



Diving and Hyperbaric Medicine Volume 47 No. 1 March 2017

DECOMPRESSION PROFILES

Abstract
(Spisni E, Marabotti C, De Fazio L, Valerii MC, Cavazza E, Brambilla S, Hoxha K, L'Abbate A, Longob
evaluation of two decompression procedures for technical using inflammatory responses: compartme
Diving and Hyperbaric Medicine. 2017 March;47(1):9-16.)

Introduction: The aim of this study was to compare two decompression procedures commonly adopte
the ZH-L16 algorithm modified by 30/85 gradient factors (compartmental decompression model, C
decompression strategy' (RDS). The comparison was based on an analysis of changes in diver circ
profiles caused by decompression from a single dive.

Methods: Fifty technical divers performed a single trimix dive to 50 metres' sea water (msw) fo
by enriched air (EANx). Twenty-three divers decompressed according to
28 divers decompressed according to the RDS. Peripheral blood for detection of inflammatory
before and 90 min after diving. Venous blood samples were also collected 25 min and 2 h after diving using 2D echo
groups of 22 recreational divers (dive to 30 msw; 25 min) and 22 technical divers (dive to 50 msw; 25 min) were also enrolled as c
the effects of decompression from a single dive of of exposure to one of the inflammatory pro
at the single 30 min observation post dive showed no significant differ
fast dive inflammatory



Con la pubblicazione, lo scorso marzo, dei primi risultati sulla prestigiosa rivista scientifica *Diving and Hyperbaric Medicine*, il **Decompression Profiles**, il progetto per lo studio della decompressione ideato da Argentariodivers e UTDitalia nel 2011 insieme ad alcuni dei più noti medici iperbarici italiani, è entrato nel vivo. Il primo ciclo di esperimenti ha confermato la validità dei metodi biochimici usati per misurare l'efficacia dei sistemi decompressivi, ed ha quindi aperto la porta alle successive fasi della sperimentazione che verranno svolte in un prossimo futuro.

La pubblicazione di questi risultati è piuttosto importante, inoltre, perché il **Decompression Profiles** è uno dei pochissimi progetti scientifici recenti realizzati nel mondo su normali subacquei che si immergono per puro diletto, e non su un campione selezionato di professionisti o di militari al top della forma fisica. Inoltre non è una delle ennesime rielaborazioni statistiche effettuate a posteriori sui database degli incidenti decompressivi, ma un vero e proprio “studio sul campo”, oltretutto quasi interamente autofinanziato, basato su dati rilevati da immersioni effettuate in mare con profili controllati con esattezza.

Perché il Decompression Profiles

La necessità di un nuovo studio sulla decompressione era nato già alcuni anni fa da semplici chiacchierate tra gli amici sub di Argentariodivers e UTDitalia.

Si era infatti notato che alcuni dei presupposti su cui era basata sia la teoria che la pratica della decompressione erano mutati negli ultimi anni. Da un lato, le ultime teorie avevano man mano diminuito l'importanza dell'influenza diretta delle bolle sull'insorgenza dei sintomi della malattia da decompressione, ponendo piuttosto l'accento sulla risposta del sistema immunitario umano allo stress decompressivo.

Dall'altro, ***erano cambiate le abitudini e le tecniche usate dai subacquei sportivi***, che inoltre spesso appartengono a classi d'età piuttosto “mature” e certamente meno allenate e fisicamente preparate di quanto non lo fossero i subacquei commerciali o militari sui quali erano basati gli studi precedenti, o anche solo i subacquei “profondi” di quindici o venti anni fa. Inoltre, a spostare in avanti, oltre i classici 40 metri, la frontiera dei subacquei più agguerriti è intervenuta la disponibilità delle miscele trimix, le nuove attrezzature (mute stagne, erogatori, scooter, rebreather) e soprattutto i nuovi metodi didattici che hanno permesso di affrontare in modo relativamente semplice e soprattutto organizzato e coerente l'aggravio generato dall'aumento degli obblighi decompressivi imposti dalla profondità e dalla conseguente maggior quantità di attrezzatura da trasportare e gestire.



Misurare l'efficacia della decompressione: ma in che modo?

