

M. Konarski

ZAGROŻENIA ZDROWIA I ŻYCIA CHARAKTERYSTYCZNE DLA NURKOWAŃ Z WYKORZYSTANIEM APARATÓW NURKOWYCH Z RECYRKULACJĄ CZYNNIKA ODDECHOWEGO

W opracowaniu zebrano i usystematyzowano zagrożenia dla zdrowia i życia nurka, charakterystyczne dla nurkowań z wykorzystaniem sztucznych czynników oddechowych przy użyciu aparatów nurkowych z recyrkulacją czynnika oddechowego. Przedstawiono, patogenezę, objawy kliniczne, leczenie i zapobieganie takim zagrożeniom, jak: niedotlenienie, zatrucie tlenem, hipokapnia, zatrucie dwutlenkiem węgla i oparzenie alkaliami z sorbentu CO₂.

słowa kluczowe: nurkowanie, medycyna podwodna, niedotlenienie, zatrucie tlenem

HEALTH AND LIFE HAZARDS CHARACTERISTIC FOR DIVES WITH USE OF DIVE EQUIPMENT WITH RECIRCULATION OF BREATH FACTOR

In the study there was collected and systemized the hazards for health and life of diver, characterized for dives by unnatural breath units with use of dive equipment with recirculation of breath factor. Presented patogeneza, clinic effects, recovering and prevent from such hazards as: anoxemia, oxygen poisoning, hypocapnia, carbon monoxide poisoning and burn alkaline sorbent CO₂.

keywords: diving, diving medicine, anoxemia, oxygen poisoning

WSTĘP

Nurkowania w aparatach nurkowych z recyrkulacją czynnika oddechowego są formą działalności podwodnej, niosącą z sobą oprócz typowych patologii nurkowych mogących zaistnieć jako następstwo dowolnego typu nurkowania takie jak zatrucie tlenem (postać płucna i mózgową), zagrożenia charakterystyczne właśnie dla tego typu sprzętu oddechowego. Zagrożenia te, wymagające wdrożenia specyficznych procedur postępowania w razie ich zaistnienia, to:

- a) niedotlenienie (głód tlenowy)
- b) hipokapnia
- c) hiperkapnia i zatrucie CO₂
- d) oparzenie alkaliami z sorbentu CO₂

Niedotlenienie

Mianem niedotlenienia (*hipoksji*) określa się stan, będący następstwem niewystarczającej podaży tlenu w organizmie, potrzebnego komórkom do podtrzymania ich funkcji życiowych. Istnieje wiele przyczyn niedostatku tlenu, które w większości przypadków związane są z zakłóceniami w dostarczaniu tlenu do tkanek organizmu. Niektóre z nich mogą zaistnieć podczas nurkowań w aparatach nurkowych z recyrkulacją czynnika oddechowego, zasilanych mieszaninami gazowymi.

Przyczyny

Niskie ciśnienie parcjalne tlenu w mieszaninie oddechowej

Organizm człowieka reaguje na ciśnienia parcjalne gazów i par, zawartych w czynniku oddechowym. Oddychanie mieszaniną gazową, w której ciśnienie cząstkowe tlenu jest zbliżone do ok. 16 kPa powoduje pierwsze kliniczne objawy niedotlenienia. Przy ciśnieniu cząstkowym O_2 ok. 14 kPa występują już regularne objawy niedotlenienia, a gdy zmniejszy się ono do ok. 10 kPa, to większość oddychających taką mieszaniną osób w krótkim czasie dozna utraty przytomności, zaś poniżej tej wartości w większości przypadków dochodzi do nieodwracalnego uszkodzenia mózgu i śmierci.

Podczas nurkowania, niższa niż w powietrzu procentowa zawartość tlenu w mieszaninie oddechowej może być stosowana do momentu, gdy ciśnienie otoczenia jest wystarczająco wysokie do utrzymania odpowiedniego poziomu ciśnienia parcjalnego tlenu. Dla przykładu, 5% zawartość O_2 w mieszaninie na głębokości 30 m H_2O powoduje, że jego ciśnienie cząstkowe (parcjalne) na tej głębokości wynosi ok. 20 kPa, jednakże podczas wynurzania nurek może szybko doznać objawów niedotlenienia, jeżeli zawartość procentowa tlenu w mieszaninie oddechowej nie ulegnie zwiększeniu.

