

Powietrze, nitrox i zmęczenie

Sprężone powietrze jest typową i od lat najczęściej używaną mieszanką oddechową w nurkowaniu rekreacyjnym. Mieszanki gazów oddechowych z większą ilością tlenu (tzw. nitrox, enriched air nitrox) zdobyły popularność wśród nurków, którzy chcą wydłużyć czas denny lub zmniejszyć obligację dekompresyjną nurkowań o typowym czasie trwania (jak na powietrzu).

Dziś, po około 25 latach używania nitroxu w nurkowaniu rekreacyjnym, nurkowie i naukowcy zdobyli wartościowe doświadczenie. Ale część nurków poczyniła obserwacje, które nie znajdują potwierdzenia w ustaleniach naukowców. Chodzi konkretnie o to, że nurkowie często twierdzą, że po nurkowaniu na nitroxie czują się mniej zmęczeni.

Czy są jakieś dowody, które mogą wyjaśnić te obserwacje? Czy możliwe jest naukowe wyjaśnienie, fenomenu, jakim ma być zmniejszenie zmęczenia przez nitrox?

Zmęczenie jest fizjologiczną konsekwencją podwyższonej aktywności fizycznej. Charakteryzuje się subiektywnym uczuciem tymczasowej ograniczonej zdolności do wykonywania zwykłych czynności fizycznych. Często jest łączone z sennością i ospałością, a czasem z ograniczeniem zdolności poznawczych. Zmęczenie często występuje po nurkowaniach, które nie wiążą się z objawami choroby dekompresyjnej (ang. Decompression Sickness, DCS), ale równie często jest zgłaszane jako symptom DCS.

Kontrowersje towarzyszą subiektywnym odczuciom nurków, którzy zgłaszają, że czują się mniej zmęczeni po nurkowaniu na nitroxie. W przeciwieństwie do tych odczuć, badania naukowe nie potwierdziły żadnych różnic w zmęczeniu lub zdolnościach poznawczych w nurkowaniach na nitroxie w porównaniu z tymi z użyciem powietrza.

Przy takim samym czasie nurkowania i głębokości wyższe ciśnienie parcjalne tlenu (PO_2) i niższe ciśnienie gazu obojętnego (w tym wypadku azotu, PN_2) oznacza niższy poziom stresu dekompresyjnego. Stąd tendencja, żeby przyjąć założenie, że niższy poziom stresu dekompresyjnego przekłada się na obniżone odczuwanie zmęczenia. Ale wyższe ciśnienie parcjalne tlenu oznacza podwyższony poziom stresu oksydacyjnego, a w przypadku nitroxu PO_2 jest większe niż PO_2 dla powietrza na tej samej głębokości.

Wyniki niektórych badań na nurkach sugerują, że stres oksydacyjny generowany przez wyższe PO_2 dla nitroxu może powodować łagodną dysfunkcję śródbłonna, co może prowadzić do pewnych objawów, które są odbierane jako zmęczenie. Obserwacje poczynione przez lekarzy zajmujących się medycyną hiperbaryczną, którzy odnotowali większe zmęczenie podczas terapii tlenem w komorach hiperbarycznych, zdają się potwierdzać tę tezę.

Skonsultowaliśmy się z dwoma ekspertami merytorycznymi, aby zderzyć wrażenia nurków pozytywnego wpływu nitroxu na zmęczenie po nurkowaniu, z pewnymi kontrowersyjnymi odkryciami w badaniach tego zjawiska.



Jakie są możliwe powody zmęczenia po nurkowaniu?

Richard Harris: Zmęczenie po nurkowaniu może być wynikiem działania wielu czynników. Niektóre mogą być związane z nurkowaniem, jak na przykład stres termiczny, stres dekompresyjny, wydatek energetyczny, długotrwała ekspozycja na podwyższony poziom tlenu, niepokój i choroba morska. Ale jest wiele więcej potencjalnie niezwiązanych powodów, jak brak snu, alkohol, wpływ podróży morskiej (jet lag) itp.

Neal Pollock: Wiele osób nie docenia fizjologicznego wpływu samego faktu zanurzenia w wodzie. Bezpośrednią reakcją na ciśnienie hydrostatyczne jest to, że znaczna ilość krwi, która normalnie pozostaje w żyłach kończyn dolnych jest wypchnięta do centralnego obszaru krążenia (klatka piersiowa). Znane badania tego efektu wykazały, że średnio w spoczynku serce człowieka wypompuje około 700 ml krwi w jednym cyklu. Serce rozciągane jest przez zwiększoną objętość krwi i reaguje kurcząc się mocniej. Następnie, po krótkiej chwili, poprzez tłumienie działania pewnych hormonów zwiększa eliminację płynów przez nerki. Jest to normalna reakcja fizjologiczna na sytuację pozornie zwiększonej zawartości płynów w organizmie. W praktyce jest to mechanizm, powodujący, że ludzie potrzebują oddać mocz nawet po relatywnie krótkim zanurzeniu w wodzie.

Po wyjściu z wody nurkowie mogą doświadczyć natychmiastowego spadku objętości krwi powracającej do serca. Specjalnie użyłem słowa 'mogą', ponieważ obcisły skafander może wywołać przepływ części krwi do klatki piersiowej nawet bez wchodzenia do wody. Po nurkowaniu (lub po zdjęciu skafandra) nurek doświadczy zmniejszenia objętości krwi w obiegu centralnym i spadku ciśnienia. Efekt ten przekracza spadek ciśnienia hydrostatycznego, ponieważ ciało aktywnie redukowało objętość płynów podczas nurkowania (lub noszenia skafandra). W efekcie ten zbieg okoliczności tłumaczy znaczącą część normalnego zmęczenia po nurkowaniu. Najważniejszym czynnikiem powodującym zmęczenie jest zanurzenie, niezależnie od głębokości i stresu dekompresyjnego.