L'evoluzione del progetto Decompression Profiles è stata piuttosto complessa. Durante le prime discussioni si è capito subito che il fulcro del problema era nel trovare un metodo diretto, scientifico e non solo statistico per testare e quindi misurare con precisione l'efficacia dei vari profili e degli algoritmi decompressivi in modo più affidabile di quando non fosse stato possibile fino a quel momento. Non ci si poteva infatti limitare ad osservare l'eventuale apparizione di veri e propri sintomi, dato che la malattia da decompressione è un fenomeno comunque abbastanza infrequente e subdolo. Si cercava, in pratica, una tecnica più affidabile rispetto al sistema di rilevazione Doppler delle microbolle, che era stato usato fino ad allora ma con risultati spesso imprecisi e inaffidabili. La soluzione è stata trovata dai medici Enzo Spisni e Pasquale Longobardi che, coordinati dal collega Stefano Brambilla, dopo alcune fasi di pre-test, hanno messo a punto un preciso protocollo di indagini biochimiche a cui sottoporre un campione di subacquei che avrebbero effettuato immersioni identiche ma con profili di risalita diversi.



Senza entrare troppo nei dettagli tecnici, il protocollo, in accordo con le più recenti scoperte, è basato sulla valutazione dei processi infiammatori che si sviluppano durante l'immersione e che possono essere misurati solo per mezzo di particolari esami del sangue eseguiti sui subacquei al loro ritorno in superficie. Questi esami evidenziano le variazioni di alcune particolari proteine pro-infiammatorie (citochine) che sono indicatrici dell'infiammazione dell'endotelio, il tessuto che riveste l'interno dei vasi sanguigni. Naturalmente, per controllo, non è stata trascurata la rilevazione Doppler delle microbolle né altri parametri, come la misura della idratazione dei subacquei prima e dopo l'immersione.

Le immersioni: un grosso sforzo organizzativo

Fissato il protocollo d'indagine, si è passati alla fase pratica, la più complessa, perché ha richiesto l'organizzazione di varie sessioni di immersione durante le quali non solo era necessaria la presenza dei subacquei volontari, ma anche dei medici e dei tecnici che, dotati delle necessarie apparecchiature, avrebbero dovuto fare i necessari prelievi. In sostanza, dal 2012 al 2015 sono stati effettuati vari test che hanno coinvolto un totale di 74 subacquei in circuito aperto divisi in due gruppi: 23 subacquei tecnici che si sono immersi adottando una decompressione

basata sull'algoritmo Bühlmann ZH-L16 modificato con Gradient Factors 30/85, e 28 che si sono decompressi usando la Ratio Deco UTD. Il "gruppo di controllo" era formato da 25 subacquei che si sono limitati a nuotare in superficie per 60 minuti in modo da simulare l'impegno fisico dei subacquei tecnici e da ulteriori 23 subacquei "ricreativi" che hanno effettuato, respirando normale aria, un'immersione di 25 minuti a 30 metri, in curva di sicurezza secondo le correnti tabelle US Navy.

Per questioni logistiche e di uniformità, tutte le immersioni tecniche si sono svolte a Giannutri nei pressi del notissimo relitto del Nasim che, data la sua posizione particolarmente favorevole e ridossata, ha funzionato perfettamente da riferimento e ha permesso di stendere sagole di discesa e percorso molto precise per assicurare che tutti i partecipanti compissero effettivamente lo stesso profilo con 25 minuti di fondo a 50 metri, mentre le risalite sono state effettuate seguendo il profilo della costa. Tutti i subacquei tecnici hanno usato come miscela di fondo un Trimix 18/45 e, per la decompressione, Nitrox50 a partire da 21 metri e ossigeno puro dai 6 metri. Per tutte le immersioni, la correttezza dei profili è stata verificata analizzando i computer subacquei dei partecipanti.

Ma insomma, com'è andata?

