossidazione radicalica;
- protezione dai danni tissutali conseguenti a eventi di ischemia/riperfusion, mantenendo bassi i valori dei lattati ed entro valori di normalità i livelli di ATPasi, di Fosfocreatinkinasi;
- inibizione della produzione di  $\beta$ 2-integrine, contenendo così il danno endoteliale legato all'aumentata adesività dei leucociti alla parete capillare;
- stimolo alla neoangiogenesi;
- immunomodulazione;
- riduzione delle bolle (es. Patologia da Decompressione);
- riduzione del dolore;
- terapia per l'intossicazione da monossido di carbonio (CO).



La lista appena elencata non è esauriente, riporta infatti solo le casistiche maggiormente trattate.

L'azione dell'OTI richiede un certo lasso tempo e un certo numero di sedute; i cicli saranno quindi più o meno lunghi, a seconda dei casi, con effetti che si protrarranno comunque nel tempo, anche dopo la fine della terapia. Per questa ragione vengono spesso differiti di un qualche tempo, dalla fine dei trattamenti, i controlli clinico-strumentali degli esiti (*imaging*, visite specialistiche di controllo).

I tempi e il numero di sedute dei cicli di Ossigeno Terapia Iperbarica possono variare a seconda se la patologia da trattare è acuta o cronica, delle caratteristiche del tessuto coinvolto dalla patologia o dalla presenza o meno di altre comorbidità.



## La visita di accesso all'Ossigeno Terapia Iperbarica

Presso ogni Servizio d'Ossigeno Terapia Iperbarica italiano, l'eventuale accesso ai trattamenti è comunque subordinato a una prima visita, che viene effettuata da un medico iperbarico. In questa visita il medico confermerà l'esistenza o meno di un'indicazione a OTI e, specie se si tratta di un trattamento salvavita, valuterà il peso dell'esistenza o meno di eventuali controindicazioni a tale procedura, preoccupandosi di predisporre delle contromisure adeguate al caso, dove ciò si rendesse necessario e praticabile. È compito e responsabilità del medico in turno nel Servizio OTI l'attenta valutazione dell'idoneità o meno del paziente all'Ossigeno Terapia Iperbarica, e la sorveglianza sulla congruità/opportunità dell'OTI nel caso.

Durante la visita di accesso, il medico si accerta anche se il paziente ha stimolatori cardiaci esterni o sottocute, sensori o altri apparecchi. Se sono presenti si valuta la loro compatibilità con l'ambiente iperbarico.



*Figure 8. La visita medica - by Andrea Congiu*



# L'infermiere in camera iperbarica

L'infermiere di camera iperbarica partecipa alla gestione del paziente sotto diversi aspetti: si adopera per la prevenzione di eventi avversi e per la sicurezza del trattamento, avvia un'educazione al paziente sulla terapia iperbarica, sui meccanismi di ossigenazione e sui benefici, instaura un rapporto di empatia e di fiducia col paziente, ma allo stesso tempo deve garantire conoscenze di area critica per poter intervenire in caso di urgenza. Insegna al paziente come evitare i barotraumi e gestisce possibili crisi di ansia o claustrofobiche mediante una comunicazione efficace.

Oltre a possedere competenze relative ad un ambiente intensivo, l'infermiere di camera iperbarica deve avere una formazione specifica sull'assistenza ai pazienti trattati in camera iperbarica nonché conoscere procedure e manovre specifiche.

L'infermiere di camera iperbarica deve essere presente e deve saper trattare:

- pazienti in terapia a pressioni superiori a 2,5 atmosfere assolute;
- pazienti in gravi condizioni;
- terapie infusionali;
- pazienti pediatrici;
- pazienti monitorati;
- camere multipazienti;
- pazienti in condizioni cliniche alterate come: psicosi, stati d'ansia o claustrofobia, alterazioni dell'EEG con sindrome comiziale, diabete scompensato, BPCO, asma o grave enfisema, menomazioni motorie, alterazioni sensoriali gravi, pazienti a rischio cardiovascolare.

# I tre momenti dell'assistenza infermieristica

L'infermiere in servizio presso il Centro Iperbarico, svolge le sue mansioni in tre momenti predefiniti: prima di entrare in camera iperbarica, in camera iperbarica (nelle fasi compressiva, a pressione stabile e decompressiva) e dopo l'uscita da essa.

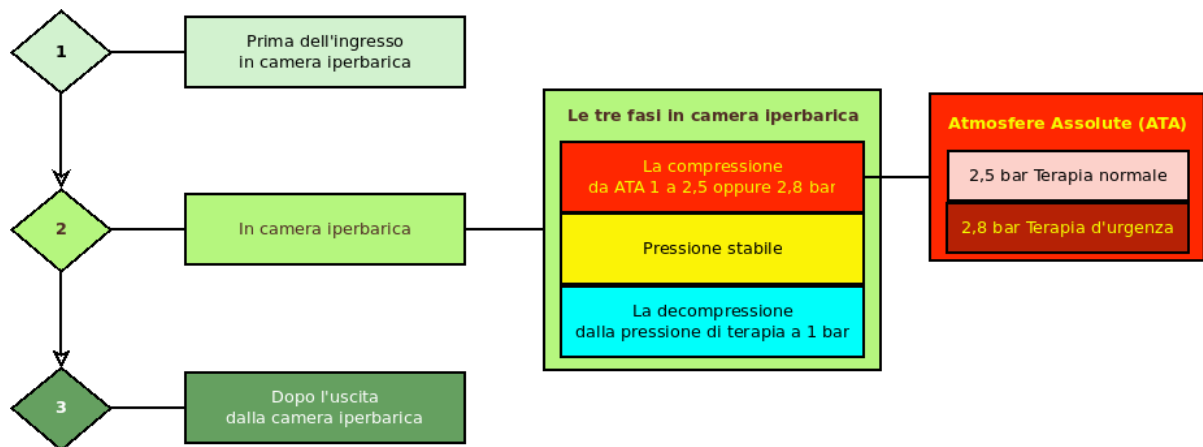


Figure 9. I tre momenti del servizio infermieristico - by Andrea Congiu

L'infermiere ha un ruolo in tutti e tre i momenti precedentemente descritti. Quelli principali sono:

- assiste i pazienti prima, durante e dopo la terapia;
- insegna ai pazienti le manovre per evitare i barotraumi e, fornisce informazioni sulla camera iperbarica;
- cerca di prevedere e prevenire i problemi in camera iperbarica;
- interviene in caso di problemi;
- è la figura di riferimento per i pazienti;
- è il ponte comunicativo con il medico e i tecnici.

# Prima dell'ingresso in camera iperbarica

Prima di entrare in camera iperbarica, l'infermiere deve pendere visione del **DIARIO IPERBARICO**.

## DIARIO IPERBARICO



DATA VOLO: 05/03/2024 ORE: 10:30:00  
CAMERA: 1 TIPO VOLO: A:2.5A112m

Il Medico assistente deve leggere attentamente il diario iperbarico prima di iniziare la seduta. In ogni caso il diario iperbarico deve essere esaminato anche con il Medico responsabile.

| 1° Seduta  | Posto | Stato | Paziente      | Diagnosi e Problemi attivi                                 | Vedi la cart. | Note | Note Seduta allegato B                                  |
|------------|-------|-------|---------------|------------------------------------------------------------|---------------|------|---------------------------------------------------------|
| 02/02/2024 | ..... |       | IRENE         | NECROSI ASETTICA T.F. -                                    |               | No   | SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> |
| 07/02/2024 | ..... |       | CRISTINA      | NECROSI ASETTICA - NESSUNO                                 |               | No   | SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> |
| 06/02/2024 | ..... |       | GIANCARLO     | osteomielite cronica mandibolare - NESSUNO                 |               | No   | SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> |
| 23/02/2024 | ..... |       | ROSOLO PIETRO | osteomielite cronica ossa petrosa sinistra - NESSUNO       |               | SI   | SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> |
| 12/02/2024 | ..... |       | BARBARA       | SORDITA' IMPROVVISA - NESSUNO                              |               | SI   | SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> |
| 10/01/2024 | ..... |       | ELISA         | IPOACUSIA IMPROVVISA SX - NESSUNO                          |               | No   | SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> |
| 29/02/2024 | ..... | C     | GREGOR        | Innesto osseo in frattura patologica mandibolare - NESSUNO |               | No   | SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> |
| 29/02/2024 | ..... |       | SUSI          | Osteonecrosi asettica ginocchio sinistro -                 |               | No   | SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> |
| 29/01/2024 | ..... |       | LUCIO         | NECROSI ASETTICA T.F. - NESSUNO                            |               | No   | SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> |
| 05/03/2024 | ..... |       | NORBERT       | NECROSI ASETTICA T.F. - NESSUNO                            |               | No   | SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> |
|            | ..... |       |               |                                                            |               |      |                                                         |
|            | ..... |       |               |                                                            |               |      |                                                         |

Prima seduta

Note nell'Allegato A

FIRME

|                                                                            |                                                                                                             |                                                                 |                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Medico responsabile per avvenuta consultazione con l'assistente in camera. | Assistente in camera<br>( Firma per presa visione, sottoscrizione delle "Note seduta", controllo pazienti ) | Medico responsabile<br>(Firma per presa visione dopo la seduta) | Personale per l'inserimento delle "note seduta" a computer secondo la procedura operativa in vigore<br>(Firma dopo la seduta) |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Figure 10. Prima pagina del Diario iperbarico - by Andrea Congiu

Le informazioni principali da ricavare sono:

- pazienti che fanno la prima seduta;
- lo stato dei pazienti (C=Sedia a rotelle, B=Barella);
- note presenti nell'allegato A.

Se ci sono note nell'allegato A, l'infermiere deve prenderne visione in quanto potrebbero esserci informazioni inerenti a terapie da somministrare prima di entrare in camera iperbarica, informazioni su situazioni patologiche a cui dare particolare attenzione, indicazioni di pause e flussi continui, ...

### DIARIO IPERBARICO (Allegato A)

N° Cart. Paziente

8 PIETRO  
2 BARBARA

Note Particolari (Segnalazioni all' assistente in camera iperbarica)

Paz. in condizioni ridotte, necessita di particolare attenzione: applicare flusso continuo.- togliere gli apparecchi acustici.  
prima seduta con pause lunghe per minimo rischio epilettico, se poi va bene, passa a pause normali

Figure 11. Allegato A del Diario iperbarico - by Andrea Congiu

Sucessivamente si consulta con il medico per verificare le note, le diagnosi, o altre indicazioni per intraprendere assistenze personalizzate e il medico appone la sua firma nella prima casella del diario iperbarico.

↓

|                                                                            |                                                                                                             |                                                                 |                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Medico responsabile per avvenuta consultazione con l'assistente in camera. | Assistente in camera<br>( Firma per presa visione, sottoscrizione delle "Note seduta", controllo pazienti ) | Medico responsabile<br>(Firma per presa visione dopo la seduta) | Personale per l'inserimento delle "note seduta" a computer secondo la procedura operativa in vigore<br>(Firma dopo la seduta) |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Figure 12. Prima firma del medico nel diario iperbarico - by Andrea Congiu

Con il tecnico si organizza per mettere in atto eventuali terapie personalizzate decise con il medico. Ad esempio, per un flusso continuo, i tecnici potrebbero aver modificato degli erogatori a tale scopo, quindi daranno istruzioni su dove far accomadare il paziente, o altro. Ora si fanno accomodare i pazienti in camera iperbarica.

Prima di far accomodare i pazienti in camera iperbarica, l'infermiere si assicura che i regolatori di resistenza degli erogatori siano completamente aperti. Un erogatore con una resistenza resporatoria elevata potrebbe rendere difficoltosa la respirazione, innescando altri problemi.



Figure 13. Regolatore di resistenza dell'erogatore - by Andrea Congiu



Non aprire completamente il regolatore di resistenza degli erogatori modificati per il flusso continuo. Portarlo ad una corsa intermedia e verificarne il flusso di ossigeno durante la terapia. A parità di posizione del regolatore di resistenza a 1 bar ATA verrà fornito molto gas rispetto a 2,5 bar ATA.

Far accomodare i pazienti in camera iperbarica e per migliorare il *comfort* si chiede se qualcuno ha bisogno di uno sgabello, di una coperta o altro. In oltre controlla eventuali barelle e sedie a rotelle.

L'infermiere si occupa anche di:

- somministrare la terapia se prescritta (es. ansiolitici), annotata nell'Allegato A;
- se necessario aspirare i pazienti con tracheostoma e predisporre l'erogazione di ossigeno in flusso continuo;
- controllare gli accessi venosi:
  - Chiusi: assicurarsi che effettivamente l'accesso venoso sia ben chiuso;
  - Aperti: si prepara per compensare il volume d'aria nella flebo.
- controllare sacche di raccolta (ileostomia, colostomia, sacca di raccolta delle urine, ...);
- controllare eventuali apparecchi elettromedicali che potrebbero servire (es. aspiratore, respiratore automatico, elettrocardiografo, strumenti per la rilevazione dei parametri vitali, ...).



Figure 14. Respiratore automatico - by Andrea Congiu



In camera iperbarica è installato un aspiratore per pulire le vie aeree del paziente da eccesso di muco o altro. Non dimentichiamoci che, funziona con la differenza di pressione tra camera e ambiente esterno, quindi nei primi metri di compressione non è utilizzabile. Durante la terapia, la pressione interna della camera maggiore di quella esterna determina un risucchio che può essere graduato in intensità agendo sulla valvola del riduttore di vuoto posta sopra al barilotto di raccolta secreti.

Se il paziente dovesse avere un'infusione in corso, le flebo più indicate sono quelle in plastica o in sacca, in quanto è più facile gestire le variazioni di volume gassoso al loro interno. È possibile usare anche le flebo in vetro ma bisogna avere un ago abbastanza lungo che raggiunga l'aria contenuta al suo interno. Oppure chiedere il deflussore nelle fasi di sbalzo pressorio ambiente e quindi in compressione e decompressione. Arrivati alla quota di terapia va girata e compensata con un ago, in modo da bilanciare la pressione interna alla boccetta con quella esterna ambiente.

# In camera iperbarica

## Prima dell'avvio

I pazienti si siedono dove preferiscono, salvo disposizioni specifiche (es. prima seduta, flusso continuo, pause, ...).

- L'infermiere aiuta il tecnico a collegare le maschere agli erogatori e regola gli stessi;
- chiede se tutti stanno bene;
- chiede se tutti hanno lasciato fuori gli oggetti non consentiti:
  - accendini, orologi, telefoni, apparecchi acustici, apparecchi elettronici in genere;
  - borse e sacchetti.
- in caso di persona a rischio di crisi convulsiva, portatrice di protesi dentaria, se ne consiglia la rimozione;
- se il paziente è tracheostomizzato, valutare se è necessario aspirarlo.



Alcuni pazienti potrebbero riferire sintomatologia influenzale o altro, quindi fare particolare attenzione e se necessario riconsultare il medico e/o ricordare le manovre di compensazione. In questi casi controllare in modo attento il paziente. È anche possibile decidere con il tecnico di ridurre la velocità di compressione e/o decompressione.

Dopo la chiusura della porta della camera iperbarica verrà eseguita la prova di comunicazione con il tecnico, il quale chiederà anche se gli oggetti non consentiti sono stati lasciati fuori.



Figure 15. Prova di comunicazione fra tecnico e infermiere - by Ruben Zerbetto



## Le tre fasi pressorie

Terminati i controlli sopradescritti, viene avviata la compressione fino al raggiungimento della quota terapeutica. Normalmente ci vogliono 12 minuti. Raggiunta la quota terapeutica, questa ha una durata di 82 minuti. Mentre la decompressione dura 18 minuti con una sosta di 3 minuti.



Figure 16. Profilo delle quote nelle tre fasi pressorie - by Andrea Congiu

Durante le tre fasi pressorie si inseriscono i tre cicli di ossigenoterapia con il seguente schema:

- 1° Ciclo: inizia a -6 metri e dura 30 minuti (fase compressiva);
- 5 minuti di pausa;
- 2° Ciclo: dura 24 minuti (ATA stabili);
- 5 minuti di pausa;
- 3° Ciclo: dura 36 minuti e termina a -6 metri (fase decompressiva);
- 3 minuti di sosta a -3 metri prima dell'uscita.



Le pause tra un ciclo e l'altro sono fatte respirando aria medica e sono necessarie perché gli effetti metabolici dell'ossigeno iperbarico sul mitocondrio e sull'endotelio sono dovuti al variare della pressione parziale dell'ossigeno tra iperossia (2,5 bar frazione inspiratoria di ossigeno in maschera prossima al 100%) e normossia (2,5 bar frazione di ossigeno in maschera 21%).

## Fase compressiva

La compressione consiste nell'immissione in camera iperbarica di aria compressa (aria normale) fino al raggiungimento della pressione di esercizio. Le pressioni ATA (Atmosfere Assolute) più comuni sono:

- 2,5 bar per le terapie normali (= -15 metri);
- 2,8 bar per le terapie urgenti (= -18 metri).

Queste non sono le uniche pressioni, ad esempio si usa un'ATA di 1,5 bar (= -5 metri) per il trattamento delle donne in gravidanza con insufficienza placentare.

L'infermiere può monitorare la pressione mediante un manometro che esprime la pressione in colonna d'acqua posto all'interno della camera iperbarica.



Figure 17. Manometro - by Andrea Congiu

Le velocità di compressione sono: 1 metro/minuto (0,1 bar/minuto), 2 metri/minuto (0,2 bar/minuto) o 3 metri/minuto (0,3 bar/minuto).



Le Atmosfere Assolute (ATA) sono la somma della pressione atmosferica (1 bar) più la pressione della quota di trattamento. Per ogni 10 metri di profondità si aggiunge 1 bar. La quota della terapia normale è -15 metri, gli ATA si ricavano con la seguente formula:  $1 + (15/10) = 1 + 1,5 = 2,5$  bar.

- L'infermiere distribuisce acqua e caramelle;
- controlla che la compensazione timpanica, dei seni paranasali e frontali sia efficace:
  - osservando la comunicazione non verbale;
  - chiedendo se ci sono problemi.
- se necessario chiede al tecnico di regolare il microclima;



- osserva e comunica spesso con chi fa la prima seduta.



La deglutizione aiuta a compensare.



Ricordare ai pazienti nuovi di compensare da subito e di segnalare tempestivamente fastidio e/o dolore alle orecchie.

In questa fase inizia la terapia, i pazienti respirano con la maschera.



*Figure 18. La paziente respira ossigeno in maschera - by Andrea Congiu*

L'infermiere si assicura che:

- i rubinetti posizionati prima dell'erogatore siano aperti;
- le maschere siano ben posizionate e collegate;
- eventuali flussi continui siano effettivamente in funzione.



Le manovre di compensazione devono essere eseguite fino al raggiungimento della pressione di terapia, anche con le maschere indossate.



*Figure 19. La paziente compensa con la maschera - by Andrea Congiu*

## A pressione stabile

Una volta raggiunta la pressione di esercizio, la compensazione (se fatta bene precedentemente) non è più un problema. In questa fase della terapia l'infermiere deve:

- continuare l'osservazione dei pazienti per individuare segnali di malessere.
- Assistenza durante la pausa:
  - chiudere il flusso continuo a inizio pausa e riaprirlo a fine pausa;
  - distribuire caramelle, acqua e fazzoletti;
  - chiedere se va tutto bene ed eventualmente intervenire per risolvere i problemi.

Durante il secondo ciclo di terapia va fatto firmare il quaderno delle presenze.

Nome paziente

| Num. | Data | Firma Paziente |
|------|------|----------------|
| 1    |      |                |
| 2    |      |                |
| 3    |      |                |
| 4    |      |                |
| 5    |      |                |
| 6    |      |                |
| 7    |      |                |
| 8    |      |                |

ATTENZIONE: non firmare per più di 8 volte per foglio  
Controllare che non ci siano altri fogli dello stesso paziente già iniziati

Figure 20. Quaderno delle presenze - by Andrea Congiu

Compilare per il paziente i campi Nome e Data. Quando ci sono otto firme, spostare il foglio nell'apposito spazio del quaderno.



Se il paziente interrompe la terapia prima di aver concluso due cicli, la firma non è valida e potrà recuperare la giornata. Se dovesse succedere avvisare sempre anche la segreteria.

## Fase decompressiva

La fase decompressiva avviene rimuovendo in modo controllato l'aria compressa dalla camera iperbarica, riportandola così alla pressione atmosferica.

