

Per gentile Concessione di DAN Europe, Estratti dalla Rivista Internazionale Alert Diver

Da Alert Diver, III 1997

TOSSICITA' DELL'OSSIGENO

Studi della Royal Navy.

Gli studi del Dr. Donald costituiscono la base di ciò che è conosciuta come tossicità dell'ossigeno sul S.N.C., ossia:

- Vi è un'ampia variazione individuale alla sensibilità e al tempo di insorgenza dei sintomi. Ciò è quanto viene definita come "tolleranza all'ossigeno".
- Rispetto all'esposizione a secco, l'immersione diminuisce notevolmente la tolleranza all'ossigeno, riducendo i tempi di esposizione fino a un fattore di quattro o cinque.
- Condizioni sotto sforzo diminuiscono notevolmente la tolleranza all'ossigeno, rispetto a condizioni di riposo.
- Immersioni in acque molto fredde (9°C) o molto calde (31°C) sembrano diminuire la tolleranza all'ossigeno.

Lo scopo della ricerca era quello di fissare una serie di limiti di esposizione all'ossigeno, ossia una tabella che avrebbe indicato per quanto tempo un sommozzatore avrebbe potuto continuare a respirare in sicurezza ossigeno puro al 100 per cento a varie profondità, nonostante la grande variabilità esistente fra diversi individui e lo stesso individuo. Come risultato di questi studi la Royal Navy ritenne non sicuro respirare ossigeno puro oltre una profondità di 7,6 metri (con una pressione parziale dell'ossigeno di 1,76 ata). In realtà, 7,6 metri è stata la profondità minima testata. Non fu fissato nessun limite di tempo per questa esposizione ma il tempo esaminato più lungo fu di due ore.

La Royal Navy effettuò immersioni più profonde utilizzando miscele di azoto e ossigeno nei nuovi autorespiratori a circuito semi-chiuso. Questo fu l'inizio delle cosiddette "immersioni con miscele", in cui il gas utilizzato per la respirazione è una miscela di ossigeno e azoto piuttosto che essere semplicemente compresso dall'aria atmosferica.

Studi della U.S. Navy

Negli anni '50, il Dr. E.H. Lanphier studiò la possibilità di determinare i limiti di esposizione all'ossigeno per immersioni con ossigeno puro al 100 per cento oltre i 7,6 metri. La Tabella 1 indica i limiti da lui raccomandati. I limiti di esposizione ad ossigeno puro al 100 per cento illustrati nella Tabella 1 restarono in uso fino al 1970 e con solo alcune lievi modifiche continuarono ad essere utilizzati fino al 1991, quando furono nuovamente modificati.

Gli studi riguardavano anche le modalità in cui tali limiti potevano essere applicati alle pressioni parziali dell'ossigeno relative alle immersioni con miscele nitrox. Durante un'immersione nitrox, possono verificarsi pressioni parziali dell'ossigeno simili a quelle utilizzate in immersioni con ossigeno puro al cento per cento, ma a causa dell'aggiunta di azoto, tali pressioni parziali possono essere raggiunte a profondità maggiori e, quindi, ad una maggiore densità del gas usato per la respirazione.

Scoperte Studi U.S.A.

La maggiore densità di gas riscontrata durante un'immersione con miscela nitrox ha richiesto che i tempi di esposizione ad una certa pressione parziale di ossigeno fossero più corti rispetto agli autorespiratori ad ossigeno puro, che possono essere usati solo a basse profondità e che comportano una minore densità di gas. Si è ritenuto che il motivo di questa minore tolleranza durante le immersioni nitrox sia dovuto a una minore eliminazione di anidride carbonica a maggiori profondità, dando come risultato livelli più elevati di anidride carbonica nel sangue. Ciò renderebbe il subacqueo più sensibile alla tossicità dell'ossigeno. I limiti di esposizione ad azoto e ossigeno delle miscele nitrox della U.S. Navy sono illustrati nella Tabella 2 (pag. 36). Bisogna notare che rispetto a quelli relativi all'uso di autorespiratori ad ossigeno puro della Tabella 1, questi sono molto più ridotti per la stessa pressione parziale. Con l'avvento degli autorespiratori ad ossigeno a circuito chiuso, la U.S. Navy non utilizza più gli autorespiratori a miscela nitrox e non pubblica più i limiti di esposizione a miscela nitrox nel suo manuale d'immersione ufficiale.

Il Conflitto e Alcuni Buoni Consigli

Gli esperti inglesi non condividono gli esiti delle ricerche del Dr. Lanphier e la Royal Navy ha fissato i propri limiti di esposizione per immersioni con miscela nitrox che non cambiano all'immersione con ossigeno puro.

Il lavoro del Dr. Lanphier è certamente degno d'interesse tanto da indurre i subacquei ad essere estremamente cauti prima di estrapolare i limiti di esposizione all'ossigeno stabiliti per l'uso di autorespiratori ad ossigeno puro ed applicarli direttamente alle immersioni in miscela nitrox a maggiore densità di gas. Sarebbe ideale che i limiti nitrox fossero testati alla massima densità di gas prevista per il loro utilizzo.

Ritenzione di CO₂

Perché la ritenzione di anidride carbonica (CO₂) dovrebbe diventare un problema a maggiore densità di gas? Sono stati realizzati molti studi che mostrano che normalmente, nel caso di autorespiratori ad aria, all'aumentare della profondità la maggiore densità del gas e l'elevata densità dell'ossigeno rallenteranno la frequenza di respirazione e quindi il tasso di eliminazione dell'anidride carbonica. Ciò comporterà un aumento dei livelli di anidride carbonica nel sangue, benché non in tutti i subacquei si verificherà un rallentamento della respirazione agli stessi valori.

Il Dr. Lanphier ha studiato il problema dei subacquei che tendevano a respirare più lentamente durante l'immersione rispetto al normale, i cosiddetti "trattenitori di anidride carbonica". Intuì che tali individui erano esposti ad un rischio particolarmente elevato di esposizione a tossicità dell'ossigeno per il S.N.C. durante la respirazione di alte percentuali di ossigeno in miscele di

azoto. Ciò significherebbe, dunque, che un subacqueo che effettui un'immersione nitrox debba preoccuparsi se è un trattenitore di anidride carbonica o meno? Non vi è purtroppo alcun test valido che ci permetta di individuare con certezza tali "trattenitori di anidride carbonica". La migliore strategia attualmente disponibile consiste nel far riferimento a dei limiti di esposizione ad ossigeno prudenti.

