

Płetwonurek-ratownik [cz. III]

Głębokościomierz - jest urządzeniem mechanicznym (lub elektronicznym), które przekształca wynik pomiaru ciśnienia w odczyt głębokości. Istnieje różnica pomiędzy ciśnieniem głębinowym (podawanym przez głębokościomierz) a ciśnieniem absolutnym. Ciśnieniomierze zwykle wyzerowuje się tak, aby na wysokości poziomu morza podawały odczyt równy zeru, ale jak wiadomo, ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza wynosi jeden bar. Dlatego ciśnienie głębinowe odzwierciedla wzrost ciśnienia od wyjściowej jednej atmosfery (jednego bara) i oznacza się je zwykle symbolem jeden bar (g). Ciśnienie absolutne to prawdziwe ciśnienie, które wywierane jest na nurka na dowolnej głębokości (suma ciśnienia głębinowego i atmosferycznego) i oznacza się je symbolem bar (a).

Głębokościomierze dają prawidłowe pomiary jedynie wówczas, gdy używa się ich w środowisku, do którego zostały dostosowane. Dlatego nurkowie zamierzający pływać w zbiornikach znajdujących się powyżej poziomu morza powinni zaopatrzyć się w głębokościomierze dobrze dobrane i wyzerowane. M

Helioks - sztuczny czynnik oddechowy, będący mieszaniną tlenowo-helową. Mieszaniny te dają możliwość zmniejszenia gęstości czynnika oddechowego, a przez to zredukowania oporów oddechowych. Zastąpienie azotu heliem eliminuje także narkozę azotową. Hel jest również siedem razy rzadszy niż azot. Wadą helioksu jest 5,7 razy większa od azotu przewodność cieplna, łatwa dyfuzyjność oraz wywoływanie zakłóceń mowy. Oddechowa i skórna utrata ciepła pogłębia się stopniowo, wraz z rosnącą głębokością. Niezbędne jest podgrzewanie mieszanin i stosowanie ogrzewanych skafandrów.

W połowie lat 60., podczas nurkowań helioksowych przeprowadzonych na głębokościach w granicach 200 m, stwierdzono występowanie zespołu neurologicznego wysokich ciśnień (HPNS), nie zaś - jak oczekiwali niektórzy - narkozy helowej. Zespół ten znacznie ograniczył głębokość nurkowań z helioksem.

Helioksowe nurkowania saturowane przeprowadzono w Polsce po raz pierwszy w 1995 roku, przy instalowaniu głowic do wydobywania ropy naftowej z dna Bałtyku. Odbyły się dwa nurkowania do głębokości 80 m. w

Hiperbaryczny system nurkowy - system nurkowy, w którym organizm nurka podlega bezpośredniemu oddziaływaniu zależnego od głębokości nadciśnienia.

Techniczna realizacja hiperbarycznych systemów nurkowych odpowiada kolejnym fazom nurkowania:

- zanurzenie - kompresja,
- pobyt w toni wodnej lub pobyt pod ciśnieniem,
- wynurzenie - dekompresja.

Konstrukcja i techniczne zabezpieczenie systemu nurkowego zależy z kolei od:

- głębokości roboczej,
- metody nurkowania,
- rodzaju czynnika oddechowego,
- sposobu i metody dekompresji.

Uwzględniając te czynniki i przede wszystkim mając na uwadze bezpieczeństwo nurkowania, w procesie projektowania określonego systemu nurkowego należy koniecznie uwzględnić:

- 1) możliwość przygotowania nurkowania i pracy pod wodą zgodnie z wymaganiami technologii nurkowania i prac podwodnych,
- 2) kontrolę zanurzenia lub kompresji nurka,
- 3) kontrolę i nadzór pobytu nurka na głębokości pracy,
- 4) przeprowadzenie wynurzenia zgodnie z wymaganiami używanych tabel dekompresji,
- 5) typowe procedury awaryjne i rekompresję leczniczą,
- 6) odporność techniki i organizacji na stany i sytuacje awaryjne,

7) utrzymanie założonych parametrów nurkowania z określoną dokładnością.

