DEEPEXT DIVER MANUAL

ESA © Worldwide
E' vietata la riproduzione di questo manuale o di sue singole parti
Product n° M0034

A cura di Mario Romor

Progetto formativo, sviluppo, consulenza e revisioni:
Mario Romor, Stefano Maghelli, Mario Palermo, Alvaro Manago, Luigi Costantino, Gianfranco Sciuto, Renato Romor, Maria Laura Careddu, Giovani Casari, Fabrizio Massimi

Testi di Stefano Maghelli

Fotografie di Egidio Trainito, Claudio Grazioli, Lina Nieddu, Mario Romor, Miho Tsuruoka, Renato Romor

Illustrazioni di Stefano Trainito

Indice

Pronto per nuovi orizzonti? 5
ESA Extended Range Diver 5
Il brevetto ESA Deepext diver 6
Requisiti d'ingresso 6
Struttura del corso 7
Uso del manuale 8
Requisiti di brevetto 8
Una questione di esperienza 8

Capitolo uno
La decompressione 12
Cosa imparerai 12
Le prime tabelle d'immersione 12
Il contributo della U.S. Navy 14
Fisiologia della decompressione 15
Teorie di eleaborazione delle tabelle 17
PDD: classificazione e primo soccorso 19
Fattori che favoriscono la MDD 21
Cosa hai Imparato? 26

Capitolo due
Le tabelle di decompressione 28
Cosa imparerai 28
le tabelle di decompressione 28
Terminologia 29
Una differenza fondamentale 30
Uso della tabella di decompressione 31
Uso della tabella dell'azoto residuo 33
Sequenza delle immersioni 35
Immersioni con esposizione eccezionale 36
Intervalli di superficie brevi 36
Procedure di risalita 37
Le regole da rispettare 38
Immersioni Faticose o in acque fredde 39
Immersioni in altitudine 40
Regole per salire di quota dopo l'immersione 40
Cosa hai Imparato? 42

Capitolo tre
Tecniche 44
Cosa imparerai 44
I fattori influenzati dalla profondità 44
Deep stop 51
Uso di miscele iperossigenate in decompressione 51

Il ruolo dell'attrezzatura 53
Immersioni con il computer 61
I programmi decompressivi 62
La gestione della scorta di gas 63
Valutazione dei fattori ambientali 66
Il sistema di coppia 67
La forma fisica e psicologica 68
Prospettive Future 69
Cosa hai Imparato? 71

Appendice
Protocollo di risalita con la sosta profonda (deep stop) 74
Limiti di tolleranza applicabili al protocollo di risalita con deep stop 75
Tabelle ESA Deepext Diver 76

Nuovi orizzonti

ESA Extended Range Diver

Arrivato a questo punto della tua formazione subacquea avrai sicuramente avuto l'opportunità di fare molte belle immersioni, magari anche in mari molto diversi tra loro. Potresti aver visitato secche colorate, pareti profonde, reefs ricchi di corallo e relitti di elevato interesse storico. Ma, **ti è mai successo di uscire dall'acqua con un senso di insoddisfazione perché l'immersione ti è sembrata incompleta o troppo breve?**

Potrebbe esserti capitato, ad esempio, di sorvolare l'affascinante relitto di una nave che giace in assetto di navigazione alla massima profondità di quasi 40 metri. Ammiri l'elica a poppa, poi costeggi il cannone, le stive ed il ponte di comando ma, giunto a metà dell'esplorazione, il tuo diveleader segnala la fine dell'immersione. Controlli i tuoi strumenti: hai ancora una buona scorta d'aria ma il timer indica inesorabilmente che sei vicino al limite di non decompressione. **La guida ha giustamente rispettato le regole con professionalità** eppure è chiaro che l'immersione avrebbe meritato un tempo di fondo maggiore per consentirti di arrivare fino alla zona prodiera del relitto.

Alcuni particolari siti d'immersione si possono visitare solo "estendendo" i limti operativi

Di fatto, alcuni siti d'immersione richiederebbero, per tipologia e profondità media, un tempo di permanenza maggiore rispetto a quello che ci viene concesso dalle nostre tabelle d'immersione o dal limite di non decompressione del computer. Il corso **ESA Deepext diver** della linea **ESA Extended Range Diver** nasce proprio per rispondere a questa esigenza: esso fornisce gli strumenti necessari per immergersi in sicurezza alla profondità massima di **45 metri** con tempi di permanenza superiori ai limiti di non decompressione.

Fino ad oggi ti sei immerso entro la curva di sicurezza: da qualsiasi profondità, infatti, potevi raggiungere la superficie rispettando la **velocità di risalita di 10 metri al minuto ed effettuando una sosta di sicurezza di 3 minuti a 5 metri ma senza l'obbligo di soste di decompressione obbligatorie**. Con l'aiuto del tuo istruttore ESA, imparerai a pianificare e godere di immersioni **fino a 45 metri di profondità con soste di decompressione obbligatorie non superiori a 15 minuti**.

Il programma **ESA Deepext Diver** che ti appresti a fre-

quentare è il primo dei livelli formativi che riguardano la linea **ESA Extended Range Diver**. Il suo completamento, infatti, ti darà la possibilità di accedere ad altri programmi formativi.
Il programma ESA Extended Range Diver, si prefigge di applicare i più aggiornati standard operativi congiuntamente ad un elevatissimo grado di sicurezza. Finalità di ESA Extended Range Diver è formare subacquei più evoluti in grado di effettuare immersioni con le più moderne ed affidabili tecniche di pianificazione e gestione.

Le presentazioni teoriche sono una parte importante del corso ESA Deepext Diver

Il brevetto ESA Deepext Diver

La certificazione ESA Deepext Diver denota che hai completato con successo un corso di immersione profonda (ESA Deep Diver o equiparabile), che hai effettuato e registrato almeno 20 immersioni profonde prima del corso ESA Deepext Diver e che hai frequentato un programma formativo specifico per la pianificazione e la gestione di immersioni che richiedono soste di decompressione obbligatorie.
Infatti, durante il corso, ti cimenterai con le soste di decompressione obbligatorie acquisendo abilità e conoscenze fondamentali per la gestione prudenziale, dell'immersione, delle tappe di decompressione e della scorta di gas.
L'obiettivo è quello di far maturare la tua consapevolezza verso le immersioni effettuate oltre i limiti di non decompressione, pianificando e svolgendo esplorazioni subacquee entro parametri gestibili con un buon margine di sicurezza.

Requisiti d'ingresso

Per accedere al corso ESA Deepext Diver devi soddisfare i seguenti requisiti:
- Dimostrare di possedere il brevetto **ESA Deep Diver** o una certificazione equiparabile;
- Dimostrare di avere effettuato almeno **20 immersioni profonde in acque libere** (tra 27 e 40 metri) registrate e controfirmate sul logbook;
- Aver compiuto **18 anni**;
- Consegnare un **certificato medico di idoneità all'attività subacquea** in corso di validità.

