

SOMMARIO

IL MONDO DELLA SUBACQUEA	2
IL TRIMIX.....	3
LA MISCELAZIONE	4
I GAS RESPIRATORI.....	4
L'OSSIGENO.....	4
L'AZOTO	8
L'ELIO.....	9
L'ANIDRIDE CARBONICA	10
ELEMENTI BASE PER LA PIANIFICAZIONE	10
L'ANALISI INIZIALE	10
I "COSA FARE SE..."	11
L'EQUIPAGGIAMENTO	11
LA DECOMPRESSIONE:	12
IL PROGRAMMA NORMOXIC TRIMIX DIVER.....	12
L'EQUIPAGGIAMENTO NECESSARIO:	12
LA PROCEDURA DI DECOMPRESSIONE:	13
I CONSUMI:.....	13
ANALISI ED ETICHETTATURA DELLE MISCELE:.....	13
LA BEST MIX	14
UN PIANO D'IMMERSIONE TIPO.....	15
IN CONCLUSIONE	15
APPENDICE	16
RICHIAMI DI FISICA	16
PRINCIPIO DI PASCAL.....	16
PRINCIPIO DI ARCHIMEDE.....	16
PRINCIPIO DI TORRICELLI.....	16
LEGGE DI BOYLE E MARIOTTE.....	17
LEGGE DI DALTON.....	17
LEGGE DI CHARLES.....	17
LEGGE DI GAY-LUSSAC.....	18
LEGGE DI HENRY.....	18
Bibliografia:	18

IL MONDO DELLA SUBACQUEA

Analizzando il mondo della subacquea di questi ultimi anni è possibile classificare le immersioni in quattro diverse tipologie che prescindono dalla sola profondità ma che prendono in considerazione il livello di rischio da affrontare:

l'immersione ricreativa, caratterizzata da equipaggiamenti semplici e condizioni generali d'immersione che garantiscono livelli di rischio quasi nulli (bassa profondità, assenza di penetrazione, attrezzatura semplice e facile gestione logistico/operativa)

l'immersione avanzata, dove si ha un incremento nella complessità dell'attrezzatura, un livello di rischio piuttosto ridotto e margini di errore discretamente ampi (maggiore profondità, penetrazione, attrezzatura e gestione dell'immersione più complesse)

l'immersione tecnica dove si necessita di attrezzature complesse e le condizioni d'immersioni concedono solo errori minimi elevando di conseguenza il rischio di incidente (profondità elevate, condizioni ambientali particolarmente avverse, attrezzatura complessa ecc...)

l'immersione estrema dove si ha totale dipendenza dalle attrezzature, margini di errore nulli con conseguente elevato rischio di perdita della vita (record di profondità, di penetrazione in ambienti ostruiti ecc..)

Indipendentemente dalla tipologia di attività che i vuole intraprendere, ogni subacqueo dovrebbe essere in possesso dei migliori requisiti in termini di:

- ATTITUDINE
- CONOSCENZA
- ADDESTRAMENTO
- ESPERIENZA
- EQUIPAGGIAMENTO

L'attitudine è la giusta predisposizione mentale, è l'avere una motivazione abbastanza forte da affrontare i rischi dell'immersione che stiamo pianificando. È un elemento soggettivo che prescinde da quello dei nostri compagni d'immersione e che andrebbe sempre discusso in fase di pianificazione.

La conoscenza è il complesso delle nozioni imparate nei corsi teorici e pratici. Una profonda conoscenza dei parametri che regolano l'immersione ci permette non solo di giungere ad una corretta pianificazione ma anche di salvarci la vita in caso d'incidente.

L'addestramento è l'insieme di tutte quelle abilità manuali acquisite frequentando i corsi per il conseguimento del nostro brevetto. Un subacqueo dovrebbe ripassare frequentemente le tecniche imparate in modo da poterle sempre eseguire nel modo più rapido ed efficace possibile. Aver imparato 5 anni fa a "sparare" un pallone di segnalazione o ad effettuare una risalita d'emergenza non vuol dire saperlo fare in modo soddisfacente oggi.

L'esperienza è tutto ciò che si è acquisito nel corso degli anni; è sicuramente il punto di forza di un buon subacqueo. Il conseguimento di un brevetto è il punto di partenza, non il punto di arrivo. Il fatto di essere stati appena abilitati ad effettuare immersioni entro i 42 metri significa che ora è il momento di iniziare ad effettuare immersioni a quella quota per maturare l'esperienza necessaria ad accedere **SUCCESSIVAMENTE** ad un corso per un brevetto più elevato.

L'equipaggiamento deve essere misurato per il tipo di immersione, adatto alle condizioni ambientali, ridondante ma non superfluo. Ogni subacqueo dovrebbe sentirsi completamente a proprio agio con la propria configurazione di attrezzatura e dovrebbe conoscere quella dei compagni in modo da essere in grado di intervenire in caso di necessità.

Le domande che ogni subacqueo dovrebbe porsi in fase di pianificazione sono:

- Ho la giusta predisposizione mentale e una motivazione abbastanza forte da giustificare i rischi a cui andrò incontro?
- Sono in possesso delle conoscenze necessarie per programmare l'immersione e valutarne i rischi ?
- Sono adeguatamente addestrato a svolgere i compiti prefissati e a gestire un'emergenza ?
- Ho l'esperienza necessaria ?
- Il mio equipaggiamento è adatto al tipo di immersione da compiere ?

