

## ARTICOLO DI PUNTOSICURO

Anno 20 - numero 4200 di Martedì 20 marzo 2018

# La valutazione del Rischio Atmosfere iperbariche

*Quali sono le attività che espongono i lavoratori ai rischi da atmosfere iperbariche? Quali sono i rischi?*

*E' disponibile sul sito PAF (Portale Agenti Fisici) una nuova sezione dedicata ai rischi lavorativi nelle camere iperbariche.*

## COSA SONO LE ATMOSFERE IPERBARICHE

Per **LAVORATORI ESPOSTI AD ATMOSFERE IPERBARICHE** si intendono tutti i lavoratori che effettuano la loro attività in condizioni iperbariche, cioè in ambienti in cui la pressione è del 10% superiore alla pressione a livello del mare.

Il fattore specifico di rischio da esposizione ad **atmosfere iperbariche** è introdotto dal Decreto Legislativo 81/08. Tale aspetto viene inserito tra i fattori di rischio fisici nel Titolo VIII:

### Articolo 180 - Definizioni 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 atmosfere iperbariche che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.*

L'esposizione ad ambiente iperbarico può causare sia effetti di tipo **acuto** che di tipo **cronico** (barotrauma, intossicazione da gas inalati, patologie decompressive), con conseguenze più o meno gravi, che vanno dall'irritazione cutanea alla morte. I sintomi compaiono o durante o a seguito dell'esposizione, nel passaggio dall'ambiente in sovrappressione alla pressione atmosferica di partenza.

Il termine "immersione" deve essere interpretato come esposizione ad un aumento della pressione della miscela respiratoria.

Il rischio da esposizione ad atmosfera iperbarica è sempre da valutare tenendo in considerazione gli altri fattori di rischio lavorativi a cui il soggetto è esposto nelle differenti condizioni lavorative.

Pubblicità

<#? QUI-PUBBLICITA-SCORM1-[EL0327] ?#>

# ATTIVITÀ LAVORATIVE IN ATMOSFERE IPERBARICHE

Le attività lavorative interessate dalle atmosfere iperbariche sono:

- a. Attività iperbariche a secco
- b. Attività subacquee

## **ATTIVITA' IPERBARICHE A SECCO:**

**CASSONISTI:** i cassonisti sono coloro che eseguono lavori in un cassone ad aria compressa. Il cassone è storicamente, un contenitore stagno che appoggia sul fondo del mare. Poiché tenderebbe spontaneamente ad allagarsi, si tiene fuori l'acqua pompando all'interno aria compressa alla pressione corrispondente alla quota di lavoro. Attualmente questa categoria di lavoratori è quasi scomparsa.

**LAVORI DI ESCAVAZIONE NEI TUNNEL:** nei lavori di escavazione meccanizzate mediante sistemi TBM (Tunnel Bore Machine), EPB (Earth Pressure Balanced) l'effettuazione dello scavo avviene in sovrappressione, controbilanciando la pressione litostatica ed idrostatica relativa al materiale scavato: nel caso in cui il personale addetto abbia necessità di entrare nella camera di scavo, deve far necessario ricorso a camere iperbariche. La lavorazione può avvenire in roccia, suolo, sottosuolo o anche sotto il livello del mare con pressioni che comunque superano almeno di 100 Pa la pressione atmosferica.

## **ATTIVITA' IPERBARICA IN AMBITO SANITARIO: Ossigeno Terapia Iperbarica**

L'Ossigenoterapia Iperbarica (OTI) è la somministrazione incruenta di Ossigeno puro (o di miscele gassose iperossigenate), che avviene all'interno di speciali ambienti, le Camere Iperbariche, che vengono portati ad una pressione superiore a quella atmosferica mediante pressurizzazione con aria compressa, mentre il paziente, all'interno, respira Ossigeno puro (o miscele gassose iperossigenate) in circuito chiuso, attraverso maschere, caschi o tubi endotracheali.

