

URAZ CIŚNIENIOWY PŁUC U PŁETWONURKA A POSTĘPOWANIE ZESPOŁU RATOWNICTWA MEDYCZNEGO

Martyna Krukowska, Katarzyna Jańczuk, Anna Ślifirczyk, Marta Kowalenko

Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej, Zakład Ratownictwa Medycznego

STRESZCZENIE

Wprowadzenie: Uraz ciśnieniowy płuc to uszkodzenie tkanek płuc wynikający z różnicy ciśnień ciała i otoczenia. Barotrauma może wystąpić podczas wynurzenia nurka z zatrzymanym oddechem.

Cel pracy: Przedstawienie symptomatologii zaburzeń zdrowotnych u osób nurkujących na niewielkich głębokościach. Szczegółowym opis barotraumy płuc, jako bezpośredni stan zagrożenia życia. Postępowanie ratownicze w przypadku wystąpienia urazu ciśnieniowego płuc, profilaktyka.

Skrócony opis stanu wiedzy: Właściwe przygotowanie sprzętu, systematyczne szkolenia nurkowe, oraz systematyczna kontrola lekarska skierowana na przeprowadzanie badań medycznych pod kątem przebywania osób pod wodą stanowiąc może podstawowe środki profilaktyczne. W momencie wystąpienia urazu ciśnieniowego nurka, niezbędne okazuje się udzielenie pierwszej pomocy przez wykwalifikowany personel medyczny i szybki transport do najbliższego ośrodka hiperbarycznego.

Podsumowanie: Uraz ciśnieniowy płuc dotyczy najczęściej osób nurkujących na niewielkich głębokościach do 10 metrów. Barotrauma płuc jest stanem zagrożenia zdrowia i życia. Właściwe postępowanie na miejscu zdarzenia i szybki transport do komory hiperbarycznej zwiększa szansę powrotu do zdrowia i może stanowić warunek konieczny podczas ratowania życia.

Słowa kluczowe: barotrauma płuc; ratownik medyczny; tętnicze zatory gazowe (AGE); leczenie hiperbaryczne.

ARTICLE INFO

PolHypRes 2015 Vol. 53 Issue 4 pp. 29-40

ISSN: 1734-7009 eISSN: 2084-0535

DOI: 10.1515/phr-2015-0021

Strony: 12 , rysunki: 0, tabele: 0

page **www of the periodical:** www.phr.net.pl

Typ artykułu: przeglądowy

Termin nadesłania: 29.10.2015r.

Termin zatwierdzenia do druku: 22.11.2015r.

Publisher

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society



WSTĘP

Wraz z postępowaniem technicznym i stosowaniem bezpiecznego sprzętu nurkowego obserwowalnym stał się rozwój nurkowania rekreacyjnego.

Słowo „barotrauma” pochodzi z języka greckiego, gdzie: „baro” oznacza ciśnienie, a „trauma”- uraz. Uraz ciśnieniowy może wystąpić przy pojawieniu się różnic ciśnienia wewnątrz przestrzeni powietrznych w organizmie płetwonurka a środowiskiem otaczającym czyli wodą. Przyczyną niewyrównania ciśnień mogą być: technika wynurzenia, problemy ze sprzętem nurkowym, panika, brawura, nabyte lub wrodzone obszary zaburzonej wentylacji, infekcja, choroby górnych dróg oddechowych, obecność ciała obcego, polipy nosa i zatok przynosowych, skrzywienie przegrody nosowej, skurcz żołądka i inne.

Celem pracy jest przedstawienie symptomatologii zaburzeń zdrowotnych u osób nurkujących na niewielkich głębokościach oraz postępowanie zespołu ratownictwa. Szczegółowym opisem objęto obrażenia ciśnieniowe płuc, które mogą doprowadzić do bezpośredniego zagrożenia zdrowia i życia.

URAZ CIŚNIENIOWY PŁUC

Pierwszy przypadek urazu ciśnieniowego zanotowano w 1843 roku podczas prac podwodnych przy wraku okrętu „Royal George” [1].

Do czynników sprzyjających powstaniu urazu ciśnieniowego płuc predysponują następujące choroby: astma, przebyte samoistne odmy opłucnowe, cysty, sarkoidoza, zrosty opłucnowe, zwłóknienie tkanki płucnej, ostre i przewlekłe infekcje a także inne choroby i urazy płuc. Najczęściej jednak przyczyną urazu jest zatrzymanie oddechu w czasie wynurzenia się, dzieje się tak z różnych względów, np: wyczerpanie powietrza w butli nurkowej, awaria automatu, zgubienie pasa balastowego i wyrzucenie płetwonurka na powierzchnię wody, skurcz krtani w wyniku paniki pod wodą, lub niekontrolowane zbyt szybkie wynurzenie się. Przyczyną może być także brawura, ignorancja lub zapomnienie, a u niedoświadczonych brak podstawowych umiejętności [2].

