

Model RGBM w komputerach SUUNTO

Komputer Suunto wykonują obliczenia wg zadanego modelu matematycznego RGBM (Reduced Gradient Bubble Model). Proces ten uwzględnia absorpcję i uwalnianie azotu podczas nurkowania, przerwy na powierzchni i nurkowania powtórzeniowe. Komputer wykonuje w sposób ciągły obliczanie nasycania i odsycania azotu z tkanek nurka. Prędkość rozpuszczania się azotu zależy od rodzaju tkanki, w której gaz się rozpuszcza. Komputer analizuje 9 tkanek, które posiadają czas połowicznego wysycenia od 2,5 min do 480 minut oraz uwzględnia następujące parametry:

- głębokość,
- ilość azotu rozpuszczonego w tkankach w trakcie nurkowania,
- ilość azotu pozostałego w tkankach z poprzedniego nurkowania,
- czas dekompresji zerowej dla aktualnej głębokości,
- przedział wysokości lub współczynnik bezpieczeństwa.

Mówiąc bardzo skrótowo model uwzględnia nie tylko fazę ciekłą gazu obojętnego (nie tylko to co rozpuszczone w tkankach) ale także fazę gazową (pęcherzyki gazowe), która bardzo zaburza normalną eliminację gazu rozpuszczonego z tkanek. W praktyce nurkowej oznacza to, że RGBM znacznie lepiej (prawdziwiej) modeluje sytuacje w których pęcherzyki gazowe są obecne w tkankach nurka. Niektóre z takich sytuacji zostały określone empirycznie badaniami dopplerowskimi i są to między innymi :

- wykonywanie nurkowań powtórzeniowych,
- szybkie wynurzania w jakiegokolwiek fazie nurkowania,
- nurkowania o profilu odwrotnym (najpierw płytko a potem głęboko),
- wykonywanie serii nurkowań (nawet tylko jedno nurkowanie dziennie ale przez kilka dni pod rząd)

Praktycznie każde poważniejsze (dłuższe lub głębsze) nurkowanie powoduje powstanie w tkankach nurka fazy gazowej (pęcherzyków).

Model RGBM w komputerach nurkowych SUUNTO

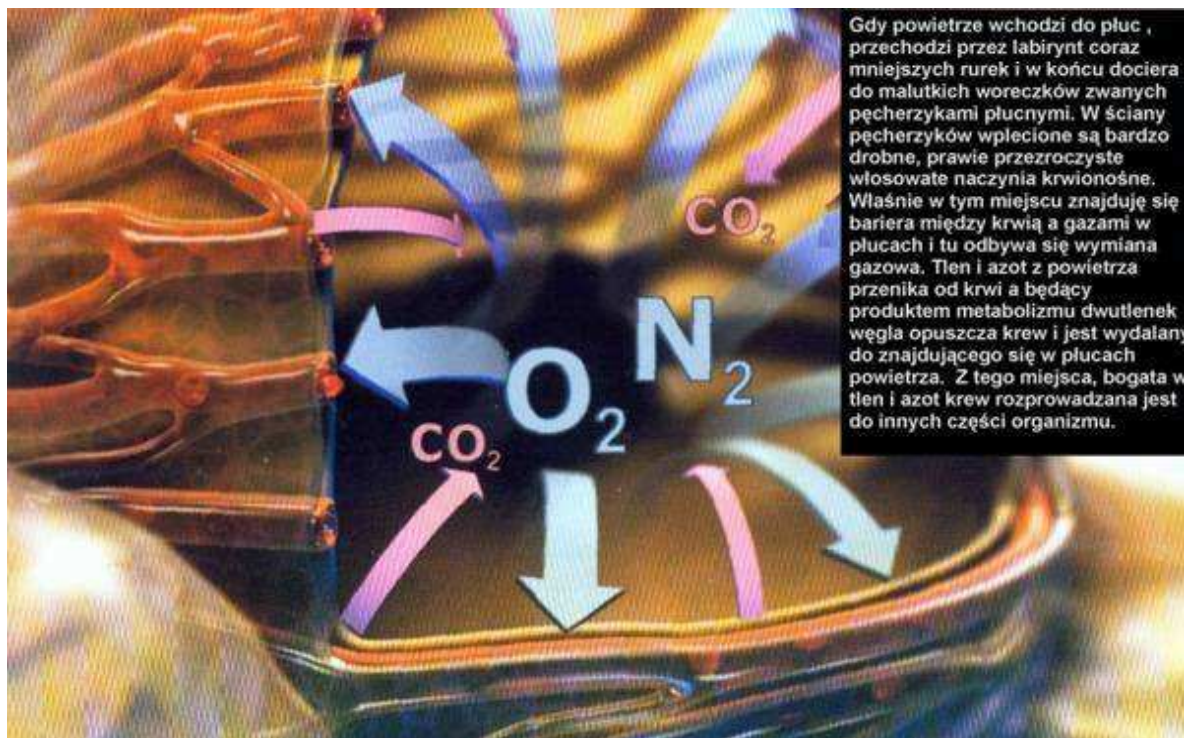
Poniżej znajdziecie tekst opisujące podstawy dekompresji, podstawowe założenia i praktycznie zastosowanie modelu RGBM w komputerach nurkowych SUUNTO. Jest to tłumaczenie broszury "SUUNTO Reduced Gradient Bubble Model" rozprowadzanej wraz z innymi materiałami reklamowymi tej firmy. Broszura wpadła mi kiedyś w ręce i stwierdziłem, że warto by ją przetłumaczyć, bo choć mówi o podstawach, robi to bardzo prosto i zrozumiale, a zamieszczone w niej rysunki pomagają lepiej zrozumieć zachodzące w organizmie procesy. Czytając ją, pamiętajcie, że dekompresja nie jest jednak nauką ścisłą i że nie wszystkie zawarte w niej informacje są zgodne z aktualnym stanem wiedzy (np. o nurkowaniach powtórzeniowych).