**TECNICI E MEDICI IPERBARICI:** Il personale che presta servizio all'interno della Camera Iperbarica per l'assistenza ai pazienti o per interventi tecnici dentro la camera iperbarica è esposto a rischio da atmosfere iperbariche

## **ATTIVITA' SUBACQUEE:**

**SOMMOZZATORI IN SERVIZIO LOCALE:** il sommozzatore in servizio locale, altrimenti detto subacqueo di porto, è la figura di riferimento per i piccoli e medi lavori portuali e di raddobbo delle navi in porto. Effettua immersioni umide respirando aria in ambienti confinati. I suoi compiti solitamente consistono nel lavorare sott'acqua per posare e riparare ponti, moli e fondamenta di arginamento portuali, ispezionare gli scafi delle navi e le installazioni subacquee per rilevare eventuali danni ed effettuare delle riparazioni minori, accertare la condizione delle navi naufragate, liberare gli ostacoli sott'acqua, praticare i fori per l'esplosivo sott'acqua, realizzare immersioni legate ad operazioni di salvataggio, di recupero o di ricerca di annegati, coordinare altri lavoratori.

**SUBACQUEI DI BASSO E ALTO FONDALE:** il subacqueo di basso fondale opera a profondità che vanno da pochi metri fino a 50 metri in acque libere. Impiega aria ma anche miscele diverse che vanno dall'ossigeno puro al nitrox. I suoi compiti

sono di supporto alle attività estrattive per la parte sommersa dell'impianto: montaggi di parti della trivella, saldature, verifica saldature, etc. Il subacqueo di alto fondale esegue le stesse operazioni, ma a profondità che vanno da 50 a 300 metri con l'impiego di ombelicale e miscele studiate ad hoc.

**SUBACQUEI ADDETTI AD ATTIVITA' RICREATIVE:** sono i subacquei che formano e accompagnano i turisti subacquei. I lavoratori che operano in questo settore si dividono in professionisti e dilettanti. I primi sono coloro che hanno un'altra attività subacquea professionale che si accompagna a quella di istruttore o di guida. I dilettanti sono coloro che hanno un mestiere principale che si sviluppa fuori dall'acqua. Il compito dell'istruttore è di formare l'allievo a tutte le procedure che ne renderanno sicura la permanenza sott'acqua. Opera prevalentemente in piscina ed usa esclusivamente aria.

La guida subacquea ha il compito di portare sott'acqua un subacqueo autonomo o meno e di curarne la sicurezza ma soprattutto il divertimento, conducendolo dove l'immersione è più interessante e agevole. Respira prevalentemente aria e saltuariamente nitrox, sempre in ambiente umido.

**SUBACQUEI DEI CORPI DELLO STATO:** i subacquei dei Corpi dello Stato svolgono servizi di natura varia ma, in generale, deputati a risolvere situazioni che si sono create per effetto di cause naturali o umane. Respira prevalentemente aria e saltuariamente nitrox, sempre in ambiente umido.

**RICERCATORI SUBACQUEI:** il ricercatore subacqueo esegue rilievi di carattere scientifico che non possono essere compiuti, senza la necessaria professionalità scientifica specifica, da parte di un operatore subacqueo professionale. Il personale impiegato ha un'estrazione varia: studenti, dottorandi, ricercatori e professori. Respira prevalentemente aria e saltuariamente nitrox, sempre in ambiente umido.

**PESCATORI SUBACQUEI PROFESSIONALI:** sono altrimenti detti corallari. La loro attività si esplica essenzialmente nella raccolta ad alta profondità di corallo ed altre specie. Operano in ambiente umido e inspirano miscele a bassa pressione parziale di ossigeno con sostituzione del gas inerte.

**ALTRE ATTIVITA' SUBACQUEE:** in questa categoria rientrano tutti coloro che non rientrano nelle precedenti categorie. Ad esempio ultimamente sono sempre di più gli operatori che si occupano della pulizia e manutenzione di piscine e grandi acquari

## EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE AD ATMOSFERE IPERBARICHE

L'esposizione ad atmosfere iperbariche fa sì che il gas inerte, presente nella miscela respiratoria che non prende parte agli scambi metabolici, passi nei tessuti del lavoratore. Quando egli torna alla pressione di partenza il gas inerte deve nuovamente tornare all'ambiente. Questo può essere un evento potenzialmente rischioso che deve essere reso compatibile con un lento rilascio del gas stesso.

Di seguito viene proposto un elenco delle patologie collegate al rischio iperbarico:

1. **Ipossia:** l'ipossia è una condizione patologica determinata da una carenza di ossigeno nell'intero organismo (ipossia generalizzata) o in una sua regione (ipossia tissutale). Il segno più tipico dell'ipossia tissutale è il pallore della cute e delle mucose che va esplorato in sedi specifiche come il palmo della mano, il padiglione auricolare, la mucosa

dell'interno delle labbra e la congiuntiva palpebrale. Essa genera uno stato di confusione e spaesamento, paragonabile a quello di ubriachezza.

2. **Avvelenamento da CO:** la gravità di un'intossicazione da monossido di carbonio dipende dalla sua concentrazione nell'aria che si respira e dal tempo di esposizione. Pertanto, anche una lunga esposizione ad una concentrazione relativamente bassa di CO può causare una seria intossicazione. Quando ci s'immerge, la pressione parziale di CO aumenta con la profondità, tanto che persino una bassa concentrazione di CO (che a una normale pressione atmosferica non avrebbe alcuna conseguenza, neanche in seguito ad un'esposizione prolungata) diventa pericolosa con l'aumentare della profondità. Durante la discesa, l'emoglobina può sovraccaricarsi di CO, compromettendo l'assorbimento di ossigeno; d'altra parte, la maggiore pressione parziale di ossigeno può far sì che questo sia sufficiente a mantenere le cellule ossigenate. Durante l'immersione, inoltre, il minore apporto di ossigeno (attraverso l'emoglobina) è parzialmente compensato dalla quantità di ossigeno disciolto nel plasma. Tuttavia, durante la risalita, col ridursi della pressione parziale di ossigeno, anche la quantità di ossigeno disciolto decresce e ciò può facilitare l'ipossia. Questo è il motivo per cui i sintomi di un'intossicazione possono acuirsi durante o dopo la risalita. La contaminazione da monossido di carbonio è causata da impurità già presenti nell'aria quando è immessa nel compressore o da contaminanti generati dal compressore stesso. I subacquei devono, dunque, assicurarsi che l'aria che utilizzano non sia contaminata.
3. **Ipercapnia (CO<sub>2</sub>):** l'ipercapnia è l'aumento nel sangue della concentrazione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>). L'anidride carbonica è un prodotto di scarto dei processi metabolici cellulari. Nei liquidi corporei si scioglie e forma l'acido carbonico, che durante l'espiazione, viene eliminato dai polmoni sotto forma di anidride carbonica. Se questo meccanismo diviene difettoso, l'acido carbonico determina l'acidosi respiratoria accumulandosi nel sangue. L'aumento della pressione parziale dell'anidride carbonica nel sangue è generalmente indice di insufficienza respiratoria per inadeguata ventilazione alveolare e in questo caso è associata a ipossia. In caso di ipercapnia sono diversi i sintomi associati che si possono manifestare a seconda della gravità della condizione, si va dall'aumento della frequenza cardiaca (tachicardia) o extrasistoli, dispnea, arrossamento della pelle, spasmi muscolari, aumento della pressione sanguigna, mal di testa, stato confusionale, letargia, fino ad arrivare a iperventilazione e disorientamento e perdita di coscienza. Nei casi più gravi può essere letale. Più nello specifico, quando la pressione dell'anidride carbonica aumenta oltre gli 8-9 kPa si ha dispnea e alterazioni del battito cardiaco, quando invece arriva a 9-10 kPa si va incontro a sincope ipercapnica, a 13-20 kPa si va incontro a stati comatosi e nei casi peggiori anche a morte
4. **Tossicità dell'ossigeno (O<sub>2</sub>):** la tossicità dell'ossigeno o iperossiemia è letteralmente una concentrazione eccessiva di ossigeno nel sangue. Un'esposizione prolungata all'ossigeno ad alte pressioni parziali (cioè la pressione alla quale respiriamo l'ossigeno) è tossica, e può provocare, a seconda della pressione e del tempo di esposizione, conseguenze a livello polmonare e neurologico. È detta "tossicità CNS" la tossicità dell'ossigeno sul sistema nervoso centrale (*Central Nervous System*). Gli effetti neurologici possono comprendere convulsioni, cecità e coma. Di solito non si presenta a meno che la pressione parziale dell'ossigeno non si avvicini o superi 1,6 bar. Tuttavia questo tipo di tossicità può essere molto insidiosa per un operatore subacqueo per via delle improvvise convulsioni che scatena e che sott'acqua possono portare alla perdita dell'erogatore. Gli effetti polmonari includono perdita di capacità e danni ai tessuti. Questo tipo di tossicità però emerge solo nelle lunghe esposizioni che superano 100 kPa di pressione parziale di ossigeno.
5. **Narcosi d'azoto (N<sub>2</sub>) (detto anche "effetto Martini"):** l'azoto ad elevate pressioni può avere un effetto narcotico sull'uomo e può causare un anormale stato di euforia, confusione mentale, senso di benessere, sintomi nervosi, nonché un intorpidimento delle normali funzioni cerebrali. I sintomi possono essere inizialmente lievi e aumentare man mano che il subacqueo scende in profondità. La narcosi può provocare vertigini e disorientamento e se il subacqueo continua a scendere, può portare alla perdita di coscienza
6. **Iperventilazione:** si definisce iperventilazione una serie frequente di atti respiratori che portano ad un aumento massiccio di ossigeno ed a una riduzione notevole dell'anidride carbonica nel sangue
7. **Dispnea:** per dispnea si intende un tipo di respirazione faticosa che viene avvertita soggettivamente come "fame/bisogno d'aria" ed inadeguatezza del respiro e che comporta l'aumento dello sforzo per respirare, con la conseguenza di un impegno muscolare non spontaneo per compiere inspirazioni ed espirazioni.
8. **Enfisema:** l'aria che fuoriesce da un polmone danneggiato può infiltrarsi nello spazio compreso fra il cuore, i polmoni e la trachea. La pressione d'aria contro il cuore provoca dolore toracico, difficoltà respiratorie e languore. Dalla trachea, le bollicine possono risalire lungo la trachea per raccogliersi sotto la cute a livello del collo e del torace superiore provocando un enfisema sottocutaneo, che, se localizzato vicino la faringe, può causare difficoltà di parola e di respiro
9. **Pneumotorace:** i polmoni sono separati dalla parete toracica dalla membrana pleurica. Quando le bollicine d'aria vanno ad accumularsi nello spazio tra polmoni e la membrana pleurica, si forma una tasca d'aria che in casi estremi, durante la risalita in superficie del subacqueo, si espande fino a schiacciare i polmoni.
10. **Sovradistensione gastro-intestinale:** I gas che stazionano nell'intestino durante una risalita tendono a dilatarsi e di conseguenza a dilatare l'intestino stesso. I sintomi sono costituiti da dolori addominali identici a quelli di una colica. In

casi estremi, se sono molto intensi, possono provocare malesseri sino ad un'eventuale sincope. Occorre pertanto risalire dolcemente per favorire il transito dei gas intestinali.

11. **Barotrauma:** si definisce barotrauma una lesione ai tessuti provocata dal mancato equilibrio fra la pressione dell'aria contenuta in una cavità corporea e la pressione dell'ambiente circostante. I barotraumi si hanno quando il corpo si muove in modo troppo repentino da o verso una condizione in cui la pressione è più elevata.
- Questi traumi possono capitare sia durante le immersioni in apnea sia durante le immersioni con autorespiratore ad aria e interessano i seguenti organi:
  - **Orecchio medio:** la mancata compensazione dell'orecchio medio provoca danni che vanno dalla cosiddetta otite barotraumatica fino alla rottura del timpano.
  - **Seni paranasali e frontali:** la mancata compensazione dei seni paranasali provoca la cosiddetta sinusite barotraumatica che consiste nella rottura dei capillari della mucosa con conseguente stravasamento di sangue nei seni, si manifesta con forti emorragie dal naso.
  - **Occhi:** durante un'immersione, sia in apnea sia con autorespiratore ad aria, l'aria che si trova all'interno della maschera deve essere compensata per evitare il cosiddetto "colpo di ventosa" che può provocare emorragie sottocongiuntivali, rotture di capillari ed ematomi alle palpebre.
  - **Denti:** in presenza di otturazioni difettose con intrappolamento d'aria si può verificare la cosiddetta "implosione" del dente.
13. **Annegamento:** l'annegamento è una forma di asfissia acuta da causa esterna meccanica, in cui la soppressione dell'atmosfera respirabile è determinata dalla ostruzione delle vie aeree da parte dell'acqua o di altro liquido in cui il corpo, o almeno gli orifizi superiori delle vie aeree, siano immersi.

Sotto il profilo fisiopatologico, si distinguono due tipi di annegamento, quello umido e quello secco: nel primo, il più comune, l'iniziale spasmo della muscolatura intrinseca della laringe è rapidamente seguito da rilasciamento, con aspirazione di abbondanti quantità di liquido; nel secondo, invece, lo spasmo della glottide persiste a lungo e quando cessa non è più possibile l'aspirazione di acqua. Causa della morte è, nella maggior parte dei casi, un'aritmia cardiaca. I meccanismi fisiopatologici e il quadro clinico sono, come detto all'inizio, quelli dell'asfissia acuta, con anossia, ipercapnia (aumento della CO<sub>2</sub> nel sangue) e acidosi metabolica.

14. **Ipotermia o ipertermia:** In immersione il corpo tende a perdere rapidamente calore. Questo calo di temperatura corporea causa brividi e malessere. Gli effetti della diminuzione della temperatura interna sono i seguenti: diminuzione del metabolismo; aumento della frequenza respiratoria e del battito cardiaco; brividi, confusione mentale, difficoltà di parola; perdita di conoscenza, respirazione irregolare; arresto respiratorio morte per collasso cardio-circolatorio. L'ipotermia va prevenuta con l'uso di opportune precauzioni, quale l'utilizzo di mute adeguate.

L'ipertermia si verifica quando la temperatura interna del corpo aumenta (colpo di sole e/o di calore).

E' un problema che si può presentare quando si staziona al sole con la muta indossata per lunghi periodi. I sintomi sono stordimento, mal di testa, sudorazione. Il rimedio è spogliare il soggetto colpito e portarlo in un luogo fresco e fargli bere molta acqua.

15. **Embolia gassosa arteriosa (EGA):** quando il tessuto polmonare si rompe e nel circolo ematico entrano bollicine d'aria, il subacqueo può essere colpito da embolia gassosa arteriosa. Il sangue trasporta queste bollicine d'aria alle arterie più piccole fintanto che non si formerà un'occlusione, con la conseguente restrizione del flusso sanguigno. Ciò può avvenire in diverse parti del corpo, ma alcune bollicine d'aria possono arrivare fino al cervello, che è la peggiore forma di embolia gassosa arteriosa
16. **Patologia da decompressione:** scendendo in profondità, la pressione parziale dell'azoto inspirato nei polmoni aumenta, il sangue assorbe facilmente questo eccesso di gas e lo trasporta in soluzione ai tessuti. I tessuti quindi assorbono l'azoto e lo mantengono in soluzione alla pressione ambiente. Quando il subacqueo risale a una profondità minore e la pressione parziale dell'azoto diminuisce, il processo s'inverte. Il sangue che adesso arriva dai polmoni ha una pressione di azoto minore, quindi i tessuti rilasciano l'azoto nel sangue che a sua volta lo riporta ai polmoni dove viene espirato.

Se il subacqueo risale troppo velocemente, l'azoto esce dalla soluzione e forma delle bollicine di gas nei tessuti e nel sangue che possono causare occlusioni e sintomi da decompressione (prurito, arrossamento della pelle, difficoltà respiratorie, tosse, sensazione di bruciore al petto, perdita di sensibilità, vertigini, paralisi, ecc. in base al distretto interessato)

17. **Osteonecrosi iperbarica:** l'osteonecrosi iperbarica è la morte ischemica dei costituenti cellulari sia di ossa che di midollo osseo provocata dal diminuire della pressione in un subacqueo saturo di azoto. Si verifica solo se vi è un'abbondante componente grassa nel midollo e naturalmente un'esposizione iperbarica senza decompressione adeguata. Dopo un'esposizione iperbarica sufficiente a causare una significativa perdita di gas, una decompressione non adeguata determina l'espansione delle bolle di gas con distruzione degli adipociti del midollo. In combinazione con altri fattori, tutto ciò provoca un infarto ischemico dell'osso
18. Effetti neurologici
19. Effetti sul DNA

In considerazione del fatto che molte attività con rischio iperbarico si svolgono in ambiti internazionali, di seguito viene riportata una tabella di conversione Italiano-Inglese dei termini maggiormente usati:

Italiano		Inglese	
Assistente del tecnico iperbarico di alto fondale	ATIAF	Assistant life support technician	ALST
Assistente di superficie	AS	Diving assistant	DA
Campana aperta	CA	Wet bell	WB
Campana d'immersione	CI	Diving bell	DB
Capocantiere subacqueo	CS	Diving superintendent	DSint
Circuito riciclo gas	CRG	Life support	LS
Codice riconosciuto di buonapratica	CRBP	Accepted code of practice	ACOP
Commissione consultiva medico subacquea	CCMS	Diving medical advisory committee	DMAC
Consigliere medico di società	CMS	Company medical adviser	CMA
Dispositivo di protezione individuale	DPI	Personal protective equipment	PPE
Elica	EI	Thruster	Th
Filtro del sistema di riciclo gas	FRG	Scrubber	Sc
Gancio di collegamento al cavo principale	GCP	Socket	Sk
Invertitore di segnale elettrico	ISE	Scrambler	Scr
Malattia da decompressione	MDD	Decompression illness	Dcl
Occhio di varo	OV	Moon pool	MP
Persona competente	PC	Competent person	CP
Piano d'immersione	PI	Dive plan	DiveP
Piano di progetto per le immersioni	PPI	Diving project plan	DPP
Posizionamento dinamico	PD	Dynamic positioning	DP
Registro delle immersioni	RI	Log book	LB
Sistema d'immersione	SI	Diving system	DSy
Sistema di posizionamento dinamico	SPD	Dynamic positioning system	DPS
Sommozzatore	OTS	Diver	Dvr
Sommozzatore di primo soccorso	SPS	Surface diver	SD
Sommozzatore standby	SSt	Standby diver (basso fondale)	StDvr
		Tender (alto fondale)	Td
Specialista medico subacqueo	SMS	Diving medical specialist	DMS
Supervisore alla saturazione	SSat	Life support supervisor	LSS
Supervisore subacqueo	SS	Diving supervisor	DS
Supervisore subacqueo junior	SSJ	Junior diving supervisor	JDS
Tecnico iperbarico	TI	Chamber operator	CO
Tecnico iperbarico di alto fondale	TIAF	Life support technician	LST
Tecnico iperbarico di basso fondale	TIBF	Chamber technician	CT
Tempo di fondo	TF	Bottom time	BT



Questo articolo è pubblicato sotto una [Licenza Creative Commons](#).

---

[www.puntosicuro.it](http://www.puntosicuro.it)