PATOMECHANIZM URAZU CIŚNIENIOWEGO PŁUC

Różnica ciśnienia wokół nurka a tym wewnątrz płuc po osiągnięciu wartości 60-80 cm H₂O powoduje uszkodzenie miąższu płucnego, który jest zbyt delikatny w efekcie prowadzi to do uszkodzenia ściany pęcherzyka płucnego. Zjawisko takie ma miejsce przy wyrzuceniu płetwonurka nawet z niewielkiej głębokości.

W literaturze opisane są przypadki urazu ciśnieniowego płuc przy wynurzeniu z 1,1 m. Czas nurkowania nie odgrywa szczególnej roli przy powstawaniu barotraumy, ale zazwyczaj są to niewielkie głębokości do 10 m [3].

Częstość wystąpienia barotraumy płuc jest zależna od głębokości i objętości płuc. Jeśli nurk po wykonaniu wdechu z aparatu nurkowego, zatrzyma oddech blisko wartości całkowitej pojemności płuc, to wynurzenie z jednego metra jest już niebezpieczne gdyż może doprowadzić do urazu ciśnieniowego. Pęknięcie ściany pęcherzyka płucnego towarzyszy rozerwaniu oplatających go naczyń krwionośnych. Uszkodzone pęcherzyki płucne zostają zalewane przez wynaczynioną krew, przez co stają się niezdolne do dalszej pracy tworzy się w nich niedodma.

Zdrowe pęcherzyki płucne zostają uciskane przez te uszkodzone oraz przez krew znajdującą się w przestrzeniach międzypęcherzykowych. Jednocześnie w płucach wzrasta ciśnienie, do naczyń włosowatych żylnych dostaje się powietrze pęcherzykowe wraz z krwią, które w wyniku krążenia dostaje się do lewej komory. Następnie krew bogata w pęcherzyki powietrzne poprzez aortę dociera do naczyń mózgowych, rzadziej do naczyń wieńcowych serca, tworząc tętnicze zatory gazowe (AGE- ang. arterial gas emboli)[4].

Gdy uszkodzane są pęcherzyki płucne leżące podopłucnowo może dojść do uszkodzenia błony opłucnowej. Powietrze, które się tam dostanie spowoduje odmę opłucnową. W inne sytuacji, gdy pęcherzyki płucne leżą blisko głównych oskrzeli powietrze przemieszczając się wzdłuż nich przedostanie się do śródpiersia powoduje odmę śródpiersiową. Dalsza podróż powietrza w górę klatki piersiowej i szyi stworzy odmę podskórną w tej części ciała [2,5,6].

Objawy i powikłania

Przebieg urazu ciśnieniowego płuc może być różnorodny, w większości przypadków objawy występują do pół godziny po nurkowaniu, zdarza się, że występuje początkowo okres bezobjawowy po czym wyostrza się i prowadzi do utraty przytomności i szybkiego zgonu. Często występuje utrata przytomności już w wodzie.

Jeśli doszło do porozdzierania miąższu płucnego, a uszkodzone struktury są liczne możemy spodziewać się następujących objawów: kaszel, odkrztuszanie podbarwionej krwią plwociny, krwioplucie, spłycony oddech, ból podczas oddychania, duszność a także sinica. Rozległe uszkodzenie struktur płuc może doprowadzić do ciężkiej niewydolności oddechowej a w rezultacie do zgonu [2].

Gdy uszkodzeniu ulegną pęcherzyki płucne umiejscowione blisko głównych oskrzeli wędrujące powietrze może stworzyć odmę śródpiersia, która przebiega często bezobjawowo. Zdarza się również, że powietrze powędruje do jamy brzusznej lub worka osierdziowego, co spowoduje zaburzenia w pracy serca. Masywna odma śródpiersia wywiera intensywny wpływ na serce i duże naczynia krwionośne, w rezultacie objawia się: bólem w klatce piersiowej, skróceniem oddechu, uciskiem za mostkiem, uczuciem ciała obcego w gardle, bólem podczas połykania, chrypką. Przy osłuchiwaniu okolicy przedsercowej występuje trzeszczenie lub chrupanie [4].

Wędrujące powietrze w górę klatki piersiowej stworzy odmę podskórną, która charakteryzuje się: trzeszczeniem przy ucisku, zniekształceniem szyi, asymetrią okolic nadobojczykowych.