UWAGA

Tekst został przetłumaczony i umieszczony na stronie za zgodą firmy SUUNTO i jej oficjalnego dystrybutora w Polsce, Techniki Podwodnej. Prosimy o nie wykorzystywanie tekstu do celów komercyjnych (prowadzenia szkoleń) bez zgody dystrybutora i tłumacza.

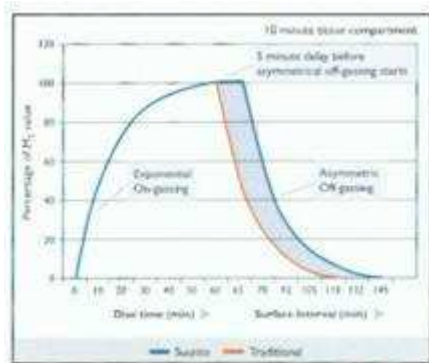
Powietrze składa się w przybliżeniu z około 78% azotu (N_2), 21% tlenu (O_2) i 1% argonu (Ar), dwutlenku węgla (CO_2) i innych gazów śladowych. Podczas nurkowania metabolizujemy tlen, ale azot, który jest gazem obojętnym, gromadzony jest w organizmie w podobny sposób jak niewidoczny gaz rozpuszczony w nie otwartej butelce wody mineralnej.

Wszystko zaczyna się w płucach, gdzie azot przenika poprzez błony komórkowe pęcherzyków płucnych i naczyń włosowatych i rozpuszcza się we krwi. Krew z rozpuszczonym w niej azotem jest następnie transportowana tętnicami do różnych tkanek organizmu. Nazywamy to nasycaniem tkanek. Dla celów modelowania dekompresji, zamiast o tkankach mówimy o przedziałach tkankowych. Im głębiej i dłużej nurkujemy, tym więcej azotu rozpuszcza się w organizmie i poszczególnych tkankach, aż do momentu, gdy tkanka osiągnie stan pełnego nasycenia.



Podczas nurkowania tkanki nasycają się azotem z różną prędkością. Zależy to od ilości krwi przepływającej przez daną tkankę. Na przykład mózg jest bardzo dobrze ukrwiony i klasyfikowany jest jako tzw. tkanka „szybka”; stawy zaś są słabo ukrwione i w związku z tym klasyfikowane są jako tkanka „wolna”. Oczywiście, jest jeszcze wiele innych tkanek o szybkości nasycania pomiędzy tą, właściwą dla krwi i dla stawów. Czas po jakim tkanka podczas nurkowania nasyci się w 50% nazywany jest półokresem nasycenia tkanki i zazwyczaj mierzony jest w minutach. Podczas wynurzania się proces przebiega odwrotnie – tkanki „oddają” gaz z powrotem do krwi żyłnej. Krew żylna pompowana jest przez serce do płuc, w których nadmiar N_2 i CO_2 przenika przez pęcherzyki płucne do płuc i jest wydychany. Proces ten nazywany jest „odsycaniem” lub „wysycaniem”. Czynnikiem, od

którego zależy stopień wysycania tkanek jest różnica ciśnień (różnica pomiędzy prężnością gazu w tkankach a ciśnieniem otoczenia). Dochodzi do tego jeszcze drugi ważny czynnik zwany „okienkiem tlenowym”. Jest to obniżenie prężności gazu zachodzące w tkankach i krążeniu żylnym w porównaniu do prężności gazu w płucach i krążeniu tętniczym. Pozostawia to przestrzeń dla gazu zwiększającego swoje ciśnienie w wyniku wynurzenia i spadku ciśnienia otoczenia – może on opuścić tkanki nie przekraczając ciśnienia otoczenia pod warunkiem, że nie zostanie przekroczona odpowiednia prędkość wynurzenia. Zalecana przez Suunto prędkość wynurzenia 10 m na minutę pozwala w pełni wykorzystać to zjawisko.



Algorytm RGBM Suunto używa do obliczania nasycania tkanek azotem krzywej wykładniczej. Jednak z racji na wpływ mikropęcherzyków, które ograniczają wysycanie azotu, do obliczania wysycania wykorzystywana jest asymetryczna krzywa eliminacji azotu, obliczona przez Dr. Merrilla Spencera. System ten lepiej chroni nurka przed chorobą dekompresyjną i jest jednym ze stosowanych w RGBM Suunto środków uwzględniających tworzenie się mikropęcherzyków. Dodatkowo algorytm przyjmuje pięciominutowe opóźnienie na powierzchni przed rozpoczęciem procesu wysycania.

Choroba dekompresyjna może wystąpić między innymi, gdy podczas wynurzenia ciśnienie otoczenia spada zbyt szybko i część rozpuszczonego w tkankach nadmiarowego azotu zostaje uwolniona do postaci pęcherzykowej. Pęcherzyki te mogą zakłócać normalne funkcjonowanie organizmu upośledzając przepływ krwi i powodując uszkodzenie tkanek i nerwów.