Le stesse considerazioni vanno effettuate sui vostri compagni nei quali dovete riporre la massima fiducia, nessuno dovrà dipendere in alcun modo da un individuo più capace, ogni componente il team d'immersione ha l'obbligo di essere completamente autonomo in ogni fase dell'immersione.

IL TRIMIX

La necessità di spingersi oltre il limite dell'immersione ricreativa ha stimolato la ricerca di nuove metodologie che consentano di affrontare questo tipo di attività con il minor rischio possibile. Da sempre i fattori limitanti per un'immersione con autorespiratore sono la narcosi introdotta dall'azoto e l'intossicazione a livello polmonare e al sistema nervoso centrale provocate dalla respirazione di ossigeno a pressioni parziali elevate. Il livello di narcosi a cui siamo sottoposti in aria a 60 metri è il massimo che ci si può permettere in condizioni ambientali e psicofisiche ottimali. A questa profondità la perdita di abilità manuali e di concentrazione renderebbe particolarmente difficoltosa la gestione di un'emergenza. Una soluzione per ridurre la narcosi ci si prospetta con l'utilizzo di elio come parziale sostituto dell'azoto; l'elio, come vedremo in seguito, non introduce infatti fenomeni narcotici. La miscela che otterremo è detta "trimix" ed la percentuale di ogni singolo gas che la compone sarà calibrata in modo da mantenere, alla massima profondità del nostro piano d'immersione, la pressione parziale dell'ossigeno ed il livello di narcosi entro i valori desiderati. Una miscela contenente il 20% di ossigeno ed il 30% di elio viene indicata TRIMIX 20/30. Questa miscela respirata a 60 metri di profondità produce un livello di narcosi equivalente all'aria respirata a 34 metri e mantiene la pressione parziale dell'ossigeno a 1.39 ata.

TRIMIX	MOD 1.4	EAD	PPO2
20/30	60mt	34mt	1,40
17/40	72mt	35mt	1,40
14/50	90mt	36mt	1,40

LA MISCELAZIONE

Le procedure più comunemente utilizzate per comporre miscele trimix sono:

- 1) Travaso diretto di elio e rabbocco in aria (HELIAIR)
- 2) travasando ossigeno, elio e rabboccando ad aria
- 3) Travaso diretto di elio e rabbocco in nitrox (HELITROX)
- 4) Miscelando HELIAIR e poi rabboccando a NITROX

I primi due sistemi non necessitano di particolari attrezzature ad esclusione di una frusta di travaso, bombole pulite ossigeno (solo secondo caso) ed un normale compressore. Nel terzo e quarto caso invece non è necessario avere bombole pulite ossigeno ma è indispensabile avere un compressore dotato di centralina di miscelazione per Nitrox ed Heli-air.

Le miscele Heli-air, all'aumentare della frazione di elio necessario, risultano povere di ossigeno; con questo metodo è infatti impossibile ottenere una miscela trimix 18/30 a causa dell'azione diluente dell'elio nei confronti dell'ossigeno. La massima percentuale di ossigeno che potremo ottenere con una frazione di elio del 30% è infatti del 14.6%. Le miscele Heli-air offrono però il vantaggio di essere rapidamente e facilmente realizzabili.

Le procedure 2,3, e 4 invece ci permettono di comporre qualsiasi tipo di trimix anche se richiedono procedure ed attrezzature maggiormente complesse con il vantaggio però di calibrare la miscela secondo le nostre specifiche necessità e recuperando tutto il gas disponibile nei bomboloni (impossibile col travaso diretto).

La miscelazione deve essere effettuata esclusivamente da personale addestrato e con attrezzature conformi alle norme di sicurezza per il trattamento di ossigeno.

Le miscele trimix si definiscono:

- **Iperossiche** se contengono una frazione di ossigeno superiore al 21%
- **Normossiche** se contengono una frazione di ossigeno compresa tra 17% e 21% e quindi respirabili dalla superficie
- **Ipossiche** se contengono una frazione di ossigeno inferiore al 17%, non respirabili dalla superficie

I GAS RESPIRATORI

Per poter pianificare e condurre in sicurezza un'immersione trimix è indispensabile conoscere le proprietà ed i limiti dei gas che andremo a respirare:

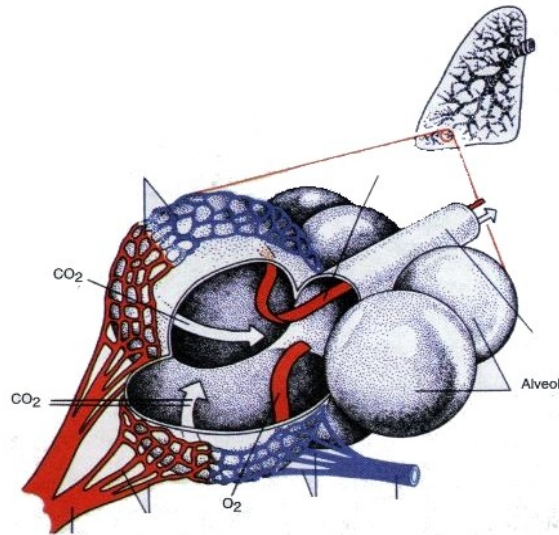
l'ossigeno

Il solo elemento metabolizzato dall'organismo è l'ossigeno. Nell'aria è contenuto in una percentuale del 20.95% che arrotonderemo per semplicità a 21%. Alla pressione detta normobarica o normossica di 1 atmosfera (atm) la pressione dell'ossigeno sarà di:

0.21 atm. (21% di 1)

L'ossigeno viene introdotto nel nostro corpo attraverso l'apparato respiratorio, ceduto per mezzo agli alveoli contenuti nei polmoni all'emoglobina del sangue e trasportato a tutti i tessuti che lo utilizzeranno principalmente per la produzione di energia attraverso un

procedimento metabolico che sfrutta gli zuccheri assimilati dal nostro organismo. In condizioni normali il passaggio dei gas avviene per gradienti di pressione; a livello alveolare l'ossigeno passa in soluzione nel sangue arterioso mentre l'anidride carbonica si libera dal sangue venoso attraversando le pareti degli alveoli in direzione opposta.