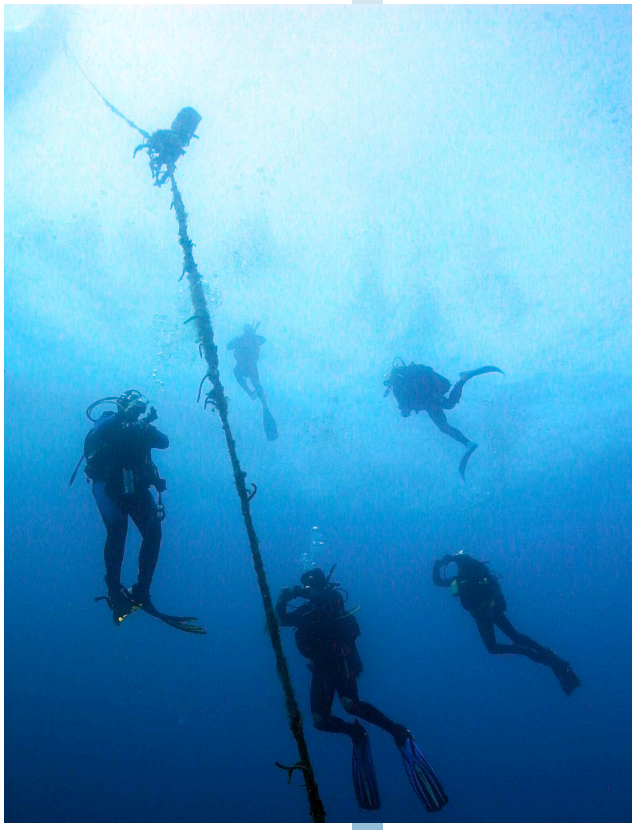
Ti consiglio inoltre, se non lo hai già fatto, di frequentare un corso **ESA Nitrox Diver**: potresti completarlo facilmente in concomitanza con questo programma. Alcuni

concetti circa l'uso ed i vantaggi che offrono le miscele iperossigenate e gli effetti che può avere l'ossigeno sul nostro organismo ti sarebbero certamente più chiari.
Se hai dubbi in merito alla validità dei requisiti in tuo possesso, **non esitare a chiedere informazioni presso un ESA Point, ad un ESA Instructor oppure direttamente all'ESA Training Department** (esaweb.net).

Struttura del corso

Il corso è strutturato in modo flessibile, così da permettere sia allo studente che all'Istruttore di svolgerlo nel pieno rispetto delle norme, pur assecondando le esigenze personali dettate da orari, logistica e condizioni ambientali.
Il corso si divide in due aree formative: le **unità teoriche** e le **immersioni in acque libere**.
Le unità teoriche sono prevedono lo studio autonomo, la verifica dell'apprendimento (minitest, questionari ed esami) e dalle presentazioni teoriche effettuate dall'ESA Deepext Diver Instructor, nel corso delle quali saranno rinforzate le informazioni precedentemente lette nel manuale.
Le immersioni in Acque Libere raggrupperanno più esercizi divisi per uscita o immersione. Effettuerai prove con l'obiettivo di migliorare la capacità di restare alla quota desiderata, fondamentale per effettuare soste di decompressione alla profondità corretta; prove per ottimizzare la gestione della propria scorta d'aria; prove di pianificazione e vere e proprie immersioni con soste di decompressione obbligatorie entro la profondità di **45 metri**. Il tuo Istruttore ESA saprà guidarti con professionalità e ti farà avvicinare a questa nuova ed entusiasmante esperienza in assoluta sicurezza.

Il corso prevede almeno 4 immersioni profonde nelle quali è richiesto il massimo rispetto della pianificazione



Uso del manuale

Questo manuale sarà un tuo **indispensabile compagno di viaggio sia durante il corso che in tutta la tua carriera subacquea**. Lo potrai sfogliare per rinfrescarti la memoria prima di rituffarti sott'acqua dopo un periodo di inattività o per approfondire concetti che ti ritornano alla mente.
Il testo è intenzionalmente semplice ed è stato strutturato in modo da facilitare lo studio. Ogni capitolo è suddiviso in argomenti: per ogni argomento potrai individuare le informazioni più importanti (cosa imparerai?), la spiega-

zione e le domande di verifica (minitest) con le relative soluzioni. Alla fine di ogni capitolo c'è un questionario (cosa hai imparato?) che, interrogandoti, rinforza l'apprendimento degli argomenti trattati. Rispondi con cura alle domande e, se non riesci ad individuare una o più risposte, puoi sempre rileggere la spiegazione. **Ricordati che dovrai portarlo al prossimo appuntamento con il tuo istruttore**.

Requisiti di brevetto

Cosa devi fare per ottenere il brevetto?

Per ottenere il brevetto devi **completare il corso in ogni sua parte, dimostrare un'adeguata competenza nelle diverse aree e raggiungere gli obiettivi prefissati.**

La struttura del corso ti consente di soddisfare i requisiti secondo la tua disponibilità e nel rispetto dei tuoi tempi di apprendimento. Dovrai solo concordare le modalità con il tuo Istruttore ESA.

Briefing pre immersione. Il corso ESA deepext Diver prevede lo svolgimento di 4 immersioni profonde eseguite correttamente

Ricorda però che alcune componenti del corso sono propedeutiche ad altre: **non prendere parte ad un'attività, quindi, potrebbe precluderti la possibilità di accedere a quella successiva**. Sarà comunque necessario superare con successo tutte le parti previste dal programma: potresti anche iniziare il corso in un luogo con un Istruttore e poi terminarlo altrove, senza dover ricominciare da principio. L'Istruttore che condurrà l'ultima fase formativa prevista ti consegnerà direttamente il brevetto: in questo modo potrai partecipare subito ad altre attività. Successivamente riceverai per posta dall'ufficio ESA un adesivo di convalida definitiva da applicare al tuo brevetto.

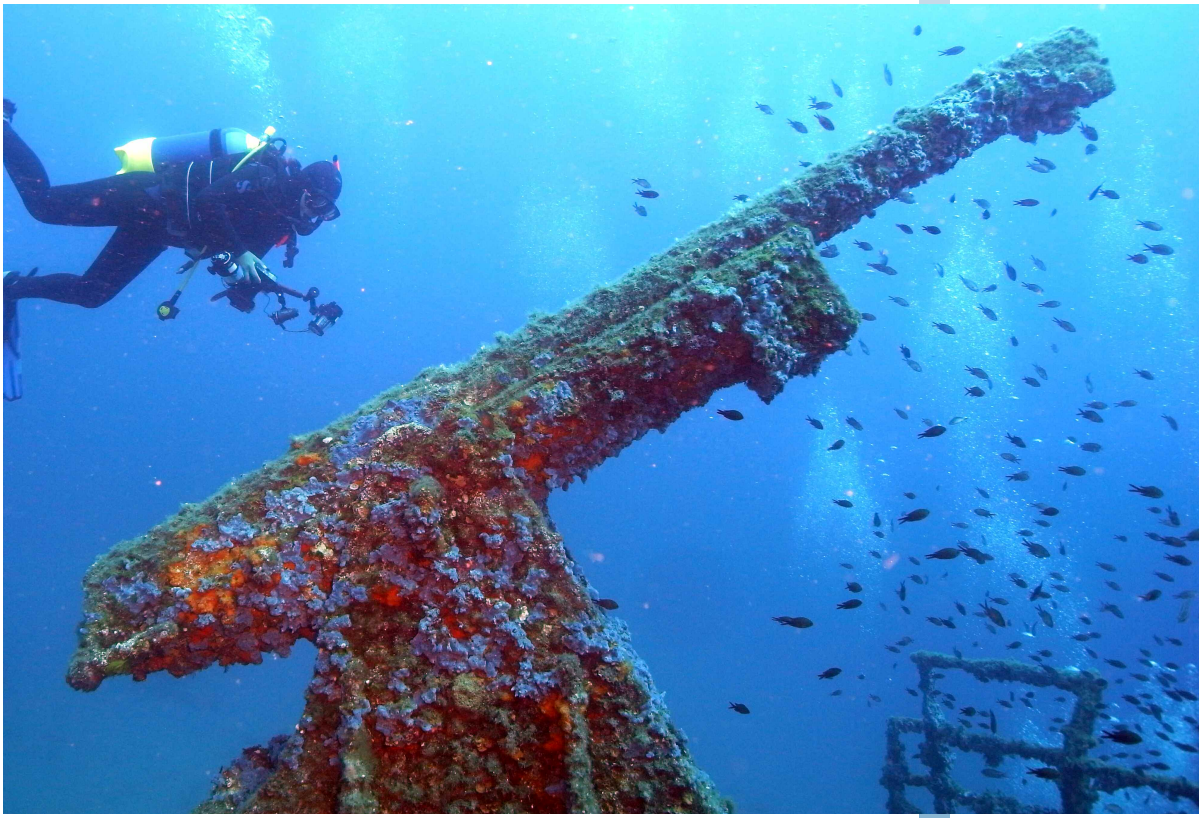
Se hai domande o non ricevi in tempo la convalida del tuo brevetto non esitare a contattare gli uffici di ESA Worldwide (info@esaweb.net) o l'ufficio ESA compente per il territorio in cui hai svolto il corso (Egitto, Cuba, ecc.): il nostro personale sarà lieto di offrirti tutta l'assistenza necessaria.

