

Zgniecenie płuc: wykaszlesz swoje płuca... a może nie!

Wprowadzenie:

'Zgniecenie płuc' (ang. 'Lung squeeze') jest stanem, który jest praktycznie wyłącznie spotykany podczas nurkowania ze wstrzymanym oddechem. Płetwonurkowie nie są świadomi tego i, co zasmuca jeszcze bardziej, wielu lekarzy nigdy o tym nie słyszało. Nie mówiąc już o nauczaniu się, jak to leczyć. Jest wiele legend na temat tego raczej słabo zdefiniowanego i niezrozumiałego fenomenu. Zatem zagłębmy się w ten temat i może przy okazji uda nam się uniknąć zgniecenia mózgu!

Definicja:

'Zgniecenie płuc' jest również znane jako ściśnięcie klatki piersiowej lub bardziej formalnie jako *uraz ciśnieniowy (barotrauma) płuc przy zanurzaniu* (ang.: pulmonary barotrauma of descent, w tym artykule również oznaczana jako PBT).

PBT jest zatem: *uszkodzeniem lub urazem płuc w wyniku działania zwiększonego ciśnienia otoczenia na zamknięte przestrzenie powietrzne w płucach podczas nurkowania ze wstrzymanym oddechem.*

Opis i definicja odnoszą się do tego, co dzieje się z płucami w wyniku zwiększającego się ciśnienia podczas zanurzania. Niektórzy autorzy włączają zgniecenie tchawicy do elementów rozszerzonej koncepcji PBT.

Zatem, używając tej niedoskonałej definicji zastanówmy się czym są te efekty: jak zwiększone ciśnienie otoczenia wpływa na zamknięte przestrzenie powietrzne płuc?

Fizyka i fizjologia:

Aby lepiej zrozumieć PBT należy przypomnieć sobie podstawy fizyki i fizjologii.

Pierwsze prawo Boyle'a mówi: „*Objętość danej masy gazu jest odwrotnie proporcjonalna do jego ciśnienia, o ile temperatura pozostaje stała.*”

To prawo gazowe mówi, że objętość gazu w systemie zamkniętym lub przestrzeni zmniejszy się, jeśli zwiększy się ciśnienie zewnętrzne i na odwrót. W nurkowaniu ze wstrzymanym oddechem, nasze płuca to zamknięta przestrzeń wypełniona gazem, ze wzrostem ciśnienia zewnętrznego wynikającego z ciśnienia hydrostatycznego (ciśnienia słupa wody nad nurkiem). Na każde 10 metrów słupa wody (msw, ang. meters of seawater) ciśnienie zwiększa się o około 1 atmosferę (ATA). Zauważ, że to odwrotne zmniejszenie objętości wraz ze wzrostem ciśnienia przebiega po krzywej wykładniczej, jak to pokazano na rys. 1 poniżej.

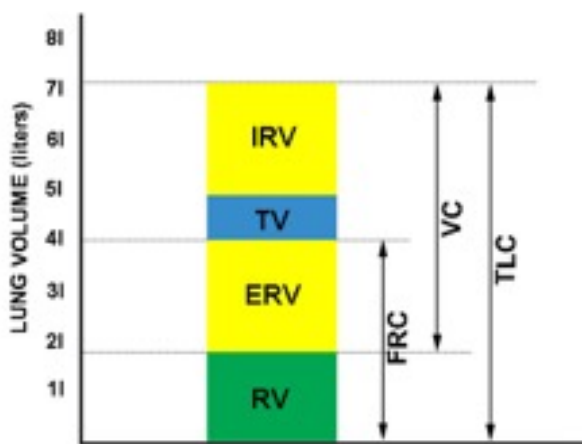
Głębokość	ATM/BAR (Ciśnienie w atmosferach)	Objętość płuc	Współczynnik objętości
0 m	1	8 l	1
10 m	2	4 l	½

20 m	3	2.66 l	1/3
30 m	4	2 l	1/4

Rys 1.

Po drugie, potrzebne jest pewne zrozumienie co to jest objętość płuc. Całkowita pojemność płuc (ang. Total Lung Capacity, TLC) mężczyzny wzrostu 1,7 m i masie ciała 70 kg wynosi około 7 litrów. Wraz z wydychaniem powietrza aż do absolutnego minimum, ta najmniejsza objętość powietrza w płucach nazywana jest objętością zalegająca (ang. residual volume, RV). Inne objętości nie są tak ważne dla naszego tematu i podane są dla informacji.

Rys. 2 poniżej pokazuje objętości płuc i składowe w przypadku nurkującego ze wstrzymanym oddechem.



Rys. 2.