Allo stesso modo il sangue venoso o arterioso a contatto coi tessuti tende a scambiare i gas in esso contenuti.

Se la pressione parziale si discosta dai normali valori intervengono modificazioni metaboliche che possono, nei casi limite, portare alla morte. **Durante la pianificazione va riposta particolare attenzione alla pressione parziale dell'ossigeno di ogni miscela respiratoria sia di essa di trasporto, di fondo o da decompressione.**

La tabella riporta le pressioni parziali dell'ossigeno in considerazione del possibile utilizzo o disturbi associati.

PPO ₂ (ATM)	
3.0	Terapia con miscela nitrox 50/50 a 6 ATA (50 metri)
2.8	Terapia o ossigeno puro a 2.8 ATA (18 metri)
2.5	Massima dose per decompressioni effettuate a secco
2.4	Terapia con miscela nitrox 60/40 a 6 ATA (50 metri)
2.0	Limite massimo U.S.Navy per immersioni di salvataggio
1.6	Limite massimo U.S.Navy per immersioni lavorative
0.5	Massima esposizione per immersioni in saturazione
0.35	Esposizione normale per immersioni in saturazione
0.21	Pressione ambiente
0.16	Primi segni di ipossia (senso di benessere, formicolio, intorpidimento)
0.12	Gravi segni di ipossia (disturbi visivi, perdita di coordinazione)
0.10	Perdita di coscienza
<0.10	Coma – morte

L'esposizione a pressioni parziali di ossigeno superiori a 0,5 ATA può essere causa di

- Intossicazione al sistema nervoso centrale

- Intossicazione polmonare

I fenomeni di tossicità da ossigeno si manifestano in dipendenza di due fattori:

- pressione parziale dell'ossigeno
- tempi di esposizione

I fattori predisponenti:

- freddo
- affaticamento
- livelli di CO₂ elevati

INTOSSICAZIONE A LIVELLO DI SISTEMA NERVOSO CENTRALE

Sintomi:

- *Vertigini*
- *Capogiri*
- *Disorientamento*
- *Variazioni comportamentali*
- *Tremori*
- *Disturbi visivi*
- *Nausea*
- *Disturbi all'udito*
- *Convulsioni*

Il tempo di esposizione e la pressione parziale dell'ossigeno sono i due fattori che causano l'intossicazione del sistema nervoso centrale portando a fenomeni convulsivi che si manifestano spesso senza alcun preavviso causando quasi sempre alla morte per annegamento. Una precauzione che si può adottare è l'utilizzo di un trattieni erogatore o la maschera granfacciale ricordando che l'unico mezzo per contenere un eventuale incidente è quello di passare a respirare miscele con pressioni parziali di ossigeno più basse nel più breve tempo possibile.

I limiti di esposizione per tempi e pressioni parziali sono stati redatti sotto forma di tabella dalla NOAA.

Pressione parziale di O ₂ ATA	Limite di esposizione singola (min)	Limite di esposizione nelle 24 ore (min)
1.6	45	150
1.5	120	180
1.4	150	180
1.3	180	210
1.2	210	240
1.1	240	270
1.0	300	300
0.9	360	360
0.8	450	450
0.7	570	570
0.6	720	720

La misurazione del livello di intossicazione al sistema nervoso centrale viene effettuata come percentuale del massimo consentito; un'esposizione a 1.6 bar per 45 minuti darebbe un CNS% pari al 100% con conseguente rischio di convulsione. Un'esposizione a 1,5 bar per 60 minuti darebbe un CNS% del 50%. E' consigliabile non superare mai l'80% dell'esposizione massima consentita, effettuando delle pause tra immersioni successive di almeno 2 ore nel caso si superi un CNS del 50%.

INTOSSICAZIONE A LIVELLO POLMONARE

L'intossicazione a livello polmonare si ha per pressioni parziali superiori a 0.5 ata ma i tempi di esposizione che possono provocare reali problemi al subacqueo sono piuttosto lontani da quelli tipici di un'immersione in circuito aperto ma ricadono piuttosto nel campo delle immersioni in saturazione o in programmi di spedizione che richiedono parecchie immersioni nell'arco di pochi giorni.

Sintomi dell'intossicazione da ossigeno a livello polmonare:

tosse secca
difficoltà respiratorie
malessere al torace

Una misura per quantificare il livello di intossicazione è l' OTU (oxygen tolerance unit o dose di tolleranza all'ossigeno). La formula per calcolare le OTU è la seguente:

$$N^{\circ} \text{ OTU} = t * (PO_2 - 0.5) / 0.5^{0.83}$$

I risultati ottenuti misurano il livello di intossicazione a livello polmonare che va confrontato con la tabella dei limiti REPEX di esposizione all'ossigeno. Per un periodo ad esempio di 4 giorni la dose media giornaliera non dovrà superare le 525 OTU. Raggiungere le 525 OTU giornaliere richiede, senza dubbio, esposizioni a pressioni parziali di ossigeno elevate e molto prolungate; ad esempio un'immersione a 40 metri per 240 minuti respirando Nitrox32 alla pressione parziale di 1,59 si arrivano ad accumulare 513 OTU ed un CNS pari al 460% del consentito.

