

MANUALE DI IMMERSIONE

CORSO DI 1° GRADO

Manuale adottato da FisaSub



Foto Cesarini

**A. BENTIVEGNA - V. DI MARIO
2001**

MANUALE DI IMMERSIONE

di
A. Bentivegna - V. Di Mario

Testi:

Antonello Bentivegna
Valter Di Mario

Disegni:

Antonello Bentivegna

Veste grafica:

Valter Di Mario

Foto:

Archivio
Centro Sub Nadir - Roma

MANUALE DI IMMERSIONE

PREMESSA

Questo manuale di immersione subacquea (CD Rom e stampato) è stato concepito secondo una filosofia didattica basata sul concetto di formazione continua.

I vari livelli contenuti non rappresentano un punto di arrivo nella formazione didattica, ma un gradino di crescita nelle conoscenze.

Il manuale d'immersione è uno strumento a disposizione della scuola per permettere una preparazione dell'allievo, il più elevata possibile, in tutto il suo percorso formativo.

Una icona riportata su ogni pagina mostra l'indicazione più adatta alla destinazione del manuale.

Gli argomenti selezionati nel corso base sono ripetuti e ripresi nei corsi successivi in modo più analitico, per essere usati opportunamente all'interno dei corsi.

Questo vale anche per gli opuscoli che riportano lo stesso materiale in una veste più agile e possono essere usati come singole dispense o inseriti nei vari corsi in qualsiasi momento.

Della stessa serie, per le specialità destinate a gradi avanzati, sono in preparazione altri opuscoli quali:

SALVAMENTO,
ARCHEOLOGIA,
FOTOSUB,
VIDEOSUB,
AMBIENTE.

Ognuno di questi opuscoli potrà essere usato singolarmente, come approfondimento specialistico, o, come supporto conoscitivo anche in un corso di 1° grado.

Va per altro aggiunto che, la sola consultazione del manuale non può garantire tutta la conoscenza necessaria alla pratica dell'attività subacquea.

E' quindi di fondamentale importanza la frequenza di un corso di immersione condotto da un istruttore qualificato, e, soprattutto, un adeguato numero di immersioni guidate in acque libere.

Gli autori

A. Bentivegna - V. Di Mario



Indice analitico

L'ARIA E I SUOI COMPONENTI
LE PRESSIONI PARZIALI
PRESSIONI E VOLUMI
LA COMPENSAZIONE
LA CIRCOLAZIONE
L'APNEA
L'ATTREZZATURA
I CONSUMI E LA SCORTA DI ARIA
LA SATURAZIONE
S.D.D. (Sindrome Da Decompressione
E.G.A (Embolia Gassosa Arteriosa)
LE TABELLE DI DECOMPRESSIONE
L'IMMERSIONE RIPETITIVA

La formulazione grafica di questo manuale rende possibile l'integrazione del testo in relazione alla graduale crescita dell'allievo.

In ogni pagina sarà ospitata una icona; essa rappresenta l'indicazione migliore alla finalità del manuale.

LEGENDA DELLE ICONE



Testo adatto al:
Corso di 1° Grado



Testo adatto al:
Corso di 2° Grado



Testo adatto al:
Corso di 3° Grado



Testo adatto al:
Corso di Guida Sub

L'ARIA ED I SUOI COMPONENTI



Siamo abituati a pensare all'aria che respiriamo, come se fosse formata da un solo gas, invece è una miscela composta da più gas.

I gas che tratteremo durante lo svolgimento del corso subacqueo sono principalmente 3: Azoto, Ossigeno ed Anidride Carbonica.

Per nostra comodità sarà utilizzato, come chiave di lettura, il loro simbolo chimico e cioè **N₂** per l'Azoto, **O₂** per l'ossigeno e **CO₂** per l'anidride carbonica.

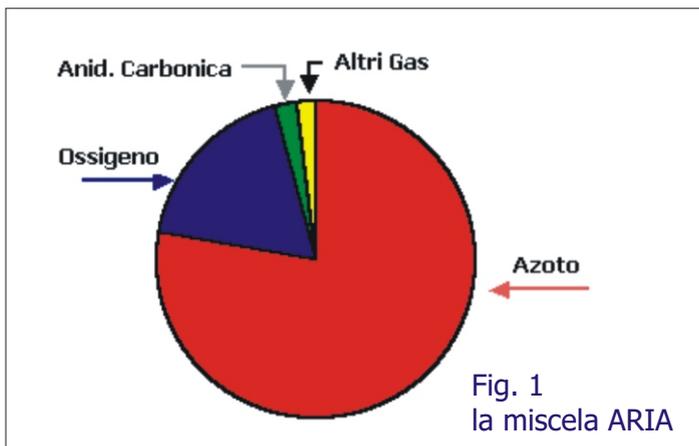
Guardando il grafico illustrato nella Fig.1 (miscela Atmosferica) è possibile valutare immediatamente quali sono le rispettive percentuali, presenti all'interno della miscela.

L'Azoto (N₂) è presente nella misura dell'79% circa, L'ossigeno (O₂) nella misura del 20% e ed il restante 1% è suddiviso fra gli altri gas, compresa l'anidride carbonica (CO₂).

Nell'esempio riportato (fig.2) immagineremo lo stesso composto esposto ad una pressione di 1 Atmosfera, ovvero la stessa pressione a cui siamo sottoposti normalmente vivendo in un qualsiasi luogo prossimo, come altitudine, al livello del Mare.

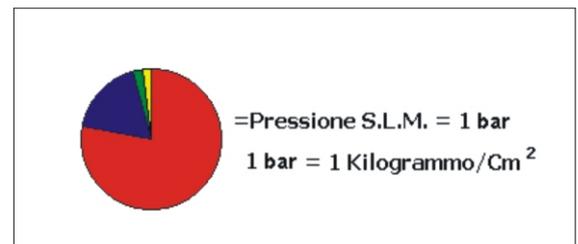
Tale pressione, non è altri che il peso dato dall'aria che dal livello del mare sale fino ai confini dell'atmosfera terrestre: **Pressione = Peso**

Un Atmosfera, indicata con la sigla (**bar**), viene comunemente misurata con una colonna di mercurio, avente per base un centimetro di diametro e la cui altezza misura 760 mm. (Fig.3).



Il peso esercitato da questa colonna è di un chilogrammo (kg). Possiamo quindi, confermare un'altra equivalenza ovvero:

1 bar (pressione) = 1 Kg (peso)



A fronte di quanto finora valutato possiamo quindi determinare che al livello del mare siamo sottoposti, omogeneamente su tutto il nostro corpo, ad una pressione di circa 1 bar per Cm², ovvero ad un peso di circa 1 Kg. per Cm².

Se provassimo a pensare da quanti Cm² è composta tutta la nostra superficie corporea ci renderemmo conto a quale peso siamo sottoposti alla pressione presente sul livello del mare e non è difficile immaginare quale possa essere la nostra domanda:

Come è possibile che non si resti schiacciati da tale peso?

La spiegazione è molto semplice:

Una pressione/peso costante esercitata omogeneamente su tutto il nostro corpo genera **forze contrapposte di pari pressione/peso che si annullano.**



LE PRESSIONI PARZIALI (Pp)



Chiarito che il composto dell'aria è una miscela di diversi tipi di gas presenti in percentuali differenti e determinato che il peso dell'aria esprime una **pressione**, sarà piuttosto facile immaginare che la percentuale di un qualsiasi gas, componente la miscela, in relazione alla pressione esercitata da tutto il composto, esprima un peso parziale e quindi una **pressione parziale**.

Rammentando la modalità di misurazione della pressione (colonna di mercurio di 760 mmH) e conoscendo la percentuale, di uno qualsiasi dei gas compreso nel composto, siamo in grado di calcolare il **peso/pressione** di quella singola percentuale.

Esempio:

Gas: **N₂ (azoto)**

% presente: **80% circa**

Pressione (P) s.l.m. della miscela (Aria): **1 bar**.

Misurazione: **colonna mercurio 760mmH avente base 1 cm di diametro**.

Peso: 1 bar = 1 Chilogrammo (Kg)

78,96% di 760mmh = Pressione Parziale (Pp)

600,1 mmh Pp 600,1 = Kg **0,785**

Descrizione gas	Simbolo	Percentuale
Azoto	N₂	78,96
Ossigeno	O₂	20,96
Anidride carbonica	CO₂	0,05
Altri gas		0,03
Totale %		100,00

Tav. 3

Le percentuali dei gas nella miscela ARIA

L'esempio sopra riportato esprime quale sia la Pressione parziale (sigla Pp), dell'Azoto (N₂) presente nel composto atmosferico (Aria) in base alla sua percentuale ed alla pressione totale della miscela Atmosferica (1 bar), è tuttavia possibile, in relazione alla Pp del gas in esempio, calcolarne anche il peso.

Seguendo il grafico rappresentato nella fig. 4 è possibile analizzare quali siano le pressioni parziali dei gas contenuti nella miscela (Aria Atmosferica) ad 1 bar.

Tav. 4

Le Pressioni Parziali dei gas nella miscela ARIA

Azoto	78,96	% di 760 mmh =	600,1	mmh
Ossigeno	20,96	% di 760 mmh =	159,3	mmh
Anidride carbonica	0,05	% di 760 mmh =	0,4	mmh
Altri gas	0,03	% di 760 mmh =	0,2	mmh
Totale	100,0		760,0	mmh

Concetti fondamentali da ricordare:

Un gas a Pressione maggiore (segno +) si sposterà sempre verso un gas a Pressione minore (segno -)

La Pressione parziale esprime il peso e quindi la pressione di un singolo gas presente nella miscela in relazione alla sua percentuale ed alla pressione totale della miscela.

LE PRESSIONI PARZIALI (Pp)

Esercizi Liberi



Prova a calcolare le relative Pp (miscela Atmosferica) in base ai valori espressi nelle tabelle seguenti e riempiendo le caselle vuote.

Tipo Gas	Pressione Ambiente	Pressione Parziale	Peso relativo a Pp
Ossigeno	2 bar.		Kg.
Anid. Carbonica	2 bar.		Kg.
Azoto	2 bar.		Kg.
Altri Gas	2 bar.		Kg.

Prova a calcolare a quale pressione è sottoposta una miscela Atmosferica le cui Pp sono riportate nella tabella sottostante.

Tipo Gas	Pressione Ambiente	Pressione Parziale	Peso relativo a Pp
Ossigeno		477,9	Kg.
Anid. Carbonica		1,2	Kg.
Azoto		1800,3	Kg.
Altri Gas		0,6	Kg.

LA RESPIRAZIONE



Nel motore di un'automobile si ha necessità di bruciare carburante per produrre energia, nell'organismo umano uno dei "carburanti" più importanti è rappresentato dall'ossigeno (O_2). Esso viene utilizzato dal nostro organismo, attraverso alcuni complessi processi chimici lo trasforma in energia producendo Anidride carbonica (CO_2) quale gas di scarto.

Perché l'ossigeno arrivi a destinazione abbiamo bisogno di farlo "entrare" nel nostro organismo. La respirazione, un atto che apparentemente non ci impegna più di tanto, ne è la porta di ingresso.

Per capire meglio come L'ARIA (e quindi l'ossigeno in essa contenuto) possa entrare nel nostro organismo divideremo la respirazione in:

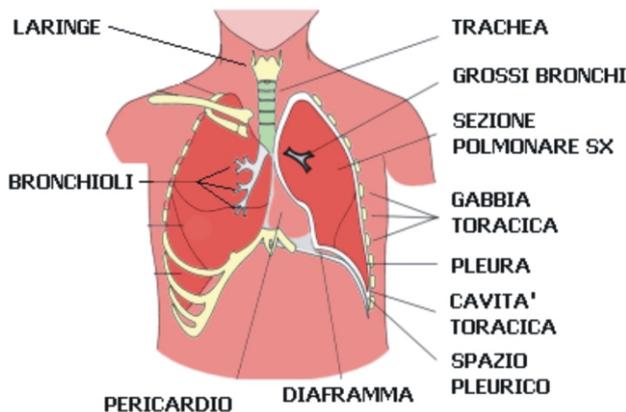
RESPIRAZIONE ANATOMICA

RESPIRAZIONE FISIOLGICA

Nella **respirazione Anatomica** sono interessati prevalentemente i muscoli toracici.

Nella prima fase detta di **inspirazione** si espande la gabbia toracica ed il diaframma si abbassa. (fig 3). Attraverso ampie zone di contatto (pleure), nel movimento della gabbia toracica, trasciniamo dietro l'apparato polmonare aumentandone notevolmente il volume.

Fig.3 Schema anatomico
Apparato respiratorio



Considerato che in fisica una pressione maggiore si sposta verso pressione minore ($P+ \gg P-$), mettendo in comunicazione i nostri polmoni, attraverso la trachea con l'ambiente esterno, la depressione creata all'interno dei polmoni, favorirà l'ingresso dell'aria.

Alla fine dell'atto inspiratorio avremo una situazione di equilibrio di pressione tra l'interno dell'apparato polmonare e l'ambiente esterno.

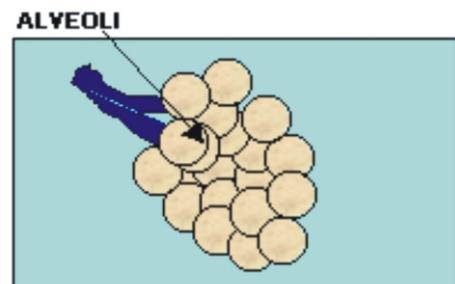
Nella fase detta di **Espirazione**, comprimendo la gabbia toracica ed innalzando il diaframma (riduzione del volume polmonare) produrremo un aumento della pressione interna favorendo l'uscita dell'aria, preparando di nuovo la fase di inspirazione.

L'atto completo nelle 2 fasi è chiamato "Ventilazione".

RESPIRAZIONE FISIOLGICA

Gli alveoli a contatto con i capillari polmonari permettono gli Scambi Gassosi, ovvero scambio di molecole di gas fra alveoli, detti anche "Acini" per la loro disposizione che ricorda quella di un grappolo di Uva, (Fig.4) e capillari polmonari, la stessa legge fisica ($P+ \gg P-$) ne governa l'evoluzione.

Schema rappresentativo degli acini alveolari



LA RESPIRAZIONE



La nostra conoscenza delle Pp (pressioni parziali) ci aiuterà nel capire i processi "osmotici" dei diversi gas contenuti nella miscela (Aria).

Essendo l'organismo umano "consumatore" di Ossigeno e "produttore" di Anidride Carbonica, all'interno dei nostri polmoni rimarrà sempre un alto residuo di CO₂, derivante dal fatto che nell'esecuzione dell'espiazione non forziamo mai fino al completo svuotamento degli stessi. (Fig. 5 e Fig. 6)

Fig.5
Percentuali e Pp nel miscuglio atmosferico

Azoto	78,96	% di 760 mmh =	600,1	mmh
Ossigeno	20,96	% di 760 mmh =	159,3	mmh
Anidride carbonica	0,05	% di 760 mmh =	0,4	mmh
Altri gas	0,03	% di 760 mmh =	0,2	mmh
Totale	100,0		760,0	mmh

Fig.6
Percentuali e Pp nel miscuglio alveolare

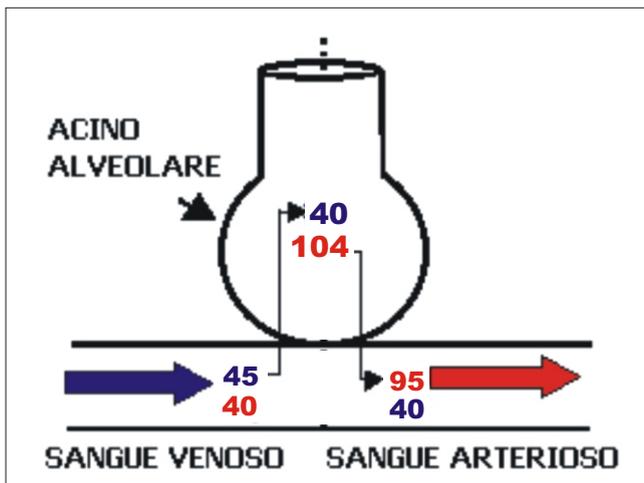
Miscuglio Alveolare - (ARIA)			Sigla
Tipo gas	%	P.P.	
Azoto	75,00	570	N₂
Ossigeno	13,68	104	O₂
Anid. Carbonica	5,26	40	CO₂
Vapore Acqueo	6,05	46	V.A.

L'aria nuova, entrata attraverso l'inspirazione si miscelerà con quella residua modificando valori percentuali e quindi le pressioni parziali (Miscela Alveolare).

Il gradiente pressorio (differenza di pressione) tra l'alveolo polmonare e la fitta rete di capillari polmonari che ne riveste la parete esterna favorirà il passaggio di molecole di gas in entrambi i sensi.

In funzione della legge fisica di cui sopra, l'alveolo, dove la pressione parziale dell'O₂ è maggiore, scambierà molecole di gas con i capillari polmonari, poveri di O₂ perché ceduto alle cellule e tessuti attraverso la **Circolazione**.

Fig.7
Rappresentazione grafica dello scambio (molecole gas) tra gli alveoli ed i capillari polmonari



Nella circolazione venosa, a livello ematico, sarà presente una maggiore quantità di CO₂, prodotta dalle cellule per la trasformazione dell'O₂, sarà quindi il capillare polmonare a scambiare CO₂ con gli alveoli per la liberazione attraverso l'espiazione. (Fig. 7)

Il sangue ha un ruolo fondamentale nel trasporto continuo delle molecole di O₂ ai tessuti e di quello della CO₂ verso gli alveoli per la liberazione attraverso la respirazione. Il movimento di sangue nella fitta rete di Arterie e Vene è chiamata circolazione sanguigna.