Przy rozrywaniu pęcherzyków płucnych może dojść do rozerwania opłucnowej. W takiej sytuacji powstanie odma

opłucnowa a płuco ulegnie zapadnięciu.

Sporadycznie zdarza się, że uszkodzone płuco wytworzy zastawkę, która będzie umożliwiać ruch powietrza tylko w jedną stronę, każdy wdech będzie powodował dopełnianie się odmy powietrzem. Mechanizm odmy wentylowej sprawia, że ciśnienie wewnątrz klatki piersiowej się zwiększa, a serce i duże naczynia przemieszczają się na zdrowe płuco jednocześnie je uciskając. Taka odma wymaga natychmiastowego odbarczenia gdyż w przeciwnym wypadku doprowadzi do zgonu. Wśród objawów występują: krótki ostry ból w chwili pęknięcia opłucnej, skrócony i przyspieszony oddech, asymetria klatki piersiowej, silna, natychmiastowo narastająca duszność i przyspieszone tętno. Badanie opukowe daje odgłos bębenny, a przy osłuchiwaniu płuc brak jest szmerów oddechowych [3,6].

Najbardziej dramatyczną postacią urazu ciśnieniowego płuc są tętnicze zatory powietrzne (AGE). Tworzą się one w momencie rozrywania pęcherzyków płucnych, kiedy to powietrze zostaje wtłoczone do układu krwionośnego. Pęcherzyki powietrzne najczęściej trafiają do mózgu, gdzie zaburzają odpowiednie funkcjonowanie tego narządu poprzez zamykanie drożności naczyń krwionośnych [4].

W wyniku tętniczych zatorów powietrznych powstają zmiany w krążeniu systemowym i mózgowym. Występuje wzrost ciśnienia tętniczego krwi, pobudzony pień mózgowy uwalnia wazopresynę do krwi. W przekrwionym mózgowiu dochodzi do zniesienia autoregulacji perfuzji, objętość krwi wzrasta. Komórki nabłonkowe tętnic ulegają uszkodzeniu przez zatorowe pęcherzyki powietrza, uwolniona zostaje kinina powodująca zwiększenie przepuszczalności naczyń krwionośnych. W przebiegu licznych procesów dochodzi do przerwania bariery krew-mózg, rozwija się obrzęk mózgowia.

Właściwe objawy zatorów tętniczych często poprzedzone są napadem drgawek lub zatrzymaniem oddechu i krążenie w przebiegu zamknięcia dużych naczyń tętniczych przez pęcherzyki powietrza. Drgawki są wynikiem niedotlenienia kory mózgowej lub mechanicznego ucisku. Na zatory w półkulach wskazuje porażenie połowicze, afazja i jednostronna ślepotą. Natomiast obustronna ślepotą wskazuje na ulokowanie się zatorów w tylnej jamie czaszki. Niedotlenie pnia mózgu objawia się zatrzymaniem oddychania i krążenia.

Objawy zatorów powietrznych w mózgu to ból głowy, utrata przytomności, drgawki, apatia, otępienie, splątanie, drętwienie lub mrowienie, niedowład, porażenie mięśni, zaburzenia słuchu, mowy i wzroku, zaburzenie koordynacji ruchowej i równowagi, porażenie układu oddechowego i układu krążenia, a także zgon [4].

Objawy zatorów powietrznych umiejscowionych w naczyniach wieńcowych serca to ból w klatce piersiowej zamostkowy promieniujący do szyi, karku, żuchwy lub lewej kończyny, szybkie słabo wyczuwalne tętno, spadek ciśnienia tętniczego krwi, zaburzenia rytmu serca, objawy wstrząsu kardiogenego, zatrzymanie pracy serca.

Zatory mogą lokować się także w innych częściach organizmu, ale nie tworzą wtedy bezpośredniego zagrożenia życia. Ulokowane w skórze dają marmurkowaty jej wygląd z białymi i sinoczerwonymi plamami [2].

Poniżej przedstawione zostały czynniki predysponujące nurka do wystąpienia ostrego rozdęcia płuc:

- używanie aparatu do nurkowania;
- duża prędkość wynurzenia;
- brak wydechu podczas wynurzenia (panika, brak czynnika oddechowego, problem ze sprzętem);
- po wynurzeniu wystąpił kaszel i krwioplucie.