ESPOSIZIONE IN GIORNI	DOSE MEDIA GIORNALIERA	ESPOSIZIONE TOTALE
1	850	850
2	700	1400
3	620	1860
4	525	2100
5	460	2300
6	420	2520
7	380	2660
8	350	2800
9	330	2970
10	310	3100
11	300	3300
12	300	3600
13	300	3900
14	300	4200
15-30	300	300*NUM GIORNI

E' evidente che nel maggior numero dei casi il fattore limitante è l'intossicazione al sistema nervoso centrale e non la tossicità polmonare.

L'azoto

L'azoto non viene metabolizzato dal nostro organismo; non viene cioè utilizzato per processi atti al sostentamento della vita. Una pressione parziale elevata causa una modificazione delle capacità di analisi e di reazione che prende il nome di narcosi da azoto. Le cause della narcosi non sono tuttora state completamente chiarite ma sembra che questo gas respirato ad alte pressioni provochi un maggior ordine molecolare impedendo parzialmente il passaggio degli impulsi nervosi con le ben note conseguenze (fenomeno anche conosciuto come effetto Iceberg). Nel caso di rapide discese l'azoto a causa dell'alta pressione si lega con l'ossigeno formando protossido di azoto un gas narcotico che contribuisce allo sviluppo della narcosi.

Al contrario di quanto avviene per l'intossicazione da ossigeno al sistema nervoso centrale i cui segnali si manifestano improvvisamente ed hanno un rapido e tragico sviluppo la narcosi da azoto fa sentire i suoi effetti già a partire dai trenta metri facendosi progressivamente più intensa durante la discesa.

Progressive immersioni a quote profonde possono aiutarci a sviluppare un certo adattamento alla narcosi; tecniche di concentrazione e di visualizzazione permettono un elevato controllo ma non sono in grado di eliminare gli effetti dell'azoto che è comunque sempre presente malgrado molti sub dichiarino di essere perfettamente lucidi.

Sintomi:

- *sensazione di assenza mentale*
- *euforia*
- *ebbrezza*
- *diminuzione della coordinazione*
- *sensazione di black-out imminente*
- *diminuzione delle capacità di reazione*
- *diminuzione delle capacità di giudizio*
- *diminuzione delle abilità manuali*
- *sguardo assente*
- *allucinazioni visive*
- *allucinazioni uditive*

L'elio

L'elio è un gas inerte le cui caratteristiche sono messe a confronto con quelle di altri gas nella tabella seguente:

Proprietà fisiche dei gas	H	He	Ne	N	O ₂	Ar
Peso Molecolare	2.016	4.003	20.83	28.016	32	39.94
Conduttività termica a 0°C	39.7*10 ⁻⁵	34*10 ⁻⁵	11*10 ⁻⁵	5.66*10 ⁻⁵	5.83*10 ⁻⁵	3.92*10 ⁻⁵
Solubilità in acqua a 38° (cc/1000g)	168.6	9.7	13	28.9 (25°C)	26	
Solubilità in olio a 38°C (cc/1000g)	50 (40°C)	15	19	61	120 (40°C)	140
Densità (Kg/m ³)	0.082	0.164	0.824	1.147	1.429	1.636
Costi	Basso	Elevato	Elevato	Basso	Moderato	basso
Narcosi	Quasi nulla	Nulla	Nulla	Moderata	Moderata	elevata

Alcune considerazioni:

1. L'elio può essere respirato ininterrottamente per mesi senza causare problemi fisiologici.
2. Il suo potere narcotico è nullo, le sue caratteristiche molecolari, ne fanno un gas leggero che tende a muoversi rapidamente nei processi di saturazione/desaturazione.
3. Il suo coefficiente di solubilità è piuttosto basso e questo favorisce un trasporto "gassoso" e non in soluzione con un maggior rischio di formazione di bolle. I valori M dell' elio sono infatti notevolmente più bassi di quelli dell'azoto.
4. L'elio richiede un maggior rispetto del piano decompressivo.
5. L'elio ha un comportamento non lineare nel processo di diffusione Inizialmente, quando la differenza di pressione è elevata, l'elio diffonde con la solita legge esponenziale, già vista per l'azoto (anche se in tempi più brevi). Quando però il salto di pressione si riduce, la molecola di elio, avendo una massa ridotta, non possiede più la quantità di moto (massa x velocità) sufficiente per svincolarsi e rimane intrappolata tra le molecole ben più pesanti e complesse dei liquidi intratissutali. In pratica i tempi necessari alla decompressione si allungano in modo drammatico man mano che ci si avvicina alla superficie.
6. in termini di obblighi decompressivi è svantaggioso utilizzare miscele con percentuali di elio troppo elevate.
7. L'elio ha un elevata conducibilità termica ed è quindi poco adatto all'utilizzo per il gonfiaggio della stagna,
8. La respirazione a profondità elevate è agevolata a causa della sua bassa densità, questo riduce i rischi di aumento della co2 e evita la necessità di utilizzare erogatori con prestazioni particolarmente elevate.
9. Durante la respirazione lo si percepisce come freddo anche se in realtà non tende a raffreddare il corpo perché non porta via calore dai polmoni

