

DLA
ABSOLWENTÓW
SZKÓŁ
PODSTAWOWYCH

Biologia na czasie

3

dla liceum ogólnokształcącego i technikum

Zakres rozszerzony

Biologia na czasie

Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania i wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia ogólnego do nauczania biologii, na podstawie opinii rzeczników:

dr. hab. Andrzeja Rzepki, dr Małgorzaty Stępk, dr hab. Katarzyny Kłosińskiej.

Etap edukacyjny: III

Typ szkoły: liceum ogólnokształcące i technikum

Rok dopuszczenia: 2021

Numer ewidencyjny w wykazie MEiN: 1010/3/2021

Podręcznik został opracowany na podstawie *Programu nauczania biologii dla liceum ogólnokształcącego i technikum w zakresie rozszerzonym – Biologia na czasie*.

Nabyta przez Ciebie publikacja jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy o przestrzeganie praw, jakie im przysługują.
Zawartość publikacji możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym,
ale nie umieszczaj jej w Internecie. Jeśli cytujeś jej fragmenty, to nie zmieniaj ich treści
I koniecznie zaznacz, czyle to dzieło. Możesz skopiować część publikacji jedynie na własny użytek.

Szanujmy cudzą własność i prawo. Włącej na www.legalnakultura.pl



© Copyright by Nowa Era Sp. z o.o. 2021

ISBN 978-83-267-4217-0

Koordynacja prac i redakcja merytoryczna: Agnieszka Krotke.

Współpraca redakcyjna: Aleksandra Mazur.

Redakcja językowa: Roksana Blech.

Autorka zadań w części Wiesz, umiesz, zdasz: Anna Tyc.

Nadzór artystyczny: Kaja Pichler. **Opieka graficzna:** Ewa Kaletyn.

Projekt graficzny: Marcin Kołacz. **Projekt okładki:** Maciej Galiński.

Opracowanie graficzne: Marcin Kołacz, Marcin Oleksak, Piotr Rudź, Zuzanna Srl.

Ilustratorzy: Ewelina Baran, Katarzyna Borek-Polkowska, Elżbieta Buczkowska, Rafał Buczkowski, Marta Dlugokęcka, Zuzanna Dudzic, Justyna Dybala, Natalia Helman, Wioleta Herczyńska, Paulina Jarmusik, Przemysław Kłosin, Agata Knajdek, Michał Kosieradzki, Adam Król, Sławomir Maniak, Laura Maziewska, Małgorzata Motyka, Krzysztof Mrawiński, Marek Nawrocki, Marcin Oleksak, Joanna Ptak, Marcin Ptak, Daniel Rudnicki, Joanna Safranow, Wojciech Sendal, Marta Sieczkowska, Ewa Sowulewska, Monika Wiśniewska.

Fotoserwis: Bogdan Wańkowicz.

Realizacja projektu graficznego: Piotr Socha.

Wydawnictwo dołożyło wszelkich starań, aby odnaleźć posiadaczy praw autorskich do wszystkich utworów zamieszczonych w publikacji. Pozostałe osoby prosimy o kontakt z Wydawnictwem.

Nowa Era Sp. z o.o.

Aleje Jerozolimskie 146 D, 02-305 Warszawa

www.nowaera.pl, e-mail: nowaera@nowaera.pl

Centrum Kontaktu: 801 88 10 10, 58 721 48 00

Druk i oprawa: ArtDruk Kobylka

O czym jest podręcznik?

W podręczniku *Biologia na czasie 3* znajdziesz informacje dotyczące anatomii i fizjologii człowieka oraz innych grup zwierząt. Dzięki tym wiadomościom odpowiesz na wiele pytań dotyczących ich budowy i funkcjonowania.

Czy człowiek jest jedynym inteligentnym zwierzęciem?

W jaki sposób działa serce człowieka?

Jak dbać o zdrowie i unikać chorób?

Do czego służą poszczególne elementy podręcznika?

Przypomnij sobie

Przypomnij sobie to treści, które zostały omówione w klasach 1 i 2, niezbędne do zrozumienia omawianego zagadnienia.

Zwróć uwagę na:

Wyszczególnienie głównych treści na początku tematu podpowie Ci, które wiadomości są najważniejsze.

To było w szkole podstawowej!

Informacje umieszczone w tym elemencie pomogą Ci przypomnieć sobie wiadomości ze szkoły podstawowej.

Te choroby warto znać

Opisy wybranych chorób pomogą Ci poznać ich objawy, przyczyny oraz sposoby profilaktyki i diagnostyki.

Dowiedz się więcej

Dodatkowe treści związane z danym tematem pozwolą Ci lepiej zrozumieć omawiane zagadnienia i pogłębić wiedzę biologiczną.

Czy wiesz, że...

Dzięki **ciekawostkom** zdobędziesz interesujące informacje związane z lekcją.

Polecenia kontrolne

Wykonanie poleceń umieszczonych na końcu tematu pozwoli Ci sprawdzić wiedzę i utrważyć zdobyte wiadomości.

Biologia w medycynie

Opisy **zastosowań wiedzy biologicznej w medycynie** umożliwiają Ci poznanie praktycznego aspektu zdobywanych informacji.

Doświadczenie

Doświadczenia i obserwacje zostały opisane w sposób, który umożliwi Ci dokładne przeanalizowanie wszystkich ich etapów. **Obowiązkowe** doświadczenia i obserwacje zostały oznaczone symbolem 



WIESZ, UMIESZ, ZDASZ

Metoda kształcenia kluczowych umiejętności z biologii

Podsumowanie

Syntetyczne zestawienie kluczowych informacji z danego działu umożliwi Ci szybkie powtórzenie wiadomości przed sprawdzianem.

Zadania powtórzeniowe

Te **zadania** umożliwiają Ci sprawdzenie wiedzy z danego działu oraz wykształcenie umiejętności rozwiązywania różnorodnych typów zadań.

Sposób na zadania

Szczegółowe wskazówki i podpowiedzi pozwolą Ci wykształcić umiejętność rozwiązywania zadań o różnej formie.

Spis treści

1. Organizm człowieka jako funkcjonalna całość

1.1. Miejsce człowieka w systemie klasyfikacji organizmów	6
1.2. Hierarchiczna budowa organizmu człowieka	10
1.3. Homeostaza	15
Podsumowanie	25
Sposób na zadania	27
Zadania powtórzeniowe	29

2. Układ powłokowy

2.1. Układ powłokowy u zwierząt	32
2.2. Budowa i funkcje skóry	38
2.3. Higiena i choroby skóry	47
Podsumowanie	55
Sposób na zadania	57
Zadania powtórzeniowe	58

3. Układ ruchu

3.1. Ruch u zwierząt	62
3.2. Budowa i funkcje szkieletu	68
3.3. Rodzaje połączeń kości	72
3.4. Elementy szkieletu	76
3.5. Budowa i funkcjonowanie układu mięśniowego	83
3.6. Higiena i choroby układu ruchu	95
Podsumowanie	102
Sposób na zadania	105
Zadania powtórzeniowe	107

4. Układ pokarmowy

4.1. Odżywianie się zwierząt	110
4.2. Organiczne składniki pokarmowe	116
4.3. Rola witamin. Nieorganiczne składniki pokarmowe	123
4.4. Budowa i funkcje układu pokarmowego	131
4.5. Procesy trawienia i wchłaniania	139
4.6. Zasady racjonalnego odżywiania się	148
4.7. Choroby układu pokarmowego	152
Podsumowanie	159
Sposób na zadania	165
Zadania powtórzeniowe	166

5. Układ oddechowy

5.1. Układ oddechowy u zwierząt	170
5.2. Budowa i funkcje układu oddechowego	180
5.3. Wentylacja płuc i wymiana gazowa	185
5.4. Zaburzenia funkcjonowania układu oddechowego	198
Podsumowanie	206
Sposób na zadania	210
Zadania powtórzeniowe	211

6. Układ krążenia. Odporność

6.1. Układ krążenia u zwierząt	214
6.2. Skład i funkcje krwi	220
6.3. Budowa i funkcje układu krwionośnego	228
6.4. Funkcjonowanie układu krwionośnego	234
6.5. Układ limfatyczny	244
6.6. Choroby układu krążenia	248

6.7. Budowa i funkcje układu odpornościowego	258
6.8. Rodzaje i mechanizmy odporności	265
6.9. Zaburzenia funkcjonowania układu odpornościowego	274
Podsumowanie	280
Sposób na zadania	287
Zadania powtórzeniowe	288

7. Układ moczowy

7.1. Osmoregulacja i wydalanie u zwierząt	292
7.2. Budowa i funkcjonowanie układu moczowego	298
7.3. Choroby układu moczowego	307
Podsumowanie	312
Sposób na zadania	314
Zadania powtórzeniowe	315

8. Układ nerwowy

8.1. Układ nerwowy u zwierząt	318
8.2. Budowa i działanie układu nerwowego	323
8.3. Ośrodkowy układ nerwowy	334
8.4. Obwodowy układ nerwowy	340
8.5. Autonomiczny układ nerwowy	350
8.6. Higiena i choroby układu nerwowego	353
Podsumowanie	360
Sposób na zadania	363
Zadania powtórzeniowe	364

9. Narządy zmysłów

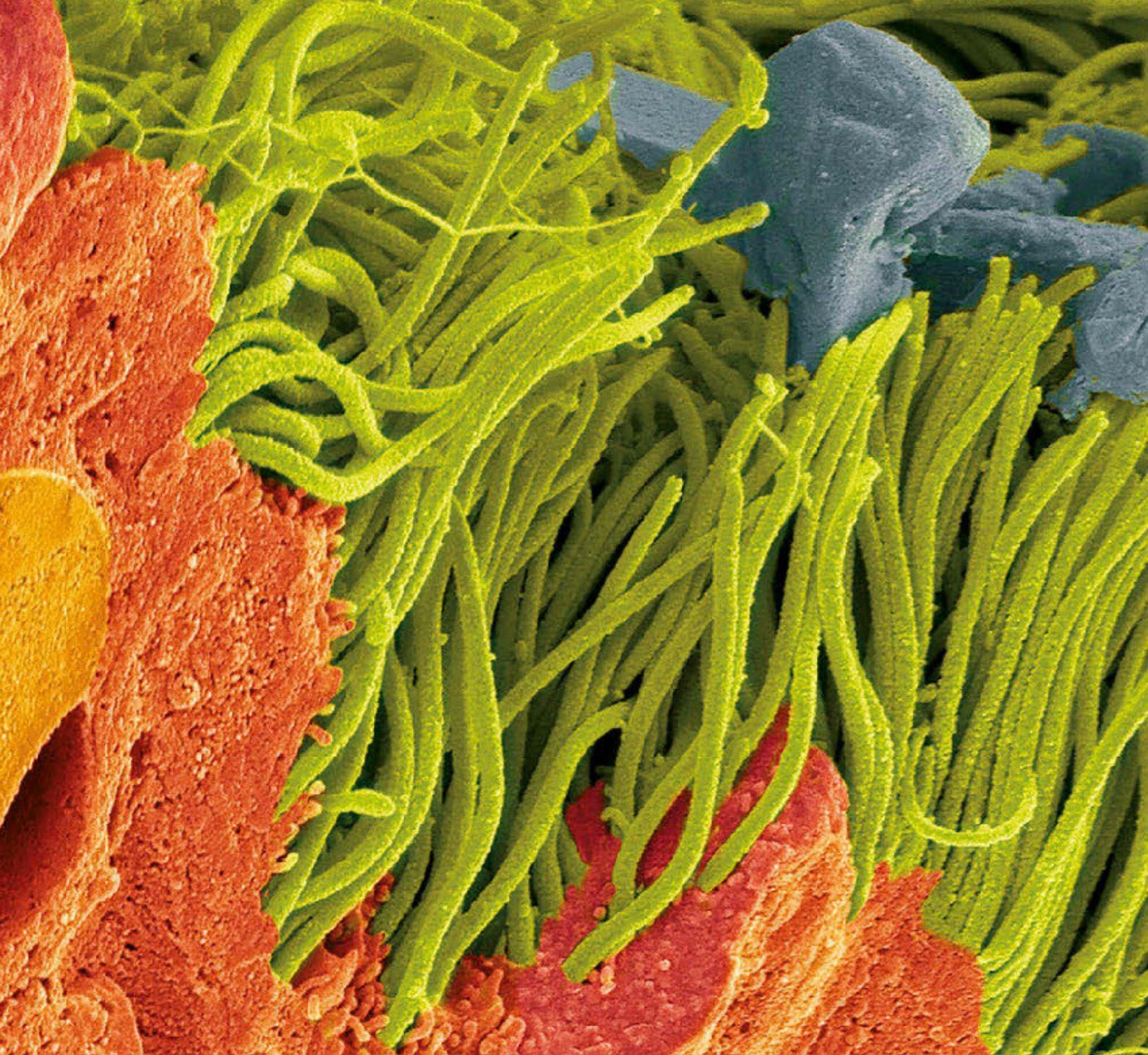
9.1. Narządy zmysłów u zwierząt	368
9.2. Budowa i działanie narządu wzroku	374
9.3. Ucho – narząd słuchu i równowagi	384
9.4. Narządy smaku oraz węchu	392
Podsumowanie	395
Sposób na zadania	398
Zadania powtórzeniowe	399

10. Układ hormonalny

10.1. Układ hormonalny u zwierząt	402
10.2. Budowa i rola układu hormonalnego	404
10.3. Regulacja wydzielania hormonów	414
10.4. Nadczynność i niedoczynność gruczołów dokrewnych. Stres	419
Podsumowanie	427
Sposób na zadania	430
Zadania powtórzeniowe	431

11. Rozmnażanie i rozwój

11.1. Rozmnażanie i rozwój u zwierząt	434
11.2. Budowa i funkcje męskich narządów rozrodczych	442
11.3. Budowa i funkcje żeńskich narządów rozrodczych	447
11.4. Rozwój człowieka. Metody antykoncepcji	456
11.5. Higiena i choroby układu rozrodczego	467
Podsumowanie	475
Sposób na zadania	478
Zadania powtórzeniowe	480
Sposób na zadania – odpowiedzi	483
Doświadczenia i obserwacje – odpowiedzi	485
Przydatne terminy	486
Indeks	490
Literatura uzupełniająca	494



5. Układ oddechowy

- 5.1. Układ oddechowy u zwierząt
- 5.2. Budowa i funkcje układu oddechowego
- 5.3. Wentylacja płuc i wymiana gazowa
- 5.4. Zaburzenia funkcjonowania układu oddechowego

Fot. Nabłonek migawkowy oskrzelików (mikrofotografia elektronowa).

5.1. Układ oddechowy u zwierząt

Zwróć uwagę na:

- warunki umożliwiające i ułatwiające dyfuzję gazów przez powierzchnie wymiany gazowej,
- związek lokalizacji i budowy powierzchni wymiany gazowej ze środowiskiem życia,
- przykłady narządów wymiany gazowej i grup zwierząt, u których one występują,
- tendencje ewolucyjne w budowie płuc kręgowców.

Zwierzęta uzyskują energię niezbędną do wykonywania wszystkich czynności życiowych na drodze **oddychania tlenowego** lub – znacznie rzadziej – fermentacji (niektóre pasożyty wewnętrzne). Na proces oddychania tlenowego składają się reakcje chemiczne, których efektem jest utlenienie związków organicznych pochodzących z pokarmu do wody i dwutlenku węgla. W procesie tym uwalnia się znaczna ilość energii, której część zostaje zmagazynowana w postaci ATP. Oddychanie tlenowe wymaga sprawnej **wymiany gazowej**. Podczas tego procesu pobierany jest tlen, a usuwany – dwutlenek węgla. Wymiana gazowa u zwierząt zachodzi całą powierzchnią ciała lub poprzez narządy oddechowe:

- ▶ w wodzie – skrzela, skrzelotchawki i gardziel ze szczelinami skrzelowymi,
- ▶ na lądzie – płucotchawki, tchawki oraz płuca.

■ Wymiana gazowa a dyfuzja

Wymiana gazowa zapewnia dostarczenie tlenu do wszystkich komórek ciała oraz jednoczesne odebranie z nich dwutlenku węgla. Dzieje się tak, ponieważ oba gazy przenikają przez błonę komórkową dzięki dyfuzji, która zachodzi zgodnie z różnicą ich ciśnień parcjalnych po obu stronach błony. **Ciśnienie parcjalne** (cząstkowe) to ciśnienie gazu wchodzącego w skład mieszaniny gazów, które jest proporcjonalne do zawartości tego gazu w mieszaninie. Na przykład tlen stanowi ok. 21% objętości powietrza, więc jego ciśnienie parcjalne na poziomie morza wynosi ok. 213 hPa (21% z 1013 hPa). Różnica ciśnień jest utrzymywana dzięki **wentylacji**, czyli przepływowi gazów oddechowych między środowiskiem zewnętrznym a środowiskiem

wewnętrznym organizmu. Szybkość dyfuzji zwiększa się wraz ze wzrostem powierzchni wymiany gazowej oraz ze wzrostem różnicy ciśnień parcjalnych gazów. Ponadto dyfuzja zachodzi tym szybciej, im krótszą drogę mają do pokonania cząsteczki gazu. Najkorzystniej jest zatem, aby powierzchnia wymiany gazowej i różnica ciśnień gazów po obu stronach błony były jak największe, natomiast sama błona była jak najcińsza. Ponadto powierzchnie wymiany gazowej muszą być stale wilgotne, ponieważ gazy oddechowe dyfundują przez błony wyłącznie w środowisku wodnym lub bardzo wilgotnym.

■ Dyfuzja gazów w różnych środowiskach

Środowiska wodne i lądowe różnią się od siebie pod względem wydajności wymiany gazowej. Zawartość tlenu w wodzie jest niewielka i zmniejsza się wraz ze wzrostem temperatury, zasolenia i głębokości. Poza tym zależy ona od warunków panujących w określonym miejscu, np. występowania roślin (dostarczają tlen w ciągu dnia, a pobierają go przez całą dobę) i ilości rozkładającej się materii organicznej na dnie (w procesie rozkładu zużywana jest duża ilość tlenu). Z tych względów zawartość tlenu w wodzie podlega znacznym wahaniom, a duża gęstość wody sprawia, że dyfuzja zachodzi w niej powoli.

Środowisko lądowe zapewnia korzystniejsze warunki dyfuzji. Zawartość tlenu w powietrzu nie zmienia się, a dyfuzja gazów zachodzi ok. 10 tys. razy szybciej niż w wodzie. Największą przeszkodą stanowi możliwość wyschnięcia powierzchni wymiany gazowej.

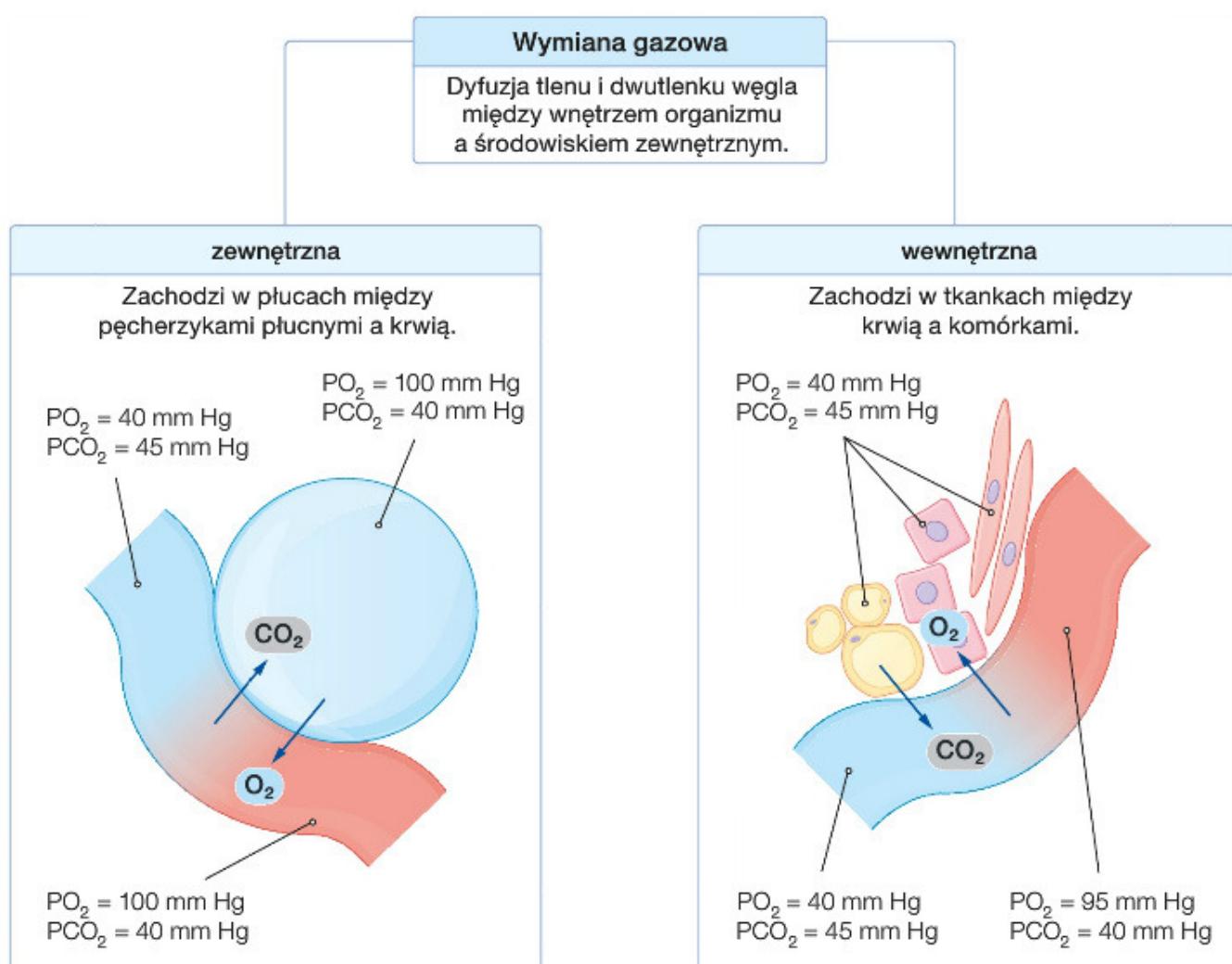
■ Etapy wymiany gazowej

U większości zwierząt wymiana gazowa przebiega dwuetapowo. Pierwszym etapem jest **wymiana gazowa zewnętrzna**, która polega na pobraniu tlenu ze środowiska zewnętrznego do płynów ustrojowych oraz oddaniu dwutlenku węgla z płynów ustrojowych do środowiska zewnętrznego. U przeważającej części zwierząt wymiana gazowa zewnętrzna zachodzi dzięki narządowi wymiany gazowej. Drugim etapem jest **wymiana gazowa wewnętrzna**, odbywająca się pomiędzy płynami ustrojowymi a komórkami ciała. Komórki pobierają tlen z płynów ustrojowych oraz oddają dwutlenek węgla do płynów ustrojowych. Zarówno wymiana gazowa zewnętrzna, jak i wymiana gazowa wewnętrzna zachodzą dzięki procesowi **dyfuzji**. Ciśnienie parcjalne tlenu w płynach ustrojowych jest wyższe (czasem kilkakrotnie) niż w komórkach, co umożliwia przepływ tego

gazu. Natomiast ciśnienie parcjalne dwutlenku węgla osiąga wyższą wartość w komórkach i dlatego gaz ten przenika do płynów ustrojowych.