Le velocità di decompressione sono: 1 metro/minuto, 2 metri/minuto o 3 metri/minuto. Solitamente si usa 1 metro/minuto in quanto la compensazione timpanica è più facile e la camera si raffredda meno.

Poco prima dell'inizio della decompressione inizia il terzo ciclo di terapia e anche l'infermiere deve respirare ossigeno in maschera. A decompressione avviata osservare attentamente i pazienti.

- Controllare che la compensazione timpanica, dei seni paranasali e frontali sia efficace:
  - osservando la comunicazione non verbale;
  - chiedendo se ci sono problemi.

La compensazione in questa fase avviene in modo quasi automatico, il volume d'aria nell'orecchio medio si dilata, entra nella Tuba di Eustachio trovando così una via di fuga naturale. La deglutizione e il movimento della mandibola aiutano a compensare.



In fase decompressiva alcuni pazienti tendono a fare la manovra di Valsalva, non deve essere permessa perché è potenzialmente dannosa per il timpano.

Gli avvisi sonori di inizio e fine pausa durante il terzo ciclo terapeutico vanno ignorati. I pazienti e l'infermiere continuano a respirare ossigeno in maschera fin quando il tecnico comunica la fine terapia.

A questo punto l'infermiere aiuta i pazienti a:

- scollegare le maschere;
- prepararsi per uscire dalla camera iperbarica.

A decompressione ultimata l'infermiere apre la porta e aiuta le persone ad uscire e se necessario le accompagna fino allo spogliatoio.

## Note per la desaturazione dell'infermiere

Per la maggior parte del tempo l'infermiere respira aria ambiente in iperbarismo, questo vuol dire che i suoi tessuti assorbono azoto. Respirando ossigeno al terzo ciclo migliora la desaturazione dell'azoto, prevenendo così l'Incidente da Decompressione (DCI).

Se l'infermiere è di servizio in due sedute nello stesso giorno, assume ossigeno in entrambe le sedute durante il terzo ciclo e nella seconda camera, anche nel primo, in quanto è presente un maggiore accumulo di azoto. Inoltre è prevista una sosta di sicurezza di 3 minuti a -3 metri, dando così più tempo di desaturazione ai tessuti.

Se l'infermiere è un subacqueo, e il giorno prima ha fatto un'immersione profonda (accumulo di azoto), seguirà le linee guida come se facesse due sedute di iperbarica, respirerà ossigeno al primo e terzo ciclo di terapia.



Per approfondimenti si legga il capitolo:

**Salire di quota dopo la permanenza in Camera Iperbarica**

### Cenni sull'Incidente da Decompressione

Sindrome con diverse manifestazioni cliniche e diverse evoluzioni: è causata dal passaggio della persona da un ambiente a pressione relativamente alta ad una pressione relativamente bassa. Tale riduzione di pressione porta il gas inerte (azoto) che è in forma fisica nei tessuti e nei vasi, ad entrare in fase gassosa: ciò può determinare un'eccessiva formazione di bolle di gas nei tessuti, nelle arterie e nelle vene.

Per questo motivo è importante che dopo essere usciti dalla camera iperbarica, l'infermiere non salga di quota, ad esempio per andare in montagna. L'aumento di quota comporta una diminuzione della pressione atmosferica, di conseguenza un aumento del rischio di DCI. A maggior ragione se fa due sedute consecutive in camera iperbarica.

## Particolari attenzioni

Durante le fasi di compressione e decompressione avvengono le variazioni dei volumi d'aria negli spazi fisiologici (es. orecchio medio) ma anche quelli dei presidi (es. flebo).

- Compressione: diminuzione dei volumi gassosi
- Decompressione: aumento dei volumi gassosi

Questo significa che l'infermiere deve fare attenzione anche alle variazioni di volume dei presidi e i più comuni sono:

- flebo;
- catetere vescicale;
- drenaggi, stomie;
- pompe elastometriche.



Figure 21. Pompa elastomerica - by Andrea Congiu

Se il paziente è intubato si dovrà sostituire l'aria con fisiologica contenuta nella cuffia del tubo endotracheale.

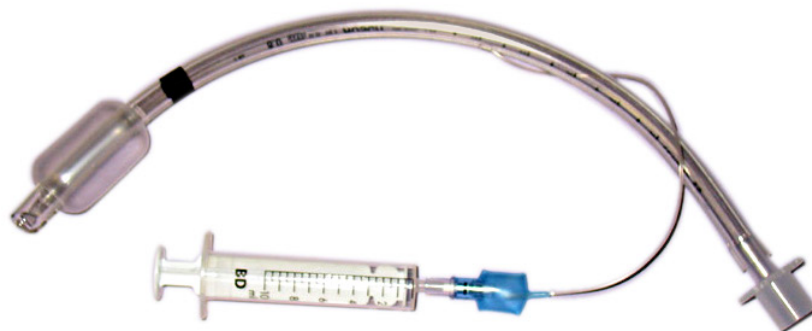


Figure 22. Tubo endotracheale cuffiato - Wikipedia by Luigi Chiesa

## Dopo l'uscita dalla camera iperbarica

Quando le persone non hanno più bisogno della presenza dell'infermiere, quest'ultimo annota nell'Allegato B eventuali problemi, azioni intraprese e risultato ottenuto.

### DIARIO IPERBARICO (Allegato B)

N° Cart. Paziente

Note Seduta

NORBERT  
VENGONO SPIEGATE LE MANOVRE PER LA  
COMPENSAZIONE  
- COMPRESSIONE: COMPENSAZIONE EFFICACE  
NON RIFERISCE FASTIDIO E/O DOLORE  
- DECOMPRESSIONE: NULLA DA SEGNALARE  
- TRANQUILLO

GIANCARLO  
RIFERISCE SINTOMATOLOGIA INFLUENZALE  
- COMPRESSIONE: NULLA DA SEGNALARE  
- DECOMPRESSIONE: NULLA DA SEGNALARE

ELISA  
DURANTE LA DECOMPRESSIONE LA PAZIENTA  
DOLORE ALL'ORECCHIO DX. LE MANOVRE  
DI COMPENSAZIONE NON SONO EFFICACI.  
SI CHIEDE AL TECNICO DI RICOMPRIERE.  
IL DOLORE SCOMPARE MA RITORNE DEL FASTIDIO.  
SI CHIEDE AL TECNICO UNA DECOMPRESSIONE  
PIU' LENTA - SI INVIA AL MEDICO

Pag. 3 di 3

Figure 23. Allegato B del Diario iperbarico - by Andrea Congiu

Appone la spunta nella colonna Note Seduta Allegato B e firma.

## DIARIO IPERBARICO



DATA VOLO: 05/03/2024  
CAMERA: 1

ORE: 10:30:00  
TIPO VOLO: A:2.5A112m

Il Medico assistente deve leggere attentamente il diario iperbarico prima di iniziare la seduta. In ogni caso il diario iperbarico deve essere esaminato anche con il Medico responsabile.

| 1° Seduta  | Posto | Stato | Paziente  | Diagnosi e Problemi attivi                                 | Vedi la cart. | Note | Note Seduta allegato B                                             |
|------------|-------|-------|-----------|------------------------------------------------------------|---------------|------|--------------------------------------------------------------------|
| 02/02/2024 | 3     |       | IRENE     | NECROSIS ASETTICA T.F. -                                   |               | No   | SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> |
| 07/02/2024 | 4     |       | CRISTINA  | NECROSIS ASETTICA - NESSUNO                                |               | No   | SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> |
| 06/02/2024 | 2     |       | GIANCARLO | osteomielite cronica mandibolare - NESSUNO                 |               | No   | SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> |
| 23/02/2024 | 6     |       | PIETRO    | osteomielite cronica ossa petrosa sinistra - NESSUNO       |               | Si   | SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> |
| 12/02/2024 | 11    |       | BARBARA   | SORDITA' IMPROVVISA - NESSUNO                              |               | Si   | SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> |
| 10/01/2024 | 8     |       | ELISA     | IPOACUSIA IMPROVVISA SX - NESSUNO                          |               | No   | SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> |
| 29/02/2024 | 6     |       | GREGOR    | Innesto osseo in frattura patologica mandibolare - NESSUNO |               | No   | SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> |
| 29/02/2024 | 7     |       | SUSI      | Osteonecrosi asettica ginocchio sinistro -                 |               | No   | SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> |
| 29/01/2024 | 10    |       | LUCIO     | NECROSIS ASETTICA T.F. - NESSUNO                           |               | No   | SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> |
| 05/03/2024 | 1     |       | NORBERT   | NECROSIS ASETTICA T.F. - NESSUNO                           |               | No   | SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> |
|            |       |       |           |                                                            |               |      |                                                                    |
|            |       |       |           |                                                            |               |      |                                                                    |
|            |       |       |           |                                                            |               |      |                                                                    |

FIRME

|                                                                            |                                                                                                           |                                                                 |                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Medico responsabile per avvenuta consultazione con l'assistente in camera. | Assistente in camera<br>(Firma per presa visione, sottoscrizione delle "Note seduta", controllo pazienti) | Medico responsabile<br>(Firma per presa visione dopo la seduta) | Personale per l'inserimento delle "note seduta" a computer secondo la procedura operativa in vigore<br>(Firma dopo la seduta) |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Figure 24. Compilazione del Diario iperbarico - by Andrea Congiu

L'infermiere comunica al medico quanto avvenuto in camera iperbarica. Fa apporre allo stesso la seconda firma.



|                                                                            |                                                                                                             |                                                                 |                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Medico responsabile per avvenuta consultazione con l'assistente in camera. | Assistente in camera<br>( Firma per presa visione, sottoscrizione delle "Note seduta", controllo pazienti ) | Medico responsabile<br>(Firma per presa visione dopo la seduta) | Personale per l'inserimento delle "note seduta" a computer secondo la procedura operativa in vigore<br>(Firma dopo la seduta) |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

*Figure 25. Seconda firma del medico nel Diario iperbarico - by Andrea Congiu*

Successivamente consegna il diario iperbarico al tecnico e gli comunica quanto avvenuto in camera iperbarica.

- Ripristina farmaci e/o presidi;
- pulisce e riordina la camera iperbarica.



# Il paziente nuovo

Dopo la visita medica, al paziente viene assegnato un armadietto e consegnato il camice ignifugo.

Una delle cose che spaventa di più è l'ignoto. Spiegare cosa succederà, i ritmi, le sensazioni fisiche, ... ha notevoli effetti positivi.

Quindi l'infermiere informa e spiega al paziente:

- quali oggetti può e non può portare in camera iperbarica;
- gli effetti della pressione:
  - nell'ambiente (temperatura, suoni, variazioni dei volumi d'aria, ...);
  - nel corpo umano (orecchio medio, timpano, ...) .
- che è meglio rimanere svegli;
- l'erogatore (probabile fatica a chiedere ossigeno) e la maschera;
- i cicli di terapia;
- gli avvisi acustici (che non sono allarmi);
- che voi potete comunicare con l'esterno e che siamo controllati dal tecnico;
- le manovre di compensazione sia per la compressione che per la decompressione;
- che siederà di fronte o vicino a voi e che lo aiuterete in ogni fase;
- in camera iperbarica gli anticipa quello che sta per succedere (es. variazioni termiche, ...);
- e che se ha bisogno, potrà uscire anche se la camera iperbarica è già in pressione.

Il paziente avrà molte informazioni, sa cosa succederà e cosa proverà, con una conseguente diminuzione della paura e dell'ansia.



Informare il paziente del cambio di volume anche nei cuscini antidecubito ad aria e nelle ruote di sedie e barelle se gonfiate ad aria.



Prima di accompagnare il paziente in camera iperbarica, è importante chiedergli se deve andare in bagno. Motivare la domanda informandolo che la permanenza in camera sarà di circa 112 minuti.

## La presa in carico

Per la presa in carico del paziente nuovo, ci vuole del tempo e, per questo motivo l'infermiere dovrebbe **iniziare il servizio almeno 15 minuti prima** dell'avvio della terapia.

# Problemi in camera iperbarica

L'ambiente chiuso, le variazioni di pressione, alte pressioni parziali di ossigeno ed eventuali stati di malattia, potrebbero innescare delle situazioni di urgenza ed emergenza.

**In caso di emergenza premi il pulsante rosso. Servirà per allertare il tecnico e il medico.**



Figure 26. Pulsante per azionare l'allarme emergenza - by Ivan Zaro

Se per qualche motivo non è possibile raggiungere il pulsante **EMERGENZA** fai rumore, ad esempio battendo i piedi per terra. In questo caso avvisa i pazienti per evitare che si spaventino.



Per agevolare le comunicazioni in caso di problemi chiedere a tutti i pazienti di fare silenzio. L'infermiere ha bisogno di comunicare con il paziente che ha il problema e di comunicare anche con il personale esterno (tecnici e medico). Potrebbe anche chiedere a tutti i pazienti o ad alcuni di fare determinate cose.

# L'ansia e l'ambiente chiuso

È di fondamentale importanza parlare con i pazienti nuovi e, introdurli adeguatamente alla terapia OTI. Si veda il capitolo **Il paziente nuovo**.

Un paziente ben informato sarà molto probabilmente più tranquillo.

Se dall'anamnesi è noto che il paziente potrebbe essere soggetto ad ansia o panico valutare con il medico la somministrazione della terapia ansiolitica prima di entrare in camera iperbarica.

**I segni e i sintomi più comuni che preannunciano una crisi d'ansia o di panico sono:**

- agitazione psicomotoria;
- sudorazione;
- tremore;
- nervosismo;
- palpitazioni;
- tachicardia;
- ...

L'ambiente chiuso potrebbe accentuare stati ansiosi o generare attacchi di panico:

- rimuovere la maschera;
- allentare il camice;
- stabilire una adeguata comunicazione;
- permettere che la persona si alzi;
- se necessario non legare la maschera ma lasciare che il paziente la tenga con le mani;
- deviare il pensiero su altri aspetti;
- se necessario misurare i parametri vitali;
- appena possibile comunicare con il medico;
- se è necessario organizzare l'uscita del paziente per mezzo della camera di equilibrio.



L'ansia potrebbe essere causata anche dalla fame d'aria, dal dolore all'orecchio o dal caldo.



Non dimenticarsi degli altri pazienti.

Che il paziente interrompa la terapia o che riesca a concluderla dopo una situazione di crisi è importante parlare con lui e capire come aiutarlo al meglio. È anche possibile che per vergogna non abbia comunicato delle informazioni.

# Le variazioni di pressione

Le variazioni di pressione potrebbero causare fastidio e/o dolore, in modo particolare all'orecchio.

## Compressione

Se le manovre di compensazione non sono efficaci, chiedere al tecnico di diminuire la pressione. Generalmente il dolore scompare ed è più facile compensare. Appena il problema è risolto chiedere al tecnico di comprimere più lentamente. Dopo la terapia far visitare il paziente dal medico per un controllo del timpano (barotrauma).

## Decompressione (blocco inverso – poco frequente)

Se le manovre di compensazione non sono efficaci, chiedere al tecnico di aumentare la pressione. Generalmente il dolore scompare ed è più facile compensare. Appena il problema è risolto chiedere al tecnico di decomprimere più lentamente. Dopo la terapia far visitare il paziente dal medico per un controllo del timpano (barotrauma).



Se in fase decompressiva si manifesta un blocco inverso, **NON** far fare la manovra di Valsalva.



Osservare i pazienti in quanto potrebbero eseguire la manovra di Valsalva durante la decompressione. Far interrompere questa abitudine e spiegare il perché non va fatta.



Figure 27. Stop Valsalva - by Andrea Congiu

# La tossicità dell'ossigeno

La tossicità dell'ossigeno sul Sistema Nervoso Centrale causata da una elevata pressione parziale del gas, potrebbe innescare un episodio convulsivo (sindrome di Paul-Bert), tale e quale a un vero attacco epilettico, al quale fa seguito il classico periodo di prolungata apnea che rappresente la difesa dall'eccesso di  $O_2$  a livello polmonare mentre rimane invariato il drenaggio di  $CO_2$  dal cervello. Se al cessare dell'apnea si riprende la respirazione dell'ossigeno iperbarico gli episodi convulsivi si susseguono fino alle estreme conseguenze. Se al contrario si riprende la respirazione di una miscela normossica o moderatamente iperossica, quale rappresentata dall'aria compressa alla pressione del trattamento, le convulsioni non si ripetono e delle stesse non rimane alcuna traccia a livello celebrale.

È molto improbabile che la sindrome di Paul-Bert si manifesti per la respirazione di  $O_2$  a pressioni inferiori a 2,8 bar ATA, mentre questo rischio è sempre presente per pressioni superiori a 2,8 bar ATA.

**In caso si manifesti la sindrome Paul-Bert, comportarsi come segue:**

1. Rimuovere immediatamente la maschera (le convulsioni scompariranno rapidamente);
2. posizione laterale di sicurezza per preservare la pervietà delle vie aeree;
3. allertare il medico;
4. misurare i parametri vitali;
5. organizzare l'uscita del paziente.

Dopo la terapia far visitare il paziente dal medico.



Togliere la maschera abbassa la pressione parziale di ossigeno quindi ne si riduce l'azione tossica.

Respirando ossigeno puro in iperbarismo la pressione parziale dell'ossigeno ( $PO_2$ ) di un paziente sarà di:  
2,5 bar a 2,5 bar ATA e 2,8 bar a 2,8 bar ATA.

Considera che un subacqueo raggiunge una  $PO_2$  massima di 1,6 bar.



Per approfondimenti si legga il capitolo:  
**Ossigeno in flusso continuo**

## La fame d'aria

L'ossigeno arriva alla maschera attraverso un erogatore subacqueo. Questo eroga ossigeno solo su richiesta, quindi con l'inizio dell'inspirazione. L'inspirazione sposta una membrana che apre la valvola di rilascio del gas. Tutte queste parti meccaniche offrono una certa resistenza.

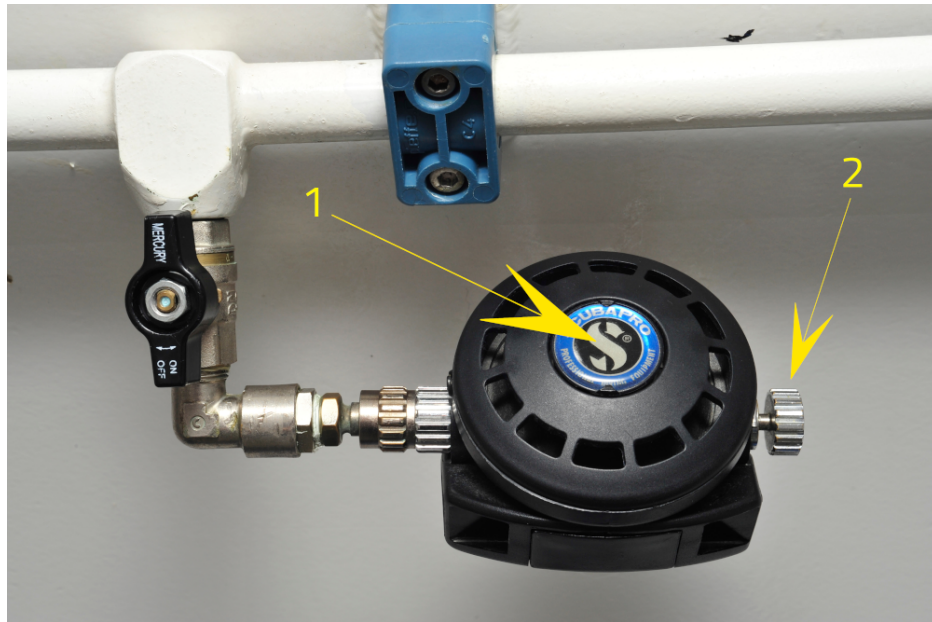


Figure 28. Erogatore: 1. Pulsante di spurgo; 2. Regolatore di resistenza - by Andrea Congiu

Inoltre, la difficoltà respiratoria è anche direttamente proporzionale all'ATA. L'aumento di pressione rende i gas più densi, quindi più difficili da respirare.

Se il paziente riferisce difficoltà durante la respirazione:

- controllare che il regolatore di resistenza sia aperto;
- se il regolatore è completamente aperto e la difficoltà respiratoria non passa, creare un flusso continuo.



Le pause di 5 minuti tra un ciclo e l'altro hanno anche lo scopo di far riposare i pazienti.



## Creare un flusso continuo

Sono stati predisposti degli erogatori per lavorare in flusso continuo. In questi è sufficiente aprire il regolatore di resistenza fino alla scomparsa della fatica respiratoria. A questi erogatori è stato applicato un adesivo per renderli immediatamente riconoscibili.

