

POWTÓRKA Z ZOOLOGII

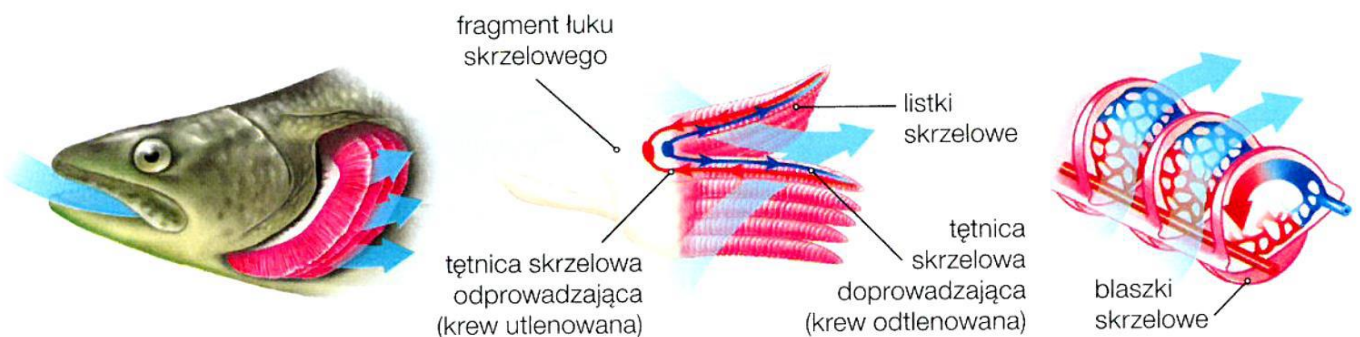
- **u gąbek** brak układu oddechowego; tlen na potrzeby oddychania tlenowego dostarczany jest dzięki ciągłemu przepływowi wody przez ich ciało.
 - **u parzydelkowców** brak układu oddechowego, wymiana gazowa zachodzi całą powierzchnią ciała.
 - **u płazińców** brak układu oddechowego; płazińce wolnożyjące oddychają tlenowo całą powierzchnią ciała, dzięki korzystnemu stosunkowi powierzchni ciała do ich objętości, a płazińce pasożytnicze uzyskują energię, dzięki fermentacji w warunkach beztlenowych;
 - **u wrotków** nie ma układu oddechowego; wymiana gazowa zachodzi całą powierzchnią ciała, wrotki wolnożyjące przeprowadzają oddychanie tlenowe.
 - **u nicieni** brak układu oddechowego; u gatunków pasożytniczych pozyskiwanie energii zachodzi w procesie fermentacji, a nicienie wolnożyjące oddychają tlenowo, jednak korzystny stosunek powierzchni ciała do powierzchni objętości, sprawia, że wymiana gazowa może zachodzić u nich całą powierzchnią ciała, bez udziału wyspecjalizowanych narządów.
 - **u pierścienic** brak wyodrębnionego układu oddechowego. Wymiana gazowa zachodzi całą powierzchnią ciała przez wilgotne powłoki (u słodkowodnych oraz lądowych) → śluz ułatwia oddychanie, jest miejscem, gdzie rozpuszcza się gaz co usprawnia dyfuzję. U niektórych wieloszczetów (*np. u nereidy*) na parapodiach wykształciły się skrzela w postaci wyrostków ciała, a *np. u nalepiana* skrzela umieszczone są bezpośrednio na powłokach ciała.
- ☐ **u stawonogów** budowa układu oddechowego jest ściśle związana ze środowiskiem życia. U małych stawonogów może zachodzić całą powierzchnią ciała:
- u skorupiaków** skrzela (zewnętrzne lub wewnętrzne). – cienkościennie, ukrwione pierzaste wyrostki na tułowiu, odnóżach, odwłoku. Hemolimfa rozprowadza gazy oddechowe. Wokół skrzeli występuje ruch, ułatwiający dostęp do tlenu, bo w wodzie gazy dyfundują wolniej.
- u owadów, wijów i niektórych pajęczaków** występują tchawki – są to rozgałęzione rurki (*chitynowe*) po całym ciele, do których prowadzą przetchlinki. Najcieńsze rozgałęzienia tchawek (*tracheole*) wypełnione są płynem zawierającym gazy oddechowe, które są dostarczane do każdej komórki ciała. u owadów, nie ma połączenia układu krążenia i oddechowego (hemolimfa owadów jest bezbarwna). Taki system ogranicza ich wielkość i rozwój. – system tchawkowy, przy zbyt dużych rozmiarach, nie nadążałby rozprowadzać tlen do każdej komórki ciała (zanim tlen zostałby przetransportowany do ostatniej komórki, to nowe porcje musiałyby już zostać pobrane).
- u reszty pajęczaków** – występują płucotchawki (*płuca książkowe*) – są one umieszczone na odwłoku i mają postać wpukleń w powierzchni ciała. Wpuklenia te tworzą zamknięte komory powietrzne, do których prowadzą specjalne otwory - przetchlinki. Powierzchnię oddechową tworzą blaszki wypełnione hemolimfą, przez co zachodzi wymiana gazowa.
- **u mięczaków** lądowych i wtórnie przystosowanych do życia w wodzie narządem służącym do wymiany gazowej są płuca, czyli sieć naczyń krwionośnych umieszczonych w jamie płaszczowej. Do płuc prowadzi otwór płucny położony na grzbietowej stronie ciała. Do płucodysznych należą również gatunki słodkowodne, jak *np. błotniarki i zatoczki* (muszą się wynurzać z wody, aby zaczerpać tlenu), ale głównie lądowe, m.in. wstężyki, winniczki, pomrowy. U mięczaków wodnych (małże, głowonogi, ślimaki skrzelodyszne) wymiana gazowa zachodzi, dzięki skrzelom zlokalizowanym w jamie płaszczowej, które u niektórych gatunków zanikają, a ich funkcję

przejmują tzw. skrzela wtórne, czyli rozgałęzione wyrostki na powierzchni ciała. Nabłonek skrzeli jest urzęsiony, a ruch rzęsek zapewnia przepływ wody w kierunku przeciwnym do prądu krwi. Zachodząca wymiana gazowa między wodą, a krwią działa na zasadzie przeciwprądów – zapewnia to korzystne warunki do dyfuzji tlenu. Ruch rzęsek nabłonka byłby jednak niewystarczający u aktywnych głowonogów – aby sprawniej przepędzać wodę wokół skrzeli, wykonują one ruchy oddechowe płaszczem.

- u **szkarłupni** funkcjonalny układ oddechowy u szkarłupni jako taki nie istnieje – większość z nich przeprowadza gazową całą powierzchnią ciała, którą usprawniają specyficzne przystosowania morfologiczne. U liliowców nóżki ambulakralne i czułki. U rozgwiazd skrzela powłokowe – wyrostki skórne. U strzykw płuca wodne (worki – rozgałęzienia jelita końcowego). U węzowideł zagłębienia u nasady ramion i skrzela powłokowe. U jeżowców skrzela powłokowe.

