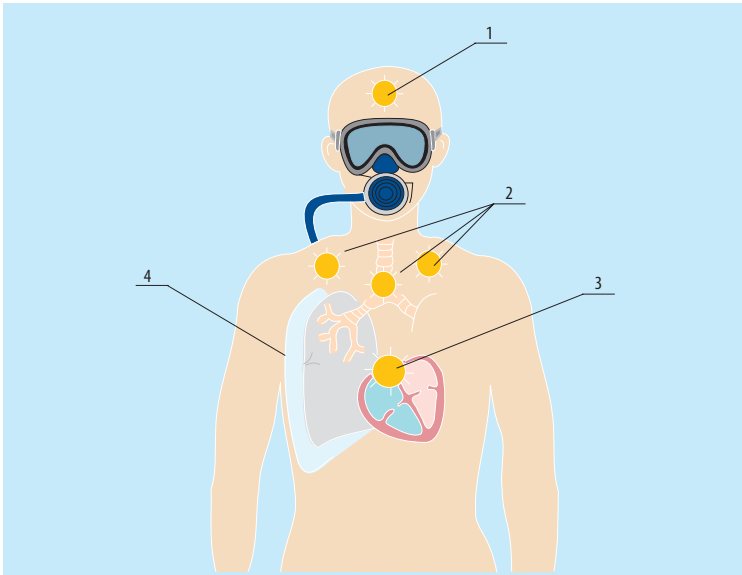


## Rozdział 8

## Uraz ciśnieniowy płuc

Na początku XX wieku przypadkowo stwierdzono, że nurkowie wynurzający się z małych głębokości zapadali na nagłą ciężką chorobę. Uważano, że jest to „kapryśna postać choroby dekompresyjnej”. W 1931 r. w USA przedstawiono dwa przypadki „niezwykłej choroby ciśnieniowej po nurkowaniu na głębokości 16 stóp (5 m)”. Obydwa przypadki zakończyły się śmiercią nurków, a mechanizm ich zgonu był niezrozumiały. Dalsze badania ujawniły, że śmierć w powyższych przypadkach była następstwem rozdęcia i pęknięcia płuc – **urazu ciśnieniowego płuc** – co powodowało dostanie się powietrza do żył płucnych. Następnie powietrze wędrowało do lewego serca i w końcu do mózgu. **Tętnicy zator powietrzny** mózgu został uznany za przyczynę wcześniejszych niezrozumiałych zgonów.



**Rycina 8.1.** Możliwe następstwa urazu ciśnieniowego płuc: 1 – zator powietrzny mózgu, 2 – odma śródpierścia i podskórna, 3 – zator powietrzny mięśnia sercowego, 4 – odma opłucnowa

Uraz ciśnieniowy płuc w gwarze nurkowej nazywany jest **barotraumą płuc**. Jest chorobą nurkową bardzo rzadką (około 0,02% ogólnej liczby wynurzeń podczas treningu swobodnego wypływania), jednak najczęściej zdarza się nurkom mało doświadczonym. Można uznać, że wśród chorób nurków jest zachorowaniem najgroźniejszym dla życia. Uraz ciśnieniowy płuc może wystąpić najczęściej podczas wynurzania i bardzo rzadko podczas zanurzania.

**Uraz ciśnieniowy płuc polega na uszkodzeniu mięszu płucnego spowodowanego przez nagły lub niekontrolowany wzrost ciśnienia mieszaniny oddechowej w drogach oddechowych w stosunku do ciśnienia otaczającego. Następstwem tego może być dostanie się pęcherzyków gazu do układu naczyniowego, co powoduje zatory w narządach ważnych dla życia, do jam opłucnowych, powodując odmę opłucnową, do śródpiersia, powodując odmę śródpiersia, lub do tkanki podskórnej górnej części klatki piersiowej i szyi, powodując odmę podskórną.**

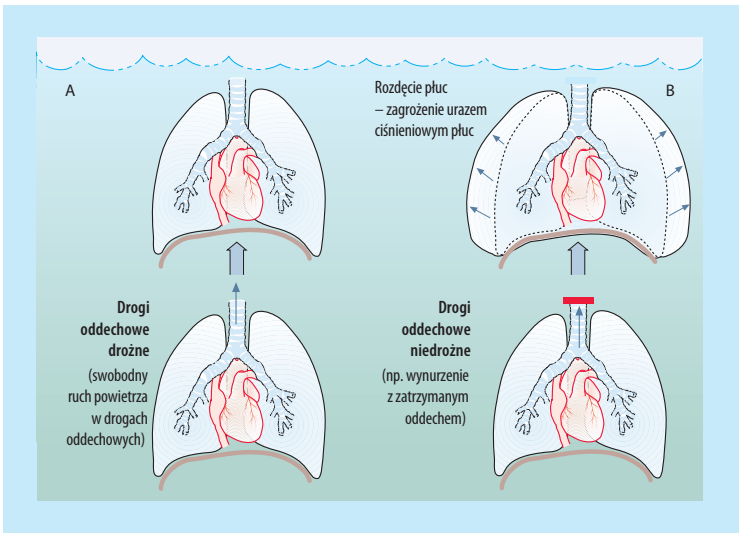
### 8.1. Przyczyny urazu ciśnieniowego płuc

Do najczęstszych przyczyn urazu ciśnieniowego płuc należą:

- wynurzanie z zatrzymanym oddechem podczas nurkowania z nurkowym aparatem oddechowym,
- zła obsługa lub awaria kamizelki nurkowej i wyrzucenie płetwonurka na powierzchnię wody,
- niekontrolowane lub szybkie wynurzanie się,
- odruchowy skurcz krtani na skutek paniki pod wodą,
- nabyte lub wrodzone miejscowe występowanie obszarów o upośledzonej drożności dróg oddechowych,
- oddychanie przez dwóch nurków z jednego ustnika nurkowego aparatu oddechowego podczas awaryjnego wynurzania,
- zgubienie pasa balastowego na niewielkiej głębokości (do 10 m) i wyrzucenie płetwonurka na powierzchnię wody,
- awaria automatu oddechowego,
- wyrzucenie nurka klasycznego na powierzchnię wody,
- wybuchy podwodne,
- skoki do wody w nurkowych aparatach oddechowych z obiegiem zamkniętym i półzamkniętym i uderzenie napełnionego gazem worka oddechowego o powierzchnię wody,

- treningi opuszczania zatopionych okrętów podwodnych.

Najczęściej przyczyną urazu ciśnieniowego płuc jest zła technika wynurzenia. Może ona wynikać z ignorancji, zapomnienia lub paniki. U niedoświadczonych, mało obytych z wodą i sprzętem nurków, do złej techniki wynurzenia dochodzi, gdy nurek przestraszy się pod wodą, wypuści ustnik, aparat oddechowy poda mu wodę. Wówczas nurek w obawie, że zabraknie mu powietrza, wstrzymując wydech, jak najszybciej chce osiągnąć powierzchnię. Zatrzymane w płucach powietrze w czasie wynurzenia rozpręża się, doprowadzając do uszkodzenia pęcherzyków płucnych, drzewa oskrzelowego, a nawet do rozrywania opłucnej.



**Rycina 8.2.** Patomechanizm urazu ciśnieniowego płuc: A – drogi oddechowe drożne, powietrze swobodnie uchodzi z płuc podczas wynurzenia; B – drogi oddechowe niedrożne, zatrzymane w płucach powietrze podczas wynurzenia rozpręża się powodując rozdęcie płuc, a następnie uraz ciśnieniowy płuc. Rycina z książki *Moderne Tauchmedizin* Ch. Klingmann i wsp. za pozwoleniem Gentner Verlag Stuttgart, Niemcy, 2007 r.

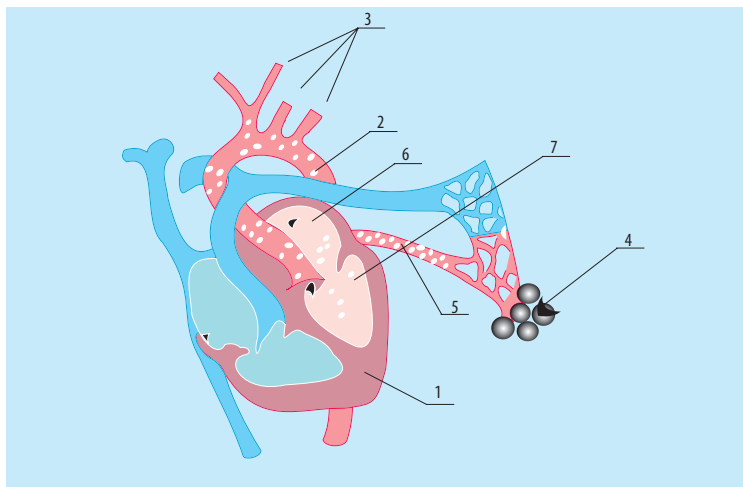
Do urazu ciśnieniowego płuc może dojść podczas treningów różnych technik nurkowych. Jednym z elementów nauki nurkowania jest trening awaryjnego

swobodnego wynurzenia w sytuacji braku powietrza. Po wykonaniu wdechu z aparatu nurkowego na określonej głębokości nurek wyjmuje ustnik automatu oddechowego i zaczyna się wynurzać. W tym czasie musi wydmuchiwać rozprężające się powietrze. Zbyt wolny wydech w stosunku do prędkości wynurzenia lub wstrzymanie wydechu mogą spowodować uraz ciśnieniowy płuc.

**Podczas wynurzenia z wyjętym ustnikiem aparatu oddechowego nurek musi stale wydychać powietrze, aby zapobiegać uszkodzeniu płuc, które może spowodować powstanie zatorów powietrznych.**

Szybkie wynurzenie z powodu braku powietrza, po kilkudziesięciominutowym nurkowaniu, poza urazem ciśnieniowym płuc wiąże się też z ryzykiem powstania choroby ciśnieniowej.

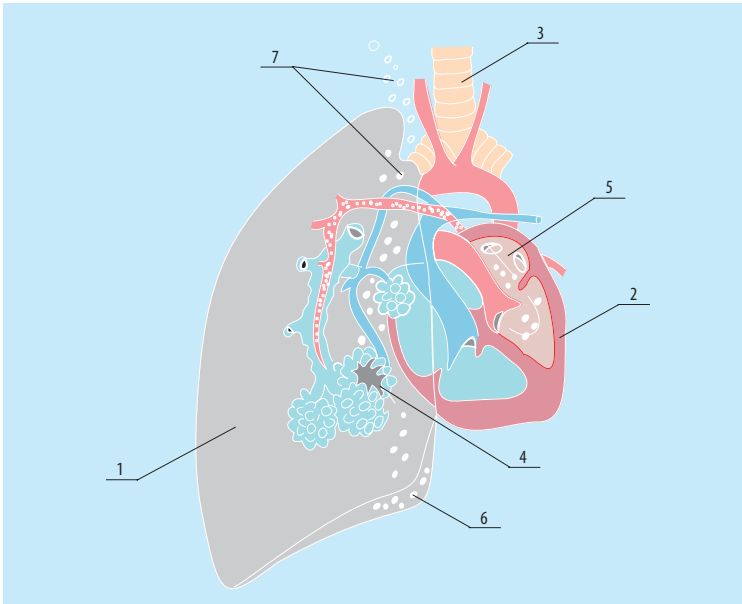
Trening awaryjnego wynurzenia dwóch nurków i oddychanie przez nich z jednego ustnika automatu oddechowego również stwarza ryzyko urazu ciśnieniowego płuc. Po wykonaniu wdechu przez jednego z nurków przekazuje on ustnik drugiemu. W tym czasie obaj wynurzają się. Każdy



**Rycina 8.3.** Droga pęcherzyków powietrza z uszkodzonych pęcherzyków płucnych do układu naczyniowego. 1 – serce, 2 – aorta z pęcherzykami powietrza, 3 – naczynia zaopatrujące w krew górne części ciała, 4 – uszkodzony pęcherzyk płucny, 5 – pęcherzyki powietrza w żyłę płucnej, 6 – pęcherzyki powietrza w lewym przedsionku i lewej komorze serca – 7

z nurków, czekając na ustnik, powinien wydmuchiwać powietrze z intensywnością odpowiednią do szybkości wynurzenia. Wstrzymanie wydechu podczas oczekiwania na ustnik spowoduje uraz ciśnieniowy płuc.

Do wstrzymania wydechu może też dojść przy próbach przedmuchiwania uszu podczas wynurzenia. Kaszel i kichanie pod wodą powodują znaczny wzrost ciśnienia w klatce piersiowej, mogący doprowadzić do rozdęcia płuc. Czasem do urazu ciśnieniowego płuc może dojść, jeżeli któreś oskrzele zostanie zacopowane przez wydzielinę śluzową. Powstaje wówczas tzw. „pułapka dla powietrza”. Podczas wynurzenia zatrzymane w niej powietrze rozpręża się, doprowadzając w końcu do urazu ciśnieniowego płuc. Taka sytuacja może mieć miejsce wówczas, gdy nurek nurkuje zbyt wcześnie po przebytych zapaleniu płuc lub oskrzeli albo gdy jest nałogowym palaczem.



**Rycina 8.4.** Droga powietrza z uszkodzonych pęcherzyków płucnych w obrębie klatki piersiowej. 1 – płuco, 2 – serce, 3 – tchawica, 4 – uszkodzony pęcherzyk płucny, 5 – pęcherzyki powietrza w lewym przedsionku serca, 6 – powietrze w jamie opłucnowej, 7 – powietrze w śródpiersiu i górnej części klatki piersiowej

Nagle zwiększenie pływalności nurka, a tym samym zmniejszenie głębokości może spowodować uraz ciśnieniowy płuc. Może to nastąpić w przypadku zgubienia źle zamocowanego pasa balastowego, złej obsługi lub awarii kamizelki nurkowej. Szczególnie niebezpieczne jest, gdy nagle zmniejszenie głębokości następuje podczas wykonywania wdechu.

## 8.2. Patomechanizm urazu ciśnieniowego płuc

Gdy różnica ciśnienia na zewnątrz i ciśnienia powietrza w płucach osiąga 60-80 cm H<sub>2</sub>O, powietrze powoduje uszkodzenie mięszu płucnego, gdyż przekroczona zostaje wytrzymałość ściany pęcherzyka płucnego. Może to już nastąpić przy nagłym wyrzuceniu nurka na powierzchnię nawet z głębokości mniejszej od 2 metrów. Znany jest przypadek urazu ciśnieniowego płuc, który wystąpił po wynurzeniu z głębokości 1 metra. Do urazu ciśnieniowego płuc dochodzi najczęściej na głębokościach małych, tj. od 10 m do powierzchni. Należy podkreślić, że czas nurkowania nie odgrywa żadnej roli w powstaniu urazu ciśnieniowego płuc. Wystarczy tylko jeden wdech z aparatu nurkowego pod wodą, aby mogło dojść do poważnego uszkodzenia płuc.

Prawdopodobieństwo urazu ciśnieniowego płuc zależy od głębokości i objętości płuc, na której zatrzymano oddech. Jeżeli nurk zatrzyma oddech blisko wartości TLC, to wynurzenie już z 1 m może spowodować pęknięcie płuc. Rozerwaniu pęcherzyka płucnego towarzyszy rozerwanie otaczających go naczyń krwionośnych. Z naczyń włosowatych tętniczych oplatających pęcherzyki płucne wylewa się krew do ich światła i do przestrzeni międzypęcherzykowych. Wylana krew wyłącza z funkcji zalany pęcherzyk, powodując jego niedodmę, oraz uciska zdrowe pęcherzyki, zmniejszając lub wyłączając ich funkcję. Z kolei wskutek wzrostu ciśnienia powietrza w płucach do naczyń włosowatych żylnych zostaje wtłoczone powietrze pęcherzykowe, które przez krążenie małe dostaje się do lewego przedsionka i lewej komory serca. Stąd pęcherzyki powietrza wraz z krwią dostają się do aorty i dalej najczęściej do naczyń zaopatrujących górne części ciała. Docierają zwłaszcza do naczyń mózgowych i rzadziej do naczyń wieńcowych serca, dając objawy powietrznych **tętniczych zatorów gazowych** (AGE – ang. *arterial gas emboli*).

Przy rozerwaniu pęcherzyków płucnych leżących podopłucnowo może dojść do rozerwania błony opłucnowej. Powietrze dostaje się wówczas do jamy opłucnowej i powstaje **odma opłucnowa**. Przy rozerwaniu pęcherzyków płucnych leżących blisko głównych oskrzeli powietrze może przemieszczać się wzdłuż nich

do śródpiersia, tworząc **odmę śródpiersia**. Dalsza wędrowka powietrza w górę klatki piersiowej i do szyi spowoduje **odmę podskórną** w tych okolicach.

### 8.3. Objawy urazu ciśnieniowego płuc

Najczęściej objawy chorobowe występują natychmiast po wyjściu z wody lub do 30 min po nurkowaniu. Niekiedy od momentu urazu płuc może wystąpić nawet kilkunastogodzinny okres bezobjawowy lub skąpo objawowy, który następnie może rozwinąć się w pełny obraz zaburzeń mózgowych i krążeniowych prowadzący do utraty przytomności i szybkiego zgonu.

Jeżeli nastąpi rozdzienie płuc przez zwiększoną objętość gazu, wówczas dochodzi do rozlanego uszkodzenia struktury płuc. **Objawy uszkodzenia mięszu płucnego** zależą od rozmiaru uszkodzeń; najbardziej charakterystyczne to:

- kaszel,
- odkrztuszanie płwociny podbarwionej krwią,
- krwioplucie,
- skrócenie i sptylenie oddechu,
- bóle podczas oddychania,
- duszność,
- sinica.

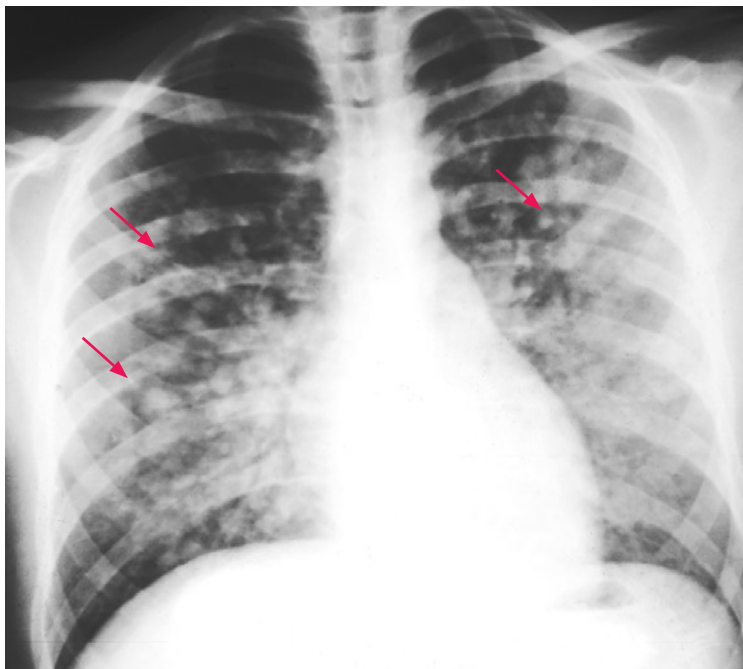
W przypadku uszkodzenia pęcherzyków płucnych leżących blisko głównych oskrzeli powietrze może przemieszczać się wzdłuż nich do śródpiersia, tworząc odmę śródpiersia. Jeżeli zgromadzi się tam duża ilość powietrza, to będzie ono wywierało mechaniczny ucisk na naczynia, nerwy, przełyk, krtań, a w ciężkich przypadkach na serce. Powoduje to następujące **objawy odmy śródpiersia**:

- uczucie bólu w klatce piersiowej,
- gniecenie za mostkiem,
- skrócenie oddechu,
- zaburzenia lub ból podczas połykania,
- chrypka lub metaliczność głosu,
- uczucie ciała obcego w gardle.

Wędrowka powietrza w górę klatki piersiowej spowoduje odmę podskórną okolic nadobojczykowych i szyi. **Objawy odmy podskórnej** to:

- trzeszczenie przy ucisku skóry nad obojczykami,

- trzeszczenie przy ucisku skóry szyi,
- asymetria okolic nadobojczykowych,
- zniekształcenie szyi.



**Rycina 8.5.** RTG klatki piersiowej urazu ciśnieniowego płuc

Razem z rozerwaniem pęcherzyków płucnych leżących podopłucnowo może dojść do rozerwania opłucnej. W tej sytuacji powietrze dostaje się do jamy opłucnowej, tj. pomiędzy płucem a ścianą klatki piersiowej. Powoduje to wytworzenie odmy opłucnowej i zapadnięcie się płuca. Czasem dochodzi do powstania groźnej odmy wentylowej. Do **objawów odmy opłucnowej** należą:

- krótki ostry ból w klatce piersiowej w momencie pęknięcia opłucnej,
- asymetria klatki piersiowej,
- skrócenie i przyspieszenie oddechu,
- silna, szybko narastająca duszność,
- przyspieszenie tętna.