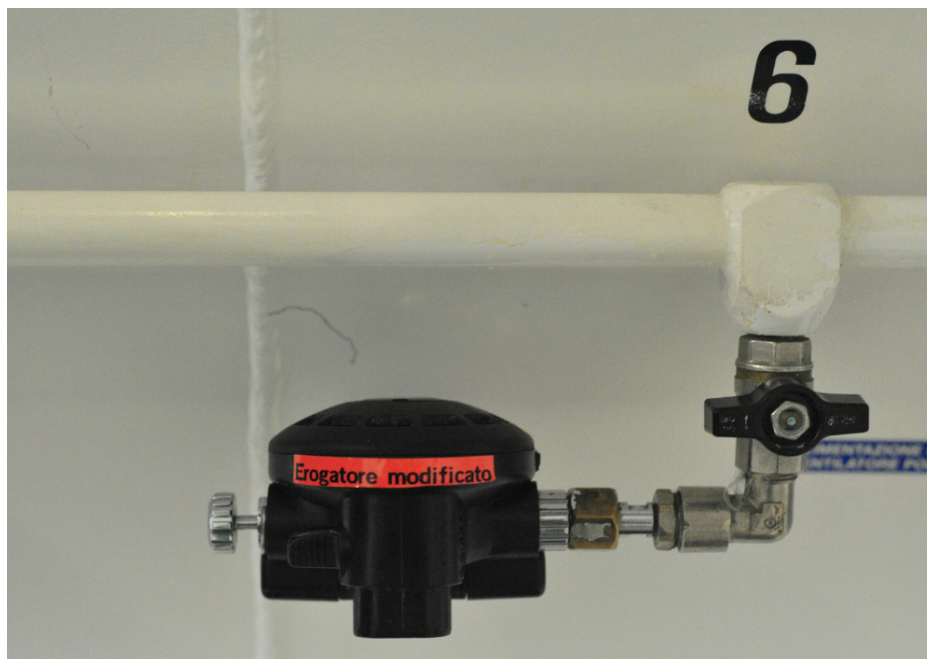


Figure 29. Erogatore modificato per il flusso continuo - by Andrea Congiu

| GLI EROGATORI PER IL FLUSSO CONTINUO |       |
|--------------------------------------|-------|
| Camera                               | Posto |
| Alfa                                 | 6     |
| Bravo                                | 6     |



Potrebbe capitare che gli erogatori modificati non siano in numero sufficiente, quindi bisogna attrezzarsi per creare un flusso continuo dagli erogatori normali. Per creare un flusso continuo è sufficiente avvolgere la calotta dell'erogatore con una fascetta elastica e posizionare uno spessore fra la fascetta e il pulsante di spurgo. I litri di ossigeno erogati, saranno direttamente proporzionali alla tensione della fascetta elastica e/o alle dimensioni dello spessore.

Lo spessore lo si può ricavare piegando ad esempio della carta o delle garzette, oppure usando una caramella.



*Figure 30. Flusso continuo dall'erogatore - by Andrea Congiu*

Il flusso emesso dell'erogatore è inversamente proporzionale alla pressione ambientale. Questo significa che durante la compressione bisogna progressivamente aprire il regolatore di resistenza e, in modo diametralmente opposto chiuderlo progressivamente.

Se non si corregge la regolazione del regolatore di resistenza durante le variazioni di pressione, possono avvenire le seguenti condizioni:

### **Compressione**

Potrebbe insorgere nuovamente la fatica respiratoria. Intervenire aumentando il flusso.

### **Decompressione**

Il volume erogato potrebbe diventare eccessivo e gonfiare il *reservoir* rendendo difficile l'espirazione e causare perdite dalla maschera. Intervenire diminuendo il flusso.



*Figure 31. Reservoir troppo gonfio - by Ruben Zerbetto*

L'infermiere deve ridurre il flusso agendo sul regolatore di resistenza, o allentando la fascetta elastica sugli erogatori non modificati per il flusso continuo. Questo serve a diminuire la tensione sul *reservoir* mantenendo però, un flusso sufficiente che non affatichi il paziente.

# L'ipoglicemia nel paziente diabetico

In camera iperbarica, l'ossigeno aumenta il metabolismo cellulare. Questo comporta che i pazienti diabetici devono aver mangiato prima della terapia (potrebbe capitare che chi manda i pazienti ricoverati consiglia digiuno rischiando ipoglicemia). É preferibile che il paziente diabetico abbia la glicemia un po' più alta rispetto alla media e che diminuisca l'eventuale insulina di circa il 50% altrimenti rischia un calo di zuccheri e quindi di andare in ipoglicemia.

- Se insorgono segni e sintomi di ipoglicemia intervenire di conseguenza;
- comunicare con il medico appena possibile.

Far sempre visitare il paziente dal medico.



Valutare la misurazione glicemica prima di iniziare la terapia.

# Il paziente ha bisogno del bagno durante la terapia

Potrebbe capitare che un paziente ha bisogno del bagno durante la terapia iperbarica e, non può trattenerla per molto tempo. Possiamo individuare due momenti che richiedono azioni diverse.

Il caso più semplice è quando non manca molto al termine della terapia e il paziente viene fatto uscire dalla camera iperbarica. Si veda il capitolo **Modalità di uscita**.

Se al contrario al termine della terapia manca molto, bisogna adottare una procedura differente. Il centro iperbarico è munito di un piccolo WC portatile e può essere introdotto nella camera di trasferimento e la procedura è la seguente:

1. chiedere al tecnico di mettere il WC nella camera di trasferimento;
2. quando la camera di trasferimento raggiunge la pressione della camera principale, far accomodare il paziente nella camera di trasferimento;
3. riferire al paziente di aprire la porta che separa le due camere quando ha finito e chiudere la porta;
4. avvisare il tecnico che il paziente si trova in camera di trasferimento;
5. quando il paziente ha finito, aiutarlo a riprepararsi per la terapia e chiudere la porta che separa i due ambienti;
6. comunicare al tecnico che il paziente è rientrato nella camera principale e che la porta tra le due camere è chiusa.

Se prima dell'inizio della terapia il paziente riferisce che molto probabilmente avrà bisogno del bagno, è possibile preparare preventivamente il WC nella garrita. In questo caso, la porta esterna della camera di trasferimento dovrà essere chiusa mentre quella che separa le due camere, rimarrà aperta. In questo modo i due ambienti avranno già la stessa pressione e il paziente potrà trasferirsi in ogni momento. Se dovesse succedere, comunicare con il tecnico come descritto in precedenza.



Ricordare ai nuovi pazienti di andare in bagno prima dell'inizio della terapia.

# Permanenza o uscita dalla camera iperbarica

La maggior parte dei problemi vengono gestiti agevolmente in camera iperbarica e il paziente può continuare la terapia ma, non sempre le cose vanno così.

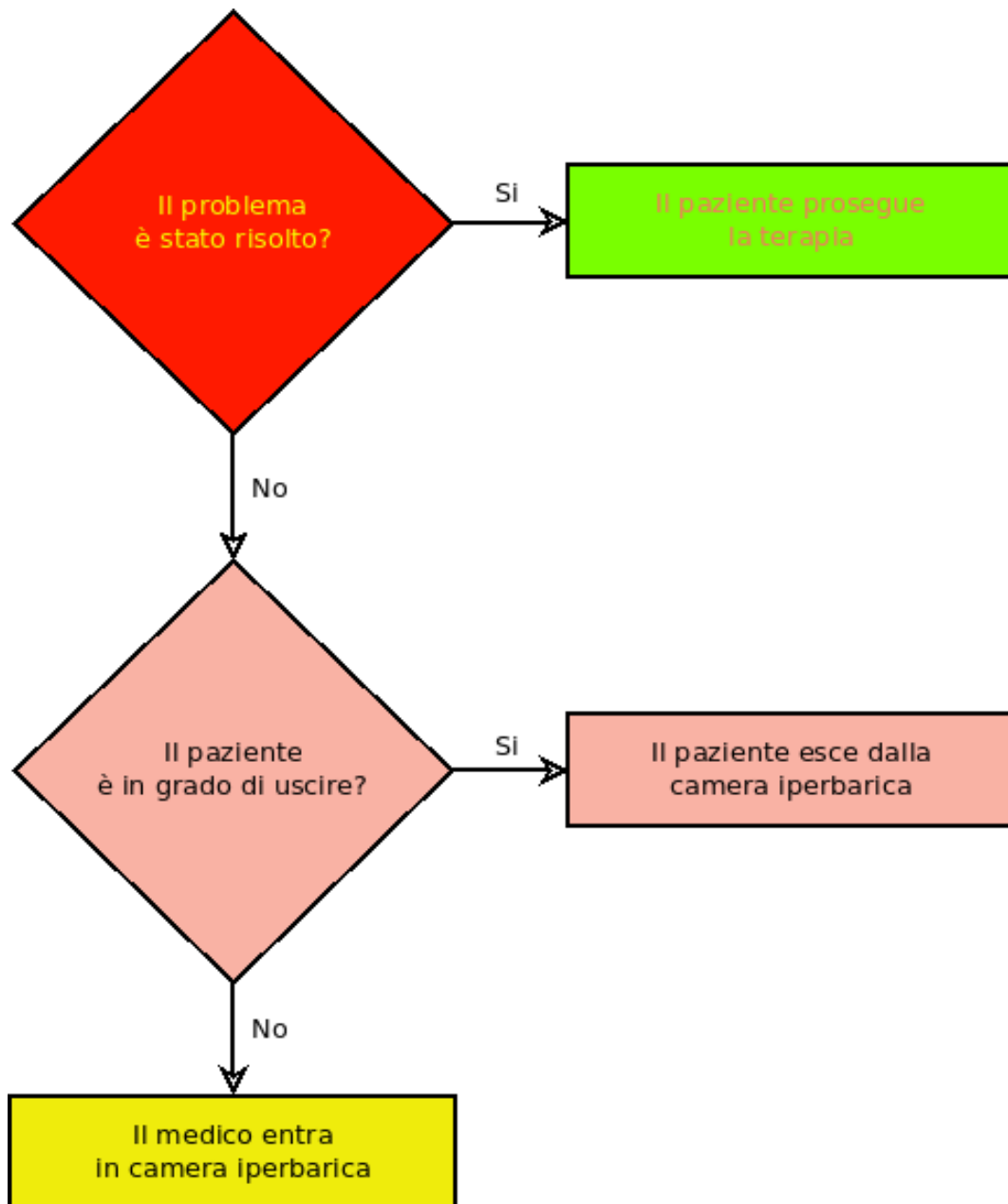


Figure 32. Schema per la permanenza o l'uscita dalla camera iperbarica - by Andrea Congiu

## Modalità di uscita

Per fare uscire un paziente dalla camera iperbarica bisogna comunicare al tecnico il problema e l'intenzione. Un tecnico entrerà nel comparto di trasferimento o garrita situato in fondo alla camera principale.

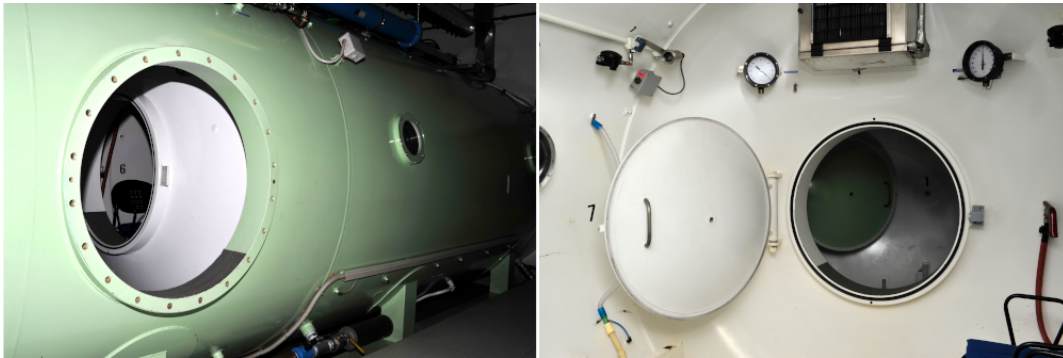


Figure 33. Accesso esterno e interno alla garrita - by Andrea Congiu

Viene fatta una prova di comunicazione e successivamente il tecnico alla *console* di comando pressurizza il comparto di trasferimento fin quando le due camere avranno la stessa pressione. Solo ora si riesce ad aprire la porta di accesso alla garrita. Aiutando il paziente lo si trasferisce. Una volta chiusa la porta della garrita, questa viene riportata a 1 bar.



Figure 34. Porta del comparto di trasferimento chiusa - by Andrea Congiu



Nell'immagine qui sopra si vedono due manometri che esprimono la pressione in colonna d'acqua, quello a sinistra visualizza i metri (di profondità) della camera iperbarica, quello di destra visualizza i metri (di profondità) della garrita.



L'infermiere nella camera principale vede dal barometro del comparto di trasferimento la sua quota. Quando la differenza di profondità è 0 metri (zero), le due camere hanno la stessa pressione e sono in equilibrio.



Figure 35. Manometro della garrita - by Andrea Congiu



Se un paziente deve uscire in fase di compressione, tale fase viene interrotta e ripresa quando il paziente è uscito.



Quando il paziente è di fronte alla porta del comparto di trasferimento, avvisarlo di fare attenzione alla testa. Sopra la porta è installato il condizionatore.



# L'infermiere non deve

**Indossare il camice ignifugo in modo scorretto.**



*Figure 36. Camice indossato in modo scorretto - by Ruben Zerbetto*

Indossare il camice in modo corretto vuol dire rispettare le norme di sicurezza ed evita discussioni con i pazienti.

**Leggere.**



*Figure 37. Infermiere che legge - by Ruben Zerbetto*

Leggere durante le sedute in camera iperbarica non vi permette di osservare le persone, di prevenire problemi e risolverli tempestivamente. Le persone ansiose saranno più agitate in quanto non si sentono “sorvegliate e protette”.

# La compensazione

L'aumento della pressione che ci circonda causa una diminuzione dei volumi gassosi nelle cavità anatomiche e una diminuzione della pressione aumenta i volumi dei gas nelle stesse cavità. Non sempre avviene una compensazione spontanea, quindi, durante:

- la compressione è richiesta un'azione attiva e forzata per compensare la pressione dell'aria dietro il timpano.
- la decompressione, l'aumento del volume dietro il timpano, trova generalmente la sua via di fuga attraverso la tuba di Eustachio.

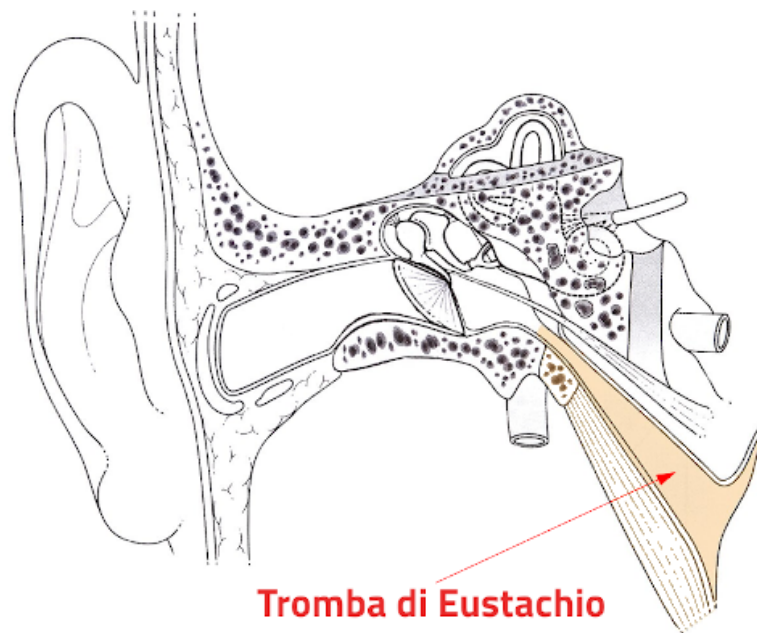


Figure 38. Tromba di Eustachio - Wikipedia



Per evitare danni al timpano è fondamentale che le manovre di compensazione vengano fatte per tutto il periodo di compressione e decompressione.

# Nel bambino

Il bambino compensa con:

- il pianto;
- la suzione e la deglutizione;
- quelli più grandi soffiando il naso (da non far fare in decompressione), bevendo e mangiando caramelle.



*Figure 39. Allattamento al seno - Wikipedia by Petr Kratochvil*

# Nel paziente collaborativo

## Fase compressiva

### La manovra di Toynbee

Questa manovra utilizza la deglutizione, effettuata a bocca e naso chiusi. È facile da eseguire ed è delicata.

### La manovra di Valsalva

La manovra consiste in un'inspirazione relativamente profonda seguita da un'espirazione forzata in corrispondenza di naso e bocca chiusi. È facile da eseguire ma non è delicata.



Se la manovra di Valsalva viene prolungata, potrebbe indurre una bradicardia.



La manovra di Valsalva **deve essere evitata** se il paziente ha anche una diagnosi di glaucoma.

### La manovra di Marcante-Odaglia (o manovra Frenzel)

Sfrutta sia il movimento che la pressione: la lingua posizionata sul palato chiude il collegamento con i polmoni, iniziando un movimento simile alla deglutizione e in seguito, fungendo da pompa, quando la si spinge verso l'alto, esercita una spinta pressoria verso l'orecchio medio. Anche questa manovra, come il Valsalva, si effettua con la bocca e le narici chiuse. È difficile da eseguire ma è delicata.

## Altre manovre per compensare durante la compressione

Oltre le manovre appena descritte ne esistono altre e sono di facile attuazione:

- soffiare il naso con forza;
- deglutire un sorso d'acqua tappando il naso.



Se le manovre di compensazione non funzionano, chiedi al tecnico di diminuire la pressione e chiedi al paziente di riprovare.

## Fase decompressiva

Durante la decompressione la compensazione dovrebbe avvenire in modo naturale e automatico, le seguenti azioni solitamente sono di aiuto.

- Deglutizione;
- sbadiglio;
- movimento della mandibola in direzione destra-sinistra e in direzione avanti-indietro.



Se noti che una persona esegue la manovra di Valsalva normale, bloccalo

immediatamente. In fase decompressiva la manovra di Valsalva potrebbe danneggiare il timpano.



Se le manovre di compensazione non funzionano, chiedi al tecnico di aumentare la pressione e chiedi al paziente di riprovare.

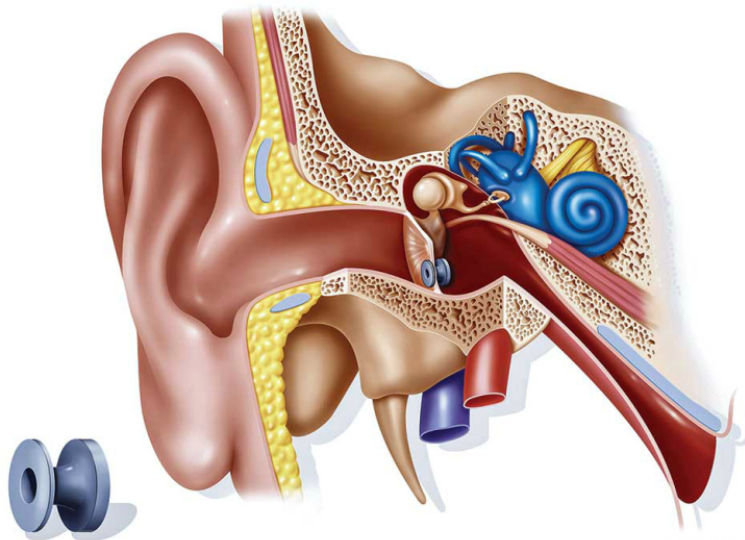
### **La manovra di Valsalva inversa**

La manovra consiste in un'espirazione relativamente profonda seguita da un'inspirazione forzata in corrispondenza di naso e bocca chiusi. È facile da eseguire ma non è delicata.

## **Nel paziente in coma e/o intubato**

In questi pazienti la compensazione attiva non avviene e si rende necessaria la miringotomia.

La miringotomia è una perforazione chirurgica del timpano. Questa mantiene uguali le pressioni davanti e dietro il timpano.



*Figure 40. Miringotomia - Wikipedia*



# Consiglio

**Di essere curiosi** per capire i principi di funzionamento dei diversi componenti della camera iperbarica. Un infermiere che sa rispondere sui principi di funzionamento dei diversi componenti, sarà un infermiere competente e professionale e come risposta emotiva avremo anche un paziente più tranquillo e fiducioso.