Lo scopo dei test non era quello di dimostrare che un profilo o un sistema decompressivo è migliore di un altro, ma di ottenere indicazioni che potessero suggerire ed eventualmente apportare dei miglioramenti. Per questa ragione sono state scelte delle modalità di immersione estremamente diffuse. I due sistemi decompressivi testati, la Ratio Deco UTD e il "compartimentale" Bühlmann ZH-L16 modificato con Gradient Factors 30/85 (generato con il software DecoPlanner), sono stati scelti per la loro larga diffusione tra i subacquei tecnici, che li usano ormai da parecchi anni senza sostanziali modifiche. Anche il profilo dell'immersione, che prevedeva un tempo di fondo di 25 minuti a 50 metri con trimix 18/45 (18% ossigeno, 45% elio e 37% azoto), è tipico tra i subacquei tecnici che usano il classico e diffusissimo bibombola 12+12 litri e due bombole decompressive. Il profilo seguito dai subacquei che si sono immersi respirando aria per 25 minuti a 30 metri, poi, è quasi uno standard nelle immersioni mediterranee effettuate in "modalità ricreativa" entro la curva di sicurezza usando un monobombola da 15 o 18 litri.

Naturalmente sono state rilevate delle differenze tra i vari sistemi decompressivi e ciò va innanzitutto a favore del nuovo metodo di indagine biochimico utilizzato, che si è mostrato sufficientemente sensibile e perfettamente adatto allo scopo.

Mentre infatti il conteggio Doppler delle microbolle non ha mostrato variazioni statisticamente degne di nota, l'analisi degli indicatori biochimici

ha mostrato una certa variazione del profilo infiammatorio nei subacquei che avevano effettuato immersioni con **profilo ricreativo**, mentre la situazione dei subacquei che hanno seguito il profilo compartimentale Bühlmann ZH-L16 con GF 30/85 è rimasta sostanzialmente stabile.

Una variazione, molto limitata, è stata riscontrata anche nei subacquei che hanno utilizzato la Ratio Deco: occorre tuttavia tener presente che questo metodo decompressivo è nato con lo scopo di adattarsi efficacemente a situazioni abbastanza variabili come spesso possono verificarsi nella pratica (miscele standard diverse nello stesso team, ad esempio, ed efficacia decompressiva anche in situazioni di difficoltà) e quindi la leggera variabilità fa certamente premio sulla maggior precisione teorica dei profili calcolati al computer che, anche se più netti, si adattano bene solamente ad un solo profilo di fondo e ad una sola miscela.

Riguardo poi alle immersioni ricreative, il più basso livello di infiammazione nelle immersioni tecniche con decompressione Bühlmann rispetto a quelle in aria potrebbe derivare proprio alla **presenza dell'elio**, al quale già da tempo viene attribuita **un'azione protettrice sull'endotelio**.

I risultati ottenuti, infine, sembrano contraddire, almeno in queste condizioni, la teoria che aggiungere molte soste profonde (i cosiddetti *deep stop*) possa davvero migliorare l'efficacia della decompressione.

Per quanto riguarda l'idratazione, infine, lo studio ha evidenziato come in genere già prima dell'immersione tutti i partecipanti ne abbiano mostrato un grado relativamente basso, come se avessero difficoltà pratiche a bere e quindi a mantenerne il livello nelle ore precedenti ai test. L'idratazione poi diminuisce durante l'immersione a causa del vapore acqueo perso con la respirazione, e ciò ovviamente è svantaggioso perché aumenta la concentrazione delle bolle e delle proteine pro-infiammatorie.

La vera vincitrice della partita sembra comunque essere la **metodologia dell'indagine** che, sia per la parte logistico-organizzativa gestita da Argentariodivers e UTDitalia che per quella medica curata da Enzo Spisni, Claudio Marabotti, Luigia De Fazio, Maria Chiara Valerii, Elena Cavazza, Stefano Brambilla, Klarida Hoxha, Antonio L'Abbate e Pasquale Longobardi, ha mostrato di essere all'altezza di produrre risultati scientificamente validi e può costituire la strada attraverso la quale proseguire le ricerche.

Il futuro: cosa fare adesso?