L'utilizzo di Heliox (elio e ossigeno) è stato sostituito dalle miscele trimix in quanto, a profondità superiori a 130 metri, causa HPNS (sindrome neurologica da alta pressione). L' HPNS si manifesta con tremori diffusi, cambiamento della personalità e convulsioni; l'aggiunta di un quantitativo di azoto permette di eliminare il problema, l'azoto agisce infatti in maniera opposta sulla tensione superficiale della membrane cerebrali annullando gli effetti dell'elio. A profondità inferiori ai 130 metri il trimix risulta comunque vantaggioso in funzione di costi più contenuti (meno elio) e di tempi decompressivi inferiori per tempi di fondo medio-brevi.

L'anidride carbonica

Gli effetti prodotti da elevati livelli di anidride carbonica all'interno del nostro corpo viene troppo spesso trascurata nella fase di pianificazione dell'immersione. L'anidride carbonica, pur non essendo propriamente un gas respiratorio, ma un prodotto di scarto dei normali processi metabolici deve essere eliminata attraverso l'apparato cardiocircolatorio e respiratorio. E' stato osservata l'esistenza di individui che, durante l'immersione, non riescono ad eliminare efficacemente l'anidride carbonica dal sangue, questa sembra essere una diretta conseguenza di un rallentamento nel ritmo respiratorio conseguente all'elevata pressione parziale dell'ossigeno. Livelli elevati di CO₂ si manifestano come fame d'aria, nausea, confusione mentale e vertigini e possono portare in breve tempo al panico e ad una perdita di conoscenza. Benché non esista uno studio scientifico definitivo in proposito sembra che gli individui cosiddetti "ritentori" di CO₂ siano più soggetti a convulsioni dovute a intossicazione da ossigeno e subiscano maggiormente gli effetti della narcosi da azoto. L'utilizzo di miscele trimix presenta in questo caso un indubbio vantaggio in quanto le caratteristiche molecolari dell'elio favoriscono la respirazione per effetto di una minor densità della miscela. E' importante comunque in ogni fase dell'immersione mantenere un ritmo respiratorio ottimale ed uno stato di affaticamento ridotto oltre a dotarsi di erogatori che rendano l'inspirazione e l'espirazione agevole anche sotto sforzo.

ELEMENTI BASE PER LA PIANIFICAZIONE

Indubbiamente è regola fondamentale che l'individuo che pratica l'immersione avanzata o tecnica deve avere, oltre una buona forma fisica, una completa padronanza dell'equipaggiamento e delle tecniche di immersione. Date questi due requisiti per scontati possiamo affermare che l'eventuale incidente sarà otto volte su dieci frutto di una cattiva pianificazione.

In questo capitolo si cercherà di definire delle linee guida per una corretta pianificazione anche se in definitiva non esiste una ricetta comune per tutte le immersioni poiché i fattori da considerare sono innumerevoli e variano di volta in volta.

L'analisi iniziale

Inizialmente bisognerà reperire quante più informazioni possibili sul sito di immersione tra le quali citiamo:

- Tipologia dell'immersione: relitto, parete, grotta ecc...
- Presenza di correnti in superficie e in profondità
- Condizioni di visibilità
- Disponibilità di cime guida
- Ambiente circostante (sabbioso, roccioso, fangoso...)
- Tempi necessari per raggiungere un supporto medico

In funzione della tipologia verranno adottati quegli accorgimenti specifici acquisiti durante i corsi di specializzazione in ambienti ostruiti, su relitti ecc...

A questo punto si deciderà la profondità massima e il tempo d'immersione in relazione a fattori quali:

- Scopo dell'immersione
- Eventuali carichi lavorativi

Rischio accettato

Capacità dei subacquei (attitudine, conoscenza, addestramento ed esperienza)

Livello di narcosi tollerabile in funzione del carico lavorativo e della complessità delle operazioni

Rischio di tossicità da ossigeno

Numero di subacquei

Disponibilità di assistenza di superficie

Tipo di attrezzatura disponibile

Quantità di gas disponibile

Massima decompressione accettabile in funzione di correnti e temperatura dell'acqua

I "cosa fare se..."

Una secondo ma non meno importante passo consiste nell'immaginare una serie di possibili incidenti e di soluzioni associate in modo da non essere mai colti impreparati sott'acqua. Nel fare ciò è bene ricordare la famosa legge di Murphy che recita: "se qualcosa può andar male prima o poi lo farà".

Cosa faccio se:

perdo tutto o parte del gas da decompressione?

Non trovo più il mio compagno?

Non riesco a tornare alla cima di risalita?

L'erogatore va in erogazione continua?

Rimango senza torcia principale?

Se il mio compagno è vittima di forte narcosi?

Si rompe la maschera?

Si guasta il computer da immersione?

Vado oltre il tempo previsto?

Si allaga la stagna?

Non funziona più il comando del jacket?

E' opportuno prendere in esame la più vasta casistica d'imprevisti in modo mettere in campo tutti gli accorgimenti atti ad evitarli o a risolverli efficacemente.