**Di aiutare il tecnico** a preparare gli erogatori e le maschere. Aiutare il tecnico vi renderà autonomi quando sarete chiusi in camera iperbarica, quindi potrete risolvere piccoli problemi tecnici in modo autonomo e i pazienti si fideranno di voi e saranno più tranquilli perché vi vedono capaci.

**Di essere attivi e attenti**, questo aiuta a:

- mantenere più tranquille le persone ansiose;
- migliorare il *comfort*.

**Di mantenere un contatto visivo e comunicare a gesti** quando i pazienti e voi indossate la maschera, questo aiuta a:

- individuare precocemente i problemi;
- mantenere più tranquille le persone ansiose.



Figure 41. Comunicazione gestuale - by Ruben Zerbetto

# Breve promemoria

## Con l'aumento della pressione:

- l'aria si scalda;
- la flebo potrebbe rallentare, fermarsi o defluire sangue dalla vena nel deflussore (più frequente con il CVC);
- i pazienti e anche l'infermiere devono compensare;
- si avverte una diversa percezione dei suoni.

In fase compressiva si raggiunge una temperatura massima 23 - 24°C circa. A pressione raggiunta e stabile la temperatura si assesta a circa 21°C.

## Con la diminuzione della pressione:

- l'aria si raffredda;
- potrebbe formarsi della "nebbia";
- la flebo potrebbe accelerare;
- la compensazione è quasi sempre spontanea;
- raramente emissione di aria dallo stomaco.

In fase decompressiva la temperatura scende a 18 - 19°C circa.

**In compressione e decompressione** avviene un cambio di volume anche nei cuscini antidecubito ad aria e nelle ruote di sedie e barelle, se gonfiate ad aria.



**Le variazioni di velocità della flebo** sono causate dalla legge di Boyle (Per approfondimenti si legga il capitolo: **Legge di Boyle**).

Durante la compressione, l'aumento della pressione nella camera iperbarica, riduce il volume dell'aria contenuta nella flebo. La diminuzione di volume d'aria diminuisce a sua volta la spinta del liquido contenuto nella flebo.

In modo diametralmente opposto, durante la decompressione, l'aria contenuta nella flebo si espande aumentando così la spinta del liquido contenuto nella flebo verso la vena.



# Promemoria dei concetti matematici

## Conversioni

1 ATA  $\equiv$  101325 Pa  $\equiv$  101.325 kPa

1 ATA = 760 mmHg = 14.7 psi = 1.013 Bar = 1033 cmH<sub>2</sub>O

## Conversione della profondità in pressione (bar)

1 + (profondità in metri / 10)

*Esempio per il calcolo ATA*

A -15 metri di profondità

$1 + (15/10) = 1 + 1,5 = 2,5$  bar

## Calcolo della pressione parziale di ossigeno

Prercentuale O<sub>2</sub> respirata / 100 \* ATA

*Esempio per il calcolo della pressione parziale di ossigeno*

Il paziente respira ossigeno puro (100%) e si trova a -15 metri di profondità (2,5 bar ATA)

$100/100 * 2,5 = 2,5$  bar

# Sicurezza

## Mancanza di corrente

L'eventualità che il Centro Iperbarico rimanga senza corrente, per quanto sia improbabile, è comunque possibile. Il Centro Iperbarico di Bolzano è dotato di un gruppo di continuità e di un gruppo elettrogeno. La combinazione di questi due elementi permette di alimentare tutti gli impianti in caso di interruzione della fornitura di energia elettrica. Ma, siccome è comunque possibile che uno o entrambi i sistemi non funzionino correttamente, di seguito vengono illustrati i sistemi compromessi e come intervenire per garantire la sicurezza dei pazienti e del personale.

### **L'illuminazione interna si spegne.**

Rassicurare i pazienti. Intanto il tecnico aprirà la porta fra le due camere per far filtrare un pò di luce dagli oblò.



*Figure 42. Porta tra le camere iperbariche aperta - by Andrea Congiu*

### **La fornitura di ossigeno alle maschere e lo scarico delle stesse non funziona.**

Far rimuovere le maschere.

**Le comunicazioni dovrebbero essere garantite tramite l'interfono normale, ma se anche questo non funziona:**

Utilizzare il telefono con la dinamo.



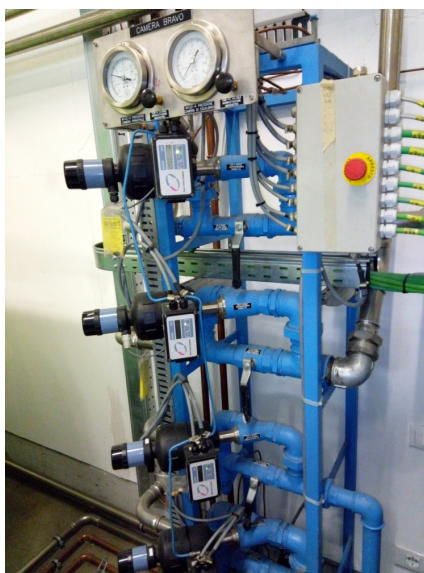
*Figure 43. Telefono a dinamo - by Andrea Congiu*

**Al ripristino della corrente, il timer dei cicli riparte da zero.**

Il tecnico comunicherà a voce le pause e la fine della terapia.

**Senza corrente il sistema di scarico per la decompressione non funziona.**

Il tecnico può agire manualmente su una valvola di scarico per riportare la camera a 1 bar e permettere l'uscita.



*Figure 44. Postazione di comando manuale di compressione e decompressione - by Andrea Congiu*



Se l'infermiere deve spostarsi dalla sua postazione, deve chiedere ai pazienti di piegare le gambe e mettere i piedi sotto la sedia. Inoltre chiede di prendere l'eventuale sgabello e tenerlo in mano. Questa richiesta favorisce un passaggio libero da ostacoli.



L'infermiere deve essere pronto a gestire un eventuale attacco di panico.

# Incendio

## Introduzione

Un incendio si può sviluppare quando ci sono tre elementi che lavorano in sinergia e si possono rappresentare con il triangolo del fuoco.

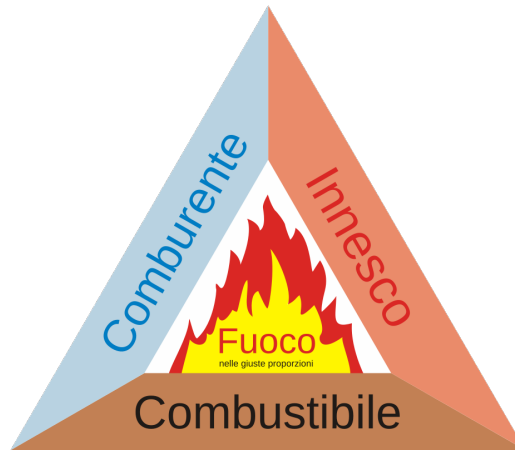


Figure 45. Triangolo del fuoco - Wikipedia by Ensahequ

I lati del triangolo rappresentano i tre elementi necessari per la combustione:

- **combustibile**: qualsiasi sostanza capace di infiammarsi, organica o inorganica;
- **comburente**: sostanza che agisce come agente di combustione; usualmente il comburente è l'ossigeno;
- **fonte d'innescò**: sorgente che apporta calore al sistema.

Quando uno dei tre elementi della combustione viene a mancare, questa non avviene o, se già in atto, si estingue. Quindi, per ottenere l'estinzione di una combustione, si può ricorrere ai seguenti sistemi:

- **esaurimento del combustibile**: allontanamento o separazione della sostanza combustibile dal focolaio dell'incendio;
- **soffocamento**: separazione del comburente dal combustibile o riduzione della concentrazione del comburente in aria;
- **raffreddamento**: sottrazione del calore fino a ottenere una temperatura inferiore a quella necessaria al mantenimento della combustione.

Lo svilupparsi di un incendio in camera iperbarica è un'eventualità estremamente improbabile in quanto:

- vengono lasciati fuori gli oggetti pericolosi (fonti d'innescò);
- l'aria all'interno della camera iperbarica contiene una percentuale di ossigeno normale o leggermente più alta quindi **non** è satura;
- l'allestimento della camera iperbarica è pensato:
  - riducendo al massimo i materiali combustibili;

- usando materiali autoestinguenti;
- usando materiali a bassa o assente carica elettrostatica.



La camera iperbarica è un ambiente che non è a rischio di incendio ma, è a rischio in caso di incendio. Questa affermazione deriva dal fatto che l'evacuazione è difficoltosa.



Poiché la zona del viso è in contatto con l'ossigeno puro, è vietato fare uso di creme e balsami per la pelle, trucchi o sostanze grasse o a base alcolica perché infiammabili.



In caso di incendio, i pazienti devono tenere la maschera o indossarla se si è in pausa. Indossare la maschera garantisce una respirazione priva di fumi. In caso di incendio alle maschere arriva aria **NON ossigeno**.

## L'aria ambiente della camera iperbarica e la sicurezza antincendio

Per la somministrazione di ossigeno puro ai pazienti presenti in camera iperbarica si utilizzano delle maschere oronasali che se correttamente indossate permettono di ridurre al minimo le perdite di ossigeno nell'ambiente iperbarico. Queste maschere ricevono l'ossigeno dall'erogatore che ad ogni atto inspiratorio eroga la quantità di gas medicale richiesta dal paziente col normale atto inspiratorio; il gas espirato viene poi raccolto in un pallone in gomma attaccato alla valvola di scarico della maschera e convogliato all'esterno della camera attraverso un opportuno collettore di raccolta.

Anche se in teoria l'ambiente iperbarico dovrebbe avere una percentuale di ossigeno pari a quella dell'aria esterna (20,8%), nella realtà sono frequenti piccole fughe di ossigeno dovute a maschere mal posizionate sul viso del paziente, a erogatori mal regolati, flussi continui o sistemi di scarico non efficienti. Ciò comporta un graduale aumento d'ossigeno libero in camera con conseguente aumento di rischio in caso d'incendio.

L'analisi dell'ambiente iperbarico viene effettuata portando costantemente all'analizzatore posizionato al quadro di controllo una quantità di aria spillata dalla camera. Vista l'importanza di una costante e precisa verifica dell'aria all'interno della camera, la normativa prevede che ci siano tre letture a confronto (tre differenti apparecchi) e prevede che al raggiungimento del 23,5% di ossigeno libero in camera venga effettuato un ricambio d'aria fino al ripristino della normalità cioè 20,8%. Questo ricambio di aria viene definito "lavaggio" e viene fatto aprendo progressivamente sia la valvola di mandata dell'aria che quella di scarico, mantenendo invariata la pressione ambiente. La durata di questo lavaggio è proporzionata alle condizioni ambientali interne, al numero di pazienti e alle dimensioni dell'ambiente e durante la manovra bisogna tenere controllato il manometro per la pressione interna.



Quando l'aria ambiente supera il 23,5% di O<sub>2</sub>, al quadro di controllo si attiva un allarme e, automaticamente alle maschere verrà interrotta l'immissione di ossigeno e verranno alimentate con aria. Il tecnico taciterà l'allarme, provvederà al lavaggio dell'aria e ripristinerà l'alimentazione di ossigeno alle maschere.

Quello che aumenta è la massa molare di ossigeno, cioè la quantità di molecole, però questo non è sufficiente per rendere la camera iperbarica un ambiente a rischio di incendio.

## Sistema antincendio

Il sistema antincendio della camera iperbarica è composto da tre elementi principali:

1. rilevatore di fiamma;
2. sistema antincendio idrico a soffitto;
3. sistema antincendio idrico con manichetta.

In caso di incendio all'interno della camera iperbarica, sia il tecnico (da fuori) che l'infermiere (da dentro) possono estinguere le fiamme.



Anche la camera di equilibrio è dotata degli stessi sistemi antincendio.

Essendo la camera iperbarica un ambiente pressurizzato, i sistemi idrici antincendio al suo interno devono avere una pressione dell'acqua maggiore del normale. I diffusori lavorano con una pressione di circa 55 bar, mentre le manichette a 6 bar.



## Rilevatore di fiamma

All'interno della camera iperbarica sono installati due rilevatori di fiamma, uno si trova vicino alla porta di accesso principale e l'altro vicino alla porta del comparto di trasferimento. Essi rilevano la presenza di una fiamma libera e automaticamente fanno scattare un allarme al quadro comando del tecnico.



Figure 46. Rilevatore di fiamma - by Andrea Congiu

## Sistema antincendio idrico a soffitto

Sul soffitto sono posizionati cinque diffusori idrici per estinguere un incendio, la loro attivazione può essere effettuata sia dall'infermiere dentro la camera che dal tecnico fuori dalla camera.



Figure 47. Diffusori antincendio - by Andrea Congiu



## Attivazione dei diffusori antincendio da parte dell'infermiere

Il comando per attivare i diffusori si trova vicino alla sedia dell'infermiere.



Figure 48. Comando di attivazione interno dei diffusori - by Andrea Congiu

Per azionare i diffusori l'infermiere deve:

1. tirare l'anello metallico per sbloccare la maniglia del rubinetto;
2. far ruotare il rubinetto in senso antiorario.



Figure 49. Comando di attivazione interno dei diffusori - by Andrea Congiu

## Attivazione dei diffusori antincendio da parte del tecnico

Il tecnico preme semplicemente un pulsante posizionato sul quadro comandi.



Figure 50. Comando di attivazione esterno dei diffusori - by Andrea Congiu

## Sistema antincendio idrico con manichetta

All'interno della camera iperbarica sono installate due manichette antincendio, una si trova vicino alla porta di accesso principale e l'altra vicino alla porta della garrita.



Figure 51. Manichetta antincendio - by Andrea Congiu

Sono dotate di una comoda impugnatura, di un pulsante per azionare il getto d'acqua e di un fermapulsante per continuare a erogare acqua senza dover tenere il pulsante premuto.



Figure 52. L'impugnatura della manichetta antincendio - by Andrea Congiu



**Il getto d'acqua deve essere indirizzato alla base delle fiamme e *non* sulle fiamme.**



# Incendio nel Centro Iperbarico

In questo capitolo accenno brevemente alle norme di comportamento in caso d'incendio nel Centro Iperbarico, **non in camera iperbarica**. In caso d'incendio fuori dalla camera iperbarica il tecnico non si allontana dal quadro di controllo e:

1. commuta la fornitura di ossigeno alle maschere con aria;
2. indossa l'abbigliamento ignifugo ed eventualmente anche l'autorespiratore;
3. comunica all'infermiere in camera con il telefono a dinamo, che inizia la depressurizzazione;
4. all'uscita dei pazienti dalla camera iperbarica gli indirizza verso l'uscita più sicura.

L'infermiere che era in camera accompagna i pazienti all'uscita e rimane con loro.



È possibile che ci siano pazienti in barella, in sedia, o con difficoltà nella deambulazione, in questo caso è necessario coordinarsi per un'evacuazione rapida ed efficiente.

L'armadietto che contiene il vestiario ignifugo per i tecnici si trova dietro le camere iperbariche.



Figure 53. Armadietto del vestiario ignifugo per i tecnici - by Andrea Congiu

Il Centro iperbarico è dotato di due autorespiratori, uno si trova di fronte alla segreteria, il secondo nel locale del quadro di controllo delle camere iperbariche.



*Figure 54. Autorespiratore per i tecnici - by Andrea Congiu*

# Approfondimenti

## Driving force

Il concetto di *driving force* può essere applicato per comprendere come e perché aumenti il livello di ossigeno disciolto nel plasma sanguigno, un aspetto cruciale nella fisiologia respiratoria e nel metabolismo cellulare.

### Meccanismi e fattori coinvolti

#### Pressione parziale di ossigeno ( $pO_2$ ):

La principale *driving force* per l'aumento di ossigeno disciolto nel plasma è rappresentata dalla pressione parziale di ossigeno. Quando la  $pO_2$  nei polmoni aumenta (ad esempio, durante l'ossigenoterapia), più molecole di ossigeno si dissolvono nel plasma.

#### Diffusione:

Il principio di diffusione determina che l'ossigeno tende a muoversi dall'area di alta concentrazione (nei polmoni) a quella di bassa concentrazione (nel plasma). Maggiore è il gradiente di concentrazione, maggiore sarà il tasso di diffusione dell'ossigeno.

#### Ventilazione polmonare:

Un aumento della ventilazione polmonare (ad esempio durante l'esercizio fisico) può incrementare la quantità di ossigeno disponibile per il processo di diffusione, contribuendo così a un aumento dell'ossigeno disciolto nel plasma.

#### Fisiologia cardiaca:

La funzione cardiaca gioca un ruolo essenziale poiché un miglior flusso sanguigno può aumentare la disponibilità di ossigeno disciolto che raggiunge i tessuti. Un cuore efficiente e un buon volume di sangue possono aumentare la *driver force* per l'ossigeno.

#### Altezza e pressione atmosferica:

In alta quota, la pressione atmosferica diminuisce, portando a un calo della  $pO_2$ . Tuttavia, l'adattamento a condizioni ipossiche (aumento della produzione di globuli rossi, per esempio) può indurre un incremento del trasporto di ossigeno, anche se non rappresenta un aumento diretto di ossigeno disciolto nel plasma.

### Conclusione

In sintesi, la *driving force* per l'aumento dell'ossigeno disciolto nel plasma è principalmente governata dalla pressione parziale di ossigeno, dalla diffusione e da fattori fisiologici e ambientali. Questo meccanismo è fondamentale per assicurare che i tessuti ricevano sufficiente ossigeno per le loro funzioni metaboliche.

# Comunicare e informare i pazienti

Comunicare con i pazienti e informarli di manovre che esulano la normale gestione della terapia, delle manovre, dei ritmi, ... è fondamentale in quanto se si trovano a vedere, subire, ... azioni non comuni potrebbero agitarsi.



Da considerare che azioni normali per noi o per alcuni pazienti non lo sono per tutti.

Banalmente, se l'infermiere fa la seconda assistenza in camera, prima dell'avvio della terapia comunica che a -3 metri ci sarà uno stop di tre minuti prima dell'uscita. Questo è solo un esempio.



## Materiale sanitario in camera iperbarica

L'infermiere fa assistenza in camera iperbarica durante le terapie per la gestione di urgenze ed emergenze sanitarie. Cioè per assistere e aiutare il paziente in terapia che si sente male improvvisamente. Ergo, l'infermiere deve intervenire prontamente e agire in funzione del problema.

Quindi è prevista una dotazione di materiale sanitario che gli permette di avviare le manovre di primo soccorso.

Le due camere iperbariche, hanno vicino alla porta d'ingresso, un armadietto metallico.