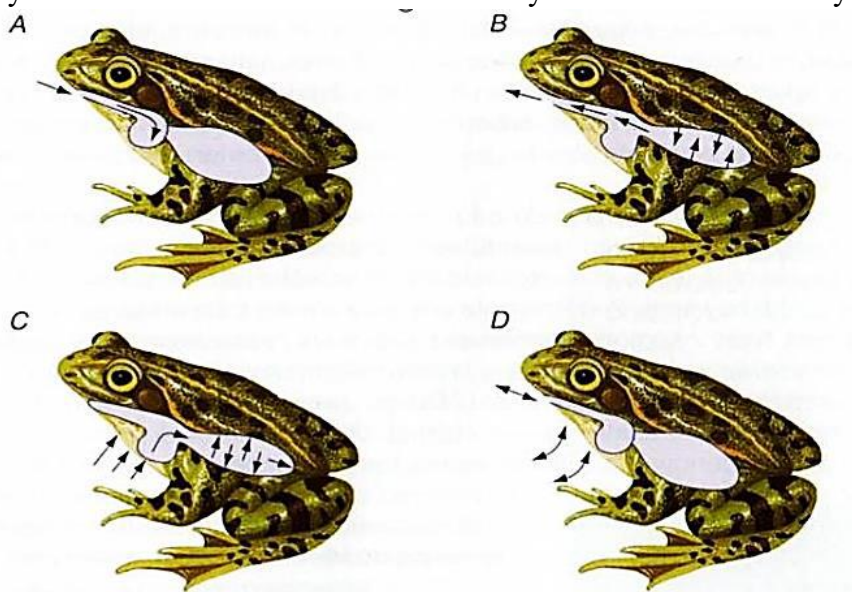
RYBY

- ☐ u większości ryb – **skrzela** (nazywane skrzelami łukowatymi). Znajdują się one w części głowowej – są to elementy silnie ukrwione pokryte przykrywkami skrzelowymi.
- ☐ skrzele zbudowane są z listków skrzelowych, które są elementem blaszek skrzelowych, zwiększające powierzchnię oddechową. Listki są ukrwione tętnicą odprowadzającą i doprowadzającą.
- ☐ mechanizm wymiany gazowej większości ryb odbywa się początkowo **przy zamkniętych pokrywach skrzelowych**. Mamy 4 pary łukowatych skrzeli i są one pokryte pokrywkami. Przy zamkniętych pokrywach otwarty jest otwór gębowy. Woda bogata w tlen wpływa **do jamy gębowej**, stamtąd dostając się do **jamy skrzelowej**. Będzie to dalej możliwe dzięki **pompie ssącej**, która będzie się pojawiać w ciele takiej ryby, w wyniku powoli otwierających się pokryw skrzelowych. Wówczas **zamyka się otwór gębowy**. Po wymianie gazowej, woda bogata w dwutlenek węgla będzie wydostawać się **przez szczeliny skrzelowe** pokryte otwartymi pokrywkami skrzelowymi.
- ☐ mechanizm wymiany gazowej działa dzięki **mechanizmowi przeciwprądów**: na powierzchni skrzeli, krew płynie w przeciwnym kierunku niż woda. W rezultacie ciśnienie tlenu we krwi stopniowo rośnie, choć zawsze jest niższe niż ciśnienie tlenu w wodzie. Dzięki temu krew płynąca przez skrzela otrzymuje bez przerwy tlen. Z większą aktywnością będzie wówczas dochodziło do dyfuzji.
- ☐ ryby dwudyszne w ewolucji wykształciły płuca, dzięki którym są zdolne do oddychania powietrzem atmosferycznym. Będą one rozwijały się z uchyłka jelitowego i są połączone przewodem powietrznym. Od niego będzie się wywodził pęcherz pławny.



PŁAZY

- ❑ wymiana gazowa zachodzi przez dobrze unaczynioną i wilgotną skórę, ścianki jamy gębowo-gardłowej oraz narządy oddechowe – płuca (u dorosłych) lub skrzela (wewnętrzne, zewnętrzne u larw). Skrzela najczęściej przyjmują postać ukrwionych, pierzastych wyrostków umieszczonych za głową – tzw. skrzela zewnętrzne.
- ❑ większość dorosłych płazów (oprócz np. salamandry bezpłucnej) ma płuca w postaci parzystych, cienkościennych worków o mniej (traszka) lub bardziej (salamandra) pofałdowanych ściankach.
- ❑ powietrze z jamy gębowo-gardłowej dostaje się do płuc przez krtani i krótką tchawicę. Wymiana gazowa w płucach możliwa jest dzięki ruchowi dna jamy gębowo-gardłowej, odpowiednio zsynchronizowanemu z otwieraniem i zamykaniem krtani i nozdrzy zewnętrznych.



proces oddychania (wentylacji płuc) płazów:

A. – świeże powietrze wlatuje przez **otwarte nozdrza** i jest zasysane **opuszczonym dnem jamy gębowej**. Krtani jest zamknięta.

B. – **krtani** (głośnia) się otwiera przy otwartych **nozdrzach** (zużyte powietrze jest wytlaczane).

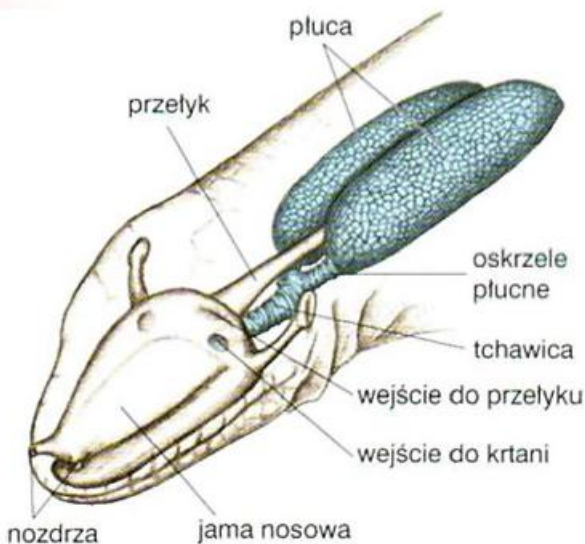
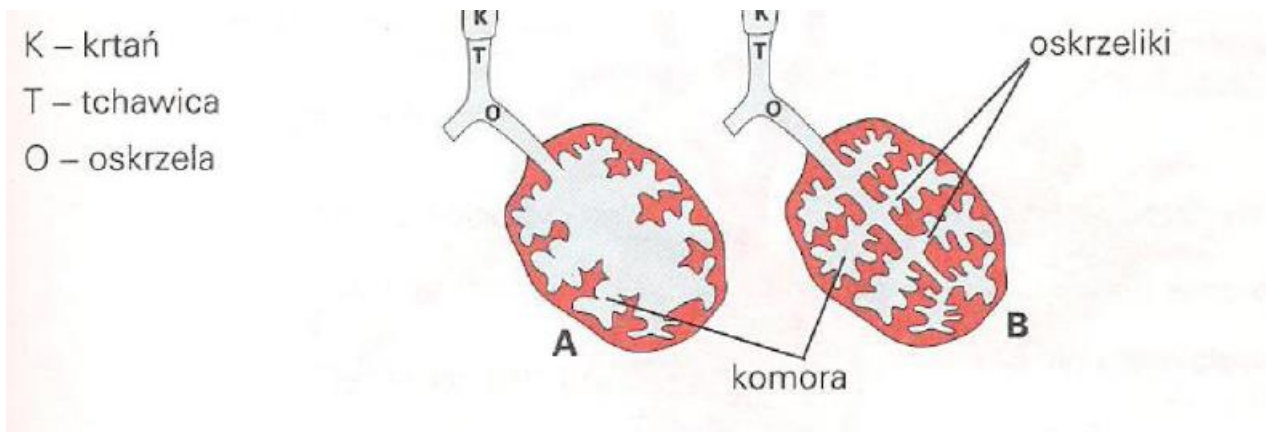
C. – dno **jamy gębowej** się podnosi, **nozdrza** się zamykają. Świeże powietrze zostaje wtłoczone do płuc.

D. – **nozdrza** się otwierają, **głośnia** się zamyka (zużyte powietrze jest usuwane).

płazy oddychają w ten sposób, bo nie posiadają klatki piersiowej (brak mięśni międzyżebrowych oraz brak przepony).

GADY

- ❑ skóra gadów **nie uczestniczy** w wymianie gazowej (jest sucha i twarda), więc układ oddechowy musi być bardziej wyspecjalizowany.
- ❑ płuca mają **charakter gąbczasty**, obecne **mięśnie międzyżebrowe** i u krokodyli łącznotkankowa **przepona**. W odróżnieniu od płazów, wymiana gazowa zachodzi przede wszystkim właśnie przez płuca. Powietrze przez nozdrza, gardziel, krtani, tchawicę i parzyste oskrzela dostaje się do płuc, które są silnie unaczynione i bardziej pofałdowane niż płuca płazów, dzięki czemu mają znacznie większą powierzchnię wymiany gazowej.
- ❑ wdech i wydech u gadów możliwy jest dzięki ruchom **klatki piersiowej**. Skurcz mięśni międzyżebrowych powoduje zwiększenie objętości klatki piersiowej, wytworzenie podciśnienia i rozprężenie elastycznych płuc, co warunkuje **wdech**. Rozciąganie mięśni międzyżebrowych powoduje zmniejszenie objętości klatki piersiowej, wytworzenie nadciśnienia i w efekcie kurczenie się płuc, co warunkuje wydech.
- ❑ u krokodyli wykształciło się **wtórne podniebienie twarde**, oddzielające jamę nosową od gębowej, co pozwala na oddychanie nawet, gdy pysk wypełniony jest wodą. Nozdrza wewnętrzne otwierają się daleko z tyłu podniebienia wprost do gardzieli.



węże nie mają zbyt dużej średnicy, a pobierają duży pokarm w całości – aby zrobić miejsce, lewe płuco uległo redukcji zostawiając dodatkowe miejsce dla serca i umożliwić bezpieczne przesuwanie się treści pokarmowej.

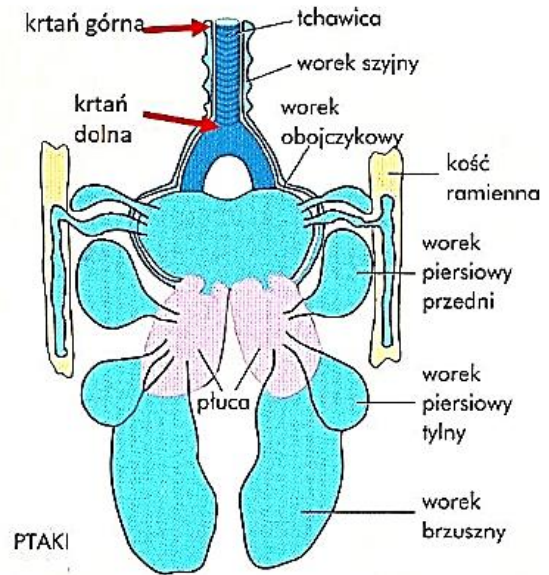
PTAKI

- układ oddechowy ptaków składa się z dróg oddechowych, **pluc kapilarnych**, które nie mogą zmieniać swojej objętości oraz z dodatkowo wykształconych worków powietrznych (9 worków):

- o dwa worki szyjne
 - o jeden obojczykowy;
 - o dwa worki piersiowe przednie;
 - o dwa worki piersiowe tylne;
 - o dwa worki brzuszne
- } przednie

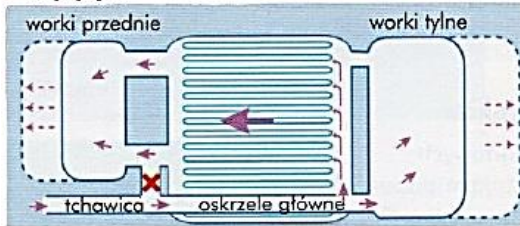
- worki powietrzne pełnią funkcje takie jak:

- o uczestniczą w wentylacji płuc (działają jak miechy);
- o termoregulacja;
- o ochrona mechaniczna;
- o ograniczanie ciężaru właściwego ciała.

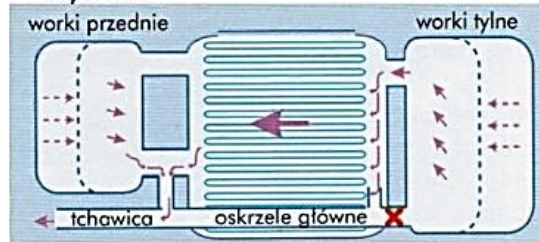


- mechanizm wymiany gazowej nazywamy *oddychaniem podwójnym*, z tego względu, że podczas zarówno wdechu, jak i wydechu, przez płuca przepływa powietrze bogate w tlen.

wdech



wydech

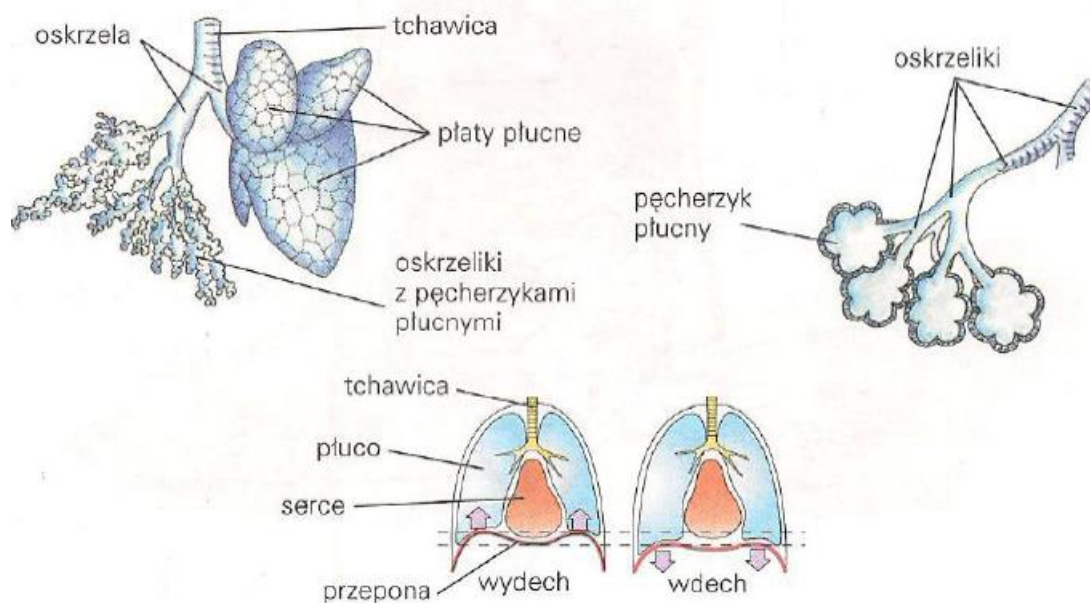
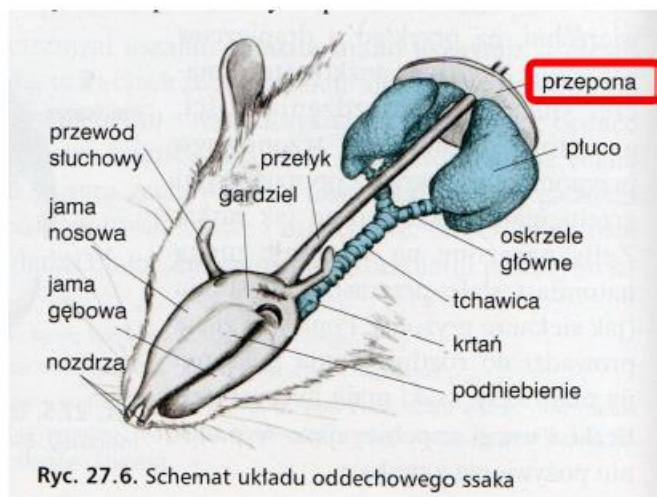


mechanizm wentylacji płuc ptasich	
wdech	wydech
ruch skrzydeł w górę powoduje uniesienie kręgosłupa względem mostka; zwiększa się objętość klatki piersiowej i worków powietrznych; powstaje podciśnienie, które powoduje zassanie powietrza; mięśnie międzyżebrowe wspomagają wdech.	ruch skrzydeł w dół sprawia, że kręgosłup zbliża się do mostka; objętość klatki piersiowej maleje; objętość worków powietrznych maleje, a zwiększa się w nich ciśnienie – powstaje nadciśnienie, które powoduje wypchnięcie powietrza z worków
podczas wdechu poprzez tchawicę i oskrzele główne, powietrze bogate w tlen dostaje się do worków tylnych i płuc (wejście do worków przednich od tchawicy jest zamknięte); powietrze, które wcześniej było w płucach (bogate w dwutlenek węgla) trafia do worków przednich.	podczas wydechu, wejście do tchawicy jest otwarte, z worków przednich powietrze bogate w dwutlenek węgla jest usuwane; powietrze (bogate w dwutlenek węgla) z płuc jest przenoszone do tchawicy i worków przednich i jest usuwane; powietrze bogate w tlen przechodzi z worków tylnych do płuc.

- występuje krtani górną i krtani dolną (odpowiedzialna za artykulowanie śpiewu, szczególnie w okresie godowym).

SSAKI

- ❑ występuje jama nosowa, gardziel, krtań oraz tchawica rozgałęziająca się na dwa oskrzela.
- ❑ istnieją dwa mechanizmy uniemożliwiające dławienie się:
 - **nagłośnia** (część krtani) zamyka się podczas jedzenia, a otwiera się podczas mówienia i oddychania. Blokuje ona wejścia do krtani, a później tchawicy, aby nie doszło do zadławienia.
 - **podniebienie miękkie** podczas połykania blokuje ujście do jamy nosowej, dzięki czemu cząstki pokarmowe tam się nie dostają podczas jedzenia.
- ❑ występuje przepona i pęcherzykowate płuca oplecionych naczyniami krwionośnymi.
- ❑ oskrzela główne wnikają do płuc, gdzie rozgałęziają się, tworząc coraz drobniejsze oskrzeliki zakończone pęcherzykami płucnymi. Miliony pęcherzyków płucnych zapewniają dużą powierzchnię wymiany gazowej. Wentylacja płuc odbywa się dzięki ruchom klatki piersiowej i przepony.
- ❑ w głośni występują struny głosowe, które w zależności od napięcia regulują wysokość głosu.
- ❑ ssaki wodne również mają wyodrębnione płuca – radzą sobie z wymianą gazową oddychając na powierzchni (pobierają dużo tlenu i magazynują go we krwi i mięśniach) – posiadają dużo mioglobiny.



OGOLNE ZASADY

- wymianą gazową nazywamy dyfuzję tlenu i dwutlenku węgla między wnętrzem organizmu, a środowiskiem zewnętrznym. Dzielimy ją na zewnętrzną i wewnętrzną.
 - Zewnętrzna zachodzi w płucach między pęcherzykami płucnymi a krwią.
 - Wewnętrzna zachodzi w tkankach między krwią a komórkami.
- Oddychanie tak naprawdę to proces użycia wysokoenergetycznego substratu w komórce. To, co nazywamy oddychaniem w praktyce to wymiana gazowa.
- Drogi oddechowe (odcinki, gdzie transportowane jest powietrze bogate w tlen): jama masowa, gardło, krtąń, tchawica, oskrzela. Płuca są miejscem wymiany gazowej.
- Mięśnie (przepona i mięśnie międzyżebrowe) wspomagają oddychanie.
- Jama nosowa i gardło to drogi górne, krtąń, tchawice i oskrzela – drogi oddechowe dolne.

JAMA NOSOWA

Buduje go nabłonek migawkowy – walcowaty wielorzędowy (bogaty w rzęski) po to, by zatrzymywać drobne zanieczyszczenia. Jama nosowa odpowiedzialna jest jeszcze za ogrzewanie (dzięki unaczynionej błonie śluzowej) i nawilżanie wdychanego powietrza.

Na poziomie jamy nosowej są pola węchowe z receptorami, które wykazują wrażliwość na bodźce zapachowe, które adaptują się przy dłuższej ekspozycji na dany zapach. Z jamą nosową związane są również zatoki (czołowe, sitowe, szczękowe) – w kontekście układu oddechowego są rezonatorami głosu, ogrzewają i nawilżają powietrze.

GARDŁO

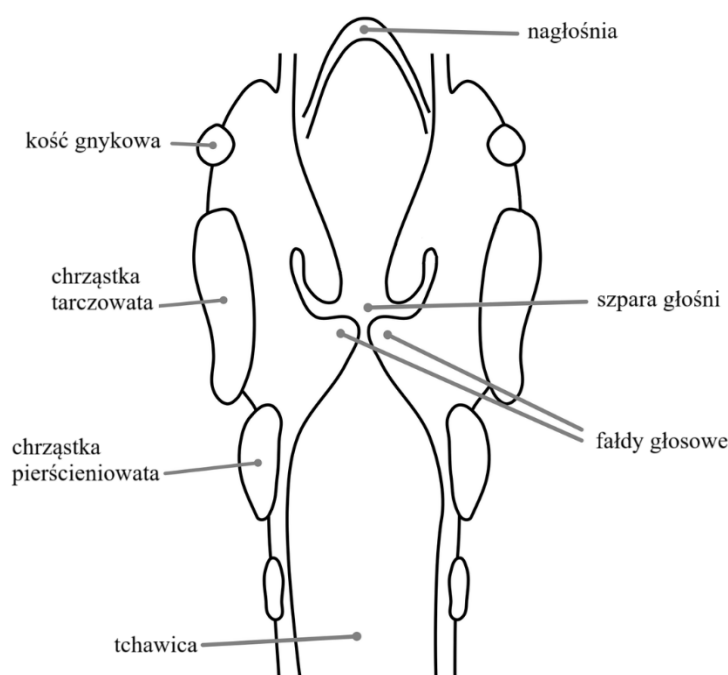
Jest to wspólny odcinek układów oddechowego i pokarmowego, który prowadzi do krtani (oddechowy) oraz przełyku (pokarmowy). Zachłyśnięcie to dostanie się płynu do dróg oddechowych (np. podczas rozmowy i picia). Zakrzuszenie to dostanie się pokarmu do dróg oddechowych. Zadławienie to śmierć wskutek tych dwóch.

KRTAŃ

To zespół 9 chrząstek (3 z nich są parzyste, a 3 nieparzyste). Parzyste to nalewkowata, różkowata i klinowata. Nieparzyste to nagłośniowa, tarczowata i pierścieniowata. Nagłośnia będzie wpływać na niedostawanie się cząstek pokarmowych i napojów do dróg oddechowych.

W głośni występują fałdy głosowe, które wibrują pod wpływem przepływającego powietrza. Elementy mięśniowe krtani i fałdy głosowe wzrastają w okresie mutacji (zarówno u mężczyzn jak u kobiet, jednak u mężczyzn zachodzi to gwałtownie i nie nadążają za resztą ciała). Barwa głosu zależy od grubości, szerokości i napięcia fałd.

Chrzątka tarczowata różni się u kobiet i u mężczyzn. Są to dwie połączone płytki, u kobiet kąt rozwarcia jest większy (ok. 120), u mężczyzn mniejszy (ok. 90).



TCHAWICA

Tchawica jest przewodem o długości ok. 10-15 cm (podobna do rury od odkurzacza). Rozdziela się na dwa oskrzela, które uchodzą do płuc. Jej rusztowanie stanowią chrząstki o kształcie podkowy, których wolne brzegi są skierowane ku tyłowi ciała. Między końcami chrząstek znajdują się tkanka łączna właściwa i tkanka mięśniowa gładka. Taka budowa tchawicy zapobiega zapadaniu się jej ścian, co z kolei zapewnia drożność dróg oddechowych. Nabłonek wielorzędowy migawkowy wyściełający tchawicę umożliwia oczyszczanie powietrza.

OSKRZELA

- Tworzą drzewo oskrzelowe, oskrzela prawe jest wyraźnie krótsze i grubsze od lewego, ponieważ tam znajdują się na poziomie płuc trzy płaty (a na lewym są dwa płaty płuca + miejsce na serce),

PŁUCA

- prawe zbudowane jest z trzech płatów, natomiast lewe z dwóch (musi się zmieścić jeszcze serce, które właśnie w tamtym obszarze się znajduje). W przypadku zaawansowanej choroby nowotworowej, lewe płuco jest operacyjne (mniejsze), prawe natomiast nie (gdyby zostało utracone to z samym lewym człowiek nie przeżyje, bo powierzchnia wymiany gazowej płuca lewego jest mniejsza).
- Mukowiscydoza – płyn zalega w pęcherzykach płucnych, jednym ze sposobów ratunku jest przeszczep płuc. Nawet wtedy człowiek jest dalej chory, a płuca po jakimś czasie znowu będą niesprawne.
- Płuca są odpowiednio chronione za pomocą opłucnej (gładka, łącznotkankowa błona – opłucna ścienna jest na zewnątrz, a opłucna płucna jest tą warstwą wewnętrzną; pomiędzy nimi występuje jama opłucnej. Wypełniona jest płynem surowicznym, panuje tam ciśnienie ujemne, co umożliwia prawidłową pracę płuc. Chroni przed tarciem płuc i klatki piersiowej).
- Opłucna może się przebić podczas wypadków. Objawem takiego urazu jest syk towarzyszący ruchom klatki piersiowej. Pierwsza pomoc polega na zamknięciu otworu lub plastrem. Bez pomocy wyrówna się ciśnienie między opłucną a ciśnieniem atmosferycznym i dojdzie do zapadnięcia tego płuca. 🫁
- Pęcherzyki płucne to pęcherzyki otoczone systemem naczyń włosowatych. W określonej sytuacji może dojść do zapadnięcia i sklejenia. Na poziomie pęcherzyków znajduje się **surfaktant** – białkowy-lipidowy czynnik powierzchniowy zapobiegający sklejeniu się pęcherzyków. Występuje we wnętrzu pęcherzyków. Jest wytwarzany przez pneumocyty, które z wiekiem aż tak szybko się już nie regenerują.

WENTYLACJA PŁUC

WDECH I WYDECH

- **Wdech jest aktem czynnym.** Skurcz przepony powoduje jej **obniżenie i spłaszczenie**, natomiast skurcz mięśni międzyżebrowych przesuwają żebra w przód oraz do góry. Skurcz mięśni oddechowych prowadzi do zwiększenia objętości klatki piersiowej, co skutkuje spadkiem ciśnienia w pęcherzykach płucnych. Dzięki temu płuca wypełniają się powietrzem. Objętość gazu jest odwrotnie proporcjonalna do ciśnienia. Na poziomie pęcherzyków płucnych ciśnienie się obniża i zwiększa się objętość pęcherzyka.
- **Wydech jest aktem biernym.** Rozkurcz przepony powoduje jej **uniesienie i uwypuklenie**, natomiast rozkurcz mięśni międzyżebrowych przesuwają żebra w tył oraz w dół. Rozkurcz mięśni oddechowych prowadzi do zmniejszenia objętości klatki piersiowej, co skutkuje wzrostem ciśnienia w pęcherzykach płucnych. Spada objętość gazu, więc wzrasta ciśnienie w pęcherzyku. Wtedy surfaktant chroni przed sklejeniem się pęcherzyków płucnych. Dzięki temu powietrze zostaje usunięte z płuc.

POJEMNOŚĆ PŁUC

- Całkowita pojemność płuc to 5 - 6 litrów. Pojemność życiowa to ok 4 – 4,5 litra. Pojemność dopełniająca to zaczerpnięcie całego, maksymalnego wdechu (2500 ml). Pojemność oddechowa, czyli ilość powietrza wymieniana podczas spokojnego wdechu i wydechu (500 ml). Pojemność zapasowa, czyli ilość powietrza, którą można usunąć z płuc przy pogłębionym wydechu (1200 ml). Pojemność zalegająca, czyli powietrze, które zawsze znajduje się w płucach (1200 ml).
- Oddychanie przez torebkę papierową może doprowadzić do przywrócenia prawidłowego rytmu oddechowego osoby, u której doszło do hiperwentylacji (szybki i niepełny oddech). Dwutlenek węgla łączy się z wodą i tworzy kwas węglowy (anhydraza węglanowa) który dysocjuje na kationy wodorowe i aniony wodorowęglanowe, które zakwasza krew, co zostaje wychwycone przez receptory aorty i tętnicy szyjnej i receptory pnia mózgu (rdzenia przedłużonego). Wówczas ośrodki nerwowe wyrównują tempo oddechu.

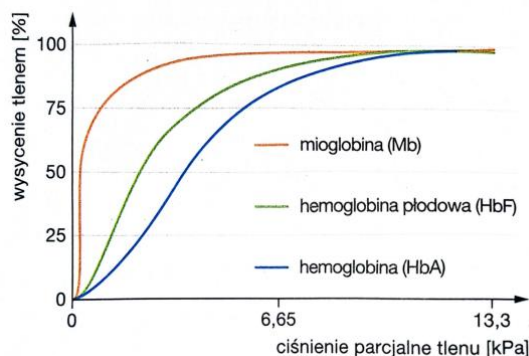
Musimy mieć świadomość, że krew wspomaga transport gazów oddechowych (w klasie drugiej mówiliśmy, że hemoglobina łączy się z tlenem, powstaje oksyhemoglobina, która transportuje tlen do tkanek). Im niższa wartość pH, powinowactwo hemoglobiny do tlenu spada (tlen jest odłączony od hemoglobiny i trafia do komórek).

- Wymiana gazowa zewnętrzna (zachodzi pomiędzy pęcherzykami płucnymi a krwią), wewnętrzna zachodzi między krwią a komórkami.
- Kierunek reakcji: $Hb_4 + 4 O_2 \Leftrightarrow Hb_4O_8$
 - **Niskie pH** powoduje małe powinowactwo hemoglobiny do tlenu, aby ta mogła oddać tlen do komórek (w wysokim pH sytuacja jest odwrotna).
 - **Ciśnienie parcjale tlenu** – gdy jest wysokie to tlen łączy się z hemoglobina, gdy jest niskie to hemoglobina odłącza tlen.
 - **Ciśnienie parcjale dwutlenku węgla** – kiedy jest niskie to tlen łączy się z hemoglobina, gdy jest wysokie to hemoglobina odłącza tlen, co powoduje uwolnienie tlenu do tkanek.
 - **Temperatura** – obniżenie temperatury sprzyja łączeniu się tlenu z hemoglobina, natomiast podwyższenie temperatury sprzyja rozkładowi oksyhemoglobiny (bo komórki potrzebują podczas większej aktywności więcej ATP).

BUDOWA HEMOGLOBINY

Jest zbudowana z 4 cząsteczek hemu i globiny (4 łańcuchy polipeptydowe). Hem zawiera atom żelaza i otoczone nim 4 atomy azotu. Jest to białko złożone o strukturze czwartorzędowej złożone z dwóch podjednostek alfa i dwóch podjednostek beta (hemoglobina HbA). Hemoglobina typu F jest obecna u płodu i ma wyższe powinowactwo do tlenu niż HbA.

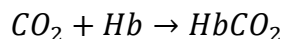
Hemoglobina może oddawać tlen mioglobinie, ponieważ mięśnie cały czas wykonują pracę i muszą mieć cały czas tlen pod dostatkiem na miarę możliwości organizmu.



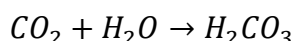
MECHANIZM TRANSPORTU GAZÓW ODDECHOWYCH

Transport dwutlenku węgla zachodzi zarówno poprzez osocze jak i hemoglobinę w erytrocytach. Gaz ten pochodzi z metabolizujących komórek z procesu oddychania komórkowego. **10% CO₂** rozpuszcza się w osoczu; **20%** tworzy w kompleksie z hemoglobiną karbaminohemoglobinę; **70%** będzie transportowane w postaci jonów wodorowęglanowych (HCO₃⁻).

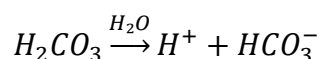
1. Wytworzony w tkankach dwutlenek węgla (CO₂) dyfunduje do krwi. Ponad 90% przenika do erytrocytów, a ok. 10% pozostaje w formie niezmienionej rozpuszczony w osoczu.
2. Część tego gazu (**ok. 20%**) tworzy niestrawne karbaminiany z hemoglobiną w myśl reakcji:



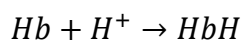
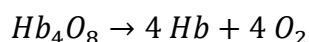
3. Większość CO₂ zawartego w erytrocytach (**ok. 70%**), w reakcji katalizowanej przez anhidrazę węglanową, reaguje z wodą i tworzy kwas węglowy (H₂CO₃).



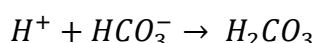
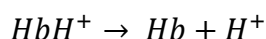
4. Kwas ten jako związek niestrawny, natychmiast dysocjuje na kationy wodorowe i aniony wodorowęglanowe.



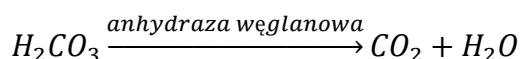
5. Jony wodorowęglanowe są transportowane do osocza krwi, natomiast jony wodorowe wiązane są przez hemoglobinę, aby nie doprowadzić do zakwaszenia krwi; równocześnie ułatwiają dysocjację oksyhemoglobiny, uwolniony tlen dyfunduje zaś do osocza krwi, a następnie do tkanek.



6. Obecność anionów wodorowęglanowych w osoczu zapewnia wraz z innymi czynnikami utrzymanie równowagi kwasowo-zasadowej organizmu. Dla zachowania równowagi jonowej do erytrocytów wnikają jony chlorkowe (Cl⁻).
7. Erytrocyty wówczas są transportowane naczyniami do płuc, gdzie dojdzie do wymiany gazowej zewnętrznej.
8. W otoczeniu pęcherzyków płucnych, aniony wodorowęglanowe (HCO₃⁻) dyfundują z osocza do erytrocytów.
9. Jony wodorowęglanowe łączą się z kationami wodorowymi uwolnionymi z hemoglobiny (następuje odłączenie kationów wodoru od hemoglobiny), tworząc cząsteczki kwasu węglowego (H₂CO₃).

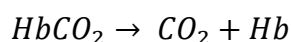


10. Kwas węglowy pod wpływem *anhidrazy węglanowej* ulega rozkładowi do dwutlenku węgla i wody.



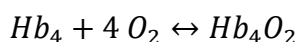
11. Ubytek jonów wodorowęglanowych w erytrocytach powoduje ich napływ do wnętrza komórki, równoważony wypływem jonów chlorkowych na zewnątrz, co dodatkowo napędza reakcję.

12. Karbaminohemoglobina uwalnia dwutlenek węgla z hemoglobiny.



13. Dwutlenek węgla przenika przez błony komórkowe erythrocytu i pęcherzyków płucnych i wędruje do płuc, jednocześnie tlen z pęcherzyków płucnych wnika do krwi, a następnie do erythrocytów.

14. Tlen pochodzący z pęcherzyków płucnych tworzy z hemoglobina kompleks oksyhemoglobiny.



15. Erythrocyty wędrują naczyniami do tkanek.

Wzrost stężenia dwutlenku węgla we krwi w postaci kwasu węglowego lub jonów wodorowęglanowych spowodowany utrudnieniem usuwania tych substancji z krwi do pęcherzyków płucnych (np. podczas zapalenia płuc) prowadzi do stanu nazywanego kwasicą oddechową (**acydozą**). Niedobór dwutlenku węgla, spowodowany zwiększoną wentylacją płuc, prowadzi do wzrostu zasadowości krwi i tzw. zasadowicy oddechowej (**alkalozy**). Zarówno kwasica, jak i zasadowica zakłócają równowagę kwasowo-zasadową organizmu.