L'equipaggiamento

Un corretto equipaggiamento in termini di tipologia e posizionamento conferisce un alto grado di sicurezza anche in caso di incidente imprevisto. La quantità di attrezzatura deve essere adeguata al tipo di immersione e mai superflua. Ogni parte dell'equipaggiamento va gestita e comporta quindi un carico lavorativo che può provocare situazioni di stress. Di fondamentale importanza è acquisire la massima familiarità con tutte le parti dell'attrezzatura in modo da poter operare senza intralcio ogni erogatore, illuminatore, manometro ecc...

Una corretta configurazione deve essere:

- *Semplice*
- *Sicura*
- *Efficiente*
- *Idrodinamica*

Un attrezzatura semplice ed efficiente permette una rapida operatività su ogni sua parte mentre un corretto profilo idrodinamico consente spostamenti col minimo dello sforzo fisico anche in condizioni di corrente. La struttura dell' equipaggiamento dovrebbe essere mantenuta il più possibile invariata.

La decompressione:

Le immersioni con miscele trimix sono sempre caratterizzate da procedure decompressive piuttosto lunghe e complesse, questa è ovviamente una fase particolarmente delicata per la quale bisogna adottare tutti gli accorgimenti necessari al fine di mantenere le quote previste e un elevato grado di sicurezza in termini di scorta di gas e gestione delle emergenze (cime zavorrate, trapezi, bombole di back up, stazioni di decompressione svincolabili dall'imbarcazione di appoggio ecc...). Dati i maggiori obblighi decompressivi al trimix viene sempre abbinata almeno una miscela nitrox o ossigeno puro come gas respiratorio per le ultime fasi della decompressione.

IL PROGRAMMA NORMOXIC TRIMIX DIVER

Il programma di addestramento NORMOXIC TRIMIX DIVER prevede l'utilizzo di una miscela trimix di fondo avente una percentuale di ossigeno pari al 20% (+/- 1%), la restante porzione di gas sarà composta da azoto ed elio opportunamente calibrati per mantenere la narcosi equivalente a quella indotta dall'aria a 36 metri. (MAX EAD 36mt)

La decompressione potrà essere effettuata con una miscela nitrox respirata ad una pressione parziale non superiore a 1,6 ata; per la fase di fondo la pressione parziale dell'ossigeno deve essere contenuta entro le 1,4 ATA.

L'equipaggiamento necessario:

- Gav con capacità maggiore di 20lt adatto ad alloggiare un bibombola 10+10 con isolatore centrale
- 2 gruppi erogatori separati con attacco DIN di cui uno con frusta lunga almeno 2,10mt
- Rocchetto con almeno 50 metri di cima
- Pallone da sollevamento con capacità di spinta maggiore di 20Kg
- Coltello o forbici
- Maschera di riserva
- Lavagnetta da polso
- Protezione termica adeguata a tempi di 1 ora
- Jonline
- Doppia Strumentazione
- Bombola per miscela decompressiva capace di contenere almeno 1000 litri di gas
- Erogatore dedicato Nitrox per miscela decompressiva con attacco DIN e manometro

Questa configurazione permette immersioni fino a 60 metri mantenendo un ottima lucidità, un equipaggiamento abbastanza semplice ed una gestione generale non troppo complessa.

La procedura di decompressione:

nel caso si decida di utilizzare le tabelle IANTD la miscela di fondo standard sarà un trimix 20/25 e la miscela decompressiva un Nitrox70 respirabile dalla quota di 12 metri.

Nel caso invece si scelga di pianificare con il software decompressivo V-Planner, si dovrà utilizzare il modello VPM-B con conservatismo +2; la velocità di risalita dovrà essere non superiore ai 10 metri al minuto sino alla sosta dei 3 metri, di qui si procederà a 3mt al minuto e si effettuerà una sosta in superficie di 3 minuti respirando la miscela decompressiva.

Tutto l'immersione sarà gestita col metodo del "RUNTIME" avendo cura di approntare opportune tabelle di Back up per tempi inferiori, superiori e perdita della scorta di gas decompressivo. Il "runtime" (tempo trascorso) permette una maggiore semplicità e flessibilità nella gestione del piano d'immersione permettendo il recupero di piccoli ritardi.

L'utilizzo di miscele decompressive comporta un inevitabile aumento dell'intossicazione a livello di sistema nervoso centrale (CNS%); in fase operativa è opportuno prestare particolare attenzione alla quota decompressiva per evitare di respirare ossigeno a pressioni parziali superiori a quelle utilizzate per il calcolo del CNS%. Tutti le soste con tempi superiori ai 3 minuti saranno effettuate con l'utilizzo della jon line, nel caso si respiri ossigeno puro l'erogatore dovrà essere dotato di sistema di ritenuta.

La distanza tra la massima profondità del piano d'immersione e la massima profondità operativa della miscela di decompressione devono essere tenute in opportuna considerazione per la scelta dell'equipaggiamento e delle miscele da impiegare.

I consumi:

il calcolo dei consumi va effettuato in considerazione al proprio RMV minuto riferendosi poi per sicurezza al componente del team con RMV maggiore, le riserva deve essere calcolata con almeno la regola dei terzi definendo una pressione minima di stacco e/o una pressione minima di ritorno a seconda della tipologia di immersione.

Analisi ed etichettatura delle miscele:

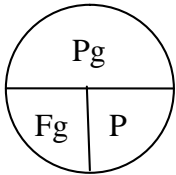
Tutte le bombole dovranno essere analizzate dall'utilizzatore finale il quale indicherà su un apposita etichetta da apporre sulla bombola:

- Analisi frazione di ossigeno
- Massima PO₂ operativa ammessa
- Massima profondità operativa (MOD)
- Analisi frazione di elio
- Profondità narcotica equivalente aria (EAD)
- Pressione di carica
- Nome e Cognome dell'utilizzatore
- Data dell'analisi

Al momento della presa in consegna l'utilizzatore è tenuto a firmare il registro di ricarica.