Ciśnienie parcjalne tlenu i dwutlenku węgla w ośrodkach biorących udział w wymianie gazowej u ssaków

Ośrodek	Ciśnienie parcjalne tlenu [mm Hg]	Ciśnienie parcjalne dwutlenku węgla [mm Hg]
Powietrze	160	0,3
Pęcherzyk płucny	100	40
Krew utlenowana	95–100	40
Krew odtlenowana	40	45
Komórka	40	45



■ Sposoby wymiany gazowej

Niektóre zwierzęta prowadzą wymianę gazową **całą powierzchnią ciała**. Są to zazwyczaj gatunki o powolnym tempie przemiany materii, a więc i niewielkim zapotrzebowaniu na tlen, oraz małe organizmy o korzystnym stosunku powierzchni ciała do jego objętości. Narządy wymiany gazowej nie są również konieczne w przypadku, gdy odległość między powierzchnią ciała a położonymi wewnętrz komórkami jest niewielka. Taka sytuacja występuje głównie u zwierząt płaskich i wydłużonych (np. u wirko-ksztaltnych). Wśród bezkręgowców wymianę gazową całą powierzchnią ciała prowadzą parzydełkowce, wolno żyjące płazińce i nicienie, a także wrotki, skąposzczety oraz pijawki. U kręgowców wymiana gazowa za pośrednictwem skóry występuje wyjątkowo. Największe znaczenie ma u płazów, które są zwierzętami mało aktywnymi, o niskim zapotrzebowaniu na energię.

Czy wiesz, że...

U niektórych płazów wymiana gazowa przez skórę pokrywa całe zapotrzebowanie na tlen, dlatego nie mają one płuc. Przykładem są salamandry bezpłucne.



Zwierzęta aktywne, duże, stałocieplne mają wysokie zapotrzebowanie na tlen, dlatego w toku ewolucji wykształcił się u nich układ oddechowy. Tworzą go **narządy wymiany gazowej** (m.in. skrzela i płuca) o bardzo dużej powierzchni, która umożliwia wydajną dyfuzję gazów oddechowych między środowiskiem zewnętrznym a krwią (lub hemolimfą). Ponadto u kręgowców lądowych wykształciły się **drogi**

oddechowe, którymi powietrze dostaje się do płuc. Transport tlenu i dwutlenku węgla pomiędzy narządami oddechowymi a komórkami ciała odbywa się za pośrednictwem układu krwionośnego.

■ Narządy wymiany gazowej u zwierząt wodnych

U większości zwierząt wodnych narządami wymiany gazowej są **skrzela** – wyrostki ciała o dużej powierzchni i bardzo cienkim nabłonku, pod którym znajduje się gęsta sieć włosowatych naczyń krwionośnych. Skrzela mogą mieć postać blaszek, grzebyków lub wydłużonych palczastych wypustek – niekiedy zebranych w pęczki.

Wyróżnia się skrzela zewnętrzne oraz skrzela wewnętrzne. **Skrzela zewnętrzne** wystają poza obręb ciała. Nie są niczym osłonięte, co ułatwia kontakt z wodą, a tym samym – wymianę gazową. Są one jednak narażone na uszkodzenia mechaniczne i zwiększą opór ciała podczas ruchu. Skrzela zewnętrzne występują np. u wieloszczetów, niektórych mięczaków (ślimaków nagoskrzelnych) i skorupiaków (skrzelonogów). Mają je również larwy pewnych gatunków ryb (np. piskorza) oraz larwy płazów ogoniastych (np. salamander). Z kolei u larw płazów bezogonowych (kijanek) skrzela zewnętrzne występują przez kilka pierwszych dni życia. Po tym okresie ulegają resorpcji i zostają zastąpione przez skrzela wewnętrzne. **Skrzela wewnętrzne** znajdują się wewnętrz ciała zwierzęcia. Dzięki temu są chronione przed urazami, a ciało zachowuje opływowy kształt. Doprowadzenie do nich wody zachodzi przez otwór gębowy (ryby) lub wymaga odpowiednich struktur, takich jak syfon wpustowy (małże).

Wśród zwierząt wodnych występują też inne narządy wymiany gazowej. U osłonic, bezcząstkowców i larw minogów wymiana gazowa zachodzi dzięki **gardzieli przebitej szczelinami skrelowymi**, a u żyjących w wodzie larw owdów (jętek, ważek) dzięki **skrelotchawkom** – wyrostkom ciała z zamkniętymi (pozbawionymi przetchlinek) tchawkami wewnętrz.

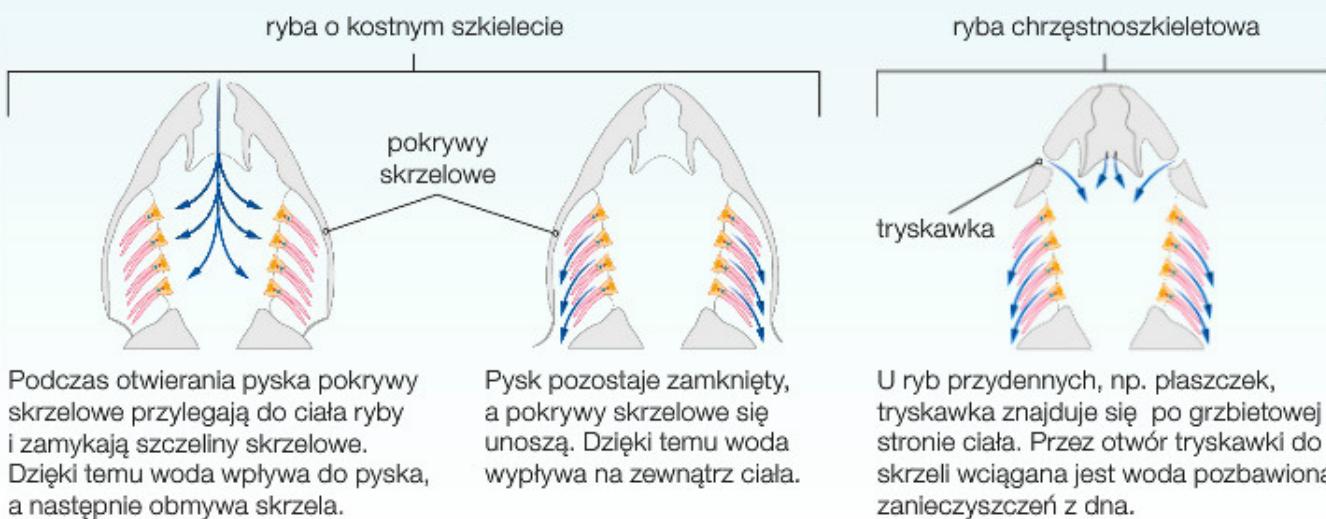
Mechanizmy wspomagające wymianę gazową

Przypomnij sobie

Spośród wszystkich zwierząt wodnych wymiana gazowa najefektywniejsza zachodzi u ryb. Wspomagają ją liczne przystosowania fizjologiczne, m.in. ruchy pokryw skrzelowych, działanie tryskawki i przeciwproudowy mechanizm przepływu krwi przez skrzela.

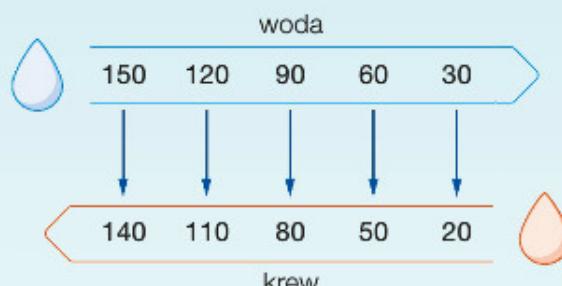
Działanie pokryw skrzelowych i tryskawki

U ryb o kostnym szkielecie występują pokrywy skrzelowe, które działają na zasadzie pompy umożliwiającej przepływ wody przez skrzela. Z kolei ryby chrzęstnoszkieletowe są zaopatrzone w tryskawkę, która u gatunków przydennych wspomaga wymianę gazową.

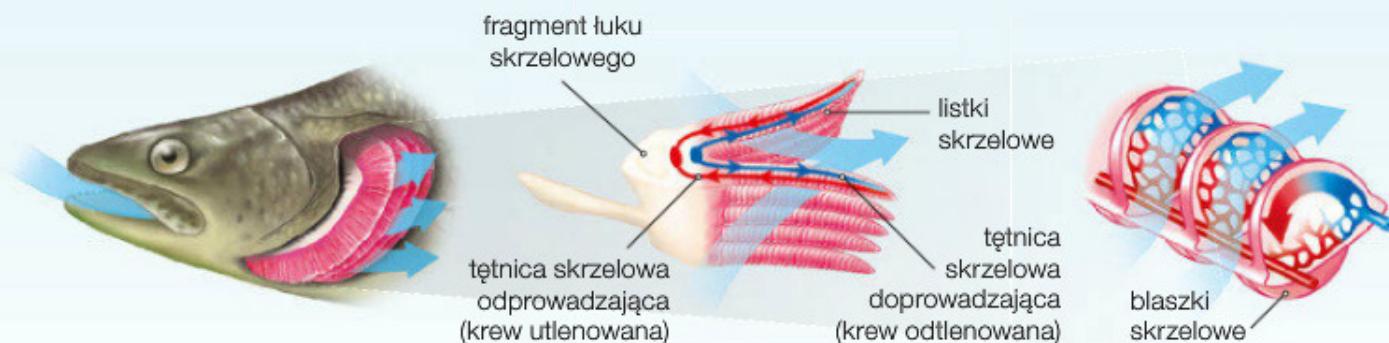


Mechanizm przeciwproudów

W mechanizmie przeciwproudów krew przepływa przez blaszkę skrzelową w odwrotnym kierunku niż obmywająca tę blaszkę woda. W rezultacie ciśnienie parcjalne¹ tlenu we krwi stopniowo rośnie, chociaż zawsze jest nieco niższe niż ciśnienie parcjalne tlenu w wodzie. Dzięki temu krew płynąca przez skrzela otrzymuje bez przerwy tlen.



Wymiana gazowa zachodzi dzięki różnicom ciśnienia parcjalnego tlenu między krwią a wodą. Liczby na schemacie oznaczają wartości ciśnienia parcjalnego tlenu.



¹ **Ciśnienie parcjalne** (częstkowe) – ciśnienie wywierane przez cząsteczki danego gazu wchodzącego w skład mieszaniny różnych gazów (np. ciśnienie parcjalne tlenu wchodzącego w skład powietrza).

Wymiana gazowa u zwierząt wodnych

Narządami wymiany gazowej u większości zwierząt wodnych są skrzela – cienkościenne wyrostki ciała o bardzo dużej powierzchni. U niektórych gatunków wymiana gazowa zachodzi za pośrednictwem skrzelotchawek lub gardzieli.

Skrzela zewnętrzne

Są to silnie unaczynione wyrostki ciała, które wystają poza jego obręb. Niektóre zwierzęta mogą nimi poruszać, dzięki czemu wydajność wymiany gazowej jest większa.



U niektórych osiadłych **wieloszczetów** skrzela tworzą kielichowatą lub spiralną koronę skrzelową.



U ślimaków nagoskrzelnych występują skrzela wtórne. Są to listkowate wyrostki rozmieszczone po bokach ciała lub tworzące wieniec w jego tylnej części.



U skorupiaków z gromady skrzelonogów skrzela są blaszkowatymi lub pierzastymi wyrostkami odnóżów tułowioowych.



U larw płazów, np. trąska, skrzela mają postać pierzastych wyrostków rozmieszczonych po bokach głowy.

Skrzelotchawki

Są to palczaste lub blaszkowate wyrostki ciała, występujące u larw niektórych owadów, np. ważek. Wewnętrz wyrostków znajdują się tchawki. Tlen z wody przenika przez błonę skrzelotchawki do systemu tchawkowego i jest rozprowadzany po całym ciele larwy.



■ Skrzela wewnętrzne

To silnie unaczynione wyrostki ciała, które znajdują się w jego wnętrzu – są częściowo lub całkowicie osłonięte.



Skrzela krabów są ukryte w komorach skrzelowych po bokach tułowia. Przepływ wody przez skrzela jest wymuszany przez poruszanie odnóżami.



Skrzela małży są umieszczone w jamie płaszczowej. Woda wpływająca do jamy płaszczowej przez syfon wstępny, a wypływa przez syfon wyrzutowy.



U ryb skrzela są zbudowane z łuków skrzelowych i osadzonych na nich listków skrzelowych. Poprzeczne fałdy listków skrzelowych noszą nazwę blaszek skrzelowych.

■ Gardziel ze szczelinami skrzelowymi

Gardziel przebita licznymi szczelinami skrzelowymi występuje np. u żachw. Woda przepływając przez szczeliny skrzelowe do jamy okołoskrzelowej, oddaje tlen do naczyń włosowatych, znajdujących się w przegrodach skrzelowych.



Narządy wymiany gazowej u zwierząt lądowych

W warunkach lądowych narządy wymiany gazowej w postaci skrzeli są nieprzydatne. Siła ciążenia powoduje bowiem opadanie blaszki skrzelowej, które nie mają elementów usztywniających. Ponadto blaszki skrzelowe klejają się i wysychają w kontakcie z powietrzem, co w dużym stopniu zmniejsza powierzchnię wymiany gazowej – z tego powodu ryba wyjęta z wody się dusi. W toku ewolucji u zwierząt lądowych wykształciły się więc narządy oddechowe ukryte głęboko wewnętrz ciała.

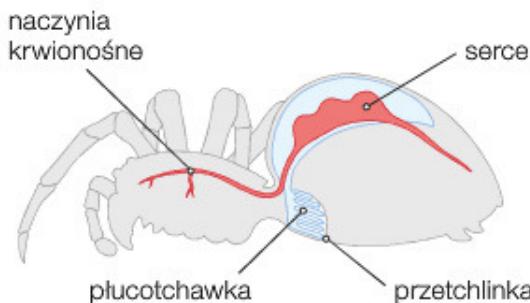
U stawonogów lądowych narządami wymiany gazowej są głównie płucotchawki oraz tchawki. Prowadzą do nich otwory zwane przetchlinkami.

Płucotchawki (worki płucne, płuca księżykowe) występują u skorpionów i części pajęków. Są to komory umiejscowione w odwłoku, zawierające cienkie, równolegle ułożone blaszki, w których krążą hemolimfa. Między blaszkami przepływa powietrze.

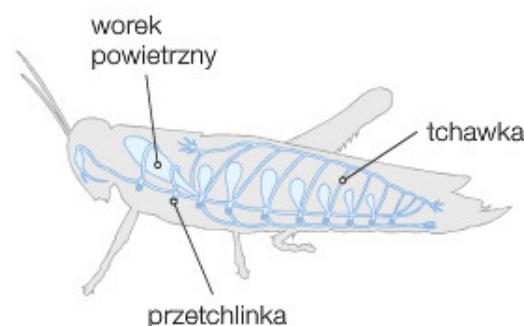
Tchawki występują u części pajęczaków (kosarzy, zaleszczotków, roztoczy i niektórych pajęków), a także u owadów oraz wijów. Mają postać silnie rozgałęzionych rurek docierających do wszystkich komórek ciała. Ścianki tchawek są wzmacniane od wewnętrz chitynowymi spiralami, które utrzymują drożność systemu tchawkowego. Ruch powietrza wewnętrz tego systemu odbywa się dzięki rytmicznym skurczom ścian ciała. Najcięńsze rozgałęzienia tchawek – tracheole – wypełnia płyn, w którym rozpuszczają się gazy oddechowe. Dzięki temu dyfuzja gazów między tchawkami a otaczającymi tkankami zachodzi efektywnie. U owadów w sąsiedztwie narządów wymagających dużej ilości tlenu tchawki dodatkowo rozszerzają się i tworzą cienkościenne worki powietrzne. System tchawek zapewnia nie tylko wymianę gazową, lecz także efektywny transport gazów oddechowych. Doprowadzenie tlenu bezpośrednio do każdej komórki ciała ma szczególne znaczenie u owadów latających, których metabolizm jest bardzo intensywny.

U ślimaków lądowych oraz u większości ślimaków słodkowodnych narządami oddechowymi są **płuca**. Prowadzi do nich pojedynczy otwór, przez który dociera powietrze. Płuca ślimaków lądowych nie mają złożonych mechanizmów wspomagających wentylację. Wymiana powietrza odbywa się głównie dzięki dyfuzji, dlatego nazywa się je płucami dyfuzyjnymi.

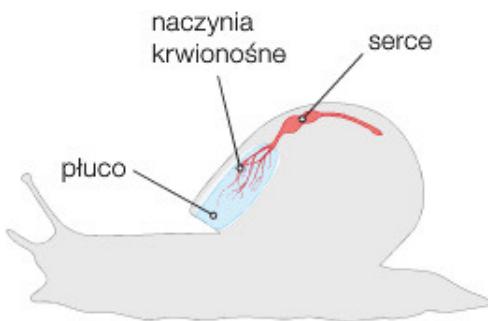
Narządy wymiany gazowej u bezkręgowców lądowych



Płucotchawki to wpułklenia ściany odwłoka w kształcie pofałdowanej od wewnętrz komory, otwierającej się na zewnątrz przetchlinką.



Tchawkowy system oddechowy jest utworzony przez rozgałęzującą się sieć rurek, które tworzą coraz cieńsze przewody.



Płuco ślimaka jest przekształconą, silnie ukrwioną jamą płaszczową.

U kręgowców lądowych narządami wymiany gazowej są płuca wentylowane. Rozwinęły się one z płuc ryb dwudysznych (mięśniopłetwe), a ich ewolucja polegała na zwiększaniu powierzchni wymiany gazowej poprzez rozbudowę wnętrza narządów. Poza tym w wymianie gazowej płazów uczestniczą nabłonek jamy gębowej oraz skóra. Wymiana gazowa u kręgowców, podobnie jak u innych zwierząt, zachodzi na drodze dyfuzji. Ich zapotrzebowanie na tlen jest jednak tak duże, że pojawiły się różne mechanizmy służące wentylacji płuc.

U płazów – w związku z brakiem klatki piersiowej – wentylacja płuc odbywa się dzięki ruchom dna jamy gębowej przy jednocześnie współpracy mięśni gardzieli. Począwszy od **gadów** mechanizm wentylacji płuc polega na ruchach klatki piersiowej. Zwiększenie jej objętości podczas wdechu powoduje obniżenie ciśnienia powietrza. Aby mogło nastąpić wyrównanie ciśnień, powietrze jest zasysane ze środowiska zewnętrznego do płuc – wówczas zachodzi wdech. Z kolei zmniejszenie objętości klatki piersiowej podczas wydechu powoduje

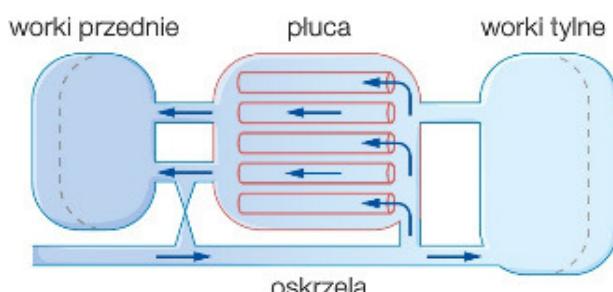
wypychanie powietrza z płuc do środowiska zewnętrznego. U ssaków ruchy oddechowe wspomaga przepona.

Wyjątek wśród kręgowców stanowią **ptaki**. Ich rurkowate płuca są niewielkie i sztywne, przez co nie zmieniają objętości w czasie wentylacji. Wentylację płuc wspomagają cienkościenne **worki powietrzne**, które podczas wdechu napełniają się powietrzem, a podczas wydechu się opróżniają. U zwierząt tych występuje **podwójne oddychanie**, w trakcie którego świeże powietrze przepływa przez płucę zarówno w czasie wdechu, jak i w czasie wydechu.

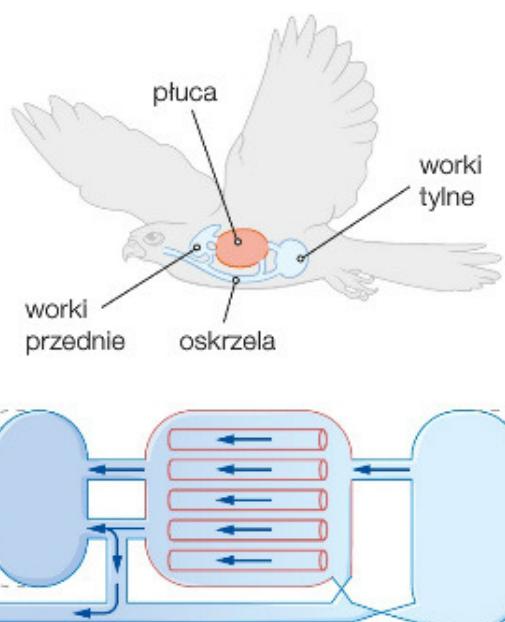
Sprawną wentylację płuc u kręgowców zapewnia pojawienie się **dróg oddechowych**, przez które powietrze dostaje się do płuc. Drogi oddechowe składają się z: jamy nosowej, gardzieli, krtani, tchawicy i oskrzeli. W drogach oddechowych powietrze zostaje oczyszczone, odpowiednio ogrzane i nawilżone. Dzięki temu nie uszkadza ono delikatnych błon, kiedy dociera do płuc, a proces wymiany gazowej zachodzi bez przeszkód.

Wentylacja płuc u ptaków

U ptaków podczas wentylacji płuc świeże powietrze przepływa przez płuca zawsze od tyłu do przodu, zarówno podczas wdechu, jak i podczas wydechu. Mechanizm ten, zwany podwójnym oddychaniem, umożliwia zachowanie wysokiego tempa przemian metabolicznych, które są niezbędne do lotu oraz utrzymania stałociaplności.



Wdech – świeże powietrze płynie jednocześnie do worków tylnych i do płuc. Z płuc jako powietrze zużyte przechodzi do worków przednich. W czasie wdechu droga z oskrzeli do worków przednich jest zamknięta, a worki powietrzne tylne i przednie się rozciągają.

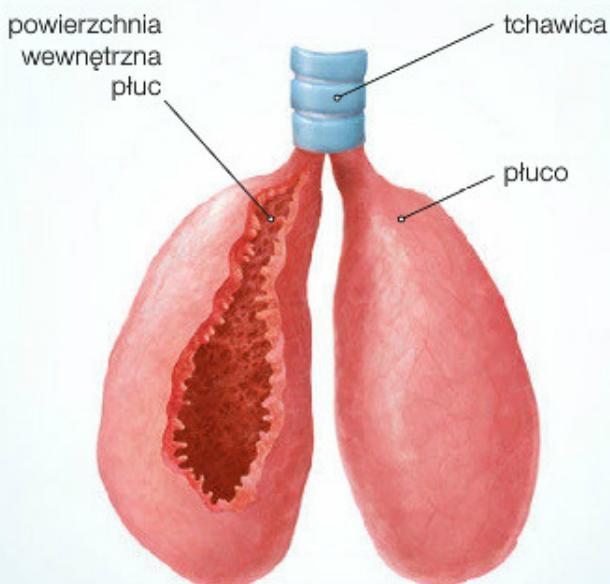


Wydech – świeże powietrze z worków tylnych płynie przez płuca, po czym jako powietrze zużyte jest usuwane na zewnątrz razem z powietrzem z worków przednich. W czasie wydechu droga z worków przednich do oskrzeli jest otwarta, a worki powietrzne przednie i tylne zmniejszają swoją objętość.

Ewolucja płuc u kręgowców

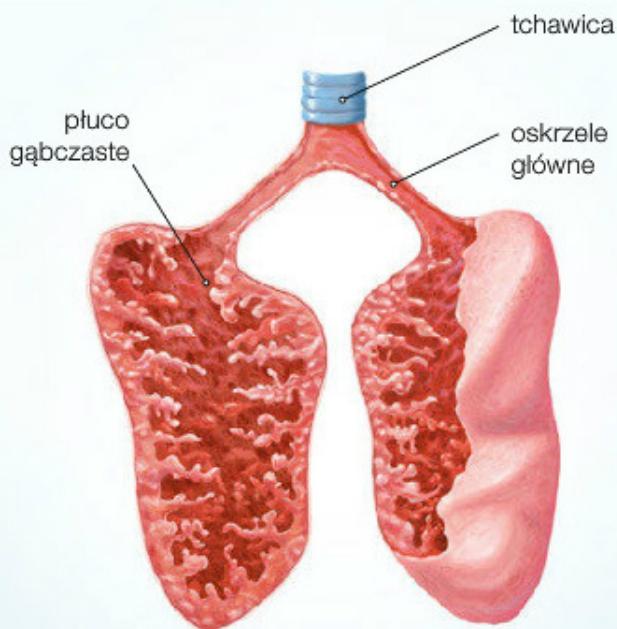
Płazy

Płuca płazów to cienkościenne, silnie ukrwione worki o delikatnie pofałdowanej powierzchni wewnętrznej. Ich wentylacja zachodzi dzięki ruchom dna jamy gębowej.



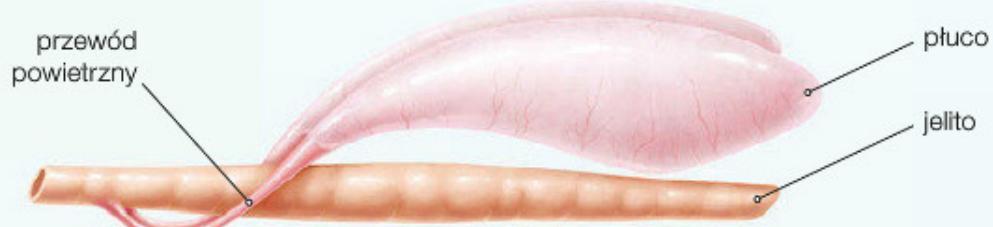
Gady

Płuca gadów mają budowę gąbczącą, a ich wentylacja zachodzi dzięki pracy mięśni międzyżebrowych.



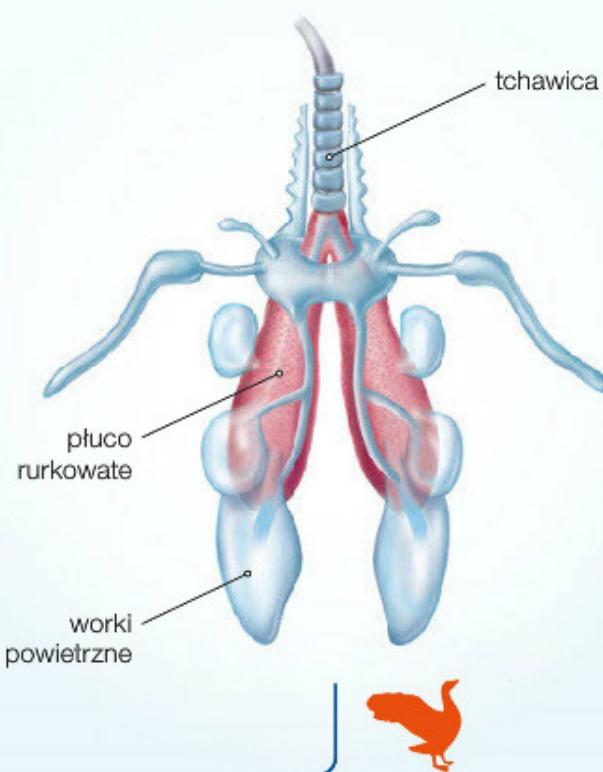
Płuca ryb dwudysznych

Ryby dwudyszne wykształciły w toku ewolucji płuca, dzięki czemu stały się zdolne do oddychania powietrzem atmosferycznym. Płuca tych ryb rozwijają się jako uchyłki jelita i są z nim połączone przewodem powietrznym. W wyniku rozwoju płuć oddychanie skrzelowe u większości dwudysznych jest silnie ograniczone. Płuca ryb dwudysznych dają początek płucom kręgowców lądowych.



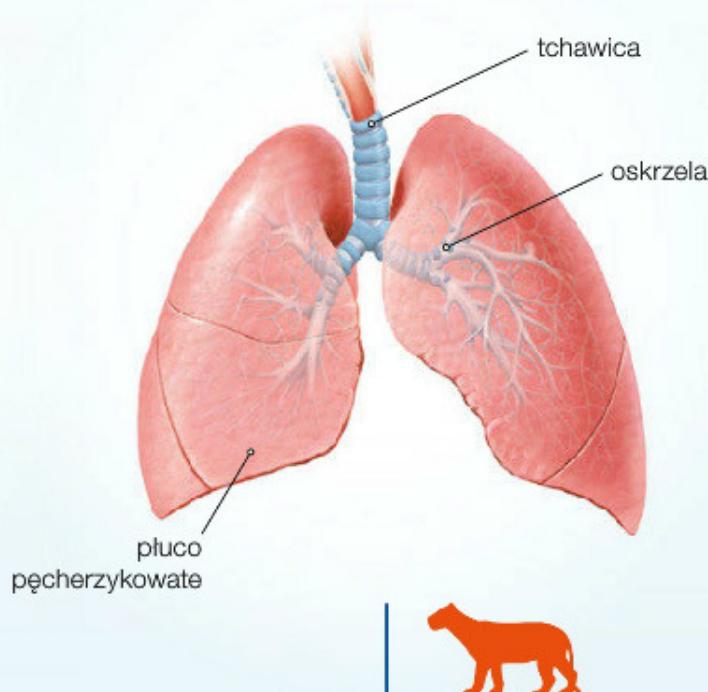
■ Ptaki

Płuca ptaków są rurkowate i nie zmieniają objętości. Powietrze przepływa przez nie zarówno w czasie wdechu, jak i w czasie wydechu. Podczas lotu wentylacja płuc zachodzi dzięki ruchom skrzydeł, a w trakcie spoczynku – dzięki pracy mięśni piersiowych oraz międzyżebrowych.



■ Ssaki

Płuca ssaków są zbudowane z pęcherzyków – dlatego spośród wszystkich zwierząt to właśnie ssaki mają największą powierzchnię oddechową w stosunku do objętości płuc. Wentylacja płuc ssaków odbywa się dzięki pracy mięśni międzyżebrowych i przepony.



Polecenia kontrolne

1. Wyjaśnij, czym różni się wymiana gazowa od oddychania komórkowego.
2. Wyjaśnij, czym jest ciśnienie parcjalne i jakie ma ono znaczenie podczas wymiany gazowej.
3. Opisz narządy wymiany gazowej zwierząt wodnych.
4. Podaj różnicę między płucami dyfuzyjnymi a płucami wentylowanymi.
5. Określ, czy tchawki można zaliczyć do narządów wentylowanych.
Uzasadnij swoje stanowisko.

5.2.

Budowa i funkcje układu oddechowego

Zwróć uwagę na:

- budowę układu oddechowego,
- funkcje układu oddechowego,
- związek między budową a funkcją elementów układu oddechowego.

Oddychanie jest podstawowym procesem dostarczającym komórkom energii. W jego trakcie złożone związki organiczne są rozkładane i utleniane do związków prostszych, czemu towarzyszy uwolnienie energii. Jest to więc proces kataboliczny. Część uwolnionej energii rozprasza się w postaci ciepła, a część zostaje związana w cząsteczkach związków wysokoenergetycznych, głównie w ATP. ATP musi być stale wytwarzany, ponieważ czerpana z niego energia, zwana energią użyteczną biologicznie, jest nieustannie zużywana podczas czynności życiowych organizmów. Substratem

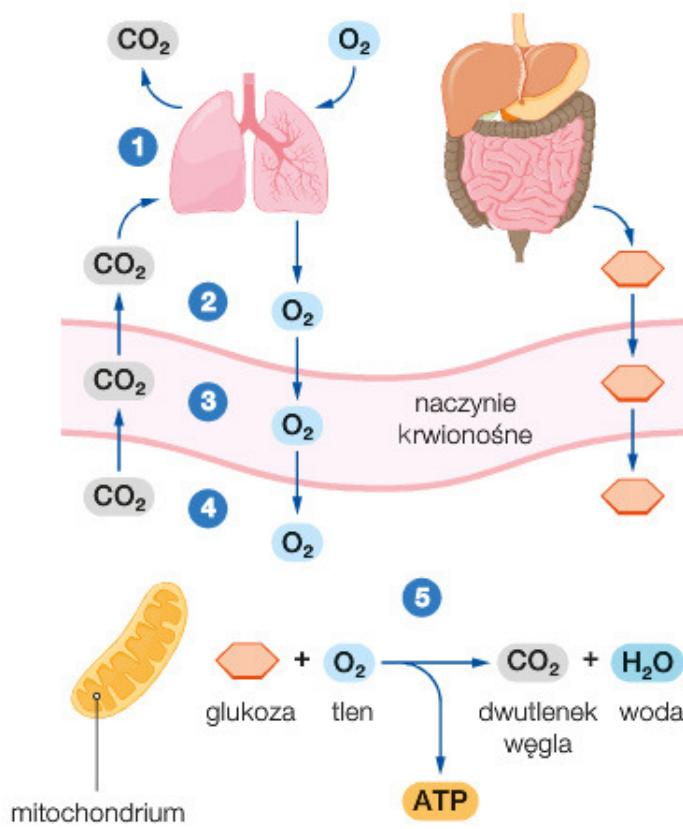
oddychania jest zwykle glukoza. Rzadziej utleniane są tłuszcze, a w szczególnych przypadkach – np. podczas intensywnego wysiłku lub głodu – białka.

Człowiek uzyskuje energię w procesie oddychania tlenowego. Jednym z substratów tego procesu jest tlen, a jednym z produktów ubocznych – dwutlenek węgla. Z tego powodu oddychanie wymaga nieustannej wymiany gazowej, czyli dostarczania komórkom tlenu i usuwania z nich dwutlenku węgla. Wymianę gazową zapewnia układ oddechowy, który składa się z dróg oddechowych oraz płuc.

Funkcja układu oddechowego

Układ oddechowy umożliwia wymianę gazową między powietrzem atmosferycznym a wnętrzem organizmu. Celem wymiany gazowej jest dostarczenie komórkom tlenu niezbędnego do oddychania tlenowego oraz usunięcie powstałego dwutlenku węgla.

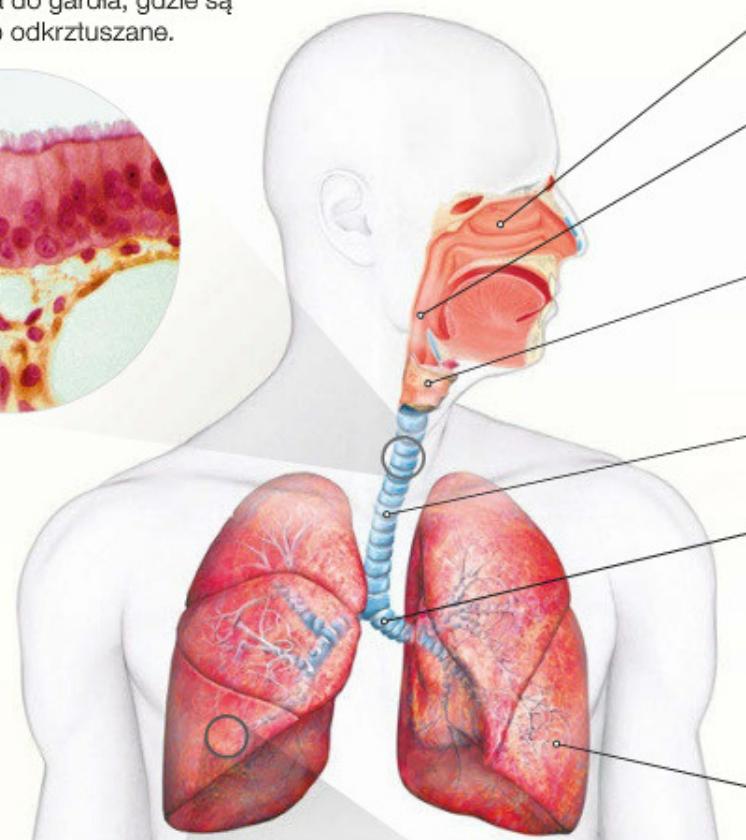
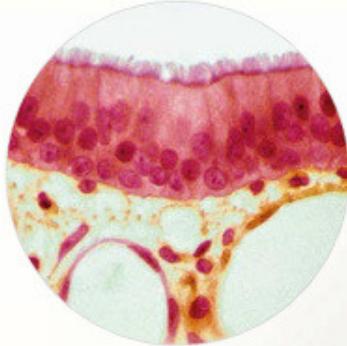
- 1 Naprzemienne wdechy i wydechy zapewniają transport gazów oddechowych między środowiskiem zewnętrznym a płucami.
- 2 Tlen z płuc przenika do krwiobiegu, natomiast dwutlenek węgla wędruje w kierunku przeciwnym.
- 3 Oba gazy oddechowe są transportowane przez krew.
- 4 Krew dostarcza do komórek ciała tlenu, a odbiera z nich dwutlenek węgla.
- 5 W komórkach tlén jest wykorzystywany do utleniania składników pokarmowych. Główne etapy tego procesu zachodzą w mitochondriach, a jego produktami są: dwutlenek węgla, woda oraz energia magazynowana w postaci ATP.



Układ oddechowy człowieka

Układ oddechowy człowieka składa się z dróg oddechowych oraz płuc. Drugi oddechowe nie uczestniczą w wymianie gazowej – ich funkcją jest doprowadzanie świeżego powietrza ze środowiska zewnętrznego do płuc oraz odprowadzanie zużytego powietrza w przeciwnym kierunku. Płuca składają się z milionów pęcherzyków płucnych. Wymiana gazowa zachodzi między nimi a opłatającymi je włosowatymi naczyniami krewionośnymi.

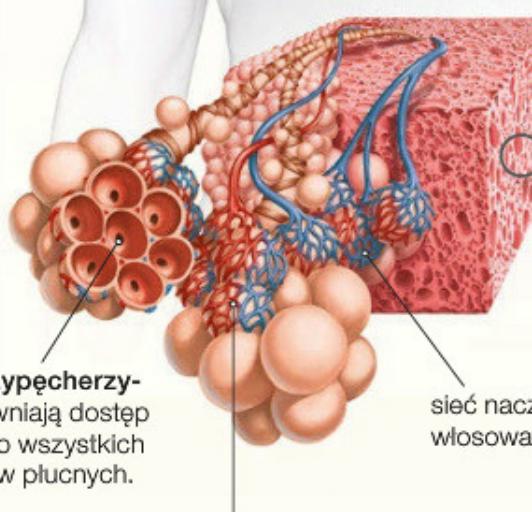
Większość dróg oddechowych wyścieła nabłonek migawkowy (obraz spod mikroskopu optycznego). Rzęski przesuwają zanieczyszczenia do gardła, gdzie są one połykane lub odkrtuszane.



Drogi oddechowe

- **Jama nosowa** oczyszcza, ogrzewa i nawilża powietrze.
- **Gardło** to wspólny odcinek układów pokarmowego i oddechowego, który prowadzi do krtani oraz do przełyku.
- **Krtań** umożliwia wydawanie dźwięków. Jedna z jej chrząstek – nagłośnia – oddziela drogi oddechowe od przełyku.
- **Tchawica** transportuje powietrze do oskrzeli.
- **Oskrzela główne** wnikają do płuc, gdzie tworzą liczne rozgałęzienia doprowadzające powietrze do pęcherzyków płucnych.

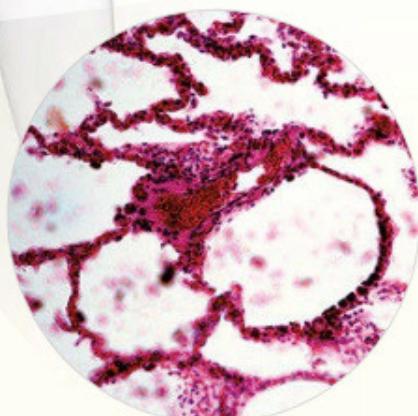
Płuca umożliwiają wymianę gazową.



Pory międzypęcherzykowe zapewniają dostęp powietrza do wszystkich pęcherzyków płucnych.

siec naczyń włosowatych

Pęcherzyki płucne są oplecone gęstą siecią włosowatych naczyń krewionośnych. Zarówno pęcherzyki płucne, jak i naczynia krewionośne są zbudowane z nabłonka jednowarstwowego płaskiego, który ułatwia dyfuzję gazów oddechowych.



Pęcherzyki płucne (obraz spod mikroskopu optycznego).

Drogi oddechowe

Drogi oddechowe to system kanałów, którymi powietrze przemieszcza się ze środowiska zewnętrznego do płuc. Wyściela je błona śluzowa oraz m.in. nabłonek migawkowy. Dzięki temu powietrze jest w nich ogrzewane, nawilżane i oczyszczane z pyłów oraz drobnoustrojów chorobotwórczych.

Drogi oddechowe	
górnne	dolne
<ul style="list-style-type: none"> • jama nosowa • gardło 	<ul style="list-style-type: none"> • krtanie • tchawica • oskrzela

Jama nosowa kontaktuje się ze środowiskiem zewnętrznym za pośrednictwem nozdrzy przednich. Jest ona podzielona na dwie części przez przegrodę nosa. Błona śluzowa jamy nosowej jest dobrze unaczyniona i zawiera liczne gruczoły śluzowe. Dzięki temu powietrze zostaje w niej ogrzane oraz nawilżone. Z kolei włosy znajdujące się w początkowej, pokrytej skórą części jamy nosowej, a także rzęski nabłonka odpowiadają za oczyszczanie wdychanego powietrza. W szczytowej części jamy nosowej znajduje się **pole węchowe**, które zawiera receptory odbierające wrażenia węchowe. Jama nosowa jest połączona z zatokami

przynosowymi, pełniącymi funkcję m.in. rezonatorów głosu. Kształt i wielkość zatok wpływają na barwę głosu.

Gardło łączy się z jamą nosową za pomocą nozdrzy tylnych. Jest ono wspólnym odcinkiem układów oddechowego i pokarmowego, przez który powietrze dostaje się do krtani, a pokarm – do przełyku. Część gardła – w odróżnieniu od pozostałych dróg oddechowych – jest pokryta nabłonkiem wielowarstwowym płaskim nierogowacującym.

Krtanie składa się z dziewięciu chrząstek połączonych ze sobą za pomocą mięśni oraz więzadeł. Jedna z chrząstek – **nagłośnia** – podczas przełykania zamyka wejście do dróg oddechowych, zapobiegając w ten sposób zadławieniu. Największą częścią krtani jest głośnia, która umożliwia wydawanie dźwięków. W jej skład wchodzą fałdy głosowe i znajdująca się między nimi szpara głosni. Inną chrząstką krtani jest **chrząstka tarczowata**, zbudowana z dwóch płyt połączonych ze sobą pod określonym kątem. Kąt ten zależy od płci i od wieku. Jest większy u dzieci i kobiet (ok. 120°) niż u mężczyzn (ok. 90°). Z tego powodu u mężczyzn chrząstka tarczowata jest zwykle dobrze widoczna i określana mianem wyniosłości krtaniowej, grdyki lub jabłka Adama.

Nagłośnia

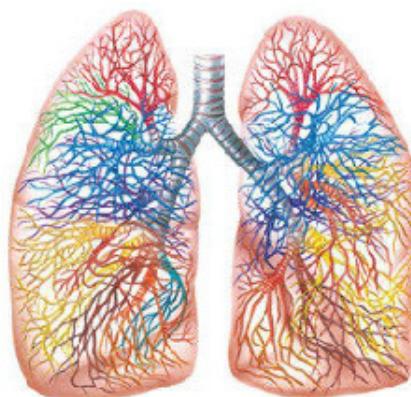
Za zamykanie dróg oddechowych podczas jedzenia odpowiada nagłośnia. W trakcie przełykania pokarmu chrząstka ta odgina się, przez co blokuje wejście do tchawicy. Dzięki temu kęs pokarmu jest kierowany do przewodu pokarmowego.



Tchawica jest przewodem o długości ok. 10–15 cm. 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. Tchawica rozgałęzia się na dwa ostrzela główne.

Oskrzela główne są parzystymi przewodami, które wnikają do płuc, gdzie tworzą **drzewo oskrzelowe**. Oskrzel prawe jest wyraźnie krótsze i grubsze od oskrzela lewego. Drzewo oskrzelowe to system rozgałęzień o coraz mniejszej średnicy. Tworzą je oskrzela płatowe, które przechodzą kolejno w oskrzela segmentowe oraz podsegmentowe. Oskrzela podsegmentowe dzielą się następnie na system drobnych oskrzelików. Oskreliki ostatniego rzędu noszą nazwę oskrzelików końcowych. Są one zakończone oskrzelikami oddechowymi.

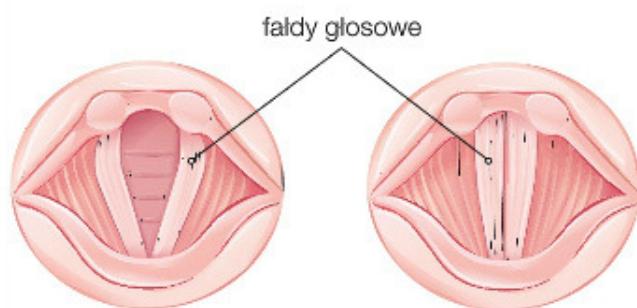
Oskrzela: główne, płatowe i segmentowe mają budowę podobną do budowy tchawicy – wyścieła je nabłonek wielorzędowy migawkowy, a w ścianach znajdują się mięśnie gładkie oraz chrząstki połączone tkanką łączną właściwą. W mniejszych oskrzelach i oskrzelikach nabłonek stopniowo traci rzęski, natomiast ściany nie mają chrząstek. W porównaniu z resztą dróg oddechowych przewody te zawierają więcej komórek mięśniowych.



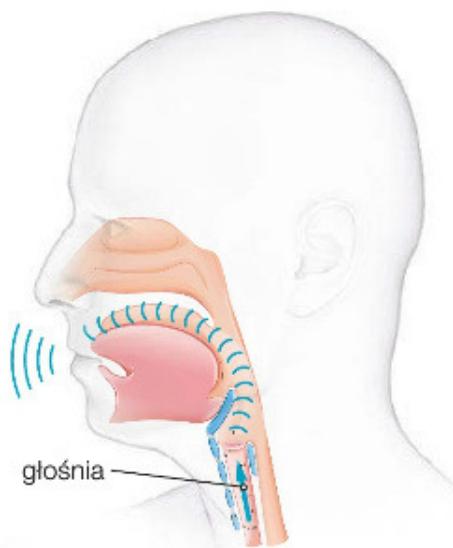
Drzewo oskrzelowe stanowi rusztowanie dla pęcherzyków płucnych.

Powstawanie głosu

Głos jest wytwarzany w części krtani zwanej głośnią. Znajdują się w niej fałdy głosowe, które wibrują pod wpływem przepływającego powietrza. Podczas spokojnego oddechu fałdy głosowe są rozluźnione i powietrze może swobodnie przechodzić przez krtan w czasie wdechów i wydechów. Kiedy fałdy głosowe są napięte i zbliżone do siebie, to przechodzące przez nie powietrze powoduje ich drgania. Wysokość głosu zależy od napięcia, długości i grubości fałdów głosowych. Natomiast na barwę głosu wpływają puste przestrzenie w kościach, np. jama nosowa i zatoki, które działają jak rezonatory.



Fałdy głosowe rozluźnione. Fałdy głosowe napięte.



Powietrze przepływa przez szparę głośni i wywołuje drganie fałdów głosowych.

Płuca

Płuca są parzystymi narządami, w których dochodzi do wymiany gazowej między powietrzem pęcherzykowym a krwią. Płuco lewe jest mniejsze od płuca prawego, ponieważ serce znajduje się głównie w lewej części klatki piersiowej. Każde płuco jest podzielone na płaty zaopatrywane w powietrze przez oskrzela płatowe. Płuco prawe składa się z trzech płatów, natomiast płuco lewe z dwóch płatów. Każdy płat dzieli się na odrębne jednostki czynnościowe, zwane segmentami oskrzelowo-płucnymi. Docierają do nich oskrzela segmentowe i podsegmentowe, rozgałęziające się w oskrzeliki końcowe, które przechodzą następnie w oskrzeliki oddechowe. Oskrzeliki płucne są zakończone woreczkami, w których ścianach znajdują się pęcherzyki płucne. **Pęcherzyki płucne** tworzą grona, które stanowią anatomiczne i czynnościowe jednostki płuca. Ściany pęcherzyków płucnych są zbudowane

z nablonka jednowarstwowego płaskiego, zwanego **nabłonkiem oddechowym**, i opłcone gęstą siecią włosowatych naczyń krewnośnych. Wnętrze pęcherzyków jest pokryte **surfaktantem** – białkowo-lipidowym czynnikiem powierzchniowym zapobiegającym ich sklejaniu. Oba płuca zawierają 300–450 mln pęcherzyków, co daje ok. 100 m² powierzchni oddechowej.

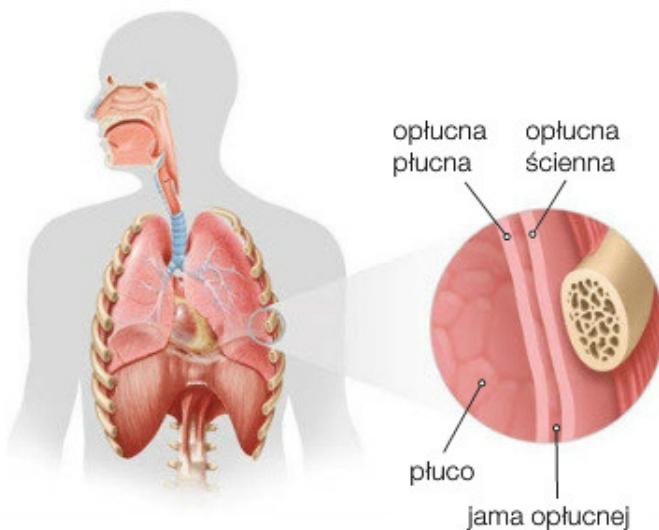
Płuca okrywa z zewnątrz błona surowicza, zwana **opłucną**. Opłucna składa się z blaszki wewnętrznej (opłucnej płucnej) oraz blaszki zewnętrznej (opłucnej ściannej). Pomiędzy blaszkami znajduje się **jama opłucnej** wypełniona płynem surowiczym. Opłucna uczestniczy w mechanizmie wentylacji płuc oraz pełni funkcję ochronną – zmniejsza tarcie między powierzchnią płuc a ścianą klatki piersiowej oraz zapobiega zapadaniu się pęcherzyków płucnych.

Opłucna

Opłucna jest gładką łącznotkankową błoną pokrytą cienkim nabłonkiem.

Opłucna płucna przylega ściśle do tkanki płuc, natomiast opłucna ścenna wyścieła wewnętrzną ścianę klatki piersiowej.

W jamie opłucnej znajduje się płyn surowiczy, który umożliwia swobodne przemieszczanie obu blaszek opłucnej względem siebie oraz – dzięki siłom adhezji i kohezji – zapobiega ich rozdzielaniu się podczas ruchów oddechowych. Wewnątrz jamy opłucnej panuje ciśnienie ujemne, które umożliwia prawidłową pracę płuc.



Polecenia kontrolne

1. Wyjaśnij rolę układu oddechowego w funkcjonowaniu organizmu.
2. Wymień nazwy kolejnych odcinków dróg oddechowych oraz określ ich funkcje.
3. Opisz, w jaki sposób powstaje ludzki głos oraz od czego zależą jego wysokość i natężenie.
4. Wskaż cechy budowy płuc, które stanowią przystosowanie do wymiany gazowej.
5. Omów budowę i funkcje opłucnej.

5.3.

Wentylacja płuc i wymiana gazowa

Zwróć uwagę na:

- mechanizm wentylacji płuc,
- wymianę gazową w płucach i w tkankach,
- budowę i funkcję hemoglobiny oraz jej powinowactwo do tlenu w różnych warunkach.

Na mechanizm oddychania składa się kilka powiązanych ze sobą procesów. Należą do nich: wentylacja płuc, wymiana gazowa zewnętrzna, transport gazów oddechowych za pośrednictwem krwi, wymiana gazowa wewnętrzna oraz oddychanie komórkowe.

■ Wentylacja płuc

Wentylacja płuc, czyli wymiana powietrza między płucami a środowiskiem zewnętrznym, składa się z rytmicznych wdechów i wydechów. Zachodzi ona dzięki mięśniom oddechowym, do których należą:

- ▶ przepona – płaski mięsień położony między jamą klatki piersiowej a jamą brzuszną,
- ▶ mięśnie międzyżebrowe, które znajdują się między poszczególnymi żebrami.

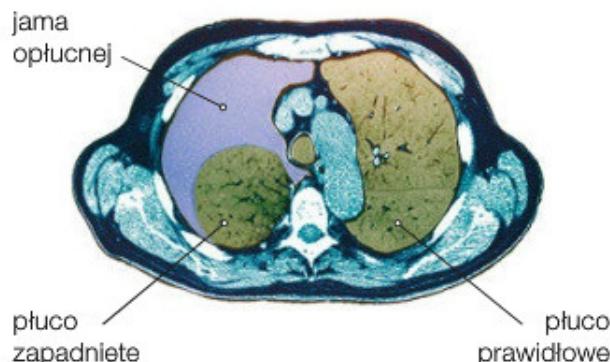
Wdech jest aktem czynnym, ponieważ odbywa się dzięki pracy mięśni oddechowych. Podczas wdechu skurcz przepony powoduje jej obniżenie oraz spłaszczenie, natomiast skurcz mięśni międzyżebrowych przesuwa żebra w przód oraz do góry. Następuje zwiększenie objętości klatki piersiowej, do której przylega opłucna ścienna, co powoduje powiększenie jamy opłucnej, a tym samym – znaczny spadek ciśnienia w jej obrębie. Wówczas opłucna płucna podąża za opłucną ścienną oraz za ruchem klatki piersiowej, co skutkuje wzrostem objętości płuc. Pęcherzyki płucne rozciągają się, a ciśnienie w ich wnętrzu spada poniżej wartości ciśnienia atmosferycznego. Powstająca różnica ciśnień wywołuje napływ powietrza z dróg oddechowych do płuc.

Wydech jest aktem biernym, który odbywa się bez udziału pracy mięśni. W jego trakcie zachodzą: rozkurcz przepony, która unosi się i uwypukla, a także rozkurcz mięśni międzyżebrowych, powodujący przesunięcie żeber

w tył oraz w dół. Zmniejszenie objętości klatki piersiowej pociąga za sobą zmniejszenie jamy opłucnej, a w rezultacie – znaczny wzrost ciśnienia w jej obrębie. Dzięki temu zmniejsza się również objętość płuc, pęcherzyki płucne zwężają się, a ciśnienie w ich wnętrzu rośnie powyżej wartości ciśnienia atmosferycznego. Powstająca różnica ciśnień wywołuje odpływ powietrza z płuc do dróg oddechowych. Niektóre, np. podczas kichania czy kaszlu, zachodzą wydechy aktywne, wymagające pracy mięśni międzyżebrowych i przepony, a czasem również mięśni brzucha i grzbietu.

Czy wiesz, że...

Przebicie ściany klatki piersiowej powoduje gwałtowny napływ powietrza atmosferycznego między blaszki opłucnej. Ciśnienie wewnętrz jamy opłucnej wyrównuje się wtedy z ciśnieniem atmosferycznym, a płuco zapada się i przestaje pełnić swoją funkcję. Stan taki nosi nazwę odmy.

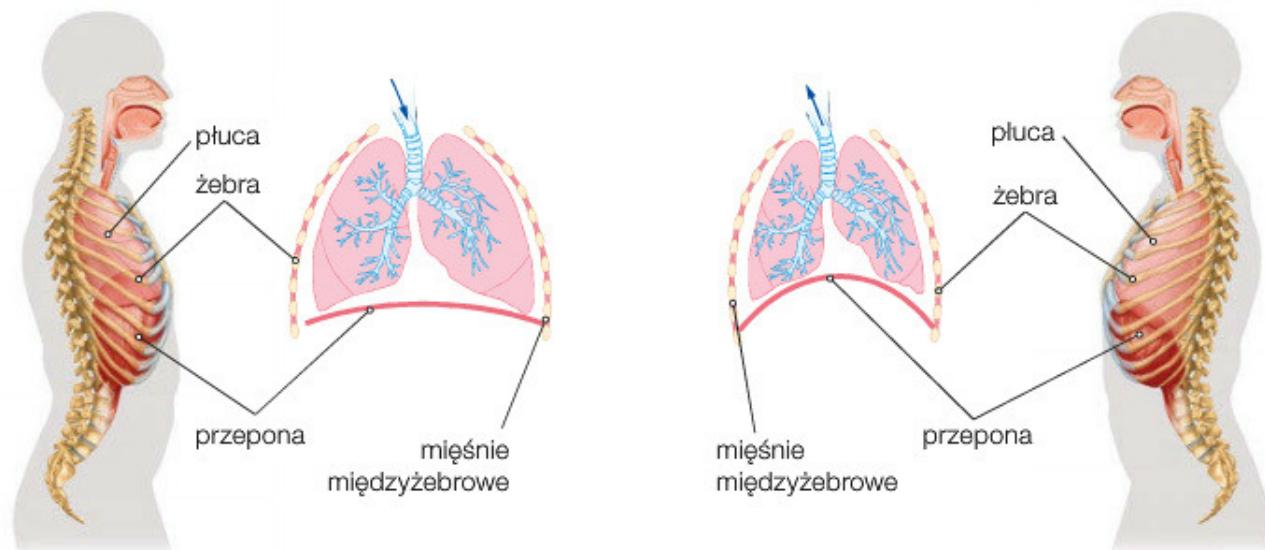


Obraz tomograficzny odmy lewego płuca.

Podczas wentylacji płuc mogą przeważać ruchy żeber (oddychanie piersiowe) lub przepony (oddychanie brzuszne). Oddychanie piersiowe jest charakterystyczne dla kobiet, a oddychanie brzuszne – dla mężczyzn i osób z chorobami płuc.

Mechanizm wentylacji płuc

Wentylacja płuc, czyli wymiana powietrza w płucach, składa się z rytmicznych wdechów i wydechów. Zachodzi ona dzięki pracy mięśni oddechowych.



■ Wdech

- Skurcz przepony powoduje jej obniżenie i spłaszczenie, natomiast skurcz mięśni międzyżebrowych przesuwa 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.

■ Wydech

- Rozkurcz przepony powoduje jej uniesienie i uwypuklenie, natomiast rozkurcz mięśni międzyżebrowych przesuwa żebra w tył oraz w dół.
- Rozkurcz mięśni oddechowych prowadzi do zmniejszenia objętości klatki piersiowej, co skutkuje wzrostem ciśnienia w pęcherzykach płucnych. Dzięki temu powietrze zostaje usunięte z płuc.

■ Pojemność płuc

Całkowita pojemność płuc, czyli maksymalna objętość gazów, która może się zmieścić w płucach, zależy od płci, wieku, rozmiarów ciała (masy i wzrostu), trybu życia i stanu zdrowia. U dorosłego człowieka wynosi ona ok. 5 dm^3 . Pojemność życiowa płuc to ilość powietrza wprowadzonego do płuc przy maksymalnym wdechu poprzedzonym maksymalnym wydechem. Wynosi ona ok. 4 dm^3 . Pozostałą część – ok. 1 dm^3 – stanowi powietrze zalegające w pęcherzykach płucnych. Na pojemność życiową płuc składają się: objętość oddechowa, objętość zapasowa wdechowa oraz objętość zapasowa wydechowa. Objętość oddechową – ok. $0,5 \text{ dm}^3$ – stanowi powietrze, które dostaje się do płuc przy spokojnym wdechu lub zostaje

usunięte podczas spokojnego wydechu. Pogłębiając wdech, można zmieścić w płucach dodatkowe $2,5 \text{ dm}^3$ powietrza (objętość zapasowa wdechowa), natomiast pogłębiając wydech, można usunąć dodatkowo ok. 1 dm^3 powietrza (objętość zapasowa wydechowa).

Pojemność płuc		
całkowita pojemność płuc (5 dm^3)	pojemność życiowa płuc (4 dm^3)	objętość zapasowa wdechowa ($2,5 \text{ dm}^3$)
		objętość oddechowa ($0,5 \text{ dm}^3$)
		objętość zapasowa wydechowa (1 dm^3)
		powietrze zalegające (1 dm^3)

Regulacja częstości oddechów

O częstości wykonywanych oddechów decyduje ośrodek oddechowy umiejscowiony w pniu mózgu. W skład ośrodka oddechowego wchodzą:

- ▶ **ośrodek wdechu**, którego neurony rozpoczynają czynność oddechową, wysyłając impulsy pobudzające mięśnie wdechowe,
- ▶ **ośrodek wydechu**, który pobudza mięśnie wydechowe podczas wydechów aktywnych.

O naprzemiennym występowaniu wdechu i wydechu decyduje **ośrodek pneumotaktyczny**, również zlokalizowany w pniu mózgu.

Liczba oddechów zmienia się w zależności od zawartości gazów oddechowych w powietrzu atmosferycznym lub zapotrzebowania organizmu, np. wzrasta podczas wysiłku fizycznego, a maleje podczas snu.

Ośrodek oddechowy reaguje przede wszystkim na wzrost stężenia dwutlenku węgla we krwi. Gaz ten wchodzi w reakcję z wodą zawartą w osoczu krwi, tworząc kwas węglowy (H_2CO_3), który dysocjuje na jony wodorowe (H^+) i jony wodorowęglanowe (HCO_3^-). Zwiększenie stężenia jonów wodorowych obniża pH krwi poniżej tolerowanej wartości ($pH = 7,35$). Rejestrują to wyspecjalizowane komórki receptorowe pnia mózgu oraz chemoreceptory ścian aorty i tętnicy szyjnej. Pobudzony przez nie ośrodek oddechowy wysyła za pomocą neuronów dyspozycje do mięśni oddechowych, które zwiększą tempo i głębokość oddechów. Sytuacja taka utrzymuje się do czasu, aż pH krwi osiągnie prawidłową wartość. Znaczący spadek

stężenia tlenu we krwi tętniczej (np. podczas przebywania na dużych wysokościach) również wpływa na ośrodek oddechowy, w konsekwencji zwiększając wentylację płuc.

Czy wiesz, że...

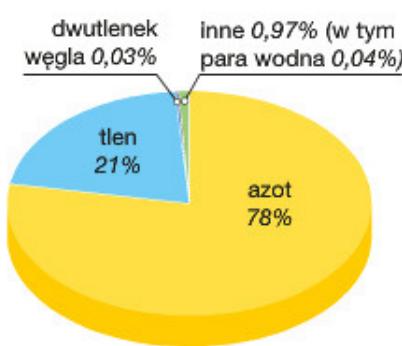
Płuca płodu są wypełnione płynem, a jego krew zawiera niewielką ilość dwutlenku węgla. Pierwszy wdech dziecko wykonuje w czasie porodu, kiedy dochodzi do przerwania krążenia łożyskowego, nagromadzenia dwutlenku węgla we krwi i pobudzenia ośrodka oddechowego.

Wymiana gazowa w płucach i tkankach

Wdychane powietrze zawiera głównie azot, tlen i dwutlenek węgla. Składniki powietrza wydychanego są takie same, występują jednak w innych proporcjach. Odmienny skład ilościowy powietrza wdychanego i wydychanego świadczy o zachodzącej wymianie gazowej. Wymiana ta odbywa się na zasadzie dyfuzji, a jej kierunek i tempo są uwarunkowane różnicą ciśnień parcjalnych gazów. Każdy gaz przenika ze środowiska o wyższym ciśnieniu parcjalnym do środowiska o niższym ciśnieniu parcjalnym. Wyróżnia się wymianę gazową zewnętrzną oraz wymianę gazową wewnętrzną.

Wymiana gazowa zewnętrzna odbywa się między pęcherzykami płucnymi a krwią. Tlen dyfunduje z powietrza znajdującego się w pęcherzykach płucnych do krwi, która przepływa przez naczynia włosowate. Dwutlenek węgla dyfunduje w przeciwnym kierunku.

Skład powietrza wdychanego i wydychanego



Powietrze wdychane.



Powietrze wydychane.

Wymiana gazowa wewnętrzna zachodzi między krwią a komórkami. Krew, która opuszcza płuca, zawiera znaczną ilość tlenu. Dociera ona do wszystkich komórek ciała, gdzie oddaje tlen potrzebny do oddychania komórkowego. Ubocznym produktem oddychania komórkowego jest dwutlenek węgla. W efekcie zawartość tlenu w komórkach jest zawsze mniejsza niż we krwi, a dwutlenku węgla – zawsze większa. Gazy dyfundują więc ponownie zgodnie z różnicą ciśnień parcjalnych: tlen z krwi do komórek, a dwutlenek węgla z komórek do krwi.