TLC = Total Lung Capacity - całkowita pojemność płuc

VC = Vital Capacity - pojemność życiowa

FRC = Functional Reserve Capacity - czynnościowa pojemność zalegająca

RV = Reserve Volume - objętość zalegająca

ERV = Expiratory Reserve Volume - objętość zapasowa (wydechowa)

IRV = Inspiratory Reserve Volume - objętość zapasowa (wdechowa)

TV = Tidal Volume - objętość oddechowa

Początkowo zakładano, że objętość zalegająca (ang. residual volume, RV) przedstawia najmniejszą objętość, jaką płuca mogą przyjąć, zanim zacznie się ich mechaniczne uszkodzenie. Innymi słowy, powinno być bezpieczne nurkowanie ze wstrzymanym oddechem do głębokości, gdzie efekt kompresji działający na płuca nie przekroczy zmniejszenia objętości poniżej objętości zalegającej. Objętość zalegająca to od 20 do 25% całkowitej pojemności płuc po pełnym wdechu. Zatem, zgodnie z prawem Boyle'a, objętość zalegająca może być osiągnięta na głębokości od 35 do 45 msw (czyli dla ciśnienia od 4,5 do 5,5 ATA), co

oznaczało by że jest to limit w nurkowaniu ze wstrzymanym oddechem. Wiemy, że to tak nie jest, ponieważ obecne rekordy głębokości nurkowania ze wstrzymanym oddechem przekraczają 200 msw. To spowodowało szukanie i odkrycie innych mechanizmów fizjologicznych, które mają tutaj znaczenie. Oprócz faktycznego częściowego zapadnięcia się klatki piersiowej, najważniejszym mechanizmem kompensacyjnym jest centralizacja krążenia i gromadzenie się krwi z okolicznych tkanek w obszarze klatki piersiowej. To pozwala na zebranie do 1,5 l krwi w naczyniach krwionośnych klatki piersiowej.

Zasadniczo zbieranie się krwi w klatce piersiowej wyrównuje różnicę ciśnień, gdy osiągnie się objętość zalegającą a przez to zmniejsza efektywną objętość zalegającą. To pozwala na osiąganie większych głębokości bez uszczerbku na zdrowiu. Ten mechanizm zwiększa ciśnienie w płucnym łożysku naczyniowym a w konsekwencji w płucnych naczyniach włosowatych, co może prowadzić do ich rozerwania i krwotoku.

W praktyce te mechanizmy pozwalają ścisnąć płuca do około 5% całkowitej pojemności płuc (TLC) w przypadku dobrze wytrenowanych mistrzów nurkowania ze wstrzymanym oddechem. Ale to prosi się o odpowiedź na pytanie, czy to jest granica głębokości w nurkowaniu ze wstrzymanym oddechem? Nawet jeśli tak, to nie jest niezwykłym, że ci nurkowie wynurzają się na powierzchnię kaszląc krwią a ich osiągnięcia nie przekładają się na resztę populacji.

Objawy:

Może się wydawać, że barotrauma płuc przy zanurzaniu dotyczy tylko bardzo głębokich nurkowań. Ale jest kilka raportów na temat przypadków PBT, które wystąpiły w czasie płytkich nurkowań – typowych powtórzeniowych nurkowań z krótkimi czasami powierzchniowymi, nawet tak płytkimi jak 4 msw. Może chodzi o coś więcej niż samo zgniecenie. Wiadomo, że płyn może gromadzić się w płucach jako reakcja na przebywanie w wodzie lub podczas pływania po powierzchni. Indywidualne anatomiczne, fizjologiczne, patologiczne i codzienne zmiany grają rolę w procesie rozwoju PBT.

Nie wszystkie przypadki PBT są natychmiast rozpoznawane. Niektóre cechy są przemijające. Inne mogą być pomyłone z innymi, bardziej powszechnymi niedomaganiem w rejonie klatki piersiowej, jak w przypadku grypy czy zapaleniem płuc. Kiedy dochodzi do manifestacji i rozpoznania, następujące symptomy (czyli coś, na co skarży się pacjent) i objawy (czyli zaobserwowane odchylenia od normalnego funkcjonowania) są związane z PBT:

Symptomy: ból w klatce piersiowej, krótki oddech, uczucie płynu w płucach, kaszel, zmęczenie, uczucie ścisknięcia lub uciśnięcia klatki piersiowej podczas zanurzania, zawroty głowy, nudności, osłabienie, mrowienie lub drętwienie (parastezje), omdlenie.

Objawy: hiperwentylacja, kaszel z jasnoczerwoną krwią, wykaszliwanie krwawej piany, wymioty, problem z oddychaniem, dezorientacja, utrata przytomności, zatrzymanie krążenia, śmierć.

Z długiej listy manifestacji tego stanu widać, że barotrauma płuc przy zanurzaniu może mieć przebieg od łagodnego do śmiertelnego. W kategoriach czasu trwania może być bardzo krótkim epizodem, a może trwać nawet kilka miesięcy. Ponowne wystąpienia są powszechne i pojawia się pytanie o trwałe skutki PBT.