LA BEST MIX

Per Best mix si intende la miscela che garantisce il rispetto dei parametri massimi previsti dallo standard NORMOXIC TRIMIX (max ppo₂ e max ead). I calcoli relativi alle grandezze che devono essere prese in esame si ricorda il **diamante di dalton** dove si divide in senso verticale e si moltiplica in senso orizzontale.



Pg= pressione parziale del gas

Fg è la frazione percentuale del gas

P è la pressione assoluta a cui si è sottoposti

Nel caso di un immersione alla massima profondità ammessa di 60 metri la miscela ideale (best mix) dovrà essere calcolata come segue:

1) *calcolo la frazione di ossigeno per la quale ho una pressione parziale di 1,4 alla profondità di 60 metri*

$$P=7 \text{ ATA}, P_g=1,4 \text{ ATA} \rightarrow F_g=0,2 \rightarrow 20\%$$

2) *calcolo la pressione parziale dell'azoto a 36 metri respirando aria (EAD)*

$$P=4,6 \text{ ATA}, F_g=0,78 \text{ ata} \rightarrow P_g=3,5$$

3) *calcolo la frazione di azoto necessaria ad avere una P_g pari a 3,5 ata all profondità di 60 metri*

$$P=7 \text{ ATA}, P_g=3,588 \text{ ATA} \rightarrow F_g=0,51 \rightarrow 50\%$$

4) *calcolo per differenza l'elio che comporra la miscela*

$$F_{he}=1-0,2-0,51 = 0,30\%$$

La best mix sarà quindi un trimix 20/30 che, respirato alla profondità di 60 metri avrà una narcosi equivalente a quella dell'aria a circa 36 metri ed una pressione parziale dell'ossigeno paria a 1,4.

UN PIANO D'IMMERSIONE TIPO

Decompression model: VPM-B

DIVE PLAN

Surface interval = 5 day 0 hr 0 min.

Elevation = 0m

Conservatism = + 2

Dec to 60m (1) on Trimix 20,0/30,0, 40m/min descent.

Level 60m 15:30 (17) on Trimix 20,0/30,0, 1,39 ppO₂, 34m ead, 39m end

Asc to 33m (19) on Trimix 20,0/30,0, -10m/min ascent.

Stop at 33m 0:18 (20) on Trimix 20,0/30,0, 0,85 ppO₂, 17m ead, 20m end

Stop at 30m 1:00 (21) on Trimix 20,0/30,0, 0,80 ppO₂, 15m ead, 18m end

Stop at 27m 1:00 (22) on Trimix 20,0/30,0, 0,74 ppO₂, 13m ead, 16m end

Stop at 24m 1:00 (23) on Trimix 20,0/30,0, 0,68 ppO₂, 11m ead, 14m end

Stop at 21m 2:00 (25) on Nitrox 50,0, 1,54 ppO₂, 10m ead

Stop at 18m 1:00 (26) on Nitrox 50,0, 1,39 ppO₂, 8m ead

Stop at 15m 2:00 (28) on Nitrox 50,0, 1,24 ppO₂, 6m ead

Stop at 12m 2:00 (30) on Nitrox 50,0, 1,10 ppO₂, 4m ead

Stop at 9m 4:00 (34) on Nitrox 50,0, 0,95 ppO₂, 2m ead

Stop at 6m 6:00 (40) on Nitrox 50,0, 0,80 ppO₂, 0m ead

Stop at 3m 10:00 (50) on Nitrox 50,0, 0,65 ppO₂, 0m ead

Asc to sfc. (51) on Nitrox 50,0, -3m/min ascent.

Off gassing starts at 42,2m

OTU's this dive: 53

CNS Total: 20,8%

2383,1 ltr Trimix 20,0/30,0

684,9 ltr Nitrox 50,0

3068,1 ltr TOTAL

miscela di fondo: 4000 litri in un bibomola 10+10 lt

miscela di deco: 1000 litri in una bombola da fase da 5 lt

RMV fondo: 17 lt/min

RMV deco: 14 lt/min

pressione di stacco: 90 ATA

tabelle di bail out: 60mt per 14 min / 60mt per 20 min / 60mt per 17 min – lost deco gas

IN CONCLUSIONE

Considerando la conoscenza come il punto di partenza per una corretta pianificazione è bene ricordarsi che la maggior preoccupazione va posta non solo in ciò che non conosciamo ma in ciò che conosciamo poiché potrebbe essere sbagliato.

APPENDICE

RICHIAMI DI FISICA

Le leggi di fisica che andremo regolano indifferentemente la vita sopra e sotto l'acqua. Il fatto di trovarci in un 'atmosfera' liquida modifica però sostanzialmente gli effetti prodotti da una nostra qualsiasi azione. Pensiamo ad esempio alle conseguenze di un cambiamento di quota di 50 metri in aria e in acqua sulla membrana timpanica. Conoscere alcune leggi di fisica ed applicarle all'ambiente in cui andiamo ad operare è di fondamentale importanza per prevedere gli effetti delle nostre azioni.

PRINCIPIO DI PASCAL

Una forza esercitata su di un fluido si trasmette in tutte le direzioni con uguale intensità.

