

Mohla by optimalizace potápěčovy hydratace a tělesné teploty zvýšit jeho odolnost vůči dekompresní nemoci?

Během posledních dvou desetiletí vědci zabývající se hyperbarií a následně i samotní potápěči pochopili, že **správná hydratace** je důležitá pro snížení rizika dekompresní nemoci (DCS). Ačkoli to začalo jako neoficiální víra - běžně se totiž zjišťovalo, že postižení ("bent") potápěči byli dehydratováni - nedávné studie prokázaly, že dehydratace nejen souvisí s větší tvorbou bublin, ale že hydratace před ponorem ve skutečnosti množství bublin v oběhu snižuje.

"Více vody, méně bublinek," vysvětluje zakladatel a prezident DAN doktor Alessandro Marroni s úsměvem. "Hydratace zvyšuje průtok krve a tím i transport kyslíku (O₂) a inertních plynů při nabírání plynu a odplynování. Rozdílné tlaky plyny pohání." Hydratace, tlak a samozřejmě kyslík jsou již dlouho hlavními pilíři léčby DCS.

Co se však přesně neví, je, jaké množství tekutin, kdy a jak často by měli potápěči hydratovat, aby pozitivní účinky hydratace maximalizovali. Důležité je uvědomit si, že nadměrná hydratace může být také problémem a může zvýšit riziko inverzního plicního edému (IPE). Proto se musí pravidlo "budte hydratováni" dodržovat promyšleně a s rozmyslem.

Vědci oceňují roli hydratace, ale také přišli na to, že tělesná teplota potápěče v průběhu ponoru může rovněž významně ovlivnit nebezpečí dekomprese. Zajímavé je, že tato skutečnost se zjistila až po pátrání a nalezení letounu [TWA Flight 800](#) (tj. letounu společnosti TWA, číslo letu 800), který explodoval a zřítíl se do Atlantického oceánu krátce po startu z letiště Johna F. Kennedyho v New Yorku 17. července 1996.



Jeden pozorný záchrance si všiml, že došlo k mírně vyššímu počtu případů DCS, přičemž takový nárůst by se spíše očekával u potápěčů amerického námořnictva, kteří se podíleli na záchraně záznamníků hlasů a letových dat v kokpitu. Potápěči měli na sobě obleky zajišťující aktivní udržování těla v teple.

Ze 752 ponorů do hloubky asi 36 metrů potřebovalo 10 potápěčů rekompresní léčbu hlavně typu 2 (neurologické) DCS. Ve výsledném dokumentu z roku 1997 "[Rekompresní ošetření během záchranných prací po letu TWA 800](#)" od C. T. Lefflera a J. C. Whita se uvádí, že došlo ke zvýšení četnosti výskytu DCS u aktivně vyhřívaných potápěčů, což je v naprostém souladu s dřívějšími pozorováními komerčních potápěčů v Severním moři. Dokument TWA vedl ke zvýšenému zkoumání aktivních potápěčských vyhřívacích systémů.

Co se však přesně neví, je, jaké množství tekutin, kdy a jak často by měli potápěči hydratovat, aby pozitivní účinky hydratace maximalizovali.

V roce 2007 vydala experimentální potápěčská jednotka amerického námořnictva (NEDU) zprávu o studii provedené známým dekompresním fyziologem Wayne A. Gerthem a jeho týmem nazvanou "VLIV TEPELNÉ EXPOZICE NA CITLIVOST POTÁPĚČŮ NA DEKOMPRESNÍ ONEMOCNĚNÍ", NEDU TR 06-07, listopad 2007. Podle této zprávy: "Tělesná teplota potápěče může během různých fází ponoru výrazně ovlivnit vnímavost potápěče na DCS. Chladné podmínky během ponoru u dna (BT = bottom time) a teplé podmínky během dekomprese jsou optimální pro minimalizaci rizika DCS a maximalizaci času stráveného u dna. Potápěči by měli být během ponoru u dna v chladu a během následné dekomprese v teple." Ve skutečnosti Gerth a jeho tým zjistili, že zvýšení teploty o 10 °C během dekomprese odpovídá zkrácení doby u dna o 50%! Někteří výzkumníci však upozorňují na skutečnost, že fyziologické dopady tělesného tepla potápěče jsou komplikované.