Ulteriori Studi U.S. - Limiti di Esposizione all'Ossigeno

Fra la fine degli anni '70 e gli inizi degli anni '80, il Navy Experimental Diving Unit (NEDU) realizzò una serie di studi per esaminare tempi di esposizione ad ossigeno più lunghi di individui che utilizzavano autorespiratori ad ossigeno puro a basse profondità esercitandosi a livelli normalmente riscontrati in nuotatori d'assalto impegnati a nuotare per lunghi tragitti sott'acqua. (Bisogna ricordare che i tempi di esposizione elaborati in riferimento a subacquei in condizioni di riposo possono facilmente causare problemi a subacquei sotto sforzo, in quanto lo sforzo riduce la tolleranza all'ossigeno.)

La conclusione dello studio è stata che esposizioni di quattro ore a 7,6 metri (1,76 ata) avevano una bassa probabilità di causare sintomi al S.N.C. ma che non erano assolutamente privi di rischi, in quanto è stato riportato un caso di convulsione a tale profondità dopo 72 minuti di esercizio. A causa di tale rischio, è stato raccomandato di non effettuare esposizioni di routine oltre una profondità di 6,1 metri (1,6 ata) per un massimo di 4 ore, con un'unica escursione fra 6,4 e 12 metri per 15 minuti, o fra 12 e 15 metri per cinque minuti.

Persino tale raccomandazione non esclude totalmente la probabilità di convulsioni. Nel corso di tali studi si sono verificati vari casi di convulsioni da ossigeno e ne è stata verificata l'imprevedibilità come osservato dal Dr. Donald circa 40 anni prima. Una caratteristica di tali convulsioni è che si verificano con un minimo di sintomi se non addirittura senza alcun avvertimento. Con l'avvento delle immersioni con miscela nitrox è consigliabile prendere in considerazione tali studi. La Dr.ssa Andrea Harabin ha analizzato le esposizioni ad ossigeno di individui degli studi NEDU e ha utilizzato un modello matematico per prevedere la probabilità dell'insorgenza di sintomi di tossicità all'ossigeno sul S.N.C.. (Vedere Riferimento 2, pag. 40 per ulteriori dettagli). Ha riscontrato che il modello indica una soglia a 1,3 ata; ciò significa che la probabilità del verificarsi di un sintomo sul S.N.C. a tale livello o a un livello inferiore dovrebbe essere praticamente uguale a zero (vedere tabella 3, pag. 37). Quando la Dr.ssa Harabin prese in considerazione solo le convulsioni e determinati sintomi, riscontrò che le soglie erano a 1,7 ata. Ancora una volta tale analisi riflette il forte grado d'incertezza inerente a tali tipi di esposizioni di esseri umani ad ossigeno.

Quali sono, quindi, i livelli di ossigeno a cui si può respirare con sicurezza? Attualmente la U.S. Navy utilizza 1,3 ata come limite massimo nei suoi autorespiratori ad ossigeno a circuito chiuso - la soglia più sicura determinata dalla Dr.ssa Harabin per subacquei sotto sforzo. Con l'utilizzo di tali apparecchiature a circuito chiuso, sono possibili anche esposizioni che superino le otto ore e ad un livello di 1,3 ata le probabilità di essere esposti all tossicità dell'ossigeno sul S.N.C. dovrebbero essere abbastanza rare. La National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) adotta d'altra parte un atteggiamento un po' più cauto, raccomandando 180 minuti a 1,3 ata per esposizioni normali e 240 minuti solo per esposizioni eccezionali (vedere tabella 4, pag. 40).

I limiti del NOAA illustrati in Tabella 4 si basano sui risultati degli studi del NEDU realizzati negli anni '80, che prendono in considerazione le maggiori densità di gas riscontrate nelle immersioni nitrox. I "limiti di esposizione normale" sono più lunghi dei limiti nitrox proposti dal Dr. Lanphier

nella tabella 2 (pag. 36) ma sono molto al di sotto di 240 minuti, con un'esposizione di 1,6 ata, che sono quelli attualmente ammessi dalla U.S. Navy per immersioni con ossigeno puro.

Il PADI ha proposto un limite di 1,4 ata per immersioni con autorespiratori a circuito aperto con miscela nitrox. Poiché tale tipo d'immersione non esporrebbe i subacquei continuamente a tale livello, in pratica dovrebbe essere altrettanto sicuro, se non addirittura più sicuro, del limite di 1,3 ata proposto dalla U.S. Navy per esposizioni continue.

Infatti, i tempi di esposizione ridotti nella fascia fra 1,3 e 1,4 ata sono soprattutto intesi ad evitare l'insorgenza della tossicità dell'ossigeno a livello polmonare. La possibilità dell'insorgenza della tossicità sul S.N.C. a questi livelli è molto bassa e probabilmente non molto diversa al di sopra di tale fascia.

E' possibile respirare ossigeno ad una pressione parziale dell'ossigeno più elevata (pO_2)?

La risposta è sì, però! Le analisi della Dr.ssa Harabin hanno fissato un limite soglia a 1,7 ata (7 metri per un subacqueo sotto sforzo se si considerano solo le "convulsioni" e i sintomi "determinati". Ciò è pericolosamente vicino alla profondità limite di 7,6 metri (1,76 ata) dove si è verificato un caso di convulsioni, quindi riportare tale limite a 6,1 metri (1,6 ata) dà un maggiore grado di sicurezza.

Attualmente, la U.S. Navy ammetterebbe un'esposizione sotto sforzo a tale pressione parziale per un massimo di quattro ore, presupponendo però che si tratti di nuotatori da combattimento allenati che respirino ossigeno puro al cento per cento a 7,6 metri. Un'escursione di profondità di soli 1,5 metri metterebbe il sommozzatore in una fascia a rischio di convulsioni e coloro che tendono a trattenere anidride carbonica sotto sforzo sarebbero esposti a un rischio ancora più elevato.

Il limite NOAA per le immersioni nitrox a 1,6 ata è di 45 minuti per un'immersione normale e di 120 minuti per immersioni a esposizione eccezionale.

Durante un'immersione con miscela nitrox effettuata presso il Duke University's F.G. Hall Hypo/Hyperbaric Center a una profondità di 30 metri, respirando 1,6 ata pO_2 (pressione parziale dell'ossigeno) sotto pesante sforzo, si è verificata una convulsione dopo 40 minuti. Probabilmente questa non si sarebbe verificata a un'entità di sforzo più ridotta, ma sembra stare a indicare che il limite NOAA di 45 minuti per un'immersione con miscela nitrox di 1,6 ata non è eccessivamente sicuro.

Respirare ossigeno puro al cento per cento durante la tappa di decompressione a 6,1 metri è una pratica comune e a tale profondità la pressione parziale sarà di circa 1,6 ata. A una profondità così bassa, in condizioni di riposo, le probabilità di esposizione a tossicità dell'ossigeno sul S.N.C. dovrebbero essere molto ridotte. Ma come molte altre cose al mondo, ciò non è totalmente sicuro, come dimostrato da un recente caso di convulsione da ossigeno verificatosi a 6,1 metri durante la decompressione di un tecnico subacqueo dopo aver completato un'immersione sul Lusitania.