Przy prawidłowym i niezawodnym funkcjonowaniu technicznych, organizacyjnych i medycznych elementów dowolnego hiperbarycznego systemu nurkowego bezpieczeństwo nurkowania jest generalnie funkcją dekompresji, przy czym trzeba pamiętać, że na obecnym etapie rozwoju medycyny podwodnej proces ten nie jest jeszcze ostatecznie poznany i opanowany.

Hiperwentylacja - zbyt szybkie i głębokie oddychanie, które prowadzi do obniżenia poziomu dwutlenku węgla w organizmie.

Hipotermia - czyli wychładzanie organizmu ludzkiego, jest główną przyczyną wypadków nurków, a także innych osób narażonych na zimno. Organizm ludzki bardzo intensywnie broni się przed obniżeniem temperatury wnętrza ciała, podczas gdy temperatura powierzchni może się zmieniać. Obniżenie temperatury wnętrza ciała w zakresie 37-35°C powoduje odczucie zimna, dreszcze, przyspieszoną pracę serca, potrzebę oddania moczu i lekki spadek koordynacji ruchów rąk. Przy dalszym obniżeniu temperatury-w zakresie 35-32°C-pojawia się postępujące pogorszenie koordynacji, ruchy stają się niezdarne, następuje spowolnienie i ustąpienie dreszczy, osłabienie, apatia, zmieszanie, wypowiedane słowa zaczynają się zlewać. Spadek temperatury wnętrza ciała poniżej poziomu od 32,2 do 29,4°C wywołuje zanik dreszczy, niezdolność wykonywania poleceń, paradoksalną chęć rozbierania się, zanik widzenia i dalsze rozproszenie, prowadzące do śpiączki. Przy temperaturze poniżej 29,4°C występuje sztywność mięśni, spadek ciśnienia krwi i tętna, rozszerzenie źrenic, początek śmierci klinicznej. Przy 25°C następuje początek wyrównywania ciepłoty ciała z temperaturą otoczenia. Najniższa zanotowana temperatura wnętrza ciała, przy której udało się uratować ofiarę wypadku, wynosiła 18°C.

Klasyczne modele dekompresji - bazują na pracy Haldanesa i wprowadzają następujące założenia:

- nurkowanie z użyciem powietrza powoduje rozpuszczenie azotu w tkankach nurka. Krytyczną kwestią jest ilość azotu zatrzymana w tkankach aż do momentu przed wynurzeniem,
- pierwsze oznaki to powstanie pęcherzyków w tkankach. Choroba dekompresyjna jest traktowana jako całość, a II jej typ uważa się za pogorszenie typu I,
- proces dekompresji polega na kontrolowaniu ilości gazu rozpuszczanego w tkankach, tak aby uniknąć powstawania pęcherzyków.

Zgodnie z tym modelem ryzyko powstania choroby dekompresyjnej jest zależne od ilości rozpuszczonego gazu. Im głębiej się nurkuje i/lub dłużej pozostaje na danej głębokości, tym większa ilość gazu rozpuszcza się w tkankach i co za tym idzie - tym większe jest ryzyko powstania choroby dekompresyjnej.

Ta znana zależność wpłynęła na ograniczenie liczby krótkotrwałych nurkowań głębokich. Jest to dla nurka zachętą do wprowadzania w dekompresji marginesów bezpieczeństwa i główną przyczyną stosowania trzyminutowego, dodatkowego przystanku dekompresyjnego.

Istnieje duża różnorodność modeli wymiany gazów i kryteriów stosowanych w kontroli powstawania pęcherzyków,

Kobiety nurkujące - kojarzą się najczęściej z nurkującymi paniami z Japonii i Korei, gdzie nazywano je Ama. Nikt nie wie, co spowodowało, że setki lat temu właśnie Ama zastąpiły nurkujących mężczyzn. Niektórzy twierdzą, że sprawiła to lepsza tolerancja zimna, inni, że przekonanie o negatywnym wpływie nurkowania na płodność mężczyzn. Dzisiaj na trzech szkolonych w nurkowaniu przypada jedna pani.