Niedotlenienie bezobjawowe

Ta postać niedotlenienia może wystąpić, jeśli recyrkulujący w obiegu aparatu czynnik oddechowy nie będzie w dostatecznym stopniu wzbogacany w tlen (np. podczas zaniżonego dozowania, powstałego wskutek uszkodzenia lub częściowego zapchania się dyszy układu dozującego). Nurek korzystający z aparatu z recyrkulacją czynnika oddechowego, oddychając ciągle pobiera tlen z mieszaniny wypełniającej worek oddechowy. Podczas wydechu, do układu obiegu gazów aparatu wydalany jest dwutlenek węgla, gaz inertny zawarty w mieszaninie oddechowej oraz, w większości przypadków, azot pochodzący z „płukania” organizmu nurka; ten pierwszy (CO_2), przechodząc przez pochłaniacz wiązany jest przez sorbent (najczęściej wapno sodowane). Jeżeli recyrkulująca mieszanina nie będzie w dostatecznym stopniu wzbogacana w tlen, w miarę trwania procesu oddychania ilość O_2 w obiegu oddechowym będzie ulegała ciągłemu zmniejszeniu, co nawet na stosunkowo małej głębokości może być przyczyną niedotlenienia u nurka.

Częściowe lub całkowite zablokowanie drożności dróg oddechowych

Przyczyną blokady drożności dróg oddechowych mogą być: wymiociny, wydzieliny ustrojowe, woda, ciała obce i (bardzo rzadko) odma śródpiersiowa. Utrudnienie wentylacji płuc może mieć również swoje źródło w odmie opłucnowej lub porażeniu mięśni oddechowych w wyniku urazu (uszkodzenia) rdzenia kręgowego. Czynniki te ograniczają swobodne oddychanie i powodują niedotlenienie oraz, następczo, zatrucie dwutlenkiem węgla. Krańcowym efektem klinicznym powyższych

jest tzw. uduszenie. Utonięcie jest natomiast powikłaniem i częstym następstwem uduszenia nurka oraz przyczyną śmierci w większości wypadków nurkowych.

Upośledzenie wymiany tlenu na poziomie miąższu płucnego (bariery pęcherzykowo-włośniczkowej)

Upośledzenie wymiany tlenu na poziomie miąższu płucnego może być spowodowane patologicznym nagromadzeniem się płynu w miąższu płuc (obrzęk) lub jamie opłucnej, odmą, upośledzeniem przepływu krwi i wentylacji pęcherzyków płucnych, uszkodzeniem płuc z powodu zachłyśnięcia lub aspiracji toksycznego gazu (dymu, spalin), niepowściągliwym kaszlem „z podrażnienia” oraz zablokowaniem dyfuzji, wywołanym nadmiernym wydzielaniem się wolnej fazy gazowej w kapilarach pęcherzykowych (np. w DCS).

Upośledzenie transportu tlenu przez krew

Głównymi przyczynami upośledzenia transportu tlenu przez krew, są: niedokrwistość, zatrucie dwutlenkiem węgla i tlenkiem węgla, znaczący ubytek objętości krwi i zaburzenia krążenia/perfuzji.

Zaburzenia zużycia tlenu na poziomie komórkowym

Podczas nurkowania zaburzenia zużycia tlenu na poziomie komórkowym spowodowane być mogą zatruciem tlenkiem węgla.

Uszkodzenie/upośledzenie funkcji ośrodka oddechowego

Uszkodzenie/upośledzenie funkcji ośrodka oddechowego najczęściej wywołane jest zablokowaniem tego ośrodka, mogącym wystąpić w stanie głębokiej narkozy (np. azotowej), chorobie dekompresyjnej oraz przy zatruciu dwutlenkiem węgla.