Una questione di esperienza

Le immersioni svolte a scopo sportivo con profili che richiedono sote di decompressione "obbligatorie" sono sostanzialmente immersioni molto simili a quelle effettua-

te entro i limiti di non decompressione. Tuttavia quando un subacqueo, durante l'immersione, eccede i limiti di non decompressione si trova in una condizione, per certi versi, simile a quelle tipiche delle immersioni in grotta, nei relitti o in ambienti chiusi. Infatti, **una volta superati i limiti non è possibile riemergere direttamente in superficie ma è necessario effettuare delle soste obbligatorie di decompressione**. Certo il subacqueo non ha un impedimento "fisico" che non gli consente di risalire, deve però essere consapevole del fatto che una risalita diretta (senza rispettare le tappe) lo esporrebbe a potenziale rischio di incorrere nella MDD. Da qui è facile comprendere perché per accedere al corso ESA Deepext Diver è necessario dimostrare di aver maturato una certa esperienza subacquea. **Con una buona dose di esperienza è infatti più difficile che il subacqueo possa incappare in condizioni che lo spingano a riemergere direttamente in superficie**.
Ovviamente l'esperienza dovrà essere affiancata allo studio e all'apprendimento delle tecniche in modo da essere preparati e poter così godere delle immersioni "extra range" in piena sicurezza.

In siti di particolare interesse, il brevetto ESA Deepext Diver può consentire una più soddisfacente esplorazione



Cosa hai imparato?

Questo esercizio serve per ripassare le informazioni più importanti della relativa Unità Teorica e per arrivare più preparato al prossimo appuntamento con l'Istruttore ESA. Rispondi alle domande scegliendo la risposta esatta tra quelle indicate, specificando se l'informazione è vera o falsa oppure scrivendo la risposta nell'apposito spazio. Correggi la scheda delle risposte con l'Istruttore che, ti darà le spiegazioni necessarie. Buon lavoro!

1. La denominazione "Deepext Diver" deriva dalla elaborazione:

a. delle parole "deep" e "hover"
b. della frase "extended deep diver"
c. dalla parola estremo
d. a e c sono corrette

2. I limiti del brevetto ESA Deepext Diver prevedono:

a. 45 metri di profondità massima
b. utilizzo di miscele particolari come il "trimix"
c. immersioni fuori curva con profili che richiedano al massimo 15 minuti di sosta di decompressione obbligatoria
d. a e c sono corrette

3. Vero o Falso? Il corso ESA Deepext Diver è il primo livello formativo della linea ESA Extended Range Diver.

4. Per accedere al corso ESA Deepext Diver è necessario possedere:

a. una particolare forza fisica
b. il brevetto ESA Advanced Diver ed avere effettuato e registrato almeno 15 immersioni
c. il brevetto ESA Deep Diver ed avere effettuato e registrato almeno 20 immersioni profonde
d. la capacità di ricordare tutti i valori delle tabelle di immersione

5. Altri requisiti obbligatori sono:

a. possedere il brevetto ESA Diveleader
b. possedere il brevetto ESA Nitrox Diver
c. avere 18 anni di età e consegnare un certificato medico di idoneità all' attività subacquea
d. a e b sono corrette

6. La struttura del corso prevede:

a. lo studio del manuale e le lezioni teorico-pratiche condotte da un ESA Deepext Diver Instructor
b. lo svolgimento delle immersioni in modo autonomo ed in curva di sicurezza
c. l'uso di miscele trimix
d. b e c sono corrette

7. Per ottenere il brevetto ESA Deepext è necessario:

a. soddisfare tutti i requisiti teorici
b. completare almeno 2 delle 4 immersioni previste
c. completare il corso in tutte le sue parti, dimostrare competenza nelle diverse aree e raggiungere tutti gli obbiettivi prefissati
d. eseguire almeno 1 immersione senza commettere errori

8. Le norme del corso ESA Deepext Diver prevedono la ripetizione di un'immersione di addestramento nel caso in cui:

a. sia stata supera la profondità pianificata
b. sia stato superato il tempo pianificato
c. sia stata supera la velocità di risalita prevista
d. tutte le sopraccitate

9. Il corso ESA Deepext Diver può iniziare :

a. con la prima acqua libera dopo aver soddisfatto i requisiti di ammissione
b. solo dopo aver completato tutta la parte teorica
c. subito dopo il conseguimento del brevetto ESA Deep Diver
d. dopo aver dimostrato la conoscenza della corretta preparazione di un piano d'immersione

10. Per accedere al corso ESA Deepext Diver è necessario:

a. possedere una particolare prestanza fisica
b. dimostrare di aver maturato un'adeguata esperienza subacquea
c. soddisfare i requisiti previsti
d. Sia b che c sono corrette

Dichiaro di aver rivisto tutte le risposte con l'Istruttore ESA e di aver compreso la spiegazione di quelle da me sbagliate.

*Firma*_____*data*_____

Capitolo 1

La decompressione

Cosa Imparerai

In questo capitolo approfondirai informazioni già apprese nei corsi precedenti, conoscerai la storia delle tabelle di immersione, come si sono evolute e come la US Navy (Marina Militare Americana) ha contribuito al loro sviluppo. Riceverai informazioni sulla fisiologia della decompressione e sulla teoria di elaborazione delle tabelle per passare all'analisi della classificazione delle PDD (Patologie Da Decompressione), delle tecniche di primo soccorso e dei fattori che influenzano la MDD (Malattia Da decompressione)

In ogni momento della risalita i subacquei sono fase di decompressione

Le prime tabelle d'immersione

Sin dalla loro nascita, medicina iperbarica ed attività subacquee procedono, com'è ovvio che sia, di pari passo: gli studi iperbarici raggiungono continuamente nuovi risultati e favoriscono l'adeguamento degli standards d'immersione verso un livello di sicurezza sempre maggiore. I primi studi sistematici sulle tabelle d'immersione si devono, infatti, alla necessità di risolvere il problema dell'insorgenza della Malattia da Decompressione sui pionieri palombari.

La prima testimonianza relativa alla Malattia da Decompressione (MDD) risale al 1670, quando Robert Boyle notò la formazione di una bolla all'interno dell'occhio di un serpente che aveva precedentemente pressurizzato in un contenitore. Boyle non ne capì le ragioni: solo duecento anni dopo, **il medico francese Paul Bert riuscì a fornire una spiegazione all'esperimento**.

I primi sintomi di MDD sull'uomo si registrarono nel 1841 in alcuni minatori francesi che lavoravano all'interno di una miniera pressurizzata. I medici **Pol e Wattelle** giunsero alle conclusioni, eccezionali per quei tempi, che **la diminuzione della pressione durante l'ascesa verso la superficie causava questa condizione dolorosa** che invece si alleviava riportando i soggetti a pressioni più elevate. Altri episodi si annotarono successivamente in **operai che lavoravano all'interno di casso-**

ni pressurizzati durante la costruzione delle fondamenta di ponti che attraversavano corsi d'acqua. La pressurizzazione con aria compressa era necessaria per evitare l'ingresso dell'acqua all'interno dei cassoni. I lavoratori, una volta raggiunta la superficie, lamentavano spesso forti dolori tanto da indurli a contorcersi per cercare sollievo. La Malattia da Decompressione quindi prese inizialmente il nome di "malattia dei cassoni" ed in seguito fu battezzata "the bends" (curve) dagli operai che lavoravano alla costruzione del famoso ponte di Brooklyn. Coloro che ne venivano colpiti, infatti, assumevano una posizione con il tronco in avanti che assomigliava alla postura a cui le donne erano costrette dai vestiti di moda in quel tempo, il "Grecian bend".

