

LE IMMERSIONI SPORTIVE CON LE MISCELE: PROBLEMI TECNICI E FISIOLGICI

ARCHIVIO RUOCCO

L.Magno, D.Zannini

*Cattedra di Medicina Subacquea ed Iperbarica dell' Università di Genova -
Azienda Ospedaliera Osp.S.Martino Pad.3 - Genova*

Premessa

Dopo aver consolidato universalmente le metodiche di insegnamento dell'immersione con autorespiratore ad aria, molte scuole hanno rivolto la loro attenzione all'immersione in apnea e del tutto recentemente all'immersione con uso di miscele respiratorie artificiali in campo amatoriale. La medicina subacquea sportiva si arricchisce quindi di un nuovo capitolo in sostituzione della vecchia "immersione con ARO".

L'intento della medicina subacquea e delle società scientifiche come la SIMSI è quello di dare il massimo apporto alla sicurezza dell'immersione, non solo sollecitando la ricerca ma anche attraverso la documentazione e l'informazione nei confronti degli utenti sportivi. Infatti se l'attività subacquea professionale deve obbligatoriamente attenersi a tutte le regole più rigorose per ridurre i rischi di danno alle persone, non così è per l'attività sportiva, nella quale i singoli praticanti non sono obbligati da vincoli comportamentali, ma sono responsabili della sicurezza propria e dei compagni d'immersione. Poiché i rischi connessi all'immersione sono per lo più ben noti, almeno a livello pratico, l'attività amatoriale può essere condotta nell'ambito di un "rischio calcolato" che può avere margini più o meno stretti a seconda delle motivazioni dei singoli praticanti, a seconda che lo sport venga inteso come:

- 1 - svago, divertimento, salute
- 2 - curiosità, avventura
- 3 - competizione con gli altri, record, primato o guinness

4 - sfida con se stessi, con gli altri, con la natura, con il pericolo a queste motivazioni possiamo aggiungere l'interesse ed il lucro, quando nello sport c'è chi passa ad intravedere possibilità di guadagno o di sbocco professionale. A questo proposito prima di entrare nell'argomento specifico, vorremmo richiamare l'attenzione sulla responsabilità delle scuole e degli istruttori o degli accompagnatori nei confronti di quelle misure di

sicurezza che, adottate in campo professionale, non vengono poi seguite in ambito sportivo e che a nostro avviso a lungo andare arrecano danno allo sport subacqueo in generale.

Cenni storici

Le miscele respiratorie artificiali oltre a cercare di risolvere gli effetti della iperdensità e della tossicità dell'azoto si basano essenzialmente sull'uso di diverse percentuali di ossigeno al fine di ottenere vantaggi nel senso della sicurezza o della tecnologia dell'immersione. L'evoluzione della miscela ha seguito da oltre un secolo la storia dell'ossigeno, delle conoscenze sulla sua tossicità e della sua combinazione con nuovi gas, storia che ci sembra interessante riassumere nel seguente elenco:

1775 - Priesteley. Scoperta dell'Ossigeno.

1868 - Scoperta dell'elio (He) nel sole.

1878 - Fleuss. Scafandro rigido articolato con bombole di O₂ a 200 atm. e assorbimento della CO₂.

1895 - Trovato l'elio nell'atmosfera

1900 - Trovato l'elio nel terreno (Texas).

1919 - Thomson. Uso dell'He nell'immersione.

1920 - Neufeldt e Kumpel. Bombola di O₂ e cestello di assorbente per la CO₂ negli scafandri elastici da palombaro.

1920 - Haldane, Handerson e Scholander. Analisi dei gas (CO₂ e O₂) con strumenti chimici

1923 - Brevetto per miscele He-O₂ per uso subacqueo.

1925 - Miscele He-O₂ operative per l'immersione.

1925 - Apparecchi autorespiratori ad ossigeno a circuito chiuso.

1937 - Max E. Nohl raggiunge -128 m. nel lago Michigan

1937 - End. Esperimento sull'uomo con miscele ternarie 1939 - Salvataggio del sommergibile "Squalus" con miscele He-O₂.

1940 - Impiego dell 'A.R 0. da parte delle Mari-

ne Militari Italiana e Inglese.

1940 - Lambersten Autorespiratore a miscela He-N₂-O₂.

