

W trosce o bezpieczeństwo nurkujących

Czynności ratownicze wykonywane przez nurków wiążą się z dysponowaniem tej grupy strażaków-ratowników, jak również nadzorem położonych różnych szczebli nad ich działaniami. Nurkowanie jest w straży pożarnej na tyle młodą dziedziną ratownictwa, że przełożeni nie zawsze mają dostateczną wiedzę w tym zakresie. Wyobrażenia o pracy pod wodą wynoszą głównie z filmów przyrodniczych o podwodnej florze i faunie. Jest to jednak obraz bardzo złudny. Warunki, w których realizuje się takie filmy, z reguły nie występują w miejscach akcji ratowniczych. Nurek uczestniczący w akcji ratowniczej nie jest obserwatorem kolorowych rybek, lecz najczęściej musi przezwyciężać całkowitą ciemność, prądy wody, zimno i mechaniczne przeszkody, bardzo często znajdujące się w naszych akwenach.

Nurkowanie, oprócz wielu wyzwań i niezapomnianych wrażeń, niesie ze sobą duże zagrożenie dla życia i zdrowia.

Pisząc ten tekst, pragnę przybliżyć osobom nadzorującym działania ratownicze pletwonurków warunki pracy i niebezpieczeństwa, z którymi nurkowie spotykają się pod wodą.

Osoby zanurzające się pod wodę w aparatach do oddychania narażone są na tzw. choroby nurkowe. Spowodowane są one oddziaływaniem ciśnienia hydrostatycznego, zwiększającego się wraz ze wzrostem głębokości, na której przebywa nurek. W przybliżeniu ciśnienie otaczające pletwonurka wzrasta o jedną atmosferę z każdymi dziesięcioma metrami zanurzenia.

Przy powszechnie stosowanych technikach nurkowie mogą zanurzać się na głębokość do 60 metrów. Oznacza to poddanie swojego organizmu ciśnieniu 6 atmosfer (bar), a więc takiemu, które panuje w oponach największych samochodów ciężarowych.

Człowiek przez tysiące lat przystosował się do funkcjonowania organizmu w warunkach ciśnienia atmosferycznego. Jego organizm nie jest więc przygotowany do przebywania w warunkach wyższych ciśnień. Sprężanie organizmu do ciśnień wielokrotnie większych od atmosferycznego jest możliwe jedynie dlatego, że ciało ludzkie w znacznej części składa się z wody, która jest cieczą nieściśliwą. Nie odbywa się to jednak bez szkody dla fizjologii organizmu. Destrukcyjne oddziaływanie podwyższonego ciśnienia na organizm ma podłoże głównie w prawach gazowych, jak również w fizycznym oddziaływaniu sprężonych gazów na ciecze (płyny ustrojowe). Można zadać pytanie, skąd w organizmie biorą się sprężone gazy? Wraz z oddziaływaniem ciśnienia na organizm sprężane są oczywiście wszystkie rodzaje tkanek, od tkanek kostnych, szpiku kostnego, po krew i inne płyny ustrojowe. Ciało człowieka zawiera jednak przestrzenie, w których znajduje się gaz - są to górne drogi oddechowe, zatoki i płuca. Gaz znajdujący się w tych obszarach podczas nurkowania oczywiście również ulega sprężeniu. To właśnie ten sprężony gaz oddziałuje na krew znajdującą się w płucach, a za jej pośrednictwem na wszystkie pozostałe tkanki.

Funkcjonariusze lub członkowie ochotniczych straży pożarnych, którzy bezpośrednio wykonują czynności nurkowania, z założenia mają odpowiednio wyszkolenie i jednocześnie stosowną wiedzę na temat zagrożeń dla zdrowia, jak również zapobiegania ich skutkom.

Pośród wielu zagrożeń zdrowotnych, na które narażeni są pletwonurkowie, dwa zalicza się do zagrożeń śmiertelnych. Jednym z nich jest barotrauma (uraz ciśnieniowy) płuc, zwana również chorobą pseudokesonową.