Il progetto Decompression Profiles non finisce qui: anzi, ora entra nel vivo. Verificata la funzionalità dei metodi di indagine e basandosi sui primi risultati ottenuti, lo sviluppo prevede una nuova fase. Da una parte ci sono le modifiche ai procedimenti decompressivi, che consistono nel variare i profili di risalita (tempi e tappe di decompressione) in modo da cercare di ottenere modificazioni biochimiche sempre più favorevoli per il subacqueo. Per il metodo Bühlmann ZH-L16 l'operazione è matematicamente facile perché consiste nello scegliere diversi valori dei Gradient Factor (nello studio appena effettuato erano la coppia 30/85), che sono proprio i parametri che permettono di variare a piacimento la forma del profilo di risalita, ad esempio allungando i tempi delle tappe più superficiali a scapito di quelle più profonde, o viceversa. Nel caso della Ratio Deco UTD, invece, per cambiare la forma dei profili è necessario effettuare dei cambiamenti sulle "regole" che governano il sistema, ed infatti è già in fase di pre-test una nuova versione cui è stato imposto il nome di Ratio Deco 2.0. Sarà utilissimo, comunque, effettuare una nuova serie di immersioni e di test biologici per verificare sul campo la validità o meno di nuove impostazioni su profili diversi e magari di maggior impegno. **Decompression Profiles** è un progetto a lungo termine. Ci vorrà del tempo: ma la scienza non corre mai in Formula 1.

Ringraziamenti

Un doveroso ringraziamento va a tutti i collaboratori: lo staff del diving Argentariodivers di Porto Ercole, di UTDitalia e soprattutto Andrea Cappa e Simone Nicolini per il grosso sforzo tecnico-logistico; le dottoresse Mara Bonati e Anna Rita Facchetti per l'organizzazione scientifica; i gruppi subacquei di UTD Italia e il Marine Science Group e il gruppo Assetto Variabile, entrambi di Bologna, per l'entusiastica partecipazione al progetto. Il finanziamento del progetto è stato assicurato dall'Università di Bologna e da Argentariodivers.

Lo studio scientifico, intitolato *A comparative evaluation of two decompression procedures for technical diving using inflammatory responses: compartmental versus ratio deco*, è stato firmato da Enzo Spisni, Claudio Marabotti, Luigia De Fazio, Maria Chiara Valerii, Elena Cavazza, Stefano Brambilla, Klarida Hoxha, Antonio L'Abbate e Pasquale Longobardi ed è apparso sul numero 1, marzo 2017, vol. 47 della rivista scientifica *Diving and Hyperbaric Medicine*, (www.dhmjournal.com), alla quale ci si può rivolgere per ottenere delle copie.

A comparative evaluation of two decompression procedures for technical diving using inflammatory responses: compartmental versus ratio deco

Enzo Spisni, Claudio Marabotti, Luigia De Fazio, Maria Chiara Valerii, Elena Cavazza, Stefano Brambilla, Klarida Hoxha, Antonio L'Abbate and Pasquale Longobardi

Abstract
(Spisni E, Marabotti C, De Fazio L, Valerii MC, Cavazza E, Brambilla S, Hoxha K, L'Abbate A, Longobardi P. A comparative evaluation of two decompression procedures for technical using inflammatory responses: compartmental versus ratio deco. *Diving and Hyperbaric Medicine*. 2017 March;47(1):9-16.)

Cos'è la pubblicazione su una rivista scientifica.

Per un ricercatore, essere pubblicato su una rivista scientifica rappresenta un punto di arrivo importante. La pubblicazione, infatti, non viene decisa da un direttore-giornalista, pur autorevole, come accade nei giornali convenzionali, ma da un vero e proprio collegio di esperti che, in una serie di revisioni successive, giudicano lo studio proposto e ne decidono la validità scientifica. Si parla di revisione *peer to peer* (da pari a pari, a volte persino in forma anonima) e rappresenta lo scoglio fondamentale perché lo studio sia pubblicato ed accolto favorevolmente dalla comunità scientifica. L'autorevole rivista scientifica *Diving and Hyperbaric Medicine* è l'organo editoriale di due associazioni che si occupano di medicina subacquea: l'European Underwater Baromedical Society (EUBS), che ha sede nel Regno Unito, e la South Pacific Underwater Medicine Society (SPUMS) con sede a Sidney, Australia. Gli articoli pubblicati dalla rivista sono indicizzati nei più noti database elettronici che si occupano di medicina, come Medline, Scisearch ed Embase/Scopus e sono quindi facilmente reperibili da tutti gli addetti del settore.