Udział krwi w transporcie tlenu i dwutlenku węgla

Transport gazów oddechowych odbywa się przy udziale krwinek czerwonych i osocza.

Transport tlenu

Cząsteczki tlenu po przejściu przez ściany pęcherzyka płucnego i naczynia włosowatego rozpuszczają się w osoczu, po czym dyfundują do erytrocytów. Tam łączą się odwracalnie z jonom Fe^{2+} grupy hemowej hemoglobiny. Jedna cząsteczka hemoglobiny wiąże cztery cząsteczki tlenu, tworząc **oksyhemoglobinę** – Hb_4O_8 . Wiązanie tlenu z hemoglobiną nosi nazwę **utlenowania**, ponieważ zachodzi bez zmiany stopnia utlenienia żelaza. **Krew utlenowana** (tętnicza) ma jasnoczerwoną barwę. Systemem tętnic dociera ona do tkanek ciała, gdzie oddaje tlen i staje się **krwią odtlenowaną** (żylną) o ciemnoczerwonej barwie.

Reakcja łączenia hemoglobiny z tlenem jest odwracalna i – w zależności od warunków – może przebiegać w obu kierunkach:

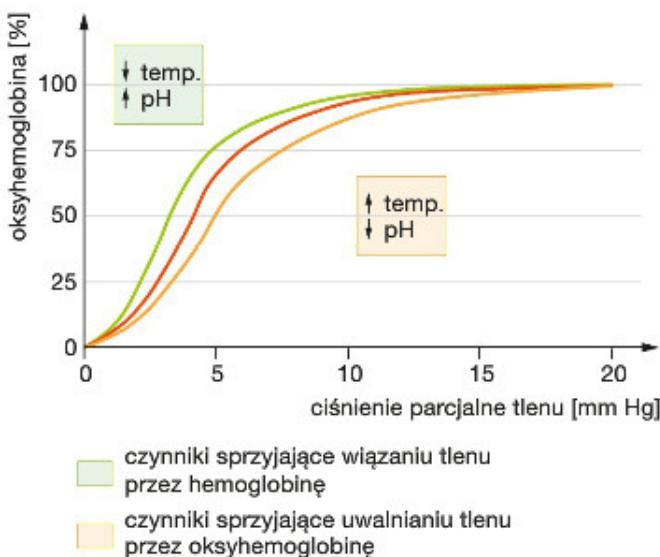


Kierunek reakcji zależy głównie od:

- ▶ ciśnienia parcjalnego tlenu (PO_2) – kiedy ciśnienie parcjalne tlenu jest wysokie, zachodzi przyłączanie tlenu do hemoglobiny. Kiedy ciśnienie parcjalne tlenu jest niskie, zachodzi rozkład oksyhemoglobiny i uwolnienie tlenu, który dyfunduje do tkanek;

- ▶ ciśnienia parcjalnego dwutlenku węgla (PCO_2) – kiedy ciśnienie parcjalne dwutlenku węgla jest niskie, zachodzi przyłączanie tlenu do hemoglobiny. Kiedy ciśnienie parcjalne dwutlenku węgla jest wysokie, zachodzi rozkład oksyhemoglobiny i uwolnienie tlenu, który dyfunduje do tkanek;
- ▶ pH – niskie stężenie jonów H^+ sprzyja łączeniu się tlenu z hemoglobiną, natomiast wysokie stężenie jonów H^+ sprzyja rozkładowi oksyhemoglobiny;
- ▶ temperatury – obniżenie temperatury sprzyja łączeniu się tlenu z hemoglobiną, natomiast podwyższenie temperatury sprzyja rozkładowi oksyhemoglobiny.

Zawartość procentowa oksyhemoglobiny w zależności od ciśnienia parcjalnego tlenu



Na syntezę i rozkład oksyhemoglobiny wpływa również obecność 2,3-bisfosfoglicerynanu (BPG) w erytrocytach. Związek ten jest jednym z produktów glikolizy, a jego stężenie w krwinkach czerwonych jest bliskie stężeniu hemoglobiny. BPG nie łączy się z hemoglobiną utlenowaną, natomiast łatwo łączy się z hemoglobiną odtlenowaną, zmniejszając jej powinowactwo do tlenu. Ma to duże znaczenie podczas oddawania tlenu w tkankach. Oddysocjowanie jednej cząsteczki tlenu od hemoglobiny powoduje związanie BPG, co z kolei ułatwia odłączanie się kolejnych cząsteczek tlenu.

Wymiana gazowa

Wymiana gazowa to dyfuzja tlenu i dwutlenku węgla między wnętrzem organizmu a środowiskiem zewnętrznym. Odbywa się ona zgodnie z różnicą ciśnień parcjalnych gazów oddechowych.



Wymiana gazowa zewnętrzna zachodzi między pęcherzykami płucnymi a krwią.

- Tlen dyfunduje z pęcherzyków płucnych do krwi.
- Dwutlenek węgla dyfunduje z krwi do pęcherzyków płucnych.



Powietrze pęcherzykowe:
 $\text{PO}_2 = 100 \text{ mm Hg}$
 $\text{PCO}_2 = 40 \text{ mm Hg}$

Pęcherzyki płucne.

OBIEG PŁUCNY

tętnica płucna

żyła płucna

Krew żylna:

$\text{PO}_2 = 40 \text{ mm Hg}$
 $\text{PCO}_2 = 45 \text{ mm Hg}$

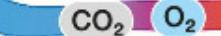
Krew tętnicza:

$\text{PO}_2 = 100 \text{ mm Hg}$
 $\text{PCO}_2 = 40 \text{ mm Hg}$

żyla główna

aorta

OBIEG USTROJOWY



Tkanki:

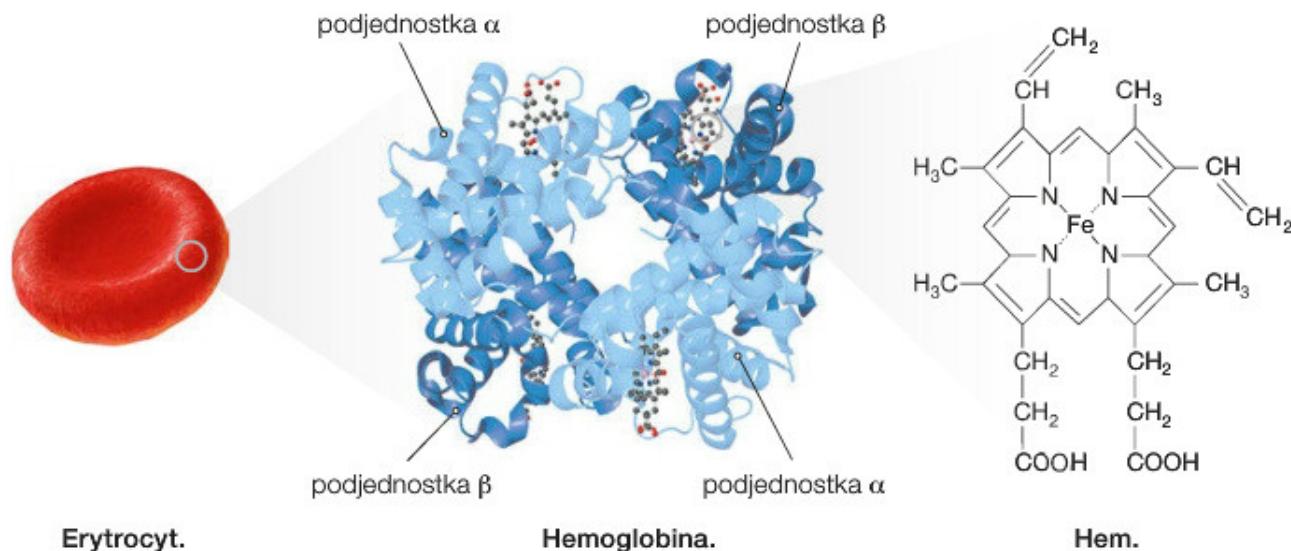
$\text{PO}_2 = 40 \text{ mm Hg}$
 $\text{PCO}_2 = 45 \text{ mm Hg}$

Wymiana gazowa wewnętrzna zachodzi między krwią a tkankami ciała.

- Tlen dyfunduje z krwi do komórek.
- Dwutlenek węgla dyfunduje z komórek do krwi.

Hemoglobina

Hemoglobina jest białkiem złożonym o strukturze czwartorzędowej. Jej cząsteczka składa się z czterech podjednostek białkowych, zwanych globinami, z których każda zawiera jedną cząsteczkę hemu. W centrum cząsteczki hemu znajduje się dwuwartościowy jon żelaza (Fe^{2+}), który umożliwia wiązanie tlenu. Hemoglobina pod wpływem związania pierwszej cząsteczki tlenu zmienia swój kształt, co ułatwia wiązanie następnych cząsteczek.



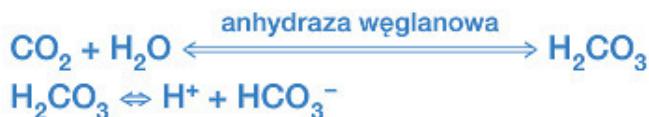
Wyróżnia się kilka rodzajów hemoglobiny, m.in. hemoglobinę A (HbA), która występuje u osoby dorosłej, oraz hemoglobinę F (HbF), która występuje u płodu. Hemoglobina A składa się z dwóch podjednostek α oraz dwóch podjednostek β , natomiast hemoglobina F – z dwóch podjednostek α oraz dwóch podjednostek γ .

Transport dwutlenku węgla

Kierunek dyfuzji dwutlenku węgla jest przeciwny do kierunku dyfuzji tlenu. Dwutlenek węgla dyfunduje z tkanek, gdzie jego ciśnienie parcjalne jest duże, do krwi, gdzie jego ciśnienie parcjalne jest małe. Dwutlenek węgla jest transportowany przez krew w formie:

- ▶ fizycznie rozpuszczonej w osoczu, a także w połączeniu z białkami osocza – ok. 10%,
- ▶ związanej z hemoglobiną – jako karbaminohemoglobina (HbCO_2) – ok. 20%,
- ▶ jonów wodorowęglanowych (HCO_3^-) – ok. 70%.

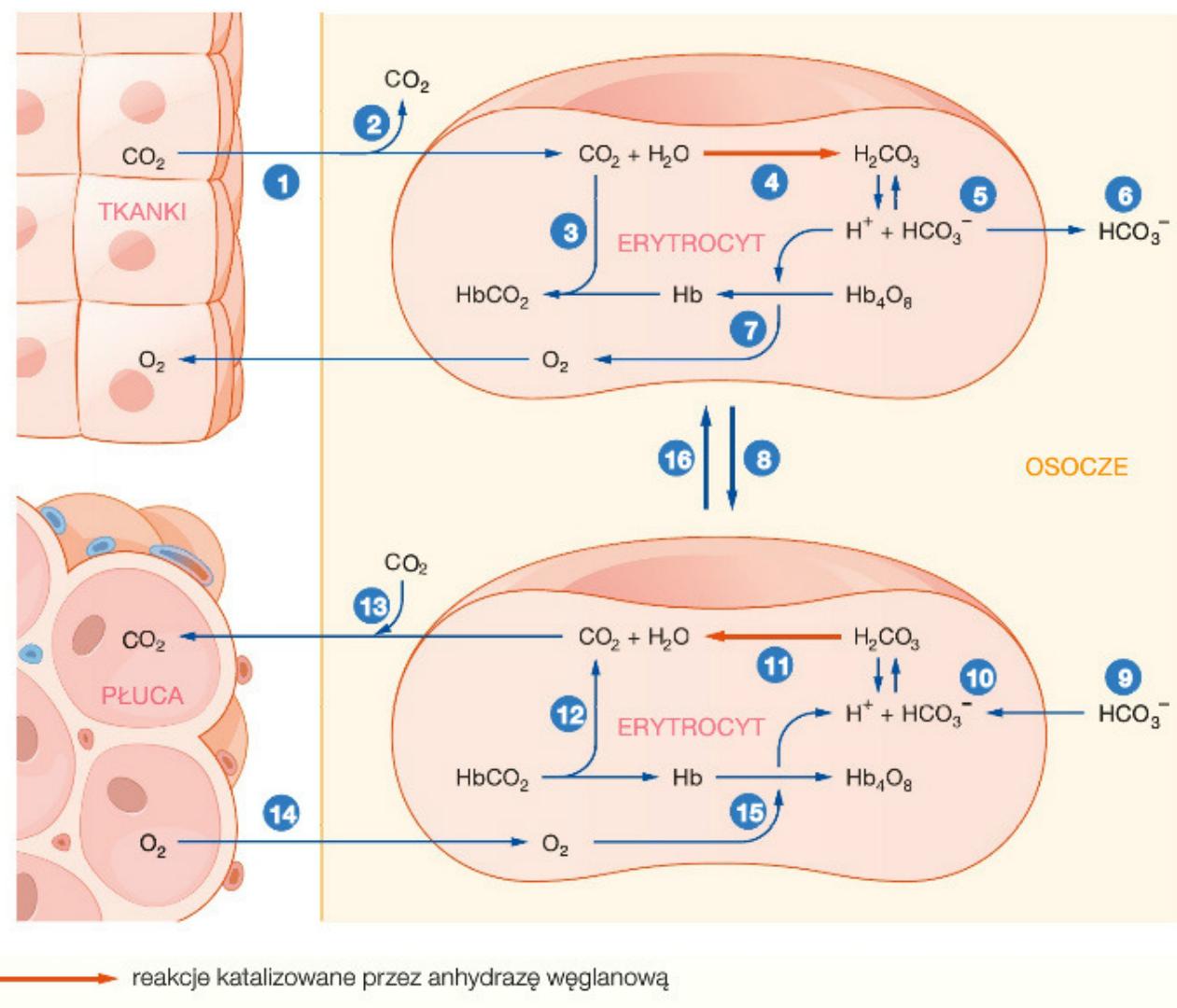
Jony wodorowęglanowe powstają podczas dwóch następujących po sobie reakcji:



W erytroцитach znajduje się enzym anhydraza węglanowa. Katalizuje on zarówno reakcję syntezy kwasu węglowego z dwutlenkiem

węgla i wody, jak i reakcję rozkładu kwasu węglowego do dwutlenku węgla i wody. We krwi obwodowej, w której stężenie dwutlenku węgla jest duże, reakcja przebiega w kierunku syntezy kwasu węglowego. Kwas ten dysocjuje na jon wodorowy oraz jon wodorowęglanowy. Większość jonów wodorowęglanowych dyfunduje z erytrocytów do osocza krwi i jest w tej formie transportowana do płuc. W naczyńiach płucnych zachodzi łączenie jonów wodorowęglanowych z jonami wodorowymi i powstaje kwas węglowy. Anhydraza węglanowa w warunkach wysokiego stężenia tlenu i niskiego stężenia dwutlenku węgla katalizuje reakcję rozkładu kwasu węglowego. Równocześnie zachodzi odłączanie dwutlenku węgla od karbaminohemoglobiny. Powstały gaz dyfunduje z erytrocytów do osocza i wraz z dwutlenkiem węgla transportowanym przez osocze jest uwalniany do wnętrza pęcherzyków płucnych, a następnie wydalany z organizmu.

Mechanizm transportu gazów oddechowych



Wymiana gazowa w tkankach

- Dwutlenek węgla przenika z tkanek ciała do osocza krwi.
- 10% tego gazu rozpuszcza się fizycznie w osoczu, a 90% dyfunduje do erytrocytów.
- 20% dwutlenku węgla obecnego w erytrocytach łączy się z hemoglobinem, tworząc karbaminohemoglobinem ($HbCO_2$).
- 70% dwutlenku węgla obecnego w erytrocytach reaguje z wodą, tworząc kwas węglowy.
- Kwas węglowy dysocjuje na jony wodorowęglanowe oraz jony wodorowe.
- Jony wodorowęglanowe są transportowane do osocza krwi.
- Jony wodorowe ułatwiają dysocjacje oksyhemoglobiny (Hb_4O_8), uwolniony tlen dyfunduje zaś do osocza krwi, a następnie do tkanek.
- Erytrocyty wędrują naczyniami do płuc.

Wymiana gazowa w płucach

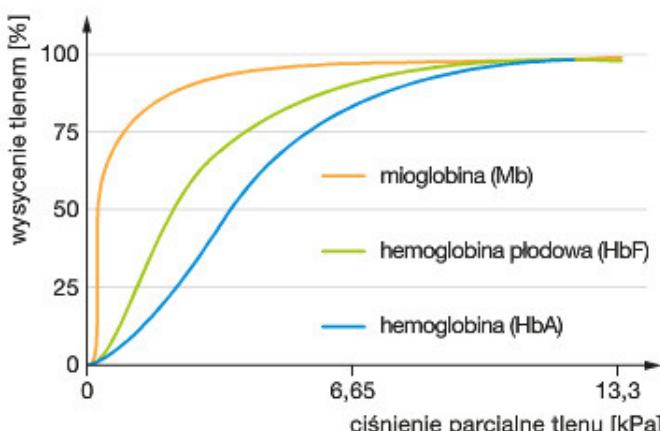
- Jony wodorowęglanowe są transportowane z osocza krwi do erytrocytów.
- Jony wodorowęglanowe tworzą z jonami wodorowymi kwas węglowy.
- Kwas węglowy ulega rozkładowi do wody i dwutlenku węgla.
- Jednocześnie karbaminohemoglobina uwalnia dwutlenek węgla.
- Dwutlenek węgla dyfunduje z erytrocytów do osocza krwi, a następnie do pęcherzyków płucnych.
- Tlen wnika z pęcherzyków płucnych do erytrocytów.
- W erytrocytach tlen łączy się z hemoglobinem, tworząc oksyhemoglobinem. Proces ten ułatwia zmniejszone stężenie jonów wodorowych.
- Erytrocyty wędrują naczyniami do tkanek.

■ Inne białka wiążące tlen

Pracujące mięśnie szkieletowe nieustannie potrzebują tlenu do uzyskiwania energii. Białkiem magazynującym tlen w mięśniach jest mioglobina (Mb), której cząsteczki, podobnie jak cząsteczki hemoglobiny, zawierają żelazo na drugim stopniu utlenienia (Fe^{2+}). Powinowactwo mioglobiny do tlenu jest większe niż hemoglobiny, dlatego kiedy utlenowana krew przepływa przez mięśnie, tlen odłącza się od hemoglobiny i wiąże się odwracalnie z mioglobiną. Uwalnianie tlenu przez mioglobinę jest jednak trudniejsze niż jego wiązanie – zachodzi dopiero wówczas, gdy ciśnienie parcjalne tlenu w mięśniach jest bardzo niskie.

Na podobnej zasadzie odbywa się dostarczanie tlenu do organizmu płodu w czasie ciąży. Hemoglobina występująca u płodu (HbF)

łatwiej łączy się z tlenem niż hemoglobina występująca u osoby dorosłej (HbA). Dzięki temu w łożysku następuje przekazywanie tlenu z krwi matki do krwi dziecka.



Porównanie wiązania tlenu przez hemoglobinę z wiązaniem tlenu przez mioglobinę.

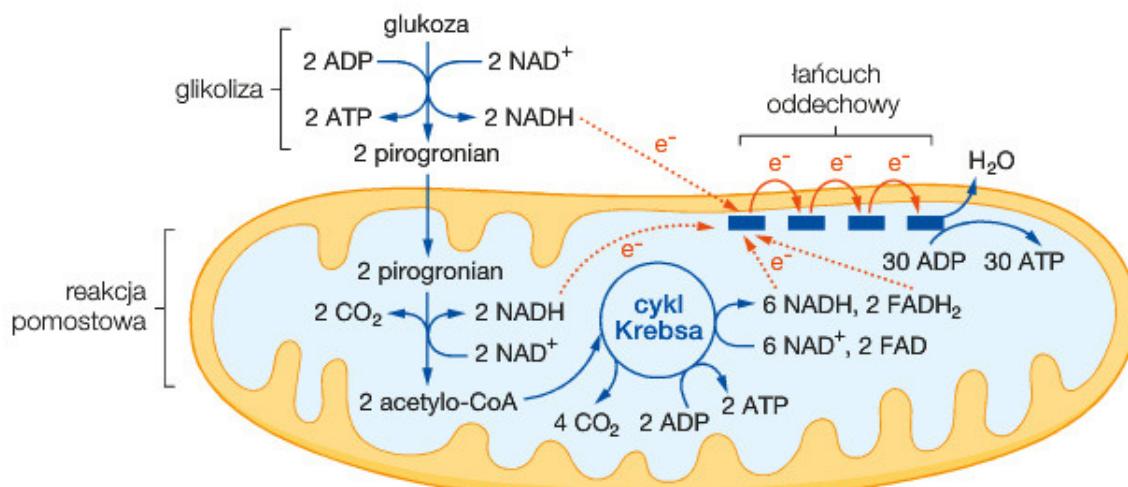
Oddychanie komórkowe

Przypomnij sobie

W większości komórek człowieka zachodzi oddychanie tlenowe. Jedynie włókna mięśniowe w warunkach deficytu tlenowego oraz erytrocyty uzyskują energię dzięki fermentacji mleczanowej.

Oddychanie tlenowe składa się z czterech głównych etapów:

- ▶ glikolizy, która zachodzi w cytozolu komórki,
- ▶ reakcji pomostowej, która przebiega w matrix mitochondrium,
- ▶ cyklu Krebsa, który zachodzi w matrix mitochondrium,
- ▶ łańcucha oddechowego, który zachodzi wewnętrznej błonie mitochondrium.



Oddychanie tlenowe.



Czy wiesz, że...

Neuroglobina, którą odkryto w 2000 r., jest białkiem podobnym do mioglobiny. Funkcją neuroglobiny jest magazynowanie tlenu w tkance nerwowej, przede wszystkim w mózgowiu.