Le implicazioni nell'ambito dell'immersione sono lampanti; infatti uno dei motivi per cui incontriamo difficoltà a muoverci in acqua è legata al fatto che una qualsiasi forza esercitata tende a espandersi in tutte le direzioni con uguale intensità con un conseguente spreco di energia. Le pinne ad esempio hanno il compito di amplificare la spinta delle gambe al fine di diminuire gli effetti delle perdite dovute all'ambiente liquido.

PRINCIPIO DI ARCHIMEDE

Un corpo immerso in un fluido riceve una spinta dal basso verso l'alto pari al peso del volume del fluido spostato.

Immergendoci in acqua acquistiamo un certo assetto che può essere positivo, neutro o negativo a seconda se la spinta del peso del volume di liquido spostato sia maggiore, uguale o minore al nostro peso corporeo. Il GAV o JACKET utilizzato in modo opportuno permette di variare la quantità del volume di liquido spostato permettendoci di mantenere l'assetto desiderato.

PRINCIPIO DI TORRICELLI

Torricelli riempì un tubo di sezione 1cm^2 di mercurio e lo versò in un recipiente contenente altro mercurio, poiché il tubo si svuotò solamente in parte concluse che doveva esserci una forza che impediva al mercurio di scendere nel recipiente. Questa forza era il peso della colonna d'aria che premeva sulla sezione del tubo di 1cm^2 . Si definì quindi come pressione quella forza che agisce sulla superficie considerata. Da quest'esperimento si ricavo che:

A livello del mare la pressione è equivalente al peso di 760 mm di mercurio (Hg) sulla superficie di 1cm^2 $760\text{mmHg}/\text{cm}^2$.

Una colonna di mercurio alta 760 mm con sezione di 1cm^2 pesa 1Kg

Tale pressione è stata chiamata anche atmosfera (ATM) ed è equivalente a 1013 millibar o $1\text{Kg}/\text{cm}^2$

*Poiché l'acqua dolce pesa 13,6 volte in meno del mercurio sarà necessaria una colonna alta 13,6 volte quella del mercurio (760mm) per avere la stessa pressione.
 $13,6 \times 760\text{mm} = 10,37$ metri*

In acqua di mare ogni 10 metri di profondità il salto di pressione cui il subacqueo è sottoposto è di un atmosfera.

LEGGE DI BOYLE E MARIOTTE

Il volume di un gas, a temperatura costante, varia in maniera inversamente proporzionale alla pressione cui è sottoposto.

T=temperatura

P=pressione

V=volume

K=costante

$$PxV=k$$

Se il prodotto PxV deve rimanere costante aumentando P il volume dovrà diminuire. Durante un cambiamento di quota il volume di tutte le cavità corporee così come di tutte le parti dell'attrezzatura comprimibili tende ad aumentare se ci spingiamo verso la superficie e a diminuire se andiamo verso quote più profonde.

LEGGE DI DALTON

La pressione totale esercitata da un miscuglio di gas è uguale alla somma delle pressioni che avrebbe ogni singolo gas componente il miscuglio se occupasse l'intero volume.

In altre parole se si definisce la pressione parziale di un gas la porzione della pressione totale del miscuglio allora la pressione totale del miscuglio sarà la somma delle pressioni parziali di ogni singolo gas componente il miscuglio stesso

Se una bombola viene riempita a 10 bar del miscuglio chiamato ARIA (0,21% ossigeno + 0.79% azoto) potremo ricavare che:

la pressione parziale dell'ossigeno è di 2,1 Bar (0.21% di ossigeno)

la pressione parziale dell'azoto è di 7.9 Bar (0.79% di azoto)

la pressione totale del gas è equivalente alla somma delle pressioni parziali dei singoli gas e quindi:

$$2,1+7,9=10 \text{ Bar}$$

LEGGE DI CHARLES

Il volume di un gas a pressione costante è direttamente proporzionale alla sua temperatura assoluta.

La temperatura assoluta è quella espressa dai gradi kelvin °K. Senza entrare nel merito delle varie scale per la misurazione della temperatura basterà ricordare che per convertire i gradi Celsius in gradi Kelvin è sufficiente aggiungere 273.

T=temperatura assoluta

P=pressione

V=volume

K=costante

$$T/V=k$$

Aumentando la temperatura il volume aumenterà.

LEGGE DI GAY-LUSSAC

La pressione di un gas a volume costante è direttamente proporzionale alla temperatura assoluta del gas stesso

V=costante

P/T=k

LEGGE DI HENRY

Ogni volta che un gas si trova in contatto con un liquido tende a passare in soluzione (a diffondersi) nel liquido stesso. Gli elementi che maggiormente contribuiscono a questo processo sono la temperatura, la pressione, il coefficiente di solubilità del gas e la capacità del liquido di agire come solvente. In particolare la legge di Henry stabilisce che:

Fissata una temperatura l'ammontare che un dato gas passa in soluzione in un liquido è in funzione della pressione parziale sulla superficie di contatto del liquido e del coefficiente di solubilità del gas stesso.

La stessa legge regola il processo inverso cioè quando un gas passa ritorna allo stato gassoso liberandosi dal liquido in cui era disciolto.

Bibliografia:

MIXED GAS DIVING – di Tom Mount e Bret Gilliam

IANTD TRIMX WORKBOOK – di Tom Mount

DEEP DIVING – di Bret Gilliam

U.S. NAVY DIVING MANUAL

U.S. NAVY TECHNICAL DIVING MANUAL

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.