

Czy optymalne nawodnienie i utrzymanie odpowiedniej temperatury ciała może poprawić bezpieczeństwo dekompresji?

W ciągu ostatnich dwóch dekad badacze zajmujący się dekompresją, a potem nurkowie zrozumieli, że odpowiednie nawodnienie jest ważne, aby zmniejszyć ryzyko choroby dekompresyjnej. Choć na początku traktowano to jako anegdotę - nurkowie z chorobą dekompresyjną często byli odwodnieni - niedawno przeprowadzone badania wykazały nie tylko to, że odwodnienie sprzyja tworzeniu pęcherzyków, ale również to, że odpowiednie nawodnienie przed nurkowaniem zmniejsza ich ilość w układzie krążenia.

„Więcej wody, mniej bąbelków” - z szerokim uśmiechem wyjaśnia dr Alessandro Marroni, założyciel i prezes DAN Europe. „Nawodnienie zwiększa przepływ krwi oraz transport tlenu (O₂) i gazów obojętnych podczas nasycania i wysycania, które są spowodowane różnicą ciśnień”. Nawodnienie, ciśnienie i oczywiście tlen są podstawą leczenia DCS.

Nie wiemy jednak dokładnie ile płynu, kiedy i z jaką częstotliwością nurkowie powinni przyjmować, aby zmaksymalizować pozytywny efekt. Należy pamiętać, że zbyt duże nawodnienie również może być problemem i może zwiększyć ryzyko obrzęku płuc podczas zanurzenia. Dlatego zalecenia „nawadniaj się” trzeba przestrzegać rozważnie.

Choć badacze zdają sobie sprawę z roli nawodnienia, odkryli również, że komfort cieplny nurka podczas całego nurkowania także może mieć duży wpływ na ryzyko dekompresji. Co ciekawe, odkrycie to opublikowano po odnalezieniu wraku samolotu [TWA Flight 800](#), który wybuchł i spadł do Oceanu Atlantyckiego kilkanaście minut po starcie z lotniska Johna F. Kennedy'ego w Nowym Jorku 17 lipca 1996 roku.



Wnikliwy naukowiec zauważył, że liczba przypadków DCS u nurków z US Navy, którzy zajmowali się wydobywaniem rejestratorów dźwięku i danych dotyczących lotu z kabiny pilota była wyższa od oczekiwanej w tej sytuacji. Nurkowie mieli na sobie skafandry z aktywnym systemem ogrzewania.

Wykonano 752 nurkowania na głębokość około 36 metrów i 10 nurków wymagało leczenia w komorze hiperbarycznej głównie z powodu DCS typu 2 (neurologicznego). W artykule z 1997 roku [„Recompression treatments during the recovery of TWA flight 800”](#) („Leczenie w komorze dekompresyjnej podczas wydobywania samolotu TWA 800”) autorzy C.T. Leffler i J.C. White doszli do wniosku, że liczba przypadków DCS wśród nurków używających aktywnego systemu ogrzewania była większa, co jest zgodne z wcześniejszymi obserwacjami nurków zawodowych pracujących w Morzu Północnym. Dokument dotyczący TWA doprowadził do zwrócenia większej uwagi na aktywne systemy ogrzewania.

Nie wiemy jednak dokładnie ile płynu, kiedy i z jaką częstotliwością nurkowie powinni przyjmować, aby zmaksymalizować pozytywny efekt.

W 2007 roku Dział nurkowań eksperymentalnych w US Navy (US Navy Experimental Diving Unit - NEDU) wydał raport dotyczący badania przeprowadzonego przez uznanego fizjologa dekompresyjnego Wayne A Gerth'a i jego ekipę pod tytułem „THE INFLUENCE OF THERMAL EXPOSURE ON DIVER SUSCEPTIBILITY TO DECOMPRESSION SICKNESS,” („WPŁYW TEMPERATURY NA PODATNOŚĆ NURKÓW NA CHOROBY DEKOMPRESYJNĄ”) - NEDU TR 06-07, listopad 2007. Jak opisano w raporcie: „Komfort cieplny nurka podczas różnych etapów nurkowania może w ogromnym stopniu wpłynąć na jego podatność na DCS. Niższa temperatura podczas fazy czasu dennego i ciepło podczas dekompresji są optymalnymi warunkami, aby zminimalizować ryzyko i zmaksymalizować czas dennego. Nurkowie powinni przebywać w chłodniejszych warunkach podczas fazy czasu dennego i mieć zapewnione ciepło podczas fazy dekompresji”. Tak naprawdę Gerth i jego ekipa odkryli, że podniesienie temperatury o 10°C podczas dekompresji było

odpowiednikiem skrócenia czasu dennego o 50%! Nawet jeśli to prawda, niektórzy badacze zwrócili uwagę na to, że fizjologiczne aspekty związane z komfortem ciepłym nurka są skomplikowane.

Rozwijające się badania dotyczące nawodnienia i temperatury prowadzą do oczywistego pytania - czy nurkowie mogą wykorzystać te czynniki do zminimalizowania ryzyka dekompresji? Dokładnie to mają nadzieję zbadać naukowcy w nowym, właśnie prowadzonym badaniu.