Objawy choroby dekompresyjnej mogą wystąpić już pod wodą jak również kilka lub kilkanaście godzin po wynurzeniu. W niektórych przypadkach objawy mogą wystąpić nawet po kilku dniach.

PRAKTYCZNE ZASTOSOWANIE ALGORYTMU SUUNTO RGBM

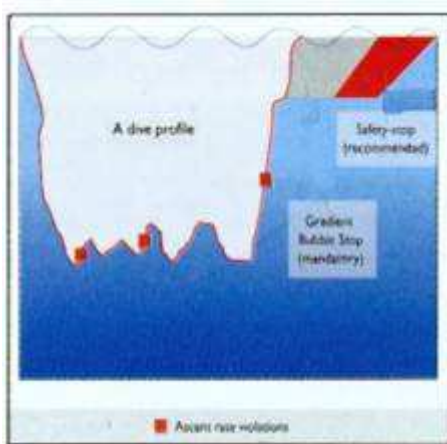
Reduced Gradient Bubble Model Suunto jest zaawansowanym nowoczesnym algorytmem dekompresyjny, uwzględniającym zarówno gaz rozpuszczony i gaz w formie pęcherzyków na wszystkich etapach ich rozwoju w tkankach i krwi nurka.

Jest to znaczący postęp w stosunku do klasycznych Haldanowskich modeli dekompresyjnych, które nie uwzględniają gazu w formie wolnej (mikropęcherzyków). Zaletą modelu Suunto RGBM jest lepsze odzwierciedlenie procesów zachodzących w organizmie nurka dzięki możliwości dostosowania modelu do wielu różnych sytuacji.

RGBM Suunto uwzględnia wiele sytuacji, jakie mogą wystąpić podczas nurkowania - nieuwzględnianych wcześniej przez modele, które brały pod uwagę jedynie gaz w formie rozpuszczonej. Sytuacje te to:

- wielodniowe nurkowania powtórzeniowe
- nurkowania powtórzeniowe z krótką przerwą powierzchniową
- nurkowania powtórzeniowe głębsze od poprzednich
- szybkie wynurzenia powodujące powstanie dużej ilości mikropęcherzyków

W zależności do profilu wykonywanego nurkowania i ewentualnych przekroczeń prędkości wynurzenia, dodawane są zalecane i obowiązkowe przystanki bezpieczeństwa.



Komputery dają nurkowi możliwość samodzielnego korygowania algorytmu używanego przez komputer. Możliwe jest ustawienie opcji preferencji osobistych, wysokości nad poziomem morza i współczynnika wykorzystania efektu RGBM.

Ustawienie współczynnika efektu RGBM pozwala doświadczony nurkom wybrać standardowy model RGBM albo model łagodniejszy ograniczający efekt RGBM.

Jeśli model RGBM Suunto przewiduje, że po nurkowaniu powstała zbyt duża ilość pęcherzyków, na ekranie wyświetlony zostanie znak ostrzegawczy informujący o zaleceniu przedłużenia przerwy powierzchniowej.

Algorytm Suunto RGBM automatycznie dostosowuje przewidywaną dekompresję do skutków powodowanych przez powstanie dużej ilości mikropęcherzyków i niekorzystnych profili nurkowania w bieżącej serii nurkowań. Obliczenia te będą dodatkowo modyfikowane zgodnie opcjami osobistymi, które nurek może samodzielnie ustawić.

Dla każdego przedziału tkankowego w modelu dekompresyjnym założone jest pewne maksymalne dopuszczalne ciśnienie przesylenia, określane jako wartość M. W zależności od zachowania nurka podczas nurkowania oraz ustawienia opcji osobistych, model Suunto RGBM odpowiednio zmniejsza wartości M, aby chronić nurka przed konsekwencjami pęcherzyków gazu.

W zależności od okoliczności, korekty wprowadzane przez model Suunto RGBM obejmować mogą :

- dodanie obowiązkowych przystanków bezpieczeństwa,
- skrócenie czasów bezdekompresyjnych,
- przedłużone czasy przystanków dekompresyjnych,
- dostosowanie czasu przerwy powierzchniowej .

Niektóre praktyki nurkowe, powodują zwiększenie ryzyka wystąpienia choroby dekompresyjnej – mogą to być: nurkowania powtórzeniowe po krótkiej przerwie powierzchniowej, nurkowania powtórzeniowe głębsze od poprzednich, wielokrotne wynurzenia i wielodniowe nurkowania powtórzeniowe.

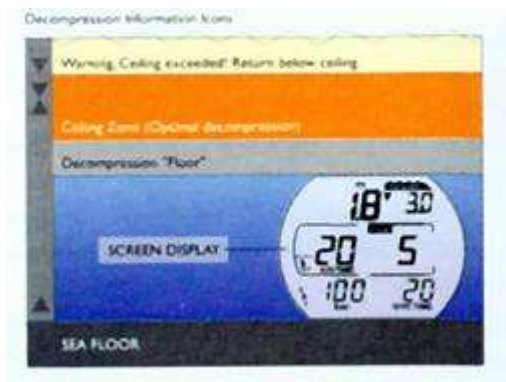
OPCJE OSOBISTYCH USTAWIEŃ W KOMPUTERACH SUUNTO POZWALAJĄ NA ZWIĘKSZENIE DOKŁADNOŚCI OBLICZEŃ

Algorytm Suunto RGBM dostosowuje wyniki obliczeń uwzględniając skutki zwiększania ilości mikropęcherzyków i niekorzystnych profili nurkowania w danej serii nurkowań. Wszystkie komputery nurkowe Suunto sprzedawane są z domyślnym ustawieniem zapewniającą pełną ochronę oferowaną przez algorytm Suunto RGBM.

