

La Ventilazione artificiale nei trattamenti di ossigenoterapia iperbarica

P. Castaldi, M.T. Serpi, G. Mura, A. Marras, A. Valdes, C. Iesu
Centro iperbarico "Giancarlo Boero" Cagliari

[Download del file in .pdf](#)

Il trattamento con ossigeno terapia iperbarica richiede talvolta l'utilizzo di tecniche di rianimazione all'interno della camera iperbarica. L'applicazione di un monitoraggio cardiologico e respiratorio, l'utilizzo di pompe di infusione, la necessità di garantire una ventilazione artificiale necessitano di camere iperbariche adeguatamente attrezzate e pluriposto, di personale sanitario e tecnico particolarmente addestrato.

La gangrena gassosa, le celluliti estese, le fasciti necrotizzanti, i politraumi con sindromi compartimentali o da schiacciamento, la patologia da decompressione o l'EGA, l'intossicazione da monossido di carbonio possono, nelle situazioni di maggior gravità, impegnare vari organi con la necessità di supportare alcune funzioni vitali, come la funzione respiratoria e il parenchima polmonare.

Le caratteristiche proprie dell'ambiente iperbarico, possono creare alcune difficoltà nell'introduzione della tecnologia propria della terapia intensiva all'interno della camera sia per la ristrettezza dell'ambiente che per la garanzia di sicurezza dei pazienti e degli operatori, sia per la necessità di utilizzare una tecnologia specifica e certificata per ambiente iperbarico.

In queste condizioni evidentemente è necessario soppesare il rapporto rischio/beneficio e introdurre possibilmente il paziente quando ha raggiunto una stabilità emodinamica, sufficiente a supportare il trasporto e il trattamento iperbarico.

L'alterazione della funzione respiratoria o comunque la necessità di garantire una protezione delle vie respiratorie può portare alla necessità di ventilare artificialmente individui che debbano praticare ossigeno terapia iperbarica.

La ventilazione meccanica in camera iperbarica necessita di macchine capaci di operare in ambiente pressurizzato, di adeguarsi agli sbalzi pressori mantenendo una stabilità dei volumi erogati, dei flussi e pressioni prestabilite, di praticare alcune modalità di ventilazione come la SIMV, PSV, PSV a garanzia di volume, la PEEP, e di mantenere standard di sicurezza soprattutto per l'alimentazione elettrica. Inoltre necessita di un attento monitoraggio e di una assistenza tecnica e infermieristica qualificata.

L'ambiente pressurizzato altera i volumi e le resistenze, riduce il volume corrente e aumenta la densità dei gas, aumenta il lavoro respiratorio, genera maggiore difficoltà nell'attivazione del trigger.

In un lavoro del 2000, pubblicato su *Intensive Care Med.*, Stahl ha studiato alcuni modelli di ventilatori, quali il Servo 900C, EVITA 4, Oxylog 2000, Microvent Dragerwerk, utilizzando un simulatore meccanico di polmone, verificandoli a diverse pressioni di compressione.

Ha così dimostrato che la ventilazione controllata a volume non garantisce il volume minuto programmato all'aumentare della compressione, ma anzi riduce progressivamente il volume tidal. Il controllo a pressione garantisce al contrario il volume minuto desiderato. L'autore conclude consigliando di utilizzare ventilatori meccanici capaci di adattarsi al modificarsi delle pressione ambientali, costruiti e certificati per l'uso in camera iperbarica, utilizzando un modello di ventilazione a controllo di pressione.

Vezzani, nel 1994, aveva riscontrato notevoli difficoltà nell'utilizzo dei ventilatori allora in commercio, sia per la difficoltà a garantire il volume ed il flusso desiderato, ma anche per l'instabilità della frequenza impostata e dei tempi di inspirazione ed espirazione. Nel suo lavoro indicava le caratteristiche ideali per un ventilatore in ambiente iperbarico quali l'alimentazione pneumatica, la stabilità dei parametri impostati, il poter passare da una miscela in aria ad una in ossigeno senza interrompere la ventilazione, adeguate modalità di ventilazione. Nel suo studio riscontrava che la pressione massima a cui era possibile ventilare i pazienti, senza alterare eccessivamente i parametri respiratori era 2.8 ATA.

I ventilatori certificati per uso in camera iperbarica devono quindi poter operare a regime di pressione garantendo la stabilità dei volumi, diverse modalità di ventilazione, l'impostazione di una frequenza respiratoria, di un rapporto I : E, di una peep, di una ventilazione in aria o in ossigeno puro, di un sistema di allarmi di alta o bassa pressione, di alta o bassa frequenza, di un trigger inspiratorio ed eventualmente espiratorio.

Alcuni studi, riportati anche a Lille nel 2004 e più recentemente a Graz 2008 in occasione del congresso europeo, hanno dimostrato che l'ossigeno iperbarico provoca un'alterazione del rapporto ventilazione perfusione con riduzione dell'ossigenazione del sangue venoso misto. La causa di questo effetto può essere legata alla formazione di atelettasie, all'aumento del lavoro respiratorio legato alla maggior densità dell'aria, alla difficoltà della sincronizzazione macchina paziente per un aumento della difficoltà a richiamare il trigger e per l'aumentato lavoro respiratorio, alla ventilazione in ossigeno puro. Inoltre è necessario richiamare la sindrome di Lorain Smith quale complicanza dell'ossigeno sulle cellule del parenchima polmonare e tracheale.