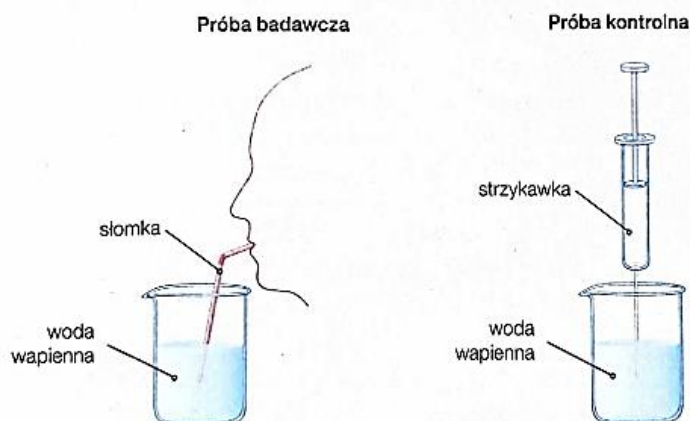
Badanie zawartości dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym i wydychanym

- **Problem badawczy:** Czy ilość dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym i wydychanym jest taka sama?
- **Hipoteza:** Powietrze wydychane zawiera więcej dwutlenku węgla niż powietrze wdychane.
- **Przebieg doświadczenia**

Próba badawcza: zlewka z wodą wapienną, do której ostrożnie wydychamy powietrze przez słomkę.

Próba kontrolna: zlewka z wodą wapienną, do której wtłaczamy powietrze strzykawką lub gruszką.

Przygotuj dwie zlewki, wodę wapienną, słomkę oraz strzykawkę. Nalej do obu zlewek wody wapiennej. Następnie do jednej zlewki wdmuchnij słomką powietrze z płuc, a do drugiej wtłocz za pomocą strzykawki powietrze atmosferyczne, które wdychasz.



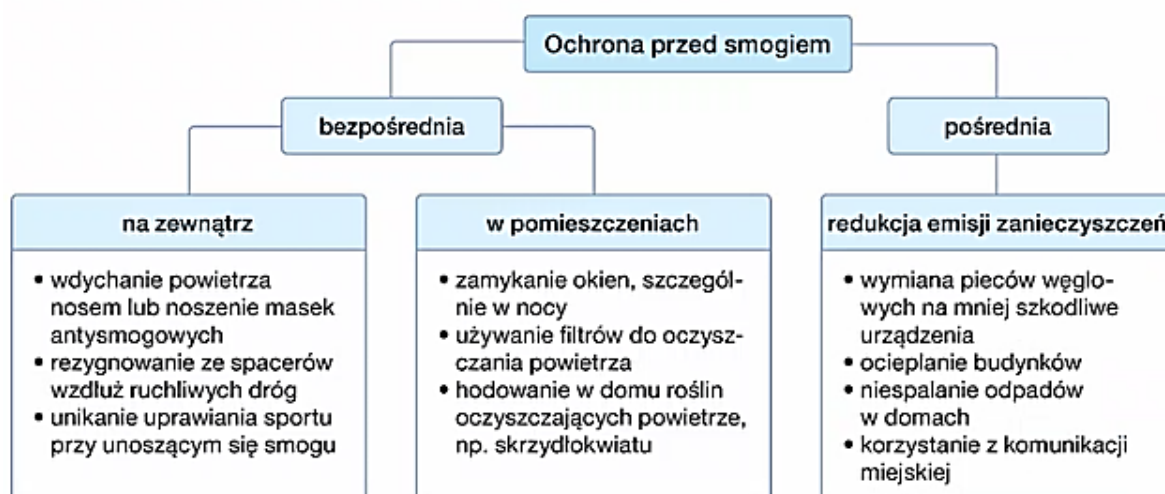
- **Wynik:** Porównaj stopień zmętnienia wody wapiennej w obu zlewkach.
- **Wniosek:** Sformułuj wniosek.
- **Wyjaśnienie:** Wszystkie zasady pochłaniają CO_2 z powietrza. W reakcji $Ca(OH)_2$ z CO_2 powstaje trudno rozpuszczalna sól $CaCO_3$, która powoduje mętnienie wody wapiennej.



WPŁYW CIŚNIENIA ZEWNĘTRZNEGO NA WYMIANĘ GAZOWĄ.

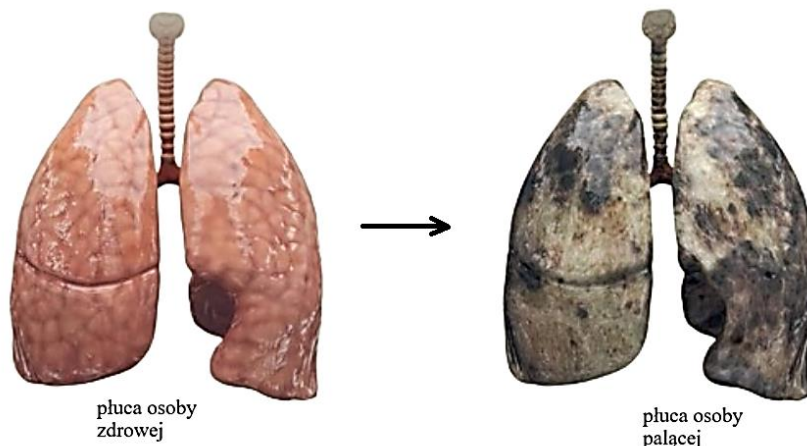
- 1. Wspinaczka wysokogórska:** w górach ciśnienie atmosferyczne maleje wraz ze wzrostem wysokości. Zmniejsza się również ciśnienie parcjalne tlenu w pęcherzykach płucnych. Może to powodować trudności w wymianie gazowej i dostarczaniu tlenu do komórek ciała. Należy się zatem zaaklimatyzować – dzięki imienności fluktuacyjnej dochodzi do zwiększenia ilości erytrocytów oraz większego powinowactwa hemoglobiny do tlenu. Dochodzi również większa sprawność oraz objętość płuc. Może dojść do zasadowicy (zbyt duże powinowactwo hemoglobiny do tlenu, a ta nie będzie chciała go uwolnić do tkanek).
- 2. Nurkowanie głębinowe:** na dużych głębokościach panuje wysokie ciśnienie, które podczas nurkowania powoduje rozpuszczanie się we krwi gazowego azotu pochodzącego z powietrza. Gdy zbyt szybko zaczynamy się wynurzać, następuje spadek ciśnienia (gwałtowny). Wtedy w którymś czasie azot będzie się uwalniał z krwi, a jego pęcherzyki będą tworzyły zatory naczyniowe, które powodzą do uszkodzenia tkanek. Zwane jest to chorobą dekompresyjną. Objawy choroby kesonowej: znużenie, osłabienie, apatia, mrowienie dużych palców u nóg, drętwienie stóp, szum w głowie, ucisk powyżej mostka. W ekstremalnych sytuacjach może dojść do obrzęku płuc, a także uszkodzenia rdzenia kręgowego. Pomoc polega na umieszczeniu chorego w komorze hiperbarycznej - komora hiperbaryczna ma powoli doprowadzać chorego do adaptacji do zmian ciśnienia. Czysty tlen będzie sprawniej tworzyć kompleks z hemoglobina i ułatwia powrót do pełni sił.

ZABURZENIA FUNKCJONOWANIA UKŁADU ODDECHOWEGO



- Zatrucie czadem** prowadzi do wytworzenia karboksyhemoglobiny. Czad wykazuje ok. 200 razy większe powinowactwo do hemoglobiny i łączy się z nią trwale. Zanim dojdzie do utraty przytomności, czujemy ból głowy, mdłości i problemy z oddychaniem. Wówczas niezwłocznie należy zasięgnąć porady lekarskiej. Chorego należy umieścić w komorze hiperbarycznej lub zastosować transfuzję krwi.

- **Szkodliwość palenia papierosów:** dym tytoniowy zawiera ponad 4 tys. różnych substancji, wśród których występują substancje drażniące, trujące oraz rakotwórcze. Substancje smoliste zawierają ich najwięcej, w nich występuje również kadm – silnie toksyczny pierwiastek, który powoduje uszkodzenia nerek. Formaldehyd niszczy nabłonek migawkowy w drogach oddechowych.



- **Bronchoskopia** to badanie endoskopowe używane do diagnostyki nowotworów, odsysania zalegającej wydzieliny, a także usuwania drobnych przedmiotów, które dostały się przez przypadek do dróg oddechowych.
- **RTG klatki piersiowej** to prześwietlenie stosowane w diagnostyce takich chorób jak nowotwory układu oddechowego, zapalenie płuc i gruźlica płuc.
- **Spirometria** to badanie pojemności płuc i szybkości przepływu powietrza przez drogi oddechowe z celu diagnostyki astmy oskrzelowej i przewlekłej obturacyjnej choroby płuc (POChP).

Przeziębienie

- **Przyczyna:** zakażenie różnego rodzaju wirusami, np. rinowirusami.
- **Drogi zakażenia:** głównie droga kropelkowa.
- **Profilaktyka:** stosowanie zasad higieny osobistej, dopasowanie ubioru do pogody, zdrowe odżywianie się (wzmocnienie odporności), unikanie kontaktu z chorymi.

Grypa

- **Przyczyna:** zakażenie różnymi odmianami wirusa grypy, mające niekiedy ostry przebieg. Co kilka lat występują fale zachorowania na grypę – epidemie.
- **Drogi zakażenia:** głównie droga kropelkowa.
- **Profilaktyka:** szczepienia ochronne, unikanie kontaktu z chorymi.

Angina (zapalenie migdałków podniebiennych)

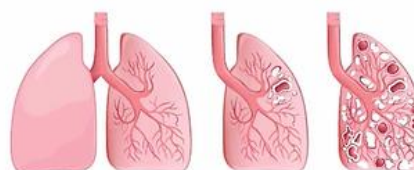
- **Przyczyna:** zakażenie bakteriami (najczęściej paciorkowcami), rzadziej wirusami lub grzybami.
- **Drogi zakażenia:** głównie droga kropelkowa.
- **Profilaktyka:** unikanie kontaktu z chorymi, leczenie chorych zębów i uszu, odpowiedni ubiór, np. osłonięcie szyi w chłodne dni, unikanie spożywania zimnych potraw i napojów.



Wygląd migdałków w czasie anginy.

Gruźlica płuc

- **Przyczyna:** zakażenie bakteriami (prątkami gruźlicy).
- **Drogi zakażenia:** droga kropelkowa oraz droga pokarmowa, np. przez picie mleka od zakażonej gruźlicą krowy.
- **Profilaktyka:** szczepienia ochronne, unikanie kontaktu z chorymi ludźmi i zwierzętami, dbanie o higienę.



Stadia rozwoju gruźlicy płuc.

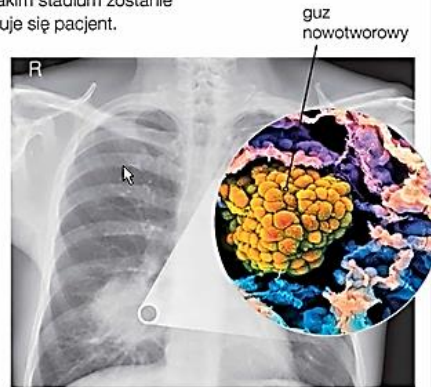
prątki Kocha



Rak płuc

Rak płuc jest najczęściej występującym nowotworem złośliwym oraz najczęstszą przyczyną zgonów z powodu chorób nowotworowych. Występuje on przeważnie u mężczyzn. Skuteczność leczenia zależy od tego, w jakim stadium zostanie wykryta choroba, oraz w jakiej kondycji fizycznej znajduje się pacjent.

- **Przyczyna:** zmiany w materiale genetycznym.
- **Główne czynniki ryzyka:**
 - palenie papierosów (w tym bierne palenie),
 - skłonności genetyczne,
 - inne choroby (POChP, gruźlica),
 - zanieczyszczenia powietrza,
 - toksyczne materiały – głównie azbest.
- **Profilaktyka:**
 - niepalenie papierosów i unikanie kontaktu z dymem papierosowym,
 - unikanie miejsc o silnie zanieczyszczonym powietrzu,
 - przeprowadzanie okresowych badań (RTG klatki piersiowej).



Zmiany spowodowane rakiem płuc można zaobserwować na zdjęciu rentgenowskim.

Astma oskrzelowa

Astma oskrzelowa jest przewlekłą zapalną chorobą dróg oddechowych. Polega na obkurczeniu drzewa oskrzelowego i zwiększeniu wydzielania śluzu. Objawy astmy często występują napadowo. Do czynników, które mogą wywołać napad astmy, należą m.in.: obecność alergenów, zanieczyszczone powietrze, silne emocje, dym tytoniowy, wysiłek fizyczny.

- **Przyczyny:** czynniki genetyczne oraz czynniki środowiskowe, np. zanieczyszczenia środowiska, dym tytoniowy, alergię.

Diagnostyka:

- badanie osłuchowe,
- spirometria,
- bronchoskopia,
- RTG klatki piersiowej,
- badanie przeciwciał we krwi,
- testy alergiczne w celu stwierdzenia przyczyn astmy.

Porównanie dróg oddechowych osoby zdrowej i osoby z astmą



Prawidłowe oskrzela.



Astma.



Napad astmy.

- 1 U osoby zdrowej światło oskrzeli jest duże, dlatego powietrze może przepływać swobodnie.
- 2 U osoby chorej na astmę ściany oskrzeli są pogrubione, występuje stan zapalny – przepływ powietrza jest utrudniony.
- 3 W czasie ataku mięśnie oskrzeli kurczą się, a błona śluzowa wydziela zbyt dużo śluzu, co prowadzi do jeszcze większego zwężenia światła oskrzeli.

- **Profilaktyka:** unikanie czynników alergicznych, niepalenie papierosów, unikanie silnie zanieczyszczonego powietrza, regularne leczenie stanów alergicznych, niekiedy odczulanie.

Objawy obejmują: **świszczący oddech, obniżona wydolność wysiłkowa, duszność, kaszel.**