Gaz używany do nurkowania, znajduje się w butli pod wysokim ciśnieniem. Zadaniem automatu jest płynne regulowanie ciśnienia podawanej mieszaniny oddechowej, im bliżej powierzchni tym niższe ciśnienie (podawanego czynnika oddechowego), im głębiej tym wyższe, ale takie same jak ciśnienie panujące wokół nurka. Według tej zasady ciśnienie wewnątrz płuc i ciśnienie na zewnątrz klatki piersiowej powinny być sobie równe. Jeśli nurek wynurzył się nie robiąc wydechu lub robiąc niepełne wydechy, dojdzie do wystąpienia różnicy ciśnienia panującego wewnątrz płuc a tego otaczającego w wodzie. Wokół nurka panuje teraz niższe ciśnienie od tego, które ma w płucach.

Różnica ciśnień powoduje rozrywanie pęcherzyków płucnych. Pojawiający się kaszel „próbuję” oczyścić płuca ze strzępków poszarpanych pęcherzyków płucnych (traktuje je jako ciało obce). Następstwem tego jest pojawiająca się krew w ślinie. Odpluwana wydzielina jest intensywnie czerwona i spieniona (powietrze z porzyrywanych pęcherzyków). Aby podejrzewać barotraumę płuc objawy muszą po sobie następować w wyżej opisanej kolejności. Najczęściej występują natychmiast lub w czasie do 30 min po nurkowaniu [7].

PIERWSZA POMOC I POSTĘPOWANIE ZESPOŁU RATOWNICTWA MEDYCZNEGO

W przypadku wystąpienia objawów urazu ciśnieniowego płuc należy, wezwać pogotowie i zorganizować transport poszkodowanego do komory dekompresyjnej, gdyż początkowo łagodne objawy mogą ustąpić samoistnie lub gwałtownie się nasilić powodując zagrożenie życia. W każdym przypadku należy brać pod uwagę możliwość występowania zatorów powietrznych, które skutecznie leczyć można jedynie w komorze dekompresyjnej [8].

Podczas zbierania wywiadu SAMPLE należy ustalić: S – (sings/symptoms) – objawy, A – (allergies) – alergie, M – (medicines) – medykamenty/przyjmowane leki, P – (past medical history) – przebyte choroby, L – (lunch) – ostatni posiłek, E – (events preceding) – ewentualnie co się stało? [9].

Istotne jest dokonanie badania ITLS (International Trauma Life Support) przez ratowników medycznych. Szybkie badanie urazowe: Badanie głowy i szyi (duże obrażenia twarzy, siniaki, obrzęk, rany penetrujące, rozedma podskórna), (poszerzenie żył szyjnych, przesunięcie tchawicy?); Badanie klatki piersiowej (asymetria, stłuczenia, rany penetrujące, ruchy paradoksalne, niestabilność, trzeszczenia); Szmer oddechowe (obecne, symetryczne, jeśli niesymetryczne- opukać); Tony serca; Brzuch (siniaki, rany penetrujące/wytrzewienie, tkliwość, napięcie, zwiększenie obwodu brzucha); Miednica (tkliwość, niestabilność, trzeszczenia); Kończyny dolne i górne (obrzęk, zniekształcenie, niestabilność, motoryka, czucie). Przenieść poszkodowanego na sztywne nosze ortopedyczne zbadać plecy i pośladki (rany penetrujące, zniekształcenia, obrzęk okolicy krzyżowej). Jeśli sytuacja jest krytyczna przenieść chorego do karetki i tam dokończyć badanie podstawowe [9].

Konieczne jest także zbadanie nerwów czaszkowych i obwodowych w których stwierdzamy, czy chory: widzi,

słyszy, ma równe szpary powiekowe, ma opadającą powiekę, ma zezę, ma oczopląs, ma źrenice symetryczne, ma trudności w mówieniu, polykaniu, ma mimikę twarzy, czy ma zborne ruchy (próba palec-nos) a także czy może: ruszać głową, unosić ramiona, poruszać kończynami, ma zachowane czucie.

Tlen posiada dobroczynne działanie w sytuacji wystąpienia zatorów gazowych, dlatego jego podawanie należy rozpocząć najszybciej jak to możliwe. Optymalnym wariantem jest podawanie go na powierzchni tuż po wyciągnięciu poszkodowanego z wody a kontynuacja podczas transportu do komory ciśnieniowej i w trakcie sprężania i rozprężania. Korzyści płynące z zastosowania tlenoterapii to: poprawa utlenowania uszkodzonych tkanek; zwiększone wydalanie z organizmu gazów np. powietrza; zmniejszanie rozmiarów pęcherzyków wcześniej powstałych; zapobieganie powstawania zatorów żylnych [7].