Jednak bardziej doświadczeni nurkowie mogą zdecydować, że nie chcą korzystać z pełnej ochrony oferowanej przez model Suunto RGBM i dlatego w komputerze Suunto VYTEC wprowadzono możliwość zmiany algorytmu na łagodniejszy model RGBM, który ogranicza efekty działania modelu RGBM do 50%.

Tak jak możliwe jest ograniczenie efektów modelu RGBM, możliwe jest także stopniowe wybieranie coraz bardziej konserwatywnych parametrów obliczeń dekompresji, w przypadku, gdy występują niekorzystne warunki związane z osobą nurka. Najważniejsze czynniki, które powiązane są ze zwiększonym prawdopodobieństwem wystąpienia choroby dekompresyjnej to: kondycja fizyczna, wiek – w szczególności u nurków powyżej 50 lat -, niska temperatura wody, która może powodować obkurczenie obwodowych naczyń krwionośnych w celu utrzymania temperatury najważniejszych narządów wewnętrznych, wysiłek przed nurkowaniem, który może przyczynić się do powstania nowych jąder gazowych, wysiłek podczas nurkowania, który powoduje, że krew transportuje więcej rozpuszczonego azotu do tkanek mięśni, wysiłek po nurkowaniu, który może spowodować zwiększony przepływ przesyconej gazem obojętnym krwi przez naczynia krwionośne, zbyt obcisłe dopasowany sprzęt, który może spowodować bóle w stawach będące postacią choroby dekompresyjnej – tam gdzie kończyna uciskana jest przez skafander; gorące prysznice, kąpiele i opalanie się po nurkowaniu, mogące podnieść temperaturę skóry i spowodować obniżenie zdolności skóry do przechowywania azotu w formie rozpuszczonej oraz odwodnienie powodujące upośledzenie mikrokrażenia - ograniczając w ten sposób wysycanie azotu po nurkowaniu.

DEKOMPRESJA CIĄGŁA OPTYMALIZUJE PROCES ODSYCANIA I OGRANICZA WIELKOŚĆ PĘCHERZYKÓW



Komputery nurkowe Suunto, jako jedne z nielicznych wyświetlają nie tylko górny ale i dolny pułap dekompresji. Tak długo jak nurek pozostaje poniżej dolnego pułapu dekompresji, tzn, ciągle nasycy się gazem obojętnym, wyświetlana jest strzałka skierowana w górę. Po przekroczeniu dolnego pułapu i rozpoczęciu wysycania tkanek strzałka skierowana do góry znika. Optymalna dekompresja zachodzi w strefie górnego pułapu – o osiągnięciu tej strefy komputer informuje wyświetlając jednocześnie strzałkę skierowaną w górę i w dół. W przypadku przekroczenia górnego pułapu, skierowana w dół strzałka i alarm dźwiękowy zakomunikują nurkowi, że powinien wrócić z powrotem do strefy górnego pułapu dekompresji.

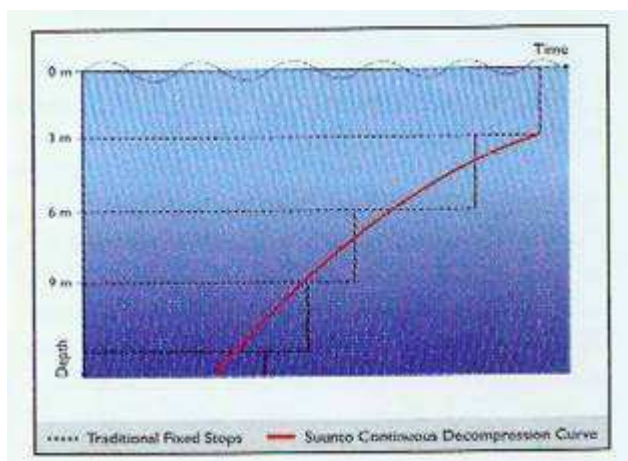
Tradycyjnie, od czasu opracowania przez Haldane'a tabel dekompresyjnych w 1908 roku, dekompresja realizowana była stopniowo, w przystankach na ustalonej głębokości np., 15, 12, 9, 6 i 3 m . Ta praktyczna metoda została wprowadzona na długo zanim zaczęto stosować komputery nurkowe. Jednakże w rzeczywistości podczas wynurzania nurek odbywa dekompresję w postaci serii wielostopniowych mini przystanków dekompresyjnych, co daje w rezultacie łagodniejszą krzywą dekompresji.

Coraz większa moc obliczeniowa mikroprocesorów pozwoliła Suunto na stworzenie dokładniejszego modelu zachowania dekompresyjnego i założenie ciągłej dekompresji zostało uwzględnione przez Suunto podczas pracy nad RGBM.