LA CIRCOLAZIONE SANGUIGNA



La circolazione sanguigna è resa possibile grazie al Cuore, esso è una potente pompa che permette al sangue di scorrere nelle arterie e nelle vene. Nello schema (Fig.8) è rappresentato in modo semplice il percorso del sangue che, attraverso il **piccolo circolo**, passando per il cuore arriva ai polmoni per essere ossigenato.

Successivamente, ormai ossigenato, esso torna verso il cuore, dove viene spinto nel **grande circolo** e trasportato a tutti i tessuti.

Fig.8

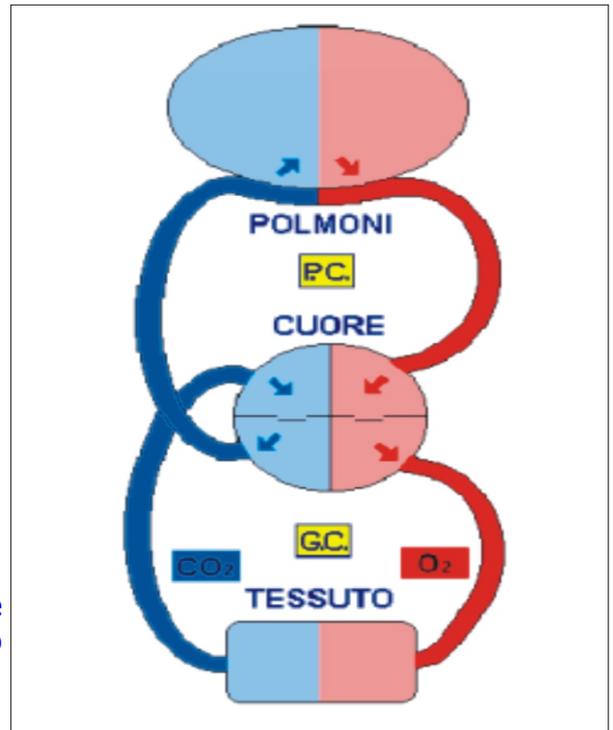
Schema rappresentativo della circolazione sanguigna:

Il colore rosso indica il sangue ricco di ossigeno e povero di anidride carbonica che, in arrivo dai polmoni, attraverso la circolazione Arteriosa, viene spinto dal cuore verso tutti i tessuti.

Il colore blu indica il Sangue ricco di anidride carbonica e povero di ossigeno che dai tessuti, attraverso la circolazione venosa, arriva al cuore e da qui viene spinto nei polmoni per essere nuovamente ossigenato.

Un gas è **comprimibile**, ovvero può essere compresso agendo con una peso/spinta, per esempio la forza di un compressore.

Un liquido è **incomprimibile** e come tale può essere spinto ma **non** compresso.



Concetti fondamentali da ricordare:

- La differenza fra l'elemento liquido e quello gassoso, il primo è incomprimibile, il secondo (gas) invece è comprimibile.
- Il sangue ricco di O₂ è contenuto nella circolazione **ARTERIOSA**, quello meno ricco di O₂ nella circolazione **VENOSA**.
- La Circolazione **ARTERIOSA** serve sangue ricco di O₂ ad organi e tessuti.
- Nella Circolazione **VENOSA** è contenuto il sangue ormai impoverito dell'O₂ e particolarmente ricco di CO₂, che torna verso i polmoni per essere nuovamente ri-ossigenato.

PRESSIONI E VOLUMI



La differenza fra l'elemento liquido e quello gassoso, la comprimibilità dell'elemento gassoso in relazione all'aumento della pressione ambiente determinano alcune sensibili variazioni di volume dello stesso.

Durante qualche vostra vacanza al mare oppure al lago vi sarà sicuramente capitato di provare a scendere di qualche metro in apnea e di dover rinunciare a causa di un forte dolore all'interno del vostro orecchio.

Seguendo quanto esposto in seguito, capiremo perché ciò avviene e quale sono le possibili tecniche per ovviare a questo inconveniente.

Come abbiamo più volte ripetuto un liquido ha una densità maggiore rispetto ad un gas e per questo motivo il suo peso sarà anche maggiore. Sul livello del mare il peso/pressione a cui siamo sottoposti (1 bar) è dovuto dal peso dell'aria che ci sovrasta.

Seguendo la tabella sottostante (Fig.9) possiamo notare come salendo in altitudine il peso dell'aria che ci sovrasta si riduce e la pressione a cui siamo sottoposti scende.

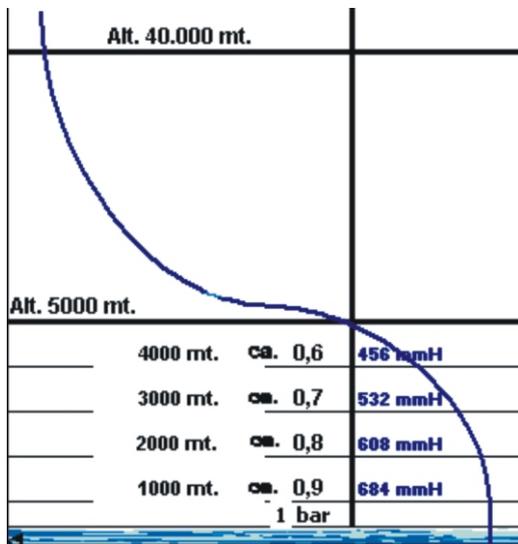
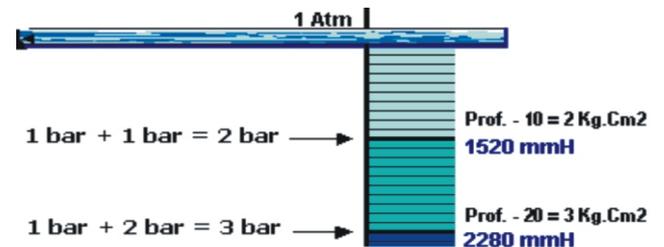


Fig.9
Pressioni sopra il livello del mare

Viceversa quando si è immersi in un liquido, che sia mare oppure lago, la pressione data dal peso del liquido stesso diventa costante. Nella Fig.10 è evidenziato come l'aumento di pressione dell'elemento liquido sia costante mantenendo un aumento di 1/10 di bar ogni metro di profondità.

Fig.10
Pressioni sotto il livello del mare



Ad esempio la pressione a 10 mt, dovrà essere così calcolata:

Pressione Slm + Press. Assoluta (Es: -10 mt)
 Pressione = 1 bar. + Press. Ass. (-10 mt=1bar)
 Pressione totale a 10 mt
= 1 bar + 1 bar = 2 bar

La tabella aiuta all'esercizio del calcolo anche per profondità intermedie o superiori.

Esercitati nel calcolo delle pressioni:

compila le caselle vuote

Profondità	Pressione Slm	Pressione Idrostatica	Pressione Assoluta
10 mt	1 bar		
15 mt	1 bar		
21 mt	1 bar		
27 mt	1 bar		
35 mt	1 bar		

PRESSIONI E VOLUMI

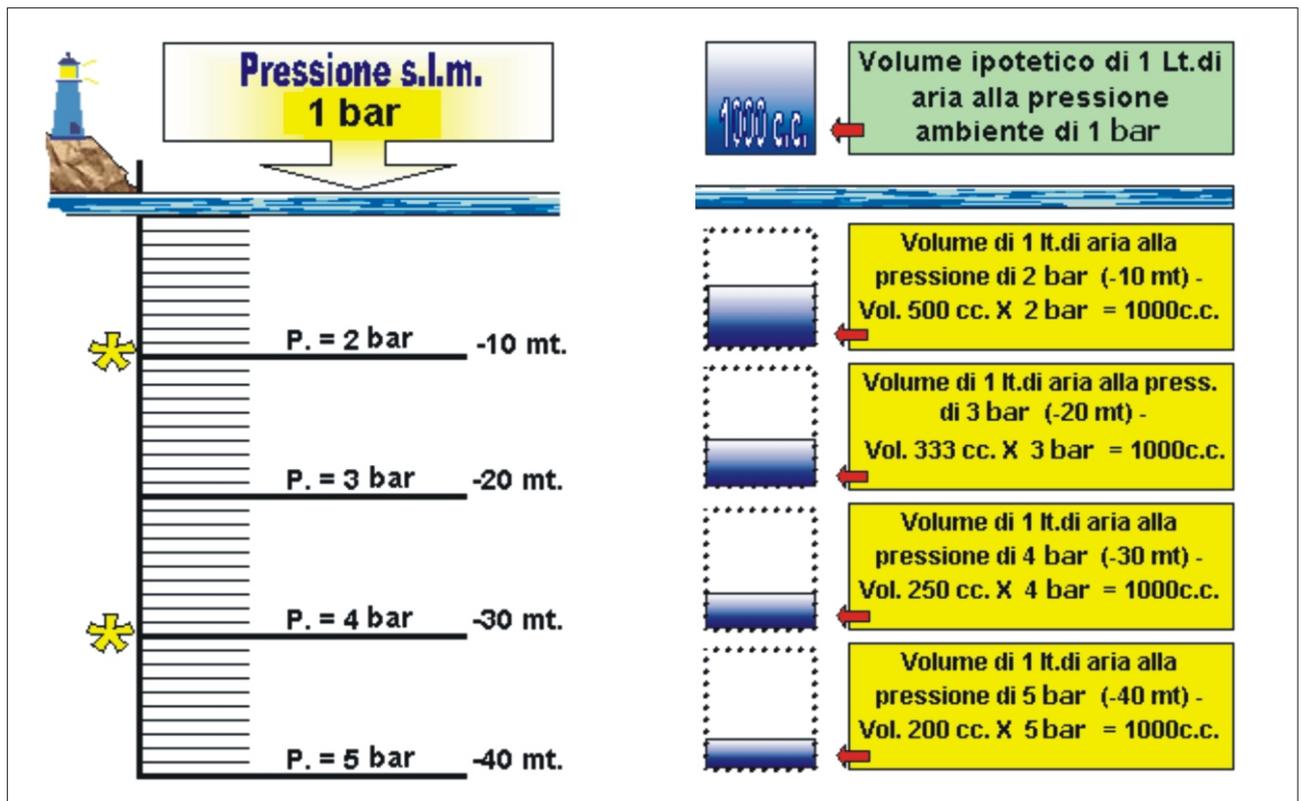


Dato che l'aumento di pressione esercita un aumento di peso e che un gas, a differenza di un liquido, è comprimibile, scendendo in immersione il volume si ridurrà proporzionalmente all'aumentare della pressione.

La riduzione di un volume comporta un equilibrio di pressioni, ovvero seguendo la tabella (Fig.11) è chiaramente espresso come un volume, ridotto dal peso esercitato dalla pressione, si porti in equilibrio con la pressione ambiente. (Compensazione spontanea)

Fig.11

Grafico relativo alla riduzione del volume in relazione all'aumento della pressione ambiente



E' possibile notare come la maggior riduzione del volume avvenga quando la pressione esercitata è il doppio della pressione esercitata precedentemente. (simbolo asterisco)

Nell'esempio si nota chiaramente come nei primi 10 mt di profondità si ottenga una riduzione del 50% del volume di partenza, mentre occorre percorrere una distanza di successivi 20 mt, arrivando quindi alla profondità di 30 mt., per ottenere una successiva riduzione del 50%.

In relazione a quanto esposto finora va detto che il nostro organismo ha molti spazi aerei che subiscono queste variazioni di volume.

Sicuramente quello a noi più familiare è lo spazio aereo dietro la membrana timpanica chiamato orecchio medio interno.

Il dolore che si sente quando ci si immerge senza esercitare tecniche meccaniche di compensazione è dato dalla membrana timpanica (timpano) che introflettendosi verso l'interno dell'orecchio medio, ridotto di volume dall'aumento della pressione ambiente, subisce uno stiramento che produce dolore.

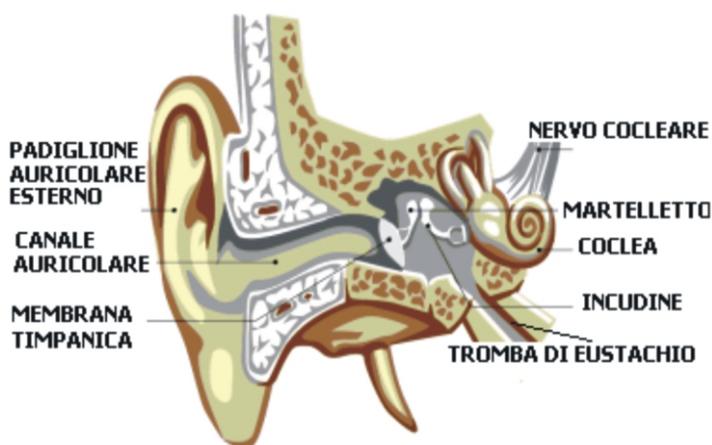


Per manovra di compensazione si intende il ripristino di un volume, l'equilibrio della pressione è automatica a seguito della riduzione del volume.

Nella Fig.12 è rappresentato uno "spaccato" del orecchio medio. Come si può notare la membrana timpanica divide l'orecchio medio dall'esterno ed è quindi quella che per prima risente dell'aumento di pressione.

La membrana timpanica è un tessuto sufficientemente elastico, deputato alla ricezione di suoni esterni, che trasmette attraverso vibrazioni all'orecchio medio. La sua particolare posizione protegge da agenti esterni l'interno dell'orecchio.

Fig.12
Orecchio medio interno



L'elasticità della membrana timpanica è limitata alla pressione di circa 3/10 di bar, ciò significa che nell'immersione, senza l'uso di manovre di compensazione, già alla sola profondità di 3 o 4 metri il rischio di rottura è altissimo.

La rottura del timpano significa ingresso di acqua all'interno dell'orecchio medio, ciò comporta problemi all'apparato uditivo, una sensibile alterazione del senso dell'equilibrio che è dato da particolari ossicini situati dentro l'orecchio medio e alla possibile infezione data dalle impurità contenute nell'acqua.

La rottura del timpano è guaribile in breve tempo e la possibile infezione risolvibile con una terapia antibiotica. Va per altro detto che la cicatrizzazione della membrana comporterà successivamente un ispessimento della stessa con una conseguente perdita di elasticità.

E' quanto mai evidente che dobbiamo nel modo più assoluto evitare di arrivare al punto di rottura della membrana, questo è possibile solo attraverso le "manovre di compensazione".

Esistono due precise tecniche di compensazione, per sovrappressione, manovra di "**Valsalva**" e quella di "**Marcante-Odaglia**" e, di stiramento, masticazione e deglutizione. Entrambi le tecniche permettono comunque lo stesso risultato, ovvero spostare aria e quindi ripristinare un volume all'interno dell'orecchio medio. Tale spostamento consente alla membrana elastica del timpano introflessa di tornare in posizione di equilibrio.

E' chiaro che la posizione di equilibrio è costante laddove non si modifica nuovamente la pressione ambiente (proseguimento della discesa) altrimenti va nuovamente ripetuta la manovra.

Nella risalita la compensazione è automatica ed è resa possibile dalla legge fisica, **pressione maggiore si sposta verso pressione minore**. Diminuendo la pressione ambiente, all'interno dell'orecchio medio, si crea un aumento del volume di conseguenza, l'aumento della pressione dovuto al costretto spazio interno farà sì che l'aria trovi sfogo attraverso la "**tromba di Eustachio**" (Fig.12) liberandosi nel retrobocca e successivamente attraverso la respirazione.

Come anticipato precedentemente le manovre di compensazione si basano su due tecniche precise, analizziamo quelle per "**sovrappressione**" perché considerate le più semplici da effettuare. Il **Valsalva**, piuttosto facile nell'esecuzione e con il maggior numero di successi, tiene conto della scorta di aria contenuta nei polmoni.



Manovra di Valsalva (la più comune)

Come si esegue

Compiendo un'espirazione dal naso, tenendolo chiuso con il dito pollice e il dito indice della stessa mano, provocheremo una espansione dell'aria all'interno dei seni paranasali (fig.13). Attraverso la "Tromba di Eustachio", punto di collegamento fra seni paranasali e orecchio medio, l'aria avrà modo di arrivare nello spazio interno dell'orecchio ripristinandone il volume. (Fig.12)

Fig.13
Spaccato anatomico laterale dei seni paranasali, frontali

Fig.13/A
veduta frontale



Con la manovra di Valsalva si ha la possibilità di imprimere una spinta all'aria molto forte, è necessario, quindi, fare attenzione a non spostare muco, presente comunemente come sedimento all'interno dei seni paranasali, verso la tromba di Eustachio.

Forzando oltre modo la manovra è notevole il rischio di infiammare la mucosa della parete interna della tromba di Eustachio, oppure, addirittura tapparla con il muco, liquido e incompressibile, con il rischio di non compensare automaticamente nella risalita.

Qualora l'aria che abbia ripristinato il volume interno, nella risalita, non trovi sfogo attraverso il percorso a ritroso nella tromba di Eustachio, esiste la possibilità che vada ad agire come pressione verso la stessa membrana timpanica producendone la rottura per "estroflessione".

Al fine di evitare questo inconveniente è necessario provvedere alla manovra di compensazione appena se ne avverte la necessità, di non forzare a tutti i costi la compensazione, ricordando che è sufficiente risalire un poco per addolcire lo sforzo della manovra di compensazione.

Attenzione: un precedente raffreddore può aver lasciato notevoli sedimenti di muco che possono rendere impossibile la riuscita della manovra di compensazione.