Układ krążenia jak taśmociąg

W ramach planu na rok 2022 dr Marroni i jego koledzy przeprowadzają badanie dotyczące „czynników hydro-termalnych”, aby sprawdzić połączony wpływ nawodnienia i temperatury na nurka. Mają nadzieję odpowiedzieć na pytanie: „Czy dzięki uważnemu regulowaniu nawodnienia i temperatury, które mają wpływ na przepływ krwi i zwężenie naczyń krwionośnych, możemy regulować nasycenie i wysycenie gazów z organizmu nurka”. Naukowcy będą zmieniać te dwa parametry i interakcje między nimi i mierzyć ilość pęcherzyków. Podczas eksperymentu będą wykorzystywać nowy [system biometryczny dla nurków o nazwie DANA-Health](#) opracowany przez DAN Europe, który służy monitorowaniu nurków podczas nurkowań oraz przeprowadzaniu badania dopplerowskiego i pobieraniu próbek krwi pod wodą.



Chociaż nawodnienie i temperatura mogą wydawać się bardzo odmiennymi czynnikami wpływającymi na dekompresję, oba są bezpośrednio związane z perfuzją. Jak wyjaśnia Dr. Marroni: „Myśl o układzie krwionośnym jak o taśmociągu, który przenosi gazy do tkanek i zabiera je z powrotem do płuc. Kiedy w układzie jest więcej płynów, jest w nim również więcej tlenu, a przenoszenie gazów jest bardziej efektywne. Kiedy płynów jest mniej, zmniejsza się ilość tlenu i pogarsza transport gazu obojętnego do i z tkanek”.

Oznacza to na przykład, że jeżeli nurek jest odwodniony na początku nurkowania, transport i absorpcja gazu obojętnego będą wolniejsze. Tak naprawdę zostało to udowodnione w badaniu przeprowadzonym przez J.E. Blatteau z zespołem przy współpracy badaczy DAN Constantino Balestra i Peter Germonpré. Wyniki tego badania zostały opublikowane w 2008 roku w artykule zatytułowanym "[Pre-dive Sauna and Venous Gas Bubbles Upon Decompression from 400 kPa](#)" („Sauna przed nurkowaniem i tworzenie się pęcherzyków gazu w żyłach podczas dekompresji z ciśnienia 400 kPa”). Podczas tego badania nurkowie przebywali w suchej saunie i wyszli z niej godzinę przed nurkowaniem w komorze hiperbarycznej, które odpowiadało nurkowaniu na głębokość 30 metrów przez 25 minut z wykonaną dekompresją. Wynik? Jedna sesja w saunie przed nurkowaniem zmniejszyła ilość pęcherzyków w ich układzie krwionośnym po nurkowaniu. Badacze wysunęli hipotezę, że odwodnienie spowodowane gorącem zmniejszyło ilości gazu obojętnego w organizmie nurków i tworzenie się pęcherzyków.

Analogicznie, zapewnienie nurkowi więcej ciepła, np. dzięki aktywnemu systemowi ogrzewania powoduje rozszerzenie naczyń krwionośnych, co przyspiesza krążenie krwi i wymianę gazową. Z tego powodu może to być niepożądane podczas tego etapu nurkowania, w którym nurek się nasycza, jak pokazują to powyższe przykłady. Z drugiej strony obniżenie temperatury skóry nurka powoduje zwężenie naczyń krwionośnych, co zmniejsza przepływ krwi. Analogia do taśmociągu Dr Marroni’ego wyjaśnia również, dlaczego umiarkowane ćwiczenia podczas dekompresji zmniejszają ryzyko DCS: zwiększają one przepływ krwi, czyli transport gazu obojętnego i jego usuwanie z organizmu.

Wszystkie te wyniki razem sugerują potencjalną strategię, którą nurkowie mogą wdrożyć pewnego dnia w celu zminimalizowania ryzyka DCS lub, inaczej mówiąc, zwiększenia efektywności swojej dekompresji. Na przykład nurek może rozpocząć nurkowanie z określonym poziomem odwodnienia i wyłączonym aktywnym systemem ogrzewania. Dzięki temu zminimalizuje nasycenie gazem obojętnym podczas zanurzania i aktywnej fazy nurkowania. Podczas wynurzania nurek włącza aktywny system ogrzewania lub podnosi jego temperaturę i rozpoczyna nawadnianie – albo od razu (czy ktoś życzy sobie podawanie dożylnie?), albo kiedy rozpocznie dekompresję. Nurek może również wykonać jakieś lekkie ćwiczenia podczas dekompresji.¹

Diabeł oczywiście tkwi w szczegółach i to dokładnie próbuje zbadać dr Marroni i pozostali naukowcy. Dlatego nie pijcie za dużo, moi przyjaciele.

¹Na pewno ważne będzie ostrożne wdrażanie tej procedury. Jakikolwiek wzrost temperatury w aktywnym systemie ogrzewania musi być stopniowy, aby zmniejszyć prawdopodobieństwo uformowania się pęcherzyków przy skórze, ponieważ rozpuszczalność gazu zmniejsza się ze wzrostem temperatury. Bardzo szybkie ogrzanie skóry może doprowadzić do skórnej postaci choroby dekompresyjnej. Podobnie jakiegokolwiek ćwiczenia powinny być lekkie, bez obciążania stawów, aby uniknąć formowania się pęcherzyków (które są negatywnym skutkiem ćwiczeń).

Odniesienia:

- 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](#)

Dodatkowe źródła:

- *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](#)