W normalnych warunkach fizjologicznych powietrze podczas oddychania przepływa w kierunku płuc przez oskrzela i oskrzeli-

ki na skutek podciśnienia wytwarzanego wewnątrz klatki piersiowej przez mięśnie oddechowe. Tlen zawarty we wdychanym powietrzu na drodze dyfuzji przechodzi w płucach do krwi, znajdującej się w naczyniach włosowatych pęcherzyków płucnych. W odwrotnym kierunku, z krwi do powietrza, przechodzi dwutlenek węgla.

Podczas nurkowania nacisk na klatkę piersiową związany z ciśnieniem hydrostatycznym jest na tyle duży, że mięśnie oddechowe nie są w stanie wytworzyć w płucach podciśnienia, co uniemożliwia wykonanie wdechu.

W tych warunkach oddychanie powietrzem z aparatów do nurkowania jest możliwe jedynie dzięki temu, że podają one do ustnika, a jednocześnie do całych dróg oddechowych, powietrze o ciśnieniu równym ciśnieniu hydrostatycznemu panującemu na danej głębokości. Ponieważ ciśnienie hydrostatyczne jest równe ciśnieniu powietrza podawanego do płuc, równoważą się one wzajemnie. Z tego powodu możliwe jest wytworzenie ujemnego ciśnienia w klatce piersiowej i wypełnienie płuc powietrzem. Osoba znajdująca się pod wodą nie odczuwa żadnych niedogodności w oddychaniu i proces ten nie różni się od oddychania za pomocą aparatu na powierzchni.

Z punktu widzenia fizyki istnieje zasadnicza różnica pomiędzy bezwzględną objętością powietrza, którą pletwonurek wdycha do płuc na powierzchni i zanurzony na pewnej głębokości. Pod powierzchnią wody oddycha on powietrzem o ciśnieniu znacznie przewyższającym ciśnienie atmosferyczne, wynoszącym do kilku atmosfer fizycznych. W procesie oddychania człowiek za każdym wdechem pobiera odpowiednią objętość powietrza, np. 1 litr. Pletwonurek znajdujący się na głębokości 40 metrów pobiera do płuc także 1 litr powietrza, lecz jest ono sprężone do ciśnienia 5 atmosfer. Podczas wynurzania następuje zmniejszanie się ciśnienia hydrostatycznego i powietrze w płucach rozpręża się, zwiększając jednocześnie swoją objętość. Powoduje to napór na wewnętrzną powierzchnię pęcherzyków płucnych, które są organem niezmiernie delikatnym. Ciśnienie wynoszące zaledwie 0,1 atm może już spowodować ich fizyczne zniszczenie (rozerwanie). Po zniszczeniu pęcherzyka następuje zassanie do krwiobiegu powietrza w postaci pęcherzyka gazu. Poprzez serce krew wraz z pęcherzykami powietrza tłoczona jest do całego organizmu. Przedostanie się takiej krwi do naczyń wieńcowych serca lub do mózgu może być przyczyną groźnych dla życia zatorów, prowadzących do niedotlenienia fragmentów mózgu, serca lub innych organów, mogących być przyczyną bardzo poważnych dolegliwości, a nawet śmierci.

Do urazu ciśnieniowego płuc dochodzi w trakcie nurkowania w aparatach oddechowych w momencie, gdy podczas wynurzania rozprężające się w płucach powietrze nie może opuścić płuc na drodze fizjologicznego wydechu. Może to mieć miejsce podczas:

- świadomego zatrzymania powietrza w czasie wyciągania z głębokości osób lub przedmiotów (zatrzymany oddech wzmacnia mięśnie obręczy barkowej i podczas wysiłku na powierzchni jest odruchowo powszechnie stosowany).

- fizjologicznego zatrzymania powietrza w czasie wynurzania się, np. skurcz krtani po zachłyśnięciu się wodą,

- zbyt szybkiego wynurzania, podczas którego szybko rozprężające się powietrze nie zdąży opuścić płuc przez górne drogi oddechowe,

- awarii aparatu oddechowego, w trakcie której następuje nagłe zwiększenie ilości lub ciśnienia podawanego powietrza.