Obecność zatorów powietrznych powoduje wzrost przepuszczalności naczyń krwionośnych w skutek, czego dochodzi do ucieczki wody i osocza poza naczynia, przez co zmniejsza się objętość krwi. Zwiększenie gęstości krwi prowadzi do zaburzeń w mikrokrążeniu, dlatego też konieczne jest zastosowanie płynów. Celem takiego leczenia jest przywrócenie właściwej objętości osocza, poprawa ukrwienia tkanek, unikanie hipotensji, zapobieganie zlepiania się komórek krwi. W tym celu przetacza się powoli 500 ml Dekstranu, 1000 ml 0,9% NaCl lub płyn wieloelektrolitowy PWE. Należy kontrolować ilość dostarczanych płynów, aby ich nadmiar nie przeciążył układu krążenia oraz nie doprowadził do obrzęku płuc i mózgu [10].

Podaż leku uspokajającego: Relanium w dawce 1-2 mg w dawkach frakcjonowanych do 10mg i.v. powoduje: uspokojenie chorego, ustąpienie drgawek, zmniejszenie wrażliwości na hiperbaryczny tlen, zmniejszenie zawrotów głowy, wymiotów i nudności.

Podaż leku przeciwkaszlowego Codeinum hydrochloricum, Thiocodin lub Droperidolu (iniekcja) powoduje zniesienie odruchu kaszlowego, przez co zmniejsza obszar uszkodzenia tkanek szczególnie tkanki płucnej przez co wpływa na zmniejszenie się liczby zatorów powietrznych.

Podaż Lignocainum hydrochloricum, który jest lekiem znieczulającym miejscowo i antyarytmicznym. Aktywność farmakologiczna tego leku polega na hamowaniu powstawania i przewodzenia bodźców we włóknach nerwowych oraz w układzie bodźco- przewodzącym serca. Lek posiada zdolność blokowania kanałów sodowych na powierzchni komórek nerwowych. Po podaniu dożylnym lek zapobiega wzrostowi ciśnienia śródczaszkowego. Podajemy we wlewie kroplkowym w dawce od 200 do 500 mg (nie więcej niż 3-4 mg/kg ciężaru ciała).

Podaż leku Furosemid w dawce 20-40 mg gdyż zatępy gazowe powodują powstanie obrzęku mózgu. Furosemid jest preparatem z grupy leków moczopędnych pętlowych (posiada punkty uchwytu w obrębie pętli nefronu). Nasila wydalanie kationów sodowych (Na⁺) poprzez zahamowanie resorpcji zwrotnej chlorku sodu głównie w ramieniu wstępującym pętli nefronu.

Poza jonami sodowymi, furosemid zwiększa wydalanie jonów: wapniowego, magnezowego, potasowego, chlorkowego i fosforanowego. Ponadto przez zmniejszenie objętości krwi obniża ciśnienie tętnicze. Jednocześnie osłabia reakcję mięśni gładkich naczyń na bodźce wywołujące skurcz [10].

W razie konieczności należy wykonać czynności resuscytacyjne. Według wytycznych Europejskiej Rady Resuscytacji z 2010 roku u osoby dorosłej stosunek uciśnień do oddechów wykonujemy w sekwencji 30 uciśnień do dwóch oddechów przy masażu synchronicznym. Rozpoczynamy od udrożnienia dróg oddechowych jeśli to nie przynosi efektów prowadzimy masaż klatki piersiowej [11].

Uraz ciśnieniowy płuc może wystąpić najczęściej podczas nurkowania w aparacie oddechowym. Często osoba wzywająca pomoc przeważnie kolega płetwonurek jest zorientowany, że ostatecznym leczeniem jest rekompresja lecznicza. Transport chorego z barotraumą płuc powinien być jak najszybszy, uzasadnione jest użycie śmigłowca.

Podczas transportu należy kontrolować oddech i krążenie, zabezpieczyć drożność dróg oddechowych, dokonywać tlenoterapii 100% tlenem. Chory powinien znajdować się w pozycji leżącej na lewym boku, należy ograniczyć podawanie czegokolwiek doustnie, nie podawać leków przeciwbólowych, wskazane przetaczanie płynów celem niedopuszczenia do odwodnienia i wstrząsu. Wskazane jest aby wraz z chorym płetwonurkiem przekazać jego sprzęt nurkowy [11].

W obrażeniach ciśnieniowych płuc pęcherzyki gazu do układu naczyniowego dostają się przez naczynia krwionośne, które wcześniej zostały uszkodzone. Zatory gazowe dają najczęściej objawy ze strony mózgu i serca. Do leczenia zatorów gazowych stosuje się dekompresję leczniczą, która wspomagana jest leczeniem farmakologicznym. Każdy z elementów leczenia zatorów gazowych ma decydujący wpływ na skuteczność, rokowanie i możliwe wystąpienie trwałych uszkodzeń organizmu.