Tyto nové poznatky o hydrataci a teplotě vyvolávají následující otázku: "Mohli by potápěči využít těchto faktorů k minimalizaci rizika dekomprese?" Vědci z DAN Europe doufají, že právě toto se zjistí během nového výzkumu, který právě probíhá.

Oběhová soustava jako dopravní pás

Dr. Marroni a jeho kolegové pracují na studii "hydrotermálních gradientů", během které zkoumají kombinované faktory hydratace a teploty, což je součástí jejich výzkumného plánu na rok 2022. Otázka, na kterou chtějí získat odpověď, zní: "Můžeme upravit průtok krve potápěčů tak, aby ovlivňoval a vypínal plynování pečlivou regulací tekutin a teploty, které ovlivňují průtok krve a vazokonstrikci?" Tým bude měřit bublání v reakci na měnící se tyto dva parametry a jejich interakci. Při tom budou používat nový [potápěčský biometrický systém DAN Europe, nyní známý jako DANA-Health](#), vyvinutý a určený ke sledování potápěčů během jejich ponorů a také k provádění podvodního dopplerovského monitorování a odběru krve.



Zatímco tekutina a teplota se mohou zdát být různými dekompresními faktory, oba přímo souvisí s perfúzí. Dr. Marroni k tomu dodává:

“Představte si oběhový systém jako dopravní pás, který přepravuje plyny dovnitř a ven z tkání. Když je tekutiny více, dochází k většímu okysličení a intenzivnějšímu transportu plynů. Když je průtok menší, je méně kyslíku a slabší transport inertního plynu dovnitř nebo ven.”

To znamená, že pokud je například potápeč při zahájení ponoru dehydrovaný, zpomalí to transport a vstřebávání inertního plynu. Ve skutečnosti to výzkumníci demonstrovali v článku z roku 2008 pod názvem [“Pre-dive Sauna and Venous Gas Bubbles Upon Decompression from 400 kPa,”](#) (Sauna před ponorem a bublinky žilního plynu při dekompresi od 400 kPa) od J. E. Blatteau et al. včetně výzkumníků DAN Costantina Balestra a Petera Germonpré. Ve studii byli potápěči vystaveni suché sauně hodinu před komorovým ponorem do ekvivalentu 30 metrů mořské vody (msw) po dobu 25 minut a poté dekompresi. S jakým výsledkem? Samotná sauna snížila po ponoru cirkulující bubliny. Výzkumníci předpokládali, že dehydratace vyvolaná teplem vedla ke snížení zatížení potápěčů inertním plynem, a tím i produkci bublin.

Stejně tak zahřátí potápěče, například aktivním vyhřívacím systémem, způsobí vazodilataci a tím zvýší průtok krve a výměnu plynů. To může být během ponoru s plynováním nežádoucí, jak ukázaly výše uvedené příklady. Naopak snížení teploty může potápěče způsobuje vazokonstrikci, která snižuje průtok. Marroniho analogie s dopravním pásem také vysvětluje, proč se prokázalo, že mírné cvičení během dekompresce snižuje riziko DCS: působí totiž tak, že zvyšuje průtok krve, a proto podporuje transport inertního plynu a uvolňování plynů.

Společně tyto výsledky naznačují **potenciální strategii**, kterou mohou potápěči jednoho dne použít k

minimalizaci rizika DCS nebo, řečeno jinak, ke zlepšení dekomprese. Potápěč může například zahájit ponor s určitou úrovní dehydratace a s vypnutým aktivním vyhřívacím systémem. To by minimalizovalo zatížení inertním plynem během podstatné pracovní části ponoru. Po výstupu by potápěč zapnul a/nebo nastavil svůj aktivní vyhřívací systém na vyšší stupeň a začal se hydratovat buď na místě (má někdo IV porty?), nebo v dekompresním prostředí a možná by ještě během dekomprese provedl nějaké lehké tělesné cvičení.¹

Jádro pudla spočívá samozřejmě v detailech. Jsou přesně tím, co Marroni a jeho kolegové doufají, že objeví. Prozatím však, přátelé, ještě raději zůstaňte žízniví.