Sintomi di Tossicità dell'Ossigeno sul S.N.C. Verificatisi negli Studi NEDU

Convulsioni: il sintomo più grave da evitare ad ogni costo.

Sintomi determinati: contrazioni muscolari convulse, tinnito auricolare (fischi nelle orecchie), visione offuscata o a tunnel, disorientamento, afasia (incapacità di esprimersi mediante il linguaggio), nistagmo (rapidi movimenti laterali dell'occhio) o incoordinazione motoria.

Sintomi probabili: segni più equivoci che potrebbero essere dovuti sia a tossicità dell'ossigeno che ad altre cause: un leggero senso di apprensione, disforia (una sensazione di disagio), letargia e nausea transitoria.

Raccomandazioni

Un aspetto fondamentale da tener presente per ora è che la tossicità dell'ossigeno è volubile: le convulsioni si sono verificate a basse profondità in condizioni in cui la maggior parte degli esperti non si sarebbe aspettata tale evenienza.

Quindi, come dovrebbero comportarsi i subacquei sportivi nei confronti delle immersioni con miscela nitrox? La risposta è: con prudenza.

Innanzitutto, ogniqualvolta si respira un gas con una percentuale di ossigeno superiore al 21 per cento, bisogna tenere presente che l'intossicazione da ossigeno è una possibilità e ciò richiede un adeguato addestramento.

In secondo luogo, l'utilizzo di attrezzature appositamente studiate per comprimere miscele ad elevato contenuto di ossigeno può essere pericoloso di per sé e richiede uno speciale addestramento.

In terzo luogo, ciò che si immette nell'autorespiratore non necessariamente è ciò che ci si aspetta. E' necessario in questo caso disporre di un metodo di analisi della quantità di ossigeno nell'autorespiratore indipendente da quello della stazione di ricarica delle bombole.

In quarto luogo, se avete una particolare predilezione per gli autorespiratori ad ossigeno (ARO), ricordate che sono delle attrezzature molto complesse, che richiedono molta più manutenzione e cura dei vecchi ma sicuri autorespiratori ad aria. Se decidete di utilizzare gli autorespiratori ad ossigeno preparatevi ad affrontare un adeguato addestramento ed elevati costi di manutenzione.

Infine, c'è il problema di ridurre la probabilità della tossicità dell'ossigeno al minimo.

Via Libera

Per le immersioni con autorespiratore ad aria a circuito aperto, "semaforo verde" per una pressione parziale dell'ossigeno uguale o inferiore a 1,4 ata (che corrisponde a circa 25 metri su un miscuglio di ossigeno al 40 per cento). Se tale livello non sarà mai superato, saranno altre le limitazioni che interverranno nel caso delle immersioni con autorespiratore ad aria a circuito aperto, limitando i

tempi di esposizione ad una permanenza sott'acqua in cui l'insorgere della tossicità da ossigeno sul S.N.C. sarà altamente improbabile, anche nel caso di esposizioni della durata di quasi quattro ore.

Procedere con Cautela

La "zona gialla" è compresa fra 1,4 ata e 1,6 ata (ossia a 30 metri con una miscela al 40 per cento). La possibilità della tossicità da ossigeno a 1,6 ata è molto bassa, ma il margine di errore è molto ristretto rispetto a 1,4 ata. Le variazioni individuali, le escursioni di profondità non programmate e la possibilità di dover compiere del lavoro pesante in caso di emergenza fanno salire la possibilità di tossicità da ossigeno a livelli di guardia. Quindi, i livelli fra 1,5 e 1,6 ata dovrebbero essere riservati a condizioni in cui il sommozzatore è in condizioni di completo riposo, come ad esempio durante la decompressione.

Alt!

Il "semaforo rosso" scatta al di sopra di 1,6 ata. Non superate mai tale soglia.

Infatti, esistono prove che sono certamente possibili brevi esposizioni a livelli superiori di pO₂ (pressione parziale dell'ossigeno), ma ricordate che anche le convulsioni lo sono! Anche un lieve sforzo può elevare il rischio e persino i sommozzatori con autorespiratore ad aria a circuito aperto che si immergono a tali profondità possono essere a rischio se permangono in profondità oltre una certa durata.

Infine...

L'immersione nitrox può prolungare i tempi di permanenza o ridurre la possibilità dell'insorgenza della malattia da decompressione, a seconda delle modalità a cui viene effettuata, ma aumenta il rischio di tossicità da ossigeno. La malattia da decompressione raramente si verifica sott'acqua e raramente è letale. Se si dovesse verificare sott'acqua comunque non dovrebbe normalmente rappresentare un pericolo di vita.

Nel caso di convulsioni da ossigeno, queste quasi sempre insorgono sott'acqua, complicando dunque seriamente il trattamento. Quindi, se le probabilità dell'insorgenza di convulsioni sono ridotte, nel momento in cui si dovessero verificare la possibilità di un incidente grave o morte è elevata.

L'esperienza e una buona preparazione sono dunque essenziali.

Cosa fare in caso d'intossicazione da ossigeno o di convulsioni?

Le convulsioni da ossigeno in acqua sono rare ma potenzialmente pericolose per la sopravvivenza.

In base al Manuale d'Immersione della USN, paragrafi 14.9.1.1 e 14.9.1.2, la procedura suggerita per far fronte all'insorgenza di convulsioni è la seguente:

Trattamento dei Sintomi Non Convulsivi.

Il sommozzatore colpito dovrebbe avvisare il suo compagno d'immersione ed effettuare una risalita controllata verso la superficie. Si dovrebbe procedere (all'occorrenza) a gonfiare il GAV della vittima mentre il compagno d'immersione lo tiene sotto stretto controllo per monitorare l'andamento dei sintomi.

Trattamento di Convulsioni Sott'Acqua.