Manovra di Marcante-Odaglia

Come si esegue

Anche la manovra di **Marcante-Odaglia** sfrutta il principio della sovrappressione, la tecnica di base si differenzia dalla prima in quanto non sono i polmoni a fornire la spinta necessaria ma la lingua che agisce sul palato sfruttando e comprimendo lo spazio del retro bocca.

Seguendo la Fig. 13 e leggendo di seguito è possibile comprendere quale sia il movimento strutturato.



Nel retro bocca, collegato attraverso la trachea ai polmoni, è presente dell'aria. La riduzione del volume provocata dalla compressione della lingua contro il palato sviluppa un aumento di pressione che comprimendo il velo palatino spinge aria attraverso la **"Tromba di Eustachio"**.

In apnea inspiratoria, comprimendo la punta della lingua sui denti anteriori in basso, si crea un inarcamento della stessa che si pone comprimente sul palato. La riduzione del volume operata e quindi la sovrappressione creata nel retro bocca, anch'esso collegato ai seni paranasali (fig.13), determina lo spostamento di aria verso l'orecchio medio interno.

A differenza della manovra di **Valsalva**, con questa tecnica, non è possibile produrre una spinta eccessiva nella compensazione.

Le possibilità di successo, quindi, sono decisamente inferiori.

Fra le manovre di compensazione è compresa anche la compensazione della maschera subacquea. (Fig.14)

La maschera, durante l'immersione, risente dell'aumentare della pressione e diminuendo il volume dell'aria, in essa contenuta, tende a schiacciarsi verso il volto.

È sufficiente soffiare un minimo di aria dal naso (espirazione) per compensare il volume ridotto.

Per questo motivo una maschera da apnea ha il volume interno ridotto rispetto ad una da A.R.A., in apnea la sola scorta d'aria è quella contenuta nei polmoni.

Fig.14
Maschera subacquea (tipo)



COMPENSAZIONE "SPONTANEA"

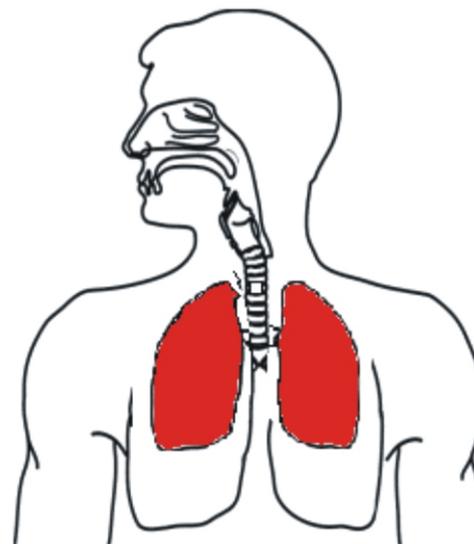
Scivolamento Ematico (Blood shift)

I polmoni contengono aria, di conseguenza, durante una immersione in apnea, risentono del variare della pressione diminuendo il volume per effetto della legge di Boyle e Mariotte. Questa forma di compensazione cosiddetta "spontanea" non richiede nessuna manovra da parte del subacqueo.

Con l'aumentare della pressione per evitare lo schiacciamento dei polmoni, entra in gioco un fattore determinante, lo **Scivolamento Ematico**, un iperafflusso di sangue a livello dei capillari polmonari.

Essendo il sangue un liquido e, come tale incompressibile, offre una resistenza maggiore allo schiacciamento dato dall'aumento della pressione. Questo fenomeno si presenta esclusivamente quando si effettua una immersione in apnea; si manifesta già dopo i primi metri e diventa sensibile nelle immersioni protratte oltre i 12 metri.

Fig.15
Schema rappresentativo della riduzione del volume polmonare durante una immersione in apnea (-10 mt)





Concetti fondamentali da ricordare:

In immersione l'aumento della pressione è costante. **1/10** di Bar ogni metro di acqua, quindi, 1 Bar ogni **10 metri** di profondità.

La pressione, in immersione, deve essere calcolata sommando sempre la pressione idrostatica relativa (acqua) e la pressione atmosferica presente sul livello del mare:

Esempio: 10 Mt 1 Bar (-10 mt.) + 1 Bar (pressione S.L.M.)= **2 Bar**

L'aumento della Pressione produce una riduzione del volume di aria all'interno dell'orecchio medio, è necessario effettuare manovre di compensazione meccaniche per riportare in equilibrio la membrana timpanica.

Anche la maschera risente dell'aumento di pressione, e deve essere compensata con manovre meccaniche.

Lo **Scivolamento Ematico** (Blood Shift) è una forma di compensazione spontanea che interessa i polmoni.

L'iperafflusso di sangue verso i capillari polmonari, offre una resistenza maggiore alla riduzione dei volumi polmonari dato dall'aumento della pressione.



Nella Subacquea il termine Apnea indica l'interruzione volontaria della respirazione, il nostro organismo può trattenere per un tempo limitato il respiro, pur mantenendo i processi vitali attivi.

Molte persone sono convinte che l'apnea sia meno pericolosa dell'immersione con l'autorespiratore, in effetti tutto ruota sulla conoscenza dell'argomento, di sicuro il nostro corso non è, e non diventerà, un corso per apneisti, ma, attraverso l'informazione si può conoscere e governare eventuali pericoli celati.

Nell'apnea il nostro organismo può contare solo ed esclusivamente sull'ossigeno presente nei polmoni, ceduto ai tessuti e su quello presente a livello ematico.

Durante l'immersione la quantità di ossigeno tenderà a scendere gradualmente, mentre la CO₂ salirà rilasciata dai nostri tessuti.

L'ossigeno viene trasportato dal sangue verso tutti tessuti, esiste però un limite fisiologico a questo "trasporto".

Sotto una certa pressione parziale, circa 50mmh, l'ossigeno (O₂) non riesce più a legarsi all'emoglobina per essere trasportato.

La CO₂ prodotta viene liberata solo in parte nella circolazione, a seguito di alcuni processi catabolici dovuti allo sforzo fisico, il nostro organismo produce "Acido Lattico", lo stesso che a volte a seguito di intensi sforzi fisici ci rende i tessuti doloranti.

L'Acido Lattico fissa a livello tissutale le molecole di CO₂ facendone rilasciare solo una parte in relazione all'O₂ utilizzato.

Anche la CO₂ ha un suo limite fisiologico (60 mmh) oltre il quale "informa" il nostro organismo che la Pp di O₂ è, oppure sta calando verso limiti proibitivi.

L'informazione data dalla CO₂ si manifesta con delle contrazioni che si sviluppano subito sotto i polmoni (altezza del Diaframma) e sono dette "Contrazioni Diaframmatiche". Oltrepassare questo "campanello di allarme" significa incorrere nel serio pericolo di una **sincope ipossica** (Arresto Respiratorio e conseguente arresto cardiaco). Tale situazione scaturisce dalla Pp dell'O₂ che si abbassa sotto i valori critici (50 mmh) durante l'apnea.

Un epilogo, nella storia della subacquea in apnea, diversi anni or sono cercò di dimostrare, nella convinzione che le sincopi non fossero ipossiche (da crollo della Pp di O₂) ma ipercapniche (da aumento della CO₂), che a seguito di alcune tecniche di respirazione dette di "Iperventilazione" era possibile allungare i tempi di immersione in apnea.

Di fatto l'iperventilazione è una forzatura dell'espiazione al fine di abbassare il tasso di CO₂ presente nei polmoni, di conseguenza, anche a livello ematico.

Oggi è possibile dimostrare, con assoluta certezza, che questa tecnica non solo si dimostra inefficace, ma, rende pericolosa l'immersione in apnea perchè sposta quel campanello di allarme fisiologico (contrazioni diaframmatiche) dovuto appunto dall'aumento della CO₂.

Di seguito sono illustrati, correlati da didascalie, alcuni esempi di apnea, puramente indicativi nella loro formulazione, esprimono di fatto quello che si verifica nel nostro organismo durante una interruzione volontaria della respirazione (Apnea)

La sequenza degli esempi appresso riportati, dimostrano come un apnea prolungata, senza l'uso dell'iperventilazione, risulti decisamente più sicura.



Il consumo di ossigeno durante un'apnea è puramente soggettivo.

La tecnica appresa durante un corso specifico e la tranquillità legata all'acquaticità del soggetto possono ridurre sensibilmente il consumo di ossigeno, anche la produzione soggettiva di acido lattico, dovuto allo sforzo fisico, contribuisce ad una diversa liberazione di CO₂ a livello tissutale.

Va per tanto inteso che gli esempi sotto riportati semplificano un complesso aspetto fisiologico e sono finalizzati esclusivamente a fini didattici.

Tabella dei valori "critici" dei gas vitali. (Ossigeno e Anidride carbonica)

	Valore critico O₂	50	mm.Hg.	Sincope Ipossica
	Valore critico CO₂	60	mm.Hg.	Contrazioni Diaframmatiche

La chiave di lettura degli esempi a seguire è molto facile ed intuitiva:

La prima riga esprime il tempo di permanenza in apnea

La seconda riga misura la variazione della pressione ambiente

La terza e la quarta misurano le pressioni parziali dei gas di O₂ e CO₂ in relazione alla durata dell'apnea ed della pressione ambiente.

1° Esempio

Apnea in superficie senza Iperventilazione

Tempo (in Secondi)	0	20	40	50	60	70	80	90
Pressione (P.) in bar	1	1	1	1	1	1	1	1
P.P. O ₂ - (mm./Hg.)	125	105	85	75	65	55	45*	
P.P. CO ₂ - (mm./Hg.)	35	45	55	60°	65°	-	-	-

A fronte del 1° esempio, si noti come nell'esecuzione dell'apnea, senza modificazione della pressione ambiente (esempio s.l.m.), l'informazione data dalla CO₂ al nostro organismo (Contrazioni Diaframmatiche CO₂ = Valore critico = Pp 60 mmh) arrivi quando la Pp di O₂ è ancora sufficientemente alta da garantire il legame chimico con l'emoglobina e quindi il trasporto ai vari tessuti.

Anche oltrepassando tale soglia (60 sec.) il valore dell'O₂ è rappresentato ancora in proporzione sufficientemente alta.

2° Esempio

Apnea in immersione senza Iperventilazione

Tempo (in Secondi)	0	20	40	50	60	70	80	90
Pressione (P.) in bar	1	2	2	1	1	1	1	
P.P. O ₂ - (mm./Hg.)	125	210	170	75	65	55	45*	
P.P. CO ₂ - (mm./Hg.)	35	50	60°	60°	65	-	-	-

Nel secondo esempio si possono notare le variazioni delle Pp dell'O₂ in relazione all'aumento di pressione (tra 20 sec. e 40 sec.). Passando da 1 bar (s.l.m.) a 2 bar (-10 mt) per poi tornare ad 1 bar (s.l.m.), la Pp di O₂ presente a livello alveolare risente della varianza di pressione, il volume polmonare si riduce portandosi in equilibrio con la pressione ambiente e quindi anche le pressioni parziali dei vari gas contenuti si adeguano alla pressione presente (nel 1° esempio dopo 20 sec. La Pp O₂ era 105).

La CO₂ non risente, se non minimamente, della differenza di pressione perché essa è presente negli alveoli solo in relazione all'O₂ utilizzato.

Variando di nuovo la pressione (=/>50 sec.) e dimezzando la pressione ambiente si noti come anche la Pp dell'O₂ torni in equilibrio con la pressione Ambiente dimezzando il valore presente.

È comunque evidenziato in tutte e due gli esempi (1° e 2°) come è possibile mantenere alti standard di sicurezza protraendo una apnea senza l'uso della "Iperventilazione".

L'APNEA (breve cenni)



Nell'esempio successivo è possibile notare come un'apnea prolungata con l'uso di iperventilazione, possa far arrivare facilmente l'apneista in una situazione di **"Sincope Ipossica"**.

Tale situazione si manifesta al momento della risalita ed in prossimità della superficie, quando il dimezzamento della pressione è ormai pressoché totale.

Esempio	Apnea in immersione dopo prolungata Ipervent.							
Tempo (in Secondi)	0	20	40	50	60	70	80	90
Pressione (P.) in bar	1	2	2	2	2	2	2	1
P.P. O ₂ - (mm./Hg.)	140	240	200	180	160	140	120	(50°)
P.P. CO ₂ - (mm./Hg.)	20	30	40	45	50	55	60°	(60°)

Va comunque ricordato che lo sport subacqueo non è, sia nel caso dell'apnea che in quello con l'uso dell'autorespiratore, pericoloso.

Come in ogni altro sport la preparazione tecnica e teorica sull'argomento, la conoscenza delle proprie capacità, sono a garanzia della sicurezza.

Concetti fondamentali da ricordare:

La sincope Ipossica è un arresto respiratorio involontario con conseguente arresto cardiaco, dovuto al prolungamento dell'apnea. (crollo della Pp O₂)

L'iperventilazione è una manovra che forza l'espiazione eseguendo un "lavaggio" dei polmoni abbassando il tasso di CO₂ presente al livello alveolare.

L'iperventilazione è una manovra che rende l'apnea ad alto rischio di incidente.

La CO₂ è il nostro stimolatore alla respirazione. Il suo aumento a livello ematico ci informa attraverso le contrazioni diaframmatiche dell'abbassamento dell'O₂, prossimo ai valori critici.

L'ATTREZZATURA



LA MASCHERA



Elemento fondamentale dell'attrezzatura permette al subacqueo di poter vedere distintamente sott'acqua. Infatti l'occhio umano è fatto per vedere nell'ambiente aria, per cui a contatto con l'acqua la visione risulta sfocata. La maschera come attrezzatura ha avuto una grande evoluzione. La prima ad introdurre la concezione della maschera moderna è stata la Cressi sub con la Pinocchio, chiamata così perché la prima che prevedeva un alloggiamento per il naso sagomato, quindi permetteva con facilità di chiudere con le dita le narici per poter compensare. Il mercato moderno offre innumerevoli modelli di maschere, proviamo ad analizzare la maschera tipo:

Caratteristiche fondamentali:

Massima aderenza

Impermeabilità

Naso ben sagomato e ottima presa per la compensazione

Volume ridotto (se usata per apnea)

Caratteristiche ottimali:

Ampio campo visivo

Morbidezza del materiale

Buon sistema di bloccaggio del cinghiolo

Consigli tecnici:

Per evitare l'appannamento della maschera, prima di bagnarla, va cosparso l'interno del vetro con la saliva o con liquidi antiappannanti oggi in commercio.

Quando si è in superficie con la testa fuori dall'acqua la maschera va tenuta al collo e non sulla fronte, questo per evitare che un'onda o un movimento maldestro possano farla cadere.

Consigli per il momento dell'acquisto:

Quando si sceglie una maschera va controllato prima di tutto la tenuta, la maschera va poggiata sul viso senza indossare il cinghiolo e inspirando col naso. Se la maschera aderisce a ventosa vuol dire che è adatta alla conformazione del viso, è consigliabile fare questa operazione tenendo in bocca l'areatore (snorkel) o l'erogatore, questo per garantire che la maschera aderisca nonostante le pieghe fisiologiche del viso. Una volta trovate le maschere adatte la scelta può orientarsi su quella che esteticamente ci piace di più.

L'ATTREZZATURA



L'AREATORE (SNORKEL)



E' una parte dell'attrezzatura considerata, a torto, utile solo per l'apnea, mentre, invece, risulta spesso indispensabile anche nell'immersione con A.R.A. Le caratteristiche tecniche sono molto semplici, in realtà si tratta di un tubo di gomma, ma analizzandolo meglio vedremo che anche questo deve rispondere a delle norme ben precise

Caratteristiche fondamentali:

Lunghezza non superiore circa a 35 cm, per evitare spazi aerei morti

morbidezza del tubo in modo da poter anche essere piegato per riporlo nella tasca del jacket.

Sezione del tubo adeguata di 20-25 mm circa.

Consigli per il momento dell'acquisto:

evitare areatori con forme strane, dotati di valvole per lo svuotamento dell'acqua, che a lungo andare diventano invece pericolose vie di ingresso dell'acqua stessa
Evitare areatori con parti del tubo in corrugato perché all'interno ristagnerebbe acqua rendendo difficoltoso lo svuotamento.

LE PINNE (Tipo Apnea - Tipo A.R.A.)

Esistono oggi in commercio vari tipi di pinne che possiamo dividere in due gruppi fondamentali: pinne da apnea e pinne da A.R.A. identificabili anche in pinne lunghe e pinne corte.

Pinne lunghe

Questo tipo di pinne è utilizzato dagli apneisti, in quanto permettono una velocità rilevante sia in fase di discesa che in fase di risalita. Le pinne lunghe hanno avuto negli ultimi anni un'evoluzione notevole, non tanto nella forma, quanto nei materiali impiegati, passando dalla gomma dei primi modelli alla grafite dei modelli più sofisticati e recenti. Sono sconsigliate per l'immersione con A.R.A., non per le loro caratteristiche tecniche, ma per la praticità d'impiego, in quanto il sommozzatore con A.R.A. assume spesso in acqua posizioni che usando pinne lunghe sarebbero d'impaccio.





LE PINNE (Tipo Apnea - Tipo A.R.A.)



da A.R.A.
(Tipo scarpetta)

Pinne corte.

Sulle pinne corte da A.R.A. va fatto un discorso a parte non tanto per le caratteristiche tecniche della pinna quanto per il consolidamento ormai di due scuole di pensiero che vedono diviso il mondo subacqueo tra chi usa la pinna chiusa a scarpetta e chi usa invece il modello aperto dietro con il cinghiolo. Non vogliamo entrare in merito a giudizi tecnici sui due tipi di pinne in quanto accessori talmente personali da non poter essere catalogati così semplicemente, e' bene spendere invece alcune parole su come deve funzionare una pinna e il suo 'utilizzo ottimale.