Charakteryzując kobietę jako nurka należy pamiętać, że:

- zdolność termoizolacyjna tkanek kobiecych jest większa o 10%, co w połączeniu z redukcją przepływu krwi przez skórę o 30% pozwala na przebywanie w wodzie o temperaturze niższej niż próg wystąpienia drżeń mięśniowych;

- kobiety mają proporcjonalnie słabszą budowę ciała, odpowiednio mniejsze płuca, potrzebują mniej tlenu i produkują mniej dwutlenku węgla. Mogą więc stosować odpowiednio lżejszy sprzęt i używać mniejszego zapasu powietrza. Noszone przez nie kamizelki powinny mieć więc właściwą objętość, a pletwy trzeba dobrać tak, by nie było konieczności stosowania skarpetek. Konstrukcja skafandra i maski winna uwzględniać kształty kobiecej figury ;
- kobiety mają lepszą zdolność ograniczania przepływu krwi przez kończyny. Mają też mniejszą liczbę gruczołów potowych. Efektem jest mniejsza utrata ciepła i jednocześnie większą wyporność, co czyli kobiecy organizm lepiej przystosowanym do nurkowania. Niestety, z tych samych powodów kobiety są bardziej podatne na przegrzanie czy udar słoneczny;
- miesiączkowanie nie upośledza czynności organizmu. Utrata krwi wynosi tylko od 50 do 150 ml, a zagrożenie atakami rekinów trzeba raczej włożyć między bajki, bowiem krew miesiączkowa, zawierająca produkty hemolizy i złuszczone komórki, nie służy jako wabik rekinów. Nie udokumentowano zdarzeń tego typu. Obrzęk błon śluzowych w czasie miesiączki i przed nią może natomiast utrudniać wyrównywanie ciśnienia w uszach i sprzyjać występowaniu urazu ciśnieniowego zatok. Na kongresie EUBS w Mediolanie (1996 r.) przedstawiono pracę, z której wynikało, że 25% przypadków choroby dekompresyjnej u kobiet przypada na okres menstruacji;
- tabele dekompresyjne były przygotowywane i testowane dla populacji zdrowych mężczyzn, a nie kobiet, mających możliwość absorpcji większej ilości azotu;
- stosowanie implantów piersi wiąże się z występowaniem zjawisk związanych z obecnością przestrzeni gazowych w starych implantach i zmianą ich objętości w różnych fazach nurkowania. Współczesne implanty nie mają wolnych przestrzeni, ale mogą powiększać swoją objętość o ok. 4% w nurkowaniach standardowych i aż 7-47% w nurkowaniach saturowanych;
- panuje powszechna zgodność co do zagrożeń związanych z nurkowaniem w czasie ciąży i konieczności przerwania nurkowania na okres dziewięciu miesięcy. Potencjalne problemy w tym okresie to:

- 1) nudności i wymioty, charakterystyczne dla pierwszego trymestru ciąży,
- 2) ograniczona wydolność oddechowa,
- 3) konkurencja krążenia matki i krążenia płodowego,
- 4) zmieniona czynność układu вегетatywnego,
- 5) obrzęk śluzówek (barotrauma ucha lub zatok),
- 6) ograniczenia sprzętowe (pasy, kombinezony, ciężarki).

Na sympozjum UHMS poświęconym nurkującym paniom przypomniano, że nurkowanie może spowodować uszkodzenia płodu (jego odporność na pęcherzyki jest zmniejszona brakiem filtra płucnego) i że ciąża zwiększa podatność na chorobę dekompresyjną i ryzyko martwego porodu. To ryzyko może jeszcze nasilić rekompresja.

Komora dekompresyjna - zbiornik ciśnieniowy (lub zestaw zbiorników) wyposażony w urządzenia umożliwiające długotrwale przebywanie nurków pod ciśnieniem oraz przeprowadzanie dekompresji według przyjętego sposobu. Jest podstawowym elementem wyposażenia, powszechnie stosowanym w technice nurkowej.

Każda komora dekompresyjna lub utworzone z nich zespoły komór działają w systemach nurkowych zwanych kompleksami hiperbarycznymi lub nurkowymi, które stanowią odpowiednio skompletowaną i konstrukcyjnie połączoną w całość technikę do prowadzenia nurkowań.