Wiadomo jest, że podczas wynurzania rośnie gradient ciśnienia we wszystkich tkankach. Oznacza to, że ciśnienie gazu rozpuszczonego w danej tkance wzrosło w stosunku do spadku ciśnienia otoczenia. Jeśli dopuści się, by gradient ten wzrósł zbyt wysoko, może dojść do powstawania mikropęcherzyków, subklinicznych objawów choroby dekompresyjnej lub choroby dekompresyjnej. W fazie wynurzania komputer nurkowy stosuje zawarte w algorytmie informacje, które pozwalają na lepsze kontrolowanie i ograniczanie gradientów ciśnień. Właśnie konieczność ograniczenia gradientów ciśnień dała nazwę modelowi dekompresyjnemu znanemu jako RGBM czyli Reduced Gradient Bubble Model.

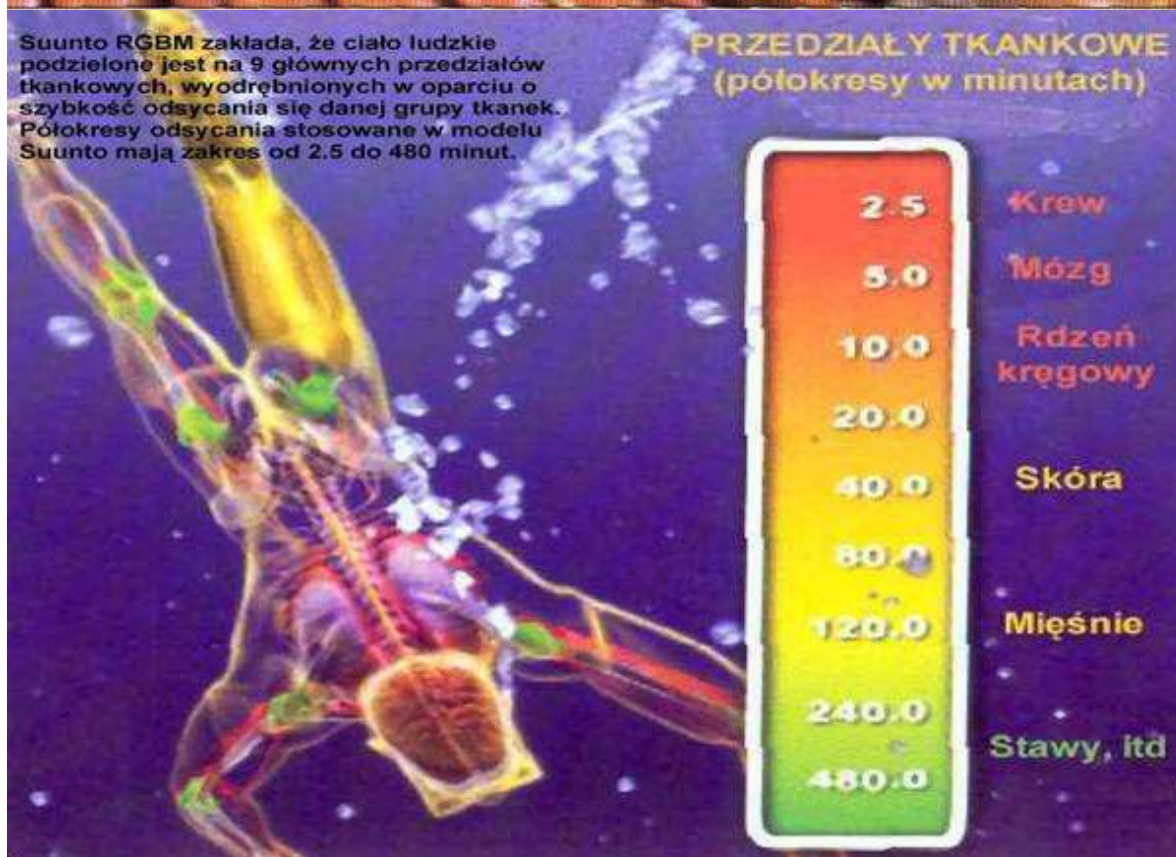
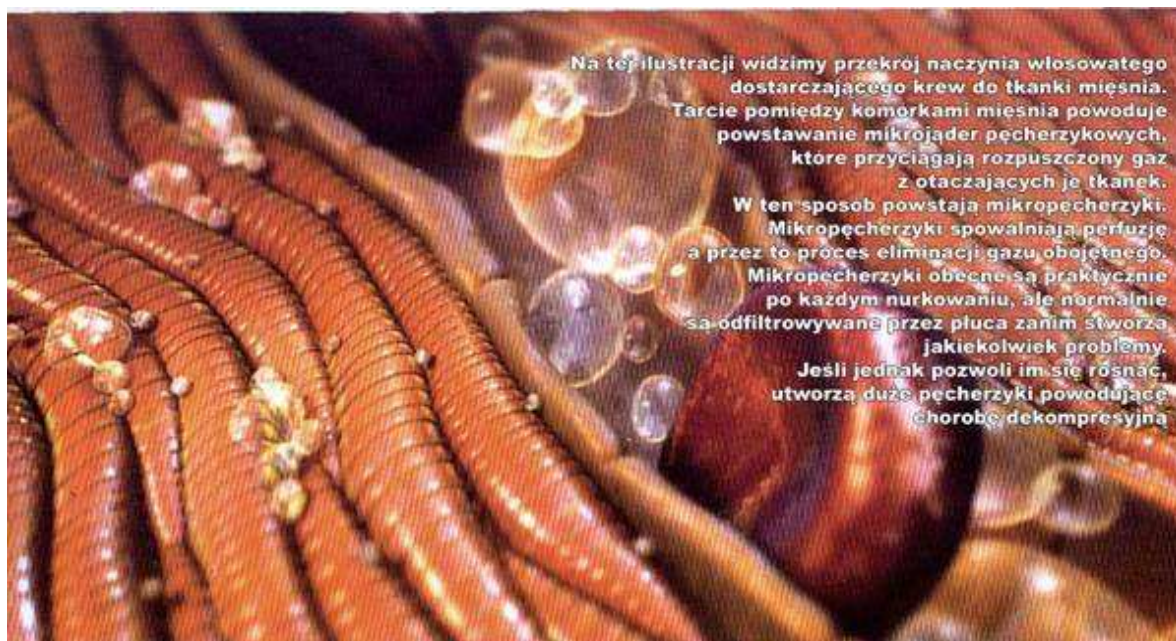