Scarpetta
in neoprene
e gomma
per pinna
tipo A.R.A.
con
cinghiolo.



da A.R.A.
(Tipo a cinghiolo)

Caratteristiche fondamentali:

La pinna serve ad imprimere una spinta per permettere la mobilità del sommozzatore con il massimo rendimento e il minimo spreco di energia.

Deve permettere alla caviglia di lavorare sempre ben distesa, senza caricare questa di eccessivo sforzo.

La pala della pinna corta deve essere più molto più rigida del modello lungo L'angolazione tra la calzata (piede) e la pala deve essere di circa 20°

Consigli per il momento dell'acquisto:

Indipendentemente su quale tipo di pinna ricade la scelta, se aperta, o chiusa, va tenuto conto delle caratteristiche sopra indicate. Vanno evitate pinne con forme strane della pala e della calzata, pinne che somigliano vagamente a scarponi da sci, o addirittura pinne super innovative disegnate sul profilo delle code dei grandi mammiferi che oltre ad uscire da quelle che sono le caratteristiche di base di una buona pinna, richiedono per il loro utilizzo, non solo uno sforzo fisico eccessivo, ma un adattamento a movimenti sicuramente meno naturali.

L'ATTREZZATURA



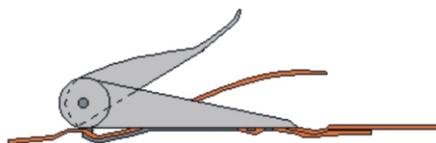
LA CINTURA DI ZAVORRA

La cintura di zavorra è un accessorio indispensabile se si indossa una muta.

La quantità di piombi da inserire nella cintura è condizionata da vari fattori, il più importante lo spessore della muta e quindi la spinta positiva che questa conferisce al subacqueo. Esistono in commercio varie pezzature di piombi che vanno da un chilo fino a piastre di oltre 2 chili. Avremmo modo, negli esercizi pratici riguardanti l'assetto, da svolgere in piscina e nelle uscite a mare previste nel corso, la quantità di zavorra ottimale e il modo di stabilirla. Analizziamo ora invece la cintura di zavorra come accessorio.

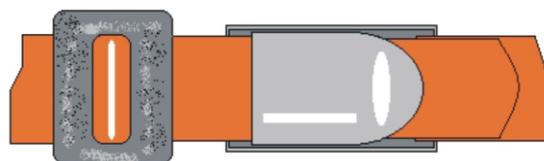
Caratteristiche fondamentali:

fibbia a sgancio rapido
buona tenuta della chiusura
materiale della cintura robusto



Caratteristiche ottimali:

facilità di regolazione
facilità di inserimento dei piombi.

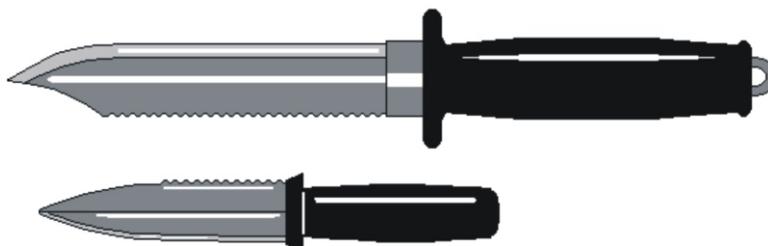


IL COLTELLO

Abitualmente considerato come strumento di offesa, il coltello subacqueo è invece un' accessorio indispensabile per la sicurezza. Pensiamo all'ipotesi di doverci liberare di una cima o dover tagliare una rete o una sagola a cui siamo rimasti impigliati. Per questo motivo il coltello va mantenuto sempre in ottimo stato, controllando periodicamente lo stato della lama e la sua affilatura, non va usato come martello o leva o in tutte quelle situazioni che potrebbero rovinare il filo della lama e quindi renderlo meno efficiente al momento di un uso importante. Esistono in commercio coltelli dalle forme più disparate, che vanno da piccoli stiletti a misure simili a machete. L'efficienza di un coltello non è strettamente legata alla sua grandezza, ma ad una serie di elementi fondamentali.

Caratteristiche fondamentali:

lama robusta
affilatura liscia da un lato e seghettata dall'altro
impugnatura robusta e antiscivolo
lama che faccia corpo unico con il manico
assetto negativo
efficiente sistema di fissaggio nel fodero
Facilità di estrazione dal fodero.



Alcuni esempi di lame



LA MUTA



Tipo di muta:
Stagna
"neoprene"
Simile alle "semi
stagne" monta
la cerniera sul
dorso.

La muta è sicuramente l'elemento più importante nell'attrezzatura del subacqueo, perché serve a proteggerlo dal freddo. Questo indumento ha avuto negli anni una grande evoluzione, sia nella qualità della vestibilità, che nei materiali usati. Le mute si dividono in due categorie: mute stagne e mute umide

Le mute stagne:

Le mute stagne, lo dice già il nome, isolano completamente il subacqueo dall'ambiente esterno, non permettendo nessuna infiltrazione d'acqua. Di solito con questo tipo di indumento si usano dei sottomuta in lana o in pile. Le mute stagne sono realizzate in neoprene, ma anche con altri materiali, sono dotate di una o più valvole per eliminare l'aria dall'interno, sono collegate alla bombola per poter immettere aria al loro interno e modificare l'assetto idrostatico. Sicuramente molto utili in acque fredde e/o inquinate, trovano largo uso a livello professionale, anche se oggi c'è un grosso avvicinamento a questo tipo di muta anche da parte dei subacquei sportivi.

Le mute umide:

Le mute umide variano da spessori che vanno da 3 a 5 mm per gli apneisti, e da 5 a 7 mm per i subacquei con A.R.A. Il materiale di fabbricazione è comunque il neoprene. Il termine muta umida indica che all'interno della muta c'è un'infiltrazione d'acqua, che scaldandosi con il calore del corpo, mantiene una temperatura ottimale durante l'immersione.

Chiaramente nel caso delle mute umide la taglia deve essere più che precisa per evitare la formazione di sacche e grossi ricambi d'acqua

Esistono oggi in commercio tanti modelli di mute, sia per uomo che per donna, con fogge e colori più disparati, l'importante nella scelta della muta è la qualità del neoprene e la vestibilità. Un piccolo accenno va fatto per le mute cosiddette semi stagne che in realtà rappresentano un ibrido tra le due categorie principali. Si possono anche definire mute umide a bassissima infiltrazione d'acqua nate come compromesso tra i due tipi di mute, rappresentano oggi una terza alternativa per il subacqueo.

In commercio è possibile trovare diversi tipi di tagli, monopezzo, due pezzi (salopette e giubbotto) con e senza cerniera (di solito scelta dagli apneisti).

Non vogliamo analizzare le caratteristiche di una muta stagna, in quanto crediamo che non sia un'attrezzatura comunque adatta per subacquei neofiti e che l'uso di questa attrezzatura debba essere insegnato con un corso mirato.



Tipo di muta:
2 pezzi "umida" senza
cerniera scelta dagli apneisti

L'ATTREZZATURA



LA MUTA

Caratteristiche fondamentali:

ottima aderenza al corpo

elasticità del neoprene

cucitura robuste, elastiche e non passanti

ottimo grado di coibentazione

assenza di pieghe o sacche d'aria

Consigli per il momento dell'acquisto:

facilità d' indossamento

vestibilità dell'indumento

facilità di movimento con la muta indossata

buona elasticità per l'espansione della gabbia toracica

L'EROGATORE

La funzione primaria dell'erogatore è quella di agire come riduttore di pressione, da quella presente nelle bombole a quella relativa alla profondità in cui ci troviamo.

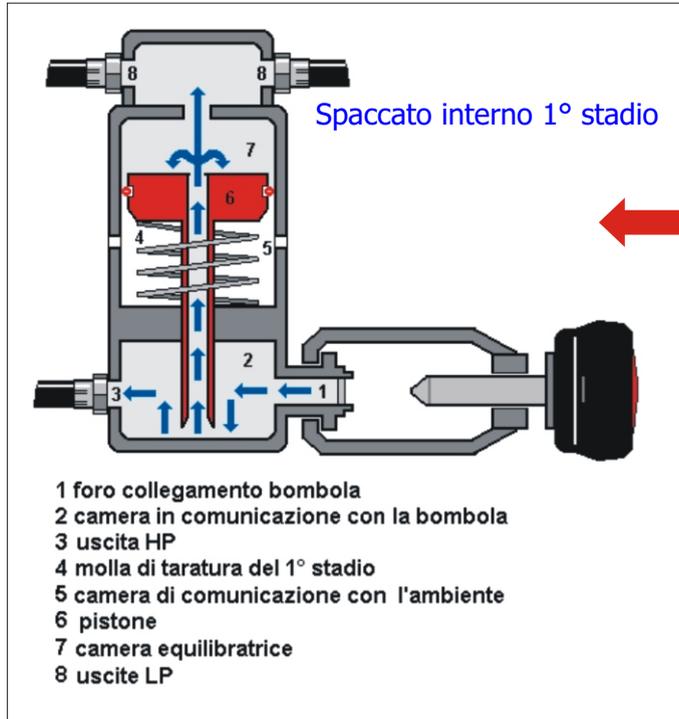
La prima versione dell'erogatore era quella cosiddetta "monostadio", ormai in disuso da parecchi anni: l'erogatore che più ci interessa è invece l'erogatore detto bistadio, dove la funzione di riduttore di pressione è data da due fasi successive attraverso due componenti separati detti stadi : la funzione del primo stadio è quella di ridurre la pressione delle bombole ad un certo numero di atmosfere, secondo la taratura più la pressione ambiente. Negli erogatori più comuni il numero di atmosfere in più varia da 8 a 10 atm. a seconda dei modelli. Nella seconda fase il secondo stadio collegato al primo attraverso una frusta , porta l'aria all'interno della scatola di respirazione, che espandendosi nella scatola stessa, si troverà sempre alla pressione dell'ambiente circostante. Esistono oggi in commercio vari modelli di erogatori bistadio, che si distinguono in erogatori bilanciati e non bilanciati. Gli erogatori bilanciati sono quelli che prenderemo in esame perché con caratteristiche tecniche migliori degli altri. Si dividono a loro volta in due tipologie costruttive: erogatori asciutti ed erogatori bagnati, anche detti erogatori a membrana i primi ed erogatori a pistone i secondi. La differenza tra questi due tipi di erogatori è che i primi leggono la pressione ambiente attraverso una membrana, e quindi i meccanismi interni non sono mai a diretto contatto con l'acqua, mentre i secondi hanno nel primo stadio dei fori che permettono all'acqua di entrare e quindi di agire come pressione.

Un'altra distinzione ancora fra gli erogatori bistadio è quella dei cosiddetti erogatori ad offerta od a richiesta: i primi sfruttano un meccanismo simile all'effetto Venturi per il riempimento della scatola del secondo stadio, gli altri invece non utilizzano questo meccanismo per il riempimento. La qualità di un erogatore è data sicuramente dalla validità delle sue componenti, oggi in commercio esistono tanti ottimi erogatori indipendentemente dalla casa costruttrice, l'importante nella scelta dell'erogatore è non lasciarsi ingannare da messaggi tecnici del tutto irrilevanti, per esempio la portata d'aria al minuto, (che è assolutamente indifferente tra due erogatori se uno ha una portata di 1250 litri d'aria/minuto e un altro di soli 1200). Non è questo sicuramente un dato tecnico che può qualificare un erogatore più o meno adatto alle profondità da raggiungere.



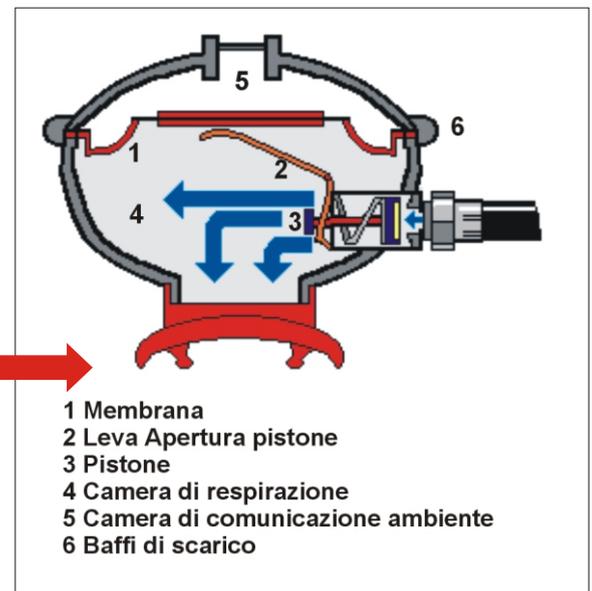
L'EROGATORE (funzionamento)

L'aria proveniente dalla bombola viene portata a pressione ambiente mediante due stadi comunicanti tra loro attraverso un tubo flessibile detto frusta.



L'aria attraverso l'ingresso **1**, entra nella camera di comunicazione con la bombola **2**, la molla di taratura **4**, posta nella camera di comunicazione con l'ambiente **5**, permette l'innalzamento del pistone **6**, e il passaggio dell'aria nella camera equilibratrice **7**, fino alle uscite di bassa pressione **8**, dove esce alla pressione determinata dalla taratura della molla, più la pressione ambiente.

Nella fase di inspirazione si crea una depressione che richiama la membrana **1**, questa si introflette abbassando la leva **2**, e permettendo l'apertura del pistone **3**, l'aria espandendosi nella camera di respirazione **4**, va in equilibrio con la camera di comunicazione ambiente **5**, nella fase espiratoria l'aria fuoriesce da una valvola di scarico attraverso i baffi di scarico **6**.



Caratteristiche fondamentali:

- 1° stadio con varie uscite di bassa pressione(LP) e due uscite di alta pressione (HP),
- 1° stadio bilanciato, garantisce una portata d'aria costante indipendentemente dalla pressione di carica della bombola
- 2° stadio in materiale leggero per evitare dolori alle mascelle, ma robusto e resistente agli urti.
- buona capacità della membrana di scarico, per offrire la minima resistenza all'espirazione

L'ATTREZZATURA



IL MANOMETRO

Strumento essenziale, fornisce al subacqueo l'informazione sulla pressione dell'aria presente nella bombola. Si collega al 1° stadio dell'erogatore mediante una frusta avvitata nel foro d'uscita dell'alta pressione (HP). Sul quadrante mostra una scala che va da 0 a 300 atmosfere (bar) contrassegnando con una zona rossa la parte della scala da 0 a 50 (bar). Esistono in commercio manometri sia di tipo tradizionale che digitali ambedue validi.

Caratteristiche fondamentali:

- Precisione dello strumento**
- robustezza**
- morbidezza della frusta**
- presenza della valvola antideflagrazione**
- guaina in gomma antiurto**

Funzionamento:

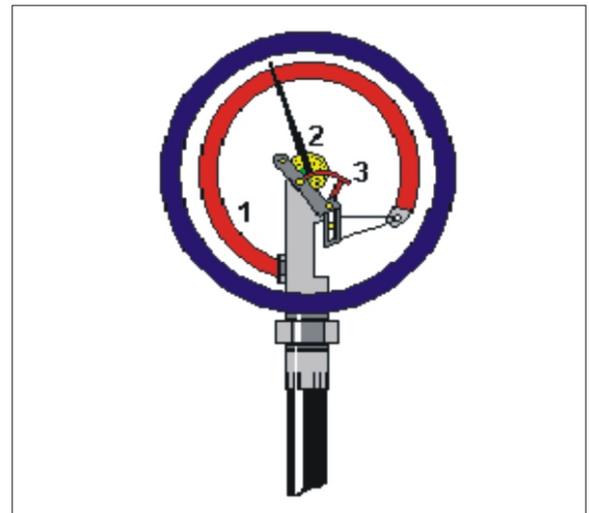
L'aria espandendosi all'interno del tubo flessibile di Bourdon, tende a far raddrizzare quest'ultimo che per trascinamento sposta il bilanciere collegato al movimento della lancetta: La molla a spirale serve a creare resistenza e ad azzerare la lancetta

- 1 - tubo di Bourdon**
- 2 - molla a spirale**
- 3 - bilanciere collegato alla lancetta**



Manometro analogico

Spaccato interno:
Manometro analogico



IL PROFONDIMETRO

Il profondimetro è lo strumento che indica costantemente la quota di immersione raggiunta. Tale strumento, attraverso una membrana collegata con l'esterno legge la pressione idrostatica e la traduce sul quadrante in metri. Ormai da anni sui profondimetri si trovano montate due lancette, una detta lancetta di segnalazione, di solito nera, e una detta lancetta di massima di colore rosso. Solo la prima è collegata direttamente con i meccanismi dello strumento e quindi sale e scende di scala a seconda delle profondità raggiunte. La seconda lancetta viene invece trascinata dalla prima, mediante un cavallino (gancio), quindi quando la profondità aumenta la lancetta nera trascina con sé la rossa, quando la profondità diminuisce la lancetta nera torna indietro, sganciandosi da quella rossa, che in questo modo indicherà sempre solo la profondità massima raggiunta, dato importantissimo per la pianificazione dell'immersione.