Dokonując porównania zróżnicowanych konstrukcji komór, ich wyposażenia i współdziałania w systemach nurkowych, można stworzyć określone podziały. Przyjmując najbardziej podstawowe kryteria, rozróżnia się następujące komory dekompresyjne:

- w zależności od podstawowych wymiarów geometrycznych: małe, średnie i duże,

- w zależności od liczby przedziałów i wzajemnego ustawienia: jednoprzędziałowe, dwuprzędziałowe i wieloprzędziałowe w przypadku różnych ustawień i współpracy poszczególnych komór w kompleksie),
- w zależności od przeznaczenia: treningowe, naukowo-badawcze, operacyjne, lecznicze, transportowe, ratownicze i spełniające kilka funkcji jednocześnie,
- w zależności od umiejscowienia: stacjonarne, przenośne i przewoźne,



- w zależności od sposobu współpracy z dzwonami nurkowymi: z bocznym lub górnym posadowieniem dzwonu,
- w zależności od cech konstrukcyjnych, m.in. średnic wjazdów.

Należy zaznaczyć, że niezależnie od przeznaczenia i funkcji, jaką dana komora spełnia, musi ona umożliwiać prowadzenie rekompresji leczniczej.

Komora dekompresyjna lecznicza i transportowa - służy przede wszystkim do wykonywania dekompresji leczniczych oraz transportowania chorych nurków do wyspecjalizowanych kompleksów stacjonarnych, gdzie uzyskają kwalifikowaną pomoc medyczną. Wyposażenie techniczne tego typu komór umożliwia przemieszczanie nurka pod takim samym ciśnieniem, jakie panowało w chwili wypadku lub prowadzenie rekompresji leczniczej zgodnie z przyjętymi tabelami dekompresyjnymi,

Komora dekompresyjna operacyjna - przeznaczona jest do zabezpieczania prac podwodnych o charakterze przemysłowym. Zespoły hiperbaryczne tego typu mogą być posadowione bezpośrednio na wieżach wiertniczych, statkach-bazach nurkowych lub w stacjonarnych bazach lądowych.

Kompleksy te zapewniają również prowadzenie rekompresji leczniczych oraz leczenie chorób nurkowych powstałych podczas wykonywania prac.

Komora dekompresyjna ratownicza - umożliwia ewakuację z miejsca zagrożenia nurka będącego pod ciśnieniem. Konstrukcja tych urządzeń umożliwia przemieszczanie nurka za pomocą odpowiednich łączników np. z kompleksu lub dzwonu nurkowego bezpośrednio do komory ratowniczej.

Najczęściej eksploatowanymi obecnie stacjonarnymi kompleksami hiperbarycznymi są:

- DGKN-120 w Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni, umożliwiający prowadzenie nurkowań do głębokości 120 m, o nieograniczonym czasie działania. Spełnia wiele funkcji jednocześnie, w tym służy do eksperymentów i prac naukowo-badawczych zarówno z powietrzem, jak i ze sztucznie sporządzanymi mieszaninami oddechowymi,
- LSH-200 w Instytucie Medycyny Morskiej i Tropikalnej w Gdyni, umożliwiający nurkowania do głębokości 200 m, również o nieograniczonym czasie działania. Kompleks ten służy przede wszystkim do prowadzenia eksperymentów i badań naukowych o charakterze medycznym. Ze względu na włązy o średnicach nie przekraczających 700 mm występuje ograniczenie w badaniach techniki nurkowej.

Kompas do nurkowania - zarówno typu suchego, jak i wypełniony cieczą, jest wyjątkowo przydatnym przyrządem, szczególnie przy małej widoczności i nurkowaniu w określonym celu.

Kompasy wypełnione cieczą składają się z magnetycznego dysku i strzałki, znanej jako róża kompasowa, umieszczonej na podpórce. Róża jest częściowo wspierana przez ciecz, aby zredukować ciężar na podpórce i zamortyzować jej ruch, co w konsekwencji ułatwia odczytywanie pomiaru. Kompasy te nie ulegają wpływom ciśnienia.