Niedotlenienie podczas nurkowania na bezdechu

Większość ludzi potrafi zatrzymać oddech na okres około jednej minuty, jeżeli tego wcześniej nie trenowali. Ponieważ wdech pozostaje pod regulacją mimowolną (odruchową), dochodzi w końcu do zaczerpnięcia powietrza. Potrzeba ta sygnalizowana jest przez ośrodek oddechowy, który reaguje na zwiększone ciśnienie cząstkowe dwutlenku węgla we krwi tętniczej szybciej, niż na niedotlenienie. Wymuszona, szybka wentylacja powoduje redukcję ciśnienia cząstkowego dwutlenku węgla, a czas, jaki potrzebny jest na osiągnięcie wymaganego dla zaalarmowania ośrodka oddechowego ciśnienia parcjalego CO₂ wydłuża się. Szybka wentylacja nie powoduje jednak zwiększenia zawartości tlenu we krwi, a w miarę wydłużania się okresów pomiędzy oddechami ciśnienie parcjale O₂ obniża się sukcesywnie, w miarę zużywania go przez tkanki.

Podczas zanurzania się na bezdechu gazy w płucach zostają sprężone, czego konsekwencją jest wzrost ciśnień parcjalnych gazów składowych. Podniesione w ten sposób ciśnienie cząstkowe tlenu czasowo pokrywa zapotrzebowanie organizmu nurka na tlen. Jednakże, podczas wynurzania ciśnienie cząstkowe O₂ w gazie pęcherzykowym spada gwałtownie, często znacznie poniżej poziomu potrzebnego dla zachowania przytomności. Ma to miejsce szczególnie w tych przypadkach, kiedy nurkowanie zostało poprzedzone intensywną wentylacją (hiperwentylacją). W tych warunkach utrata przytomności szybko prowadzi do utonięcia.

Paradoksalna utrata przytomności u nurków bojowych (tlenowych)

Utrata przytomności może wystąpić, gdy nurek bojowy przełącza się z oddychania tlenem na atmosferę (oddychanie powietrzem) w końcówce nurkowania.

Uważa się, że tego typu utrata przytomności ma związek z niedotlenieniem mózgu, które występuje na skutek:

- 1) znacznego zwężenia naczyń krwionośnych mózgu w efekcie wcześniejszego długotrwałego przetlenienia (hiperoksji);
- 2) spadku aktywności ośrodka oddechowego, w wyniku obniżenia ciśnienia cząstkowego tlenu, związanego z intensywną wentylacją podczas wysiłku.

Ostatecznie, utrata przytomności trwa krótko i nie wywołuje żadnych następstw, jednakże nurkowi zanurzonemu w wodzie grozi utonięcie.

Objawy kliniczne

Nie istnieją żadne specyficzne dla wczesnego okresu niedotlenienia objawy kliniczne. Może wystąpić niespodziewanie, w związku z czym jest szczególnie niebezpieczne w działalności podwodnej. Nurkowi, który utracił zasilanie w czynnik oddechowy jest w sposób oczywisty zagrożony niedotlenieniem, ale w tym przypadku, z reguły, jest on świadomy zagrażającego niebezpieczeństwa i ma czas na podjęcie działań przeciwdziałających jego wystąpieniu. Nurkowi, który stopniowo zużywa tlen w aparacie z recyrkulacją czynnika oddechowego, ma jedynie nikłe i pośrednie oznaki, informujące go o możliwości utraty przytomności.

Wraz z nasilaniem się niedotlenienia tętno, z reguły, wzrasta. Może wystąpić przyspieszenie oddechu (jeśli znaczne, świadczy to o zaawansowaniu niedotlenienia), na które składa się zarówno brak tlenu, jak i zwiększenie zawartości dwutlenku węgla. W takiej sytuacji nurkowi może odczuwać lekkie podekscytowanie. Innymi objawami i oznakami niedotlenienia, które mogą być stwierdzone zarówno przez nurka, jak i przez personel zabezpieczający, są: osłabienie koncentracji uwagi, osłabienie siły mięśniowej, niezdolność do wykonywania prac precyzyjnych i wymagających specjalnych umiejętności, senność i osłabienie.

Postępowanie lecznicze

Nurkowi, który doznał zaawansowanego niedotlenienia musi być natychmiast udzielona pomoc. Niedotlenienie mózgu powoduje nie tylko utratę przytomności, ale również zaburza pracę ośrodka oddechowego. Jeżeli ofiara niedotlenienia dostanie do oddychania czynnik oddechowy o odpowiedniej zawartości tlenu jeszcze przed zaniknięciem spontanicznego oddechu, to z reguły odzyskuje ona dość szybko przytomność, a wyzdrowienie jest kompletne.