■ Współczynnik oddechowy

Współczynnik oddechowy (RQ) to stosunek objętości dwutlenku węgla wytworzzonego w procesie oddychania tlenowego do objętości tlenu zużytego w trakcie tego procesu. Wartości

współczynnika oddechowego są różne dla różnych substratów oddechowych, np. dla glukozy $RQ = 1$ ($RQ_{\text{glukoza}} = 6 \text{ CO}_2 / 6 \text{ O}_2 = 1$), natomiast dla kwasu palmitynowego $RQ = 0,707$.

Wartość współczynnika oddechowego zależy również od kierunku przemian metabolicznych. Przewaga przemian anabolicznych skutkuje wzrostem wartości współczynnika oddechowego, natomiast przewaga przemian katabolicznych działa odwrotnie.



Badanie zawartości dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym i wydychanym

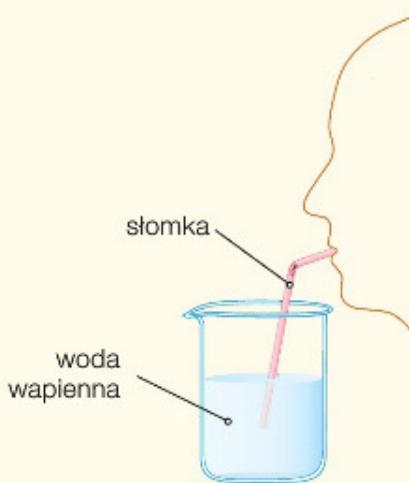
- **Problem badawczy:** Czy ilość dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym i wydychanym jest taka sama?
- **Hipoteza:** Powietrze wydychane zawiera więcej dwutlenku węgla niż powietrze wdychane.
- **Przebieg doświadczenia**

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

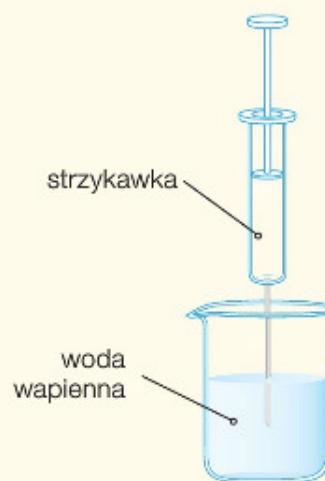
Próba kontrolna: zlewka z wodą wapienną, do której wtłaczamy powietrze strzykawką lub gruszką.

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.

Próba badawcza



Próba kontrolna



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

■ Wpływ ciśnienia zewnętrzne na wymianę gazową

Zmiany ciśnienia atmosferycznego wpływają na zmiany ciśnienia parcjalnego poszczególnych gazów. Przyjmuje się, że ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza wynosi 1 atm (atmosferę), czyli 1013,25 hPa, a ciśnienie parcjalne tlenu w tych warunkach – 212,8 hPa. Wraz ze wzrostem wysokości powyżej poziomu morza następuje spadek ciśnienia, co z kolei powoduje zmniejszenie ciśnienia parcjalnego gazów w powietrzu. Na wysokości 5500 m n.p.m. ciśnienie atmosferyczne jest równe połowie wartości ciśnienia na poziomie morza – czyli ok. 507 hPa.

Ciśnienie parcjalne tlenu także wynosi połowę swojej wartości, czyli ok. 106 hPa. W takich warunkach osoby niezaaklimatyzowane tracą przytomność z powodu braku tlenu. Podczas dłuższego przebywania na dużych wysokościach organizm adaptuje się do nowych warunków. Jedną z pierwszych reakcji jest zwiększenie głębokości oraz częstotliwości oddechów w celu poprawienia wentylacji płuc. Następnie zwiększa się tempo skurczów serca, co wpływa na wzrost wydajności transportowej krwi. Przy dłużej trwającym niedotlenieniu obserwuje się również zmiany we krwi, polegające na zwiększeniu liczby erytrocytów oraz ilości hemoglobiny.

Jak ciśnienie atmosferyczne wpływa na wymianę gazową?

■ Wspinaczka wysokogórska

W górach, gdzie ciśnienie atmosferyczne maleje wraz ze wzrostem wysokości, zmniejsza się również ciśnienie parcjalne tlenu w pęcherzykach płucnych. Brak wcześniejszego zaadaptowania do warunków wysokogórskich może spowodować trudności w wymianie gazowej, a w konsekwencji – chorobę wysokościową, prowadzącą do obrzęku płuc i mózgu.

Rdzenni mieszkańcy wysokich gór, np. przedstawiciele himalajskiego plemienia Szerpów, nie zapadają na chorobę wysokościową. W porównaniu z mieszkańcami nizin mają oni większą objętość płuc, większą liczbę czerwonych krvinek, wyższe powinowactwo hemoglobiny do tlenu w obrębie płuc oraz niższe powinowactwo tlenu do hemoglobiny w obrębie tkanek. Ze względu na te cechy Szerpowie są świętymi wspinaczami (np. w styczniu 2021 r. jako pierwsi zdobyli K2 zimą).



Himalańscy podczas wspinaczki stosują często butle tlenowe w celu zwiększenia zawartości tlenu we wdychanym powietrzu.



Na wymianę gazową wpływa również wzrost ciśnienia. Podczas nurkowania wzrost ciśnienia zewnętrznego zwiększa rozpuszczanie się w tkankach gazów zawartych w powietrzu oddechowym. Szczególne znaczenie mają zmiany zawartości azotu. Przy ciśnieniu panującym na poziomie morza w tkankach człowieka znajduje się ok. 1 dm^3 azotu. Wzrost ciśnienia zewnętrznego o 1 atm (1 atm przypadka na każde 10 m zanurzenia) powoduje rozpuszczenie dodatkowego 1 dm^3 gazu. Po przekroczeniu głębokości 30 m gromadzący się w organizmie azot ma działanie podobne do alkoholu: początkowo powoduje euforię oraz nadmierną pewność siebie,

a następnie – zaniki pamięci i zaburzenia koordynacji ruchowej. Z kolei podczas wynurzania ciśnienie maleje i następuje wydzielanie się gazów do przestrzeni międzykomórkowych oraz do krwi. Jeśli wynurzanie przebiega zbyt szybko, to gromadzące się pęcherzyki tworzą zatory gazowe, które blokują przepływ krwi w naczyniach krwionośnych i są przyczyną uszkodzenia tych naczyń. Skutki zbyt szybkiego wynurzania się noszą nazwę choroby dekompresyjnej (kesonowej). W jej profilaktyce stosuje się powolne, wieloetapowe wynurzanie, które pozwala na stopniowe usuwanie przez układ oddechowy uwolnionego azotu.

Nurkowanie głębinowe

Na dużych głębokościach panuje wysokie ciśnienie, które podczas nurkowania powoduje rozpuszczanie się we krwi gazowego azotu pochodzącego z powietrza. Zbyt szybkie wynurzanie się z wody wpływa na spadek ciśnienia. W konsekwencji azot gwałtownie uwalnia się z krwi, a jego pęcherzyki tworzą zatory naczyniowe i uszkadzają tkanki.

Prowadzi to do choroby dekompresyjnej.



**Choroba dekompre-
syjna** powoduje duszo-
ność, obrzęk płuc,
a nawet uszkodzenia
rdzenia kręgowego.



Nagle zmniejszenie ciśnienia zachodzące podczas odkręcania butelki z wodą gazowaną powoduje intensywne uwalnianie się pęcherzyków dwutlenku węgla rozpuszczonego w wodzie. Podobnie uwalnia się azot rozpuszczony we krwi nurka podczas szybkiego wynurzania się z wody.



Chorobę dekompresyjną leczy się, wykorzystując komorę hiperbaryczną, która stopniowo adaptuje chorego do zmian ciśnienia. W komorze tej do oddychania stosuje się czysty tlen, który wspomaga leczenie objawów choroby.

Walenie – płucodyszni ekstremalni nurkowie

Walenie to ssaki wtórnie wodne, doskonale przystosowane do środowiska wodnego. Ze środowiskiem lądowym łączy je tylko oddychanie za pomocą płuc. Walenie są świetnymi nurkami, np. kaszaloty potrafią schodzić na głębokość przekraczającą dwa kilometry. W tym czasie wstrzymują oddech i wykorzystują tlen zawarty w powietrzu pobranym znad powierzchni wody.

Elastyczna klatka piersiowa pozwala na duże zmiany objętości płuc. Pod wpływem wysokiego ciśnienia płuc są zgniatane do tego stopnia, że ściany pęcherzyków płucnych się zapadają.

Podczas nurkowania część powietrza z płuc cofa się do dróg oddechowych, co zapobiega zarówno przenikaniu azotu do tkanek, jak i chorobie dekomprezji.

Mózg jest bogaty w neuroglobinę, która magazynuje tlen w tkance nerwowej.

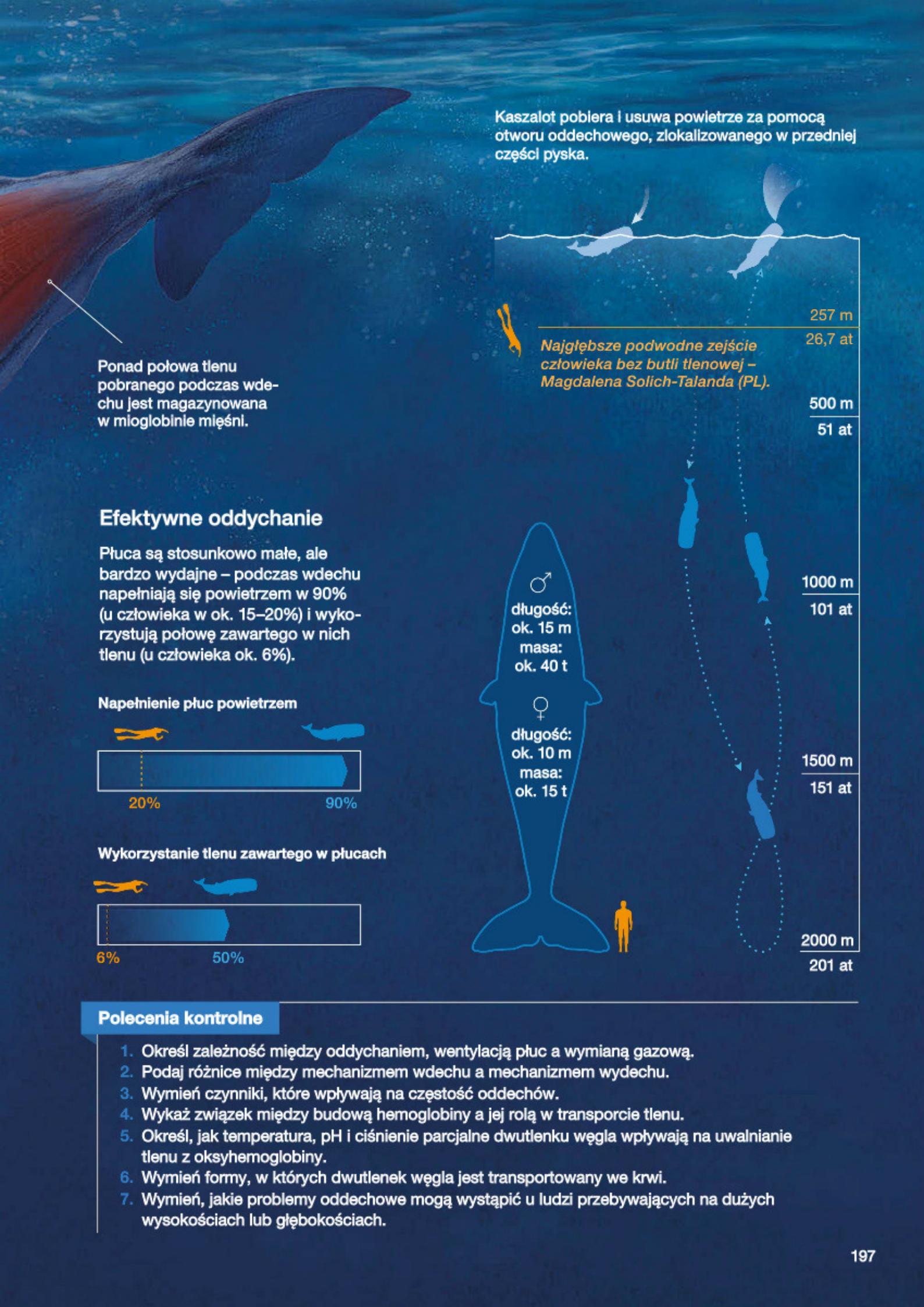
kanały nosowe

otwór oddechowy

płuca

serce

Wraz ze wzrostem głębokości zanurzenia krew wycofuje się z kończyn i gromadzi się w naczyniach klatki piersiowej, by dostarczać tlen do najważniejszych narządów ciała, m.in. do serca.



5.4.

Zaburzenia funkcjonowania układu oddechowego

Zwróć uwagę na:

- wpływ zanieczyszczeń powietrza i palenia tytoniu na funkcjonowanie układu oddechowego,
- metody diagnostyki chorób układu oddechowego,
- przykłady chorób układu oddechowego.

Na działanie układu oddechowego wpływają czynniki wewnętrzne, związane m.in. z budową płuc i dróg oddechowych, oraz czynniki zewnętrzne, wynikające np. ze stanu środowiska. Wraz z rozwojem cywilizacji wzrasta poziom zanieczyszczenia środowiska, w tym także powietrza. Zanieczyszczone powietrze niekorzystnie wpływa na wydolność oddechową i może prowadzić do rozwoju wielu chorób. Wydolność układu oddechowego osłabiają również alergie i infekcje wywoływane przez drobnoustroje chorobotwórcze.

Zanieczyszczenia powietrza

Zanieczyszczenia powietrza to wszystkie gazy, ciecze i ciała stałe, które znajdują się w powietrzu atmosferycznym, a nie są jego naturalnymi składnikami. Do zanieczyszczeń najbardziej szkodliwych dla zdrowia człowieka należą:

- ▶ tlenki azotu i tlenki siarki – związki te reagują z parą wodną obecną w atmosferze, co powoduje powstawanie kwaśnych opadów;
- ▶ benzopiren – związek silnie rakotwórczy, składnik m.in. spalin samochodowych;
- ▶ pyły zawieszone – drobne cząstki stałe zawieszone w powietrzu. Szczególnie niebezpieczne są:
 - pyły PM10 (średnica do 10 µm) – osadzają się na powierzchni płuc i zawierają substancje toksyczne,
 - pyły PM2,5 (średnica do 2,5 µm) – przenikają przez powierzchnię pęcherzyków płucnych do krwi.

Do głównych źródeł zanieczyszczeń powietrza należą domowe piece grzewcze, transport samochodowy oraz duże zakłady przemysłowe i energetyczne.

Wpływ zanieczyszczeń powietrza na organizm człowieka

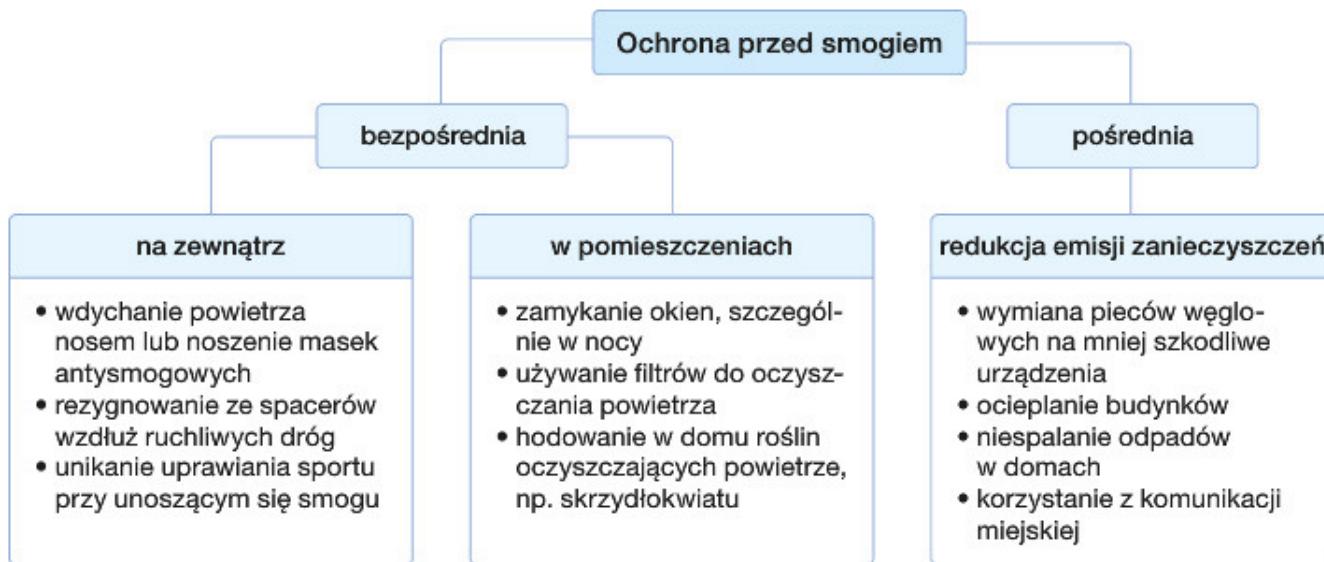
Wdychanie zanieczyszczonego powietrza wywiera niekorzystny wpływ na zdrowie człowieka. Może powodować m.in.:

- ▶ nowotwory, np. raka płuc,
- ▶ przewlekłe infekcje, bezsenność i bóle głowy,
- ▶ choroby układu oddechowego, np. astmę oskrzelową, przewlekłą obturacyjną chorobę płuc (POChP),
- ▶ choroby układu krążenia i obniżenie odporności organizmu.

Zalegające masy zanieczyszczonego powietrza tworzą nienaturalne zjawisko atmosferyczne, zwane **smogiem**. Wdychanie tej mieszaniny trujących substancji może powodować poważne zaburzenia oddechowe oraz stanowić zagrożenie dla zdrowia i życia człowieka. Główną przyczyną smogu w Polsce – poza przemysłem – są kotły węglowe. Używa się ich w wielu domach, mimo że nie odpowiadają obowiązującym standardom emisyjnym.



W rankingu 100 europejskich miast o największym poziomie zanieczyszczenia powietrza znajduje się aż 29 polskich miejscowości.



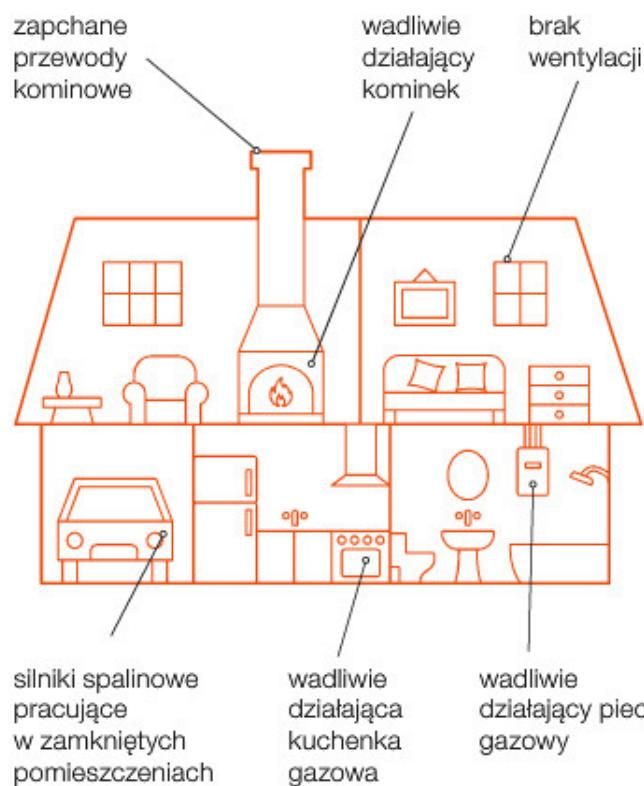
■ Zatrucie tlenkiem węgla

Tlenek węgla(II) – CO – zwany również czadem, powstaje podczas spalania węgla i innych paliw w niedostatecznej ilości tlenu. Tlenek węgla(II) jest bezbarwnym i bezwonnym gazem, który nie podrażnia dróg oddechowych, przez co nie można go wyczuć we wdychanym powietrzu. Wykazuje ok. 200 razy większe powinowactwo do hemoglobiny niż tlen i łączy się z nią trwale, tworząc karboksyhemoglobinę. Reakcja ta zachodzi niezwykle szybko i blokuje łączenie się hemoglobiny z tlenem, co powoduje niedotlenienie organizmu. Do objawów zatrucia czadem należą:

- ▶ ból i zawroty głowy,
- ▶ mdłości,
- ▶ trudności z oddychaniem,
- ▶ utrata przytomności.

W wypadku zatrucia czadem należy niezwłocznie wezwać karetkę. Konieczne jest także jak najszybsze zapewnienie choremu dostępu do świeżego powietrza. Leczenie zatrucia tlenkiem węgla(II) polega na podaniu tlenu za pośrednictwem maski lub komory tlenowej. W sytuacji poważnego zatrucia niezbędna jest transfuzja krwi, która zapewni choremu odpowiedni poziom hemoglobiny zdolnej do transportu tlenu. Do śmiertelnego zatrucia czadem w wyniku niedotlenienia dochodzi w sytuacji,

gdy odsetek hemoglobiny zmienionej w karboksyhemoglobinę osiąga w organizmie chorego poziom ok. 70%. Najwięcej przypadków zatrucia czadem, w tym śmiertelnych, zdarza się w sezonie grzewczym – zagrożenie stanowią wówczas wadliwe lub uszkodzone urządzenia grzewcze oraz niesprawna wentylacja.



Przykłady źródeł tlenku węgla(II) w gospodarstwie domowym.

Dlaczego palenie papierosów jest szkodliwe?

Palenie papierosów przyczynia się do powstawania i rozwoju wielu rodzajów nowotworów oraz chorób przewlekłych. Narażone są na nie zarówno osoby palące aktywnie, jak i bierni palacze.

Składniki dymu tytoniowego

Dym tytoniowy zawiera ponad 4 tys. różnych substancji, wśród których występują substancje drażniące, trujące oraz rakotwórcze.

Substancje smoliste – składniki dymu zawierające najwięcej związków rakotwórczych.