Per intervenire su un sommozzatore affetto da convulsioni devono essere osservate le procedure seguenti:

- a. Assumere una posizione retrostante al sommozzatore affetto da convulsioni. Sganciare la cintura della zavorra della vittima a meno che non indossi una muta stagna; in tal caso la cintura della zavorra non deve essere rimossa per evitare che il subacqueo assumi una posizione con la testa all'ingiù in superficie.
- b. Lasciare l'erogatore della vittima in bocca. Se non è in bocca, non cercare di rimmetterglielo; tuttavia, se c'è tempo sufficiente, assicurarsi che il rubinetto di chiusura del boccaglio sia chiuso (in posizione SUPERFICIE) (si riferisce solo all'autorespiratore ad ossigeno).
- c. Afferrare la vittima intorno al torace al di sopra dell'autorespiratore ad aria (ARA) o fra l'ARA e il suo corpo. In caso di difficoltà nel tenere la vittima sotto controllo in questa maniera, il compagno dovrebbe ricorrere al metodo migliore possibile per ottenerne il controllo. Se necessario si potranno afferrare i cinghiaggi della vita o del collo dell'ARA.
- d. Effettuare una risalita controllata verso la superficie, applicando una leggera pressione sul torace del sommozzatore per aiutarlo ad espirare.
- e. Se è necessario un maggiore assetto idrostatico, gonfiare il jacket della vittima. Il compagno non deve sganciare la propria cintura della zavorra né gonfiare il proprio jacket.
- f. Dopo essere risaliti in superficie, gonfiare il jacket della vittima nel caso in cui non sia già stato gonfiato.
- g. Togliere il boccaglio dalla bocca della vittima e, esclusivamente nel caso degli autorespiratori ad ossigeno, girare il rubinetto in posizione SUPERFICIE per evitare che si allaghi il sacco polmone appesantendo la vittima.
- h. Segnalare il recupero di emergenza.
- i. Una volta che le convulsioni sono scomparse aprire le vie respiratorie della vittima piegandone la testa leggermente all'indietro.
- j. Accertarsi che la vittima respiri. Se necessario si può iniziare la respirazione bocca a bocca.
- k. Se durante le convulsioni si è verificata una risalita verso la superficie, trasportare la vittima al più vicino centro iperbarico e farla esaminare da un esperto in medicina subacquea.

Ovviamente, una maschera tipo gran facciale è il modo migliore per effettuare immersioni con miscele ad alto contenuto di ossigeno in quanto il sommozzatore può essere tenuto in profondità fino alla scomparsa delle convulsioni. Se il sommozzatore respira da un boccaglio e questo fuoriesce dalla bocca, non vi è nessun'altra alternativa se non quella di riportare in superficie il subacqueo, in quanto nel momento in cui le convulsioni smetteranno la prima cosa che questi cercherà di fare sarà di prendere un respiro.

La fase g. dovrebbe essere modificata nel caso in cui la vittima respiri miscela nitrox da un autorespiratore a circuito aperto. Durante le convulsioni sarà impossibile estrarre il boccaglio dalla bocca della vittima e non si dovrà mai tentare di forzarlo. Al placarsi delle convulsioni, se il boccaglio è in posizione (o se il subacqueo indossa una maschera tipo gran facciale) e se il subacqueo è ancora in acqua e respira, allora lasciare tutto al suo posto finché non si riporterà la vittima fuori dall'acqua. Se non respira, allora togliere il boccaglio una volta raggiunta la superficie e cominciare la respirazione bocca a bocca.

Lo scopo principale, mentre il sommozzatore colpito è in acqua, è evitare che anneghi. In secondo luogo bisogna assicurarsi che le vie respiratorie siano libere al placarsi delle convulsioni tenendo il collo esteso.

Infine, verificare che non vi siano corpi estranei nella trachea.

Esposizioni Continue e Esposizioni Intermittenti all'Ossigeno

Bisogna ricordare che i sintomi della tossicità dell'ossigeno sul S.N.C. sono un fenomeno che perdura nel tempo (Tabella 4). Man mano che la pressione parziale dell'ossigeno inspirato aumenta, il tempo di esposizione diminuisce.

Nelle immersioni nitrox, i sommozzatori respirano da autorespiratori a circuito aperto con una percentuale fissa di ossigeno nella miscela. Se si utilizza un autorespiratore a circuito aperto, la pressione parziale massima dell'ossigeno di 1,4 ata sarà raggiunta solo alla profondità massima, e nella stragrande maggioranza dei casi di immersioni subacquee sportive, il tempo trascorso alla massima profondità sarà limitato a livelli a cui difficilmente si potrà verificare la tossicità dell'ossigeno sul S.N.C.. A profondità più basse, la pressione parziale dell'ossigeno sarà minore. Esistono formule per integrare le esposizioni a varie profondità per prevedere i tempi di esposizione totali se si considera solo la tossicità dell'ossigeno a livello polmonare, ma non esiste nessuna formula che permetta l'integrazione delle esposizioni ad ossigeno a varie profondità in un unico indicatore che permetterebbe al sommozzatore di evitare la tossicità dell'ossigeno sul S.N.C. La cosa migliore che si possa dire è che un'unica escursione di 15 minuti a 12 metri, o di cinque minuti a 15 metri, probabilmente non ha nessun effetto significativo. Ciò rappresenta la base delle attuali raccomandazioni della U.S. Navy.

Dr. E.D. Thalmann

Da Alert Diver IV 1997

ATTIVITA' SUBACQUEA SPORTIVA AVANZATA:

ALCUNI PERICOLI DELLE IMMERSIONI TECNICHE & Nitrox

D. H Elliott

(Nota del Redattore: il presente articolo è stato ridotto ai concetti basilari ai fini della traduzione. Data la complessità delle tematiche ivi trattate, invitiamo coloro che sono particolarmente interessati all'argomento a leggere l'articolo originale nella sua completezza)

Molte scuole di immersione subacquea sportiva insegnano ai sommozzatori ad effettuare solo immersioni con aria compressa entro la curva di sicurezza ed incoraggiano gli allievi ad immergersi in sicurezza e non a profondità eccessive. Negli ultimi anni, è stato introdotto l'uso di aria arricchita di ossigeno ("nitrox", EANx) nelle bombole.

Ciò può implicare l'utilizzo di attrezzature professionali ma senza dimenticare che si tratta di subacquei sportivi e non professionisti, con tutte le libertà che ciò comporta.

Al fine di stabilire un confine fra l'immersione convenzionale, avanzata e tecnica nell'ambito di questa analisi, si adotterà la definizione secondo cui un subacqueo tecnico è un subacqueo sportivo che respira più di una miscela di gas durante una singola immersione. Per cui, tale definizione copre sia quei subacquei che cambiano erogatore per diverse miscele durante l'immersione (comprese le tappe di decompressione ad ossigeno) e coloro che utilizzano gli autorespiratori ad ossigeno, ossia versioni a circuito chiuso o semichiuso di autorespiratori.

IMMERSIONI ESTREME AD ARIA

I pericoli comprendono la narcosi da azoto, la neurotossicità dell'ossigeno, la ritenzione di anidride carbonica e la sindrome da "deep water blackout", che rappresenta una particolare combinazione dei primi tre.