W przypadku nurków wykorzystujących niezależne aparaty nurkowe leczenie polega na podniesieniu nurka na powierzchnię i podaniu do oddychania O₂. W przypadku nurkowań przewodowych leczenie polega na przejściu na mieszaninę oddechową bogatszą w tlen lub wykorzystaniu czynnika oddechowego z butli ucieczkowej.

Nurkowie, którzy ulegli długotrwałemu (przewlekłemu) niedotlenieniu, będą prawdopodobnie wymagać zastosowania zabiegów ratujących życie, do czasu umieszczenia ich w specjalistycznej placówce medycznej (ośrodku hiperbarycznym).

Zapobieganie

Ze względu na skąpy lub bezobjawowy początek i potencjalnie fatalne skutki, zapobieganie niedotlenieniu ma znaczenie zasadnicze.

Podczas nurkowań z wykorzystaniem mieszanin oddechowych w aparatach nurkowych z recyrkulacją czynnika oddechowego, szczególną uwagę należy

przykładać do dokładnej analizy składu czynnika oddechowego, kolejności wykorzystania butli z przygotowanymi mieszankami oraz obowiązujących procedur postępowania przed rozpoczęciem nurkowania. Worek oddechowy aparatu powinien być przepłukiwany zgodnie z przyjętymi procedurami, a odczyty z czujników zawartości tlenu w układzie zasilania aparatu (jeśli aparat jest w takie wyposażony) powinny być uważnie obserwowane.

Hipokapnia (nadmierne wydalenie dwutlenku węgla)

Hipokapnia definiowana jest jako obniżenie ciśnienia parcjalnego dwutlenku węgla we krwi i tkankach.

Dwutlenek węgla jest w sposób ciągły wytwarzany przez komórki organizmu jako produkt uboczny metabolizmu i wymaga odprowadzenia przez wydychanie ze zużytym powietrzem z płuc. Hipokapnia występuje tylko wówczas, gdy ilość wydalanego CO₂ jest większa od ilości tego gazu, powstającego w tkankach. Może to nastąpić w sposób zamierzony (jak to zostało przedstawione w opisie nurkowań na bezdechu), bądź jako konsekwencja stresu (hiperwentylacja) lub podenerwowania.

Objawami hipokapni są: oszołomienie, nieokreślone uczucie dzwonienia, osłabienie, bóle głowy, drętwienie ciała, zaburzenia wzrokowe i w końcu omdlenie, będące następstwem hiperwentylacji. Niepokój, jako konsekwencja wymienionych objawów, może prowadzić do zwiększenia wentylacji i nasilenia hipokapni, czego skutkiem są skurcze mięśni i utrata przytomności, a w ostateczności porażenia.

Przypadki zaawansowanej hipokapni podczas nurkowań są bardzo rzadkie. Objawy hipokapni można pomylić z neurologicznymi przypadkami choroby dekompresyjnej, co może być trudne do rozpoznania, szczególnie u nurków niewytrenowanych.

Hiperkapnia i zatrucie dwutlenkiem węgla

Mianem hiperkapni określane jest zwiększenie/zwiększanie się poziomu dwutlenku węgla we krwi i tkankach, prowadzące w konsekwencji do zatrucia CO₂.

Przyczyny

Podczas nurkowania, nadmiar dwutlenku węgla w organizmie związany jest, z reguły, z jego zwiększoną koncentracją w mieszaninie oddechowej lub we krwi, do czego może dojść na skutek kilku mechanizmów:

- 1) niedostateczna wentylacja nurka, w przypadku sprzętu zasilanego z powierzchni, co powoduje gromadzenie się CO₂ w przestrzeni oddechowej; jest to najczęstsza przyczyna powstawania hiperkapni;
- 2) niedostateczne eliminowanie dwutlenku węgla przez pochłaniacz w przypadku aparatów z recyrkulacją czynnika oddechowego;
- 3) niewystarczająca wentylacja; przyczyną może być:
 - a) nieodpowiednia technika oddychania (tzn. nierówny oddech, wstrzymywanie oddechu, częste i krótkie oddechy, np. podczas nurkowania w niezależnych aparatach nurkowych, stosowane przez nurków w celu zaoszczędzenia mieszaniny oddechowej);
 - b) nadmierne przestrzenie martwe w wykorzystywanym sprzęcie, spowodowane złą konstrukcją lub nieprawidłowym działaniem aparatu nurkowego;