1948 - W. Bollard della Royal Navy -164 m. dalla nave Reclaim con miscela Heliox

1956 - G. Wookey -182 m. e -200 m. con Heliox 92%-8%

1960 - Analisi O₂ con metodo polarografico e paramagnetico. 1960 - Autorespiratori a circuito semichiuso con miscela N₂-O₂.

1960 - Primi decompressimetri automatici

1962 - H.Keller e P.Small -300 m. con Heliox

1965 - Uso delle miscele binarie e ternarie per il lavoro subacqueo in alti fondali.

1970 - Apparecchi a circuito semichiuso a flusso di massa costante (Draeger FGC III).

1970 - Apparecchi a miscela variabile a circuito chiuso con analizzatore di O₂ e rifornimento automatico di O₂.

Le miscele artificiali

Nitrox o Aria arricchita

Da più di 30 anni le miscele Azoto-Ossigeno, denominate NITROX o ENRICHED AIR vengono impiegate per scopi militari, scientifici o industriali. Per il loro utilizzo sono stati impiegati apparecchi a circuito aperto, a circuito semichiuso, a circuito chiuso, a rifornimento tramite ombelicale, a mezzo campana ed impianto di saturazione e a mezzo habitat subacqueo.

In questi ultimi anni un gruppo di istruttori negli Stati Uniti ha avviato un programma di istruzione e d'immersione sportiva con miscele Nitrox. L'effetto indotto è stato quello di suscitare una forte curiosità nell'ambiente sempre desideroso di nuove esperienze. I centri "Dive Nitrox" si sono moltiplicati in tutto il territorio e da qualche anno sono approdati in Europa ed in Italia.

I dibattiti e le polemiche iniziati oltre oceano sono anch'essi approdati nel nostro ambiente subacqueo nazionale.

Purtroppo non esistono prese di posizione ufficiali né a livello legislativo nazionale né a livello delle singole federazioni le quali sembrano stare a guardare l'evoluzione del problema.

Il motivo per il quale vengono propagandate le miscele Nitrox consisterebbe nel fatto che quando viene respirata una miscela con un contenuto di Ossigeno superiore al 21%, allora è possibile estendere il "bottom time" o ridurre i

tempi di decompressione. L'unica limitazione è quella di restare entro i limiti di tolleranza dell'ossigeno fissati in 1.6-1.8 bar (1.7 ~t 0.1 bar). Nei sistemi a circuito chiuso o semichiuso questo è possibile quando la PPO₂ può essere misurata e controllata durante l'immersione. Ma vediamo quali sono i pro ed i contro dell'immersione con nitrox nei confronti della classica immersione con aria.

Pro fisiologici:

- 1) Prolungamento dei limiti di non decompressione
- 2) Proporzionale riduzione della eventuale decompressione
- 3) Minore rischio di narcosi d'azoto

Pro tecnici

Nessuno

Contro fisiologici:

- 1) Facilita l'insorgenza di fenomeni di tossicità da ossigeno
- 2) Aumenta la dispersione calorica per il prolungamento dell'immersione
- 3) Non permette l'uso dei computer
- 4) Non consente di effettuare immersioni Multi-Level se non con computer dedicati
- 5) Mancanza di una consolidata sperimentazione scientifica sulle procedure di decompressione
- 6) Maggiori controlli e controindicazioni di carattere medico
- 7) Può facilitare la ritenzione dell'anidride carbonica

Contro tecnici:

- 1) Aumentato rischio di incendio ed esplosione durante il passaggio attraverso condotti o valvole
- 2) Aumentata ossidazione all'interno delle bombole
- 3) Difficoltà ad organizzare centri di ricarica con apparecchiature sofisticate e personale specializzato
- 4) Maggiore addestramento necessario ai tecnici, agli istruttori ed ai sub
- 5) Maggiore manutenzione delle apparecchiature di controllo, di ricarica e d'immersione
- 6) Necessità di utilizzo di attrezzature idonee (senza olii o grassi, guarnizioni resistenti alle alte percentuali di ossigeno, metalli trattati e puliti etc.)
- 7) Possibilità di scambio di bombole normali ad aria se non interviene una corretta marcatura e colorazione speciale della bombola con miscela.