Rekompresja lecznicza jest najszybszym sposobem usunięcia pęcherzyków gazowych przez: zdecydowane zmniejszenie wielkości pęcherzyków; przyspieszone ich rozpuszczanie; lepsze utlenowanie tkanek; zapobieganie powiększaniu się pęcherzyków przy powolnym rozprężaniu.

Do leczenia zatorów powietrznych wykorzystywane są schematy z tabel leczniczych U.S. Navy. Podstawową zasadą używania tych tabel jest gwałtowne sprężenie do 6 atmosfer w czasie 1 minuty, pozwala to na błyskawiczne zmniejszenie pęcherzyków do takich rozmiarów, kiedy nie dają objawów. Szybkie sprężenie i natychmiastowe podanie tlenu poprawiają znacznie utlenowanie tkanek i zmniejszenie zatorów. Rezultat leczenia zależy od czasu zaistnienia zatorów i momentu rozpoczęcia leczenia w komorze dekompresyjnej. Im wcześniej rozpoczęte leczenie rekompresją tym wyższa skuteczność.

U chorych z zatorami powietrznymi, u których podjęto leczenie w komorze wystąpiła znaczna poprawa neurologiczna. Leczenie tlenem hiperbarycznym w przypadku zatorów w mózgowiu zmniejsza lub zapobiega obrzękowi wewnątrzkomórkowemu.

Jeśli u płetwonurka występują objawy o niewielkim natężeniu lub wątpliwe należy także zastosować leczenie w komorze ciśnieniowej, gdyż nagłe powstanie zatorów tętniczych może być przyczyną śmierci. Leczenie rekompresją ewentualnie zdrowego płetwonurka nie daje mu żadnych niekorzystnych następstw [12].

Występowanie innych następstw, które nie wymagają rekompresji należy zaopatrywać w każdym przypadku w zależności od potrzeb, podając cały czas do oddychania 100% tlen.

PROFILAKTYKA

Do urazu ciśnieniowego płuc może dojść w trakcie bardzo płytkich nurkowań. Zalecana jest klasyfikacja zdrowotna kandydatów do nurkowania. Jakakolwiek patologia płuc dyskwalifikuje kandydata. Nurkowanie jest dozwolone po około miesięcznym okresie rekonwalescencji po przebytych zapaleniu płuc czy oskrzeli, infekcje górnych dróg oddechowych czy nieżyt nosa również do czasu wyleczenia wymagają zaniechania prób schodzenia pod wodę [2].

W trakcie przebywania pod wodą oddech powinien być równomierny, spokojny, nie należy wykonywać głębokich wdechów a przy wynurzeniu nie wolno wstrzymywać oddechu. Wynurzenie musi następować powoli, tak aby powietrze w płucach miało możliwość wyrównania swojej wartości z ciśnieniem otaczającym płetwonurka.

Sprzęt nurkowy wymaga przeglądu przed każdym nurkowaniem, gdyż nawet najlepszy, najdroższy może zawieść. Zalecane jest posiadanie przy każdym nurkowaniu drugiego ustnika „octopus” bądź dodatkowe źródło powietrza np. z kamizelki nurkowej.

W celu zwiększenia bezpieczeństwa nurkowania stosowane są zasady systemu partnerskiego, tzn. nurkowania w parach [13]. Przed wejściem do wody partnerzy powinni uzgodnić sposób komunikacji, ustalić plan działania w sytuacji awaryjnej, sprawdzić sprzęt nurkowy: wskazania manometrów, czy zawór butli jest całkowicie otwarty, czy nie ma innych problemów. Po zanurzeniu kontrolują swoje zachowanie, pozostając w niewielkiej odległości, aby w razie konieczności służyć sobie wzajemną pomocą.

W Rozporządzeniu Ministra Sportu z dnia 17 sierpnia 2006 r. w sprawie zasad bezpieczeństwa przy uprawianiu płetwonurkowania na podstawie art. 53c ust. 4 ustawy z dnia 18 stycznia 1996 r. o kulturze fizycznej (Dz. U. z 2001 r. Nr 81, poz. 889, z późn. zm.) określone zostały warunki konieczne, które muszą być spełnione przed rozpoczęciem nurkowania. Należą do nich w paragrafie 2 w punkcie pierwszym ocena warunków bezpieczeństwa w wodzie, ruchy, głębokość, zanieczyszczenia oraz widoczność w wodzie; posiadanie planu na każde nurkowanie; ustalenie sposobu porozumiewania się płetwonurków oraz zasady przeprowadzenia akcji ratunkowo-ewakuacyjnej w chwili wystąpienia zagrożenia bezpieczeństwa osób nurkujących; a także sprawdzenie sprzętu, który ma być użyty przy zanurzeniu musi on być sprawny technicznie, spełniać określone normy i odpowiednio dobrany do umiejętności i zaplanowanego nurkowania.