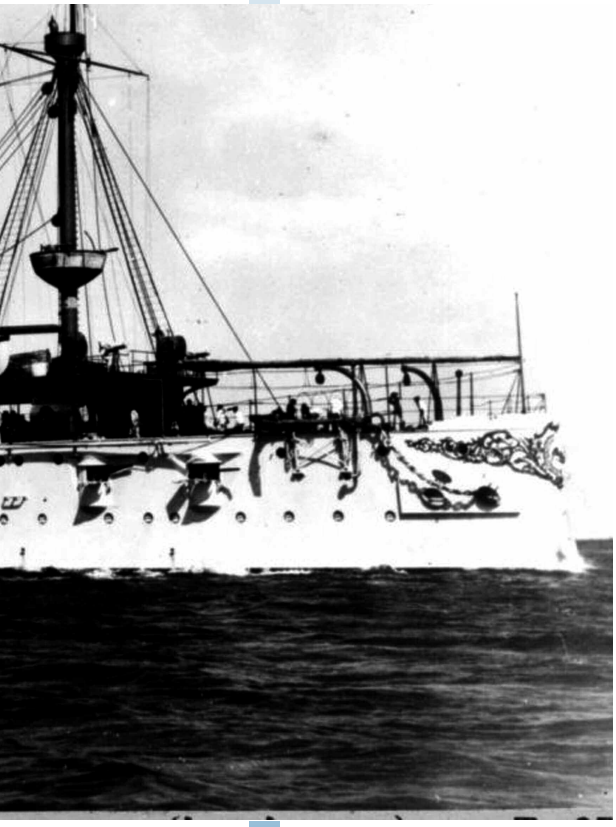
Nel 1870 Paul Bert, facendo tesoro dei dati raccolti sugli operai dei cassoni e sui palombari, iniziò i suoi studi alla ricerca delle cause della MDD, finché nel 1878 pubblicò le sue conclusioni ne "La Pression Barometrique". Bert sosteneva che i gas che compongono l'aria interagiscono chimicamente con i nostri tessuti in modo proporzionale alle variazioni della pressione circostante e che l'azoto, assorbito dall'organismo sottoposto a pressione, può ricomparire sotto forma di bolle nella fase di riduzione della pressione stessa. **Il medico francese consigliava a subacquei e lavoratori dei cassoni di effettuare risalite lente verso la superficie** e, in caso di insorgenza di sintomi di MDD, di scendere nuovamente per risalire ancora più adagio. **Nel 1879, durante la costruzione di un tunnel sotto il fiume Hudson nei pressi New York, fu usata la prima camera di decompressione** per il trattamento rapido dei casi di "bends": all'interno di essa, la pressione poteva essere incrementata o diminuita a seconda delle necessità del trattamento.

Uno dei pilastri del ponte di Brooklyn

Gli studi di Bert rappresentarono un grande progresso nella medicina iperbarica, ma un passo decisivo fu la **messa apunto nel 1900 da parte di Heller – Mager e von Schrotter di una equazione matematica che permetteva di calcolare gli scambi gassosi fra organismo ed ambiente al variare della pressione**. Ci vollero altri 7 anni per la pubblicazione delle **prime tabelle d'immersione ad opera del medico scozzese John Scott Haldane**. Specializzato nelle interazioni tra gas e corpo

umano (**scoprì anche che l'anidride carbonica regola il ciclo della respirazione**), indirizzò le sue ricerche sui palombari della Royal Navy. Allo scopo di dimostrare che l'organismo può assorbire una determinata quantità di azoto in eccesso oltre la quale si formano bolle, lo studioso si servì con successo di capre come cavie per i propri esperimenti. Successivamente, grazie ai test eseguiti sui sommozzatori, che raggiunsero profondità record superiori ai 60 metri senza registrare alcun sintomo di MDD, **Haldane poté pubblicare nel 1907 le prime tabelle d'immersione, destinate a rimanere una pietra miliare nelle teorie decompressive**. Esse si basavano fondamentalmente su tre presupposti: a) lo **scambio gassoso** è regolato dalla legge di Henry ("la quantità di gas disciolta in un liquido ad una data temperatura è direttamente proporzionale alla pressione parziale del gas"); b) la **curva di assorbimento** di un gas ha un andamento esponenziale; c) si può raggiungere una condizione di equilibrio detta **saturazione**.

Le tabelle d'immersione sono state studiate per scopi bellici



Il contributo della U.S. Navy

La U.S. Navy, da Haldane in poi, ha svolto un ruolo di fondamentale importanza nello sviluppo di tabelle e teorie decompressive oltre che di attrezzatura e tecnologie subacquee. L'esigenza della difesa nazionale ha spinto la U.S. Navy ad effettuare continue ricerche volte al miglioramento della subacquea moderna e di tutte le operazioni sottomarine. La necessità di una sicurezza sempre maggiore a tutela dei propri subacquei ha portato alla elaborazione di profili di decompressione sempre più testati e conservativi.

Ne sono testimonianza le continue modifiche che hanno subito le "USN Decompression Tables" dal 1915 ad oggi:

- 1915: vengono pubblicate le prime tabelle di decompressione elaborate da French e Stillson per il "Bureau of Construction and Repair" della USN

- 1935: Hawkins, Shillings e Hanson sviluppano la seconda generazione delle tabelle di decompressione

- 1937: terza generazione delle tabelle ad opera di Yarborough

- 1951: Van Der Aue crea la quarta generazione delle tabelle

- 1956: quinta edizione delle tabelle di decompressione, elaborate da **Des Granger, Dwyer** e **Workman** con l'uti-

lizzo di un computer UNIVAC e testate su un campione di circa 600 subacquei

-1960: Buehlmann elabora tabelle decompressive per immersioni ad aria, Heliox e Trimix considerando che l'assunzione e l'eliminazione di gas avvengono esponenzialmente ed a velocità identiche.

- 1965: Workman sviluppa una equazione per definire la massima pressione di gas inerte in un tessuto ammissibile per la risalita allo stop alla tappa successiva, introducendo il concetto di gradiente e rapporto variabile non solo con il tessuto, ma anche con la profondità.

- 1980: è una tappa fondamentale perché all'**Università delle Hawaii** viene sviluppata la teoria del "**Tiny Bubble Group Varying Permeability Model**" o **VPM** che si basa sulla presenza di **micronuclei gassosi** nel nostro corpo. Le bolle si formerebbero per la crescita dei micronuclei gassosi preesistenti (bolle stabili). Questi micronuclei aumentano di dimensioni se del gas inerte penetra nel loro interno durante la decompressione.

- 1990: nasce dal VPM il modello chiamato "**Reduced Gradient Bubble Model**" o **RGBM**, che prende in considerazione immersioni ripetute.

- 1993: vengono sviluppate nuove tabelle ma sono respinte dal "**Naval Sea System Command**" perché considerate troppo conservative

- 1999: viene pubblicata una nuova versione delle tabelle di decompressione con aria della U.S. Navy. Esse includono anche le nuove tabelle per salire di quota dopo l'immersione.

- 2011: sono in fase di elaborazione nuove tabelle per il Nitrox e per le immersioni con l'aria.

Gli incessanti studi condotti dalla USN hanno fatto sì che le tabelle d'immersione da essa elaborate siano tra le più collaudate ed affidabili oggi in uso.

In sintonia con la scelta di utilizzare le tabelle U.S. Navy testate mediante lo studio con metodica Doppler (ricerca delle bolle circolanti con gli ultrasuoni) per le immersioni entro i limiti di non decompressione, **ESA suggerisce di usare la versione più aggiornata delle tabelle USN per immersioni con decompressione**, nell'intento di fornire ai propri allievi uno strumento in linea con le più recenti acquisizioni.