- c) nadmierne opory oddychania, powodowane dużą gęstością mieszaniny oddechowej, nieprawidłowym działaniem lub złą konstrukcją sprzętu, czy też nałożeniem zbyt obcisłego kombinezonu, który nie pozwala nurkowi na wykonanie pełnego oddechu.
- 4) uduszenie (asfiksja) powstałe na skutek masywnego upośledzenia funkcji układu oddechowego, co prowadzi do niedotlenienia (hipoksji) i retencji dwutlenku węgla (hiperkapni);
- 5) retencja (zatrzymywanie) dwutlenku węgla w organizmie na skutek występującego u niewielkiej części populacji opóźnienia reakcji układu oddechowego na wzrost ciśnienia parcjalnego dwutlenku węgla; nie powoduje to z reguły żadnych problemów do czasu, gdy nie zaistnieje konieczność wykorzystania aparatu oddechowego, gdyż w tych okolicznościach ciśnienie parcjalne CO₂ może wzrosnąć do poziomu, przy którym objawiają się efekty toksyczne oddziaływania dwutlenku węgla na organizm nurka, a może to nastąpić nawet przy braku zwiększenia częstotliwości oddechu.

Obserwacje praktyczne

Narastające ciśnienie parcjalne dwutlenku węgla w organizmie pobudza ośrodek oddechowy, czego skutkiem jest wzrost częstotliwości i objętości oddechów; wzrasta również częstość uderzeń serca. Z reguły, przyspieszenie oddechów jest wystarczającym sygnałem ostrzegającym nurka przed zagrożeniem hiperkapnią, a w konsekwencji zatruciem CO₂. Jednakże wiele zmiennych, takich jak: wysiłek przy pracy, głębokość, skład mieszaniny oddechowej, itp., są dodatkowymi czynnikami maskującymi przekroczenie dopuszczalnego poziomu dwutlenku węgla. W szczególności ma to miejsce w przypadku używania sprzętu o obiegu zamkniętym, gdy wykorzystywany sorbent jest zbyt mało wydajny lub utracił swoje właściwości chłonne (np. przy zalaniu), co skutkuje zwiększeniem zawartości CO₂ przy jednoczesnym występowaniu wysokiego ciśnienia parcjalnego tlenu.

Powyżej 50 kPa ciśnienia parcjalnego tlenu, występowanie krótkiego oddechu, związane ze zwiększeniem zawartości dwutlenku węgla, może być słabo wyrażone i pozostać niezauważone przez nurka, szczególnie w sytuacji, gdy intensywnie oddycha w związku z wykonywanym dużym wysiłkiem fizycznym. Dodatkowo, występowanie objawów narkozy azotowej może maskować obraz zatrucia CO₂, z uwagi na to, że nerek pod jej wpływem może nie zauważyć zmian w częstotliwości oddechów. Z powyższych powodów, nerek powinien być szczególnie wyczulony na każde zauważalne zmiany w częstotliwości oddechów lub komfortu oddychania, które mogą być ostrzeżeniem przed zatruciem dwutlenkiem węgla (hiperkapnią).

Wysokie ciśnienie parcjalne CO₂ powoduje rozszerzenie naczyń krwionośnych mózgu, a obkurczenie ich na obwodzie ciała. Związany z tym efektem wzrost przepływu i ciśnienia krwi w krążeniu mózgowym, pośrednio stanowi wyjaśnienie promującego oddziaływania podwyższonego ciśnienia parcjalnego dwutlenku węgla na postać mózgową zatrucia tlenem. Uważa się również, że hiperkapnia pozostaje w dodatniej korelacji ze wzrostem prawdopodobieństwa wystąpienia choroby dekompresyjnej, chociaż powody tego zjawiska w dalszym ciągu są niezupełnie jasne.