Risulta quindi necessario utilizzare un monitoraggio attento. L'eventuale insorgenza di difficoltà respiratorie può essere rilevata dall'osservazione diretta della meccanica respiratoria, delle modificazioni della frequenza respiratoria, dall'ossimetria e dalla

capnometria transcutanea, dalle variazioni della frequenza cardiaca, dalle pressioni di ventilazione, dall'emogas su sangue arterioso.

Nella nostra più recente esperienza su 10 pazienti abbiamo rilevato la necessità di ridurre i tempi di esposizione all'ossigeno iperbarico e di mantenere batimetrie possibilmente non superiori a 2.5 ATA. Abbiamo constatato l'opportunità di un attento controllo della capnometria e ossimetria transcutanea, il controllo ed il settaggio del ventilatore ad ogni variazione di batimetria, la necessità di ripetute analisi emogasanalitiche. Infine abbiamo riscontrato anche noi alterazioni del rapporto ventilazione/ perfusione con la formazione di atteletrasie che abbiamo contrastato con manovre di reclutamento.

In accordo ad alcuni lavori bibliografici e con G. Bingham (2008) ci pare che queste alterazioni della ventilazione sono perfettamente reversibili nel giro di poco tempo e necessitano di manovre di reclutamento, di un attento controllo dell'acqua toracica, di controlli ripetuti dell'emogasanalisi e dell'equilibrio acido-base.

La ventilazione artificiale necessita di personale sanitario e tecnico specificamente addestrato, che possa operare affianco al paziente all'interno della camera iperbarica.

Ventilazione artificiale e Nursing

L'avvento dei ventilatori polmonari di ultima generazione, concepiti per la camera iperbarica, ha permesso di semplificare molto il lavoro del personale medico e infermieristico, sia per l'affidabilità che per la sempre maggiore gamma di parametri offerti.

Attualmente nel nostro Centro Iperbarico abbiamo in uso il Siaretron 1000 IPER che può essere utilizzato sia su pazienti adulti, che su bambini e neonati con peso maggiore di 3,5 Kg. Questo respiratore permette una maggiore adattabilità alla fisiologia del paziente, garantendo una miglior sincronia macchina paziente e offre la garanzia di un'autonomia di circa 3 ore di lavoro ininterrotto.

Anche i ventilatori polmonari più sofisticati necessitano di un'accurata gestione e di verifiche

che comprendono:

- ◆ prima dell'attivazione dell'apparecchio:
 1. il collegamento dell'alimentazione della batteria
 2. il controllo delle linee dei gas medicali
 3. il controllo del circuito paziente con pallone di prova
 4. l'autotest
 5. impostazione e controllo degli allarmi

- ◆ *Sorveglianza e controllo del paziente collegato al ventilatore automatico: osservazione della corretta espansione toracica e sincronia con la macchina* ivi compresi gli effetti sulla funzione respiratoria (per es valori dell'emogasanalisi) e l'osservazione degli effetti prodotti dall'ossigeno iperbarico nel periodo di trattamento terapeutico attraverso un monitoraggio stretto.

Particolare importanza e attenzione, prima di ogni trattamento in camera iperbarica, riveste l'introduzione di acqua bidistillata, (in sostituzione dell'aria, solitamente usata) nel palloncino del TNT (o della cannula tracheostomica) e del successivo, accurato controllo della idoneità e tenuta del cuffiaggio

Sorveglianza del ventilatore

Controllo costante (e annotazione) dei parametri ventilatori, impostati sulla macchina e effettivi del paziente. Verifica dello stato di carica e durata delle batterie del Ventilatore.

Trattandosi di paziente critico, cardine dell'assistenza, anche in ambiente iperbarico, rimane la corretta osservazione del paziente nella sua totalità, attraverso il monitoraggio continuo delle sue funzioni vitali, seguito da una valutazione costante delle sue modifiche.

Periodicamente è necessario:

Verifiche di funzionamento periodiche con pallone di prova e segnalazione di eventuali anomalie riscontrate

Sostituzione-pulizia-montaggio filtro e circuito respiratorio esterno

Programmazione periodica di manutenzione tecnica.

Ventilazione artificiale: organizzazione tecnica e sicurezza

I ventilatori polmonari idonei all'impiego in camera iperbarica, a causa del particolare ambiente in cui operano, devono rispondere a specifici requisiti riguardanti sia le prestazioni erogate che la sicurezza.

Per quanto riguarda le prestazioni è fondamentale che i ventilatori siano dotati di un sistema che assicuri sia la precisione dei dati impostati che la stabilità delle frequenze respiratorie a tutte le batimetrie; inoltre poiché le variazioni di densità dei gas, a causa della compressione, fanno diminuire il volume corrente

all'aumentare della batimetria, è necessario che i ventilatori eseguano la compensazione automatica del volume paziente per ogni batimetria.