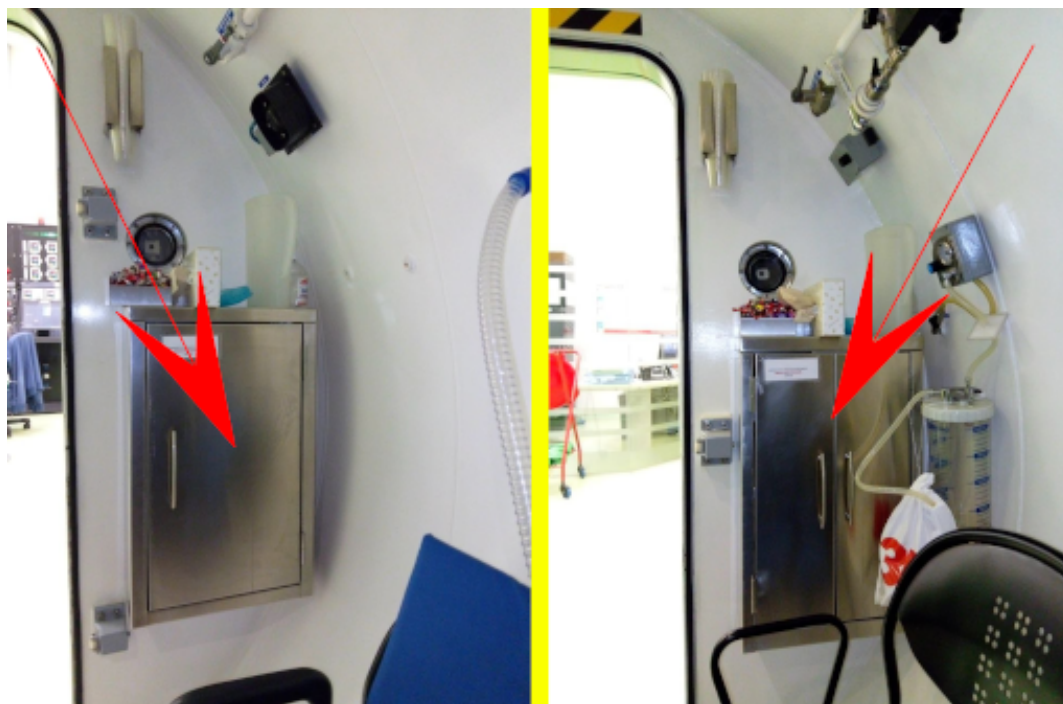


Figure 55. Armadietti sanitari camera Alfa e camera Bravo - by Andrea Congiu

Contenenti il seguenti materiale sanitario

| LISTA DEL MATERIALE                                                                      |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Cosa                                                                                     | Quantità     |
| Sfigmomanometro                                                                          | 1            |
| Fonendoscopio                                                                            | 1            |
| Canula di Guedel misura 2 e 3                                                            | 1 per misura |
| Guanti non sterili                                                                       | 1 confezione |
| Sonda aspirazione orotracheale 14 ch e 16 ch                                             | 2 per misura |
| Raccordi <i>fingertip</i>                                                                | 2            |
| Pallone autoespandibile con maschera, <i>reservoir</i> e tubo di raccordo O <sub>2</sub> | 1            |

| KIT ACCESSO VENOSO                            |              |
|-----------------------------------------------|--------------|
| Cosa                                          | Quantità     |
| Ago sterile monouso 18 G                      | 1            |
| Ago sterile monouso 21 G                      | 2            |
| Agocanula 18 G - 20 G - 22 G                  | 1 per misura |
| Cerotto fissaggio agocanula                   |              |
| Compresse di arza sterile 10 x 10 cm          | 5            |
| Guanti non sterili                            | 1 paio       |
| Laccio emostatico                             | 1            |
| Medicazione adesiva 8x10 cm                   | 2            |
| Prolunga accesso venoso con sistema a valvola | 1            |
| Siringa sterile monouso 10 ml                 | 2            |
| Tappo <i>Luer Lock</i> combinato M/F          | 1            |

Se dovesse aver bisogno di altro, potrà riceverlo tramite il passaogetti.



Figure 56. Passa oggetti - by Andrea Congiu

Nelle camere iperbariche è presente anche un aspiratore.

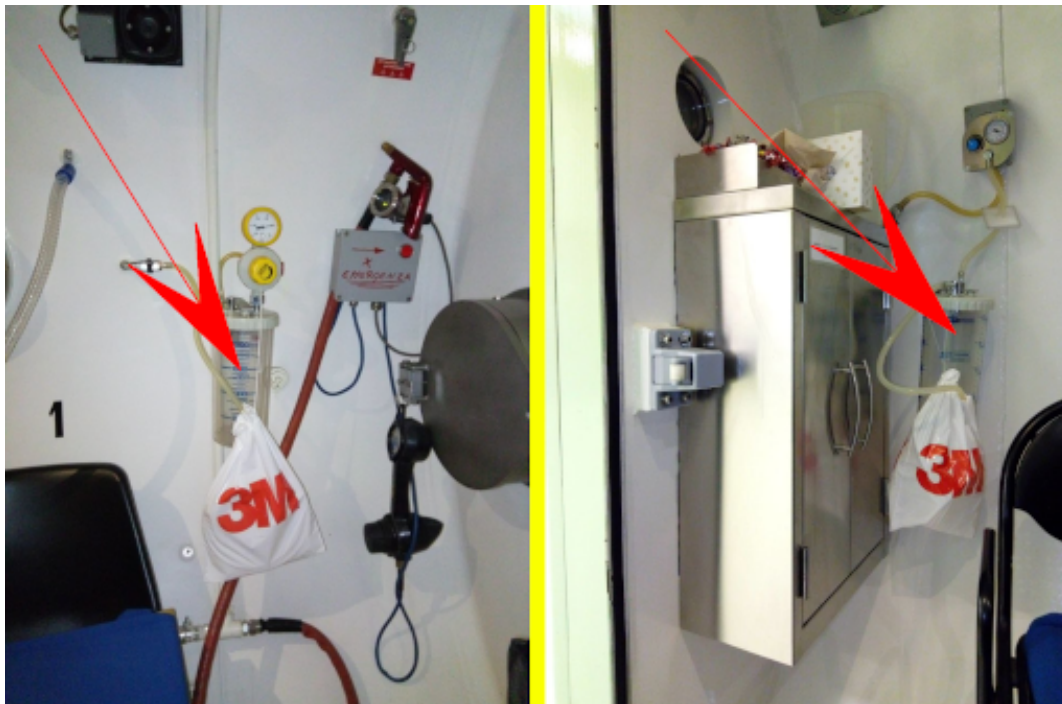


Figure 57. Aspiratori camera Alfa e Camera Bravo- by Andrea Congiu

Questi aspiratori non sono collegati ad un sistema *vacuum* e tantomeno ad una pompa elettrica. Questi funzionano per differenza di pressione (pressione in camera maggiore di quella esterna). Questo vuol dire che funzionano solo quando la camera è in pressione.

# I Parametri vitali

## La pressione arteriosa

Lo sfigmomanometro è in grado di rilevare la pressione arteriosa massima (sistolica) e quella minima (diastolica) con un meccanismo che varia a seconda del modello. Vista l'importanza del rilevamento della pressione arteriosa di un paziente durante la terapia iperbarica in urgenza, la conoscenza dell'uso in ambiente iperbarico di questo strumento è fondamentale per assicurare la massima precisione. Da non dimenticare che un paziente potrebbe necessitare la rilevazione della pressione arteriosa anche durante le terapie di *routine*.

Per la rilevazione della pressione arteriosa viene pompata aria all'interno del manicotto e poi fatta uscire in modo controllato. Se al manicotto è collegato uno sfigmomanometro manuale si andranno ad ascoltare i toni di *Korotkov*, mentre quelli elettronici eseguono delle misurazioni oscillometriche. In ogni caso la misurazione avviene per variazioni di pressione del manicotto.

Se si misura la pressione durante la compressione, il manicotto perde volume (quindi pressione) per azione dell'aumento della pressione della camera iperbarica. Viceversa aumenterà il suo volume durante la decompressione.

Ergo, lo sfigmomanometro durante le variazioni di pressione potrebbe fornire parametri errati, in modo particolare nelle variazioni pressorie da 0 a -10 metri. In questo *range* si passa da 1 bar ATA a 2 bar ATA (o viceversa): questa variazione dimezza il volume dell'aria nel manicotto durante la compressione e lo raddoppia durante la decompressione.



Lo strumento elettronico durante le variazioni pressorie, potrebbe andare in "crisi".

Se l'infermiere necessita di un valore certo della pressione arteriosa, si consiglia di chiedere al tecnico di stoppare momentaneamente la variazione di pressione della camera iperbarica.

Raggiunta la quota terapeutica gli strumenti lavoreranno senza problemi.



Si consiglia di consultare il manuale per apprendere tutte le funzioni del *monitor* multifunzionale in dotazione al Centro Iperbarico.

## La saturazione dell'emoglobina

La saturazione emoglobinica indica il rapporto percentuale tra il numero medio di molecole di ossigeno ( $O_2$ ) realmente legate alle molecole di emoglobina, e il massimo numero di molecole di ossigeno che potrebbero essere legate alle stesse molecole di emoglobina. La saturazione emoglobinica indica quindi la percentuale di emoglobina impiegata nel trasporto di ossigeno rispetto al totale impiegabile. Ogni molecola di emoglobina è in grado di legarsi, al massimo, con 4 molecole di  $O_2$  e quando ciò accade si dice che è «satura». Se tutte le molecole di emoglobina fossero legate a 4 molecole di  $O_2$ , allora la saturazione sarebbe pari al 100%; se invece, per esempio, mediamente ogni molecola di emoglobina fosse legata a 2 molecole di ossigeno, allora la saturazione sarebbe pari al 50%.

Esiste però un importante limite a questo strumento, che un infermiere di un centro iperbarico deve conoscere molto bene.

Il saturimetro non riesce a discriminare fra ossiemoglobina (cioè l'emoglobina legata all'ossigeno) e carbossiemoglobina (cioè, l'emoglobina legata al monossido di carbonio). A causa dell'incapacità di discriminazione del saturimetro, un paziente con intossicazione da monossido di carbonio, in seguito alla misurazione, potrebbe manifestare livelli di saturazione di ossigeno normali quando invece non è così.



Conoscere questo dettaglio è fondamentale in quanto i pazienti intossicati da monossido di carbonio vengono trattati in camera iperbarica.

Per ovviare a questo problema, sono stati realizzati i cosiddetti puls-CO-ossimetri.

### Puls-CO-ossimetro

Questo apparecchio permette non solo di misurare il grado di saturazione di ossigeno dell'emoglobina ( $SpO_2$ ), ma anche di misurare e monitorare i livelli di saturazione di carbossiemoglobina ( $SpCO$ ) - presente, ad esempio, in caso di intossicazione da monossido di carbonio - e i livelli di saturazione di metaemoglobina ( $SpMet$ ).

La misurazione dei livelli di carbossiemoglobina e di metaemoglobina è resa possibile dal fatto che lo strumento è in grado di emettere radiazioni luminose a molteplici lunghezze d'onda (e non solo a due lunghezze d'onda, come avviene, invece, nei classici saturimetri). Tali fasci luminosi a differenti lunghezze d'onda vengono assorbiti in maniera diversa dalle sopra citate tipologie di emoglobina. In seguito all'elaborazione dei dati ottenuti e a complesse equazioni, l'unità di calcolo è poi in grado di fornire informazioni circa i livelli di saturazione di ossigeno dell'emoglobina, i livelli di carbossiemoglobina e quelli di metaemoglobina.



La metaemoglobina, o metemoglobina (MetHb), è un tipo di metalloproteina in cui, rispetto all'emoglobina, il ferro nel gruppo dell'eme è allo stato ferrico ( $Fe^{3+}$ ) anziché a quello ferroso ( $Fe^{2+}$ ). Il cambiamento dello stato di ossidazione priva la molecola della capacità di legare reversibilmente l'ossigeno.



Si consiglia di consultare il manuale per apprendere tutte le funzioni del *monitor* Puls-CO-ossimetro in dotazione al Centro Iperbarico.

## Registrazione dei parametri vitali

Durante le urgenze/emergenze potrebbe essere necessario rilevare e registrare costantemente i parametri vitali, per questo è stata creata una scheda per la loro registrazione.



Centro iperbarico Bolzano

Via Enrico Fermi, 2  
39100 Bolzano (BZ)

Tel.: +390471932525 – Fax: +390471200025

E-Mail: [info@iperbaricobolzano.it](mailto:info@iperbaricobolzano.it)

Url: <http://www.iperbaricobolzano.it>

### REGISTRAZIONE DEI PARAMETRI VITALI

Data \_\_\_\_\_

Cognome \_\_\_\_\_

Nome \_\_\_\_\_

| ORA | ATA<br>bar | FIO <sub>2</sub><br>% | FC<br>batt/min | PA<br>mmHg | FR<br>atti/min | SatO <sub>2</sub><br>% | SatCO<br>% |  | NOTE |
|-----|------------|-----------------------|----------------|------------|----------------|------------------------|------------|--|------|
|     |            |                       |                |            |                |                        |            |  |      |
|     |            |                       |                |            |                |                        |            |  |      |
|     |            |                       |                |            |                |                        |            |  |      |
|     |            |                       |                |            |                |                        |            |  |      |
|     |            |                       |                |            |                |                        |            |  |      |
|     |            |                       |                |            |                |                        |            |  |      |
|     |            |                       |                |            |                |                        |            |  |      |
|     |            |                       |                |            |                |                        |            |  |      |
|     |            |                       |                |            |                |                        |            |  |      |
|     |            |                       |                |            |                |                        |            |  |      |
|     |            |                       |                |            |                |                        |            |  |      |
|     |            |                       |                |            |                |                        |            |  |      |



by Andrea Congiu - Infermiere  
[www.andrea-congiu.it](http://www.andrea-congiu.it)

Figure 58. Scheda per la registrazione dei parametri vitali - by Andrea Congiu



# Il ventilatore polmonare

Non tutto il personale infermieristico e medico ha esperienza con i ventilatori polmonari quindi, farò una breve descrizione della meccanica respiratoria "naturale" e di quella artificiale.

La ventilazione polmonare o ventilazione artificiale o ventilazione meccanica, sostituisce o supporta l'attività dei muscoli inspiratori assicurando un adeguato volume di gas ai polmoni.

Si tratta di un processo meccanico, automatico e ritmico, regolato dai centri superiori mediante i quali, per effetto della contrazione e del rilasciamento dei muscoli scheletrici del diaframma, dell'addome e della gabbia toracica, viene promosso il ricambio dell'aria negli alveoli.

Durante l'inspirazione la pressione endo-alveolare diventa lievemente negativa rispetto alla pressione atmosferica (-1mmHg) e ciò provoca un flusso di aria verso l'interno, lungo le vie respiratorie.

Durante la normale espirazione, invece, la pressione endo-alveolare si innalza sino a circa +1mmHg, provocando un flusso di aria verso l'esterno.

Il dispositivo che svolge questo compito prende il nome di ventilatore polmonare o ventilatore meccanico o ventilatore artificiale.

Il ventilatore polmonare si sostituisce, totalmente o parzialmente, alle funzioni meccaniche del sistema respiratorio, quando questo diviene incapace di assolvere da solo al proprio compito, a causa di malattie, traumi, difetti congeniti o farmaci (per esempio anestetici durante interventi chirurgici).

Il ventilatore è capace di insufflare una determinata miscela di gas nei polmoni e successivamente ne consente l'espirazione, con frequenza nota e con appropriate pressioni.

Al fine di erogare al paziente la quantità necessaria di ossigeno e rimuovere l'anidride carbonica prodotta, il ventilatore deve consentire di:

- insufflare nei polmoni quantità controllate di aria o di miscele gassose;
- arrestare l'insufflazione;
- lasciare espirare i gas espirati;
- ripetere l'operazione in modo continuativo.

Contrariamente a quanto avviene durante la ventilazione naturale, nella ventilazione artificiale mediante ventilatore polmonare la pressione risulta positiva non solo a livello delle vie aeree superiori ma anche a livello intratoracico.

Il ventilatore per dilatare i polmoni e la gabbia toracica deve mandare aria a pressione: i polmoni stanno sempre a pressione atmosferica anche quando il flusso è nullo.

La ventilazione meccanica, essendo a pressione positiva, comporta un potenziamento degli scambi respiratori, con la riapertura alla ventilazione di aree scarsamente ventilate, ma può allo stesso tempo determinare lesioni all'apparato respiratorio (barotraumi).

Il Centro Iperbarico di Bolzano è dotato di un ventilatore polmonare compatibile con l'ambiente iperbarico e, generalmente viene usato durante le terapie urgenti e ovviamente con pazienti intubati.



Figure 59. Respiratore automatico - by Andrea Congiu

## Messa in funzione del ventilatore polmonare

La Camera Alfa è predisposta per l'utilizzo del ventilatore polmonare automatico. Questo deve essere collegato a diversi servizi e sono:

- impianto elettrico;
- impianto aria compressa;
- impianto ossigeno;
- messa a terra;
- impianto di scarico dell'esperto.



Figure 60. Punti di collegamento del ventilatore polmonare - by Andrea Congiu

## Collegamento all'impianto elettrico

Collegare il ventilatore polmonare alla presa di corrente 12 V.

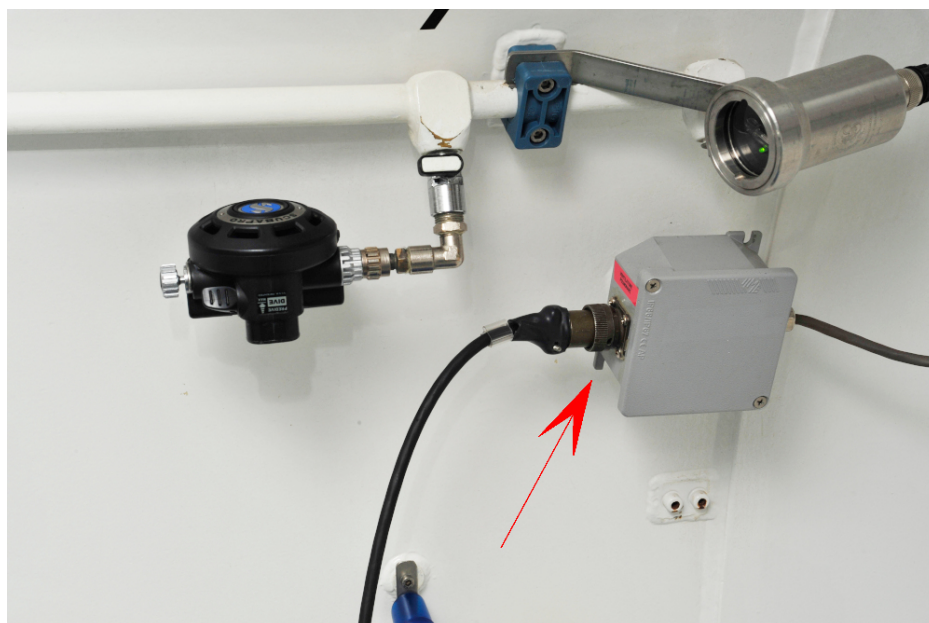


Figure 61. Presa 12 V - by Andrea Congiu

Assicurarsi che l'interruttore luci CP1 al quadro di controllo sia acceso (posizione in alto).



Figure 62. Interruttori luci al quadro di controllo - by Andrea Congiu



All'interno del locale delle camere iperbariche, di fianco alla porta si trova un interruttore che deve essere portato dalla posizione 0 alla posizione 1 (acceso).

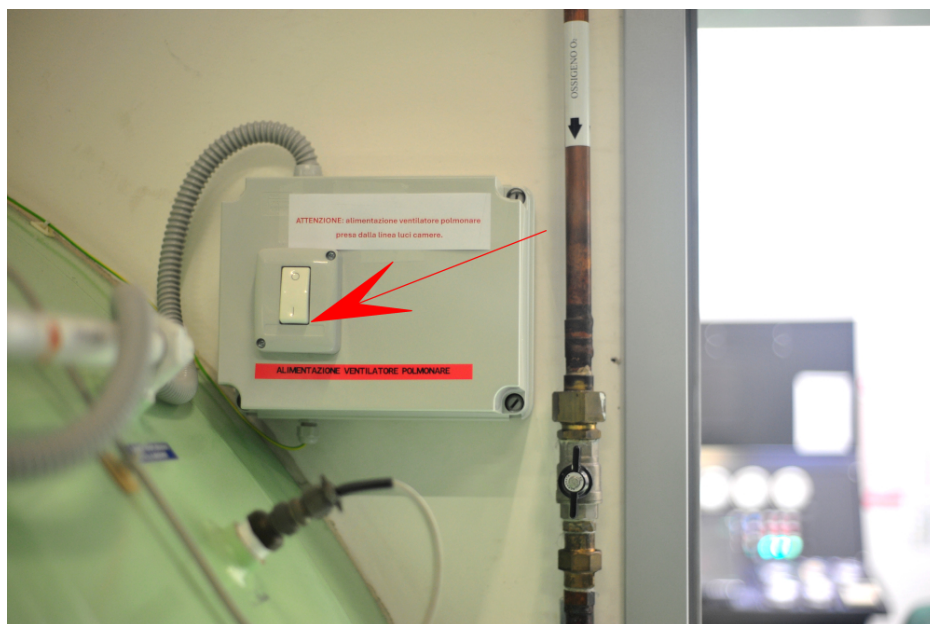


Figure 63. Interruttore alimentazione del ventilatore polmonare - by Andrea Congiu

### Collegamento all'impianto aria

Chiedere al tecnico se le bombole d'aria sintetica sono aperte. Collegare il tubo aria (bianco/nero) al raccordo della camera iperbarica.



Figure 64. Collegamento del ventilatore polmonare alla linea aria - by Andrea Congiu

## Collegamento all'impianto ossigeno

Chiedere al tecnico di aprire l'ossigeno al quadro di controllo.



Figure 65. Interruttore ossigeno al quadro di controllo - by Andrea Congiu

Collegare il tubo ossigeno (bianco) al raccordo della camera iperbarica.