Objawy kliniczne

Objawy ciężkiego zatrucia CO₂ są podobne do objawów niedotlenienia (hipoksji). Należy do nich: splątanie, brak zdolności koncentracji, senność, utrata przytomności oraz drgawki. Objawy te są tym wyraźniejsze, im bardziej nasilone jest zatrucie dwutlenkiem węgla. Nerek, oddychający czynnikiem, w którym ciśnienie

cząstkowe CO₂ przekracza 10 kPa, z reguły traci przytomność maksymalnie po kilkudziesięciu sekundach.

Najważniejszymi symptomami ostrzegawczymi stopniowo narastającego zatrucia dwutlenkiem węgla (hiperkapni), które uważny nurek może rozpoznać przed utratą przytomności, są: utrudnienie oddychania, nudności, bóle głowy, niepokój, pocenie się, wypieki na twarzy, dreszcze, zawroty głowy i omdlenie.

Postępowanie lecznicze

Leczenie przyczynowe zatrucia dwutlenkiem węgla (hiperkapni) polega na zredukowaniu ilości zalegającego w organizmie CO₂. Może to być osiągnięte za pomocą dwóch metod: poprzez nakazanie nurkowi zaprzestania wszelkiej aktywności fizycznej, a tym samym zmniejszenie produkcji dwutlenku węgla przez komórki lub poprzez zapewnienie możliwie najniższej zawartości dwutlenku węgla w gazie oddechowym.

Jeżeli nurek wykorzystuje aparat z recyrkulacją czynnika oddechowego, to powinien on niezwłocznie „przepłukać” obieg oddechowy, oddychając przy tym głęboko i spokojnie. Jeżeli wykorzystywany jest sprzęt zasilany z powierzchni, to nurek powinien zasygnalizować potrzebę zwiększenia dostawy czynnika oddechowego i przewentylować przestrzeń oddechową. Kiedy zabiegi te nie przynoszą ulgi, nurek powinien zaprzestać nurkowania i rozpocząć kontrolowane wynurzenie. Zmniejszenie głębokości zanurzenia (ciśnienia otoczenia) powinno przynieść pewną poprawę, ponieważ ciśnienie parcjalne CO₂ zmniejsza się w funkcji spadku ciśnienia hydrostatycznego.

Nurek, który stracił przytomność z powodu przekroczenia tolerowanego poziomu zawartości dwutlenku węgla i nie zachłusnął się wodą, z reguły powraca do przytomności, gdy tylko otrzyma świeży czynnik oddechowy do oddychania. Jeżeli mimo tego świadomość nie wraca, to powinien być poddany jak najszybciej kwalifikowanej pomocy medycznej. Z uwagi na fakt, że pierwszym objawem zatrucia CO₂ może być utrata przytomności, a nie zawsze zostanie od razu postawione trafne rozpoznanie (że nie jest to np. niedotlenienie), należy każdorazowo w pierwszej kolejności dostarczyć poszkodowanemu tlenu.

Nurek, który wypłynął na powierzchnię nieprzytomny i który nie odzyskał natychmiast przytomności, powinien być leczony jak nurek z ostrą chorobą dekompresyjną.

W sytuacji, gdy zatrucie dwutlenkiem węgla (hiperkapnia) jest jedyną przyczyną choroby nurka, to z reguły nie powoduje ona trwałego uszkodzenia mózgu.

Zapobieganie

Od strony organizacyjno-technicznej priorytetem jest tu upewnienie się, że sorbent CO₂ jest dobrej jakości i jest prawidłowo upakowany w pochłaniaczu aparatu nurkowego.

Z fizjologicznego punktu widzenia zasadnicze znaczenie ma prawidłowa technika oddychania: szybki, krótki oddech skutkuje retencją (zatrzymywaniem) dwutlenku węgla w organizmie.

Oparzenie alkaliami sorbentu CO₂ (tzw. caustic cocktail)

Jeśli do układu węży aparatu nurkowego z regeneracją czynnika oddechowego dostanie się woda lub gdy sorbent dwutlenku węgla jest niskiej jakości i „pyli”, to dojść może do zmieszania się sorbentu CO₂ (z reguły jest to mieszanina substancji alkalicznych o wysokiej reaktywności) z wodą, w wyniku czego tworzy się roztwór silnie żrący, który może powodować chemiczne poparzenia twarzy, ust, dróg oddechowych i płuc oraz przewodu pokarmowego (głównie górnego odcinka).

