

# Le ultime scoperte sulla MDD e sulla fisiologia dell'immersione (Parte 1)

Le bolle che causano la cosiddetta malattia da decompressione (MDD) sono note a tutti i subacquei del mondo. Il gas responsabile della loro formazione è di solito l'azoto, un gas inerte. Si sa che la MDD è un rischio correlato alle immersioni che nella forma più lieve può causare irritazioni cutanee o dolori articolari, ma se colpisce in modo grave può portare a paralisi permanente o anche alla morte. Quando un gas inerte che satura i tessuti del nostro corpo mentre siamo esposti a un'elevata pressione ambiente viene decompresso troppo rapidamente, forma delle bolle gassose, circolanti o all'interno dei tessuti, che possono ostruire i vasi sanguigni, soprattutto i piccoli capillari. Se ciò avviene nel cervello, nel midollo spinale o nel cuore, le conseguenze possono essere molto gravi o decisamente drammatiche. Capire meglio questo rischio e prevenirlo è fondamentale per evitarlo e per attenuarne le possibili conseguenze.

Nel 2009, un gruppo di 14 ricercatori iniziò a dedicarsi al progetto PHYPODE (PHYsioPathology Of Decompression), finanziato dall'Unione Europea nell'ambito dell'iniziativa del Marie Curie Initial Training Networks, con l'obiettivo di indagare la MDD al di là dei puri processi fisici.

Ora, dopo 4 anni, il progetto è giunto al termine. Per presentarne le scoperte, il DAN (Divers Alert Network Europe) ha organizzato la conferenza "The Science of Diving", tenutasi presso la ISEK di Bruxelles, in Belgio, il 20 dicembre 2014.

## Le ipotesi degli scienziati

Dato che alcuni dei casi di MDD sembrano immeritati e non possono essere spiegati unicamente dalla sovrasaturazione dei tessuti, si suppone che i modelli decompressivi attualmente utilizzati nei computer da immersione non siano sufficientemente sicuri e che vadano rivisti. Si ipotizza inoltre che la MDD non sia solo un evento fisico, ma anche un complesso processo fisiopatologico influenzato e/o scatenato da diversi fattori che possono variare da persona a persona. Ciò porta a presumere che in ciascun subacqueo ci sia un rischio individuale di MDD. Quindi in futuro l'ambito della ricerca in questo settore sarà lo sviluppo di tecnologie subacquee più avanzate, in grado di operare in tempo reale. L'ideale sarebbe arrivare alla creazione di un "super computer", con un nuovo algoritmo e in grado di monitorare in tempo reale i dati medici del subacqueo (prima, durante e dopo l'immersione), facendone una sorta di Subacqueo Bionico.

## Le scoperte dei ricercatori

Per capire meglio la gran quantità di fattori e di meccanismi fisiologici coinvolti era necessario un approccio multifattoriale. Qualsiasi ricerca che estenda la conoscenza dei meccanismi e dei processi che portano alla MDD è un prezioso passo in avanti per la sicurezza delle immersioni, da sempre scopo primario della missione del DAN. È per questo che nel 1994 il DAN ha creato il DSL (Diving Safety Laboratory), il cui scopo è raccogliere il maggior numero possibile di dati relativi alle immersioni reali, compresi gli incidenti. Sotto la direzione del Prof. A. Marroni, Presidente del DAN Europe e uno dei maggiori scienziati partecipanti al progetto PHYPODE, i dati sono stati analizzati con un approccio epidemiologico per identificare i fattori di rischio e i loro marker.

Nel 2014 nel database del DSL erano presenti 39.944 immersioni fatte da 2.615 subacquei (2.176 uomini e 439 donne, di età compresa mediamente tra i 33 e i 51 anni).

Per rilevare la produzione di bolle circolanti è stata usata la tecnologia Doppler. Gli scienziati hanno così

potuto provare che le bolle vengono rilevate tra i 30 e i 75 minuti dalla riemersione ma dopo 90 minuti cessano. Si è anche osservato che le produzioni di bolle aumentano con l'età ma non c'è differenza di genere.