IL PRONDIMETRO



Caratteristiche fondamentali:

1. buona possibilità di lettura
2. quadrante fluorescente
3. presenza della doppia lancetta
4. Robustezza

Caratteristiche ottimali:

possibilità di montaggio in consolle

possibilità di taratura in caso di immersione in alta quota

IL JACKET



Conosciuto agli inizi con il nome di G.A.V., sigla di giubbotto ad assetto variabile, aveva la forma simile a quella dei salvagente a collare. Si fissava con una serie di cinghiaggi ed era collegato, per il riempimento dell'aria, o alla bassa pressione dell'erogatore, attraverso una frusta, o con un bombolino autonomo caricato di aria compressa.

Oggi l'equilibratore è conosciuto con il nome di Jacket e si indossa integrato direttamente con la bombola. I moderni Jacketes si distinguono in due categorie: il modello classico che si gonfia in tutta la sua forma simile ad un gilèt e il modello cosiddetto "tuttodietro" dove la parte gonfiabile è situata alle spalle del subacqueo. Ambedue le soluzioni risultano ottimali, purché si sappia usare correttamente tale attrezzatura. In commercio esistono Jacketes con capacità di volumi d'aria esagerati (addirittura fino a 40 litri), usati esclusivamente per immersioni cosiddette "tecniche", dove il subacqueo si trascina dietro veri e propri grappoli di bombole.

Per le immersioni sportive un buon Jacket non ha bisogno di queste capacità di volumi, le caratteristiche tecniche, invece devono riguardare ben altro, la facilità d' indossamento, una buona capienza delle tasche, una buona facilità di regolazione dei cinghiaggi, un numero sufficiente di valvole di sovrappressione e di scarico rapido e non ultimo il confort durante l'uso.



IL JACKET

Caratteristiche fondamentali:

1. presenza di almeno due valvole di scarico rapido, poste una in alto e una nella parte bassa, per riuscire a scaricare rapidamente l'aria in qualsiasi posizione
2. sistema di scarico rapido inserito anche nel corrugato
3. buona sagomatura che non ostruisca i movimenti in superficie quando è completamente gonfio
4. possibilità di alloggiamento della zavorra con sistema di sgancio rapido
5. buona tenuta delle varie chiusure
6. buona vestibilità.

Consigli tecnici

1. in superficie prima di scaricare il jacket per iniziare la discesa premere 2/3 volte il pulsante dell'erogatore per verificare che la bombola sia aperta e tutto funzioni
2. prima di iniziare la risalita scaricare completamente il jacket
3. Durante la risalita evitare che il jacket aumenti il proprio volume

PIANIFICAZIONE E CALCOLO DEI CONSUMI

immersione con A.R.A.



A differenza della pratica dell'immersione in apnea, in quella con l'uso dell'apparecchiatura A.R.A. (Autorespiratore ad ARIA), dall'erogatore, possiamo respirare sempre a pressione ambiente.

Certamente la scorta contenuta in una bombola è sicuramente superiore a quella contenuta nei nostri polmoni durante un'apnea, ma anch'essa non è illimitata. E' bene imparare a calcolare quali siano i nostri consumi durante una immersione per non rischiare di rimanere senza aria.

Per capire meglio cosa succede durante un'immersione, immaginiamo di immergere un palloncino carico di 1 litro di aria a pressione ambiente 1 bar ad una profondità di 10 mt. (2 bar), noteremo che il suo volume si sarà ridotto della metà, per riportarlo al suo volume originale (quello che aveva sul livello del mare) a quella profondità si dovrà procedere immettendo nuova aria, ulteriori 500 cc alla pressione ambiente relativa, cioè a 2 bar (-10 mt), ovvero la stessa quantità di ARIA, ulteriori 1000 cc, alla pressione di 1 bar, compresi però a 2 bar ($500 \text{ cc} \times 2 \text{ bar} = 1000 \text{ cc}$).

Come nell'esempio anche nei nostri polmoni è presente aria, quindi comprimibile, dato l'aumento della pressione ambiente dovuto al procedere dell'immersione tendono a ridurre il volume equilibrando il contenuto (ARIA) alla pressione ambiente.

Considerato che un gas a pressione maggiore si sposta verso uno a minore pressione, è chiaro che pur collegando con l'esterno in nostri polmoni, in una situazione simile, non riusciremo mai ad inspirare aria, a meno che, non si utilizzi una apparecchiatura capace di erogare aria ad una pressione uguale a quella ambiente.

L'erogatore è uno strumento che utilizza gas compresso contenuto nelle bombole. Il 1° stadio collegato alla bombola funge da riduttore di pressione mantenendo costante una pressione di esercizio di circa 8/10 bar più la pressione ambiente, il 2° stadio ci consente di respirare fornendoci aria sempre a pressione ambiente.

Per fornire aria a pressione ambiente l'erogatore necessita quindi di un quantitativo di aria maggiore tanto più sarà maggiore la pressione ambiente a cui siamo sottoposti.

Una corretta ventilazione porta il subacqueo a inspirazioni di circa 1500/1800 cc. ognuna, rispettando il corretto ritmo respiratorio, 12/14 ventilazioni al minuto, la quantità di aria utilizzata ad 1 bar è di circa 20 litri/aria al minuto.

Modificando la pressione ambiente anche il quantitativo di aria utilizzato salirà in relazione all'aumento della pressione ambiente.

Esempio:

1 bar (0 mt) = 20 Litri/minuto

2 bar (10 mt) = 40 Litri/minuto

3 bar (20 mt) = 60 Litri/minuto

e così via.

Per calcolare, in fase di pianificazione preimmersione, i consumi di una immersione, sarà necessario conoscere il tempo (minuti) e la profondità massima decisa di raggiungere, equipararne il valore in bar, moltiplicare per il coefficiente (20 litri/minuto), moltiplicare per il tempo di permanenza (minuti).

Considerato che un'immersione inizia al momento della discesa e finisce al momento della risalita il calcolo sopra riportato vale solo per il tempo di permanenza, per il calcolo dei consumi relativo risalita sarà necessario procedere prendendo in considerazione la media della max profondità raggiunta (Es: per una discesa a 30 mt la media è 15 mt), calcolare i consumi a 15 mt (2.5 bar) e moltiplicarli per il tempo totale di risalita, cioè 3 minuti.

PIANIFICAZIONE E CALCOLO DEI CONSUMI immersione con A.R.A.



Quanto appena espresso può sembrare complesso nel calcolo, l'esempio espresso nella tabella di seguito riportata, semplifica calcoli e concetti.

Calcolo dei consumi per una immersione in curva di sicurezza a 30 mt della durata di 25 minuti con 3 minuti di decompressione preventiva a mt.3

Immersione tipo

Profondità	30
Tempo (min)	25
Tempo Risalita (min)	3

Esempio di calcolo per i consumi del tempo di permanenza

Prof.Mt.	Press.(bar)	Coefficiente (lt/min)	Formula	Somma (litri min.)	Permanenza Minuti	Consumo Lt/totali
30	4	20	=4bar x 20 Lt/min	80	25	2.000

Esempio di calcolo per i consumi del tempo di risalita

Media Risalita	Press.(bar)	Coefficiente (lt/min)	Formula	Somma (litri min.)	Permanenza Minuti	Consumo Lt/totali
15	2,5	20	=2,5bar x 20 Lt/min	50	3	150

Esempio di calcolo per i consumi del tempo di decompressione

Prof.Mt.	Press.(bar)	Coefficiente (lt/min)	Formula	Somma (litri min.)	Permanenza Minuti	Consumo Lt/totali
3	1,3	20	= 1,3bar x 20 lt/min	26	3	78

Somma dei consumi alle varie esposizioni

Consumo litri permanenza	2.000
Consumo litri risalita	150
Consumo litri decompressione	78
Totale litri immersione	2.228

In matematica l'operazione di calcolo moltiplicazione, soprattutto con l'uso di decimali, risulta decisamente più complessa dell'addizione.

È possibile eseguire, al fine di semplificare i calcoli dei lt/min ad una determinata profondità, la formula a seguire:

Profondità + profondità + coefficiente ottenendo gli stessi risultati dell'operazione utilizzata nella tabella sopra descritta: **pressione x coefficiente**.

Somma dei consumi al minuto alle varie esposizioni (con l'uso della moltiplicazione)

30 mt = 4 bar x 20	80
15 mt = 2,5 bar x 20	50
3 mt = 1,3 x 20	26

Somma dei consumi al minuto alle varie esposizioni (con l'uso dell'addizione)

30 mt + 30 mt + coeff. 20	80
15 mt + 15 mt + coeff. 20	50
3 mt + 3 mt + coeff. 20	26

Si noti come i risultati della formula (Addizione) diano sempre gli stessi risultati della formula (moltiplicazione) con la visibile semplificazione nel calcolo con l'uso dei decimali (15 mt e 3 mt).

PIANIFICAZIONE E CALCOLO DEI CONSUMI

immersione con A.R.A.



Il calcolo dei consumi finora analizzato trova riscontro in una particolare modalità di respirazione del subacqueo. La ventilazione dovrà avvenire in maniera ampia, lenta e costante, ciò permetterà di controllare l'andamento dell'immersione, un aumento incontrollato della frequenza di ventilazione ci avvertirà che le cose, forse, non stanno andando nel giusto verso.

Situazioni di affanno, fatica fisica con conseguente aumento della frequenza nella ventilazione, possono modificare i consumi programmati.

CALCOLO DELLA SCORTA

"Scelta del tipo di bombola"

Chiarito come si esegue, in fase di programmazione, il calcolo dei consumi, è ora tempo di scegliere il tipo di bombola capace di contenere il quantitativo d'aria necessario.

Come abbiamo visto nelle schede relative all'attrezzatura, il manometro, visualizza, in tempo reale, il contenuto della bombola esprimendolo in bar.

Ogni recipiente (bombola) ha una sua capacità, anche se vuota. La capacità è espressa in litri/aria e corrisponde al volume del recipiente ad 1 bar; le informazioni di capienza, data di fabbricazione, pressione di esercizio e di collaudo, data ultima revisione è possibile trovarle stampigliate sul metallo all'altezza del collo della bombola.

Come sappiamo l'aria è una miscela di gas e come tale comprimibile. Utilizzando un compressore specifico (l'operazione è spesso eseguita in centri, diving o negozi specializzati) è possibile "caricare" la bombola a più di 1 bar, la pressione di carica normalmente utilizzata nei centri specializzati è 200/220 bar.

È sufficiente, a questo punto, moltiplicare il valore di carica (bar) della bombola, visualizzato dal manometro collegato per il valore (capacità litri/aria) corrispondente alla bombola.

ESEMPIO:

Bombola (vuota) capacità 15 Litri/aria (1 bar)

Bombola (carica 200 bar) capacità 15 Litri/aria

Pressione di carica 200 bar x capacità 15 Litri/aria

P.(bar) 200 x Lt.15 = 3.000 litri/aria

Nel calcolo della capacità della bombola va tenuto conto dei litri realmente disponibili, ovvero, il riduttore di pressione dell'erogatore (1° stadio) lavora ad una pressione di esercizio di circa 8/10 bar e quindi non legge tale pressione all'interno della bombola.

Nell'esempio sopra riportato la corrispondenza dei litri **non** disponibili è 120/150 (8/10 bar x 15 Litri) portando la capacità disponibile della bombola a Litri 2880/2850.

A seguito di quanto finora spiegato abbiamo ora 2 parametri fondamentali per la programmazione della nostra immersione: **Totale litri necessari per l'immersione programmata, totale litri disponibili nella bombola.**

Rispettando i più alti canoni di sicurezza non dovremmo mai emergere, alla fine di una immersione, con una scorta di aria residua inferiore a 30/40 bar visualizzate sul manometro.

La scorta residua può offrire, in casi particolari (Es: valutazione di un tempo superiore necessario per la decompressione, offerta di aria al compagno ecc. ecc.), sufficiente aria per terminare in sicurezza la nostra immersione.

Confrontando i parametri (aria necessaria e contenuto bombola) otterremo quindi la giusta prova se la bombola scelta e/o disponibile è quella che effettivamente più si addice all'immersione per cui intendiamo procedere.

PIANIFICAZIONE E CALCOLO DEI CONSUMI immersione con A.R.A.



ESEMPIO DI COMPATIBILITA' FRA PARAMETRI E RESIDUO DI SICUREZZA:

Totale Litri (consumo immersione)	2.228
Totale Litri (disponibili nella bombola)	2.850
Totale Litri (Residuo fine immersione)	622

Per calcolare a quanti bar, i litri residui corrispondono è sufficiente dividerli per la capacità della bombola.

ESEMPIO DI TRASFORMAZIONE DELL' ARIA RESIDUA IN BAR

Lt. 622 : 15 = 41,5 bar

Va inteso che i valori contrassegnati sul quadrante del manometro vanno di 10 bar in 10 bar. (0, 10, 20, 30, 40 ecc. ecc.) è quindi impossibile calcolare l'esatta quantità di aria disponibile, è, però chiaro, che la lancetta del manometro sarà verosimilmente leggermente superiore a 40 bar.

A conclusione, è possibile dire che la programmazione dell'immersione, presa in esempio, è da considerarsi valida e di rispetto nei più alti canoni di sicurezza.

L'ASSORBIMENTO D'AZOTO IN IMMERSIONE LA SATURAZIONE

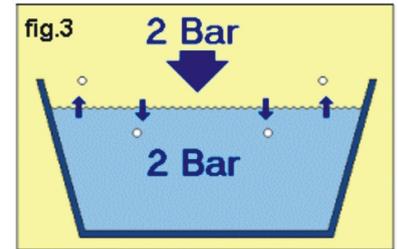
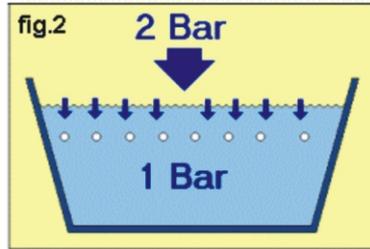
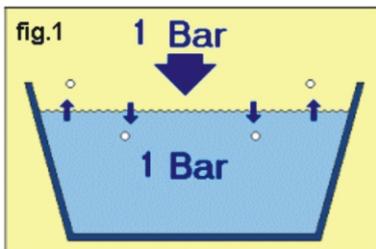


L'aria che respiriamo è composta per circa l'80% di Azoto (N₂). Tale gas è definito "inerte", in quanto non partecipa attivamente ai processi vitali dell'organismo, ma è presente in esso, obbedendo alle leggi fisiche che regolano il passaggio dei gas nei liquidi. Il nostro organismo, costituito in larga parte da liquidi, si comporta come un qualsiasi altro solvente e l'azoto introdotto attraverso la respirazione segue la legge dei gas.

Questo significa, secondo la Legge di Henry, che nel nostro organismo è presente in soluzione una quantità di azoto pari alla quantità di azoto presente nell'aria che respiriamo. Usando una terminologia più corretta diremo che, la pressione parziale dell'azoto nel nostro organismo è in equilibrio con la pressione parziale dell'azoto presente nell'aria respirata, questa situazione è detta "SATURAZIONE".

Nelle immersioni con A.R.A. respiriamo aria, che grazie all'erogatore, arriva sempre alla stessa pressione dell'ambiente in cui ci troviamo, anche la pressione parziale dell'azoto sarà diversa, di conseguenza altro azoto passerà in soluzione nel nostro organismo, fino a raggiungere l'equilibrio con la pressione parziale dell'azoto presente nell'aria respirata.

LEGGE DI HENRY
A temperatura costante la quantità di gas che si può disciogliere in un liquido dipende dalla pressione parziale che quel gas esercita sul liquido e dalla solubilità nel liquido stesso



Nei tre disegni è illustrato schematicamente il principio della legge di Henry si può notare come da una situazione di equilibrio (Fig.1) aumentando la pressione esercitata sul liquido dell'altro gas vi entri in soluzione (Fig.2) fino al raggiungimento di un nuovo equilibrio.

L'organismo, per raggiungere l'equilibrio in tutti i tessuti, impiega 12 ore indipendentemente dalla profondità e, quindi, dalla differenza di pressione, come illustrato nella tabella sotto riportata.

Chiaramente non tutti i tessuti impiegano 12 ore, l'organismo è composto da più tessuti differenti fra loro, non solo nella struttura, ma, soprattutto per la diversa velocità di vascolarizzazione.

Profondità	Pressione	Tipo di Gas	P.p. Gas libero	Tipo solvente	P.p. differenza	P.p. emisaturazione
0 mt	1 bar	Azoto	0,80bar	Corpo umano	-	-
10 mt	2 bar	Azoto	1,60 bar	Corpo umano	0,80	0,40
20 mt	3 bar	Azoto	2,40 bar	Corpo umano	1,60	0,80
30 mt	4 bar	Azoto	3,20 bar	Corpo umano	2,40	1,20

In funzione di quest'ultima importante differenza vengono suddivisi in 3 diverse tipologie:

- Tessuti Veloci
- Tessuti Medi
- Tessuti Lenti



L'ASSORBIMENTO D'AZOTO IN IMMERSIONE LA SATURAZIONE

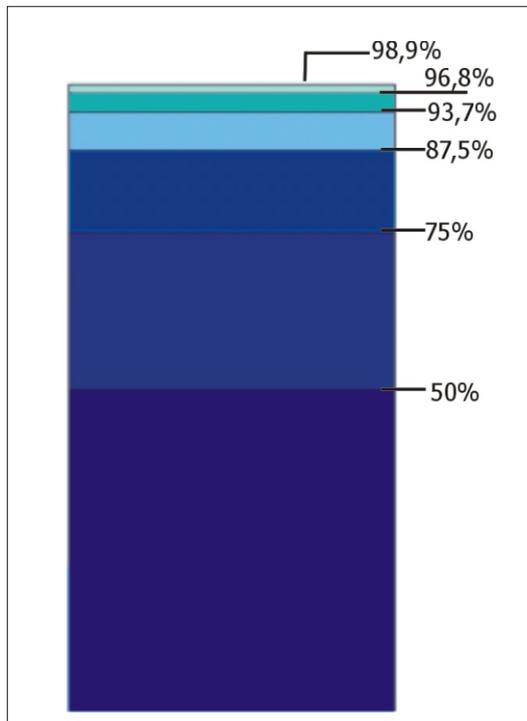
Il tessuto più veloce ad assorbire è chiaramente il sangue, ma, cedendo continuamente l'azoto assorbito ai vari tessuti, sarà anche l'ultimo a raggiungere la saturazione.

