

Istota deepstopów: rozważania o profilach wynurzeń z nurkowań dekompresyjnych

Richard L. Pyle

Na początku chciałbym określić jasno: mam fiota na punkcie ryb (to znaczy jestem ichtiologiem ☺). Dla celów tej opowieści oznacza to dwie rzeczy. Po pierwsze - spędzam dużo czasu pod wodą. Po drugie, chociaż jestem biologiem i rozumiem sporo z fizjologii zwierząt - nie jestem ekspertem z fizjologii dekompresji. Pamiętaj o tych dwóch założeniach kiedy będziesz to czytał.

Zanim jeszcze powstała koncepcja „nurkowań technicznych”, wykonywałem więcej nurkowań na głębokości 55-65 metrów niż mogę spamiętać. Dzięki olbrzymiej ilości nurkowań zacząłem zauważać kilka zależności. Dość często po nurkowaniu czułem pewne przemęczenie i złe samopoczucie. Było jasne, że występujące po nurkowaniu symptomy były bardziej związane z nasyceniem gazami obojętnymi niż z fizycznym przemęceniem lub wychłodzeniem. Ogólnie symptomy były dużo poważniejsze po spędzeniu w wodzie mniej niż jednej godziny w trakcie nurkowania na 60 metrów niż po nurkowaniu wymagającym spędzenia 4 do 6 godzin na dużo mniejszej głębokości.

Interesujące było to, że pojawianie się symptomów nie towarzyszyło każdemu nurkowaniu. Czasami nie czułem ich wcale, a innym razem byłem tak śpiący po nurkowaniu, że miałem kłopoty, aby nie zasnąć za kierownicą w drodze do domu. Próbowiałem skorelować nasilenie występujących u mnie symptomów z różnorodnymi czynnikami. Brałem pod uwagę wielkość ekspozycji, ilość dodatkowego czasu spędzonego na przystanku dekompresyjnym na 3 metrach, siłę prądu, przejrzystość wody, temperaturę wody, to ile spałem poprzedniej nocy, poziom odwodnienia, i wszystko co jeszcze można wymyślić. Żaden z tych oczywistych czynników nie wydawał się mieć związku z problemem. Na koniec odkryłem co to było - ryby! Tak to prawda... po nurkowaniach, na których złapałem rybę nie odczuwałem żadnych symptomów zmęczenia. Kiedy nie złapałem niczego, symptomy po nurkowaniu bywały bardzo wyraźne. Korelacja była tak częsta, że byłem szczerze zdziwiony.

Problem polegał na tym, że to nie miało żadnego sensu. Dlaczego te symptomy miały jakikolwiek związek z łapaniem ryb. W praktyce spodziewałem się dużo więcej poważnych symptomów po złapaniu ryby, ponieważ mój poziom zmęczenia na dzień podczas nurkowania był wyższy (uganianie się za rybami nie

jest zawsze łatwe). Była jednak dodatkowa różnica. Jak wiadomo, większość ryb ma wypełniony gazem wewnętrzny organ nazywany pęcherzem pławnym, którego podstawową rolą jest kompensowanie pływalności. Jeżeli ryba jest zabierana bezpośrednio z głębokości 60 metrów, jej pęcherz pławny powiększy się około 7 razy w stosunku do jego pierwotnego rozmiaru i spowoduje to zmiążdżenie innych organów. Ponieważ najczęściej chciałem wydobyć złapane ryby żywe, potrzebowałem zatrzymać się w pewnym punkcie podczas wynurzenia i tymczasowo wkuć igłę (wykorzystywaną zwykle do zastrzyków podskórnych) do ich pęcherzy pławnych, aby wypuścić nadmiar gazu. Zazwyczaj, głębokość, na której musiałem przeprowadzić tę operację była większa niż głębokość mojego pierwszego przystanku dekompresyjnego. Na przykład, na przeciętnym 60. metrowym nurkowaniu mój pierwszy przystanek dekompresyjny wypadł w okolicach 15 metra, a głębokość, na której zatrzymywałem się z powodu ryby to było około 38 metrów. Za każdym razem więc kiedy złapałem rybę, mój profil wynurzenia zwieriał dodatkowy 2-3 minutowy przystanek dużo głębiej niż mój pierwszy „wymagany” przystanek dekompresyjny. Niestety to również nie miało sensu. Kiedy myśli się tylko w kategoriach prężności gazu rozpuszczonego w krwi i tkankach (jak zakładają aktualnie używane algorytmy dekompresyjne), wprowadzając deepstopy można się spodziewać więcej problemów dekompresyjnych, ponieważ więcej czasu spędza się na większej głębokości.