Effetti dell'Azoto

Le manifestazioni della narcosi da azoto sono proporzionate alla pressione parziale dell'ossigeno inalato e possono cominciare a verificarsi intorno ai 30 m. La narcosi aumenta al punto di una "perdita parziale di coscienza" con autorespiratore ad aria ad una profondità di circa 107 m. Il meccanismo della narcosi è lo stesso degli anestetici gassosi e dell'intossicazione da alcool: l'individuo passa attraverso ognuna delle fasi che si verificherebbero in tali casi, dall'eccitazione al sonno.

Effetti dell'Ossigeno

Le caratteristiche polmonari e neurologiche della tossicità dell'ossigeno sono abbastanza note (es. Donald, 1992), ma l'ossigeno in quanto gas "inerte" (ossia narcotico) è stato finora poco studiate (Paton, 1967). Tanto maggiore sarà la profondità a cui viene respirato l'ossigeno tanto maggiore sarà la rilevanza delle sue proprietà, tant'è vero che l'ossigeno contribuisce anche ad amplificare la narcosi da azoto, fatto di cui non bisogna sorprendersi. (Bennett, 1993).

Effetti dell'Anidride Carbonica

E' stato ipotizzato da Case & Haldane (1941) che la narcosi da azoto sia potenziata dalla ritenzione di anidride carbonica, così come dimostrato da Hesser et al (1971). Tuttavia la ritenzione di anidride carbonica non è la causa della narcosi da profondità (Bennett & Blenkarn, 1969). Il fattore CO2 può diventare più preponderante nel caso di sommozzatori ad aria che presentano una particolare tendenza alla "ritenzione di CO2 " (Lanphier 1955).

Sono stati studiati gli effetti delle alte concentrazioni di anidride carbonica nel caso in cui non vi sia carenza di ossigeno nei soggetti che effettuano immersioni con ossigeno puro (Barlow & McIntosh, 1944). Tali studi hanno evidenziato una compromissione o perdita di coscienza sotto sforzo pesante con ossigeno puro respirato attraverso uno spazio morto esterno di 800 ml.

"Deep Water Blackout"

Data l'interazione fra CO2, ossigeno ed azoto a pressioni iperbariche, il concetto del Deep Water Blackout si basava su alcuni casi ben studiati (Elliott 1996a). Sono stati osservati numerosi casi di perdita di coscienza da parte di subacquei.

Rispetto alla definizione di "Immersione Tecnica", che consiste in un cambio di miscela respirata durante l'immersione, l'immersione profonda non è considerata un'immersione tecnica. L'immersione estrema con autorespiratori ad aria risulta pertanto essere una pratica semplicemente stupida.

IMMERSIONI NITROX

La miscela nitrox è utilizzata in attrezzature subacquee convenzionali dedicate per tale tipo di miscela ed alcune parti, soprattutto per quel che concerne l'impianto di ricarica, devono essere "libere da ossigeno" per evitare la combustione.

Per gli autorespiratori nitrox a circuito aperto può essere utilizzato qualsiasi livello di ossigeno superiore al 21%, ma nell'uso comune si premiscela l'ossigeno nell'azoto al 28%, 32% e 36%.

I vantaggi derivanti dall'uso delle miscele nitrox per gli utenti consistono in un tempo prolungato d'immersione in curva di sicurezza rispetto alla "profondità equivalente con aria" (EAD) oppure, se si mantiene il rispetto delle tabelle di decompressione, una decompressione più sicura. Non è possibile ottenere i due vantaggi contemporaneamente.

Quando si respira una miscela d'aria arricchita con ossigeno, si riduce l'assorbimento di azoto in profondità, ottenendo le condizioni equivalenti della respirazione dell'aria a quote più basse, "profondità equivalente con aria" (EAD). L'EAD può essere calcolata per ogni livello della percentuale di ossigeno: -

EAD = (Profondità Effettiva + 10) x N2% - 10 Metri

79%

Il tempo più lungo d'immersione senza tappe di decompressione utilizzando l'EAD è in realtà illusorio, almeno per la prima immersione, poiché a quote al di sopra dei 25 m la durata dell'immersione sarà comunque limitata dalla capacità della bombola e non dal tempo d'immersione in curva di sicurezza. I limiti massimi di sicurezza per l'ossigeno in immersioni nitrox sono intorno ai 36 m.

Ignorando la Profondità Equivalente con Aria durante le immersioni nitrox e utilizzando le tabelle di decompressione per l'aria all'effettiva profondità d'immersione, i rischi di malattia da decompressione risultano essere notevolmente ridotti.

Gli svantaggi vanno dai rischi di esplosione derivanti dall'utilizzo dell'ossigeno alla possibilità di commettere errori nel miscelare l'ossigeno con l'aria per ottenere una miscela con la giusta percentuale. Probabilmente la preoccupazione maggiore consiste nel rischio di annegamento, soprattutto se si utilizza un erogatore di tipo standard con boccaglio, in caso di un attacco epilettico sott'acqua dovuto a neurotossicità acuta dell'ossigeno. I limiti massimi di sicurezza raccomandati per l'ossigeno variano da pO₂ 1.4 a 1 per mansioni eccezionali. Le immersioni nitrox con un massimo di pO₂ 1.5 bar sono normalmente effettuate dall'industria subacquea commerciale ma solo con un controllo molto più attento dei subacquei.

IMMERSIONI CON MISCELE DI GAS

Il subacqueo tecnico rientra normalmente in una delle due seguenti categorie: immersioni in relitti e immersioni in grotta. Le immersioni in relitti sono tendenzialmente effettuate individualmente e i subacquei tendono a portare tutta la miscela di gas con sé: ossigeno-elio o trimix (aria-elio) per le profondità massime, nitrox e ossigeno per le decompressioni in corrente. Nelle immersioni in grotta i subacquei utilizzano le stesse miscele ma tendono a lavorare in squadra, disponendo le bombole lungo il percorso di esplorazione durante una serie di immersioni precedenti. Sia nel caso che sia utilizzato ossigeno-elio che aria-elio (trimix) durante le fasi profonde di un'immersione, il pericolo di una Sindrome Neurologica da Alta Pressione (HPNS; Bennett & Rostain 1993) continuerà ad essere in agguato.

AUTORESPIRATORI AD OSSIGENO

Ossigeno a Circuito Chiuso

Questo tipo di autorespiratore è dotato di un filtro per l'anidride carbonica e di un semplice sacco-polmone riempito di ossigeno da cui respira il sommozzatore. Man mano che l'ossigeno viene consumato, deve essere immesso più ossigeno nel sacco polmone erogandolo dalla bombola. Tale immissione può essere fatta "su richiesta" ogniqualvolta che il subacqueo sente l'esigenza di ripristinare il livello di ossigeno nel sacco polmone. Si tratta di una procedura potenzialmente pericolosa poiché, durante l'immersione, l'azoto disciolto viene lavato via dall'organismo attraverso il circuito chiuso dell'ARO. Man mano che il volume del sacco si riduce con il consumo dell'ossigeno, l'azoto conterrà una percentuale crescente del contenuto del sacco. A meno che non sia immessa per tempo un'ulteriore quantità di ossigeno all'interno del sacco polmone, si potrà raggiungere il punto in cui il sacco polmone fornisce al subacqueo una miscela ipossica. Allora il subacqueo potrebbe inavvertitamente perdere i sensi a causa di "ipossia da diluizione" con possibili conseguenze letali.