Kompasy suche są podobne do kompasów wypełnionych cieczą, jednak róża kompasowa nie ma zamontowanego pływaką, co tak jak i brak cieczy czyni ją dużo lepszą. Róża kompasowa ma tendencję do większych drgań, a kompas ulega wpływom ciśnienia i jest mniej dokładny. Kompasy są instrumentami precyzyjnymi, trzeba o nie właściwie dbać. Nie powinno się ich wystawiać na działanie ciepła i należy chronić je przed słońcem.

Lampa nurkowa - lampa podwodna; lampa w wodoszczelnej obudowie odpornej na wysokie ciśnienie hydrostatyczne. W zależności od potrzeb i lokalnych możliwości stosowane są lampy podwodne ręczne, zasilane z suchej baterii albo lampy nahełmowe i stałe (podwieszane w miejscu pracy nurka), zasilane prądem doprowadzanym za pomocą kabla z bazy nurkowej,

Light stick - świecąca ampułka; plastikowa ampułka, w której po złamaniu następuje mieszanie dwu substancji. W wyniku reakcji chemicznej otrzymujemy silne źródło światła na kilka godzin.

Mieszaniny nitroksowe - od piętnastu są lat stosowane podczas nurkowań sportowych. W 1970 roku dr Morgan Wells rozpoczął eksperymenty z użyciem wzbogaconego w tlen powietrza (nitroks - mieszanina azotu i tlenu, potocznie określana jako „mieszanina przetleniona”). Jego badania zaowocowały opracowaniem tabel dekompresyjnych dla standardowego nitroksu typu NOAAI (w 1990 roku powstała tabela dla NOAAII).

Zastosowanie do nurkowań „przetlenionego powietrza” daje wiele korzyści:

- zwiększenie czasu bezdekompresyjnej pracy na danej głębokości,
- skrócenie wymaganego czasu dekompresji,
- zmniejszenie zawartości rozpuszczonego w tkankach azotu, co pozwala na skrócenie wymaganego czasu odpoczynku pomiędzy kolejnymi nurkowaniami,
- zmniejszenie toksycznego działania azotu (dla powietrza efekt narkotycznego oddziaływania azotu odczuwany jest zazwyczaj już poniżej 30 m),
- zmniejszenie zużycia czynnika oddechowego, co pozwala zabezpieczyć dłuższy czas ochronnego działania aparatu nurkowego z otwartym obiegiem czynnika oddechowego (efekt ten u nurków wynosi średnio 10%),
- zmniejszenie możliwości poważnych komplikacji po zaistnieniu urazu ciśnieniowego płuc (mniejsze objawy zatorów gazowych),
- zmniejszenie u nurków efektów zmęczenia w porównaniu z nurkowaniami powietrznymi.

Zastosowanie nitroksu dało szansę na nurkowanie ludziom mniej wydolnym i w podeszłym wieku. Dzięki swym zaletom mieszaniny NOAAI i NOAAII zyskały nowe potoczne określenie „bezpieczne powietrze”.

Należy również zwrócić uwagę na fakt, że nitroks wykorzystywany jest do zwiększenia skuteczności i bezpieczeństwa nurkowań jedynie na małych i średnich głębokościach, ale stosuje się go także jako jeden z czynników oddechowych podczas dekompresji po nurkowaniach głębokich oraz jako czynnik oddechowy w rekompresji leczniczej.

Mieszanka domowa - potoczne określenie nitroksu sporządzonego dla nurkowań rekreacyjnych w sposób uproszczony. Zależy od matematycznych obliczeń składu procentowego mieszaniny.

Mieszanka gazowa (mix) - często nazywana mieszanką specjalną lub po prostu gazem, oznacza gaz służący do nurkowania inny niż powietrze: trymiksy tlenowe, helowe i azotowe, mieszanki tlenu z innymi gazami obojętnymi (helem, neonem, azotem) oraz mieszanki wzbogaconego powietrza. Mieszanki dostarczane za pośrednictwem rebreatherów o obiegu zamkniętym także są mieszankami specjalnymi.