Jako ktoś, kto ma więcej wiary w to co się dzieje w rzeczywistości niż w to co powinno się dziać zgodnie z teorią, postanowiłem wprowadzić deepstopy do wszystkich moich nurkowań dekompresyjnych, niezależnie czy polowałem na ryby czy nie. Zapytacie dlaczego tak zrobiłem? Dzięki temu symptomy zmęczenia się nie ujawniały. To było zadziwiające. Oznaczało to dla mnie, że mogłem zrobić pewne prace po południu w dniach, w których nurkowałem rano. Zaczęłem opowiadać ludziom o moim zadziwiającym odkryciu, ale spotykałem się z ciągłym niedowierzaniem i czasami z poważnym wykładem „ekspertów” jak bardzo muszę się mylić. „To oczywiste”, mówili mi, „że powinieneś wynurzyć się z większej głębokości tak szybko jak to możliwe, aby zminimalizować dodatkowe nasycenie się gazem”. Jestem osobą, która nie czerpie przyjemności z konfrontacji więc siedziałem cicho na temat mojej praktyki „głębokich przystanków dekompresyjnych”. Z biegiem lat byłem coraz bardziej przekonany o wartości deepstopów dla zredukowania prawdopodobieństwa choroby dekompresyjnej. We wszystkich wypadkach, kiedy miałem po nurkowaniu jakieś objawy, od zmęczenia przez ból ramion po paraliż (w jednym wypadku), było to po nurkowaniach, kiedy ominąłem głębokie przystanki dekompresyjne.

Będąc z zawodu naukowcem, czuję potrzebę zrozumienia mechanizmów leżących u podstaw obserwowanych zjawisk. W konsekwencji zawsze przejmowałem się oczywistym paradoksem moich profili dekompresyjnych. Pewnego razu wysłuchałem wykładu dr. Davida Yount'a w 1989 na zjeździe Amerykańskiej Akademii Nauk Podwodnych (American Academy of Underwater Sciences). Dla tych, którzy nie wiedzą kto to jest, wyjaśniam, że dr Yount jest profesorem fizyki na Uniwersytecie Hawajskim i jednym z twórców Modelu Zmiennej Przepuszczalności "Varying-Permeability Model" (VPM). VPM używany jest do kalkulowania dekompresji i uwzględnia obecność zarodki gazowych - „mikronuklei” (pęcherzyków fazy gazowej w krwi i tkankach) oraz czynników wpływających na ich wzrost lub kurczenie się podczas dekompresji. Na skutek tego VPM wymaga pierwszych przystanków dekompresyjnych dużo głębiej niż sugerują to dekompresyjne modele neo-haldanowskie (czyli oparte na kompartmentach). W końcu zaczęło to nabierać dla mnie sensu. (Możecie zapoznać się z VPM czytając rozdział 6 „Best Publishing's Hyperbaric Medicine and Physiology; Yount, 1988.)