Lo scambio tra l'azoto presente nel sangue e quello presente nei tessuti avviene per differenza di pressione (gradiente pressorio) per cui il sangue continuerà a cedere azoto fin tanto che la pressione dell'azoto nei tessuti non raggiungerà l'equilibrio.

Con la stessa dinamica questo scambio pressorio avviene anche fra un tessuto e l'altro, passando da quello più veloce a quello più lento.

L'assorbimento dell'azoto da parte dei tessuti sarà all'inizio molto veloce e successivamente sempre più lento in quanto, aumentando la pressione di azoto disciolto nei tessuti, il gradiente pressorio, cioè la differenza di pressione sarà sempre minore.

Pertanto l'assorbimento avviene seguendo un curva esponenziale.



Percentuali di assorbimento nei 6 Emiperiodi per un ipotetico tessuto.

Per l'immersione sportiva è bene fare riferimento non ai tempi di saturazione dei tessuti ma ai tempi cosiddetti di Emisaturazione, cioè ai tempi impiegati dai vari tessuti per raggiungere la metà (50%) della della differenza dell'azoto assorbibile.

In base a questa logica i tessuti sono stati suddivisi in 6 compartimenti con tempi di emisaturazione diversi fra loro che vanno da 5 minuti per il tessuto più veloce, a 120 minuti per il tessuto più lento.

I tempi di Emisaturazione, anche detti Emiperiodi, rappresentano ognuno 1/6 del tempo totale occorrente a quel determinato tessuto per raggiungere la saturazione.

Durante ognuno di questi emiperiodi il tessuto assorbirà il 50% della differenza di pressione fra l'azoto libero e quello in soluzione.

Situazione riferita ad un ipotetico tessuto per il primo dei suoi tempi di emisaturazione.

Profondità	Pressione	Tipo di Gas	P.p. Gas libero	Tipo solvente	P.p. differenza	P.p. emisaturazione
0 mt	1 bar	Azoto	0,80bar	Corpo umano	-	-
10 mt	2 bar	Azoto	1,60 bar	Corpo umano	0,80	0,40
20 mt	3 bar	Azoto	2,40 bar	Corpo umano	1,60	0,80
30 mt	4 bar	Azoto	3,20 bar	Corpo umano	2,40	1,20

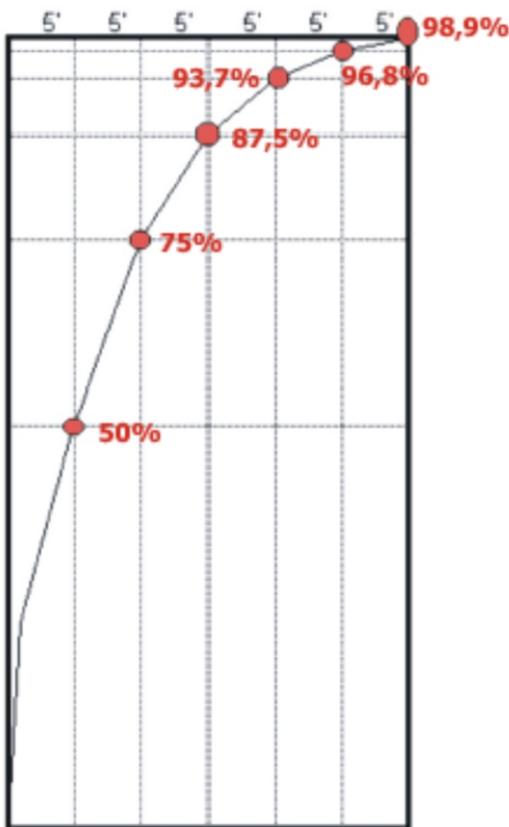
DESATURAZIONE

Nel momento della liberazione si verifica tra l'organismo e la pressione ambiente un processo inverso, sarà la pressione parziale dell'azoto disciolto nei tessuti maggiore della pressione parziale dell'azoto libero, di conseguenza i tessuti libereranno l'azoto attraverso tutti e 6 gli emiperiodi seguendo la stessa dinamica della fase di assorbimento.

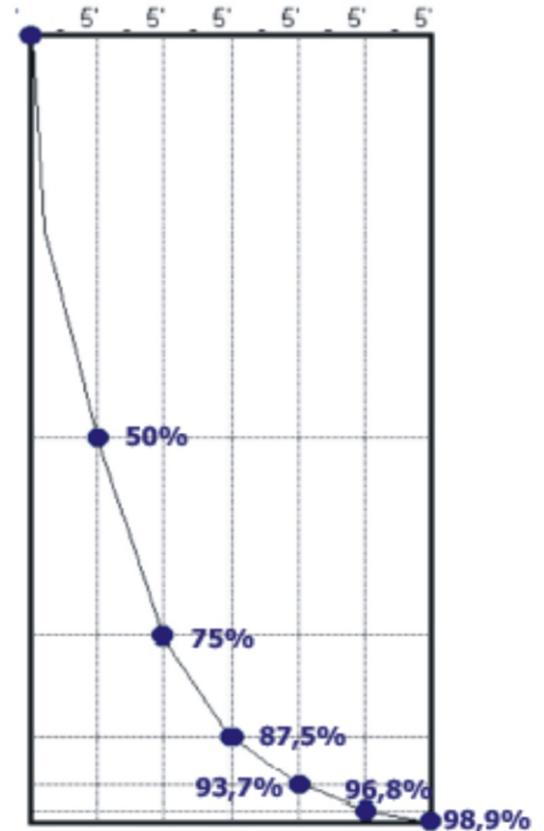
L'ASSORBIMENTO D'AZOTO IN IMMERSIONE LA SATURAZIONE



Grafico rappresentativo della curva esponenziale relativa alla Saturazione e Desaturazione di un tessuto con Emiperiodo a 5 minuti



Si noti come in ogni frazione "Tempo di Emisaturazione" il tessuto assorbe sempre il 50% della differenza di pressione tra il tessuto e la pressione Ambiente.



Si noti come in ogni frazione "Tempo di Emidesaturazione" il tessuto libera sempre il 50% della differenza di pressione tra l'azoto assorbito e la pressione ambiente.

Le notevoli quantità di Azoto che si disciolgono nei tessuti durante l'immersione non costituiscono un problema.

Il problema sorge quando inevitabilmente si deve risalire: diminuendo la pressione esterna e la pressione dell'aria respirata, l'Azoto disciolto nei tessuti tende a tornare allo stato gassoso ad una velocità di desaturazione uguale alla velocità di saturazione.

Finché il fenomeno del rilascio dell'Azoto e della formazione delle bolle nel circolo venoso rimane limitato e, queste ultime, non superano per numero e dimensione i valori critici, non vi è pericolo per il funzionamento dell'organismo. Se la riduzione di pressione avviene in modo troppo drastico l'eccessivo numero di bolle liberate (dilatandosi) si accumulano nei tessuti e/o ostruiscono i capillari sanguigni, oppure arrivano ad intasare il circuito polmonare rendendo difficoltosa la respirazione e la stessa circolazione. Questa è la genesi dell'incidente più noto a cui il subacqueo con A.R.A. può andare incontro: **S. D. D. (sindrome da decompressione)**.

LA SINDROME DA DECOMPRESSIONE (S.D.D.)



Come già accennato le notevoli quantità di Azoto che si sciolgono nel nostro organismo, non costituiscono un problema durante l'immersione, ma possono diventarlo nel momento della risalita. Durante la risalita si verifica una riduzione della pressione ambiente, e di conseguenza una riduzione della pressione dell'aria respirata. Questo determina una differenza di pressione tra l'Azoto disciolto e quello libero. Se tale riduzione di pressione (decompressione) avviene in modo troppo drastico, definita tecnicamente decompressione esplosiva, l'Azoto liberato dai tessuti tende a tornare allo stato gassoso, formando microscopiche bolle che, per grandezza o quantità, arrivano ad ostruire la circolazione venosa, o ad intasare il circolo polmonare. Tale sintomatologia si aggrava con il passare delle ore, pertanto un tempestivo soccorso presso un centro iperbarico è l'unica terapia valida.

Prima di approfondire il discorso su questo tipo di incidente, proviamo a fare un esempio per raffigurare quello che avviene nel nostro organismo se effettuiamo una risalita incontrollata generando una drastica riduzione di pressione.

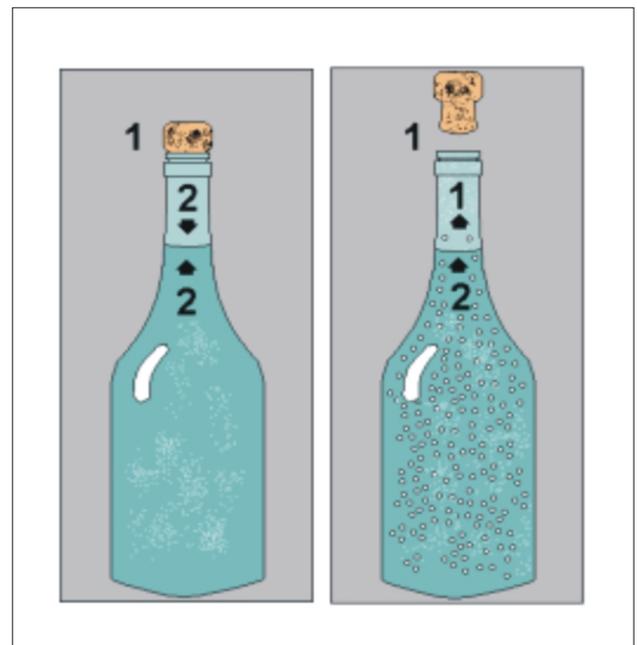
Nella bottiglia di spumante, per esempio, (Fig. a Dx), il gas è presente ad una pressione maggiore rispetto all'esterno. Stappando la bottiglia, il gas, in essa contenuto, tende a raggiungere l'equilibrio con la pressione ambiente.

Avvenendo questo, in modo veloce, si formano all'interno della bottiglia un numero incontrollato di bolle.

Tale situazione, è un esempio pratico di come si innesca il meccanismo della **SINDROME DA DECOMPRESSIONE**

Proviamo ora a trasportare la situazione dalla bottiglia, al nostro organismo.

Le bolle liberate nel circolo venoso, possono intasarlo, compromettendo l'ossigenazione.



SITUAZIONE DI NORMALE CIRCOLAZIONE



SITUAZIONE DI OSTRUZIONE DEL VASO SANGUIGNO

Le bolle di Azoto formatesi all'interno del capillare venoso ostruiscono la circolazione, generando una situazione di IPOSSIA



LA SINDROME DA DECOMPRESSIONE (S.D.D.)



S.D.D. LE TIPOLOGIE

Le Sindromi Da Decompressione sono divise, in S.D.D. di tipo 1 e S.D.D. di tipo 2, questa distinzione è determinata dalla localizzazione della bolla e quindi dalla gravità dell'incidente.



1) - La sovradistensione polmonare (chokes) è annoverata tra le S.D.D. di tipo 2 perché richiede lo stesso tipo di trattamento.

LA SINTOMATOLOGIA

I sintomi della S.D.D. variano, da sensazioni di prurito o lievi dolori localizzati simili a dolori articolari, per le forme di tipo 1, a paralisi degli arti precedute da formicolio, perdita di coscienza, perdita dell'orientamento con nausea e vomito, soffocamento per asfissia (chokes), nelle forme di tipo 2. Tranne che in quest'ultimo caso, i sintomi possono comparire anche dopo alcune ore nelle S.D.D. di tipo 1, e, fino a 30 minuti dopo la risalita, nelle S.D.D. di tipo 2.

COSA FARE

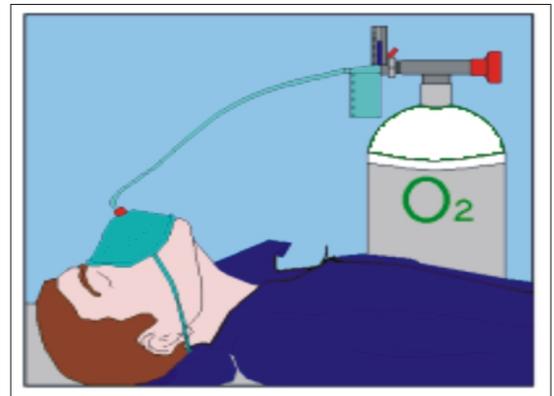
Allertare il 118

Somministrare O² a flusso 12/15 litri minuto (flussometro ossigeno e mascherina devono corredare la bombola di ossigeno)

Fare bere all'infortunato molta acqua

Assistere l'infortunato fino all'arrivo dei soccorsi

Posizionare l'infortunato, qualora si manifestino conati di vomito, tenendolo sdraiato lateralmente.



Posizione per somministrazione di Ossigeno.



Posizione corretta, in fase di decompressione, sulla cima dell'ancora.

COSA NON FARE

Ricomprensione in acqua

Somministrare farmaci di qualsiasi tipo, compresi analgesici

Contattare centri iperbarici militari

Trasporti non concordati con il 118



Per chiarire il funzionamento della Legge di BOYLE-MARIOTTE, facciamo un piccolo esperimento:

Immergiamo un palloncino pieno d'aria in acqua e verifichiamo come il suo volume si riduca mano a mano che aumenta la profondità e quindi la pressione che grava su di esso. Il palloncino riacquisterà gradatamente il suo volume quando, con movimento inverso, risalirà in superficie.

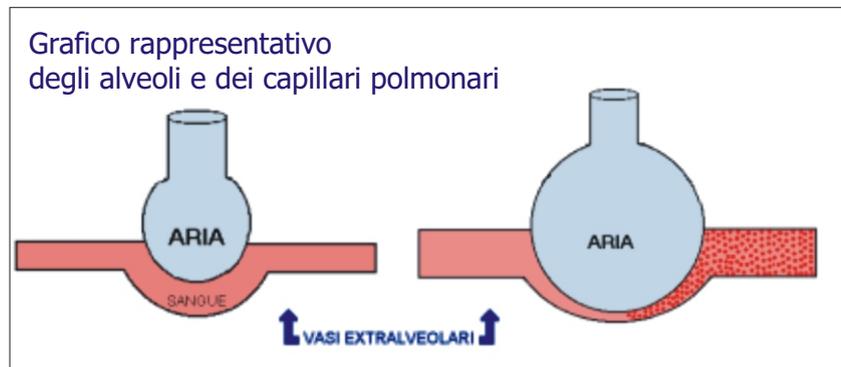
Viene esemplificato in tale modo l'enunciato della legge fisica sopra citata:

"a temperatura costante, il volume diminuisce all'aumentare della pressione e viceversa".

Possiamo renderci conto, in tale modo, che cosa sia una sovraddistensione o barotrauma polmonare, semplicemente paragonando gli alveoli polmonari di un sommozzatore (A.R.A.) a dei palloncini pieni d'aria.

Questi minuscoli sacchetti, che costituiscono il tessuto polmonare, si comporteranno come tali e in fase di risalita aumenteranno di volume, di pari passo con la diminuzione della pressione idrostatica.

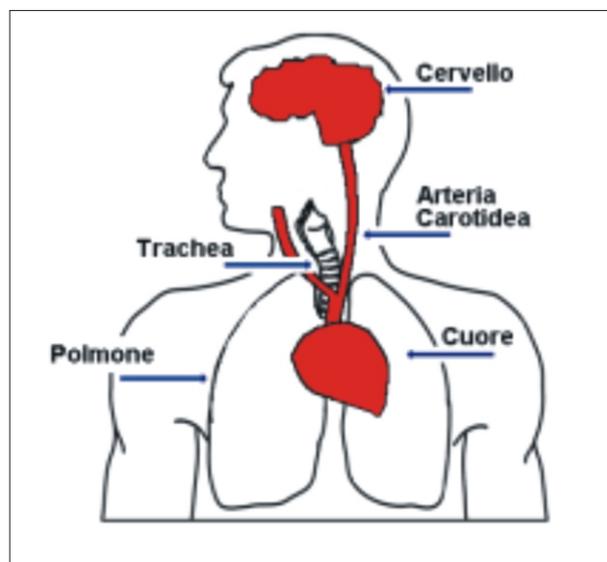
Se l'aria presente al loro interno non viene espulsa durante la risalita del nostro sommozzatore, le pareti degli alveoli cominceranno a dilatarsi. Proseguendo l'ascesa e persistendo i motivi che impediscono all'aria in espansione di essere espulsa, continueranno a crescere di volume fino al loro limite di elasticità con successiva rottura.



Una marcata dilatazione alveolare conduce ad uno stiramento dei vasi extralveolari. Le bolle d'aria che fuoriescono da un'eventuale lacerazione possono penetrarvi originando così un quadro di embolia gassosa arteriosa denominata "E.G.A.".