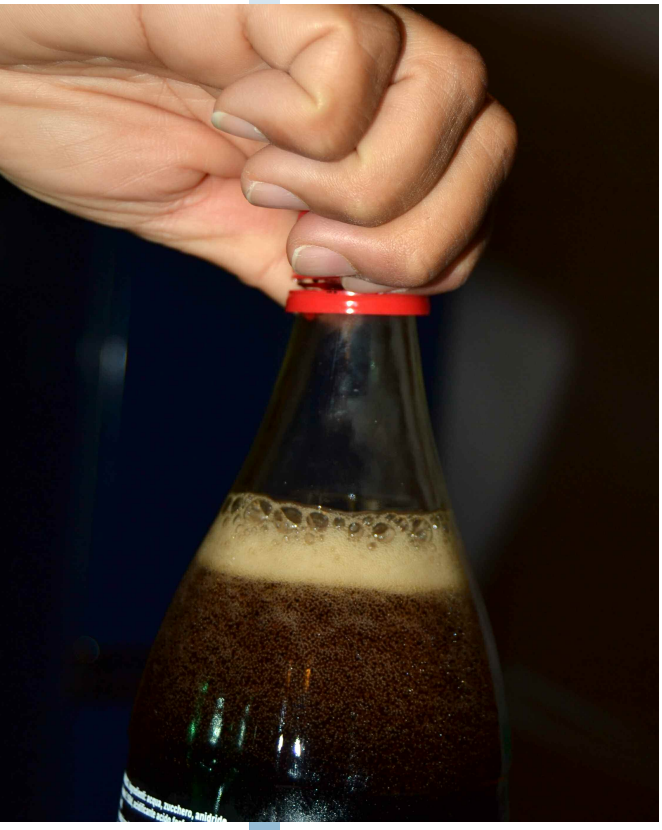
Diversi computer usano il modello RGBM

Fisiologia della decompressione

Come certamente ricorderai, l'aria che normalmente respiriamo è composta, con buona approssimazione, dal **21% di ossigeno** e dal **79% di azoto**. La percentuale di ossigeno presente nell'aria viene metabolizzata dal nostro organismo per assolvere alle funzioni vitali; l'azoto invece è un **gas inerte** e quindi non viene utilizzato dalle cellule: esso

entra nel nostro corpo con la respirazione e successivamente deve essere eliminato totalmente. In superficie l'eliminazione dell'azoto avviene in modo automatico, ma in immersione le dinamiche cambiano. Un gas inerte può essere indicato anche con il nome di "**diluente**".
Secondo la legge di **Henry** ("**la quantità di gas disciolta in un liquido ad una data temperatura è direttamente proporzionale alla pressione parziale del gas**"), il nostro organismo, composto principalmente da liquidi, tende ad assorbire azoto con l'aumentare della pressione ambiente, circostanza che si verifica in immersione. L'assorbimento prosegue fintanto che la pressione parziale dell'azoto respirato è superiore a quella dell'azoto assorbito dai tessuti dopo di che si instaura una condizione di equilibrio fra gas in circolo e gas disciolto nei tessuti detta "saturazione". E' chiaro quindi che **la quantità di azoto assorbita dipende direttamente dalla profondità e dalla durata dell'esposizione: più lunga e profonda sarà l'immersione, maggiore sarà la quantità di azoto disciolto nei tessuti**. La velocità con cui assorbiamo azoto dipende strettamente da due fattori. Il primo è la **differenza di pressione tra l'azoto respirato e quello già disciolto**: maggiore è tale gradiente, maggiore sarà la velocità con cui avverrà il processo di assorbimento. Ciò vuol dire che in acque più profonde l'azoto è assorbito più velocemente dai nostri tessuti rispetto alle immersioni in acque basse. Il secondo fattore è costituito dalle **differenti caratteristiche dei vari tessuti**: esistono tessuti (ad es. il sangue) che assorbono più rapidamente il gas inerte che sono definiti tessuti veloci e tessuti (ad es. il grasso) che lo assorbono più lentamente e che sono indicati come tessuti lenti. Essi **sono classificati in base al tempo di emisaturazione**, cioè il tempo richiesto per raggiungere il **50%** della saturazione, intesa come la condizione in cui il tessuto contiene la massima quantità di azoto (o inerte) che può avere in soluzione a quella particolare pressione. **Per la saturazione totale occorre un tempo pari a circa 6 volte il tempo di emisaturazione**.
In fase di risalita, nel rispetto della stessa legge di **Henry**, il meccanismo descritto si inverte. Diminuendo la profondità, diminuisce la pressione ambiente a cui respiriamo e,

La legge di Enry spiega ciò che accade quando si apre (decomprime) una bottiglia contenente una bevanda "gassata", cioè addizionata di gas



di conseguenza, la pressione tissutale del gas inerte supera quella ambiente generando un processo di eliminazione dell'azoto precedentemente assorbito. **In tale circostanza, i tessuti sono sovrasaturi, cioè è disciolta in essi una quantità di azoto superiore rispetto a quella che potrebbero contenere ad una determinata pressione ambiente**.

La fase di eliminazione dell'azoto riveste un'importanza fondamentale nell'eventuale insorgenza della **Malattia da Decompressione**: se non favorita correttamente, essa può portare alla **formazione di bolle d'azoto nei tessuti che, a seconda della collocazione, possono causare forme di MDD più o meno gravi e con segni e sintomi diversi**. Le procedure di risalita (o decompressione) sono oggetto di studio sin dalle prime manifestazioni di Bends: i fisiologi, da Haldane ad oggi, hanno rivolto le loro ricerche al miglioramento degli algoritmi per il calcolo della decompressione utilizzati da tabelle e computer subacquei ed alla determinazione di una corretta velocità di risalita. Col procedere della ricerca e della conoscenza, chiaramente, sono cambiati anche i principi di base su cui si fondano i diversi risultati e le soluzioni proposte sono divenute via via più affidabili. Vediamo alcuni tra i risultati più importanti.

Qualsiasi risalita consiste in una decompressione a prescindere da eventuali soste obbligatorie

Teorie di elaborazione delle tabelle

La validità dell'utilizzo delle tappe di decompressione nella riduzione dei rischi di MDD **fu elaborata e dimostrata da Haldane sin dai primi anni del novecento**. La sua ipotesi era che l'eccesso d'azoto accumulato nei tessuti nel corso delle attività subacquee potesse portare, durante la risalita, alla formazione di bolle in circolo con successivi segni e sintomi di MDD. Il fisiologo scozzese individuò una serie di "**tessuti teorici**": tessuti **veloci**, con tempi di emisaturazione rispettivamente di 5, 10 e 20 minuti e tessuti **lenti**, con tempi di emisaturazione di 40, 60 e 120 minuti. Egli, partendo dall'idea che i tessuti veloci fossero i maggiori responsabili dell'insorgenza di MDD in quanto i più veloci ad accumulare azoto, **basò tutti i suoi calcoli sul tessuto con tempo di emisaturazione pari a 5 minuti**.

La maggior parte dei successivi tentativi volti a prevenire la malattia da decompressione furono elaborati partendo dalle teorie di Haldane con una sola rettifica da parte della U.S. Navy che portò il tempo di emisaturazione del tessuto classificato da 5 minuti a 6 minuti. Successivamente proprio gli studi costanti sul campo da parte della USN suggerirono che l'ipotesi di Haldane era corretta solo in parte. **Si capì infatti che occorreva considerare anche i tessuti lenti, probabilmente i maggiori responsabili dell'insorgenza dei sintomi** da MDD. Essi infatti, dopo aver accumulato l'azoto, fungono da veri e propri serbatoi del gas assorbito trattenendolo per tempi più lunghi rispetto ai tessuti veloci. Partendo da questa principio, le elaborazioni successive presero rotta diversa da quella precedente. Si decise dunque di continuare a proteggere i tessuti veloci dalla sovrasaturazione tenendo però in considerazione l'esistenza di tessuti con tempi di emisaturazione molto più lunghi. Ad esempio **gli algoritmi di Albert Bühlmann, sviluppati nel 1989 ed utilizzati nella progettazione di alcuni tra i più recenti computer subacquei, comprendono fino a 16 tessuti dei quali il più lento è un tessuto con emisaturazione pari a 635 minuti**.