Już wiecie, że nie jestem ekspertem z fizjologii nurkowania, więc pozwólcie mi wyjaśnić co na ten temat sądzę, w sposób, który certyfikowany nurek powinien zrozumieć. Po pierwsze większość czytelników jest świadoma, że pęcherzyki w naczyniach krwionośnych są rutynowo wykrywane po większości nurkowań - nawet tych „bezdekompresyjnych”. Pęcherzyki powstają, ale nie prowadzi to zawsze do objawów DCS. Dodatkowo, większość głębokich dekompresyjnych nurkowań wykonywanych przez nurków „technicznych” (w odróżnieniu od nurków zawodowych czy wojskowych) jest daleka od pełnej saturacji. Innymi słowy, mają one relatywnie krótki czas denny - bottom time (w tym kontekście uznaję 2 godzinne nurkowanie na 90 metrów jako nurkowanie o krótkim czasie dennym). Opierając się na głębokości i czasie nurkowania oraz używanej mieszance, istnieje zwykle relatywnie długi odcinek pomiędzy dnem i pierwszym przystankiem dekompresyjnym wyliczonym przez model oparty na kompartmentach. Im krótszy czas denny (bottom time) tym większa odległość (dłuższy odcinek pomiędzy maksymalną głębokością a pierwszym przystankiem). Typowe podejście mówi: „wynośmy się z głębokiej wody tak szybko jak to możliwe, aby zmniejszyć dodatkowe nasycenie gazem”. Wielu ludzi wierzy nawet, że podczas głębszej części wynurzania należy wynurzać się szybciej. Problem polega na tym, że wielu nurków rutynowo wykonuje wynurzenia, podczas których dochodzi do bardzo dużego spadku ciśnienia otoczenia w bardzo krótkim czasie - tak jak gdyby „wynosili się jak najszybciej z głębokiej wody”.

I według mnie na tym właśnie polega problem. Może ma to związek z czasem potrzebnym, aby krew przepłynęła przez system krwionośny typowego nurka? Może związane jest to z formowaniem się drobnych pęcherzyków w momencie, gdy krew przepływa przez zastawki w sercu i ich rośnięciem kiedy gaz dyfunduje z otaczającej krwi. Niezależnie od fizjologicznych podstaw, wierzę, że pęcherzyki zaczynają się formować i zaczynają rosnać podczas początkowego, nieprzerwanego wynurzania się z głębokości. Uczyłem się dużo o fizyce pęcherzyków w ostatnich latach. Więcej niż jestem w stanie tutaj opisać. Pozostawiam to osobom, które naprawdę rozumieją problem. W tym momencie wystarczy powiedzieć, że pęcherzyki kurczą się i zapadają w zależności od wielu czynników, w tym od ich wielkości w danym momencie. Mniejsze pęcherzyki mają tendencję do kurczenia się podczas dekompresji; większe pęcherzyki mają raczej tendencję do rośnięcia, co prawdopodobnie prowadzi do DSC. Dlatego, dla zminimalizowania prawdopodobieństwa DCS ważne jest aby utrzymać mały rozmiar pęcherzyków. Relatywnie szybkie wynurzenie z głębokości do pierwszego przystanku dekompresyjnego nie pomaga w utrzymaniu małych pęcherzyków. Spowolnienie początkowego wynurzenia do pierwszego przystanku (poprzez wprowadzenie jednego lub więcej deepstopów) prawdopodobnie utrzyma pęcherzyki wystarczająco małe, by mogły się dalej kurczyć podczas pozostałych przystanków dekompresyjnych.

Jeżeli jest jakakolwiek prawda w tych rozważaniach, spodziewał bym się, że bardzo duża zmienność w wypadkach DCS ma większy związek z profilem wynurzania z dna do pierwszego przystanku dekompresyjnego niż z pozostałym profilem dekompresyjnym. DCS jest wyjątkowo złożonym zjawiskiem - bardziej skomplikowanym niż najwięksi specjaliści w dziedzinie fizjologii nurkowania są w stanie wyjaśnić. Niestety, pewnie nigdy nie zrozumiemy go w całości, głównie ze względu na to, że nasze ciało to niesamowicie chaotyczne środowisko. Poziom chaos uniemożliwia stworzenie metod pozwalających przewidzieć jak uniknąć DCS. Ale ja uważam, że my nurkowie, wykonujący nurkowania dekompresyjne dalekie od pełnej saturacji, możemy znacząco zmniejszyć prawdopodobieństwo choroby jeżeli zmienimy nasze podejście do początkowego okresu wynurzania się z głębokości.