Podstawowym założeniem modelu RGBM jest maksymalizacja wewnętrznego ciśnienia jakichkolwiek pęcherzyków w odniesieniu do prężności gazu w tkankach, aby rozpuścić tworzący pęcherzyki gaz z powrotem w tkankach. Spowoduje to, że w krążeniu żylnym w płucach będzie mniej mikropęcherzyków, dzięki czemu procedura odsycania na przystankach dekompresyjnych mających eliminować gaz w formie rozpuszczonej jest bardziej skuteczna.



Model dekompresji ciągłej stosowany przez komputery Suunto daje łagodniejszą i bardziej naturalną krzywą dekompresji niż tradycyjne metody z ustalonymi głębokościami górnego pułapu dla poszczególnych etapów dekompresji. Nurkowie mogą jednak odbywać dekompresję w sposób tradycyjny na przystankach o określonej głębokości, jeśli taka jest jego preferowana metoda dekompresji.

Podczas każdego wynurzenia z formalnymi przystankami dekompresyjnymi komputery nurkowe Suunto obliczają punkt, przy którym przedziały tkankowe o najwyższym dopuszczalnym nadciśnieniu przekraczają linię ciśnienia otoczenia (czyli w chwili, gdy prężność gazu w tkankach jest większa od ciśnienia otoczenia) i zaczyna się proces odsycania. Punkt ten określany jest jako dolny pułap dekompresji. Powyżej głębokości dolnego pułapu dekompresji i poniżej górnego pułapu znajduje się strefa dekompresji. Zakres strefy dekompresji jest różny, w zależności od profilu nurkowania.



Odsycanie w najszybszej tkance na dolnym pułapie dekompresji lub w jego pobliżu będzie wolne ponieważ gradient zewnętrzny jest niewielki. Wolniejsze tkanki mogą się ciągle nasycać i jeśli da się im wystarczająco dużo czasu, czas obowiązkowej dekompresji może rosnąć, górny pułap dekompresji obniżyć się, a dolny podnosić. Jednak pozostanie na dolnym pułapie przed przejściem w kierunku górnego pułapu ograniczy wzrost mikropecherzyków, utrzymując je w zastanej wielkości. Dolny pułap dekompresji jest miejscem, w którym algorytm Suunto RGBM stara się zmaksymalizować kompresję mikropecherzyków, podczas gdy na pułapie górnym maksymalizuje się odsycanie.

Dodatkową zaletą posiadania informacji o dolnym i górnym pułapie dekompresji jest, że w wodach o dużym falowaniu może być trudno utrzymać dokładną głębokość zapewniającą optymalną dekompresję. Jednak utrzymując głębokość pomiędzy dolnym a górnym pułapem, nurek ciągle odsyca się z gazu obojętnego - choć nieco wolniej - ograniczając jednocześnie ryzyko, że zostanie wyniesiony przez fale powyżej górnego pułapu. Stosowana przez Suunto krzywa ciągłej dekompresji daje również łagodniejszy i dużo bardziej naturalny profil dekompresji niż tradycyjna dekompresja stopniowa.

INSTRUKTORZY NARAŻENI SĄ NA WYSTĄPIENIE ODLEGŁYCH NASTĘPSTW NURKOWANIA, POMIMO BRAKU SYMPTOMÓW BEZPOŚREDNIO PO NURKOWANIACH

Nauka o dekompresji jest procesem ewolucyjnym i cały czas się rozwija. Podstawowe przyczyny występowania choroby dekompresyjnej ustalono już w 1908 roku. W latach 70 rozwój technologii Dopplera pozwolił naukowcom na wykrywanie pęcherzyków tworzących się w ciele nurka. Badanie występowania pęcherzyków metodą Dopplera polegało na odczytywaniu sygnału ultradźwiękowego odbijanego od pęcherzyków w ciele badanego. Odbity sygnał otrzymywany przez urządzenie rejestrujące aparatu Dopplera odtwarzany był w formie trzeszczących dźwięków. Ilość trzasków wskazywała na ilość pęcherzyków. Badanie pozwoliło stwierdzić, że pewna ilość małych pęcherzyków, tzw. mikropęcherzyków obecna jest po każdym nurkowaniu, mimo, że nurkowie nie wykazują praktycznie żadnych objawów choroby dekompresyjnej. Do niedawna niewiele wiedziano na temat zachowania mikropęcherzyków, poza faktem ich istnienia, wykazanym w badaniach Dopplera.