Un computer che indica la deep stop

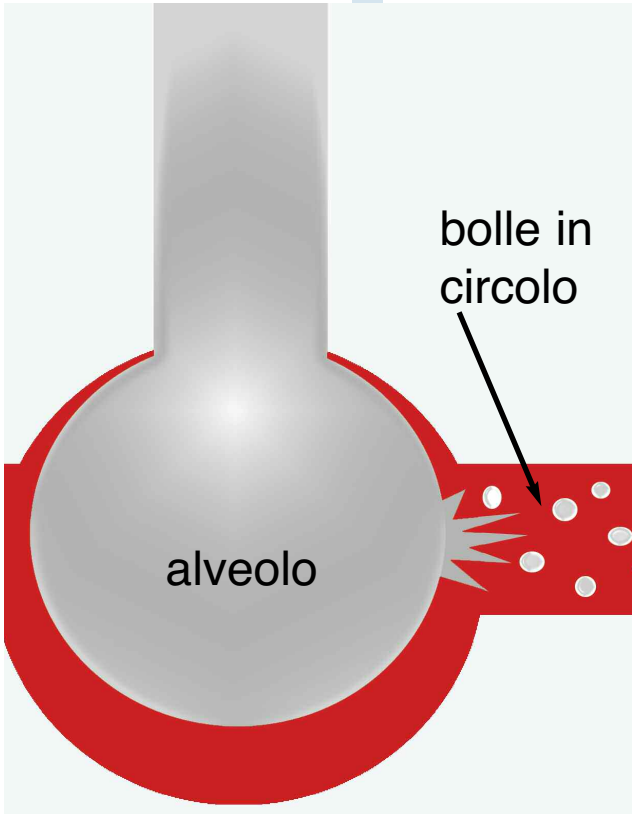
Dal punto di vista strettamente operativo, un cambiamento fondamentale nella prevenzione delle patologie da decompressione è stata la **riduzione della velocità di risalita**. Per decenni, a seguito delle analisi effettuate dalla U.S. Navy, è stata indicata come corretta una velocità di risalita di **18 metri al minuto**. Solo di recente essa è stata ridotta di molto e portata a soli **9 metri al minuto**. *I computer subacquei sono dotati di un allarme (visivo e sonoro) che si attiva in caso di eccesso di velocità.* Un'altra innovazione nell'ambito delle teorie decompressive, che ad oggi è ancora oggetto di molteplici approfondimenti e dibattiti, è **l'impiego della sosta profonda o "deep stop"**: una delle procedure sviluppate consiste ad esempio in una tappa effettuata circa alla metà della profondità massima raggiunta e, secondo gli studiosi, potrebbe ridurre significativamente l'incidenza di MDD di tipo neurologico. Ne parleremo in maniera più approfondita nel Capitolo 3, illustrando diverse tecniche di esecuzione delle soste profonde.

PDD: classificazione e primo soccorso

Il termine PDD (Patologie Da Decompressione) raccoglie in realtà una gamma di patologie piuttosto vasta, **sostanzialmente legate a sovrapressione e che si manifestano durante o dopo la risalita da un'immersione con autorespiratore**. Gli esiti più significativi sono quelli legati all'Embolia Gassosa Arteriosa (**EGA**) ed alla Malattia da Decompressione (**MDD**), della quale abbiamo già parlato nei paragrafi precedenti e che continueremo ad approfondire nei successivi.

La causa più frequente dell'EGA è il fatto di trattenere il respiro in fase di risalita: ciò provoca una sovrapressione all'interno dei polmoni, la rottura degli alveoli e talvolta una vera lacerazione dei polmoni con conseguente fuoriuscita di **aria (o qualsiasi altro gas respirato) che può andare in circolo sotto forma di bolle** o anche distribuirsi in altre zone come mediastino o sottocute. Dunque MDD ed EGA sono entrambe causate dall'ingresso di bolle nella circolazione, ma mentre nel caso della MDD si tratta di bolle di azoto od altri gas inerti, quelle che si formano a seguito della EGA sono bolle della miscela respirata (inclusa, ovviamente la normale aria atmosferica). Moderne acquisizioni scientifiche suggeriscono una nuova modalità di insorgenza della MDD. Esse fanno riferimento alla **teoria dei "micronuclei" secondo la quale piccolissime bolle del diametro di micron (millesima parte del millimetro) sarebbero comunque sempre presenti sul rivestimento interno dei vasi sanguigni** (endotelio). In risalita, altro gas ne provoca l'aumento in dimensione sino al loro distacco e messa in circolo.

Mentre **l'EGA provoca danni tessutali, in particolare al cervello, per un effetto meccanico di ostruzione arteriosa**, i meccanismi che sottendono all'insorgenza della MDD sono più complessi. E' ormai accertato, come la teoria dei micronuclei dimostri, che **le bolle si formano immancabilmente in ogni immersione**. Se la risalita (e la decompressione) è stata corretta esse sono sufficientemente piccole da non provocare alcun danno e vengono eliminate attraverso il "filtro" polmonare. **In caso contrario esse ostruiscono i vasi sanguigni venosi dei diversi organi ma, ovviamente, diventano particolarmente pericolose se occludono le vene midollari**.



Rappresentazione semplificata della rottura di un alveolo

Il danno in tale sede è causato principalmente dall'insorgere di stasi venosa ed edema con blocco del flusso sanguigno e morte delle cellule nervose. Da ciò può esitare emiplegia (deficit motorio di un lato del corpo), paraplegia, tetraplegia (deficit motorio rispettivamente degli arti inferiori o di tutti e quattro gli arti) od anche morte per blocco dei centri nervosi della respirazione a seconda del livello spinale dell'insulto ischemico (colpito dall'ischemia).
Una visione moderna della fisiopatologia del danno ischemico da EGA o MDD consiste nello spiegarne l'insorgenza anche per la concomitante presenza di fenomeni infiammatori locali, aggregazione piastrinica, attivazione della coagulazione e vasocostrizione a seguito della occlusione vascolare, con conseguente peggioramento delle manifestazioni cliniche.

Respirare Ossigeno al 100% è una procedura da attuare in caso di MDD, EGA e preannegamento

Altre forme meno gravi di sovradistensione polmonare sono il pneumotorace (collasso del polmone in seguito alla lesione di una pleura), **l'enfisema mediastinico** (l'aria fuoriuscita dal polmone si raccoglie attorno al cuore) e **l'enfisema sottocutaneo** (l'aria fuoriuscita dal polmone si raccoglie sotto la pelle).
Pur essendo sostanzialmente diverse, tutte le patologie elencate sinora possono essere accomunate per diverse caratteristiche, con **segni e sintomi molto simili e non facilmente distinguibili**. Analizziamo ora i segni (ciò che il soccorritore può rilevare) ed i sintomi (ciò che il paziente riferisce) della EGA e della MDD.
I segni ed i sintomi della EGA sono generalmente immediati e simili a quelli dell'ictus: perdita di coscienza, insufficienza o arresto respiratorio, respirazione rumorosa, sospensione delle funzioni celebrali, perdita della motilità volontaria, convulsioni, disturbi della personalità, debolezza, disorientamento, disturbi della vista, difficoltà di parola, emiparesi facciale o paralisi ad un arto con perdita di tonicità muscolare. Nei casi più gravi, la morte.
I segni ed i sintomi della MDD si manifestano invece dopo un periodo di tempo che va dai 20 minuti alle due ore, ma possono insorgere anche dopo diverse ore o giorni, talvolta durante il volo dopo l'immersione. Come per la EGA, variano a seconda della localizzazione delle bolle e della gravità e comprendono arrossamento cutaneo, perdita dell'equilibrio, stanchezza e malessere, prurito, dolori alle articolazioni, formicolio, intorpidimento, capogiri e