Niektórzy z was mogą pomyśleć: „przecież powiedział, że nie jest ekspertem od fizjologii nurkowania - dlaczego mamy mu wierzyć?” Jeżeli myślisz w ten sposób to bardzo dobrze. O to właśnie mi chodzi. Ponieważ nie powinieneś wierzyć akurat mnie. Ale dlaczego nie wygrzebieś swojego numeru Deep Tech (numer 3) z września 95 roku i nie przeczytasz artykułu Bruce Wienke'go? Rozumiem, że jest on nafaszerowany wyrafinowanymi informacjami, ale

powinieneś czytać go tyle razy, aż go zrozumiesz. Dlaczego nie zamówisz w aquaCorps kasety nr 9 („Pęcherzykowe strategie dekompresyjne”) z konferencji tek.95 i wysłuchasz niektórych wyjaśnień Erik’a Maiken’a na temat fizyki gazów, o których pewnie wcześniej nie miałeś pojęcia? A potem dlaczego nie zamówisz kasety „Zrozumienie tabel trimiksowych” z konferencji tek.96? Możesz wysłuchać Andre Galerne’a (dyskusyjnego „ojca trimiksu”) mówiącego o olbrzymim zredukowaniu wypadków DCS dzięki wprowadzeniu dodatkowych głębokich przystanków dekompresyjnych, ponad te, które były wymagane przez tabele. Na tej samej kasecie możesz wysłuchać Jean Pierre Imbert’a z COMEX (komercyjnej firmy francuskiej prowadzącej jedne z najgłębszych nurkowań na świecie), mówiącego o nowym spojrzeniu na profile dekompresyjne wprowadzające początkowe przystanki dużo głębiej niż wymaga większość tabel. Dlaczego nie zapytasz George Irvine’a co miał na myśli kiedy w numerze 4 DeepTech, wydanym w styczniu 96 roku, powiedział, że on wprowadza w plan „trzy lub cztery deepstopy zanim dojdzie do pierwszego przystanku zalecanego przez każdy z [dekompresyjnych] programów”? Jeżeli to nie wystarczy, to sprawdź w artykule wstępnym dr. Petera Bennett’a w magazynie Alert Diver styczeń/luty 1996, gdzie mówi on o tych samych podstawach w kontekście nurkowań rekreacyjnych. Jeżeli chcesz przeczytać coś co naprawdę otworzy ci oczy na ten problem, sprawdź czy możesz znaleźć raport na temat zwyczajów nurkujących poławiaczy ryb z Torres Strait napisany przez LeMessurier i Hills’a (wymienionych w bibliografii tego artykułu). Takie wyliczanie można by kontynuować. Kluczowe jest to, że nie jestem jedynym, który broni teorii głębokich przystanków dekompresyjnych.

Ciągle jesteście sceptyczni? Pozwólcie, że was zapytam: Czy wierzycie, że tak zwane „przystanki bezpieczeństwa” po nurkowaniach nazywanych „bezdekompresyjnymi” są przydatne w zmniejszaniu prawdopodobieństwa wystąpienia DCS?. Jeżeli nie, powinniście spojrzeć na statystyki DAN. Jeżeli tak, to już wykonujecie deepstopy podczas swoich „bezdekompresyjnych” nurkowań. Jeżeli spowoduje to, że poczujecie się lepiej, nazywajcie dodatkowe głębokie przystanki dekompresyjne „głębokimi przystankami bezpieczeństwa”, które wykonujecie przed wynurzeniem się do swoich pierwszych „wymaganych” przystanków dekompresyjnych. Pomyślcie o tym w ten sposób: wasz pierwszy „wymagany” przystanek dekompresyjny jest praktycznie odpowiednikiem powierzchni w nurkowaniu prowadzonym do maksymalnych limitów „bezdekompresyjnych”. Czy nie myślicie, że „przystanek bezpieczeństwa” stosowany podczas nurkowania „bezdekompresyjnego” jest szczególnie ważny po nurkowaniu, na którym poszliście na całość względem „bezdekompresyjnych” limitów?