Sono state presentate anche delle scoperte interessanti relative al **volo dopo le immersioni**. Le ecocardiografie effettuate in aereo su subacquei di rientro da una settimana di immersioni hanno dimostrato che coloro che normalmente producono bolle di grado elevato potrebbero dover aspettare di più (36-48 ore invece delle solite 24) prima di poter affrontare un viaggio in aereo.

Ci sono poi buone notizie per i **subacquei diabetici**. Difatti, lo sviluppo di nuove tecnologie ha recentemente reso possibile il monitoraggio continuo del glucosio nel sangue anche sott'acqua. I test sono stati condotti per mezzo di monitor impermeabili, con sensori collocati sotto la muta.

La ricerca sull'edema polmonare da apnea ha gettato qualche luce su una predisposizione genetica che potrebbe favorire la MDD anche nei subacquei con autorespiratore. Secondo alcuni recenti studi, alcuni genotipi che producono un enzima chiamato e-NOS e che contengono acido glutammico al posto dell'acido aspartico portano a una maggiore produzione di ossido nitrico (NO), e questo potrebbe avere un effetto protettivo contro la MDD.

Sappiamo molto sulle **bolle**, ma il meccanismo esatto attraverso il quale si formano è rimasto piuttosto oscuro fino a pochissimo tempo fa. C. Balestra, professore a tempo pieno e Capo del Laboratorio di fisiologia integrativa presso la Haute-Ecole Paul Henri Spaak di Bruxelles, ha condotto ricerche sulla formazione di bolle di gas nella decompressione iperbarica, ossia la formazione di bolle di azoto nel sistema vascolare di un subacqueo dopo un'immersione, e i correlati processi interattivi di fisica e fisiologia.

Per rendere visibile lo sviluppo delle bolle e la loro densità, e indagare l'esatto meccanismo di formazione, Balestra ha usato una configurazione sperimentale per la registrazione ottica. Ha poi osservato due diversi tipi di superficie tissutale, idrofila e idrofobica, ossia muscoli e adipe, ed ha trovato un numero molto più elevato di bolle sul tessuto adiposo (idrofobico) che sul tessuto muscolare (idrofilo). Si pensa che ciò possa dipendere dai cosiddetti nuclei idrofobici, sui quali si possono formare le bolle. Sembra che l'età influenzi l'aumento del numero di tali nuclei idrofobici nel sistema vascolare, il che spiegherebbe il rischio più elevato di MDD correlato all'età, come anche il rischio più elevato per Alzheimer, celiachia, allergie, diabete e cancro. I nuclei idrofobici nello strato interno dei vasi sanguigni, dove si può generare una fase gassosa, hanno pertanto una considerevole importanza interdisciplinare, e i risultati di questa ricerca saranno utili non solo ai subacquei.

Peter Germonpré, Direttore medico del Centro di ossigenoterapia iperbarica dell'ospedale militare di Bruxelles, ha sottolineato l'importanza del cosiddetto **Precondizionamento**, che consiste in azioni che tutti i subacquei possono fare per ridurre il rischio di MDD. Generalmente si ritiene che ci siano due possibili meccanismi per ridurre le bolle: uno biochimico, che agisce sulla reazione infiammatoria ossidativa indotta dalla presenza di bolle decompressive nell'organismo; e uno meccanico, che diminuisce il numero di "semi" che generano bolle nei vasi sanguigni. Per ridurre le bolle, prima di immergersi è consigliato fare esercizio fisico, esporsi a calore e a vibrazioni, idratarsi, respirare ossigeno e mangiare cibi antiossidanti.

Da tempo si ritiene che l'**embolia gassosa venosa** sia una causa, e un marker, della MDD. Più bolle ci sono nel sangue, più è probabile che si sviluppino sintomi decompressivi. Come abbiamo visto prima, le bolle si formano sui nuclei idrofobici sulla superficie dei vasi sanguigni. Ne consegue che mantenere il proprio sistema vascolare in efficienza e se stessi in buona forma può mitigare il rischio di MDD.