Mieszanka pośrednia - mieszanka gazowa używana podczas fazy dekompresji. Na dzień dzisiejszy większość akcji na mieszankach przeprowadzana jest według planowanej procedury dekompresyjnej opierającej się na jednym lub większej liczbie nitroksów wzbogaconego powietrza podczas dekompresji i końcowym użyciu czystego tlenu na przystankach 6 m i 3 m, co ma w maksymalnym stopniu wyeliminować hel i maksymalnie zwiększyć parcjalne ciśnienie tlenu. Wzbogacone powietrze i/lub tlen są często używane w celu dekompresji podczas szeroko zakresowych nurkowań powietrznych.

Mocowanie linek do bójek - powinno wykluczać ich przypadkowe obluźowanie się lub odwiązanie. Zaleca się, by wiązać linki przez otwory wykonane bezpośrednio w bójkach lub przez te otwory przeprowadzać przetyczki i wokół nich wiązać linkę.

Mocowanie linek do nurka - nie może utrudniać jego ruchów i stanowić zagrożenia. Linki powinny być przymocowane w taki sposób, aby pozostały na nurku w przypadku zrzucenia przez niego całego wyposażenia, łącznie z aparatem, oraz aby nie utrudniały zrzucenia tego wyposażenia, zwłaszcza pasa balastowego. Najlepiej jest mocować je do specjalnego pasa biodrowo-naramiennego lub wokół piersi, zawiązując węzłem bezpiecznym, nie zaciskającym się. Linki łącznikowe pary należy mocować do przedramienia. Żadnych linek, również linek łącznikowych pary, nie wolno mocować do nadgarstka.

Model mikropęcherzyków - w teorii dekompresji kładzie nacisk na możliwe oddziaływanie mikropęcherzyków gazowych powstających w początkowej fazie wynurzenia.

Podstawę modelu tworzą następujące założenia:

- mikropęcherzyki powstałe podczas kawitacji zawierają większą ilość gazu, zatem dyfuzja wymaga więcej czasu,
- należy się spodziewać, że mikropęcherzyki mogą dotrzeć do tkanek, które są przesycone gazem.
- krążące mikropęcherzyki, z uwagi na ich mały rozmiar, przechodzą swobodnie przez płucny filtr, a następnie kilkakrotnie zwiększają w tkankach swoją objętość, aż staną się normalnymi pęcherzykami. Pęcherzyki te mogą później spowodować problemy dekompresji.

Wynika z tego praktyczny wniosek - nurek powinien wynurzać się do pierwszego przystanku wolniej, niż odbywa się to obecnie. W konsekwencji współczesne tabele dekompresyjne zalecają przy wynurzaniu do pierwszego przystanku stopniowanie prędkości od 9 do 12 m/min.

Model pęcherzyków tętniczych - został wprowadzony dla wyjaśnienia poważnych przypadków choroby dekompresyjnej. Spowodowało to, że choroba dekompresyjna przestała być traktowana jako całość, ale raczej jako choroba dwupostaciowa.

Typ pierwszy odnosi się do krytycznej ilości gazu w tkankach - jest prawdopodobne, że pęcherzyki rozwijające się w tkance łącznej lub w ścięgnach są odpowiedzialne za powstawanie bólu.

Mechanizm II typu choroby dekompresyjnej można pokrótce opisać następująco:

- pęcherzyki, które normalnie powstają podczas rozprężania w podłożu naczyniowym, są

przenoszone przez system naczyń żylnych i odfiltrowane w płucach. Filtracyjna rola płuc jest bardzo istotna w wyławianiu i usuwaniu pęcherzyków, gdyż umożliwia to odgazowanie ustroju nurka i jego wypłynięcie na powierzchnię;

- istnieje prawdopodobieństwo dojścia pęcherzyków do mózgu lub do rdzenia kręgowego. Skoro rdzeń kręgowy ochrania tkanki neurologiczne i działa jak rezerwuuar gazu, to pęcherzyk może rozpocząć wzrost, powodując głównie zmiany w ukrwieniu, co w końcu prowadzi do niedotlenienia.

Tworzenie się pęcherzyków tętniczych może być skutkiem stosowania pewnych praktyk nurkowych: nurkowania zmienno głębokościowego lub metody dekompresji powierzchniowej.

Cdn.

opr. m.s.

fot. Wojciech Krajewski