Czy są dostępne dane, które mogłyby potwierdzić mniejsze zmęczenie po nurkowaniach na nitroxie w porównaniu z nurkowaniem z użyciem powietrza?

Harris: Nie ma takich danych. Trzy artykuły w literaturze fachowej (pierwsze trzy na liście literatury poniżej) zawierają odniesienia do pytania o związki nitrozu ze zmęczeniem, ale nie jestem przekonany, żeby któryś z nich w sposób całościowy odpowiadał na to pytanie.

Pollock: Dane, które miałyby potwierdzić tę tezę nie są przekonujące. Nie jest to zaskakujące, ponieważ ciśnienie parcjalne tlenu znacząco rośnie wraz z głębokością. Ale nie ma też powodów kwestionować tego, że ktoś czuje się mniej zmęczony. Badania wykazały, że efekt placebo ma znaczenie fizjologiczne, zatem pozwólmy nurkom cieszyć się tym uczuciem. Ważne jest aby nurkowie trzymali się limitów PO_2 i unikali toksyczności tlenowej.



Skoro zwiększona zawartość tlenu w nitroxie oznacza zwiększony poziom stresu oksydacyjnego, jak można pogodzić pozornie sprzeczne cechy?

Harris: Jednym z ciekawych komentarzy z artykułu Pierre'a Lafère'a jest ten, że stres oksydacyjny może ograniczyć aktywność neuronów (tak jak na przykład alkohol), i to może wpłynąć na neurony hamujące, przez co (tymczasowo) zwiększa poziom pobudzenia. Przykład z mojego doświadczenia, wraz z kolegami z zespołu czuliśmy się bardzo dobrze po trwających 8 do 17 godzin z nurkowaniem w jaskini w wodzie o temperaturze $6^{\circ}C$ i maksymalnej głębokości ponad 200 metrów. Biorąc pod uwagę stres temperaturowy, dekompresyjny, wysiłku fizycznego, oksydacyjny i psychologiczny, jakiemu byliśmy poddani podczas tego nurkowania, jak możemy to pogodzić? Może byliśmy szczęśliwi, że udało się nam to po prostu przeżyć? Ale

bywało, że czułem się strasznie zmęczony po znacznie płytszych nurkowaniach, z mniejszą ekspozycją tlenową, krótszych i w cieplejszej wodzie. Jest zbyt wiele zmiennych, aby świadomie stwierdzić różnicę wynikającą z prostej zmiany gazów.

Pollock: Stres oksydacyjny może potencjalnie być problemem, ale prawdopodobnie znacznie mniejszym podczas typowych krótkich czasów ekspozycji, związanych z większością nurkowań rekreacyjnych. Potrzebne są dalsze badania, aby ocenić jego wpływ fizjologiczny.

Czy uważacie, że zmęczenie jest symptomem subklinicznej choroby dekompresyjnej?

Harris: Wierzę, że zmęczenie może być symptomem DSC, ale musi być bardzo znaczące, by uznać je za takie. Silne zmęczenie, bardziej jak uczucie, że ma się gripę niż tylko 'być trochę bardziej zmęczonym niż zwykle po nurkowaniu', jest poważną sprawą. Zamiast używać określenia subkliniczny DCS, którego nie lubię, wolę określać zmęczenie jako jeden z wielu symptomów DCS.

Pollock: Normalny charakter zmęczenia po nurkowaniu nie kwalifikuje się jako objaw DCS, ale 'niezwykle zmęczenie' wykraczające poza typowe poziomy, może być ważnym symptomem. Należy poprosić nurka o opisanie stopnia zmęczenia, jest to ważne aby rozróżnić co jest dla danej osoby jest normalne a co nie.

Pomimo powszechnego przekonania, że nurkowanie z nitroxem może powodować mniejsze zmęczenie niż takie samo nurkowanie na powietrzu, badania naukowe przeprowadzone do tej pory nie znalazły solidnych podstaw do poparcia tego twierdzenia. Jak wspomniano wcześniej, nie należy pomijać efektu placebo i należy przeprowadzić dalsze badania w tym zakresie.

Niezależnie od tego jakie odpowiedzi przyniosą badania w tym zakresie, wciąż warto promować mądre korzystanie z mieszanin gazowych bogatszych od powietrza w tlen. Niekoniecznie jako sposób na wydłużenie czasu dennego, ale raczej w celu minimalizacji stresu dekompresyjnego. Jeśli nurkowanie na nitroxie powoduje, że czujesz się mniej zmęczony po całym dniu nurkowania, nawet jeśli dowody naukowe nie potwierdzają twojego odczucia, korzystaj z niego. Ale upewnij się, że korzystasz z niego bezpiecznie.



Poznaj naszych ekspertów

Richard Harris, BMBS, FANZCA, DipDHM, FFEWM, jest australijskim anesteziologiem, który pracuje w zakresie medycyny nurkowej i medycznego transportu lotniczego.

Neal W. Pollock, Ph.D., jest kierownikiem badań DAN i pracownikiem naukowym Centrum Medycyny Hiperbarycznej i Fizjologii Środowiska w Centrum Medycznym Uniwersytetu Duka (Center for Hyperbaric Medicine and Environmental Physiology at Duke University Medical Center), w Durham, N.C.