Wbrew powszechnemu wyobrażeniu najbardziej niebezpieczne z punktu widzenia zagrożenia urazem ciśnieniowym płuc jest wynurzanie się z bardzo małych głębokości. Znane są przypadki tej choroby przy wynurzeniu się z głębokości około 2 metrów. Wiąże się to z większym procentowo przyrostem ciśnienia i związanej z tym jego objętości na niewielkich głębokościach. Wynurzenie się nurka o 10 metrów z głębokości 50 m do 40 m zwiększa objętość powietrza w płucach o 20%. Wykonanie tej samej czynności z głębokości 10 metrów na powierzchnię, - o 100%.

Zapobieganie powstawaniu urazu ciśnieniowego płuc skupia się głównie na wyćwiczeniu u nurka odruchu łączenia wynurzenia z prowadzeniem wydechu oraz nieprzekraczalna prędkości wynurzenia wynoszącej 20 metrów na minutę.

Uraz ciśnieniowy płuc charakteryzuje się ostrym bólem za mostkiem, kaszlem z odkrztuszaniem krwiopełniającej płwociny, krwawieniem z jamy ustnej oraz dusznością, przyspieszonym tętnem i sinicą. W cięższych przypadkach może dojść do powstania odmy podskórnej. Powietrze z rozerwanych pęcherzyków płucnych przemieszcza się pod skórę i wypełnia najczęściej okolice nadobojczykowe, co przy uciskaniu charakteryzuje się specyficznym trzeszczeniem. Mogą wystąpić również objawy zatorów i niedokrwienia różnych organów. Jeżeli dotyczyć to będzie mózgu, wystąpią objawy neurologiczne, jak bóle i zawroty głowy, zaburzenia widzenia, spadek ciśnienia krwi, zwolnienie tętna, porażenie kończyn. drgawki, nagłą utratą świadomości. W przypadku nawet najlżejszych objawów obowiązuje postępowanie jak z ciężko chorym.

Jedyną skuteczną metodą leczenia jest jak najszybsze sprężenie poszkodowanego w komorze hiperbarycznej (dekompresyjnej) oraz zastosowanie odpowiednio długiej rekompresji leczniczej. Mechanizm usuwania pęcherzykowatego powietrza z tkanek polega na tym, że gazy mają zwiększoną rozpuszczalność w cieczach w podwyższonym ciśnieniu. W trakcie sprężania organizmu pęcherzyki powietrza rozpuszczają się głównie we krwi i powietrze w dalszym etapie wydzielane jest przez płuca, przy powolnym rozprężaniu.

Odwlekanie decyzji natychmiastowego dostarczenia poszkodowanego do komory dekompresyjnej może w każdej chwili doprowadzić do nagłej utraty świadomości, a nawet zgonu.

Dla zobrazowania zagrożenia należy ponadto stwierdzić, że lekarz, który nie miał styczności z chorobami nurkowymi, nie jest w stanie prawidłowo rozpoznać choroby i zazwyczaj stosuje się wówczas do zasady

umieszczania poszkodowanego w szpitalu na tzw. obserwacji. Jest to sprzeczne z regułą bezwzględnie szybkiego dostarczenia chorego do komory dekompresyjnej.

Na terenie kraju znajduje się właściwie jedna profesjonalna komora dekompresyjna z obsługą medyczną - w Zakładzie Medycyny Hiperbarycznej i Ratownictwa Morskiego Instytutu Medycyny Morskiej i Tropikalnej w Gdyni-

Na zakończenie chciałbym podać przykład, jak realne jest opisane zagrożenie. W trakcie Mistrzostw Polski Strażaków-Płetwonurków zorganizowanych przez Komendę Wojewódzką PSP w Kaliszu w 1995 roku miał miejsce wypadek zawodnika z urazem ciśnieniowym płuc, jednak w tym przypadku udało się, pomimo sprzeciwu lekarza wojewódzkiego, śmigłowcem przetransportować poszkodowanego do Gdyni i uratować mu życie.

Właściwość zwiększania się rozpuszczalności gazów w cieczach pod zwiększonym ciśnieniem, która pozwala na przeprowadzenie leczenia barotraumatyzacji płuc w komorze dekompresyjnej, jest bezpośrednią przyczyną drugiej Śmiertelnej choroby nurków - choroby dekompresyjnej. O tym zagrożeniu napiszę w następnym artykule.

st. bryg. mgr luz. Marek PŁOTICA