Niektórzy z was sobie pomyślą: „ja już robię przystanek bezpieczeństwa na moich dekompresyjnych nurkowaniach - zawsze zatrzymuję się od 3 do 6 metrów głębiej niż mój pierwszy wymagany przystanek.” Chociaż jest to krok w dobrym kierunku, nie jest to dokładnie to o czym mówiłem. „Dlaczego nie?” zapytacie, „Wykonuję swój przystanek bezpieczeństwa na nurkowaniu bezdekompresyjnym na głębokości 6 metrów. Dlaczego nie powinienem wykonywać głębokiego przystanku bezpieczeństwa 6 metrów poniżej pierwszego wymaganego poziomu?” Powiem ci dlaczego - ponieważ przystanek bezpieczeństwa ma za zadanie zapobiegać wzrostowi pęcherzyków, a wzrost pęcherzyków częściowo zależy od zmian ciśnienia otoczenia, a nie od liniowej zmiany głębokości w metrach. Przyjmijmy, że po nurkowaniu na 23 metry wykonujesz przystanek bezpieczeństwa na 6 metrach. Ciśnienie otoczenia na poziomie morza wynosi 1 ata. Ciśnienie otoczenia na 23 metrach wynosi 3,3 ata. Ciśnienie otoczenia na twoim przystanku bezpieczeństwa na 6 metrach wynosi 1,6 ata - czyli w przybliżeniu połowę (punkt pośredni) pomiędzy ciśnieniem 3,3 ata i 1 ata. Teraz założmy, że nurkujesz na 60 metrów (7 ata) a twój pierwszy wymagany przystanek dekompresyjny jest na głębokości 15 metrów (2,5 ata). Punkt pośredni ciśnienia otoczenia dla tych dwóch głębokości wynosi 4,75 ata czyli trochę mniej niż 38 metrów. Na tym nurkowaniu powinieneś więc wykonać swój głęboki przystanek bezpieczeństwa (deepstop) na głębokości około 38 metrów, czyli dokładnie takiej na jakiej wykonywałem przystanek aby przebić cienką igłą lekarską moje rybki.

Ale oczywiście fizyka i fizjologia są bardziej złożone niż tu przedstawiono. Możliwe, że punkt pośredni ciśnienia otoczenia nie jest idealną głębokością dla przystanków bezpieczeństwa. Tak naprawdę mogę ci powiedzieć, że prawie na pewno nie jest. Z tego co zrozumiałem z pęcherzykowych modeli dekompresyjnych, początkowy przystanek dekompresyjny powinien być raczej funkcją bezwzględnych zmian ciśnienia otoczenia niż proporcjonalnych zmian ciśnienia otoczenia. Z tego powodu, dla większości naszych dekompresyjnych nurkowań, może być on nawet głębszy niż punkt pośredni ciśnienia otoczenia. Niestety wątpię czy komputery dekompresyjne wprowadzą algorytmy pęcherzykowe, przynajmniej w ich pełnej formie. Do tego czasu nurkowie dekompresyjni potrzebują przyjętej, prostej metody, nie wymagającej do jej wykorzystania możliwości obliczeniowych komputera. Może idealną metodą byłoby po prostu zwolnienie prędkości wynurzania podczas głębszej części wynurzania. Jednak jest to trudne do wykonania, szczególnie na wodach otwartych. Zamiast tego myślę, że powinno się wprowadzić jeden lub więcej (według własnego uznania) krótkich przystanków, aby przerwać to długie wynurzenie. Niezależnie

czy jest to fizjologicznie poprawne, myśl o nich jako o zatrzymaniach wykonywanych aby „dogonić” zmiany w ciśnieniu otoczenia.

Oto moja metoda wprowadzania deepstopów (głębokich przystanków bezpieczeństwa):

- 1) Wylicz profil dekompresyjny dla twojego nurkowania, wykorzystując oprogramowanie, którego zwykle używasz.
- 2) Znajdź punkt środkowy pomiędzy głębokością, z której zaczynasz się wynurzać i pierwszym „wymaganym” przystankiem dekompresyjnym. Jeżeli chcesz, możesz wykorzystać punkt środkowy wyrażony w ciśnieniach otoczenia, ale dla większości nurkowań „technicznych” środek wyrażony w odległości liniowej będzie wystarczająco precyzyjny i łatwiejszy do wyliczenia. Ta głębokość będzie twoim pierwszym deepstopem, na którym zatrzymasz się na 2-3 minuty.
- 3) Przelicz powtórnie profil dekompresyjny wprowadzając deepstop do profilu (większość oprogramowania umożliwia liczenie wielopoziomowe).
- 4) Jeżeli odległość pomiędzy deepstopem i pierwszym „wymaganym” przystankiem jest większa niż 9 metrów dodaj następny deepstop w połowie odległości pomiędzy pierwszym deepstopem a pierwszym wymaganym przystankiem.
- 5) Powtarzaj to aż do momentu kiedy odległość pomiędzy ostatnim deepstopem a pierwszym wymaganym przystankiem wyniesie mniej niż 9 metrów.

Na przykład przypuśćmy, że chcesz wykonać trimiksove nurkowanie na 90 metrów i twoje oprogramowanie mówi, że twój pierwszy wymagany przystanek dekompresyjny ma być na 30 metrach. Powinieneś jeszcze raz przeliczyć profil dodając krótkie (2 minutowe) przystanki na 60, 45 i 38 metrach. Oczywiście, ponieważ twoje oprogramowanie przyjmie, że podczas tych przystanków jeszcze się nasycasz, pozostała kalkulowana dekompresja będzie trochę dłuższa niż by była, gdybyś tych przystanków nie wprowadził. Jednak według mnie i wielu innych nurków, zmniejszenie prawdopodobieństwa DCI ma większą wagę niż problem dodatkowego czasu dekompresji. Tak naprawdę skłonny byłbym się założyć, że zalety deepstopów są na tyle duże, że możesz zredukować całkowity czas dekompresji (poprzez skrócenie płytkich przystanków) i jeszcze będziesz miał niższe prawdopodobieństwo wystąpienia choroby. Jednak dopóki nie będzie więcej dowodów na poparcie tego twierdzenia, powinieneś postępować ostrożnie i dodawać dodatkowy czas dekompresyjny. Na koniec jeszcze jeden punkt. Jak

świetnie wiedzą wszyscy, którzy czytają moje posty na forach internetowych, jestem zdecydowanym zwolennikiem osobistej odpowiedzialności w nurkowaniu. Jeżeli zdecydujesz się korzystać z moich sugestii i wprowadzisz deepstopy do swoich nurkowań dekompresyjnych - to świetnie. Jeżeli zdecydujesz się kontynuować generowane komputerowo profile - to też dobrze. Ale niezależnie co zrobisz, jesteś w pełni i całkowicie odpowiedzialny za to co się wydarzy pod wodą. Na litość boską jesteś ssakiem lądowym i nie masz żadnego interesu we wchodzeniu pod wodę. Jeżeli nie potrafisz zaakceptować odpowiedzialności, nie wchodź do wody. Jeżeli zachorujesz po nurkowaniu, na którym wprowadzisz deepstopy zgodnie z sugerowaną przeze mnie metodą, to będzie twoja wina, ponieważ byłeś na tyle głupi, aby słuchać porad w sprawach dekompresji od popieprzonego ichtiologa.

Bibliografia:

Bennett, P.B. 1996. Rate of ascent revisited. *Alert Diver*, January/February 1996: 2.

Hamilton, B. and G. Irvine. 1996. A hard look at decompression software. *DeepTech*, No. 4 (January 1996): 19- 23

LeMessurier, D.H. and B.A. Hills. 1965. Decompression sickness: A thermodynamic approach arising from a study of Torres Strait diving techniques. *Scientific Results of Marine Biological Research*. Nr. 48: Essays in Marine Physiology, OSLO Universitetsforlaget: 54-84.

Weinke, B. 1995. The reduced gradient bubble model and phase mechanics. *DeepTech*, No. 3 (September 1995): 29-37.

Yount, D.E. 1988. Chapter 6. Theoretical considerations of Safe Decompression. In: *Hyperbaric Medicine and Physiology* (Y-C Lin and A.K.C. Niu, eds.), Best Publishing Co., San Pedro, pp. 69-97.

Pragnę podziękować Eric'owi Maiken'owi za wytłumaczenie mi fizyki bąbelków oraz przekazanie mi teoretycznych podstaw dla moich idiotycznych idei.