Riguardo la sicurezza anche i ventilatori polmonari, come tutti i dispositivi medici e le apparecchiature elettromedicali impiegate in ambiente iperbarico, devono rispondere ai relativi requisiti e raccomandazioni, in particolare per quanto riguarda la sicurezza elettrica devono essere dispositivi a basso consumo (bassa tensione e bassa corrente). (DIR.93/42 EEC; IEC601-1-2; CEI 64-8/7)

Nel nostro centro iperbarico è in uso il VP Siaretron 1000 IPER concepito espressamente per il funzionamento in camera iperbarica sino a 7.0 ATA. All'interno della camera è presente un sistema dedicato al ventilatore costituito da: presa per aria medica e presa ossigeno F.U.; sistema di evacuazione completa dell'esperto all'esterno della camera al fine di mantenere la percentuale di ossigeno entro i limiti consentiti.(EN 14931) Abbiamo osservato che la regolazione del flusso di scarico del sistema di evacuazione può interferire con la corretta ventilazione del paziente, è necessario perciò regolare opportunamente l'apertura dello scarico Venturi in funzione dei parametri stabiliti.

L'alimentazione elettrica del VP è costituita da un gruppo di batterie (12Vdc) intercambiabili che consente una autonomia sufficiente a completare una terapia standard.

Principali riferimenti normativi:

-EN 14931	Camere iperbariche multiposto
-DIR. 93/42EEC	Dispositivi medici
-IEC 601-1-2	Apparecchi elettromedicali
-CEI 64-8/7	Impianti elettrici in locali adibiti ad uso medico

Bibliografia

1. Gallagher TJ, Smith RA, Bell GC.- Evaluation of mechanical ventilators in a hyperbaric environment.- Aviat Space Environ Med. 1978 Feb;49(2):375-6
2. Saywood AM, Howard R, Goad RF, Scott C.- Function of the Oxford Ventilator at high pressure - Anaesthesia. 1982 Jul;37(7):740-4.
3. Moon RE, Bergquist LV, Conklin B, Miller JN.- Monaghan 225 ventilator use under hyperbaric conditions - Chest. 1986 Jun;89(6):846-51
4. Spittal MJ, Hunter SJ, Jones L. - The pneuPAC hyperbaric variant HB: a ventilator suitable for use within a one-man hyperbaric chamber - Br J Anaesth. 1991 Oct;67(4):488-91

5. Vezzani e al. – Patologie rianimatorie di interesse iperbarico: aspetti clinici e sperimentali - atti del 1° Convegno di Medicina Subacquea e Iperbarica in Sardegna CITTA' DI LA MADDALENA 24-25-26 novembre 1994 .
6. Moon RE, Hart BB - Operational use and patient monitoring in a multiplace hyperbaric chamber
7. Respir Care Clin N Am. 1999 Mar;5(1): 21-49
8. Clark JM, Lambertsen CJ, Gelfand R, Flores ND, Pisarello JB, Rossman MD, Elias JA Effects of prolonged oxygen exposure at 1.5, 2.0, or 2.5 ATA on pulmonary function in men (predictive studies V).- J Appl Physiol. 1999 Jan;86(1):243-59
9. Stahl W, Radermacher P, Calzia E.-
10. Functioning of ICU ventilators under hyperbaric conditions--comparison of volume- and pressure-controlled modes. - Intensive Care Med. 2000 Apr;26(4):442-8.
11. Ratzenhofer-Komenda B, Offner A, Quehenberger F, Klemen H, Berger J, Fadai JH, Spornbauer P, Prause G, Smolle-Jüttner FM. Hemodynamic and oxygenation profiles in the early period after hyperbaric oxygen therapy: an observational study of intensive-care patients. - Acta Anaesthesiol Scand. 2003 May;47(5):554-8 –
12. Ratzenhofer-Komenda B, Offner A, Quehenberger F, Klemen H, Berger J, Fadai JH, Spornbauer P, Prause G, Smolle-Jüttner FM - Hemodynamic and oxygenation profiles in the early period after hyperbaric oxygen therapy: an observational study of intensive-care patients - Acta Anaesthesiol Scand. 2003 May;47(5):554-8
13. Wiese S, Beckers S, Siekmann U, Baltus T, Rossaint R, Schröder S - Hyperbaric oxygenation: characteristics of intensive care and emergency therapy] - Anaesthesist. 2006 Jun;55(6):693-705
14. Ratzenhofer-Komenda B, Offner A, Ofner P, Klemen H, Prause G, Smolle-Jüttner FM, Toller W. - Arterial oxygen tension increase 2-3 h after hyperbaric oxygen therapy: a prospective observational study. Acta Anaesthesiol Scand. 2007 Jan;51(1):68-73 –
15. G.Bingham, I. Millar, S. Black, S. Koch, D.Varma. – PAO₂/FIO₂ in ventilated critically ill patients following HBOT at 2.8: a prospective observational study – EUBS 2008 Graz.; 48 - 49