Postępowanie lecznicze

Należy niezwłocznie wyciągnąć nurka z wody i zdjąć sprzęt nurkowy (a szczególnie aparat oddechowy) tak szybko i delikatnie, jak to tylko możliwe. Wszystkie zanieczyszczone roztworem miejsca spłukuje się obficie słodką wodą.

Poparzone roztworem sorbentu oczy powinny być przemywane dużą ilością słodkiej wody przez co najmniej 20 min. Po zaistnieniu zdarzenia, nurek powinien zostać skierowany do poradni okulistycznej lub do lekarza fizjopatologa na konsultację przed powrotem do nurkowania.

Jeśli podejrzewa się, że nurek połknął żrący roztwór, to należy podawać do picia duże ilości słodkiej wody. Słona woda może być stosowana do przepłukania ust; nie powinna być jednak połykana, gdyż może wywołać wymioty, a tym samym być przyczyną dalszych poparzeń.

W przypadku podejrzenia poparzenia dróg oddechowych i płuc konieczne jest natychmiastowe przetransportowanie nurka do ośrodka pulmonologicznego, celem specjalistycznego leczenia.

Warto dodać, że nawet lekkie oparzenie roztworem sorbentu CO₂ skutkuje natychmiastową paniką, szczególnie u niedoświadczonych nurków, czego następstwem może być szybkie wynurzenie się na zatrzymanym oddechu. W konsekwencji nurek, który wykonał takie szybkie wynurzenie, powinien być poddany obserwacji przez co najmniej 12 h, z uwagi na możliwość wystąpienia powikłań związanych z urazem ciśnieniowym płuc lub neurologiczną postacią choroby dekompresyjnej.

Przed powrotem do nurkowania nurek powinien zostać poddany badaniu przez lekarza fizjopatologa.

Zapobieganie

Przed rozpoczęciem nurkowania należy upewnić się, że sprzęt nurkowy jest właściwie zmontowany i szczelny, a wypełnienie pochłaniacza jest należytej jakości i prawidłowo upakowane.

Jeśli podczas nurkowania wystąpi jakakolwiek nieszczelność – należy wynurzyć się niezwłocznie, kiedy to tylko będzie możliwe.

PIŚMIENNICTWO

1. Allied guide to diving operations. ADivP-1(A)/MDivP-1(A), NATO 2000 rok.
2. Allied guide to diving medical disorders. ADivP-2(A)/MDivP-2(A), NATO 2000 rok.
3. Bennett P.B., Elliott D.H.: The Physiology and Medicine of Diving. Bailliere Tindall, London 1993 rok.
4. Donald K.: Oxygen and the Diver. The SPA Ltd., Harley Swan (UK) 1992 rok.

5. Hamilton R.W.: Tolerating exposure to high oxygen levels: REPEX and other methods. Mar. Tech. Soc. J., 1989, 23, 19.
6. Kłos R.: Nurkowanie z wykorzystaniem nitroksu: KOOPgraf, Poznań 1999 rok.
7. Kłos R.: Aparaty nurkowe z regeneracją czynnika oddechowego: KOOPgraf, Poznań 2000 rok.
8. Konarski M., Olszański R.: Biochemiczne aspekty zatrucia tlenem, w: Problemy medycyny i techniki nurkowej (red. R. Olszański i wsp.), Okrętownictwo i Żegluga, Gdańsk 1997 rok.
9. Praca zbiorowa: Possibility of the use polish soda lime as the absorbent in canisters of the oxygen breathing diving apparatus type OXY-NG. AMW, Gdynia 2000 rok.
10. Rutkowski D.: Nitrox manual. Hyperbaric International, Inc., Miami Shores 1990 rok.

Recenzent: doc. dr hab. n. med. Romuald Olszański

Autor: kmdr por. dr n. med. Maciej Konarski

Wojskowy Instytut Medyczny w Warszawie
Zakład Medycyny Morskiej i Tropikalnej w Gdyni
81 – 103 Gdynia ul. Gruzińskiego 4