Esistono oggi in uso varie miscele Nitrox:
 STANDARD 50/50 Azoto 50% - Ossigeno 50%
 STANDARD 60/40 Azoto 60% - Ossigeno 40%
 STANDARD 70/30 Azoto 70% - Ossigeno 30%
 NOAA I 68/32 Azoto 68% - Ossigeno 32%
 NOAA II 64/36 Azoto 64% - Ossigeno 36%

Il calcolo della decompressione non viene effettuato attraverso delle apposite tabelle elaborate ma utilizzando la cosiddetta PEA (pressione equivalente aria) cioè la corrispondente pressione parziale dell'azoto se si eseguisse una immersione ad aria. Il calcolo della PEA viene fatto mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$PEA = \%N_2 \text{ Nitrox} / 79 \times P$$

dove P è il valore della profondità effettiva dell'immersione. Ne possono derivare quindi delle tabelle di conversione che consentono di leggere direttamente il valore della profondità da ricercare nella tabella di decompressione per conoscere le corrispondenti curve di sicurezza o tempi di decompressione (V.Tab 1).

Oggi vengono usate soprattutto le Nitrox del-

PROFONDITA' REALE	STANDARD 50/50	STANDARD 40/60	STANDARD 30/70	NOAA 32/68	NOAA 36/64
9	3	6	9	6	6
12	6	9	12	9	9
15	6	9	15	12	12
18	12	12	15	15	15
21		15	18	18	18
24		18	21	21	21
27		21	24	24	21
30		21	27	27	24
33			30	27	27
36			33	30	
39			36	33	
42			39		

Tab.1 - Nella tabella sono state inserite le miscele Nitrox più utilizzate, è stata calcolata la PEA corrispondente che è stata arrotondata in funzione della possibile lettura su una comune tabella di decompressione. Sono state evidenziate le profondità che ogni miscela permette di raggiungere utilizzando successivamente un risparmio di almeno due tappe, a nostro avviso il minimo indispensabile per giustificare l'uso.

la NOAA che sono state studiate per dare il miglior risultato nella conversione della PEA, comunque come si può notare i vantaggi in alcuni casi non giustificano la complessità dell'organizzazione.

In un futuro non lontano si prospetta invece uno sviluppo enorme della Nitrox ma esso è le-

gato alla messa in commercio a basso costo degli apparecchi a circuito chiuso con miscela variabile che potranno dare una seria svolta all'immersione sportiva. Questi apparecchi non vanno confusi con quelli a circuito semi-chiuso detti "re-breather" che forniscono miscela a flusso costante ma producono bolle ed inoltre non hanno una autonomia di gran lunga superiore agli SCUBA.

Altre miscele.

Prendiamo in considerazione ora le altre miscele differenti dal Nitrox che possono contenere vari tipi di gas inerte. Esse possono essere normo o ipossigenate (V.Tab 2).

TIPI DI MISCELE

- **Iperossigenate**
 - Nitrox (o Aria arricchita) N₂ range 50 - 70 %
O₂ range 50 - 30 %
- **Norm ossigenate o Ipossigenate**
 - Binarie Heliox O₂ < 21 %
He > 79 %
 - Hydrox O₂ < 0.2 %
Neon -0 2
 - Ternarie (o Trimix) N₂ 1- 60 %
He 30 - 95 %
O₂ < 15 %

Hydreliox

Tab.2

L'utilizzo in campo professionale di tali miscele come detto risale a molti anni addietro, l'intento dei ricercatori in tutti questi anni è stato quello di superare gli ostacoli legati alla narcosi ed all'iperossia, purtroppo le ricerche sul superamento o sulla riduzione della decompressione hanno dato sempre esiti negativi. Vorremmo citare a questo proposito a livello aneddotico il caso di uno sperimentatore che aveva individuato a detta sua il modo di evitare la decompressione utilizzando alternativamente per un eguale tempo due o tre miscele contenenti gas inerti diversi quali l'azoto, l'elio e l'argon. Le prove fatte fallirono in quanto egli non aveva preso in considerazione fattori quali la contro diffusione, la differente solubilità e le obbligatorie pressioni tissutali che comunque devono essere mantenute nei compartimenti.

Sul finire degli anni 70 e negli anni 80 l'immersione con Heliox si è sviluppata e è evoluta nella più tecnologica immersione con Trimix.

L'aggiunta di piccole quantità di azoto e una più controllata velocità di compressione hanno contribuito a limitare l'insorgenza della HPNS.