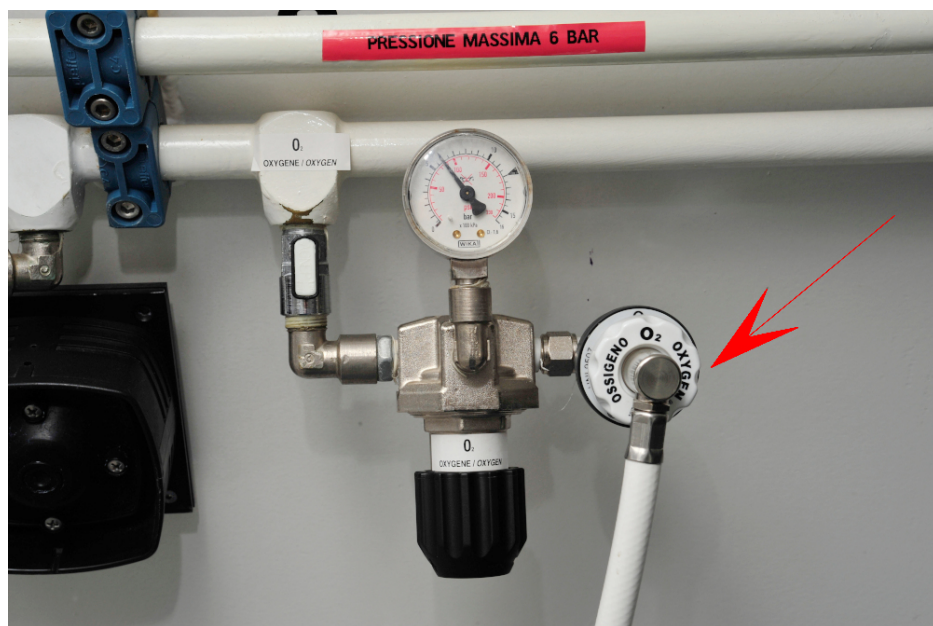


Figure 66. Collegamento del ventilatore polmonare alla linea ossigeno - by Andrea Congiu

## Collegamento di messa a terra

Collegare il cavo elettrico giallo/verde della messa a terra alla maniglia della garrita.

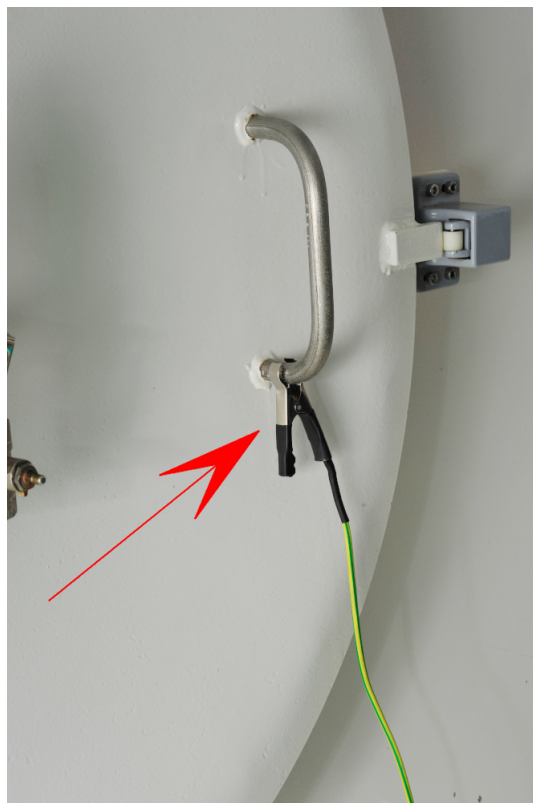


Figure 67. Collegamento della messa a terra - by Andrea Congiu

## Collegamento all'impianto dell'esperto

Sulla parte destra del ventilatore è presente un raccordo metallico al quale va collegato il tubo corrugato dell'esperto.

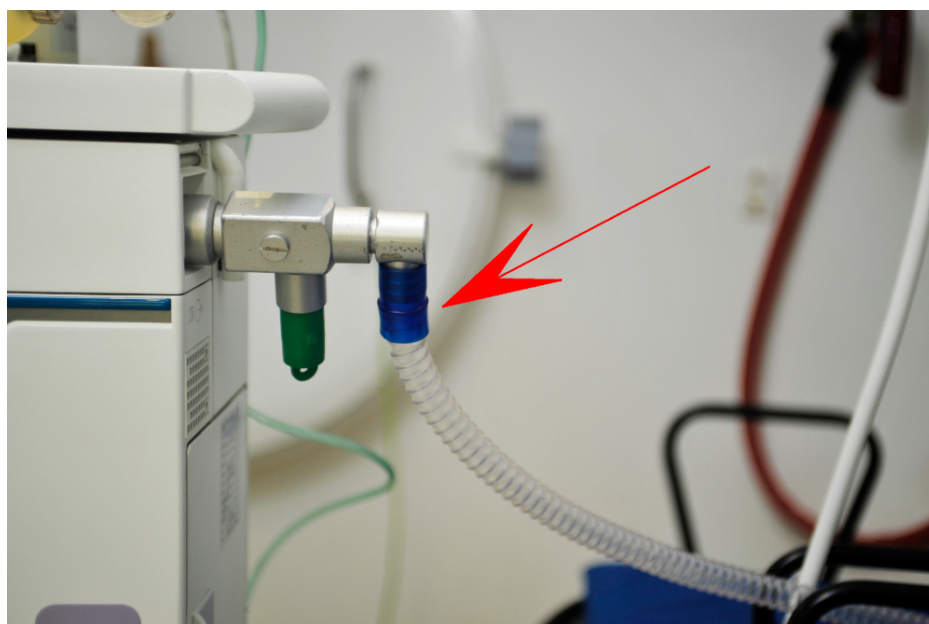


Figure 68. Collegamento del tubo dell'esperto - by Andrea Congiu



## Avvio e test del ventilatore

Accendere il ventilatore spostando verso destra l'interruttore che si trova dietro il *monitor*.

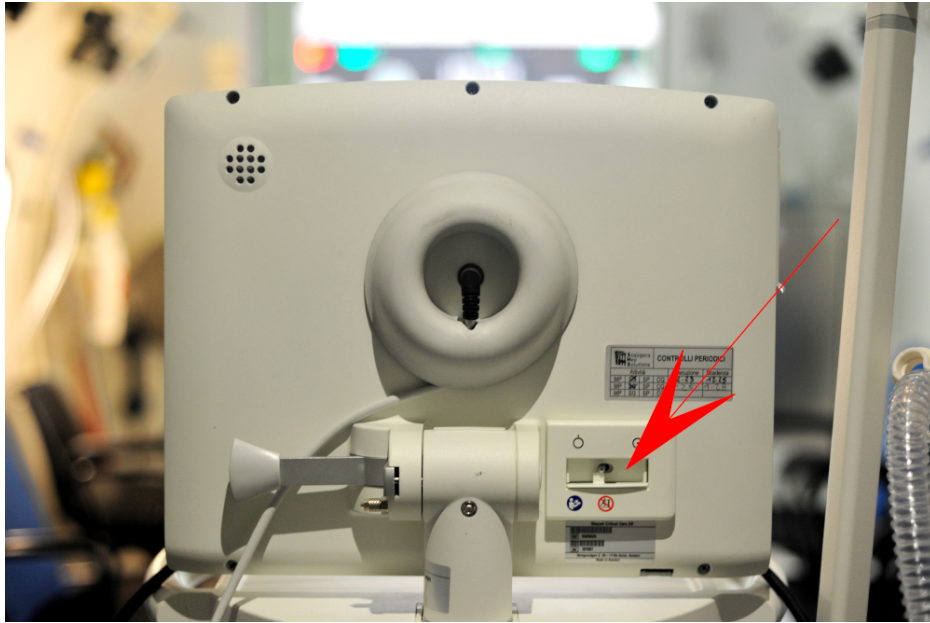


Figure 69. Interruttore di accensione del ventilatore polmonare - by Andrea Congiu

Ad avvio completato, comparirà il messaggio **Volete avviare controllo Pre-uso?**, confermare con **Si**.

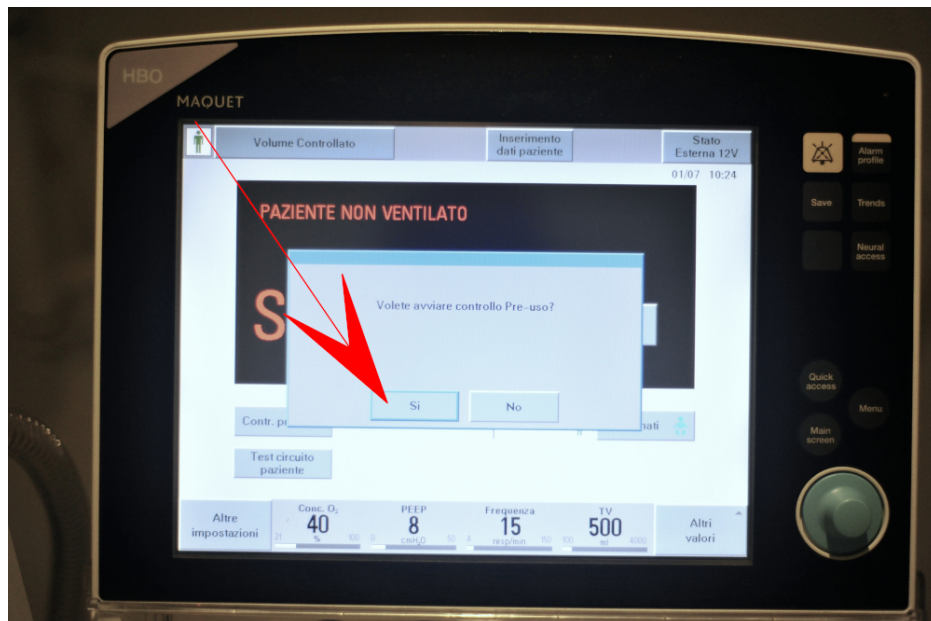


Figure 70. Avvio controllo Pre-uso - by Andrea Congiu

Seguire le istruzioni a *monitor* per l'esecuzione del *test*.

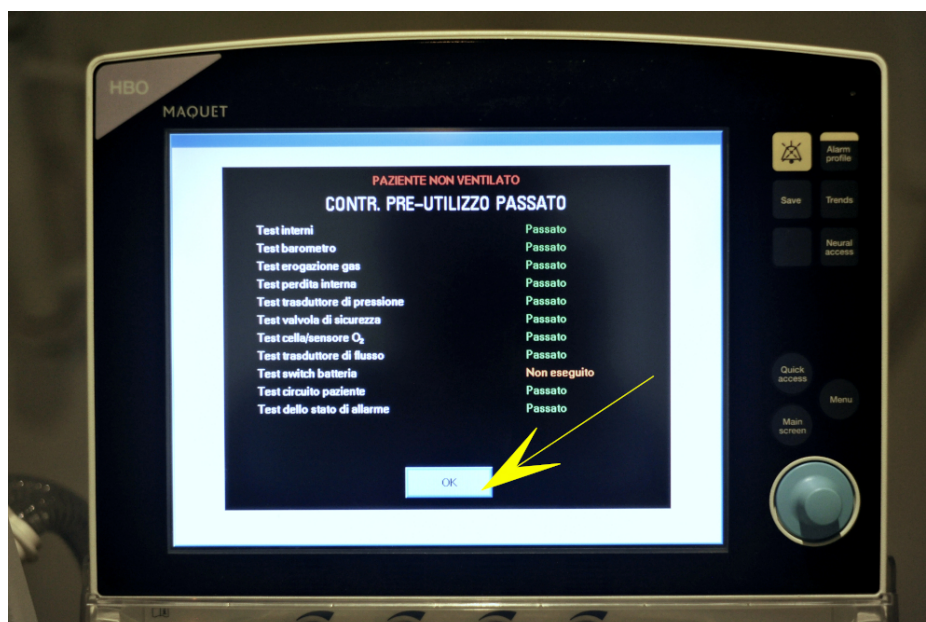


Figure 71. Riepilogo del controllo di Pre-utilizzo ventilatore polmonare - by Andrea Congiu



Il test switch batteria non viene eseguito in quanto al ventilatore polmonare la batteria è stata rimossa per renderlo compatibile all'ambiente iperbarico.

Premere il pulsante **OK**

A questo punto verrà visualizzato il messaggio **Cancellare dati paziente, trends ed elenco eventi?**

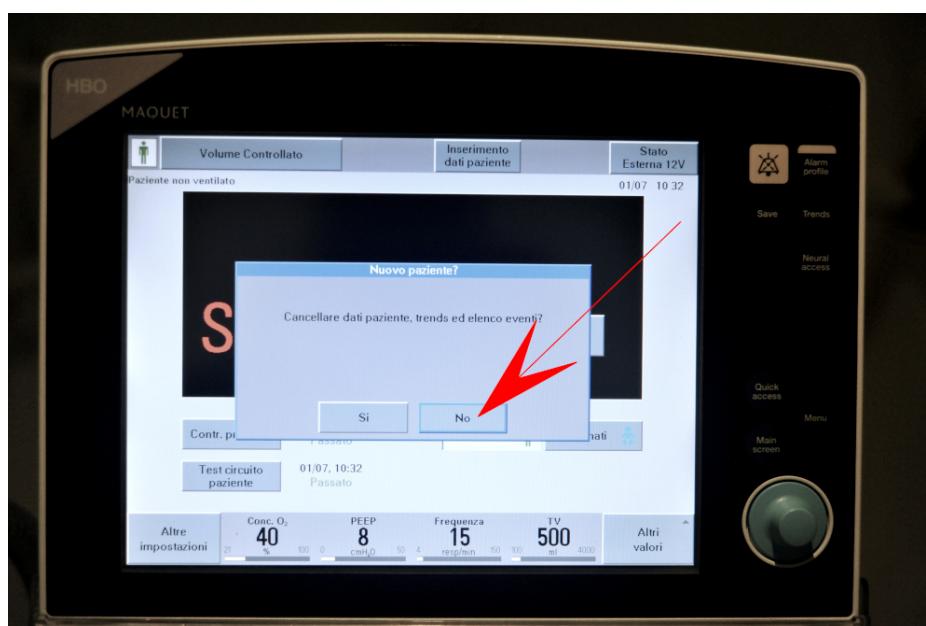


Figure 72. Finestra di dialogo Cancellare dati paziente - by Andrea Congiu

Premere il pulsante **NO**.



**Non** cancellare i dati del paziente in quanto sono stati impostati dal medico Anestesista Rianimatore. La loro cancellazione impone la reimpostazione dei dati e un allungamento dei tempi di messa in funzione del ventilatore polmonare.

Al termine di tutta la procedura, premere il pulsante **Avvio ventilazione**.



Figure 73. Finestra Standby - Avvio ventilazione - by Andrea Congiu

## Altre considerazioni

### Pallone autoespandibile

Quando si ventila un paziente con il respiratore polmonare automatico, è indispensabile avere pronto un pallone per la ventilazione manuale. Il ventilatore potrebbe interrompere il suo lavoro per diverse motivazioni e/o guasti. Per mantenere il paziente ventilato bisognerà procedere manualmente. Per questo motivo sopra il posto numero 8 è stato predisposto un flussimetro di ossigeno al quale andrà collegato il pallone autoespandibile.

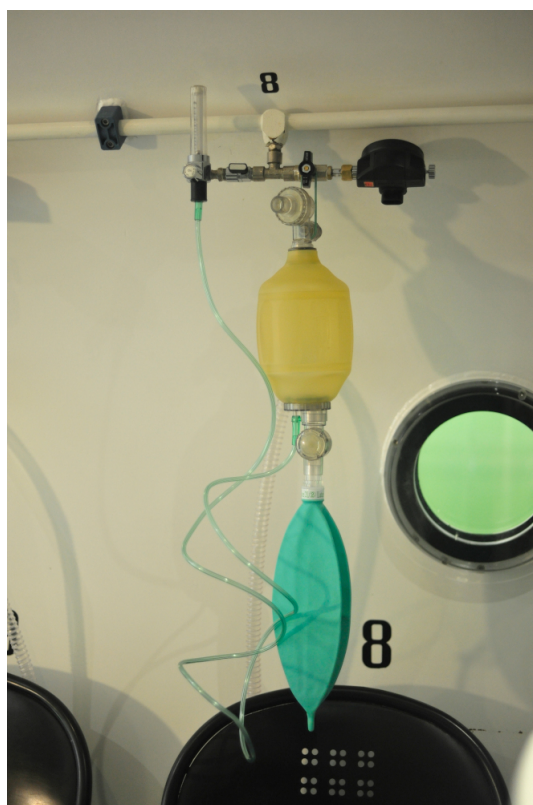


Figure 74. Pallone autoespandibile pronto all'utilizzo - by Andrea Congiu



Questa precauzione è ancora più importante per il ventilatore del Centro Iperbarico in quanto, per rendere l'apparecchio compatibile con l'ambiente iperbarico, gli è stata rimossa la batteria.

### Allarme sovrappressione aria

Se il paziente viene ventilato con una  $\text{FiO}_2$  del 100%, dopo un pò il ventilatore produce un allarme di **Sovrapressione aria**, in questo momento non è possibile intervenire.



# Manovre per gestire la pressione dall'interno della camera iperbarica

Le fasi di variazione di pressione della camera iperbarica sono gestite dal tecnico tramite il quadro comandi esterno. Su richiesta dell'infermiere il tecnico può bloccare la variazione di pressione e/o modificarla.



Figure 75. Quadro di controllo - by Andrea Congiù

Se l'infermiere deve gestire un problema legato alla pressione e il tecnico non risponde al quadro, può agire autonomamente dall'interno aprendo e chiudendo delle valvole.

Le valvole sono 3.

| DESCRIZIONE DELLE VALVOLE |                   |                                       |
|---------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| Scopo                     | Normale posizione | Ubicazione                            |
| Stop compressione         | Aperta            | Sotto la postazione dell'infermiere   |
| Scarico d'emergenza       | Chiusa            | Sotto l'armadietto delle urgenze      |
| Stop scarico              | Aperta            | Sul soffitto vicino al climatizzatore |



Per **Normale posizione** delle valvole si intende come devono essere durante l'esercizio normale, quindi gestite dal tecnico mediante il quadro di controllo.

## Bloccare la compressione

Supponiamo che in fase di compressione un paziente non riesca a compensare: la compressione viene bloccata chiudendo il rubinetto che si trova sotto la postazione dell'infermiere.



Figure 76. Valvola di stop compressione - by Andrea Congiu

Riaprire lentamente e delicatamente la valvola a problema risolto.

Se il problema non si risolve, tenendo d'occhio il manometro interno, si potrebbe aprire di poco e lentamente il rubinetto di scarico posizionato sotto l'armadietto delle urgenze. Poi deve essere richiuso.



Figure 77. Valvola per lo scarico d'emergenza - by Andrea Congiu



Diminuire manualmente la pressione è un'operazione rara, si consiglia di:

- 1) osservare i pazienti;
- 2) osservare eventuali presidi;
- 3) far rimuovere le maschere;



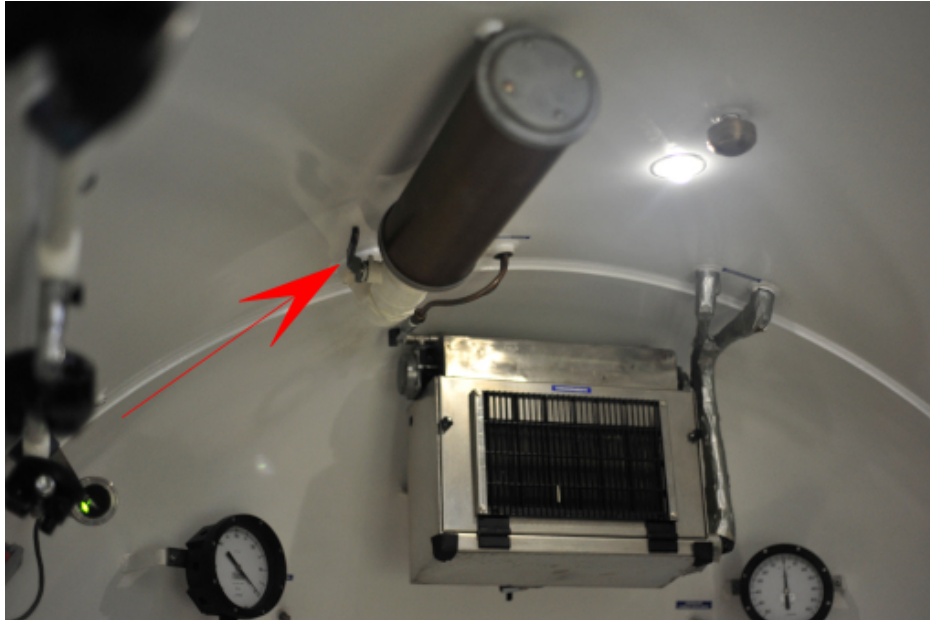
4) se devi depressurizzare completamente fai una sosta a -3 metri per 3 minuti.