Kierownik nurkowania najczęściej osoba o najwyższych uprawnieniach i najdłuższym stażu nurkowym jest obowiązana do: posiadania planu nurkowania, który zawiera: sposób bezpiecznego wejścia i wyjścia do i z wody, procedury ratunkowo-ewakuacyjne. Każde nurkowanie musi być zabezpieczone sprzętem ratunkowym, medycznym, asekuracyjnym i łącznościowym [14].

Zgodnie z paragrafem 10 powyższego rozporządzenia organizator nurkowania zobowiązany jest do nadzoru zasad bezpieczeństwa oraz zapewnienia niezbędnego sprzętu medycznego tj. zestawu pierwszej pomocy niezbędnego dla danego nurkowania oraz zestawu tlenowego umożliwiającego podanie tlenu w przepływie 15l/mi przez co najmniej 20 minut. Istotne jest aby sprzęt medyczny znajdował się w miejscu nurkowania, aby możliwe było jego natychmiastowe użycie. Przykładowe wyposażenie apteczki:

- zestaw do tlenoterapii,
- butla z tlenem,
- maseczka twarzowa do prowadzenia wentylacji metodą usta-usta,
- sterylne igły,
- termometr,
- nożyczki,
- pęsetka,
- rękawiczki jednorazowego użytku,
- materiały opatrunkowe: jałowe gazy, bandaże, chusty, opatrunki wyjąłowane,
- opaski elastyczne, przylepce,
- folia aluminiowa - "folia życia",
- leki przeciwgorączkowe, przeciwzapalne, przeciwbólowe, przeciwalergiczne, przeciw przeziębieniu, przeciw zatruciom pokarmowym, rozkurczowe, krople do uszu, tabletki przeciwkaszlowe, woda utleniona.

Bardzo ważne aby środki i leki miały odpowiedni termin ważności do użytku. Profilaktyka nurkowania wiązana jest także z odbyciem kursu płetwonurkowania, w celu nabycia nie tylko uprawnień do nurkowania ale przede wszystkim umiejętności bezpiecznego przebywania w wodzie i pod wodą z i bez sprzętu do nurkowania. W Polsce najpopularniejszymi organizacjami prowadzącymi takie szkolenia są CMAS i PADI. Nurkowanie jest niebezpiecznym sportem, dlatego należy skrupulatnie przestrzegać reguł bezpieczeństwa, jeden nieszczęśliwy wypadek pod wodą może kosztować życie [2].

Niezależnie od organizacji szkolącej nurków, systemu szkolenia, instruktora, miejsca nurkowania i pogody, najważniejsza wydaje się być praca włożona w zrozumienie treści kursu i poprawne wykonywanie ćwiczeń. Dalsza praktyka nurkowa doskonali odpowiednie zachowania.

PODSUMOWANIE

Aby zwiększyć bezpieczeństwo nurkowania należy: być w dobrej formie fizycznej, mieć aktualne badania lekarskie. Należy ukończyć szkolenie i poznać oraz stosować zasady nurkowe. Należy używać atestowanego sprzętu nurkowego, a oceny sprawności sprzętu, dokonywać przed każdym nurkowaniem. Ciało płetwonurka posiada liczne przestrzenie powietrzne naturalne lub sztucznie wytworzone, które mogą ulec uszkodzeniu jeśli ciśnienie w nich występujące nie zostanie wyrównane z ciśnieniem otaczającym nurka w wodzie. Istnieje wiele metod i sposobów na równoważenie ciśnień, umiejętność ich wykonywania warunkuje bezpieczeństwo i komfort nurkowania.

Używając aparatu oddechowego należy oddychać równomiernie i nieprzerwanie. Przy wynurzeniach awaryjnych



cały czas należy wydmuchiwać powietrze. Jeśli pojawiły się objawy sugerujące uraz ciśnieniowy lub inną jednostkę chorobową należy wezwać pomoc medyczną.

Wskazane jest natychmiastowe zastosowanie tlenu, który posiada dobroczynne działanie w sytuacji wystąpienia zatorów gazowych. Optymalnym wariantem jest podawanie go na powierzchni tuż po wyciągnięciu poszkodowanego z wody a kontynuacja podczas transportu do komory ciśnieniowej i w trakcie sprężania i rozprężania. Korzyści płynące z zastosowania

tlentherapie to: poprawa utlenowania uszkodzonych tkanek; zwiększone wydalanie z organizmu gazów np. powietrza; zmniejszanie rozmiarów pęcherzyków wcześniej powstałych; zapobieganie powstawania zatorów żylnych.