Autorespiratori a Circuito Semichiuso

Il sistema a circuito semichiuso è un sistema dinamico. Il sacco-polmone fornisce al subacqueo la miscela di gas, la cui composizione è soggetta a cambiare durante l'immersione.

La maggior parte degli autorespiratori nitrox a circuito semichiuso, che sono adesso commercializzati rivolti ad un pubblico di subacquei sportivi, si basano sull'erogazione di un gas premiscelato a portata costante.

Teoria del Sacco-Polmone

Nella maggior parte degli autorespiratori ad ossigeno-azoto amatoriali, il gas premiscelato viene erogato ad una portata predeterminata nel sacco-polmone. Qui, il gas fresco si mescola con il gas già presente, la maggior parte del quale è stato appena espirato e depurato della CO₂. In tal modo il subacqueo respira dal sacco polmone ed espira attraverso il filtro nuovamente nel sacco polmone da cui è scaricato il gas in eccesso praticamente allo stesso tasso con cui viene immesso il gas fresco. Il calcolo della percentuale di ossigeno nel sacco polmone si basa su una semplice formula indipendente dalla profondità. A condizioni costanti la percentuale di ossigeno immessa nel sacco polmone potrà essere calcolata in modo molto semplice, come qui di seguito indicato:

$$O_2 \% = (O_2 \text{ erogato} - O_2 \text{ consumato}) \times 100$$

(Miscela erogata - O₂ consumato)

Questa percentuale è indipendente dalla profondità e, una volta che è stata impostata la portata di erogazione per una certa premiscela, l'unica variabile sarà il consumo di ossigeno. La percentuale di ossigeno è anch'essa indipendente dal volume del sacco polmone. Sarà inoltre possibile calcolare il tasso di ricambio del contenuto di ossigeno nel sacco polmone quando varia il carico di lavoro del subacqueo.

La suddetta formula potrà essere utilizzata per mantenere il quantitativo di ossigeno entro un range prevedibile. In tal modo la principale variabile durante l'immersione è quella del consumo di ossigeno che sarà determinata dal livello di attività a partire da uno sforzo muscolare minimo (come ad esempio quello richiesto per scattare delle fotografie) alla capacità respiratoria massima sostenibile (ad esempio in situazioni di emergenza).

Un consumo minimo di ossigeno di circa 0.25 l.min soltanto potrà essere utilizzato per determinare la più alta percentuale di ossigeno che potrebbe essere riscontrata nel sacco polmone. Il livello massimo ammissibile di pO₂ potrà in seguito essere utilizzato per calcolare la profondità massima ammessa per quella data portata e miscela.

L'altro estremo, il consumo massimo sostenibile di ossigeno, sarà più difficile da prevedere. Per un subacqueo di corporatura media e con una preparazione fisica ragionevole, un O₂ max di almeno 3 l.min-1 sarà universalmente accettato.

Un consumo di ossigeno di 2.5 l.min-1 potrà essere sufficiente con una premiscela al 40% di ossigeno con una portata costante impostata dalla casa produttrice di 9.2 l.min-1 per ridurre il

contenuto di ossigeno del sacco polmone al 17,6%, rovesciando così i vantaggi derivanti dall'utilizzare una "profondità equivalente con aria" ai fini della decompressione.

Poiché le tabelle di decompressione devono essere rispettate tenendo conto della profondità massima d'immersione, com'è possibile valutare l'EAD massima d'immersione? E com'è possibile programmare una decompressione sicura?

Nel frattempo, il subacqueo attivo che utilizza un autorespiratore a circuito semichiuso potrà preferire di programmare l'uso delle tabelle di decompressione per l'aria all'effettiva profondità d'immersione raggiunta.

Quindi, immergersi con autorespiratori a circuito semichiuso implica numerosi rischi che invece non devono essere affrontati da subacquei che effettuano immersioni con bombole ad aria compressa a circuito aperto. Le possibili conseguenze comprendono l'ipossia da diluizione, l'iperossia e l'ipercapnia.

Miscela di gas a circuito chiuso

Molte delle versioni di autorespiratori a miscela a circuito chiuso sono state messe a punto negli ultimi 25 anni. Tali autorespiratori automiscelano il gas per la respirazione da due bombole, una di gas inerte, normalmente elio, e l'altra di ossigeno puro, con un ottimo livello di affidabilità. Una pressione parziale costante di ossigeno, intorno a 0.7 bar, potrà essere monitorata da sensori e mantenuta ad ogni profondità. La durata dell'immersione è limitata solo dalle capacità delle bombole e dalla durata del sistema di filtrazione. Questo tipo di autorespiratore offre buone caratteristiche di respirazione in acqua e dovrebbe mantenere il gas inspirato entro determinati limiti fisiologici.

Per il subacqueo sportivo un autorespiratore a circuito chiuso offre una lunga durata d'immersione a qualsiasi profondità senza la necessità di dover trasportare dei volumi eccessivi di gas. Tali autorespiratori dovrebbero essere fisiologicamente tanto sicuri quanto sarebbe auspicabile e solo in caso di un problema tecnico il subacqueo sarebbe esposto ai pericoli dell'ipossia, dell'iperossia e dell'ipercapnia. Solo altri problemi, quali l'HPNS e la decompressione sicura, che non sono direttamente correlati al tipo di autorespiratore, potranno limitare le loro potenzialità alle maggiori profondità d'immersione subacquea sportiva.

Da Alert Diver I 2000

GAS INNATURALE

Tecnologia della miscelazione del Nitrox. Di Robert Rossier.