Unikanie i minimalizacja skutków

Niezależnie czy jesteś uczestnikiem zawodów w nurkowaniu ze wstrzymanym oddechem, czy po prostu spędzasz dużo czasu w wodzie warto, żebyś wziął pod rozwagę wymienione poniżej rady, aby

zminimalizować lub uniknąć PBT:

- Utrzymuj dobrą formę, zwłaszcza w zakresie układu oddechowego.
- Rozwijaj swoją tolerancję na CO₂ aby ograniczyć skurcze klatki piersiowej. Te skurcze klatki piersiowej są mimowolnymi ruchami łapania powietrza przy zamkniętej głośni lub ustach. W przypadku nurkujących ze wstrzymanym powietrzem jest to fizjologiczny punkt zwrotny, ponieważ podniesiony poziom CO₂ stymuluje chęć wzięcia oddechu.
- Rozgrzej się aby zmniejszyć skurcze podczas nurkowania.
- Unikaj wyciągania ramion lub szyi podczas przebywania na głębokości. Nie należy wykonywać żadnych gwałtownych lub wyężonych ruchów.
- Popraw i trenuj swoją klatkę piersiową, by była elastyczna.
- Zaczynaj wynurzanie zanim poczujesz skurcze podczas nurkowania.
- Powoli zwiększaj głębokość, gdy zaczynasz nurkowanie.
- Unikaj głębokich nurkowań zaraz po długiej podróży, zwłaszcza jeśli zmieniałeś strefy czasowe lub doświadczasz skutków syndromu nagłej zmiany strefy czasowej (ang. Jet Lag). Najpierw pozbadź się jego objawów, odpocznij.
- Naucz się technik relaksacji podczas nurkowania, zwłaszcza na głębokości i koncentruj się na uwolnieniu napięcia, zwłaszcza z rejonu klatki piersiowej.
- Naucz się manewru Frenzel'a do wyrównywania ciśnienia, ponieważ jest łagodniejszy i powoduje zużycie mniejszej ilości powietrza.
- Jeśli miałeś w przeszłości przypadki PBT, odpocznij do końca dnia po nurkowaniu na dużą głębokość, ponieważ wydaje się, że drugiego dnia rośnie ryzyko PBT, nawet na mniejszych głębokościach.
- Jeśli podczas nurkowania zaczynasz odczuwać symptomy podobne do poprzednich wystąpień PBT, niezwłocznie przerwij nurkowanie.
- Regularnie trenuj nurkowanie nawet poza sezonem.
- Zaczynaj wydychać powietrze tuż przed powierzchnią. Zalecany jest wcześniejszy trening w tym zakresie.

Postępowanie w przypadku barotraumy płuc:

Postępowanie w przypadku PBT wymaga stosowania podstawowych zasad pierwszej pomocy, gdzie poziom udzielanej pomocy jest zwiększany lub utrzymywany w zależności od początkowych objawów klinicznych i rozwoju problemu.

Logiczny protokół obejmuje:

- Przewij nurkowanie i zapewnij bezpieczeństwo poszkodowanego nurka
- Zatrzymaj jakąkolwiek aktywność fizyczną. Niech partner nurkowy pomoże w utrzymaniu pływalności i holowaniu poszkodowanego nurka do miejsca, gdzie będzie można wyjść z wody.
- Pozwól poszkodowanemu nurkowi odpocząć i zapewnij komfort.
- Jeśli jest dostępny tlen, podaj go poszkodowanemu tak, by mógł oddychać 100% tlenem medycznym.
- Zachęcaj do picia, o ile drogi oddechowe nurka są zabezpieczone i nurek jest w pełni przytomny. Nie podawaj alkoholu.
- Tak szybko jak to możliwe wezwij służby medyczne (w zależności od dostępnych możliwości i poziomu kompetencji). Warto najpierw skontaktować się z linią awaryjną DAN, ponieważ konsultacji mogą być bardzo pomocni w uzyskaniu pomocy medycznej i „mówią językiem

nurków”.

- Tak szybko jak to możliwe uzyskaj konsultację medyczną, najlepiej przeprowadzoną przez lekarza nurkowego.
- Odpoczywaj przez co najmniej dwa tygodnie zanim wznowisz nurkowania. Najlepiej będzie, jeśli wcześniej zbada cię lekarz nurkowy i stwierdzi, że możesz nurkować.
- Ostrożne planowanie jest lepsze niż reagowanie na niezaplanowany wypadek.

Podsumowanie:

Barotrauma płuc podczas zanurzania jest ciekawym i często omawianym przez nurkujących ze wstrzymanym oddechem problemem. Wciąż jest wiele do nauczenia się na temat PBT i jest szereg sposobów, które pozwalają uniknąć lub ograniczyć skutki tego stanu. Być może faktycznie jest absolutna bariera głębokości dla nurkujących ze wstrzymanym oddechem? Kto wie? Dzisiejsze bariery jutro mogą być kolejnymi rekordami. W międzyczasie nurkuj bezpiecznie i nie zapomnij czerpać z nurkowania radość.