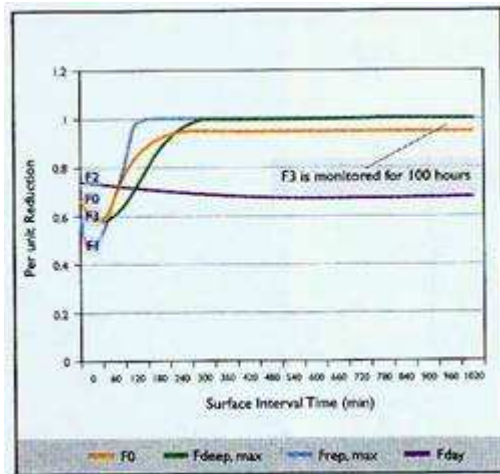
Ustalono także, że gdy pęcherzyki już powstaną, zachowują się bardzo niestabilnie. Posiadają zdolność przyciągania rozpuszczonego gazu z otaczających tkanek, a możliwość wzrostu lub zapadnięcia się mikropęcherzyka zależy od wielu czynników. Czynniki te to napięcie powierzchniowe na powierzchni pęcherzyka, ciśnienie wewnątrz pęcherzyka i ciśnienie otoczenia względem ciśnienia w pęcherzyku.

Wiadomo jest, że u nurka wykonującego kilka nurkowań w ciągu jednego dnia lub serię nurkowań w przeciągu kilku dni może dojść do nagromadzenia większej ilości mikropęcherzyków. Nurek taki będzie miał większą predyspozycję do zachorowania na chorobę dekompresyjną w przypadku dalszych nurkowań. Wiadomo także, że

mikropęcherzyki mogą powodować długoterminowe negatywne następstwa, takie jak zmiany neurologiczne.

Dotyczy to w szczególności osób uprawiających nurkowanie zawodowo, np., instruktorów, którzy wykonują serie nurkowań powtórzeniowych, często z wieloma wynurzeniami w trakcie jednej lekcji.

Wiemy również, że mikropęcherzyki mogą zbierać się w pęcherzykach płucnych, przeszkadzając w wymianie gazowej i spowalniając proces odsycania.



Nurkowania powtórzeniowe – F1 w trakcie przerwy powierzchniowej między nurkowaniami mikropęcherzyki mogą pojawić się w krążeniu żylnym. Wraz z krwią przenoszone są do filtra płucnego, w który mogą ograniczać powierzchnię wymiany gazowej i spowalniać wysycanie. Efekt ten będzie się utrzymywać do czasu, gdy ustanie powstawanie nowych mikropęcherzyków, a pęcherzyki w płucach rozpadną się. Algorytm RGBM Suunto oblicza współczynnik korygujący, uwzględniający ten problem.

Kolejność głębokości – F2. W serii nurkowań RGBM Suunto uwzględnia fakt, że nurkowania powtórzeniowe głębsze od poprzednich stymulują mikrojądra pęcherzykowe do wzrostu. Podczas przerwy powierzchniowej po takim głębszym nurkowaniu RGBM Suunto przelicza dekompresję dla kolejnych nurkowań uwzględniając fakt, że głębokość ostatniego nurkowania była większa od głębokości poprzedzającego go nurkowania.

Nurkowanie wielodniowe – F3. Stan energii istniejących w organizmie mikrojąder pęcherzykowych rośnie wraz z ilością nurkowań w serii (sprężanie i rozprężanie). Zakłada się, że z upływem czasu (dni) wracają one do swojego normalnego stanu energetycznego. Algorytm RGBM Suunto uwzględnia ten fakt, wprowadzając odpowiednie korekty i śledząc przerwę powierzchniową przez okres 100 godzin.

Kombinacja czynników korygujących stosowana jest do przyjętych w Suunto RGBM wartości M, ograniczając dopuszczalny gradient przesylenia i dostosowując odpowiednio obowiązkową dekompresję.

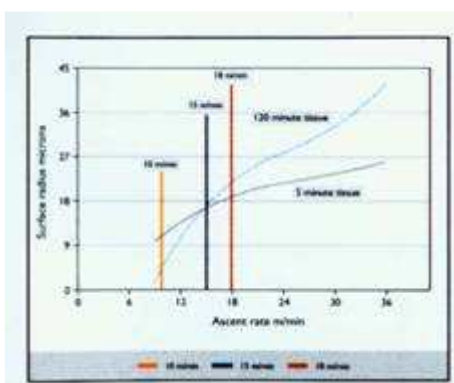
Oprócz tego, w odpowiednich okolicznościach mikropęcherzyki mogą urosnąć do większych rozmiarów, tworząc duże pęcherzyki powodujące chorobę dekompresyjną.

>W związku z tym stwierdzono, że konieczne jest kontrolowanie ilości i wzrostu mikropęcherzyków. Miedzy innymi, niektórzy producenci komputerów wykorzystali bardziej

konserwatywne modele dekompresji, uwzględniające tworzenie się mikropęcherzyków. Przyjęte przez Suunto rozwiązanie mające na celu kontrolę mikropęcherzyków opiera się na mierzeniu wielu czynników, które łącznie mają wpływ na tworzenie się, wzrostu i rozpadu mikropęcherzyków, w zależności od zachowania nurka.. Czynniki te są następnie wykorzystywane do korygowania w czasie rzeczywistym limitów przesylenia poszczególnych tkanek przyjętych dla podstawowego modelu dekompresyjnego w oparciu o faktyczne profile nurkowań. Jeśli zachodzi taka potrzeba, komputer proponuje dłuższe przystanki bezpieczeństwa lub przedłużenie przerwy powierzchniowej,



RGBM SUUNTO KONTROLUJE MIKROPEŁCZERZYKI



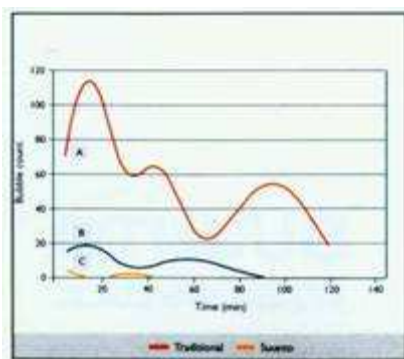
Efektywność wynurzania z prędkością 10 m na minutę wyraźnie widać na niniejszym wykresie przedstawiającym jak znacząco ogranicza się promień pęcherzyka przy zwolnieniu tempa wychodzenia. Wykres pochodzi z : Basic Decompression Theory and Application, Bruce Weinke, strona 56.

W ostatnich latach, zastosowanie mikroskopów elektronowych pozwoliło badaczom zobaczyć mikrojądra pęcherzyków, będące ich zalążkami . Mikrojądra pęcherzykowe mają średnicę zaledwie kilku mikronów.

Odkrycie to pozwoliło badaczom na lepsze zrozumienie zasad tworzenia się i zachowania mikropęcherzyków. Zrozumienie tworzenia się i dynamiki mikropęcherzyków, sposobów ich ograniczenia i kontrolowania było głównym tematem ostatnich prac prowadzonych przez zespół techniczny Suunto.

Model RGBM Suunto potrafi kontrolować zachowanie mikropęcherzyków, zanim przekształcą się one w pęcherzyki powodujące chorobę dekompresyjną. Nurkowie, którzy właściwie śledzą zalecenia komputera nurkowego wykorzystującego model RGBM Suunto, mogą ograniczyć u siebie ryzyko wystąpienia choroby dekompresyjnej i w przypadku większości nurkowań nie będzie wymagało to skrócenia czasu dennego.

KONTROLOWANIE POWSTAWANIA MIKROPECHERZYKÓW PRZY JEDNOCZESNEJ MAKSYMALIZACJI PROCESU WYSYCANIA



Wykres ten przedstawia wpływ przystanków bezpieczeństwa na tworzenie się mikropęcherzyków. „A” to ilość pęcherzyków liczona w czasie po nurkowaniu na 36 m z czasem 25 minut. „B” to dane dla takiego samego nurkowania po dodaniu dwuminutowego przystanku na 3m. „C” to ciągle dane dla tego samego nurkowania ale z jednoninutowym przystankiem na 6 m i czterominutowym na 3m. Jak widać, ilość pęcherzyków została ograniczona 4 do 6 razy. Wnioski: zastosowanie przystanków bezpieczeństwa daje bardzo znaczące ograniczenie fazy wolnej (pęcherzykowej) w krążeniu płucnym. Wykres pochodzi z badań Pilmanis A.A z 1976 r: Intravenous Gas Emboli in Man after compressed Air Ocean Diving.

Wczesne modele Haldanowskie przyjmujące istnienie gazu jedynie w formie rozpuszczonej zakładały, że dla odbycia dekompresji nurek powinien, tak szybko jak to możliwe, wynurzyć się na płytką głębokość, by zmaksymalizować proces wysycania tkanek. Jednak szybkie wynurzenie się na niewielkie głębokości może samo z siebie doprowadzić do powstania mikropęcherzyków. W najlepszym przypadku mogą one utrudnić i spowolnić wysycanie, a w najgorszym spowodować uszkodzenia tkanek. Dlatego konieczne jest zapobieganie tworzeniu się mikropęcherzyków wokół mikrojąder pęcherzykowych oraz utrzymanie jak najmniejszego rozmiaru istniejących już mikropęcherzyków poprzez stosowanie odpowiedniej procedury wynurzania. Jeśli nurek zatrzyma się na głębokości, na której mikropęcherzyki są jeszcze bardzo małe, wysokie napięcie powierzchniowe pomoże zmniejszyć rozmiar pęcherzyka lub spowoduje jego rozpad. Jednak, aby tkanki mogły się wysycić ciągle konieczna jest utrzymanie jak największego możliwego gradientu ciśnień. Dlatego model RGBM Suunto bierze pod uwagę oba te czynniki. Dla gazu rozpuszczonego nurek chce zmaksymalizować gradient ciśnień ale dla mikropęcherzyków konieczne jest utrzymanie wysokiego ciśnienia otoczenia, co można uzyskać pozostając głęboko. Suunto RGBM stara się pogodzić te dwa,

sprzeczne ze sobą wymagania poprzez połączenie wolnego tempa wynurzania i krzywej ciągłej dekompresji.

Wszystko to sprowadza się do właściwego kontrolowania wzrostu prężności gazu obojętnego podczas wynurzania. Dlatego właśnie Suunto przyjmuje 10m/min za maksymalną prędkość wynurzania.

Tłumaczenie : Robert Klein