nausea, perdita di controllo degli sfinteri, paralisi, disturbi della parola, pupille con diverso diametro. Morte in caso di grave danno neurologico.
Fortunatamente **le procedure di primo soccorso da applicare sono le stesse garantendo una maggiore facilità di standardizzazione d'intervento**. Dopo aver valutato attentamente la scena ed aver **rimosso la vittima dall'acqua, occorre attivare celermente i soccorsi e controllare le funzioni vitali applicando le più aggiornate procedure BLS** (Basic Life Support). Se la vittima non respira, bisogna iniziare il più velocemente la Rianimazione Cardiopolmonare, se invece respira, dopo averla messa nella posizione laterale di sicurezza, **aiutarla a respirare ossigeno ad una concentrazione il più possibile vicina al 100%**, con una mascherina con reservoire se incosciente o con un erogatore a domanda se cosciente. Successivamente, organizzare il **trasporto immediato presso un centro medico specializzato o la camera iperbarica più vicina** anche se la vittima manifesta evidenti segni di miglioramento. La reidratazione è molto importante per cui, in caso di paziente cosciente e vigile, è raccomandabile fargli bere molta acqua e monitorarlo costantemente.
Ti sarà ora ancora più chiaro quanto sia importante conoscere le procedure fondamentali del primo soccorso ed ancor prima di prevenzione, per poter essere considerato un compagno d'immersione affidabile. **Il Pacchetto Sicurezza ESA, con i corsi ESA First Aid, ESA Prevention & Rescue Diver ed ESA Oxygen First Aid, nasce proprio per rispondere all'esigenza del subacqueo di migliorare in queste aree di competenza**: riconoscere i segnali che precedono una possibile emergenza ed eventualmente saper intervenire con perizia e preparazione sulla scena di un incidente significa contribuire sostanzialmente ad incrementare il livello di sicurezza dell'attività subacquea.

Il corso ESA Prevention & Rescue Diver è uno dei principali strumenti di prevenzione

Fattori che favoriscono la MDD

Nonostante alcune dinamiche della malattia da decompressione siano ancora "misteriose" perché difficili da comprendere e dimostrare e sebbene l'influenza di fattori strettamente individuali su eventi di MDD sia ancora oggetto di dibattito, **gli esperti sono d'accordo sull'esistenza di alcuni elementi che condizionano la predisposizione** individuale. Il seguente elenco è il risultato di studi scientifici sistematici ma anche di esperienze subacquee pratiche.

- Inesperienza: secondo le statistiche, la maggior parte degli incidenti avviene tra subacquei inesperti e disinformati. **E' fondamentale raggiungere in piena consapevolezza tutti gli obiettivi previsti dalla propria formazione subacquea**: non esitare quindi a chiedere consigli ed approfondimenti teorico-pratici al tuo Istruttore ESA. In questa ottica, ESA ha scelto standards di sicurezza molto elevati richiedendo ad esempio ai propri subacquei esperienza certificata per l'iscrizione ad alcuni programmi: per poter frequentare il corso **ESA Deepext Diver** infatti devi aver registrato sul tuo log-book almeno 20 immersioni profonde eseguite dopo il conseguimento del brevetto ESA Deep Diver (o un livello equivalente).

- Tessuti grassi: l'alta solubilità dell'azoto nel grasso ne incrementa la capacità di assorbimento e di accumulo. **A parità di peso, infatti, il grasso assorbe una quantità di azoto 6 volte maggiore rispetto a quella assorbita dal sangue**. La riserva d'azoto disciolto può causare un ingente ritardo nella fase di eliminazione con conseguenti problemi di decompressione.

Comparazione della sintomatologia tra MDD e EGA

	MDD	EGA
insorgenza	ritardata dopo ore o giorni	immediata a volte entro 2`
modalità	midollare	cerebrale
parti colpite	parte bassa del corpo	un lato del corpo
altro	artralgia neuropatie	encefalopatia pneumotorace enfisema

- Età: in realtà, **non è propriamente l'età a favorire l'insorgenza di MDD ma alcuni aspetti fisiologici ad essa legati** come ad esempio una minore efficienza dei sistemi circolatorio e respiratorio, patologie degenerative alle articolazioni e l'aumento del peso corporeo e dei grassi. Questi fattori si traducono in uno scambio gassoso inefficace e di conseguenza in una maggiore vulnerabilità alla MDD. Tuttavia, molti dei rischi derivanti dall'età **possono essere abbattuti con uno stile di vita che includa esercizio fisico ed una dieta corretta**.

- Fumo: il fumo **è causa di un degrado fisico generale che mal si coniuga con qualsiasi attività sportiva**: accelerazione del battito cardiaco e diminuzione della

capacità polmonare sono solo gli aspetti più evidenti. In riferimento alle attività subacquee, **il fumo accresce sensibilmente i rischi di sovradistensione polmonare legati alla risalita, in quanto causa della rimozione delle sostanze tensioattive presenti in bronchioli ed alveoli**. Tali sostanze infatti hanno la funzione di evitare l'incollaggio e la chiusura delle pareti dei bronchioli che collassano in seguito all'espirazione. Senza di esse, l'adesione tra le pareti dei bronchioli può creare condizioni del tutto simili a quelle che si possono verificare trattenendo il respiro. **Il fumo, inoltre, danneggia l'endotelio dei vasi sanguigni facilitano la formazione delle bolle** mediante l'innesco, come abbiamo già detto, di fenomeni infiammatori

- Fatica: attività faticose in immersione accelerano la circolazione sanguigna. Ciò si traduce in un assorbimento d'azoto maggiore. **Secondo alcuni studi, le immersioni faticose richiederebbero un tempo di decompressione tre volte maggiore rispetto a quello di un'analoga immersione condotta in condizioni di riposo**. Tratteremo l'argomento delle immersioni faticose o in acque fredde nel capitolo successivo.

- Disidratazione: la disidratazione contribuisce in modo decisivo alla diminuzione della circolazione sanguigna, non solo nella pelle e nei muscoli ma anche alle articolazioni ed alle ossa. Come conseguenza, si ha una decelerazione nella rimozione dell'azoto ed un aumento delle possibilità di formazione di bolle. **Un subacqueo attento dovrebbe consumare molta acqua e frutta nelle ore che precedono le proprie escursioni subacquee** (non subito prima, cosa che, paradossalmente può contribuire alla disidratazione stimolando la diuresi), **evitando invece di assumere bevande a base di caffeina o alcool che favoriscono la disidratazione** aumentando anch'esse la diuresi. Altri fattori che possono agevolare la disidratazione sono l'aria secca che respiriamo dalle bombole e la sudorazione eccessiva in luoghi particolarmente caldi.

- Freddo: le basse temperature in acqua potrebbero ridurre il flusso sanguigno nei tessuti soprattutto alle estremità e di conseguenza la capacità dell'organismo di eliminare i gas inerti. Secondo alcuni studi, **la circolazione nei muscoli potrebbe essere ridotta addirittura del 50 %**.

Praticando attività subacquea, è molto importante prevenire la disidratazione

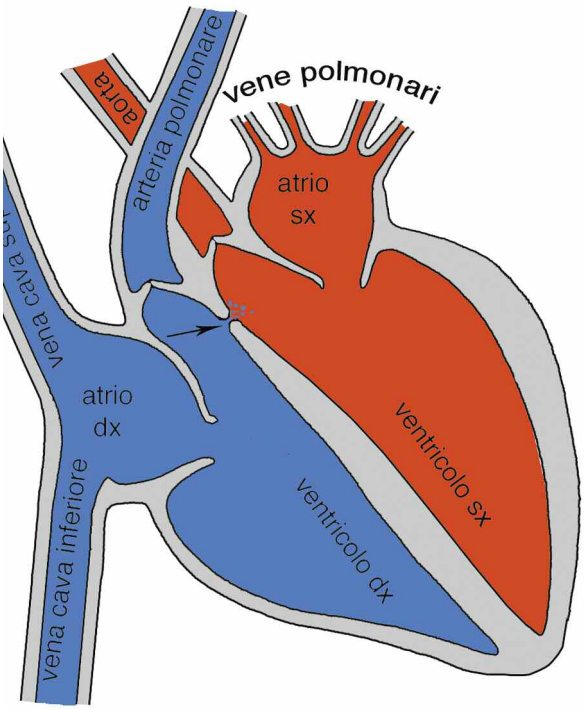
Prima di volare o salire in altitudine attendere il tempo prestabilito