Rimani il più possibile tranquillo per non trasmettere paure ai pazienti.

## Bloccare la decompressione

La decompressione viene bloccata chiudendo il rubinetto di scarico, posizionato sul soffitto vicino al filtro metallico di scarico. Questa azione potrebbe rendersi necessaria in caso di blocco inverso.



*Figure 78. Valvola di stop scarico - by Andrea Congiu*

Riaprire lentamente e delicatamente la valvola a problema risolto.

# Ossigeno in flusso continuo

## La domanda

L'ossigeno in flusso continuo aumenta la possibilità di crisi convulsive?

Per rispondere a questa domanda è necessario approfondire il concetto della **tossicità dell'ossigeno sul Sistema Nervoso Centrale (SNC)**, conosciuta anche con il nome di **effetto Paul Bert**, in ricordo del suo primo osservatore.

## Definizione

L'esposizione prolungata a pressioni parziali di ossigeno superiori alla norma o esposizioni più brevi a pressioni parziali molto elevate possono causare crisi tonico-cloniche.

Da notare che le parole fondamentali sono: **pressioni parziali di ossigeno**.

L'effetto Paul Bert presenta un'estrema variabilità individuale e, nello stesso individuo, può variare da giorno a giorno. È riportata una serie di sintomi prodromici, cioè che precedono la crisi vera e propria. A scopo mnemonico si usa impiegare un acronimo di derivazione anglosassone: **VENTID**, dove:

Visual = disturbi visivi, più frequentemente restringimento a tunnel del campo visivo, scotomi scintillanti (i famosi lampi di luce);

Ear = disturbi uditivi, generalmente ronzii o percezione esagerata dei suoni;

Nausea;

Twitching = tremore, generalmente con fascicolazioni a carico dei muscoli del volto;

Irritability = irritabilità;

Dizziness = vertigini.

La lista completa dei segni premonitori è la seguente:

- pallore;
- sudorazione;
- bradicardia;
- palpitazioni;
- sonnolenza;
- depressione;
- euforia;
- irritabilità;
- apprensione;
- riduzione del campo visivo a tunnel;
- scotomi scintillanti;

- allucinazioni uditive, gustative, olfattive;
- dispnea;
- nausea, vomito;
- vertigini;
- fascicolazioni delle labbra, delle guance, delle palpebre.

Sfortunatamente i segni premonitori non sempre, anzi difficilmente, vengono notati e l'attacco convulsivo potrebbe scatenarsi solo dopo pochi secondi dai primi segni e sintomi. Ci si trova quindi a dover fronteggiare direttamente la crisi iperossica vera e propria, caratterizzata da convulsioni che sono simili a quelle di una forma di epilessia conosciuta come *grande male*: ad una fase iniziale di contrazione tonica della muscolatura segue una fase con scosse cloniche, ritmiche, il tutto seguito da un periodo di perdita di coscienza più o meno lungo.

Vi sono fattori che aumentano la tossicità dell'ossigeno, altri che hanno invece un effetto protettivo.

| Fattori che aumentano la tossicità dell'ossigeno                                                                                                                                                                                                                                    | Fattori che riducono la tossicità dell'ossigeno                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ipercapnia</li> <li>- Freddo</li> <li>- Immersioni</li> <li>- Apprensione</li> <li>- Fatica</li> <li>- Ipertiroidismo</li> <li>- Ipercorticosurrenalismo</li> <li>- Febbre</li> <li>- Sferocitosi congenita</li> <li>- Aspirina</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Esposizione intermittente all'ossigeno iperbarico</li> <li>- Vitamina E</li> <li>- Vitamina C</li> <li>- Selenio</li> <li>- Magnesio</li> <li>- Barbiturici</li> <li>- Ipotiroidismo</li> <li>- Ipocorticosurrenalismo</li> </ul> |

Ora, con le idee più chiare, si può descrivere meglio l'effetto tossico dell'ossigeno in funzione della sua pressione parziale.

### Calcolo della pressione parziale di ossigeno

La pressione parziale di ossigeno si calcola con la seguente formula:

#### Legenda:

|                 |                                           |
|-----------------|-------------------------------------------|
| % <sub>O2</sub> | Percentuale di ossigeno del gas respirato |
| ATA             | Pressione assoluta                        |
| P <sub>O2</sub> | Pressione parziale dell'ossigeno          |

$$P_{O_2} = \%_{O_2} / 100 * ATA$$

## Esempio

Essendo in fase di respirazione in Ossigeno puro (100%), la pressione parziale di O<sub>2</sub> a -15 m (quota terapeutica) sarà di:

Ricavare prima il valore di ATA

$$\text{ATA} = 15/10 + 1 = 1,5 + 1 = 2,5 \text{ bar}$$

Quindi concludere la formula con

$$P_{O_2} = 100/100 * 2,5 = 1 * 2,5 = 2,5 \text{ bar}$$

La pressione parziale dell'ossigeno a -15 metri di profondità è di 2,5 bar

**Tutto ciò premesso, l'ossigeno in flusso continuo aumenta le possibilità di crisi convulsive?**

**No**, le possibilità di crisi convulsive **non** aumentano perchè la percentuale di ossigeno non cambia se il paziente respira a chiamata o in flusso continuo. Non cambiando la percentuale non cambia nemmeno la pressione parziale che a -15 metri per entrambi i sistemi rimane 2,5 bar.

**Allora cosa cambia?**

Il flusso continuo elimina l'effetto *on/off* sul metabolismo cellulare e della parete vasale, rendendo meno efficace l'ossigenoterapia iperbarica somministrata.

**Problemi di un paziente in affanno respiratorio**

Un paziente che si trova in affanno respiratorio non ha uno scambio di gas ottimale (ossigeno-anidride carbonica) e questo potrebbe essere già un problema. Inoltre è un paziente irrequieto e questi due fattori potrebbero innescare dei problemi a cascata sempre più gravi.

Mettendo il paziente in flusso continuo, si tranquillizzerà e gli scambi gassosi torneranno a essere ottimali.



Il flusso continuo non è da incoraggiare, ma è utilizzabile in caso di evidente difficoltà respiratoria anche senza il consenso medico, proprio perchè non aumenta la possibilità di crisi Tónico-Cloniche. Potrebbe, inoltre, prevenire i problemi sopra descritti. Se invece il paziente chiede sempre il flusso continuo, in questo caso si rende necessario il consenso del medico in virtù della minor efficacia terapeutica.



L'infermiere durante le pause deve chiudere il flusso continuo per evitare che aumenti troppo la concentrazione di O<sub>2</sub> nell'ambiente della camera iperbarica.

# Flusso continuo per maladesione della maschera

## Paziente con barba

La barba folta potrebbe diminuire l'efficacia della terapia in quanto la maschera non aderisce bene al volto e, in inspirazione potrebbe filtrare dell'aria attraverso la barba. Stringere leggermente la maschera, sempre che sia tollerata dal paziente, potrebbe risolvere il problema. Per sapere se il paziente respira la giusta quota di  $O_2$  (e non mescolata con aria ambiente), bisogna chiedere al tecnico di analizzare il gas espirato dal paziente. Se l'analisi non è buona per una terapia efficace, impostare il flusso continuo e dopo qualche minuto richiedere nuovamente l'analisi.

## Forma del viso

Alcune persone hanno la forma del viso che rende difficile l'adesione della maschera, in questo caso ci si comporta come con il paziente con la barba.



Per entrambi i casi ricordarsi di chiudere il flusso durante le pause.



Si veda il capitolo **Creare un flusso continuo**.

## Il paziente tracheostomizzato

Il paziente tracheostomizzato, non potendo respirare nella maschera normale, dovrà inalare l'ossigeno per mezzo di un'apposita maschera che verrà avvicinata al tracheostoma. Con questa maschera non è possibile erogare ossigeno a "chiamata" perchè non aderisce alla cute, quindi l'erogatore dovrà essere in flusso continuo.



Figure 79. Sistema per l'ossigeno terapia iperbarica per il paziente tracheostomizzato - by Ivan Zaro



Valutare l'aspirazione delle vie aeree prima dell'avvio della terapia.



Ricordarsi di chiudere il flusso durante le pause.



Si veda il capitolo **Creare un flusso continuo**.



## Paziente in barella

Alcuni pazienti fanno terapia sdraiati in barella e le camere iperbariche sono predisposte per il loro ingresso.

Per posizionare una barella bisogna rimuovere tre sedie.



Figure 80. Spazio per la barella - by Andrea Congiu

Nei buchi del supporto vengono alloggiati due staffe per appoggiarci sopra la barella.



Figure 81. Staffe alloggiati e barella sulle staffe - by Andrea Congiu

In alternativa è possibile portare la barella sul suo carrello dotato di ruote.



*Figure 82. Barella su carrello mobile - by Andrea Congiu*

Un paziente trattato in urgenza potrebbe anche rimanere sulla barella dell'ambulanza (se questa rimane al Centro Iperbarico). In questo caso valutare il materasso della barella in quanto durante la decompressione alcuni modelli tendono a gonfiarsi diminuendo così la stabilità del paziente.

# Salire di quota dopo la permanenza in Camera Iperbarica

## Le domande

1. Dopo la terapia OTI, il paziente può salire di quota?
2. Dopo l'assistenza in camera iperbarica, l'infermiere può salire di quota?

Per rispondere a queste domande è necessario conoscere meglio l'Incidente da Decompressione (DCI), una volta chiamata **Malattia da Decompressione (MDD)**.

## Definizione

La definizione che segue è estremamente sintetizzata e semplicistica.

L'Incidente da Decompressione, è una patologia complessa, che colpisce chiunque sia sottoposto, per qualsiasi motivo, a forti e rapidi sbalzi di pressione ambientale, ad esempio i subacquei, gli aviatori e gli astronauti.

In particolare si manifesta quando, in seguito ad una rapida riduzione della pressione ambientale, un gas inerte (azoto, elio, neon, idrogeno), presente nell'organismo in forma liquida, passa allo stato gassoso e si libera nel sangue e nei tessuti, sotto forma di bolle.

## Fisiopatogenesi

A provocare questa patologia sono quindi due aspetti ugualmente importanti: la presenza di azoto nell'organismo e la rapida riduzione di pressione ambientale (nel nostro esempio la decompressione in fase di risalita del subacqueo).

- **Presenza di azoto**, l'aria che respiriamo è composta per il 21% da Ossigeno, per il 78% da azoto e per il restante 1% da altri gas, definiti appunto rari, in considerazione della loro modesta incidenza sulla miscela complessiva. Questi gas sono sottoposti alla legge di Henry, che stabilisce che "la quantità di gas disciolta in un liquido è proporzionale alla pressione parziale del gas".

Quindi il corpo umano contiene azoto disciolto in proporzione con la pressione circostante. In superficie il corpo è saturo, cioè la pressione del gas respirato e quella del gas disciolto nel tessuto stesso sono in equilibrio.

Quando la pressione ambientale aumenta (immersione del sub o in Camera Iperbarica), aumenta in proporzione la pressione parziale dei gas presenti nella miscela respirata:

- **L'Ossigeno**, si diffonde sotto pressione nei tessuti, dove viene metabolizzato per la sopravvivenza degli stessi, dando come scarto l'anidride carbonica che sarà poi espulsa con la normale espirazione attraverso i polmoni.
- **L'Azoto** invece, essendo un gas inerte che non partecipa quindi ad alcun processo metabolico, diffonde ai tessuti, per gradiente di pressione, attraverso il sistema respiratorio e circolatorio:
  - **A livello alveolare**, la pressione parziale dell'azoto è maggiore di quella del plasma, per cui l'azoto (al pari dell'ossigeno) diffonde attraverso le membrane alveolari e capillari e si

scioglie nel plasma.

- **A livello plasmatico**, la pressione parziale dell'azoto diviene maggiore rispetto a quella tissutale per cui, allo stesso modo l'azoto si diffonde dal plasma nei tessuti.

Ne consegue che l'azoto satura principalmente i tessuti aventi un'abbondante irrorazione sanguigna (muscoli, polmoni, fegato, il sangue stesso ecc.) mentre satura in un secondo tempo i tessuti meno vascolarizzati (tessuto adiposo, midollo, ossa ecc.).

Si distinguono quindi tessuti cosiddetti "rapidi" e "tessuti lenti". Questa distinzione serve per identificare il tempo di saturazione e di desaturazione e si determina a seconda della capacità del tessuto di assorbire e trattenere azoto in relazione alla quantità di flusso sanguigno che arriva al tessuto stesso.

In definitiva, la quantità di azoto che viene assorbita e la velocità di assorbimento sono direttamente correlate all'aumentare della pressione ambiente (pressione del mare + quella della superficie) ed al relativo gradiente di pressione tra azoto polmonare e tissutale.

La maggiore quantità di azoto disciolta nei tessuti non ha un effetto significativo fintantoché la pressione esterna non comincia a diminuire (emersione, decompressione in Camera Iperbarica).

- **Decompressione.** Durante la decompressione, la pressione idrostatica diminuisce fino a raggiungere un valore in cui i tessuti sono sovrasaturi, poiché contengono più azoto di quello che possono trattenere a quella determinata pressione ambiente. L'azoto tende a riprendere la sua condizione gassosa, per essere poi espulso tramite il circolo sanguigno e la respirazione.

Se la pressione idrostatica viene ridotta troppo rapidamente (risalita troppo veloce) l'azoto, non potendo rimanere in soluzione (Legge di Henry) fuoriesce rapidamente dai tessuti e dal sangue, formando delle "microbolle" gassose. Ricordiamo inoltre, che per la Legge di Boyle, il volume delle bolle aumenta con il ridursi della pressione ambientale. Secondo una teoria attuale, dopo ogni decompressione è usuale la formazione di sacche di gas microscopiche, i "micronucleigassosi", nelle pareti e sulle superfici dei tessuti del corpo. Nei tessuti sovrasaturi, l'azoto si raccoglie in queste sacche, allargandole, finché non si liberano dalla superficie tissutale formando le microbolle. Queste viaggiano attraverso il sistema venoso fino ai polmoni, dove restano intrappolate nei capillari polmonari, quindi vengono eliminate attraverso la diffusione negli alveoli. Sono così piccole che non causano complicazioni e non sono neppure rilevabili ad un esame Doppler.

Alcune volte, esse si raggruppano formando bolle più grandi: le bolle silenziose, non pericolose ma rilevabili. Anch'esse lasciano il corpo mediante la diffusione negli alveoli e, se in gran numero, tendono a raggrupparsi formando grandi bolle o emboli gassosi che danno origine all'Incidente da Decompressione o DCI.

## In Camera Iperbarica

Considerando una terapia *standard* di 112 minuti:

- 94 minuti di permanenza a 2,5 bar ATA;
- 3 cicli di ossigeno:
  - 1° ciclo 30 minuti;
  - 2° ciclo 24 minuti;
  - 3° ciclo 36 minuti).
- 2 pause in aria;
- 3 minuti di sosta a -3 metri prima dell'uscita.

Vediamo quanto tempo di esposizione all'azoto ha il paziente e quanto l'infermiere.

| TEMPI DI ESPOSIZIONE ALL'AZOTO (minuti) |             |             |              |
|-----------------------------------------|-------------|-------------|--------------|
|                                         | ATA<2,5 bar | ATA=2,5 bar | Tempo totale |
| Paziente                                | 12          | 10          | 22           |
| Infermiere                              | 18          | 58          | 76           |

Dalla tabella si ricava che l'infermiere è esposto all'azoto 54 minuti in più rispetto al paziente. Inoltre l'infermiere è esposto all'azoto ad ATA 2,5 bar per 58 minuti mentre il paziente solo per 10 minuti.

Di seguito si vede l'esposizione all'azoto in forma grafica.

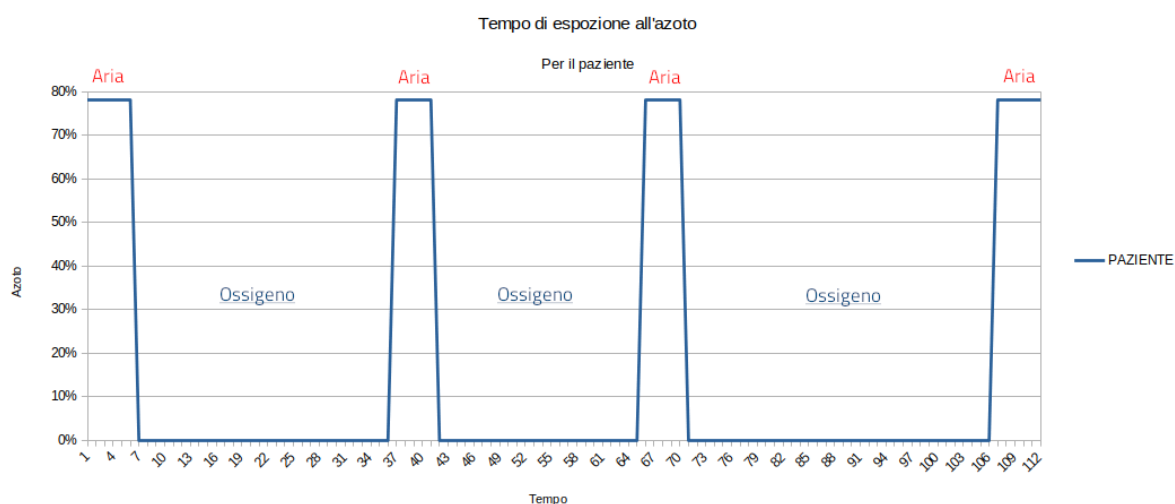


Figure 83. Esposizione all'azoto per un paziente - by Andrea Congiu



Figure 84. Esposizione all'azoto per l'infermiere - by Andrea Congiu



Quando l'infermiere respira aria ambiente (quella interna alla camera iperbarica) la pressione parziale dell'azoto a 2,5 bar ATA (massima raggiunta) è circa a 1,95 bar e quella dell'ossigeno è circa a 0,52 bar.

Mentre il paziente respira in maschera ossigeno puro, alla stessa pressione ATA avremo una pressione parziale di azoto pari a 0 bar e quella dell'ossigeno pari a 2,5 bar.

Considerando poi che l'ossigeno è un GAS decompressivo e viene usato per prevenire e curare la DCI vediamo che:

- il paziente respira ossigeno puro per 90 minuti;
- l'infermiere respira ossigeno per 36 minuti (non tutti a 2,5 bar di pressione parziale di ossigeno).

Visti e analizzati tutti i dati sopra descritti possiamo rispondere alle domande:

**1. Dopo la terapia OTI, il paziente può salire di quota?**

**Sì**, perchè ha saturato poco azoto e desaturato molto con l'ossigeno.

**2. Dopo l'assistenza in camera iperbarica, l'infermiere può salire di quota?**

**Non subito**, perchè ha assorbito molto azoto e desaturato troppo poco con ossigeno e la sosta a -3 metri per 3 minuti non è sufficiente. Prima di salire di quota, dovrà attendere un certo numero di ore che, dipendono da quante assistenze consecutive ha fatto in camera iperbarica. La *Divers Alert Network* (DAN) ha stilato delle raccomandazioni per i tempi di attesa prima di salire di quota. Se l'infermiere sa già che dovrà salire in quota, potrà assumere ossigeno anche al primo ciclo e non solo all'ultimo. In questo modo ridurrà il rischio di Incidente da Decompressione.



## Raccomandazioni minime della DAN

Una singola immersione entro i limiti di non-decompressione: 12 ore

Immersioni ripetitive o giorni consecutivi di immersioni: 18 ore

Immersioni con decompressione: notevolmente superiore alle 18 ore.

Le assistenze in camera iperbarica sono paragonabili alle immersioni, ergo, le raccomandazioni della DAN sono da considerarsi valide.

Le assistenze in due camere consecutive sono equivalenti alle immersioni ripetitive.

Le assistenze durante le urgenze/emergenze devono essere considerate come le immersioni con decompressione.