¹ Důležité bude pečlivé provedení celého postupu. Jakékoli zvýšení aktivního zahřívání by mělo být postupné, aby se snížila pravděpodobnost tvorby bublin v blízkosti pokožky, protože rozpustnost plynů klesá s rostoucí teplotou. Rychlé zahřátí pokožky může vést k ohybům kůže. Podobně by mělo být každé cvičení pouze mírné, s nenáročným zatěžováním kloubů, aby se zabránilo podpoře tvorby bublin, což by znamenalo negativní dopad provedení cvičení.

Odkazy:

- Shields TG, Duff PM, Wilcock SE, Giles R. *Decompression Sickness From Commercial Offshore Air-Diving Operations On The UK Continental Shelf During 1982 To 1988. Society for Underwater Technology. 1990 Volume 23 Subtech 89 259-277*
- Leffler CT, White JC. Recompression treatments during the recovery of TWA Flight 800. *Undersea Hyperb Med. Winter 1997; 24(4):301-8.*
- Fahlman A, Dromsky DM. Dehydration Effects on the Risk of Severe Decompression Sickness in a Swine Model. *Aviat Space Environ Med 2006; 77:102- 6.*
- Gerth W A, Ruterbusch V, Long ET, THE INFLUENCE OF THERMAL EXPOSURE ON DIVER SUSCEPTIBILITY TO DECOMPRESSION SICKNESS. 2007 TA 03-09 NEDU TR 06-07
- Blatteau J E., Gempp E., Balestra C., Mets T. and Germonpré PO. Pre-dive Sauna and Venous Gas Bubbles Upon Decompression from 400 kPa. *Aviation, Space and Environmental Med. 2008; 79(12) 1100-1105*
- Cherry AD, Freiburger JJ, Natoli M J, Moon R. Effects of head and body cooling on hemodynamics during immersed prone exercise at 1 ATA. *J Appl Physiol (November 20, 2008).* doi:10.1152/jappphysiol.91237.2008
- Gempp E., Blatteau J E. Pontier J-M, Balestra C. Lounge P. Preventive effect of pre-dive hydration on bubble formation in divers. *Br J Sports Med. 2009;43:224-228.* doi:10.1136/bjism.2007.043240
- Djurhuus R, Nossum V. et al Simulated diving after heat stress potentiates the induction of heat shock protein 70 and elevates glutathione in human endothelial cells. *Cell Stress and Chaperones (2010) 15:405-414 DOI 10.1007/s12192-009-0156-3*
- Germonpré P. Balestra C. Preconditioning to Reduce Decompression Stress in Scuba Divers. *Aerospace Medicine and Human Performance 2017; 88(1) 1-7*
- Thieme G. Body temperature response of diver wearing a dry or wetsuit during cold water

immersion. *Int J. Sports Med. Manuscript ID IJSM-11-2017-6638-pb*

- Han K-H, Hyun G-S, Jee Y-S, Park J-M. Effect of Water Amount Intake before Scuba Diving on the Risk of Decompression Sickness. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 7601. [Effect of Water Amount Intake before Scuba Diving on the Risk of Decompression Sickness](#)

Další zdroje:

- *InDEPTH*: [The Making of the Biometric Diver: DAN Europe's Alessandro Marroni is Realizing a 50-year old Dream](#) by Michael Menduno
- *InDEPTH*: [In Hot Water: Do Active Heating Systems Increase The Risk of DCI?](#) by Reilly Fogarty
- *GUE.tv*: [New Decompression Findings: Simon Mitchell Presents COLD WATER EFFECTS ON DCS](#)