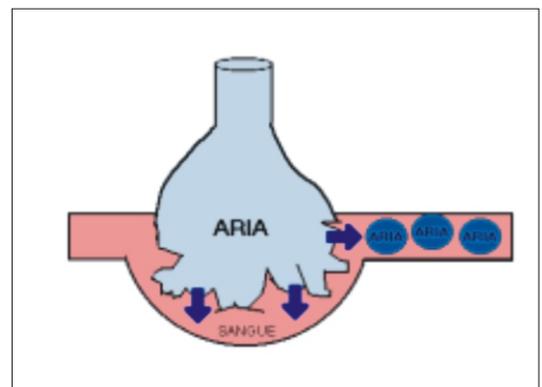
FASI INIZIALI DI UN BAROTRAUMA

Se la pressione intraalveolare supera di 2 - 3 decimi di atmosfera la pressione idrostatica esterna, si produrranno delle lacerazioni della parete alveolare, con diffusione di bolle d'aria nei tessuti circostanti. I sintomi che derivano da questa lesione dipendono dalla localizzazione dell'aria fuoriuscita.



E.G.T. Embolia gassosa traumatica

Lesione di un alveolo polmonare dovuta a barotrauma e conseguente passaggio d'aria nel circolo arterioso.





BAROTRAUMI E LESIONI POLMONARI E.G.A. (Embolia gassosa arteriosa)

Con il passaggio diretto di aria compressa nel Grande Circolo, spesso associato all'Embolia gassosa arteriosa, si verifica anche un pneumotorace (PNX), oppure un Enfisema mediastinico, o sottocutaneo. Le grandi emergenze subacquee connesse con l'EGA ed interessanti l'apparato respiratorio, avvengono soprattutto durante immersioni con autorespiratore ad aria (ARA). Tali patologie insorgono durante la fase di risalita e ne sono spesso vittima i sommozzatori durante le esercitazioni di "free escape".

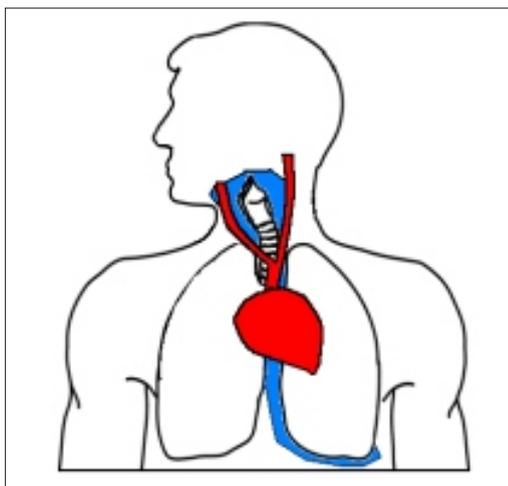
La sintomatologia si verifica nell'ultima fase dell'emersione e può manifestarsi sino ad un'ora dopo, tuttavia la percentuale più rilevante si evidenzia al momento dell'arrivo in superficie.

La sintomatologia dei barotraumi polmonari comporta, oltre a malessere e vertigini, un grave deficit respiratorio (se è presente il pneumotorace, come quasi sempre capita), dolore retrosternale intenso, in caso di semplice iperdistensione alveolare, in seguito possono comparire dispnea, cianosi e pallore (dovuto alla compressione della base del collo).

Qualora avvenga penetrazione d'aria nei vasi sanguigni si manifesterà una embolizzazione arteriosa cerebrale; insufficienza cardiaca acuta per presenza d'aria nel ventricolo sinistro, con ostacolo alla funzione di pompa; embolizzazione coronarica; shock e complicanze neurologiche; è possibile l'arresto cardiocircolatorio e la morte improvvisa.

L'unico trattamento in caso di EGA è quello di somministrare ossigeno, essere pronti se necessario ad attuare una rianimazione cardio polmonare e allertare i soccorsi (118) per fare arrivare l'infortunato al Centro Iperbarico più vicino, sperando di essere riusciti a limitare i danni il più possibile.

E.G.A. - ALTRE LOCALIZZAZIONI

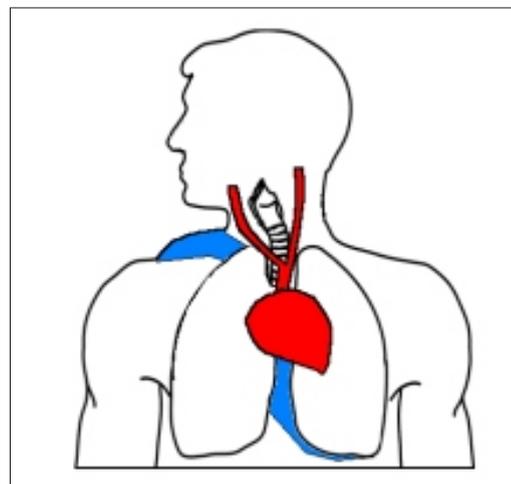


La zona azzurra indica la localizzazione delle bolle

Le bolle d'aria possono localizzarsi nella regione toracica che prende il nome di **MEDIASTINO**, dove sono collocati importanti organi vitali. La situazione descritta prende il nome di **ENFISEMA MEDIASTINICO**.

La zona azzurra indica la localizzazione delle bolle

Le bolle d'aria possono localizzarsi dietro la clavicola e all'altezza del collo, provocando dei rigonfiamenti. La situazione descritta prende il nome di **ENFISEMA SOTTOCUTANEO**.



BAROTRAUMI E LESIONI POLMONARI

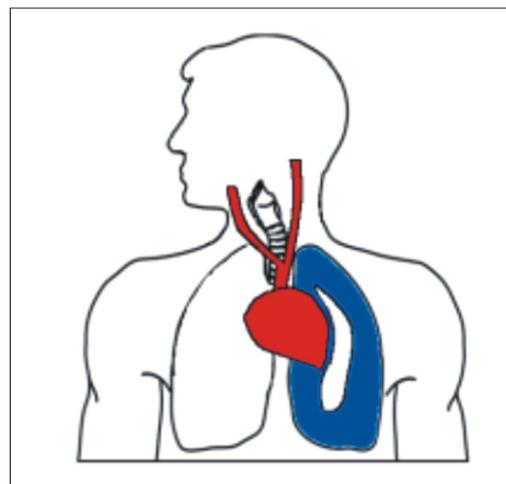
E.G.A. (Embolia gassosa arteriosa)



E.G.A. - ALTRE LOCALIZZAZIONI

Le bolle d'aria possono rompere il rivestimento che avvolge i polmoni (pleura viscerale) provocando lo scollamento del polmone e la sua improvvisa riduzione di volume fino al collasso. La situazione descritta prende il nome di **PNEUMOTORACE**.

La zona azzurra indica la localizzazione delle bolle



LA RISALITA DI EMERGENZA

In caso di risalita d'emergenza mantenere iperesteso il capo dell'infortunato per favorire la fuoriuscita d'aria dalla bocca.

LE TABELLE DI DECOMPRESSIONE



Come abbiamo finora visto, durante la risalita da una immersione, il nostro organismo libera l'azoto assorbito sotto forma di micro bolle che saranno successivamente liberate attraverso la respirazione.

Le dimensioni delle bolle sono relative alla differenza di pressione tra esse e la pressione ambiente. Se risaliamo ad una velocità eccessiva esse tendono ad aumentare di volume, ostruendo la circolazione venosa, tanto più velocemente quanto più sarà veloce la risalita.

Lo studio del fenomeno della liberazione delle micro bolle è stato affrontato da molti fisiologi. La Marina Americana (US Navy), per esempio, ha stilato una pianificazione per tempo permanenza, profondità e velocità di risalita compilando alcune tabelle (tabelle di decompressione US Navy) ancora oggi, seppure rivedute e modificate nel tempo, usate da molti subacquei.

Il nostro organismo, alla fine di una immersione, può sopportare fisiologicamente una certa quantità di azoto residuo disciolto a livello tissutale. Una immersione per tempo e per profondità può superare questa quantità, è necessario, allora, liberare la differenza assorbita prima di emergere.

Le tabelle di decompressione prevedono tempi di permanenza prestabiliti a determinate profondità, detti in curva di sicurezza, dove la sola velocità di risalita è sufficiente a liberare la differenza di azoto, assorbita oltre il nostro massimo livello di sovrassaturazione.

Per le immersioni che hanno un durata superiore a questo limite, dette fuori curva di sicurezza, la sola velocità di risalita (anch'essa una forma di decompressione controllata) non è sufficiente. In taluni casi le tabelle prevedono soste (tappe di decompressione), dove è necessario restare per i tempi ed alle profondità stabilite al fine di liberare la differenza che ci separa dal nostro limite massimo di sovrassaturazione.

Per entrambi i tipi di immersione, entro e fuori curva di sicurezza, la velocità di risalita consigliata è di 10 metri al minuto.

Studi hanno dimostrato che tale velocità risulta più sicura sul controllo nella formazione di micro-bolle liberate a seguito di una diminuzione della pressione ambiente (risalita).

Usando le tabelle di decompressione è necessario "quadrare" i calcoli per le immersioni a cui intenderemo procedere, ovvero rapporteremo sempre il calcolo per la decompressione alla profondità maggiore raggiunta, anche se il tempo reale di permanenza, passato alla max profondità, è inferiore al tempo passato ad una profondità minore.

USO DELLE TABELLE DI DECOMPRESSIONE

Anche noi, sia per la parte didattica, sia per l'uso durante le immersioni utilizzeremo le tabelle Us Navy. L'interpretazione e lettura delle tabelle è piuttosto facile, per mezzo di eloquenti figure grafiche, troveremo la relativa chiave di lettura.

Nella Figura, subito a Dx, è visibile uno spaccato del primo quadro delle tabelle. In ordine è possibile leggere la profondità espressa in metri, il tempo di permanenza massimo, i tempi e le profondità per eventuali "tappe di decompressione".

Le profondità indicate sulle tabelle variano ogni 3 metri, in quanto, originariamente espresse in piedi **(la misura di 3 metri corrisponde a 10 piedi)**.

Spaccato delle tabelle U.S. Navy

P	T	9	6	3	FAR
12	200				N
	210			2	N
	230			7	O
	250			11	L
15	100				L
	110			3	L
	120			5	M
	140			10	M
18	60				J
	70			2	K
	80			7	L
	100			14	M
21	50				K
	60			8	K
	70			14	L
	80			18	M
	90			23	N
	100			33	N

LE TABELLE DI DECOMPRESSIONE



Come è possibile notare (Fig. sopra), il primo valore indicato nella sezione tempo (T), subito vicino alla profondità, esprime il limite massimo (tempo/profondità) per il quale la sola velocità di risalita (10 mt/minuto) è sufficiente, per emergere da una immersione, nel rispetto dei massimi valori di azoto assorbito (immersione effettuata in "curva di sicurezza").

Quando si effettua una immersione al limite del tempo massimo della curva di sicurezza (nell'esempio mt.18/60 min.) è bene effettuare una tappa "preventiva" a 3 mt e della durata di 3 minuti. Per un tempo e/o una profondità maggiore indicata nelle tabelle vanno considerati i tempi e/o le profondità subito maggiori, rispetto quelli realmente raggiunti.

Esempio:

P. 18 mt. T. 62 min. va considerato il tempo subito superiore, ovvero, 70 minuti.

Uguualmente per la profondità, se superato il valore indicato sulla tabella (Es: 19 mt.), Va considerata la profondità subito superiore (Es: 21 mt.).

P	T	9	6	3	FAR
12	200				N
	210			2	N
	230			7	O
	250			11	L
15	100				L
	110			3	L
	120			5	M
	140			10	M
	160			21	N
18	60				J
	70			2	K
	80			7	L
	100			14	M
21	120			16	N
	50				K
	60			8	K
	70			14	L
	80			18	M
21	90			23	N
	100			33	N

Aumentare il tempo di permanenza oltre il tempo limite della curva di sicurezza, significa effettuare per un tempo superiore ed in molti casi anche a tappe di diversa profondità (6 e 9 mt) le soste di decompressione. Per tanto, va tenuto conto dei tempi di decompressione maggiori, nel calcolo della scorta di aria.

Va detto che le tabelle rispettano elevati standard di sicurezza. E' sufficiente pensare alla necessità di dover quadrare sempre l'immersione alla max profondità, quindi al max assorbimento, anche se si è terminato il tempo dell'immersione a profondità minori.

E' bene imparare a memoria almeno i limiti della curva di sicurezza, la tabella grafica a fianco può aiutare nello sforzo Mnemonico.

Prof. Metri	Tempo minuti	Tempo Risalita min/sec
12	200	1.12
15	100	1.30
18	60	1.48
21	50	2.06
24	40	2.24
27	30	2.42
30	25	3.00
33	20	3.18
36	15	3.36
39	10	3.54
42	10	4.12
45	5	4.30

TABELLA DEI TEMPI DI IMMERSIONE IN CURVA DI SICUREZZA



LE TABELLE DI DECOMPRESSIONE e sistemi alternativi

Al giorno d'oggi sono presenti sul mercato sistemi alternativi per il calcolo della decompressione. I computer subacquei possono ricalcolare, per mezzo di un algoritmo, lo sviluppo delle fasi di assorbimento e di rilascio dell'Azoto. Essi, per mezzo di sensori, leggono la profondità, un timer conta il tempo di permanenza, ricalcolando e ripianificando i tempi di esposizione dei vari tessuti che formano il nostro organismo.

Diversamente dalle tabelle, il computer, per alcuni tipi di immersione, può effettivamente allungare il tempo in curva di sicurezza, a scapito, decisamente, di un elevato fattore di sicurezza dettato dalle tabelle comuni.

1 immersioni dove il tempo passato alla max profondità è decisamente inferiore al resto del tempo di immersione passato a quote minori.

A dx un esempio di computer da polso normalmente in commercio. La possibilità di retro illuminare il quadrante ne rende possibile l'utilizzo nelle immersioni notturne ed in grotta.



A sx un esempio dei dati normalmente indicati sui computer subacquei.

L'IMMERSIONE RIPETITIVA



Come abbiamo visto nella parte relativa all'assorbimento in immersione, il nostro organismo impiega 12 ore per saturare completamente e altrettante 12 ore per desaturare.

Questo significa che nelle 12 ore successive all'immersione nel nostro organismo è presente una quantità di azoto più alta rispetto a quella della pressione ambiente (dove abbiamo iniziato l'immersione). Per tanto volendo effettuare una seconda immersione entro 12 ore dalla prima va tenuto conto di questo quantitativo di azoto residuo presente nell'organismo.

Nelle Tabelle di Decompressione tale quantitativo di azoto è indicato con la sigla **FAR (FATTORE DI AZOTO RESIDUO)** ed è espresso con una lettera.

Per Immersione ripetitiva si intende una nuova immersione effettuata dopo 10 minuti ed entro 12 ore dalla prima.

Minore sarà il tempo che intercorre tra una immersione e l'altra, maggiore sarà la quantità dell'azoto residuo.

Chiarito quanto sopra, si dovrà procedere a quantificare la differenza di azoto ancora disciolto nel nostro organismo al momento della seconda immersione, per ricalcolare tempi ed eventuali tappe di decompressione previste.

Nelle Tabelle di Decompressione, è possibile calcolare la differenza di Azoto per l'immersione ripetitiva, trasformando l'azoto residuo in tempo di esposizione, quindi in minuti di permanenza, cioè calcolare quei minuti riportati dalla tabella, come un tempo già trascorso alla profondità prevista per l'immersione ripetitiva.

Questo **TEMPO FITTIZIO** può essere aggiunto o sottratto al tempo previsto di permanenza a seconda del tipo di immersione e della autonomia dell'aria. Per ricalcolare tempi per una immersione ripetitiva è necessario, quindi, disporre di alcuni parametri fondamentali, senza i quali non è possibile calcolare il **nuovo FAR**, ovvero il nuovo **FATTORE DI AZOTO RESIDUO** al momento di intraprendere una immersione ripetitiva.

PARAMETRI FONDAMENTALI:

è consigliabile "appuntare" queste informazioni sul vs. libretto d'immersione immediatamente dopo la prima immersione.

Orario di Emersione della prima immersione Lettera (FAR) espressa sulla riga della profondità e tempo relativo alla prima immersione, nel quadro principale delle tabelle di decompressione (U.S. NAVY).

CALCOLIAMO, CON L'AIUTO DELLE TABELLE LA NOSTRA SECONDA IMMERSIONE:

Immaginiamo di arrivare ad una immersione ripetitiva, 3 ore dopo aver effettuato la prima ad una profondità di 21 mt per un tempo di 50'. Immaginiamo che il nostro orario di emersione sia stato le ore 10.50 e che la nostra immersione ripetitiva sia uguale alla prima per tempo e profondità.