- Infortuni: ferite, malattie: sono tutti fattori che riducono anche solo localmente la normale circolazione sanguigna, rallentando la fase di scarico dell'azoto.
- Alcool: anche il consumo di sostanze alcoliche **accelera la velocità del torrente ematico incrementando l'assorbimento di azoto** da parte dei tessuti nel corso dell'immersione. Provoca, inoltre, disidratazione incrementando la diuresi per inibizione dell'adiuretina, ormone che normalmente fa trattenere i liquidi dal rene
- Anidride carbonica: un eccesso di anidride carbonica, ad esempio **causato da micro-apnee o respirazione scorretta, potrebbe interferire col trasporto dei gas** attraverso il sistema circolatorio e di conseguenza ostruire lo smaltimento dell'azoto.
- Altitudine e volo: le immersioni in altitudine **richiedono tabelle speciali a causa della ridotta pressione ambientale**. Anche salire di quota o viaggiare in aereo dopo le immersioni può aumentare i rischi di MDD a causa della produzione o l'espansione delle bolle esistenti: bisogna quindi rispettare alcune procedure. Ne parleremo in un paragrafo dedicato.
- Forame Ovale Pervio (FOP): chiamato anche Patent Foramen Ovale (PFO), non è una patologia ma soltanto **il persistere, nel corso della vita adulta, di una caratteristica anatomica propria del cuore presente prima della nascita**. Nel grembo materno, infatti, il sangue del feto immerso nella placenta **non viene ossigenato dai polmoni ma attraverso i vasi sanguigni del cordone ombelicale**. Essi fanno parte del sistema circolatorio del sangue venoso e conducono quindi il sangue ricco di ossigeno all'atrio destro del cuore. Successivamente, il 90% del sangue ossigenato passa direttamente dall'atrio destro a quello sinistro attraverso un'apertura a valvola (il forame ovale) che li mette in comunicazione, trasferendosi nel sistema circolatorio arterioso. Solo il 10% circa del sangue passa attraverso i polmoni percorrendo il cammino che effettua in un sistema circolatorio sviluppato. **Alla nascita, non appena il neonato fa il suo primo respiro, i polmoni si espandono e di conseguenza aspirano il sangue dalla parte destra del cuore**, riducendo improvvisamente la pressione presente nell'atrio ed inducendo il forame ovale a chiudersi. Esso si chiuderà in maniera permanente nelle setti-

mane successive alla nascita. Tuttavia, in circa il 30% della popolazione, rimane una piccola apertura o pervietà che non determina assolutamente nessuna conseguenza nella vita di tutti i giorni. Da molti anni però **si discute sulla possibilità che il FOP possa incrementare i rischi di EGA** e di **MDD**, in quanto offrirebbe una possibile strada (shunt) per il passaggio di bolle dal circolo venoso a quello arterioso, con esclusione quindi dal circolo polmonare che fa da filtro per le microbolle sempre presenti in circolo dopo una immersione.

Analizziamo meglio il meccanismo. **Durante la fase di decompressione, le bolle liberate dai tessuti e circolanti nel sangue venoso giungono alla parte destra del cuore** (che normalmente non comunica direttamente con la sinistra), prima all'atrio e poi al ventricolo. Di qui sono poi convogliate, insieme al sangue che dovrà ossigenarsi, nella circolazione polmonare mediante l'arteria polmonare. Il sangue raggiunge gli alveoli dove avviene lo scambio gassoso con fuoriuscita dell'anidride carbonica ed ingresso di ossigeno. Anche le bolle di gas inerte, una volta giunte agli alveoli, vengono eliminate mediante l'espirazione. **Il FOP potrebbe permettere ad una parte del sangue venoso e, con esso, alle bolle di gas inerte, di evitare il percorso appena descritto, by-passando la circolazione polmonare e rientrando nel circolo arterioso**. Una tale evenienza può essere considerata un fattore di rischio di EGA.

La stima dell'incidenza del Forame Ovale Pervio sui casi di patologia da decompressione é ancora oggetto di una discussione molto viva e controversa da parte degli studiosi. Per questo è consigliabile sottoporsi ad una visita specialistica e rimettersi ai consigli di un medico iperbarico.



Complimenti!

In questo capitolo hai approfondito informazioni già apprese in precedenza, ricevuto alcune informazioni sulla storia delle tabelle di immersione, su come si sono evolute e su come la US Navy ha contribuito al loro sviluppo. Hai appreso o rivisto informazioni sulla fisiologia della decompressione, sulla teoria di elaborazione delle tabelle ed effettuato l'analisi della classificazione delle PDD, delle tecniche di primo soccorso e dei fattori che influenzano la MDD.

Cosa hai imparato?

Questo esercizio serve per ripassare le informazioni più importanti della relativa Unità Teorica e per arrivare più preparato al prossimo appuntamento con l'Istruttore ESA. Rispondi alle domande scegliendo la risposta esatta tra quelle indicate, specificando se l'informazione è vera o falsa oppure scrivendo la risposta nell'apposito spazio. Correggi la scheda delle risposte con l'Istruttore che, ti darà le spiegazioni necessarie. Buon lavoro!

1. La prima testimonianza di MDD fu riportata da Robert Boyle che notò la formazione di una bolla di gas:

- **a.** nella gamba di un uomo
- **b.** nell' occhio di un serpente
- **c.** nel cervello di un topo
- **d.** a e c sono corrette

2. I primi sintomi di MDD sull' uomo furono registrati:

- **a.** nel 1670
- **b.** nel 1841
- **c.** nel 1700
- **d.** nel 1900

3. Vero o Falso? Le prime tabelle di decompressione furono messe a punto da Paul Bert nel 1870

4. La parola "Bends" usata per indicare la MDD deriva:

- **a.** dal nome dei cassoni pressurizzati utilizzati per la realizzazione dei ponti
- **b.** dalla postura assunta dagli operai dei cassoni a causa della MDD
- **c.** dallo scopritore della MDD
- **d.** a e c sono corrette

5. Il medico scozzese John Scott Haldane è notoriamente famoso perché:

- **a.** fu il primo ad individuare i sintomi della MDD
- **b.** consigliò ai subacquei di effettuare una risalita lenta
- **c.** nel 1907 pubblicò le prime elaborazioni delle tabelle d' immersione
- **d.** a e b sono corrette

6. Le prime tabelle di decompressione furono basate:

a. sullo scambio gassoso (legge di Henry)
b. sulla curva di assorbimento
c. sulla saturazione dei tessuti
d. tutte le sopraccitate sono corrette

7. La Legge di Henry dice che:

a. un corpo immerso in un fluido, riceve una spinta dal basso verso l'alto, uguale al peso del volume del fluido spostato
b. la quantità di gas disciolta in un liquido, ad una data temperatura, è direttamente proporzionale alla pressione che il gas esercita sul liquido stesso
c. a volume costante, la pressione di un gas è proporzionale alla sua temperatura
d. la pressione esercitata su un fluido si trasmette in tutte le direzioni con uguale intensità

8. I due fattori da cui dipende la velocità di assorbimento dell'azoto sono:

a. tipo di miscela respirata e profondità
b. limiti di esposizione all'ossigeno e tempi di esposizione all'azoto
c. differenza di pressione tra l'azoto respirato e quello disciolto e caratteristiche dei tessuti
d. tutte le sopraccitate sono corrette

9. PDD è un acronimo usato per indicare:

a. le patologie da decompressione
b. le patologie da compressione
c. il primo intervento medico su un subacqueo colpito da MDD
d. un problema di compensazione in discesa

10. I fattori che possono favorire l'insorgere di una PDD sono:

a. l'età
b. il fumo
c. il forame Ovale Pervio (FOP)
d. un problema di compensazione in discesa

Dichiaro di aver rivisto tutte le risposte con l'Istruttore ESA e di aver compreso la spiegazione di quelle da me sbagliate.

*Firma*_____*data*_____