Per quanto il nitrox possa risolvere alcuni problemi dell'immersione, il procedimento attraverso cui vengono ottenute le diverse miscele respiratorie presenta alcuni rischi. Il principale è il pericolo di incendio ed esplosione. Tutte le attrezzature che devono essere esposte a concentrazioni di ossigeno superiori al 40% devono essere rese ossigeno-compatibili, mediante la rimozione di ogni sostanza che possa prendere fuoco esplodere se esposta ad alte concentrazioni di ossigeno. Anche l'aria che deve essere miscelata deve essere ossigeno-compatibile, cioè non contenere nemmeno tracce di idrocarburi o altri contaminanti pericolosi. In situazioni normali, la abituale aria compressa respirabile viene ulteriormente purificata attraverso un processo di iperfiltrazione per essere compatibile per la miscelazione a Nitrox. Il procedimento più diretto per la miscelazione è quello

per pressione parziale. Poiché comporta l'uso di ossigeno puro, è potenzialmente pericoloso e deve essere condotto da tecnici qualificati e con uso di strumenti e procedure adatti. Si esegue caricando una bombola ad una pressione predefinita con ossigeno puro. Se si inizia con una bombola vuota, questo consente di operare con riserve di ossigeno a pressione relativamente bassa, ma l'operazione può anche essere iniziata su bombole parzialmente cariche. Quando la carica di ossigeno è completata, la bombola viene portata alla pressione di esercizio desiderata con aria compressa ossigeno-compatibile. Prima dell'uso, la concentrazione di ossigeno viene controllata con un analizzatore e, se necessario, corretta. Dato che viene utilizzato ossigeno puro, tutte le attrezzature, l'aria compressa utilizzata e le bombole da caricare devono essere assolutamente ossigeno-compatibili. Un secondo procedimento è quello che comporta la miscelazione a flusso continuo. Questo processo utilizza un sistema di iniezione di precisione per miscelare ossigeno puro con aria, nella proporzione desiderata, all'interno di un sistema di compressione ad alta pressione senza olio. Anche in questo caso aria e materiali devono essere ossigeno-compatibili.

La tecnologia Pressure swing absorption (PSA), impiega filtri molecolari che rimuovono selettivamente l'azoto da un flusso di aria. Il procedimento può produrre ossigeno fino al 95% di concentrazione ed è spesso utilizzato come fonte di ossigeno per la miscelazione a flusso continuo. Utilizzando la PSA per la produzione di nitrox comporta due stadi operativi: la produzione di ossigeno puro e la miscelazione a flusso continuo con aria fino ad ottenere la miscela desiderata.

Un sistema PSA utilizza due filtri molecolari in parallelo, operati da un compressore a bassa pressione che fornisca aria a circa 4-6 ATA. L'ossigeno viene prodotto ad una pressione di 3,5 – 4,5 ATA ed accumulato in serbatoi, da cui passa al miscelatore nitrox, che lo miscela con aria per ottenere la miscela desiderata, che viene infine compressa alla pressione voluta. Il sistema può produrre ossigeno puro a bassa pressione e aria o nitrox ad alta pressione. I prossimi sistemi PSA saranno in grado anche di produrre ossigeno ad alta pressione.

I sistemi PSA progettati per le necessità di centri o barche da immersione, sono predisposti per produrre elevati volumi di gas, ma si stanno sviluppando anche sistemi portatili a portata inferiore. Il prezzo di queste attrezzature è comparabile a quello di un sistema equivalente di compressori d'aria ad alta pressione. Un terzo modo di miscelare nitrox è la cosiddetta tecnologia DNAX (DeNitrogenated Air). Come per la PSA, l'azoto viene rimosso dall'aria per ottenere ossigeno, non con filtri molecolari ma con separazione gassosa attraverso membrane permeabili. Invece di produrre ossigeno puro, questa tecnologia produce direttamente la miscela desiderata, che viene poi compressa alla pressione necessaria. I vantaggi del sistema DNAX sono di operare con miscele a contenuto di ossigeno inferiore al 40% , di non richiedere l'uso di gas o materiali ossigeno-compatibili e di richiedere poca manutenzione, purché si utilizzi aria pre-filtrata. Con poche accortezze il modulo-membrana può durare anche più di 20 anni. Il sistema è compatto, pesa poco (circa 130 x 55 x 40 cm e 65 Kg di peso) e, applicato ad un generatore nitrox, può produrre miscela a 220 ATA. L'aria in entrata può essere fornita da bombole SCUBA o compressori per aria respirabile. Sono disponibili sia versioni elettriche che con motore a scoppio. Il costo operativo è di poco superiore a quello di un compressore d'aria portatile.

Incident Insight – Immersione Estrema : troppe variabili fanno un problema.

Il sub: donna di 46 anni in buona salute, esperta, brevettata in diverse specialità, inclusi nitrox e deep air. Più di 100 immersioni registrate, spesso oltre i 40 metri.

Le immersioni: primo giorno a non più di 9 metri. Secondo giorno, immersione a 45 metri, con muta stagna, cappuccio e guanti in acqua a 3 °C. Ad un certo punto si sente euforica ed osserva un restringimento del campo visivo, probabilmente narcosi. Il programma continua con un'immersione

pianificata a 61 metri (precedentemente, la sua immersione più profonda era stata a 52 metri nei Caraibi). Discesa regolare fino a 58 metri. Il compagno ha un problema di erogazione continua ed ha poca aria. Entrambi sentono sintomi di narcosi e decidono di risalire. Il tempo totale, a questo punto, è di 8 minuti. Durante la risalita il compagno è un po' avanti. La donna, forse per effetto della narcosi, non è sicura se sta veramente risalendo ed inizia a pinneggiare vigorosamente. Pensa ancora di risalire troppo lentamente e dà aria al GAV. La distanza fra i due aumenta e la donna usa il segnalatore per avvertire il compagno. A circa 33 metri, lui si volta e la prende per mano. La donna entra in panico quando si accorge che stanno entrambi risalendo troppo velocemente. Il compagno sgonfia il GAV per rallentare. La donna allora cerca di concentrarsi per tenere l'erogatore in bocca, ma, poco dopo, perde coscienza. Secondo il compagno, a circa 30 metri ed ancora in risalita, riprende conoscenza e raggiunge la superficie. Il tempo totale dell'immersione è di 12 minuti.

Le complicazioni: in superficie, ancora cosciente, sente di non potersi muovere, avverte rigidità a tutto il corpo, dolore bruciante al petto, "come se avesse ingoiato acqua". Mentre il compagno la aiuta a raggiungere la riva, ha accessi di tosse, si sente spossata e con la "testa leggera". Giunti a riva, non c'è ossigeno disponibile. Trasportata al vicino ospedale, viene somministrato ossigeno. Nessuna anomalia alla radiografia del torace, esame clinico e neurologico normali, nessun segno di sovradistensione polmonare.

La diagnosi: non si può parlare con certezza di EGA, anche se alcuni sintomi la indicano. La narcosi al fondo e durante le prime fasi della risalita hanno sicuramente giocato un ruolo importante nella genesi dell'incidente. La rigidità era verosimilmente dovuta al freddo e, infatti, scomparve dopo riscaldamento, mentre il dolore bruciante al torace passò con la respirazione di ossigeno al 100%. Dopo tre ore di cure nel Pronto Soccorso, la donna stava abbastanza bene per poter guidare fino a casa e non ebbe altri sintomi o complicazioni successive.