In sintesi, l'**esercizio fisico** aumenta la ventilazione e aiuta a eliminare le bolle. Lo stress da calore induce la produzione di proteine termoprotettive che sembra possano prevenire la formazione di bolle; una buona **idratazione** ha un noto effetto preventivo – ma l'idratazione deve esserci ben prima dell'immersione, così che l'acqua possa raggiungere i tessuti del nostro corpo. Bere tanta acqua immediatamente prima di immergersi non serve a niente, anzi, aumenta il volume dei liquidi nei vasi e provoca un'improvvisa perdita di liquidi durante l'immersione, aumentando il rischio di MDD. Delle **vibrazioni** “whole body” meccaniche prima dell'immersione diminuiscono il rischio di MDD, probabilmente eliminando le microbolle preesistenti. È per questo motivo che alcuni diving preferiscono passaggi barca piuttosto veloci per arrivare ai punti d'immersione. Inoltre, le vibrazioni a tutto il corpo migliorano il drenaggio linfatico, che ha un ruolo importante nell'eliminazione dei micronuclei che generano le bolle. Infine, respirare **ossigeno** al 100% prima di immergersi è un altro sistema efficace per eliminare l'azoto dal sistema.

Abbiamo visto che un leggero esercizio fisico prima dell'immersione ha un effetto protettivo, ma l'**esercizio fisico pesante** combinato con la subacquea è uno dei principali fattori di rischio per la MDD a causa dell'effetto infiammatorio sui vasi sanguigni. Gli effetti dell'esercizio fisico di diverse intensità fatto prima, durante e tra le immersioni sono stati studiati da Z. Dujic della Scuola di medicina dell'Università di Spalato, in Croazia.

Lo sforzo fisico dopo un'immersione può provocare l'arterializzazione – l'aprirsi di varchi che facilitano il passaggio delle bolle dal sangue venoso in quello arterioso – un fenomeno detto anche shunt, che è associato a un aumento del rischio relativo di MDD. L'arterializzazione varia da individuo a individuo: per alcuni può essere sufficiente nuotare in superficie o portare l'attrezzatura dopo un'immersione per superare la soglia dell'arterializzazione.

Si è scoperto che l'arterializzazione durante l'attività fisica si può prevenire respirando O<sub>2</sub> al 100%. L'ossigeno è un vasocostrittore e può chiudere uno shunt. Questo spiegherebbe anche il meccanismo responsabile degli esiti positivi associati con la respirazione di ossigeno nel primo soccorso in caso di MDD.

In due studi comparativi si è osservato che la corsa aerobica e il ciclismo anaerobico hanno un effetto protettivo e riducono le microparticelle (ossia i semi per la formazione di bolle). Ma lo sforzo fisico successivo all'immersione ha mostrato shunt aperti e quindi arterializzazione nel 50%. In conclusione, i subacquei che tendono a formare bolle di grado elevato e shunt sono ad altissimo rischio di MDD.

Altri interessanti risultati delle ricerche, come il ruolo giocato dall'endotelio vascolare nella MDD, la tossicità dell'ossigeno e il concetto di “subacqueo bionico”, saranno presentati nella seconda parte dell'articolo, che verrà pubblicato nel prossimo numero di Alert Diver.

---

## Le pubblicazioni

### “The Science of Diving, Things your instructor never told you”

Pubblicato da Lambert Academic Publishing, può essere acquistato online [qui](#), o può essere ordinato in qualsiasi libreria con il numero ISBN 978-3-659-66233-1. Il prezzo è € 49.90, e tutti i diritti derivanti dalle vendite vengono donati all'EUBS per sostenere la ricerca nella medicina subacquea.

### Le risorse per la formazione: uno dei vantaggi dell'iscrizione al DAN

Gli iscritti al DAN ricevono regolarmente informazioni e inviti relativi a conferenze, seminari ed eventi di

grande interesse per la sicurezza subacquea. Gli sconti sui biglietti d'ingresso a questi eventi, o la partecipazione gratuita, non sono che uno dei molti [vantaggi dell'iscrizione al DAN](#). Per essere sempre aggiornato su eventi come la conferenza PHYPODE, [registrati sul sito del DAN Europe](#). Riceverai regolarmente le newsletter e le preziose informazioni sull'offerta formativa relativa al primo soccorso, sui piani assicurativi per subacquei, sui seminari online (i "webinar"), e molto altro ancora.