### **Per prevenire l'Incidente da Decompressione l'infermiere deve:**

- mantenere una buona idratazione;
- mantenersi caldo durante la decompressione;
- evitare sforzi dopo la seduta in camera iperbarica;
- e naturalmente non salire in quota prima del tempo di sicurezza.



Anche rispettando le raccomandazioni DAN rimane comunque un certo rischio di Incidente da Decompressione in quanto ci sono persone che sviluppano più bolle rispetto ad altre.



Le indicazioni descritte non escludono l'Incidente da Decompressione ma, se non vengono rispettate, l'infermiere se ne assume la piena responsabilità.

# Stress ossidativo

L'aumento della pressione implica:

- aumento della pressione dell'aria inalata;
- aumento della pressione parziale di ossigeno nei polmoni;
- aumento dell'ossigeno disciolto nel sangue.

Questa situazione incrementa la produzione dei radicali liberi che sono il prodotto di reazioni chimiche fisiologiche che utilizzano l'ossigeno. Sono molecole particolarmente reattive che contengono almeno un elettrone spaiato nel loro orbitale più esterno. Sono altamente instabili e cercano di ritornare allo stato di equilibrio sottraendo ad altri atomi vicini l'elettrone necessario per pareggiare la propria carica elettromagnetica. Questo meccanismo dà origine ad ulteriori nuove molecole instabili, innescando una reazione a catena che, se non mantenuta entro valori "fisiologici", può danneggiare le strutture cellulari.

La produzione di radicali liberi rappresenta un meccanismo fisiologico importante e necessario, perché essi svolgono un ruolo importante sia nella regolazione dell'espressione genica che nella comunicazione intra-cellulare. I radicali liberi reattivi all'ossigeno (ROS), inoltre, entrano in gioco nel sistema delle difese dell'organismo che li utilizza per combattere elementi patogeni quali batteri e virus e per stimolare le funzioni immunitarie.

Questi radicali liberi, in particolare le specie reattive dell'ossigeno (ROS), sono normalmente controbilanciati da sistemi di difesa endogeni: enzimi antiossidanti (come la superossido dismutasi o la glutatione perossidasi) e antiossidanti non enzimatici (come vitamina C, vitamina E, glutathione, coenzima Q10, ecc.).

Quando però questo equilibrio si rompe, e la produzione di radicali liberi supera le capacità antiossidanti dell'organismo, si verifica uno stato di stress ossidativo. Questa condizione può danneggiare proteine, lipidi e DNA, accelerando il processo di invecchiamento cellulare e predisponendo l'organismo a diverse malattie croniche.

Essere in stress ossidativo significa trovarsi in una condizione fisiopatologica in cui l'organismo non riesce più a contrastare l'azione dannosa dei radicali liberi. A livello clinico e cellulare, questo si traduce in:

- infiammazione cronica;
- danni al DNA (mutazioni, instabilità genomica);
- perossidazione lipidica (danneggiamento delle membrane cellulari);
- disfunzione mitocondriale;
- accelerazione dell'apoptosi (morte cellulare programmata).

In caso si sospetti di essere in stress ossidativo è possibile eseguire degli esami del sangue e delle urine per la ricerca dei **marker dello stress ossidativo**.

## Eliminare lo stress ossidativo

Eliminare lo stress ossidativo non significa bloccare completamente la produzione di radicali liberi che, in dosi controllate, hanno anche funzioni fisiologiche, ma piuttosto ripristinare l'equilibrio tra produzione ossidativa e difesa antiossidante.

Gli antiossidanti "neutralizzano" i radicali liberi, donando loro un elettrone per riportare equilibrio nella loro orbita più esterna.

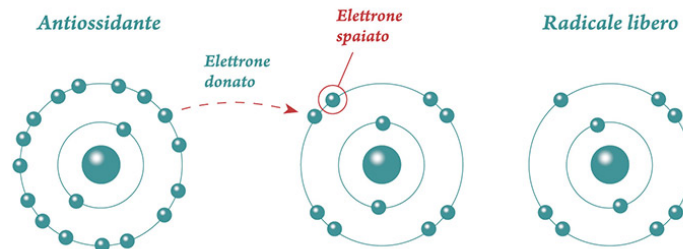


Figure 85. Azione antiossidante dei radicali liberi - by Centro stress ossidativo Villa Margherita

Per farlo, è fondamentale agire su più fronti:

### Alimentazione antiossidante

Una dieta ricca di alimenti vegetali fornisce antiossidanti naturali e precursori enzimatici. Gli alimenti più efficaci contro lo stress ossidativo sono:

- frutta e verdura colorata (mirtilli, melagrana, cavolo nero, spinaci, pomodori, agrumi);
- frutta secca e semi oleosi (mandorle, noci, semi di lino e di chia);
- tè verde, cacao amaro, curcuma, zenzero;
- legumi e cereali integrali, che apportano minerali come selenio e zinco;
- pesce azzurro, per il contenuto in omega-3.

Gli alimenti ricchi di vitamina C, vitamina E, beta-carotene, polifenoli, flavonoidi e acido lipoico sono considerati potenti antiossidanti naturali.

### Integrazione mirata

In alcuni casi, può essere utile il ricorso a integratori antiossidanti, ma solo sotto controllo medico. Tra i più studiati:

- glutathione;
- coenzima Q10;
- resveratrolo;
- curcumina;
- N-acetilcisteina;
- vitamina C ed E in forma liposomiale.

Tuttavia, assumere antiossidanti senza una reale indicazione può essere inutile o addirittura

controproducente. L'integrazione va sempre personalizzata e basata sul bilancio ossidativo individuale.

### **Movimento fisico regolare ma equilibrato**

L'attività fisica moderata e costante migliora la capacità antiossidante endogena, potenziando i sistemi di difesa dell'organismo. Tuttavia, un sovraccarico da sport intensivo, specie in assenza di recupero e nutrizione adeguata, può aggravare lo stress ossidativo.

### **Riduzione dello stress psicologico**

Lo stress mentale cronico è uno dei principali promotori di radicali liberi attraverso il cortisolo e l'infiammazione sistemica. Tecniche di *mindfulness*, meditazione, *training* autogeno, e respirazione diaframmatica possono contribuire a ridurre il carico ossidativo.

### **Qualità del sonno**

Il riposo notturno è fondamentale per il bilanciamento del sistema immunitario e dei meccanismi antiossidanti. Dormire meno di 6-7 ore a notte è associato a una maggiore produzione di ROS e a un maggiore rischio di patologie croniche.

# Gestione del materasso a depressione

Il materassino a depressione è un presidio medico utilizzato nell'immobilizzazione e stabilizzazione spinale del paziente politraumatizzato nel soccorso extraospedaliero.

Il materassino a depressione è costituito da un contenitore esterno in resistente tessuto rivestito in PVC o nylon, da una valvola manuale dotata di ugello d'attacco della pompa a vuoto e da un'unica sacca interna colma di granulato (solitamente microsfele di polistirolo). Quando l'aria presente nella camera d'aria viene aspirata, il granulato si raggruppa in una sostanza condensata rendendo il materassino rigido e conformato all'anatomia del paziente accolto al suo interno. Prima che l'aria venga evacuata e durante l'operazione stessa, il materassino viene modellato attorno alla sagoma del paziente. Al termine dell'operazione quando tutta l'aria è stata evacuata si ottiene un ottimo supporto per il paziente.



*Figure 86. Materassino a depressione - by Philipp Lensing (Wikipedia)*

Quindi la funzionalità del materasso a depressione è legata al volume d'aria contenuto in esso e, in camera iperbarica, il suo volume cambia, perciò bisogna gestirlo di conseguenza.

Durante la compressione il volume d'aria diminuisce, il materasso riduce le sue dimensioni e tende a schiacciare il paziente. In questa fase è importante aprire con cautela la valvola per fare entrare aria in piccole quantità.

Durante la fase di decompressione il volume d'aria si espande e il materasso perde la sua funzione in quanto durante la compressione è stata aggiunta aria. Per mantenere il materasso sotto vuoto bisogna collegarlo ad un aspiratore e aspirare il volume d'aria in eccesso.

# L'infermiere sta male durante l'assistenza in camera iperbarica

Se l'infermiere che svolge l'assistenza in camera iperbarica dovesse stare male, il tecnico procede come segue:

1. commuta la fornitura di ossigeno alle maschere con aria;
2. blocca l'eventuale variazione di quota (compressione o decompressione);
3. allerta il medico;
4. eventuale invio in Pronto Soccorso tramite il servizio territoriale di urgenza/emergenza 112.

A seconda della quota verrà deciso se entra il medico in camera per assistere l'infermiere o, se si esegue la decompressione.



Passare da ossigeno ad aria (punto 1), è indispensabile per abbassare la pressione parziale di O<sub>2</sub> ed evitare così che in un paziente si inneschi la sindrome di Paul-Bert e non possa essere immediatamente assistito.

Inoltre, se l'infermiere sta male a causa della sindrome di Paul-Bert, il passaggio da O<sub>2</sub> ad aria è la prima manovra per risolvere il problema.



# Normativa

DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008, n. 81

Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

Titolo VIII - AGENTI FISICI

*Articolo 180 - Definizione e campo di applicazione*

1. Ai fini del presente decreto legislativo per agenti fisici si intendono il rumore, gli ultrasuoni, gli infrasuoni, le vibrazioni meccaniche, i campi elettromagnetici, le radiazioni ottiche, di origine artificiale, il microclima e le **atmosfera iperbariche** che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.



L'esposizione professionale all'atmosfera iperbarica si verifica nei lavoratori che svolgono la loro attività in ambienti in cui la pressione dell'aria respirabile è almeno del 10% superiore alla pressione al livello del mare.

# Fonti e note di realizzazione

## Fonti

- Wikipedia
- Nurse24
- Società Italiana di Medicina Subacquea e Iperbarica
- OTI formazione infermieri 2025 - Dottor Matteo Bertolin del Centro Iperbarico di Bolzano
- Manuale tecnico per l'utilizzo di impianti iperbarici del Centro Iperbarico di Bolzano
- Ossigenoterapia iperbarica - G. Oriani
- L'ossigeno nell'immersione subacquea: La tossicità - Dottor Fabio Faralli Capitano di Fregata
- La Malattia da Decompressione - Dottoressa Marilena Viglietti
- Villa Margherita - CSOx - Centro per lo studio e la Cura dello Stress Ossidativo
- Portale agenti fisici (PAF)
- Gazzetta ufficiale

## Note di realizzazione

Per la realizzazione del manuale è stato usato solo *software Open Source e Free*

| PROGRAMMI UTILIZZATI |                                            |
|----------------------|--------------------------------------------|
| Linux Mint           | Sistema operativo                          |
| Asciidoctor          | Interpretatore da adoc a PDF, HTML ed Epub |
| Gimp                 | Manipolatore di immagini                   |
| QtQR                 | Creazione dei QrCode                       |
| Shutter              | <i>Screenshot Tool</i>                     |
| VIM                  | Elaboratore testi a riga di comando        |

# Collaboratori, revisioni e contatti

## Collaboratori

Quest'opera è curata da Congiu Andrea. Di seguito vengono elencate le persone che hanno preso parte alla sua realizzazione.

| PARTECIPANTI ALL'OPERA |                                                                                                                                                                     |       |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Nome                   | Descrizione                                                                                                                                                         | Sigla |
| Congiu Andrea          | Stesura dei contenuti, fotografie.<br>Stesura e gestione del sorgente adoc.<br>Gestione dei <i>rendering</i> html, pdf e e-book con asciidoctor<br>Fotoelaborazione | CA    |
| Bertolin Dr. Matteo    | Controllo del contenuto medico e sanitario. Medico in foto                                                                                                          | BDM   |
| Braitto Michele        | Controllo del contenuto tecnico                                                                                                                                     | BM    |
| Carbone Alice          | Controllo linguistico                                                                                                                                               | CaAl  |
| De Lorenzi Matteo      | Ricerca dei dati per salire di quota dopo le immersioni e altri concetti correlati                                                                                  | DLM   |
| Garozzo Isabella       | Controllo linguistico                                                                                                                                               | GI    |
| Pichler Brigitte       | Paziente in foto                                                                                                                                                    | PB    |
| Quinteros Yaneth       | Lista materiale sanitario contenuto nell'armadietto in camera iperbarica                                                                                            | QY    |
| Zaro Ivan              | Fotografie, Tecnico in foto e controllo del contenuto tecnico                                                                                                       | ZI    |
| Zerbetto Ruben         | Fotografie e controllo del contenuto tecnico                                                                                                                        | ZR    |

# Revisioni

Nella tabella seguente viene elencata la cronologia delle revisioni.

| CRONOLOGIA DELLE REVISIONI |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |
|----------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Posizione                  | Data       | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Sigla        |
| 1.0                        | 25/04/2024 | Prima stesura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CA           |
| 1.1                        | 31/05/2024 | Revisione medico scientifica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | BDM          |
| 1.2                        | 21/06/2024 | Revisione linguistica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | GI           |
| 1.3                        | 21/06/2024 | Revisione dei titoli dei capitoli                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | BM           |
| 1.4                        | 24/11/2024 | Aggiunto il capitolo "Mancanza di corrente"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | CA           |
| 1.5                        | 25/04/2025 | Aggiunti i capitoli: "Le tre fasi pressorie" e "Approfondimenti"                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | CA           |
| 1.6                        | 25/04/2025 | Revisione medico scientifica e tecnica della Ver. 1.5 del 25/04/2025                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | BDM BM ZI ZR |
| 1.7                        | 20/05/2025 | Aggiornamento del capitolo "Salire in quota dopo la permanenza in camera iperbarica"                                                                                                                                                                                                                                                                                     | DLM CA       |
| 1.8                        | 02/06/2025 | Revisione medico scientifica e tecnica della Ver. 1.7 del 20/05/2025                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | BDM BM ZI ZR |
| 1.9                        | 18/10/2025 | Aggiunti i capitoli: Stress Ossidativo e Normativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | CA           |
| 1.10                       | 09/12/2025 | Aggiornati i capitoli: La visita di accesso all'Ossigeno Terapia Iperbarica. Prima dell'avvio. I tre momenti dell'assistenza infermieristica. Il paziente nuovo. Problemi in camera iperbarica. Permanenza o uscita dalla camera iperbarica. La compensazione. Incendio. - Aggiunti i copitoli: Comunicare e informare i pazienti. Gestione del materasso a depressione. | CA           |
| 1.11                       | 17/12/2025 | Aggiunto il capitolo: Materiale sanitario in camera iperbarica                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | CA QY        |
| 1.12                       | 02/01/2026 | Aggiunti i capitoli: Cenni storici della camera iperbarica. I parametri vitali. Flusso continuo per maladesione della maschera. Il paziente tracheostomizzato. Aggiornato il capitolo: Concetti generali dell'Ossigeno Terapia Iperbarica                                                                                                                                | CA           |
| 1.13                       | 12/02/2026 | Aggiunti i capitoli: Driving force, Il paziente tracheostomizzato e Il paziente in barella                                                                                                                                                                                                                                                                               | CA           |
| 2.0                        | 20/03/2026 | Revisione medico scientifica e tecnica della Ver. 1.13 del 12/02/2026                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | BDM ZI ZR    |
| 2.1                        | 29/04/2026 | Revisione linguistica della Ver. 2.0 del 20/03/2026                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | CaAl         |

| CRONOLOGIA DELLE REVISIONI |            |                                                                                                                                                                                   |          |
|----------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 2.2                        | 20/06/2026 | Aggiunti i capitoli "Il ventilatore polmonare" e "Incendio nel Centro Iperbarico"                                                                                                 | CA       |
| 2.3                        | 03/07/2026 | Revisione tecnica della Ver. 2.2 del 20/06/2026                                                                                                                                   | BM ZI ZR |
| 2.4                        | 05/08/2026 | Correzione dei refusi. Aggiornati i capitoli: Creare un flusso continuo e Breve promemoria. Aggiunto il capitolo: L'infermiere sta male durante l'assistenza in camera iperbarica | CA       |

## Contatti

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p><b>Centro Iperbarico Bolzano</b><br/> Via Enrico Fermi, 2<br/> 39100 Bolzano (BZ)<br/> Tel. +390471932525<br/> Fax +390471200025<br/> E-Mail: <a href="mailto:info@iperbaricobolzano.it">info@iperbaricobolzano.it</a><br/> Url: <a href="http://www.iperbaricobolzano.it">http://www.iperbaricobolzano.it</a></p> |    |
|   | <p><b>Congiu Andrea</b><br/> <i>Infermiere e Tecnico Iperbarico</i><br/> 39012 Merano (BZ)<br/> E-Mail: <a href="mailto:info@andrea-congiu.it">info@andrea-congiu.it</a><br/> Url: <a href="https://www.andrea-congiu.it">https://www.andrea-congiu.it</a></p>                                                        |    |
|  | <p><b>Merano Club Sommozzatori</b><br/> Via Palade, 76 - 39012 Merano (BZ)<br/> E-Mail: <a href="mailto:meranosub@gmail.com">meranosub@gmail.com</a></p>                                                                                                                                                              |  |



# La licenza

## Applicazione della licenza

Per principio vorrei che tutta la documentazione prodotta sia liberamente condivisibile, modificabile e ri-condivisibile. È quindi necessario applicare una licenza e a tale scopo è stata scelta la **Creative Commons Attribuzione - Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale**. È anche di fondamentale importanza l'utilizzo di formati aperti per la creazione dei documenti, ad esempio quelli di libreOffice. Per la realizzazione di questo progetto ho usato un formato di testo adoc e poi processato con asciidoctor per generare l'HTML e il PDF.

## La licenza applicata

Quest'opera è stata rilasciata con licenza Creative Commons Attribuzione - Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale (CC BY-SA 4.0). Per leggere una copia della licenza visita il sito web <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.it> o spedisci una lettera a Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

## Dettagli della licenza

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>Condividere</b> — riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico, esporre in pubblico, rappresentare, eseguire e recitare questo materiale con qualsiasi mezzo e formato per qualsiasi fine, anche commerciale.                            |
| CCPL Versione 4.0                                                                   | <b>Modificare</b> — remixare, trasformare il materiale e basarti su di esso per le tue opere per qualsiasi fine, anche commerciale.<br><b>Il licenziante non può revocare questi diritti fintanto che tu rispetti i termini della licenza.</b> |

## Avvertenze

- Questa guida è un progetto su base volontaria.
- Non vi è nessuna garanzia che la guida sia esente da errori o imprecisioni. Non esiste un organo di controllo qualificato e responsabile della correttezza dei contenuti. Ergo ogni utente che esegue le procedure lo fa a proprio rischio e pericolo.
- Si incoraggia la verifica delle informazioni contenute nella guida.

*Se modifichi o riutilizzi questo documento cita la fonte con il seguente testo*

**Fonte:**



**Congiu Andrea** - Infermiere - Tecnico Iperbarico - EFR Instructor Trainer - PADI Divemaster  
39012 Merano (BZ)  
E-Mail: [info@andrea-congiu.it](mailto:info@andrea-congiu.it)  
Url: <https://www.andrea-congiu.it>

# Ringraziamenti

Desidero ringraziare tutte per persone e le istituzioni che mi hanno aiutato a scrivere questo manuale anche fornendomi solo dei consigli e/o degli spunti di riflessione.

Sicuramente tutto il personale del Centro Iperbarico di Bolzano che mi ha sopportato e non solo supportato. <http://iperbaricobolzano.it>

Il Dott. Pasquale Longobardi del Centro Iperbarico di Ravenna che ha gentilmente risposto alle mie *e-mail* con le quali chiedevo spiegazioni su diversi aspetti di medicina subacquea e iperbarica. <https://iperbaricoravenna.it>

La Società Italiana di Medicina Subacquea e Iperbarica (SIMSI). Anche il loro personale ha gentilmente risposto alle mie *e-mail*. <https://simsi.it>

La Divers Alert Network Europe (DAN). <https://www.daneurope.org/it/home>

Matteo De Lorenzi del Merano Club Sommozzatori. Un prezioso aiuto nel sbrogliare un aspetto che riguarda la sicurezza per la prevenzione dell'incidente da decompressione. <https://www.facebook.com/meranosub/>

Alice Carbone per il prezioso aiuto nel sistemare il testo in una forma leggibile. [https://www.instagram.com/almaluce\\_atelier](https://www.instagram.com/almaluce_atelier)



*Link*

**L'APPROCCIO AL PAZIENTE IN TERAPIA IPERBARICA**  
L'assistenza medico infermieristica

<https://www.andrea-congiu.it/wiki/lib/exe/fetch.php?media=formazione:infermiereiperbarico.pdf>