Kadm – silnie toksyczny pierwiastek powodujący m.in. uszkodzenia nerek.

Formaldehyd – związek chemiczny niszczący nabłonek migawkowy w drogach oddechowych.

Nikotyna – silna toksyna działająca na układ nerwowy.

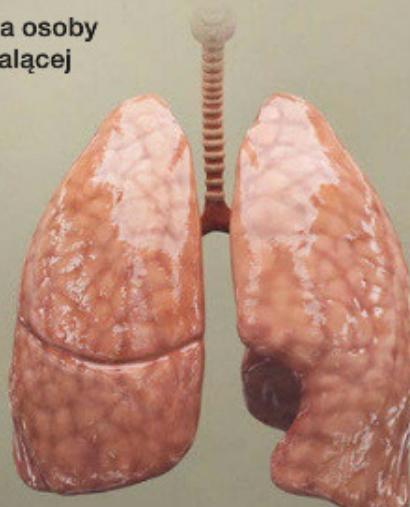
Tlenek węgla(II) – związek chemiczny powodujący niedotlenienie.

Wpływ palenia papierosów na organizm człowieka

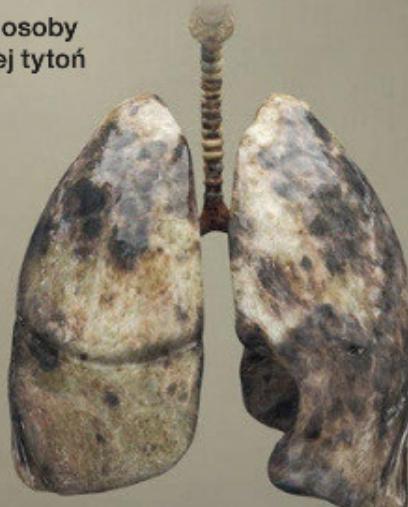
Do skutków palenia tytoniu zalicza się m.in.:

- ▶ zwiększone ryzyko zachorowania na nowotwory, głównie płuc i dróg oddechowych,
- ▶ niewydolność oddechową związaną z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc,
- ▶ pogorszenie pamięci i zwiększone ryzyko udaru mózgu,
- ▶ rozwój nadciśnienia i miażdżycy, które mogą prowadzić do zawału serca,
- ▶ przyspieszony rozwój osteoporozy,
- ▶ ryzyko bezpotędności i impotencji.

Płuca osoby niepalącej



Płuca osoby palącej tytoń



Przez palenie papierosów na całym świecie umiera rocznie

kilka milionów osób.

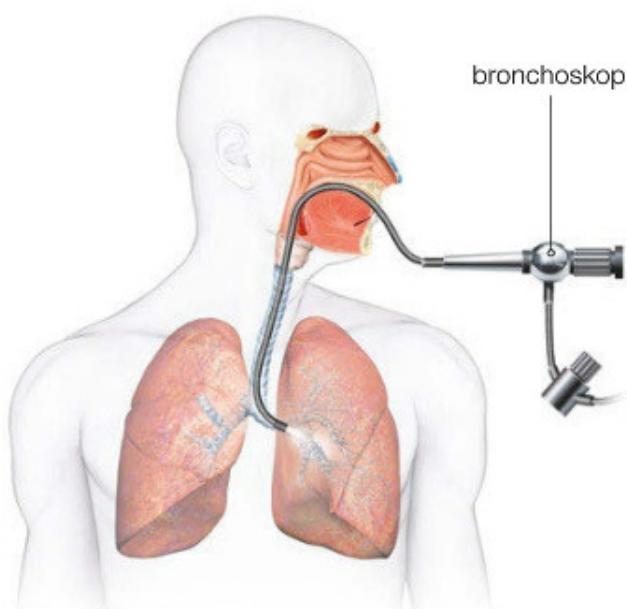
Jak wskazują badania, palenie papierosów skraca czas życia średnio o **10 lat**.

■ Diagnostyka chorób układu oddechowego

Badania diagnostyczne układu oddechowego nie tylko pozwalają ocenić stan poszczególnych narządów tego układu, lecz także pomagają określić jego wydolność. Na podstawie otrzymanych wyników można wykryć ewentualne nieprawidłowości oraz dobrać skuteczne metody profilaktyki i leczenia. Do podstawowych badań tego typu zaliczamy: bronchoskopię, RTG klatki piersiowej oraz spirometrię.

Bronchoskopia

Bronchoskopia to badanie endoskopowe wykonywane za pomocą bronchoskopu – urządzenia składającego się m.in. z giętkiego przewodu wyposażonego w kamerę i źródło światła. Wprowadzenie tego przyrządu do dróg oddechowych pozwala na ich obserwację od wewnętrz, a także na pobranie próbek tkanek i badanie czynności dróg oddechowych. Bronchoskop wykorzystuje się do diagnostyki nowotworów, odsysania zalegającej wydzieliny, a także usuwania drobnych przedmiotów, które dostały się przez przypadek do dróg oddechowych. Badanie bronchoskopowe przeprowadza się w znieczuleniu miejscowym, jest ono zatem całkowicie bezbolesne.



Bronchoskop wprowadza się do dróg oddechowych przez jamę nosową lub jamę ustną.

RTG klatki piersiowej

Badanie to polega na prześwietleniu klatki piersiowej kontrolowanymi dawkami promieniowania rentgenowskiego. Im mniej promieniowania pochłania dana tkanka, tym ciemniejszy kolor ma na zdjęciu rentgenowskim. RTG klatki piersiowej stosuje się w diagnostyce takich chorób, jak: nowotwory układu oddechowego, zapalenie płuc i gruźlica płuc.



Zdjęcie rentgenowskie klatki piersiowej.

Spirometria

Spirometria jest badaniem, które pozwala ocenić pojemność płuc i szybkość przepływu powietrza przez drogi oddechowe. W jego trakcie badana osoba oddycha przez specjalny ustnik podłączony do urządzenia, które sprawdza objętość wdychanego i wydychanego przez nią powietrza. Spirometrię stosuje się m.in. w diagnostyce chorób, które znacząco obniżają sprawność układu oddechowego, np. astmy oskrzelowej i przewlekłej obturacyjnej choroby płuc (POChP).



Badanie z użyciem spirometru.

To było w szkole podstawowej!

✓ Choroby układu oddechowego

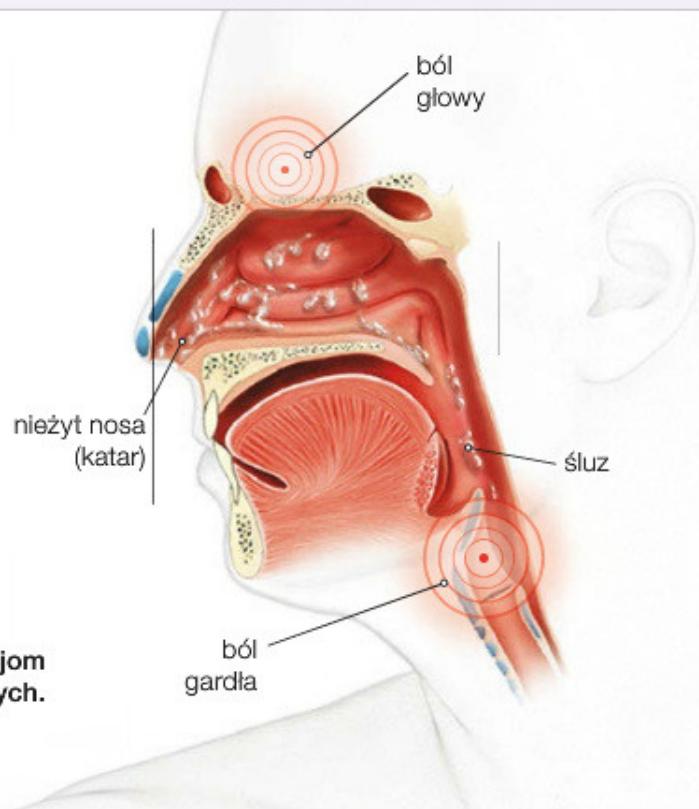
■ Choroby wirusowe i bakteryjne

Nieżyt nosa (katar)

Nieżyt nosa to zapalenie błony śluzowej nosa. Często jest on traktowany jako objaw innych chorób, np. przeziębienia lub grypy.

- **Przyczyna:** najczęściej zakażenie wirusami, czynniki środowiskowe podrażniające błonę śluzową nosa lub alergeny.
- **Drogi zakażenia:** w przypadku choroby zakaźnej – najczęściej droga kropelkowa.
- **Profilaktyka:** dopasowanie ubioru do pogody, unikanie kontaktu z chorymi, unikanie kontaktu z alergenami.

Objawy towarzyszące infekcjom górnych dróg oddechowych.



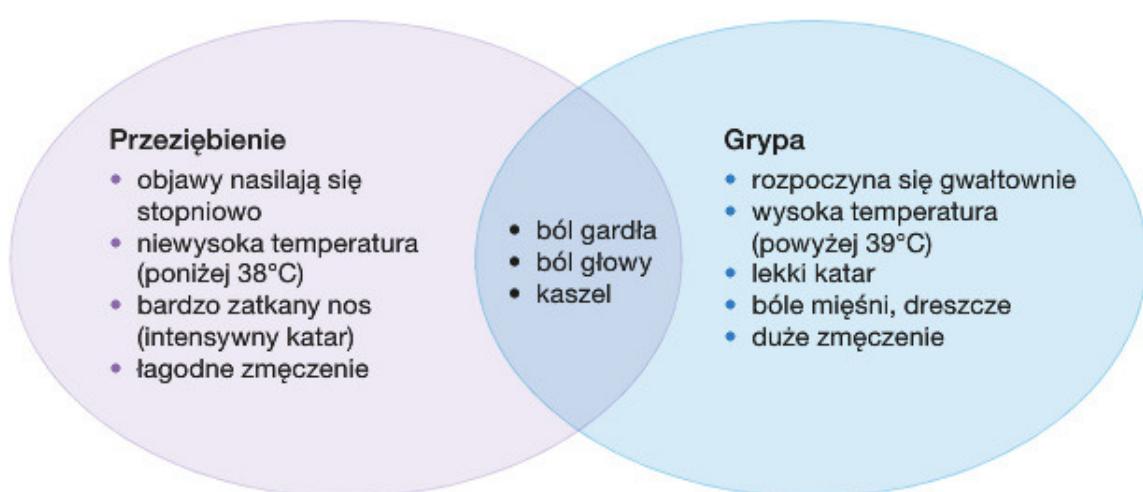
Przeziębienie

- **Przyczyna:** zakażenie różnego rodzaju wirusami, np. rino-wirusami.
- **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.

Porównanie objawów przeziębienia z objawami grypy



Angina (zapalenie migdałków podniebiennych)

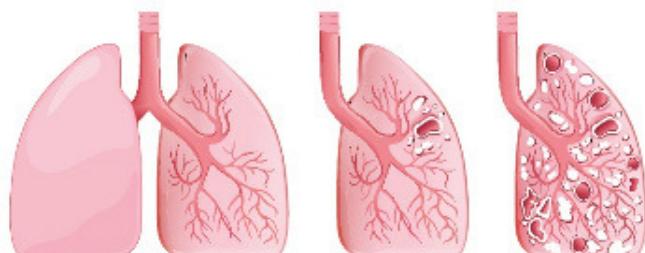
- **Przyczyna:** zakażenie bakteriami (najczęściej paciorkowcami), rzadziej wirusami lub grzybami.
- **Drogi zakażenia:** głównie droga kropelkowa.
- **Profilaktyka:** unikanie kontaktu z chorymi, leczenie chorych zębów i uszu, odpowiedni ubiór, np. osłonięcie szyi w chłodne dni, unikanie spożywania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

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.

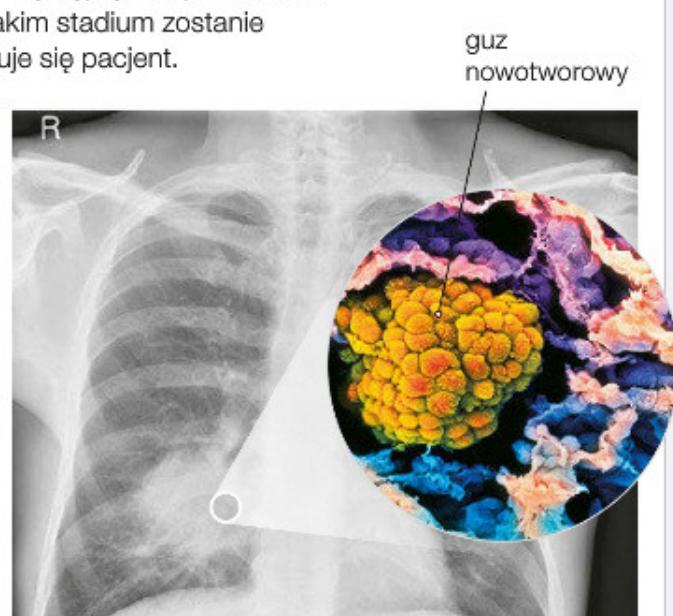
- **Przyczyna:** zmiany w materiale genetycznym.

- **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.

Te choroby warto znać

Astma oskrzelowa

Astma oskrzelowa jest przewlekłą zapalną chorobą dróg oddechowych. Polega na obkurczaniu 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, alergie.

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 wydzieła 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:** świszący oddech, obniżona wydolność wysiłkowa, duszność, kaszel.

Przewlekła obturacyjna choroba płuc (POChP)

Zespół chorobowy charakteryzujący się niecałkowicie odwracalnym, postępującym ograniczeniem przepływu powietrza przez drogi oddechowe. Przejawia się zmniejszeniem sprężystości i pękaniem ścian pęcherzyków płucnych w wyniku rozedry płuc.

- **Przyczyny:** nadmierna reakcja zapalna w oskrzeliach i płucach spowodowana najczęściej paleniem papierosów. Ponadto: zanieczyszczenie powietrza, nawracające infekcje dróg oddechowych, uwarunkowania genetyczne.
- **Profilaktyka:** niepalenie papierosów, unikanie silnie zanieczyszczonego powietrza.
- **Objawy:** obniżona wydolność wysiłkowa, duszność, kaszel, przewlekła produkcja plwociny.



Pęcherzyki płucne osoby zdrowej.



Pęcherzyki płucne osoby chorej.

Diagnostyka:

- spirometria,
- bronchoskopia,
- RTG klatki piersiowej,
- tomografia komputerowa.



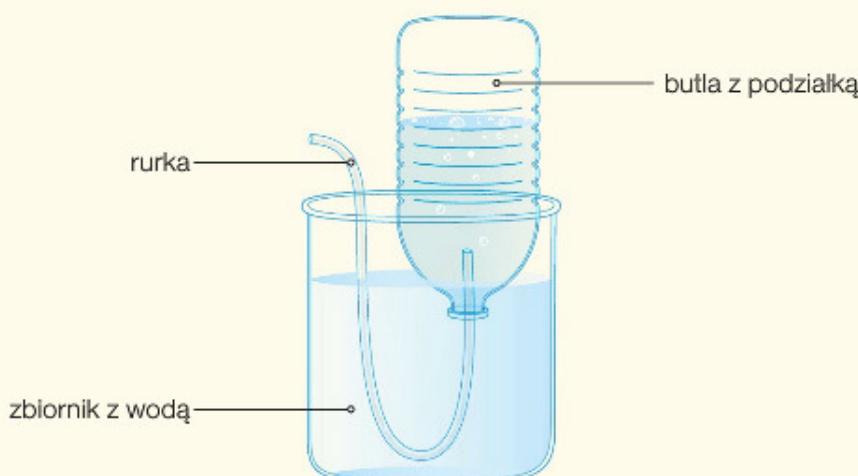
Pomiar objętości płuc

Pomiar objętości płuc można wykonać nie tylko w gabinecie lekarskim z wykorzystaniem specjalistycznego spirometru, lecz także w domu. W tym celu należy samodzielnie skonstruować zestaw doświadczalny z łatwo dostępnych materiałów.

■ Przebieg obserwacji

Przygotuj: pięciolitrową, przezroczystą, plastikową butlę, marker, miarkę kuchenną, zbiornik z wodą i giętką rurkę.

1. Narysuj markerem na butli podziałkę, np. co 20 cm^3 . Aby to zrobić, odmierz miarką kuchenną odpowiednią porcję wody, wlej ją do butli, a następnie zaznacz poziom wody markerem. Powtórz te czynności kilkakrotnie.
2. Napełnij butlę do pełna wodą, a następnie zakryj jej otwór dlonią. Odwróć butlę dnem do góry i delikatnie wstaw ją do zbiornika z wodą.
3. Włóż rurkę do odwróconej butli tak, aby woda mogła swobodnie wypływać na zewnątrz pomiędzy szyjką a rurką.
4. Nabieraj powietrza – aż do wykonania maksymalnego wdechu. Następnie postaraj się je w całości wdmuchnąć przez rurkę do butli. Wdmuchiwanie do butli powietrze spowoduje wypływanie z niej wody.
5. Odczytaj za pomocą podziałki objętość powietrza w butli. Uzyskany wynik to wartość pojemności życiowej Twoich płuc.



Polecenia kontrolne

1. Zaproponuj przykłady trzech działań, które ograniczyłyby tworzenie się smogu w miastach.
2. Wyjaśnij, jaka jest różnica między gastroskopią a bronchoskopią. Określ, który z elementów budowy krtani należy unieść podczas wykonywania bronchoskopii, aby dostać się do tchawicy.
3. Wymień trzy czynniki ryzyka, które zwiększą prawdopodobieństwo zachorowania na raka płuc.
4. Wyjaśnij, dlaczego podczas napadu astmy osoby chore doświadczają ataków duszności.
5. Na podstawie podręcznika i dostępnych źródeł omów wpływ palenia papierosów na funkcjonowanie układu oddechowego.



Obserwacja



Podsumowanie

1 Układ oddechowy umożliwia wymianę gazową między wnętrzem organizmu a powietrzem atmosferycznym. Celem wymiany gazowej jest dostarczenie komórkom tlenu oraz usunięcie z nich dwutlenku węgla. Wymiana gazowa następuje dzięki wentylacji płuc.

2 Budowa układu oddechowego

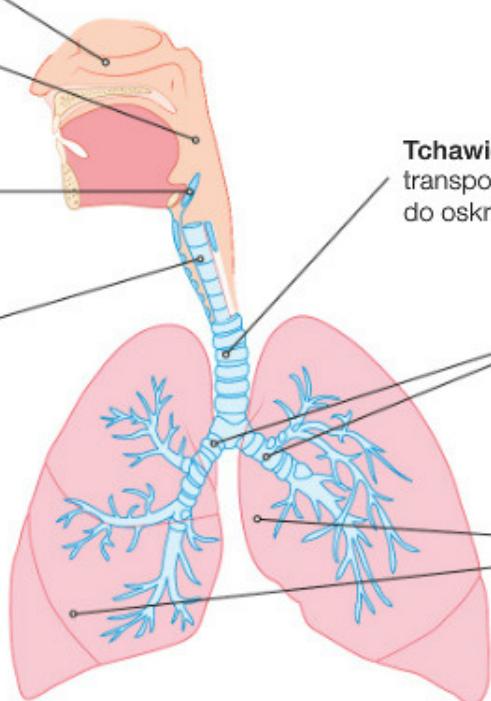


Jama nosowa – oczyszcza, ogrzewa i nawilża powietrze.

Gardło – to wspólny odcinek układu oddechowego i układu pokarmowego.

Nagłośnia – to chrząstka krtani, która oddziela drogi oddechowe od przęłyku.

Krtań – umożliwia wydawanie dźwięków.



Tchawica – transportuje powietrze do oskrzeli.

Oskrzela – tworzą rozgałęzienia doprowadzające powietrze do pęcherzyków płucnych.

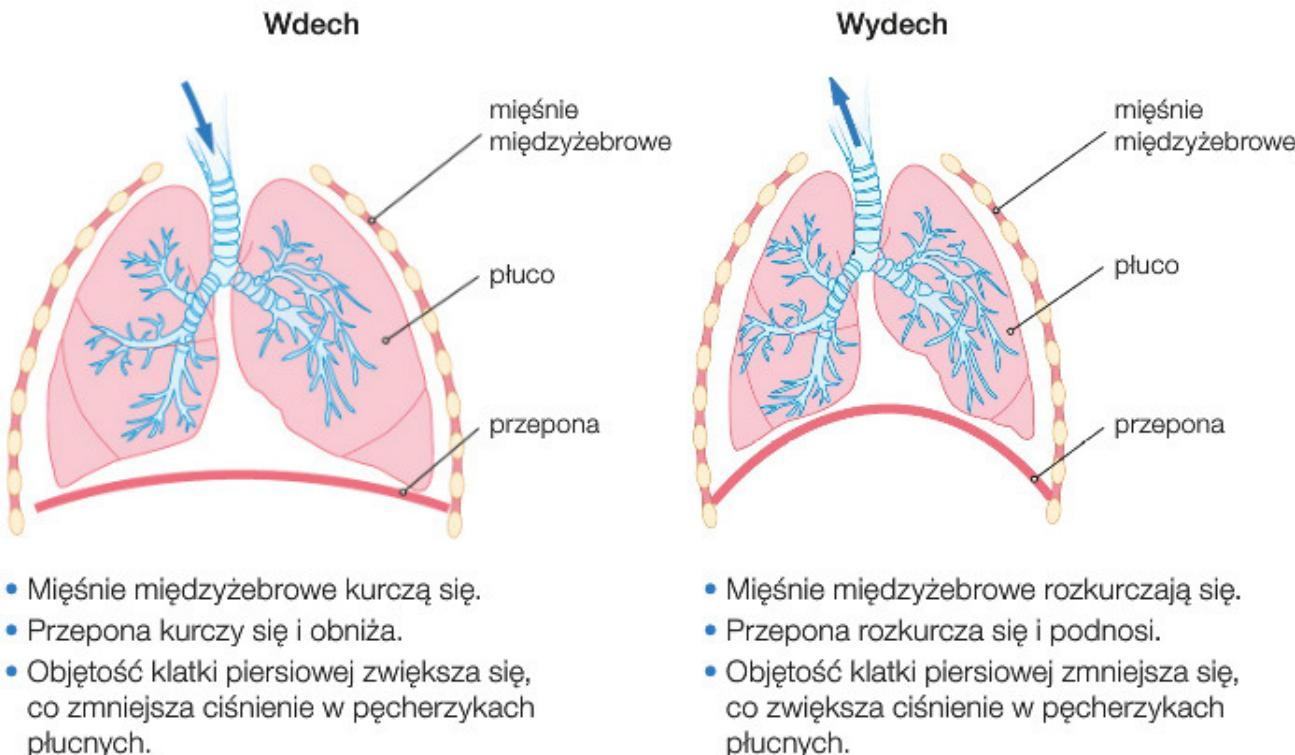
Płuca – umożliwiają wymianę gazową. Są zbudowane z pęcherzyków płucnych.

4 Skład powietrza wdychanego i wydychanego

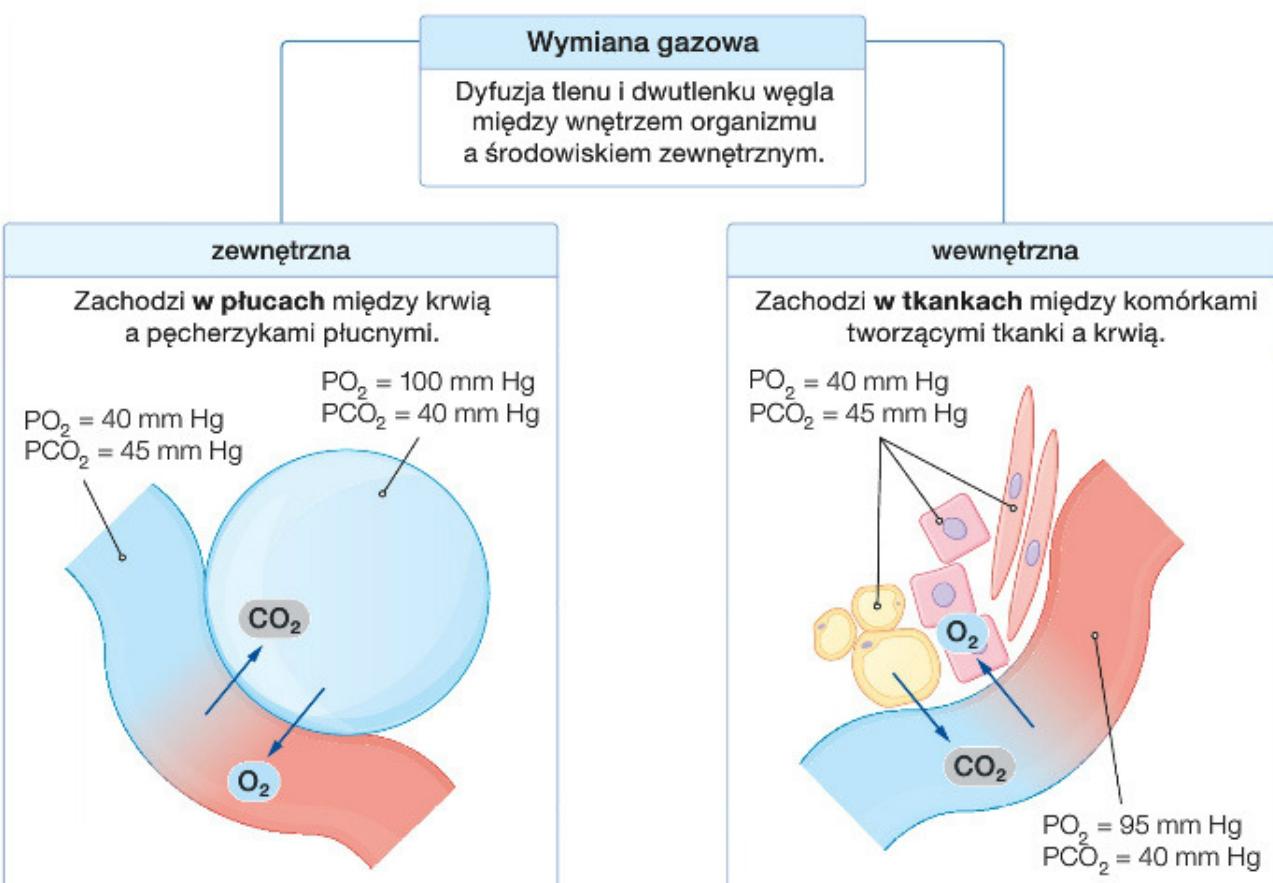
Powietrze	
wdychane	wydychane
<ul style="list-style-type: none">tlen – 21%dwutlenek węgla – 0,03%azot – 78%inne – 0,97% (w tym para wodna 0,04%)	<ul style="list-style-type: none">tlen – 16%dwutlenek węgla – 4,5%azot – 78%inne – 1,5% (w tym para wodna 0,57%)

4 Mechanizm wentylacji płuc

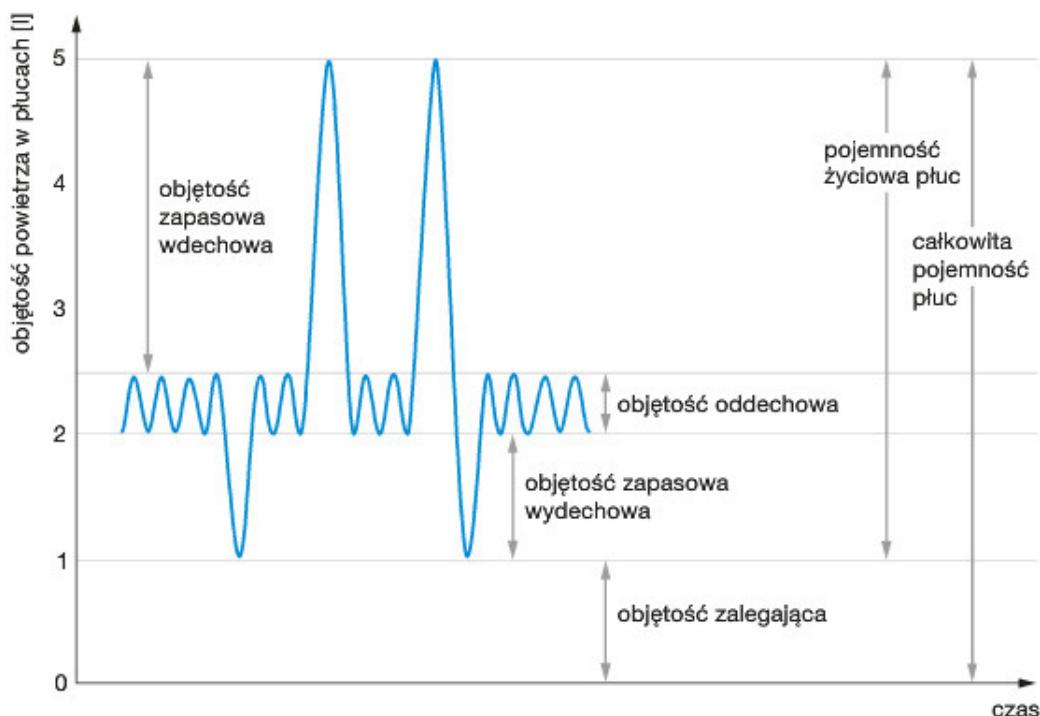
Wentylacja płuc – wymiana powietrza w płucach, zachodząca dzięki rytmicznym wdechom i wydechom.



5 Wymiana gazowa



6 Całkowita pojemność płuc – maksymalna objętość gazów, która może się zmieścić w płucach. Zależy ona od wieku, płci, rozmiarów ciała, trybu życia i stanu zdrowia. U dorosłego człowieka wynosi ok. 5 dm^3 powietrza (5 l). Na całkowitą pojemność płuc składają się: pojemność życiowa płuc oraz objętość zaledgająca (powietrze zaledgające).



7 Transport gazów oddechowych we krwi

Tlen i dwutlenek węgla są transportowane przez krwinki czerwone i osocze.

Transport tlenu	Transport dwutlenku węgla
Tlen rozpuszcza się w osoczu i dyfunduje do wnętrza krvinek czerwonych. Tam, łącząc się z hemoglobinem, tworzy oksyhemoglobinę .	Dwutlenek węgla rozpuszcza się w osoczu i wnika do krvinek czerwonych. Dzięki anhydrazie węglano-wej dwutlenek węgla wiąże się z wodą i tworzy kwas węglowy, który dysocjuje na jony H^+ i jony wodorowęglanowe (HCO_3^-) . Jony wodorowęglanowe przenikają do osocza i stanowią główną postać transportową dwutlenku węgla (ok. 70%). Oprócz tego część dwutlenku węgla (ok. 10%) jest transportowana w formie fizycznie rozpuszczonej w osoczu, a część (ok. 20%) w formie związanej z hemoglobinem.

8 Czynniki wpływające na wiązanie i oddawanie tlenu przez hemoglobinę

Czynnik	Wysoka wartość	Niska wartość
Wartość pH	Ułatwia wiązanie hemoglobiny z tlenem.	Przyspiesza uwalnianie tlenu przez oksyhemoglobinę.
Temperatura	Ułatwia oddawanie związanego tlenu.	Sprzyja wiązaniu się tlenu z hemoglobinem.
Ciśnienie parcjalne CO_2	Przyspiesza uwalnianie tlenu.	Sprzyja wiązaniu się tlenu z hemoglobinem.
Ciśnienie parcjalne O_2	Przyspiesza łączenie tlenu z hemoglobinem.	Przyspiesza rozkład oksyhemoglobiny.

9 Czynniki wpływające na wiązanie i oddawanie tlenu przez hemoglobinę

Wpływ zmiany ciśnienia zewnętrznego na organizm człowieka		
spadek ciśnienia – warunki wysokogórskie	wzrost ciśnienia – nurkowanie	gwałtowny spadek ciśnienia – wynurzanie
<ul style="list-style-type: none"> Powoduje niedobór tlenu, co może prowadzić do utraty przytomności. W jego efekcie następuje reakcja adaptacyjna: zwiększenie głębokości i częstości oddechów, zwiększenie częstości skurczów serca. Przy trwającym długo niedotlenieniu zwiększa się liczba erytrocytów i ilość hemoglobiny. 	<ul style="list-style-type: none"> Grozi uszkodzeniem narządów wewnętrznych wskutek ich ścisknięcia. Dotyczy to głównie narządów wypełnionych powietrzem, zwłaszcza płuc. Powoduje zwiększenie rozpuszczalności gazów w tkankach. Zwiększona ilość rozpuszczonego azotu powoduje tzw. narkozę azotową, której objawami są m.in.: złe samopoczucie, senność, osłabiona zdolność do wykonywania pracy fizycznej i utrata przytomności. 	<ul style="list-style-type: none"> Powoduje zmniejszenie rozpuszczalności gazów w tkankach. Zmniejszenie rozpuszczalności azotu powoduje wydzielanie się pęcherzyków gazowego azotu do przestrzeni międzykomórkowych i do krwi. Zatory gazowe blokują przepływ krwi i uszkadzają naczynia krwionośne, co prowadzi do choroby dekomprezjowej. Jej objawami są m.in.: bóle stawów i mięśni kończyn, osłabienie, uczucie duszenia się i utrata przytomności.

10 Wpływ czynników zewnętrznych na zdrowie człowieka

Czynniki zewnętrzne	Wpływ na zdrowie człowieka
Dym tytoniowy	Powodują: <ul style="list-style-type: none"> zmiany nowotworowe, zmiany w układzie oddechowym i układzie krążenia, uszkodzenia narządów (np. wątroby), niedotlenienie mózgu i obniżenie sprawności intelektualnej, obniżenie odporności organizmu.
Smog	
Pyłowe zanieczyszczenia powietrza	
Czad	Powoduje zatrucie. Objawy to: mdłości, ból i zawroty głowy. Poważniejsze zatrucia prowadzą do utraty przytomności, a nawet do śmierci.

11 Badania diagnostyczne w profilaktyce chorób układu oddechowego to: RTG klatki piersiowej, spirometria, bronchoskopia.

12 Przykłady chorób układu oddechowego

Choroba	Przyczyny	Objawy
Astma oskrzelowa	Czynniki genetyczne i środowiskowe, np. alergeny.	Świszczący oddech, obniżona wydolność wysiłkowa, kaszel, duszność.
POChP (przewlekła obturacyjna choroba płuc)	Najczęściej palenie papierosów, czynniki zewnętrzne (pyły, zanieczyszczenia).	Przewlekła produkcja plwocin, obniżona wydolność wysiłkowa, świszczący oddech, kaszel, duszność.

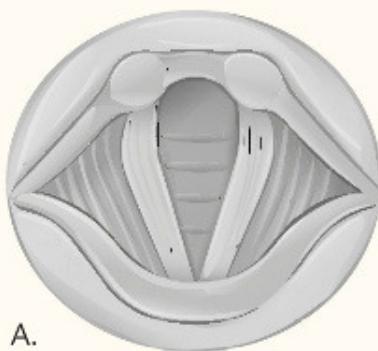


Sposób na zadania

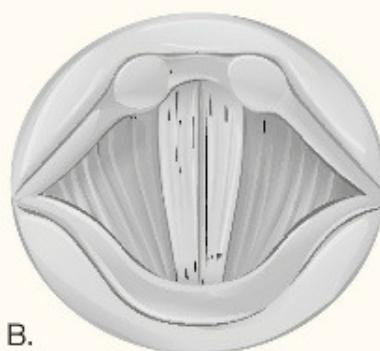
WYKONAJ W ZESZYCIE



- 1 Na bocznych ścianach krtani znajdują się fałdy głosowe, które biorą udział w wydawaniu dźwięków. Poniższe ilustracje przedstawiają fałdy głosowe rozluźnione (A) oraz napięte (B).



A.



B.

- Podaj nazwę części krtani, w której znajdują się fałdy głosowe.
- Określ, w jakim stanie – rozluźnienia czy napięcia – znajdują się fałdy głosowe podczas wydawania dźwięków. Odpowiedź uzasadnij.
- Wyjaśnij, w jaki sposób zatoki przynosowe wpływają na barwę głosu.

Wskazówki

Podpunkt a)

- Przypomnij sobie wiadomości dotyczące budowy i funkcji krtani. Informacje na ten temat znajdziesz w podręczniku na s. 182–183.
- Zwróć szczególną uwagę na tę część krtani, w skład której wchodzą fałdy głosowe i która jest odpowiedzialna za wydawanie głosu.
- Sformułuj odpowiedź.

Podpunkt b)

- Przypomnij sobie wiadomości dotyczące wydawania dźwięków. Informacje na ten temat znajdziesz w podręczniku na s. 183.
- Przeanalizuj dołączone do zadania ilustracje i zastanów się, w jaki sposób ułożenie rozluźnionych i napiętych fałdów głosowych wpływa na przepływ powietrza przez krtań.
- Sformułuj odpowiedź.

Podpunkt c)

- Przypomnij sobie wiadomości dotyczące cech wydawanego głosu. Zwróć szczególną uwagę na opis elementów wpływających na barwę głosu, który znajduje się w podręczniku na s. 183.
- Zastanów się, w jaki sposób zatoki wpływają na barwę głosu – przypomnij sobie informacje dotyczące ich budowy i funkcji. Znajdują się one w podręczniku na s. 77.
- Sformułuj odpowiedź.



Zadania powtórzeniowe

WYKONAJ W ZESZYCIE

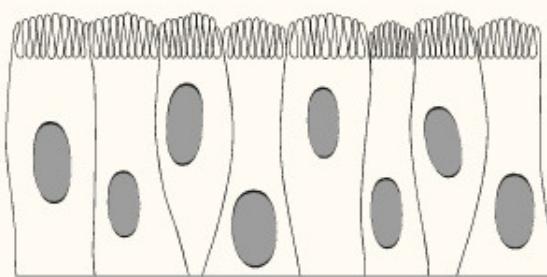


- 1 Ilustracje A i B przedstawiają dwa typy nabłonków jednowarstwowych, które występują w układzie oddechowym człowieka.

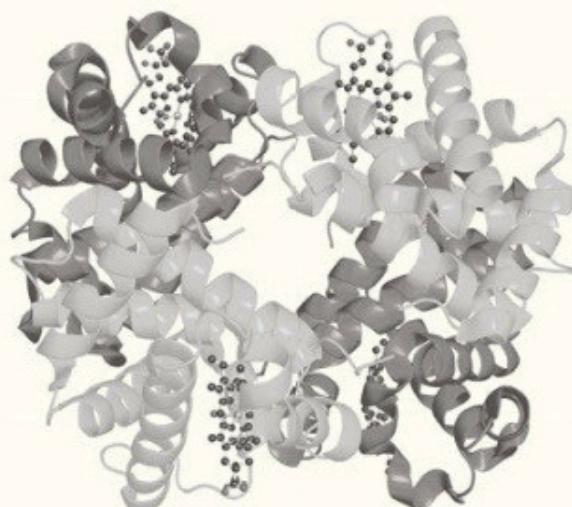
A.



B.



- a) Określ, który z nabłonków – A czy B – wyścieła tchawicę człowieka. Odpowiedź uzasadnij, uwzględniając nazwę wybranego nabłonka oraz jedną widoczną na ilustracji cechę budowy, która umożliwia mu prawidłowe pełnienie swojej funkcji.
- b) Podaj dwie widoczne na ilustracjach cechy budowy tkanek A i B, które pozwalają zaklasyfikować te tkanki do nabłonków.
- c) Podaj nazwy dwóch rodzajów tkanek – innych niż tkanki A i B – które budują ścianę tchawicy człowieka.
- 2 W organizmie człowieka występuje kilka rodzajów hemoglobiny, m.in. hemoglobina A (HbA), która występuje u osoby dorosłej, oraz hemoglobina F (HbF), która występuje u płodu. Hemoglobina F charakteryzuje się większym powinowactwem do tlenu niż hemoglobina A. Poniżej przedstawiono budowę cząsteczki hemoglobiny A.

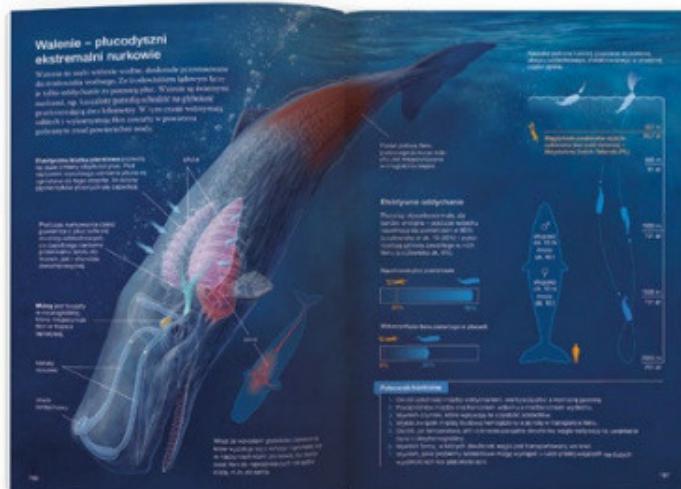


- a) Dokończ zdanie. Wybierz odpowiedź A–C oraz jej uzupełnienie 1–3.

Hemoglobina A jest białkiem, którego maksymalnym stopniem organizacji jest struktura

A.	drugorzędowa,	ponieważ	1.	jest zbudowana z czterech podjednostek białkowych.
B.	trzeciorzędowa,		2.	zawiera w cząsteczce łańcuchy polipeptydowe sfałdowane przestrzennie w α -helisę stabilizowaną wiązaniem wodorowymi.
C.	czwartorzędowa,		3.	zawiera w cząsteczce fragmenty α -helikalne, o których wzajemnym ułożeniu względem siebie decydują oddziaływanie między podstawnikami aminokwasów.

Podręcznik *Biologia na czasie 3* do zakresu rozszerzonego zawiera treści dotyczące funkcjonowania zwierząt, w tym ludzi. Szczególny nacisk położono w nim na kształcenie umiejętności wykazywania zależności między budową różnych struktur organizmu a pełnionymi przez nie funkcjami, wyjaśniania związków przyczynowo-skutkowych oraz analizy procesów biologicznych.

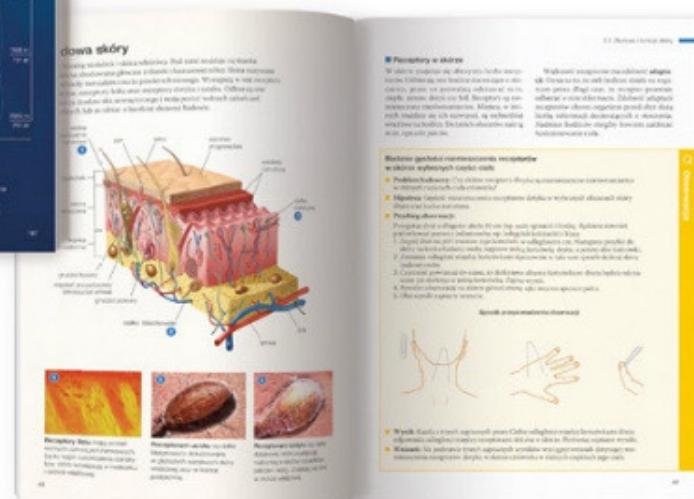


Rozumienie związków przyczynowo-skutkowych

Czytelne infografiki ułatwiają kształcenie umiejętności wykazywania związków między budową poszczególnych struktur organizmu a ich funkcjami.

Analiza doświadczeń

Przedstawione doświadczenia wynikające z podstawy programowej z zakresu funkcjonowania zwierząt zawierają *Wyjaśnienia*, które pomagają wykształcić umiejętność wnioskowania.



WIESZ, UMIESZ, ZDASZ

W podręczniku *Biologia na czasie 3* do zakresu rozszerzonego znajduje się szereg rozwiązań, umożliwiających wykształcenie kluczowych umiejętności zawartych w podstawie programowej. Jednym z nich jest blok *Wiesz, umiesz, zdasz*, porządkujący wiadomości i kształcący umiejętności z danego działu. Zawiera on *Podsumowanie, Sposób na zadania* oraz *Zadania powtórzeniowe*.