L'IMMERSIONE RIPETITIVA



P	T	9	6	3	FAR
12	200				N
	210			2	N
	230			7	O
	250			11	L
15	100				L
	110			3	L
	120			5	M
	140			10	M
18	60				J
	70			2	K
	80			7	L
	100			14	M
21	50				K
	60			8	K
	70			14	L
	80			18	M
	90			23	N
	100			33	N

Estratto dalle Tabelle di decompressione US NAVY

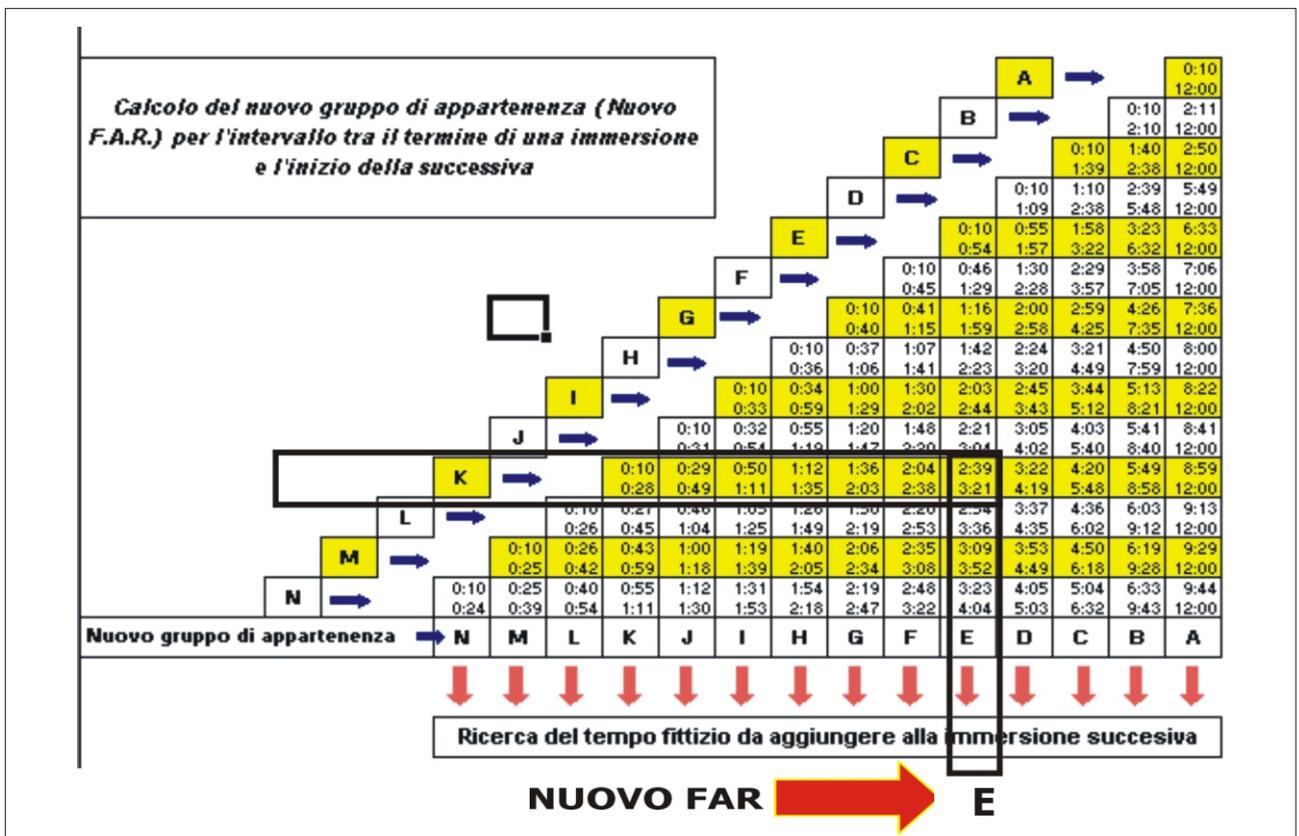
Nella Tavola a dx (estratto dalla tabelle U.S.Navy) è possibile rilevare immediatamente, al termine della prima immersione, la lettera del **FAR (FATTORE DI AZOTO RESIDUO)**.

Altro parametro, l'orario di emersione ore 10.50.

La lettera che abbiamo estrapolato dalla tabelle rappresenta il FAR al momento dell'uscita dalla prima immersione, ed è chiaro che nell'ipotesi di esempio, presa per la seconda immersione, cioè dopo 3 ore, il suo valore, per effetto della desaturazione, sarà verosimilmente inferiore.

A fronte di tutto ciò si dovrà procedere ricalcolando il nuovo FAR utilizzando un secondo quadro riportato sulle tabelle di decompressione.

Nella Tavola sotto riportata è rappresentato il quadro per la ricerca del NUOVO FAR, utilizzando la lettera iniziale del FAR (21 mt./50 min = K) come "porta di ingresso" ed intersecando, come un diagramma cartesiano, con il tempo intercorso fra la prima e quello previsto per iniziare la seconda immersione, troveremo la lettera che esprime il nuovo FAR (lettera E), ovvero la chiave per tradurre in minuti l'azoto in eccesso ancora presente nel nostro organismo.



L'IMMERSIONE RIPETITIVA



Il valore (**LETTERA NUOVO FAR**) estrapolato, si userà per calcolare il **TEMPO FITTIZIO**, utilizzando il terzo ed ultimo quadro delle tabelle di decompressione, ovvero quanto l'azoto ancora disciolto nel nostro organismo e non ancora desaturato equivalga a minuti (TEMPO FITTIZIO) e dar modo, quindi, di interpretare l'immersione ripetitiva come già iniziata da X minuti (valore definito dal quadro, utilizzato in modo sottrattivo) oppure aggiungere al tempo di permanenza previsto (50' minuti) il valore X (definito dal quadro e utilizzato in modo aggiuntivo fittizio) e, quindi, nel caso preso in esempio, procedere nella esecuzione di tappe di decompressione previste per un tempo di permanenza pari a 50' + il tempo fittizio, e calcolare l'eventuale decompressione in base al tempo totale di permanenza.

Terzo quadro: Calcolo del tempo fittizio aggiuntivo

PROVIAMO INSIEME:

Utilizzando l'esempio sotto riportato.

1° IMMERSIONE:

21 metri
50' minuti

FAR = K

Ora immersione: 09.58

Ora Emersione: **10.50**

2° IMMERSIONE:

21 metri
50' minuti

FAR = K

NUOVO FAR = E

Orario di immersione previsto: **ore 13.50**

Tempo Fittizio Aggiuntivo: **26 minuti**

Deco prevista: **Sì**

T. Deco: **18 minuti a 3 metri**

Gruppo di appartenenza al termine dell'intervallo di superficie														
Prof.	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
3	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	210	120	60
4,5	350	350	350	350	350	350	350	350	350	225	160	110	70	35
6	325	325	325	325	325	325	325	240	180	135	100	75	50	25
7,5	315	315	315	315	315	245	195	160	125	100	75	55	35	20
9	310	310	310	250	205	170	145	120	95	75	60	45	30	15
10,5	270	220	190	160	140	120	100	80	60	50	40	25	15	5
12	213	187	161	138	116	101	87	73	61	49	37	25	17	7
15	142	124	111	99	87	46	66	56	47	38	29	21	13	6
18	107	97	88	79	70	61	52	44	36	29	24	17	11	5
21	87	80	72	64	57	50	43	37	31	26	20	15	9	4
24	73	68	61	54	48	43	38	32	28	23	18	13	8	4
27	64	58	53	47	43	38	33	29	24	20	16	11	7	3
30	57	52	48	43	38	34	30	26	22	18	14	10	7	3
33	51	47	42	38	34	31	27	24	20	16	13	10	6	3
36	46	43	39	35	32	28	25	21	18	15	12	9	6	3
39	40	38	35	31	28	25	22	19	16	13	11	8	6	3
42	38	35	32	29	26	23	20	18	15	12	10	7	5	2

Tempi fittizi da aggiungere all'immersione successiva

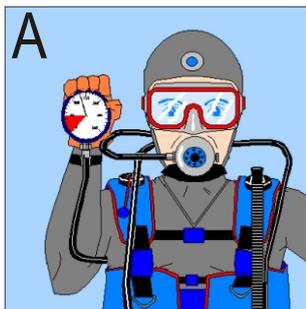
Utilizzando in modo sottrattivo il **TEMPO FITTIZIO** (curva di sicurezza a 21 metri = 50' minuti - 26 minuti (TF) = 24 minuti) sarà possibile trascorrere un tempo pari a 24 minuti senza dover temperare ad alcuna sosta di decompressione. (fatto escluso un tempo facoltativo pari a 3 minuti a 3 metri inteso quale sosta preventiva di decompressione).

Va per altro aggiunto, al fine di ottimizzare gli alti standard di sicurezza che, una immersione ripetitiva **non deve** superare la massima profondità raggiunta nella prima.

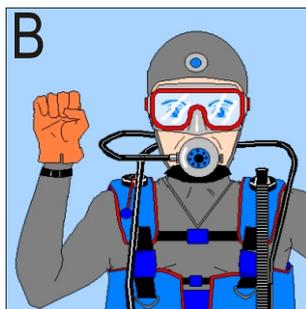
Una immersione effettuata con un intervallo di superficie **inferiore a 10 minuti** è da considerarsi come **unica immersione**.

SEGNALI SUBACQUEI

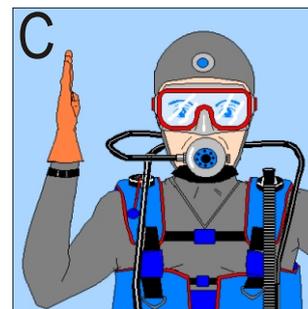
alcuni fra i segnali più usati



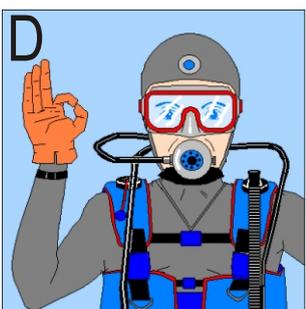
A
Quanta aria hai/avete?



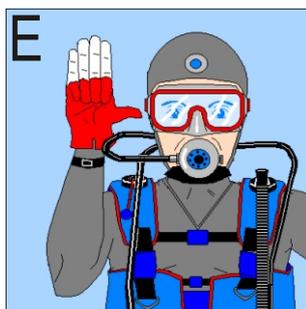
B
Ho 50 bar!



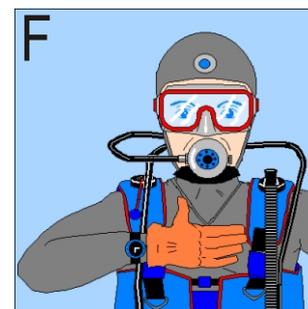
C
Ho 100 bar!



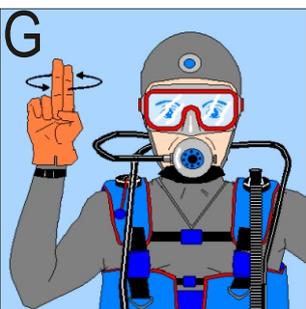
D
Tutto Ok?



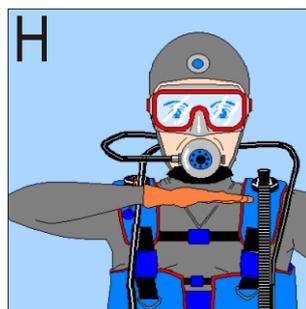
E
Non compenso!



F
Sono in affanno!



G
Ho le vertigini!



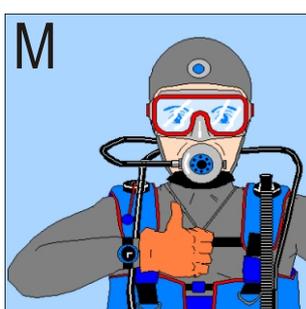
H
Sono senza aria!



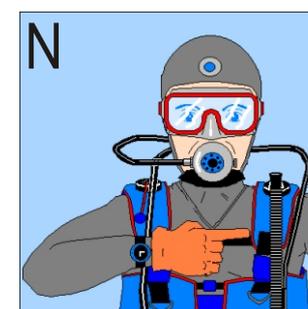
I
Non capisco! ripeti..



L
L'immersione è finita



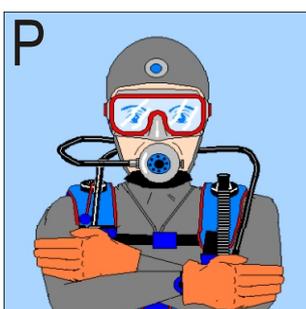
M
Si risale/ Io risalgo



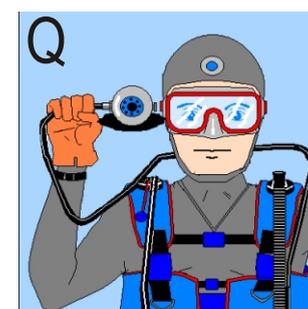
N
Segnale di indicazione



O
ALT! Ci fermiamo qui.

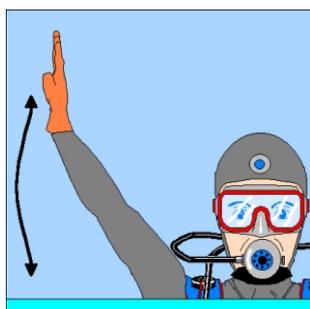


P
Ho freddo! Associato ad indicativo: Hai freddo?

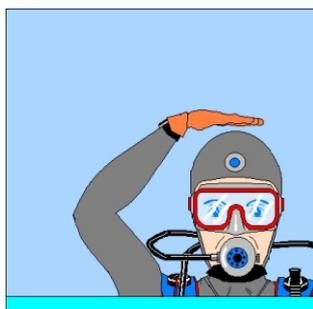


Q
Chiedo respirazione in coppia.

SEGNALI SUBACQUEI alcuni fra i segnali più usati



Attenzione:
pericolo in superficie



Tutto OK
segnale di superficie



OK mi avvicino da solo
segnale di superficie

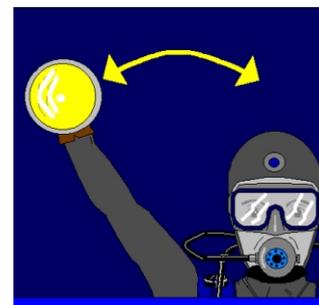
SEGNALI NOTTURNI DI SUPERFICIE



Tutto Ok

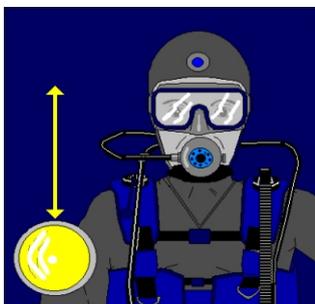


Fate attenzione

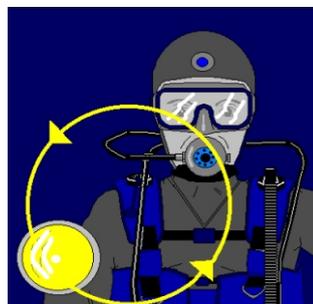


Pericolo in
superficie

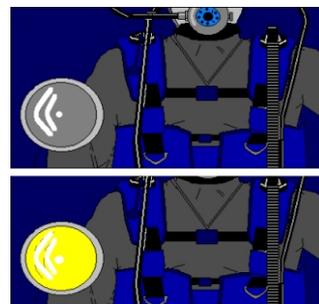
SEGNALI NOTTURNI IN IMMERSIONE



Emergenza - Aiuto
richiedo vs aiuto



Tutto Ok
di solito si risponde con
lo stesso segnale

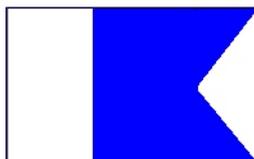


Richiamo la vostra
attenzione

SEGNALI IDENTIFICATIVI



Sommizzatore
in immersione



Lettera "A"
segnale internazionale
Sommizzatore in immersione

Con uno o entrambi i
segnali esposti, è vietato
il transito e l'avvicinamento
per un raggio di
50 metri.

TABELLE DI DECOMPRESSIONE U.S. NAVY

P	T	9	6	3	FAR
12	200				N
	210			2	N
	230			7	O
	250			11	L
15	100				L
	110			3	L
	120			5	M
	140			10	M
	160			21	N
18	60				J
	70			2	K
	80			7	L
	100			14	M
	120			16	N
21	50				K
	60			8	K
	70			14	L
	80			18	M
	90			23	N
	100			33	N
24	40				I
	50			10	K
	60			17	L
	70			23	M
	80		2	31	N
	90		7	39	N
	100				
27	30				H
	40			7	J
	50			18	L
	60			25	M
	70		7	30	N
	80		13	40	N

P	T	9	6	3	FAR
30	25				H
	30			3	I
	40			15	K
	50		2	24	L
	60		9	28	N
	70		17	39	O
	80		23	48	O
	90				
33	20				G
	25			3	H
	30			7	J
	40		2	21	L
	50		8	26	M
	60		18	36	N
	70				
36	15				F
	20			2	H
	25			6	I
	30			14	J
	40		5	25	L
	50		15	31	N
39	10				E
	15			1	F
	20			4	H
	25			10	J
	30		3	18	M
	40		10	25	N
	50				
42	10				E
	15			2	G
	20			6	I
	25		2	14	J
	30		5	21	K
	40	2	16	26	N
	50	6	24	44	O

Gruppo di appartenenza al termine dell'intervallo di superficie														
Prof.	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
3	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	210	120	60
4,5	350	350	350	350	350	350	350	350	350	225	160	110	70	35
6	325	325	325	325	325	325	325	240	180	135	100	75	50	25
7,5	315	315	315	315	315	245	195	160	125	100	75	55	35	20
9	310	310	310	250	205	170	145	120	95	75	60	45	30	15
10,5	270	220	190	160	140	120	100	80	60	50	40	25	15	5
12	213	187	161	138	116	101	87	73	61	49	37	25	17	7
15	142	124	111	99	87	46	66	56	47	38	29	21	13	6
18	107	97	88	79	70	61	52	44	36	30	24	17	11	5
21	87	80	72	64	57	50	43	37	31	26	20	15	9	4
24	73	68	61	54	48	43	38	32	28	23	18	13	8	4
27	64	58	53	47	43	38	33	29	24	20	16	11	7	3
30	57	52	48	43	38	34	30	26	22	18	14	10	7	3
33	51	47	42	38	34	31	27	24	20	16	13	10	6	3
36	46	43	39	35	32	28	25	21	18	15	12	9	6	3
39	40	38	35	31	28	25	22	19	16	13	11	8	6	3
42	38	35	32	29	26	23	20	18	15	12	10	7	5	2

Tempi fittizi da aggiungere all'immersione successiva