La discussione: questo caso è controverso: due sub addestrati ed esperti decidono di tentare il loro record personale di profondità, in condizioni non ideali. Data la profondità dell'immersione, non sarebbe stato prudente avere dei rescue divers di assistenza in superficie o anche in immersione? Dov'era la cima di risalita? Non sarebbe stato più saggio fare tutto ciò con una supervisione esperta? Il risultato finale: nonostante il finale felice, il pericolo corso, le sviste e le imprudenze sono evidenti. Ecco perché pubblichiamo questi casi, perché tutti possano imparare dagli errori degli altri. Un'immersione come questa avrebbe potuto facilmente concludersi con un incidente mortale. L'incidente più subdolo è la narcosi: anche se alcuni sostengono di esservi adattati, gli effetti della narcosi sono imprevedibili, in particolare il sub può credere di funzionare normalmente – anche meglio di prima – mentre la sua vera performance è, in realtà, compromessa. I seguenti fattori possono influenzare la suscettibilità alla narcosi: mancanza di sonno, stanchezza, abuso di alcool, alcuni farmaci. La narcosi da azoto non è qualcosa che il sub può controllare. Il rischio maggiore è per quei sub che si espongono, per la prima volta, a profondità elevate.

Da Alert Diver IV 2001

Esame del Nitrox. DAN Sponsorizza un Esame Critico degli Attuali Problemi che Riguardano Questa Miscela Respiratoria Azoto-Ossigeno. Di Michael A. Lang

L'utilizzo di aria arricchita di ossigeno, più comunemente nota come "nitrox", si è fatto strada nella subacquea ricreativa negli ultimi 15 anni, da quando fu introdotto per la prima volta ai subacquei sportivi nel 1985. Accanto a IANT, ANDI e TDI, attualmente anche PADI, NAUI, SSI e YMCA sostengono pienamente i programmi di insegnamento del nitrox in aggiunta a quelli tradizionali ARA. La popolarità delle immersioni nitrox è aumentata significativamente, come dimostrato dai numerosi modelli di computer ed erogatori dedicati al nitrox, dalla diffusa disponibilità di tale miscela e dal suo utilizzo quasi esclusivo in diverse barche da crociera subacquea.

DAN ha recentemente sponsorizzato e diretto un workshop per esaminare la situazione del nitrox nel 2000. Tra i partecipanti rappresentanti delle agenzie di training nitrox, fisiologi della decompressione, gruppi di immersione scientifica, produttori di attrezzatura e tecnici.

Perché questo progetto di sicurezza subacquea ha riscosso l'interesse dell'industria ed il supporto prioritario del DAN? Come per qualsiasi tecnologia emergente che riscuote ampi consensi di mercato, invariabilmente cominciano a circolare informazioni contraddittorie, poi il giudizio su queste tecnologie viene influenzato da ignoranza ed idee sbagliate.

DAN, allo scopo di diffondere informazioni obiettive sulla sicurezza subacquea, ha promosso questo forum per esaminare criticamente gli attuali problemi relativi all'utilizzo del nitrox e per discutere dati fisiologici ed operativi disponibili, gestione del rischio, parametri relativi ad equipaggiamento e training.

Un primo dato essenziale era l'entità, seppur approssimata, del consumo di nitrox a scopo ricreativo, che potevamo ricavare combinando due dati conosciuti: il numero di subacquei che usano nitrox ed la percentuale di immersioni nitrox sul totale. Sono state tratte alcune conclusioni da questi numeri, come l'incidenza di PDD del nitrox rispetto all'aria. Era necessario inoltre esaminare criticamente problemi di fisiologia come la ritenzione di anidride carbonica e la tossicità dell'ossigeno. Considerazioni sull'insegnamento del nitrox e questioni riguardanti l'attrezzatura erano necessarie per trattare in modo esauriente la gestione del rischio e le questioni legali riguardanti l'uso di nitrox.

E' stato gratificante far parte di questo gruppo interdisciplinare di individui che collaboravano per il traguardo comune di fornire raccomandazioni unanimi ed aggiornate sulle miscele di aria arricchita. Nel corso del workshop non è stata fornita alcuna prova che dimostri un aumentato rischio di PDD con l'uso di nitrox in confronto all'aria compressa. Agenzie didattiche Nitrox hanno accettato un livello massimo di PO₂ di 1.6 atm, in base a dati storici e studi scientifici. Si è concordato che non è necessario rilevare l'esposizione di tutto il corpo all'ossigeno (OTU/UPTD); invece si dovrebbe insegnare il " CNS Oxygen Clock", concetto basato sui limiti di esposizione del sistema nervoso centrale all'ossigeno secondo la NOAA. E' stato stabilito che per immersioni sportive con nitrox non è necessario effettuare abitualmente uno screening per la ritenzione di anidride carbonica. E' bene sottolineare tuttavia che la tossicità neurologica da ossigeno può verificarsi all'improvviso e inaspettatamente.

Per quanto riguarda l'attrezzatura è stata riconosciuta l'efficienza dei computer nitrox; è stato ribadito che chi analizza l'ossigeno dovrebbe utilizzare un dispositivo di campionamento d'aria a flusso controllato; che un'analisi dell'ossigeno sulla miscela respiratoria deve essere fornita da chi prepara la miscela e/o da chi la dispensa e deve essere verificata dall'utilizzatore finale. Infine non è stata presentata alcuna prova basata su dati storici che mostrasse un livello non ragionevole di rischio d'incendio quando si usa una miscela nitrox fino al 40% con equipaggiamento subacqueo standard. Il livello di rischio è correlato alla specifica configurazione dell'apparecchiatura e l'utente dovrebbe affidarsi alle raccomandazioni del produttore.

Il subacqueo sportivo sarà il beneficiario finale della migliore conoscenza che abbiamo collettivamente acquisito sulle attuali tecnologie dell'immersione nitrox nel 2000. Altri utilizzatori di queste informazioni saranno i produttori ed i rivenditori di materiale nitrox.

Nella comunità medica abbiamo un metodo per aggiornare continuamente conoscenze e capacità chiamato continuing medical education (CME). I sub dovrebbero promuovere una continuing diver education, o istruzione subacquea continuativa. Queste raccomandazioni di un gruppo di esperti sono i punti salienti e se vi bastano non leggete oltre. Ma è interessante anche conoscere i "perché". La mia esperienza nella comunità subacquea mi ha portato ad essere un fermo sostenitore della necessità per un sub di non fermarsi agli insegnamenti iniziali, ma mantenersi continuamente aggiornato su attrezzatura, tecniche e progressi medici. Vi consiglio perciò di leggere DAN Nitrox Workshop Proceeding, che vi consentirà di farvi un'opinione sulle miscele arricchite di ossigeno e valutarne vantaggi e svantaggi. Per averne una copia chiamate il DAN.