In questi ultimi anni i ricercatori della Comex durante il programma HYDRA hanno sviluppato l'immersione con uso di idrogeno che ha portato l'uomo a -701 metri. Parallelamente l'immersione professionale per la pesca del corallo con apparecchi autonomi utilizzando Heliox o Trimix ha contribuito a mettere a punto nuove metodiche di sicurezza compresa la tanto discussa decompressione di superficie. Oggi questi operatori compiono migliaia di immersioni all'anno senza accusare disturbi, anche se gli incidenti tecnici risultano spesso fatali.

È da quest'ultima metodica che si può paragonare l'immersione sportiva tecnica "Technical Diving" che è praticata sempre più negli Stati Uniti e che sta entrando nel nostro paese ad essere propagandata sempre più.

L'esperienza effettuata negli ultimi 10 anni con i pescatori di corallo ci permette una valutazione probabilmente più ampia del problema.

Le attrezzature usate da questi operatori sono molto sofisticate (tribombola, narghilè, acqua calda, comunicazioni, ossigeno, miscelatori, analizzatori, apparecchi a circuito semichiuso personalizzati, camere iperbariche ultraleggere, imbarcazioni con due motori etc.) il personale di assi-

stenza ha inoltre una esperienza marinara notevolissima, inoltre la loro preparazione specifica avviene negli anni e con un numero di immersioni tale che uno sportivo con il limitato numero di giornate a disposizione all'anno non riuscirebbe a raggiungere mai.

Tutto ciò ci fa dedurre che è impensabile che una immersione amatoriale possa essere portata a termine in sicurezza da individui che praticano questo sport saltuariamente. La confidenza con le attrezzature ed il loro costo sarebbe quindi a nostro giudizio quasi sempre irraggiungibile.

Conclusioni

Alla luce dello stato dell'arte su questo argomento ci sentiamo di trarre le seguenti conclusioni:

L'uso di miscele iperossigenate tipo aria arricchita al momento può dare vantaggi limitati in alcune fasce di profondità, richiedendo comunque una buona preparazione di base da parte sia dell'utente che del proponente. In futuro lo sviluppo degli apparecchi a circuito chiuso con miscela variabile, potrà riservare un ruolo determinate all'uso del Nitrox. Per quanto riguarda invece l'immersione tecnica con miscele ipossigenate Trimix o Heliox riteniamo che il grado di istruzione necessario e tutto l'occorrente indispensabile non può essere raggiunto nell'ambito dell'immersione amatoriale compromettendo così la sicurezza intrinseca della metodica.

BIBLIOGRAFIA

1. Kobayashi K., Gotho Y, Eda F., Nashimoto I. *Comparison of bubble appearance between air and nitrox chamber dives*. Proceedings of the 11 th Meeting of the US-Japan Cooperative Program in Natural Resources (UJNR). Panel on Diving Physiology and Technology. Hakone, Shizuoka 1991 Sep 26-27.
2. Chimiak JM. U. S. Navy nitrox diving applications. Navy Experimental Diving Unit (NEDIJ), Report N° 03-91, 1991 Jun; 16pp.
3. Rutkowski D. *Nitrox and high-tech sport divers*. Sources 1992 Mar/apr; 39-40.
4. Hamilton RW. *Evaluating enriched air (nitrox) diving technology*. Workshop report 1992 Jan 13-14, Houston TX 25pp.
5. Graver DK. *Recreational nitrox use poses questions*. Sources 1992 Mar/Apr; 41.
6. Bennet P. *Nitrox diving*. Sources 1992 Mar/Apr; 42.
7. Bove F. *If the O₂ doesn't get you the CO₂ will*. Skin Diver 1992 Nov; 8-9.
8. Cross ER. *Why I won't use nitrox for recreational diving*. Skin Diver 1992 Nov; 10-11
9. Gleason B. *Just say no to nitrox?* Skin Diver 1992 Nov; 6-7.
10. Ornhagen H, Hamilton RW. *Oxygen enriched air - "nitrox" - in surface oriented diving*. FOA Swedish Defence Research Establishment, Rpt N°C50068-5 1 Stokolm, Sweden 1989 Oct; 80pp.
11. Rutkowski D. *Instructor/student guide for the use of nitrogen-oxygen mixtures as a divers' breathing gas*. Nitrox Manual (N2/O2) (Oxygen Enriched Air), 1990; 69pp + Appendix A-I
12. NOAA *Nitrox Diving Manual* - Copyright 1989 Hyperbarics International, Inc.
13. Molfino F., Zannini D. *L'uomo e il mondo sommerso*. Ed.Minerva Medica