Transport do komory ciśnieniowej powinien być jak najszybszy, uzasadnione jest użycie także śmigłowca. Podczas transportu należy kontrolować oddech i krążenie, zadbać o drożność dróg oddechowych, do oddychania bez przerwy podawać 100% tlen przez szczelną maskę, chory powinien znajdować się w pozycji leżącej na lewym boku, należy ograniczyć podawanie czegokolwiek doustnie, wskazane jest przetaczanie płynów celem niedopuszczenia do odwodnienia i wstrząsu.

Rekompresja lecznicza jest najszybszym sposobem usunięcia pęcherzyków gazowych przez: zdecydowane zmniejszenie wielkości pęcherzyków; przyspieszone ich rozpuszczanie; lepsze utlenowanie tkanek; zapobieganie powiększania się pęcherzyków przy powolnym rozprężaniu.

Do leczenia zatorów powietrznych stosuje się tabele dekompresyjne, których zastosowanie pozwala na błyskawiczne zmniejszenie pęcherzyków do takich rozmiarów, kiedy nie dają objawów. Szybkie sprężenie i natychmiastowe podanie tlenu poprawiają znacznie utlenowanie tkanek i zmniejszenie zatorów. Rezultat leczenia zależy od czasu zaistnienia zatorów i momentu rozpoczęcia leczenia w komorze dekompresyjnej. Im wcześniej rozpoczęte leczenie rekompresją tym wyższa skuteczność.

WNIOSKI

- Uraz ciśnieniowy płuc jest stanem zagrożenia zdrowia i życia.
- Właściwe postępowanie na miejscu zdarzenia i szybki transport do komory hiperbarycznej dają szansę powrotu do zdrowia.

BIBLIOGRAPHY

1. Document ADM 1/5528. Admiralty Letters In. various. 22 June 1843. Public Records Office Rubicon Research Repository (<http://archive.rubicon-foundation.org>).
2. Marek K. (red) (2001) Choroby zawodowe. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 388-403.
3. Dolatowski A. Ulewicz K. (red). Dęga K. [et al.]. Zarys fizjopatologii nurkowania Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa 1973 ,s. 11-24; 88-96.
4. Topliff E.D.: Mechanism of lung damage in explosive decompression. Aviat Space Environ Med. 1976 May;47(5):517-22.
5. Bennet P., Elliot D.: The physiology and medicine of diving. Bailliere Tindall, London-1993.
6. Kozłowski W., Siermontowski P., Koktyś R., Olszański R.: Bronchoalveolar tree and the pulmonary vascular bed in pulmonary barotrauma. An experimental study. Polish Journal of Environmental Studies 2006, 15, 4b: 100-104.
7. Doboszyński T., Orłowski T.: Podstawy terapii hiperbarycznej. Wyd. WAM Gdynia 1977.
8. Desola J., Galland F., Houtman R., Gough-Allen R., Kot J., Meliet L., Mortensen C., Mueller P., Simao A. G., Sipinen J.- S. (2004) Europejski kodeks dobrej praktyki w terapii tlenem hiperbarycznym European Journal of Underwater and Hyperbaric Medicine, 5(1): 1-68.
9. Campbel J. E. (red) International Trauma Life Support. Ratownictwo przedszpitalne w urazach Wydawca: Medycyna Praktyczna 2015.
10. Burak K. Farmakologia dla ratowników medycznych wyd. Wyższa Szkoła Medyczna w Legnicy, Legnica 2012.
11. Europejska Rada Resuscytacji (ERC) przy współpracy z Polską Radą Resuscytacji (PRR) Wytuczne 2010 resuscytacji krążeniowo-oddechowej.
12. Sieroń A.; Cieślak G.; (red) Zarys medycyny hiperbarycznej. Wyd. L-medica press, Bielsko-Biała,2006; 49-133. ISBN 83-88778-97-8.
13. Siermontowski P., Kozłowski W., Olszański R., Pedrycz A.: Znaczenie modelu doświadczalnego urazu ciśnieniowego płuc w badaniu wypadków nurkowych. PHR-2012 1(38): 7-28.
14. Rozporządzenie Ministra Sportu w sprawie zasad bezpieczeństwa przy uprawianiu pletwonurkowania z dnia 17 sierpnia 2006.

mgr Martyna Krukowska

Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej,
Zakład Ratownictwa Medycznego
ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska