

5.1.

Budowa i funkcje układu oddechowego

Zwróć uwagę na:

- funkcję układu oddechowego,
- związek między budową a funkcją elementów układu oddechowego.

Oddychanie jest czynnością życiową, której celem jest zapewnienie energii niezbędnej do funkcjonowania organizmu. Składają się na nie: wymiana gazowa, polegająca na

dostarczaniu do organizmu tlenu i usuwaniu z niego dwutlenku węgla, oraz oddychanie komórkowe, zachodzące w komórkach naszego ciała.

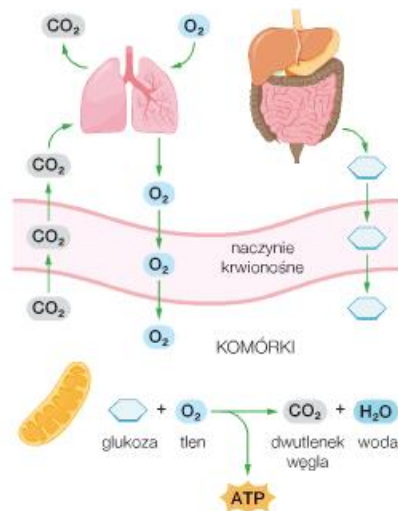
Funkcja układu oddechowego

Podstawowym zadaniem układu oddechowego jest zapewnienie **wymiany gazowej**, do której dochodzi dzięki **wentylacji płuc**. W wyniku wymiany gazowej zachodzącej w płucach tlen przenika do krwi i jest w niej transportowany do wszystkich tkanek ciała. Wraz z tlenem krew przenosi składniki pokarmowe, takie jak glukoza, dostarczane do niej przez układ pokarmowy. Kiedy tlen i glukoza trafiają do komórek, stają się substratami **oddychania tlenowego**. Jednym z produktów ubocznych tego procesu jest dwutlenek węgla. Jest on transportowany wraz z krwią do płuc, a następnie wydalan na zewnątrz.

1 Wentylacja płuc i wymiana gazowa. Naprzemienne wdechy i wydechy zapewniają wentylację płuc. W płucach tlen z powietrza na drodze dyfuzji jest transportowany do krwi, a dwutlenek węgla przenika z krwi do płuc i jest wydychany z powietrzem do środowiska zewnętrznego.

2 Transport gazów oddechowych i składników pokarmowych. Krew transportuje gazy oddechowe: tlen i dwutlenek węgla pomiędzy pęcherzykami płucnymi a tkankami.

3 Oddychanie tlenowe. W komórkach tlen jest wykorzystywany do utleniania składników pokarmowych (głównie glukozy) uzyskanych z przewodu pokarmowego. Główne etapy tego procesu zachodzą w mitochondriach, a jego produktami są: dwutlenek węgla, woda oraz energia magazynowana w postaci ATP.



Budowa układu oddechowego

Układ oddechowy jest zbudowany z dróg oddechowych oraz płuc.

Drogi oddechowe

- **Jama nosowa** oczyszcza, ogrzewa i nawilża powietrze.
- **Gardło** jest wspólnym odcinkiem układu pokarmowego i oddechowego, ponieważ prowadzi do krtani i przełyku.
- **Krtani** umożliwia wydawanie dźwięków. Jedną z jej chrząstek – nagłośnia – oddziela drogi oddechowe od przełyku.
- **Tchawica** transportuje powietrze do oskrzeli.
- **Oskrzelia główne** wnikają do płuc, gdzie tworzą liczne rozgałęzienia doprowadzające powietrze do pęcherzyków płucnych.

Drogi oddechowe są pokryte orzęsionym nabłonkiem produkującym śluz.

Płuca umożliwiają wymianę gazową.

pęcherzyk płucny

sieć naczyń włosowatych

Pęcherzyki płucne są oplecione gęstą siecią włosowatych naczyń krwionośnych. Zarówno pęcherzyki, jak i naczynia krwionośne są zbudowane z nabłonka jednowarstwowego płaskiego, który ułatwia dyfuzję gazów oddechowych. Dodatkowo pęcherzyki płucne od wewnątrz są pokryte substancją białkowo-lipidową, tzw. surfaktantem, która zapobiega ich sklepaniu się.

Płuca mają strukturę przypominającą gąbkę. Są one zbudowane z milionów pęcherzyków płucnych.

■ Drogi oddechowe – dostarczanie powietrza do płuc

Drogi oddechowe umożliwiają transport powietrza do płuc. Są one wyściełane błoną śluzową oraz specjalnym nabłonkiem zawierającym rzęski. Dzięki temu powietrze jest w nich **ogrzewane, nawilżane i oczyszczane** z pyłów oraz drobnoustrojów chorobotwórczych.

Jama nosowa

Jama nosowa to pierwszy odcinek dróg oddechowych. Jest ona podzielona na dwie części przez przegrodę nosa. Występująca w jamie nosowej błona śluzowa jest bardzo dobrze unaczyniona i zawiera liczne gruczoły śluzowe. Dzięki temu powietrze zostaje ogrzane i nawilżone. Z kolei włosy znajdujące się w początkowej, pokrytej skórą części jamy nosowej, a także rzęski nabłonka odpowiadają za oczyszczenie powietrza. W szczytowej części jamy nosowej znajdują się receptory odbierające wrażenia węchowe.

Gardło i krtani

Z jamy nosowej powietrze przechodzi do gardła, które jest wspólnym odcinkiem dróg oddechowych i przewodu pokarmowego.

Łączy się ono z **krtanią**, zbudowaną z dziewięciu połączonych ze sobą chrząstek. Jedną z nich – nagłośnia – zamyka wejście do krtani w czasie połykania pokarmu. Krtani jest również **narzędziem głosu**.

Czy wiesz, że...

Na jednej z chrząstek krtani znajduje się wypukłość nazywana jabłkiem Adama (grdyką). Występuje ona zarówno u kobiet, jak i u mężczyzn. U mężczyzn jednak rozwija się ona bardziej w okresie dojrzewania i jest ułożona pod innym kątem, co sprawia, że jest dobrze widoczna. Grdyka wpływa też na barwę męskiego głosu.

Tchawica

Tchawica jest przewodem o długości ok. 10–15 cm, którego rusztowanie jest zbudowane z chrząstek o charakterystycznym kształcie podkowy. Ich wolne brzegi są skierowane ku tyłowi. 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 z rzęskami wyścielający tchawicę umożliwia oczyszczanie powietrza. Tchawica rozgałęzia się na dwa **oskrzela główne**.

Powstawanie głosu

Głos jest wytwarzany w części krtani zwanej **głośnią**. Znajdują się w niej fałdy głosowe, które wibrują pod wpływem przepływającego powietrza. Wysokość głosu zależy od napięcia, długości i grubości fałdów głosowych. Natomiast na barwę głosu wpływają puste przestrzenie w kościach, np. jama nosowa i zatoki. Działają one jak rezonatory – podobnie pudło skrzypiec daje dźwięk o innej barwie niż pudło wiolonczeli.

Widok fałdów głosowych z góry



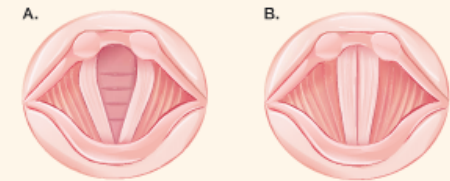
Powietrze przepływa przez szparę głośni i wywołuje drganie fałdów głosowych.



Artykułowanie dźwięków

Podczas spokojnego oddechu fałdy głosowe są rozluźnione i powietrze może swobodnie przechodzić przez krtani w czasie wdechów i wydechów. Kiedy fałdy głosowe są napięte i zbliżone do siebie, przechodzące przez nie powietrze powoduje ich drgania.

Wybierz dowolne, wielosylabowe słowo. Wymów je, a następnie oceń, czy artykułujemy dźwięki na wdechu, czy na wydechu.



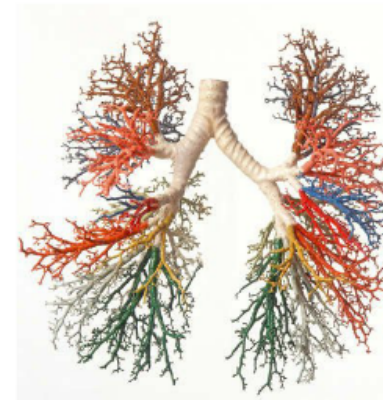
🔍 Pomyśl

Który rysunek, A czy B, pokazuje położenie fałdów głosowych w czasie mówienia?

Oskrzela

Oskrzela główne wnikają do płuc, gdzie rozgałęziają się na coraz mniejsze oskrzela, a następnie oskrzeliki i oskrzeliki końcowe. Przypomina to gałęzie drzew, dlatego używamy też nazwy **drzewo oskrzelowe**.

Funkcją drzewa oskrzelowego jest doprowadzanie powietrza z tlenem do pęcherzyków płucnych, a następnie, po wymianie gazowej, usuwanie z płuc powietrza o wyższym stężeniu dwutlenku węgla.



Drzewo oskrzelowe stanowi rusztowanie dla pęcherzyków płucnych.

■ Płuca – wymiana gazowa

Płuca są parzystym narządem położonym w klatce piersiowej. Ich funkcją jest umożliwianie wymiany gazowej. Prawe płuco jest zbudowane z trzech płatów, a lewe – z dwóch, ponieważ część przestrzeni po tej stronie klatki piersiowej zajmuje serce. Każde płuco jest otoczone podwójną błoną, nazywaną **opłucną**. Składa się ona z dwóch blaszek – ściennej i trzewnej. Pomiedzy blaszkami znajduje się przestrzeń, tzw. jama opłucnej, wypełniona płynem surowiczym.

Płuca składają się z ok. 300 mln **pęcherzyków płucnych**, otoczonych gęstą siecią naczyń krwionośnych. Pęcherzyki płucne są zbudowane z **jednowarstwowego nabłonka**, tzw. nabłonka oddechowego. Taka budowa umożliwia wymianę gazową tlenu i dwutlenku węgla na zasadzie dyfuzji.

Pęcherzyki płucne zwiększają powierzchnię płuc. Jest to ważne, ponieważ ilość gazów ulegających wymianie pomiędzy krwią a powietrzem zależy od rozmiaru powierzchni wymiany gazowej. Im większa powierzchnia, tym więcej gazów zostanie wymienionych.

Czy wiesz, że...

Gdybyśmy połączyli wszystkie pęcherzyki płucne człowieka, uzyskalibyśmy powierzchnię ok. 100 m².

Nagłośnia – strażnik na skrzyżowaniu

Bliżej życia

U człowieka drogi oddechowe i przewód pokarmowy krzyżują się w gardle. Musi więc istnieć mechanizm, dzięki któremu pokarm nie przedostaje się do tchawicy i dalej do płuc, co groziłoby zadławieniem. Za zamknięcie dróg pokarmowych podczas jedzenia odpowiada nagłośnia. Kiedy przełykamy pokarm, chrząstka ta odgina się, przez co blokuje wejście do tchawicy. Dzięki temu kęs pokarmu jest kierowany do przewodu pokarmowego. Musimy jednak pamiętać, że mechanizm ten może zawieść, gdy mówimy lub śmiejemy się w trakcie jedzenia.



W skrócie

- Oddychanie jest czynnością życiową, której celem jest uzyskanie energii niezbędnej do właściwego funkcjonowania organizmu. Na czynność tę składają się:
 - **wentylacja płuc i wymiana gazowa**, czyli dostarczanie do organizmu tlenu i usuwanie z niego dwutlenku węgla,
 - **transport tlenu i dwutlenku węgla** przez krew pomiędzy komórkami a płucami,
 - **oddychanie tlenowe** – proces utleniania związków organicznych (głównie glukozy), w którego wyniku jest uwalniana energia magazynowana w postaci ATP.
- W skład układu oddechowego wchodzi drogi oddechowe i płuca.
- Do **dróg oddechowych** należą:
 - jama nosowa – jej funkcją jest nawilżanie i ogrzewanie powietrza oraz usuwanie zanieczyszczeń,
 - gardło – odcinek wspólny dla układu oddechowego i układu pokarmowego,
 - krtań – narząd głosu,
 - tchawica i oskrzela – narządy, które odpowiadają za transport powietrza do płuc.
- **Płuca** są zbudowane z **pęcherzyków płucnych**. Zachodzi w nich wymiana gazowa.

Polecenia kontrolne

1. Podaj główną funkcję układu oddechowego.
2. Wymień narządy tworzące drogi oddechowe oraz podaj ich funkcje.
3. Wyjaśnij związek między budową a funkcją w przypadku: **a)** tchawicy, **b)** płuc, **c)** jamy nosowej.

5.2. Wentylacja i wymiana gazowa

Zwróć uwagę na:

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

W ciągu minuty wykonujemy kilkanaście wdechów i wydechów. Czynności te zachodzą odruchowo, dlatego zwykle sobie ich nawet nie uświadamiamy. Jednak to właśnie dzięki nim oraz dzięki współpracy układu oddechowego z układem krwionośnym możliwe jest dostarczanie do komórek naszego ciała

tlenu – substratu oddychania tlenowego – oraz usuwanie z nich dwutlenku węgla – produktu ubocznego tego procesu. W dalszej części tekstu przyjrzymy się dokładniej, w jaki sposób przebiegają dwa procesy wstępne oddychania: wentylacja płuc oraz wymiana gazowa w płucach i tkankach.

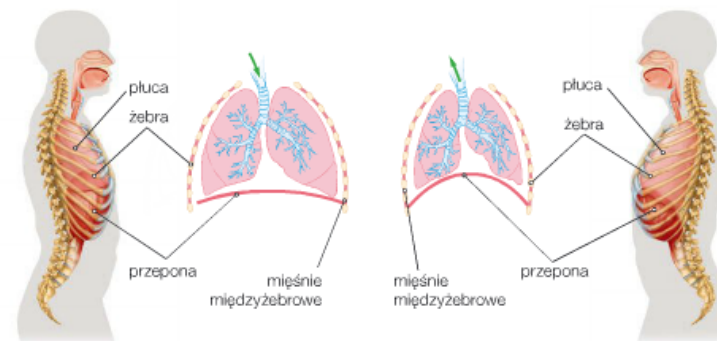
Mechanizm wentylacji płuc

Wentylacja płuc, czyli wymiana powietrza w płucach, składa się z rytmicznych **wdechów** i **wydechów**. Zachodzi ona dzięki **mięśniom oddechowym**. Są to:

- ▶ przepona – płaski mięsień oddzielający klatkę piersiową od jamy brzusznej,
- ▶ mięśnie międzyżebrowe znajdujące się pomiędzy poszczególnymi żebrami.

Wdech – powietrze dostaje się do płuc. Jest to **faza czynna**, ponieważ polega ona na aktywnym skurczu mięśni.

Wydech – powietrze zostaje usunięte z płuc. Jest to **faza bierna**, ponieważ mięśnie ulegają rozluźnieniu.



- Mięśnie międzyżebrowe kurczą się, co powoduje uniesienie klatki piersiowej.
- Przepona kurczy się i obniża.
- Objętość klatki piersiowej zwiększa się, co powoduje spadek ciśnienia w pęcherzykach płucnych. Dzięki temu powietrze napływa do płuc.
- Mięśnie międzyżebrowe rozkurczają się, co powoduje opadanie klatki piersiowej.
- Przepona rozkurcza się i podnosi.
- Objętość klatki piersiowej zmniejsza się, co powoduje wzrost ciśnienia w pęcherzykach płucnych. Dzięki temu powietrze jest usuwane z płuc.

■ Jaką pojemność mają płuca?

Całkowita pojemność płuć, czyli maksymalna ilość powietrza, która może się zmieścić w płucach, zależy m.in. od: rozmiarów ciała, stanu zdrowia, wieku i płci. U dorosłego zdrowego człowieka wynosi ona ok. 5 l.

Podczas wentylacji płuć nie zachodzi wymiana całego znajdującego się w nich powietrza. Objętość powietrza, która dostaje się do płuć przy spokojnym wdechu lub zostaje usunięta z płuć przy spokojnym wydechu, wynosi ok. 0,5 l. Przy maksymalnym wdechu poprzedzonym maksymalnym wydechem możemy wprowadzić do płuć ok. 4 l powietrza. Jest to tak zwana **pojemność życiowa płuć**.

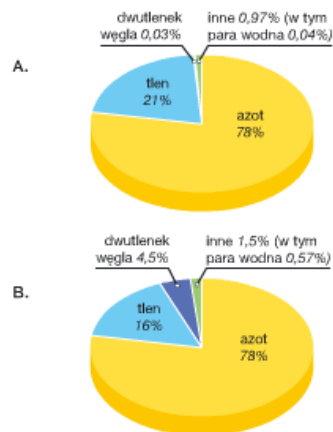
■ Regulacja częstości oddechów

Częstość wykonywania wdechów i wydechów jest kontrolowana przez **ośrodek oddechowy** zlokalizowany w części mózgowia nazywanej **rdzeniem przedłużonym**. Działanie tego ośrodka zależy głównie od stężenia dwutlenku węgla we krwi, rejestrowanego przez specjalne receptory znajdujące się w ścianach aorty i tętnicy szyjnej.

■ Wymiana gazowa

Powietrze wdychane i wydychane z płuć różni się procentową zawartością niektórych składników. Jest to efekt wymiany gazowej zachodzącej najpierw w płucach, a potem w tkankach.

Skład powietrza: A – wdychanego, B – wydychanego

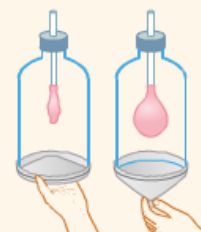


Model działania płuć – funkcja przepony

■ **Przygotuj:** pustą butelkę plastikową, rurkę do napojów, kawałek plasteliny, dwie gumki recepturki, balonik, lateksową rękawiczkę i nożyczki.

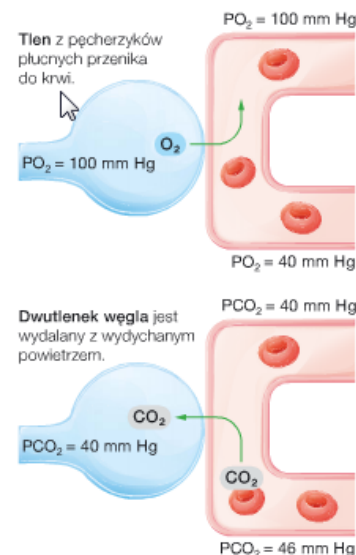
Założ na jeden koniec rurki balonik, a następnie przytwierdź go gumką recepturką. Rurkę z balonikiem włóż do środka butelki. Szyjkę butelki uszczelnij plasteliną. Odetnij nożyczkami dno butelki i nałóż zamiast niego lateksową rękawiczkę. Przymocuj ją drugą gumką. Pociągnij rękawiczkę w dół, a następnie wepchnij ją do środka.

■ **Wyjaśnienie:** Butelka odgrywa rolę klatki piersiowej, balonik – płuca, a rękawiczka – przepony. Kiedy ciągniesz rękawiczkę w dół, symulujesz obniżanie się przepony w jamie brzusznej. W jego wyniku balonik (płuco) zwiększa swoją objętość i napływa do niego powietrze. Wepchnięcie rękawiczki (przepony) do środka butelki powoduje usuwanie powietrza z balonika.



Wymiana gazowa zachodzi na zasadzie dyfuzji. Kierunek i tempo dyfuzji gazów zależą od różnicy ich ciśnień cząstkowych (parcjalnych). **Ciśnienie cząstkowe** gazu jest ciśnieniem, które gaz wywierałby, gdyby znajdował się w danym zbiorniku sam. Każdy gaz przenika ze środowiska o wyższym ciśnieniu cząstkowym do środowiska, w którym to ciśnienie jest niższe.

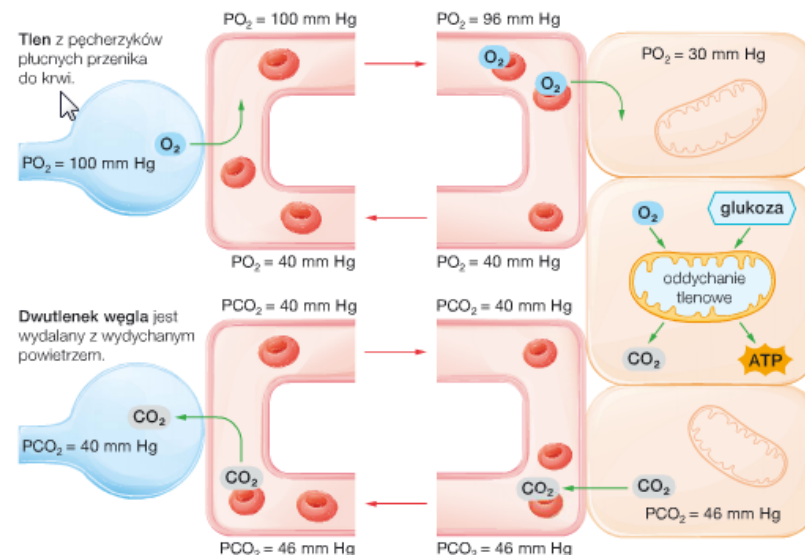
Wymiana gazowa w płucach



Na wymianę gazową składają się:

- ▶ **wymiana gazowa zachodząca w płucach** (wymiana gazowa zewnętrzna) – odbywa się ona między krwią a pęcherzykami płucnymi,
- ▶ **wymiana gazowa zachodząca w tkankach** (wymiana gazowa wewnętrzna) – odbywa się ona między komórkami tworzącymi tkanki a krwią.

Wymiana gazowa w tkankach



→ kierunek przepływu krwi
naczynie włosowate
 PO_2 – ciśnienie cząstkowe tlenu
 PCO_2 – ciśnienie cząstkowe dwutlenku węgla

- W **pęcherzykach płucnych** ciśnienie cząstkowe **tlenu** jest wyższe niż we krwi znajdującej się we włosowatych naczyniach krwionośnych. Dzięki temu tlen dyfunduje do krwi, a następnie jest transportowany do tkanek.
- Z kolei ciśnienie cząstkowe **dwutlenku węgla** w pęcherzykach płucnych jest niższe niż w transportowanej z tkanek krwi. Dlatego dwutlenek węgla dyfunduje z krwi do światła pęcherzyków. Następnie jest on wydalany na zewnątrz razem z wydychanym powietrzem.
- Ciśnienie cząstkowe **tlenu** w **tkankach** jest niższe niż we krwi dopływającej naczyniami krwionośnymi z płuc, dlatego tlen na drodze dyfuzji przenika z krwi do komórek. Tam jest wykorzystywany jako substrat oddychania tlenowego.
- Z kolei ciśnienie cząstkowe **dwutlenku węgla** – produktu oddychania tlenowego – jest wyższe w tkankach niż we krwi, dlatego dwutlenek węgla przenika z komórek do krwi, która następnie transportuje go do pęcherzyków płucnych.

■ Transport gazów oddechowych

Gazy oddechowe, czyli tlen i dwutlenek węgla, są transportowane za pomocą krwinek czerwonych i osocza.

Transport tlenu

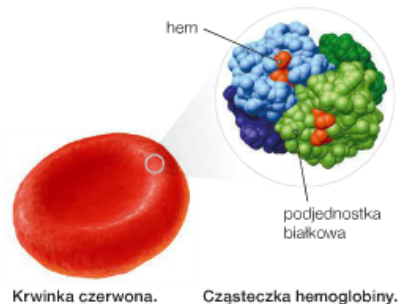
Tlen jest transportowany głównie przez krwinki czerwone. Cząsteczki tlenu po przejściu przez ściany pęcherzyków płucnych i naczyń krwionośnych rozpuszczają się w osoczu krwi i dyfundują do wnętrza krwinek czerwonych. Tam, wiążąc się z białkiem – hemoglobina, tworzą **oksyhemoglobinę**.

Reakcja łączenia się tlenu z hemoglobiną jest odwracalna i może przebiegać w obie strony. O jej kierunku decyduje przede wszystkim wartość ciśnienia cząstkowego tlenu. W tkankach, gdzie ciśnienie cząstkowe tlenu jest niskie, następuje rozpad oksyhemoglobiny i uwalnianie tlenu, który dyfunduje do komórek.

Zapotrzebowanie na tlen przez organizm zależy od różnych czynników, np. masy ciała, warunków klimatycznych, aktywności fizycznej i stanu fizjologicznego.

Budowa hemoglobiny

Cząsteczka hemoglobiny składa się z czterech podjednostek białkowych, z których każda zawiera jedną cząsteczkę hemu. W centrum hemu znajduje się jon żelaza (Fe^{2+}) umożliwiający wiązanie cząsteczek tlenu. Jedna cząsteczka hemoglobiny może transportować cztery cząsteczki tlenu. Wiązanie tlenu z hemoglobiną nazywamy utlenowaniem, ponieważ nie zmienia się wartościowość żelaza.



Czynniki wpływające na wiązanie i oddawanie tlenu przez hemoglobinę

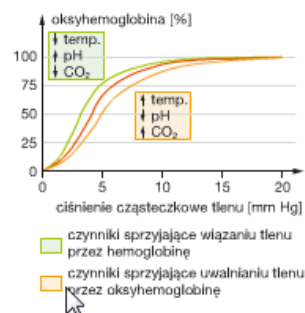
Powinowactwo hemoglobiny do tlenu, czyli łatwość, z jaką hemoglobina wiąże się z tlenem, zależy m.in. od: ciśnienia cząstkowego tlenu, temperatury, ciśnienia cząstkowego CO_2 , pH.

pH – wyższe pH (mniejsza kwasowość) ułatwia wiązanie hemoglobiny z tlenem. Wzrost zakwaszenia przyspiesza uwalnianie tlenu przez oksyhemoglobinę.

Temperatura – niższa temperatura w płucach sprzyja wiązaniu się tlenu z hemoglobiną, wyższa temperatura w tkankach ułatwia oddawanie związanego tlenu.

CO_2 – niskie ciśnienie cząstkowe dwutlenku węgla w pęcherzykach płucnych sprzyja wiązaniu tlenu z hemoglobiną. W tkankach ilość CO_2 jest znaczna, co przyspiesza uwalnianie tlenu.

Zawartość procentowa oksyhemoglobiny w zależności od ciśnienia cząstkowego tlenu



Transport dwutlenku węgla

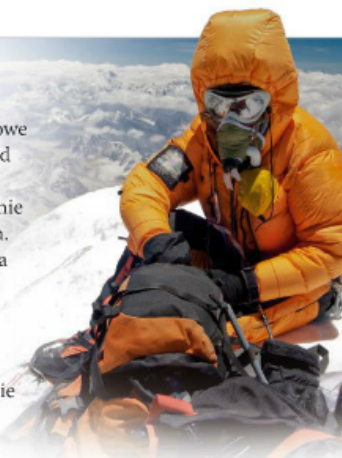
Dwutlenek węgla powstaje w tkankach jako produkt oddychania tlenowego. Z tkanek przenika do krwi, w której jego ciśnienie cząstkowe jest niższe. Następnie cząsteczki dwutlenku węgla rozpuszczają się w osoczu i wnikają do czerwonych krwinek. Tam pod wpływem enzymu anhidrazy węglanowej dwutlenek węgla wiąże się z wodą i powstaje kwas węglowy, który dysocjuje na jony H^+ i **jony wodorowęglanowe (HCO_3^-)**.

Jony wodorowęglanowe przenikają do osocza i stanowią główną postać transportową dwutlenku węgla.

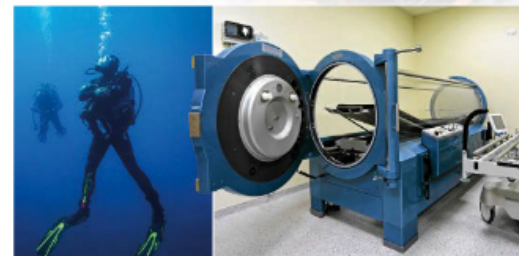
Pozostały dwutlenek węgla jest transportowany jako rozpuszczony fizycznie lub związany z białkami, głównie z hemoglobiną czerwonych krwinek (karbaminohemoglobiną). W płucach zachodzą reakcje odwrótne i dwutlenek węgla jest usuwany z wydychanym powietrzem.

Jak ciśnienie atmosferyczne wpływa na wymianę gazową?

Ciśnienie atmosferyczne wpływa na ciśnienie cząstkowe gazów występujących w naszych płucach. Na przykład w górach, gdzie ciśnienie atmosferyczne maleje wraz ze wzrostem wysokości, zmniejsza się również ciśnienie cząstkowe cząsteczek tlenu w pęcherzykach płucnych. Wysoko w górach brak wcześniejszego zaadaptowania do takich warunków może spowodować trudności w wymianie gazowej, a w konsekwencji – chorobę wysokościową prowadzącą do obrzęku płuc i mózgu. Problemy z wymianą gazową pojawiają się również przy wzroście ciśnienia. Prześledźmy to na przykładzie nurkowania.



Gwałtowne odkręcenie butelki z wodą gazowaną (szybkie zmniejszenie ciśnienia) powoduje intensywne uwalnianie się pęcherzyków dwutlenku węgla rozpuszczonego w wodzie. Taka sama sytuacja wystąpi, gdy nurk zbyt szybko wynurzy się z wody.



Podczas nurkowania na dużych głębokościach zwiększa się ciśnienie, wskutek czego azot z powietrza rozpuszcza się we krwi. Zbyt szybkie wynurzenie się z wody wiąże się z bardzo szybką zmianą ciśnienia. Powoduje to gwałtowne uwolnienie się azotu z krwi i prowadzi do choroby dekompresyjnej. Chorobę tę leczy się przy zastosowaniu komory hiperbarycznej, która stopniowo adaptuje chorego do zmian ciśnienia.

Badanie zawartości dwutlenku węgla we wdychanym i wydychanym powietrzu

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

Przygotuj: dwie szklanki, wodę wapienną, słomkę, gumową gruszkę lub pompkę.

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

Próba kontrolna: szklanka z wodą wapienną, do której wtłaczamy powietrze gruszką lub pompką.

1. Nalej do pierwszej szklanki wody wapiennej, następnie za pomocą rurki wydmuchaj do niej powietrze z płuc.
2. Nalej do drugiej szklanki wody wapiennej, następnie za pomocą gumowej gruszki lub pompki wtłocz do niej powietrze atmosferyczne, czyli powietrze, które wdychamy.
3. Porównaj stopień zmętnienia wody wapiennej w obu szklankach.

- **Wynik:** Porównaj wyniki w obu próbach.
- **Wniosek:** Sformułuj wniosek.



Próba badawcza.

W skrócie

- Na proces wentylacji płuc składają się:
 - **wdech** (akt czynny) – w jego trakcie następuje skurcz mięśni międzyżebrowych i przepony, zwiększa się objętość klatki piersiowej – powietrze napływa do płuc,
 - **wydech** (akt bierny) – w jego trakcie następuje rozkurcz przepony i mięśni międzyżebrowych, zmniejsza się objętość klatki piersiowej – powietrze zostaje usunięte z płuc.
- Na wymianę gazową składają się:
 - **wymiana gazowa zachodząca w płucach** – między krwią a pęcherzykami płucnymi. Tlen dyfunduje do krwi, a dwutlenek węgla – do światła pęcherzyków;
 - **wymiana gazowa zachodząca w tkankach** – między komórkami tworzącymi tkanki a krwią. Tlen dyfunduje do tkanek, a dwutlenek węgla – do krwi.
- Łączenie się hemoglobiny z tlenem oraz uwalnianie tlenu przez oksyhemoglobinę jest zależne od: ciśnienia cząstkowego tlenu i dwutlenku węgla, temperatury oraz pH.

Polecenia kontrolne

1. Wymień elementy naszego organizmu, które umożliwiają wentylację płuc.
2. Porównaj skład powietrza wdychanego ze składem powietrza wydychanego. Wyjaśnij, skąd się bierze procentowa różnica w składzie tego gazu.
3. Wyjaśnij, jakie czynniki przyspieszają uwalnianie tlenu przez oksyhemoglobinę.

Powyżej skopiowałam Wam fragment podręcznika „Biologia na czasie 2” zakres podstawowy- Anna Helmin, Jolanta Holeczek , dział. V. Układ oddechowy. Z informacji zawartych w tym fragmencie będziecie korzystać realizując m. in. dzisiejszy temat lekcji. Oczywiście ucząc się , możecie korzystać ze wszystkich dostępnych źródeł wiedzy.

Temat: Budowa i funkcje układu oddechowego.

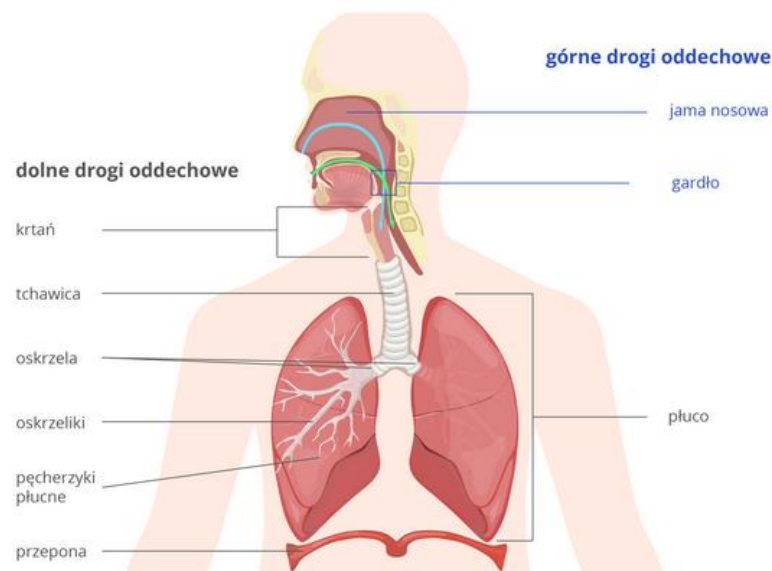
1. Funkcje układu oddechowego.

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:



- górne drogi oddechowe
- dolne drogi oddechowe



a) górne drogi oddechowe

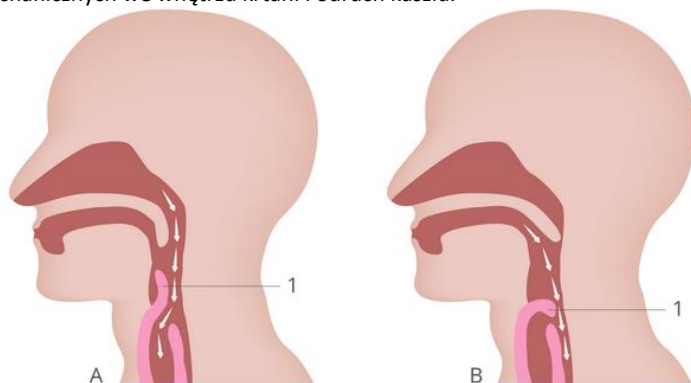
Wprowadzane do organizmu powietrze musi zostać najpierw ogrzane i nawilżone, a także oczyszczone z pyłów. Drogi oddechowe mają liczne przystosowania do pełnienia tych funkcji:

- oczyszczanie powietrza – drogi oddechowe wyścielone są nabłonkiem zaopatrzonym w rzęski i gruczoły śluzowe; do śluzu pokrywającego nabłonek przylegają drobiny kurzu i zostają sklejone; ruch rzęsek przesuwają je do gardła, skąd zanieczyszczenia zostają wykrztuszone, lub po połknięciu trafiają do przewodu pokarmowego; dodatkowo wewnątrz jamy nosowej porastają włoski stanowiące barierę dla pyłów; kaszel i kichanie to sposoby na pozbycie się nadmiaru śluzu i zanieczyszczeń; drażniące substancje są usuwane przez powietrze, które wydobywa się z płuc pod dużym ciśnieniem z prędkością nawet 160 km/h;
- nawilżanie powietrza – woda zawarta w śluzie paruje i nawilża powietrze, dzięki czemu ułatwia przenikanie tlenu do krwi w końcowym odcinku dróg oddechowych;
- ogrzewanie powietrza – wewnątrz nosa i dróg oddechowych są dobrze ukrwione; krew oddaje ciepło powietrzu wypełniającemu drogi oddechowe.

Warto wiedzieć. Kształt nosa jest efektem przystosowania do życia w różnych warunkach klimatycznych. Ludy pochodzące z tropików, gdzie powietrze jest wilgotne i ciepłe, mają duże otwory nosowe i płaskie nosy. Przedstawiciele ludów górskich mają duże, wąskie nosy o wąskich otworach. Powietrze przez taki nos przechodzi nieco dłużej niż przez płaski i może się ogrzać.

b) dolne drogi oddechowe

Powietrze z górnych dróg oddechowych dostaje się do **krtani**, narządu głosu zbudowanego z chrząstek połączonych ze sobą ruchomo za pomocą więzadeł i mięśni. Między gardłem i krtanią znajduje się ruchoma chrząstka – [nagłośnia](#). Działa ona jak zastawka, która podczas oddychania i mówienia uniesiona jest do góry, co umożliwia transport wdychanego powietrza do krtani i tchawicy. Podczas przełykania nagłośnia opada i zamyka wejście do krtani, zabezpieczając drogi oddechowe przed dostaniem się do nich cząstek pokarmu. Czasem, gdy podczas przełykania zrobimy głęboki wdech (chcąc np. coś głośniej powiedzieć), nagłośnia nie zdąży się zamknąć i pokarm razem ze strumieniem powietrza trafia do krtani. Powoduje to podrażnienie receptorów mechanicznych we wnętrzu krtani i odruch kaszlu.

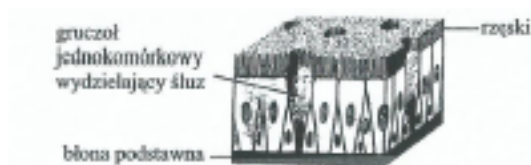


Położenie nagłośni (1) przy wdechu (A) i podczas jedzenia (B)

Najwyższy odcinek krtani to [głośnia](#), w której powstają dźwięki. Błona śluzowa tworzy w niej poprzeczne fałdy – [struny głosowe](#), między którymi znajduje się szpara głosowa. Podczas mówienia struny głosowe napinają się, a szpara ulega zmniejszeniu. Wychodzące z płuc powietrze wprawia w drgania struny, co powoduje wydawanie głosu. Dźwięki ludzkiej mowy powstają przy współudziale krtani, języka, podniebienia, policzków, warg i zębów.



Z krtani powietrze przechodzi do **tchawicy**. Ma ona kształt rury wzmocnionej z przedniej strony chrząstkami w kształcie półpiersi, co zabezpiecza jej ściany przed zapadaniem się. W górnej części klatki piersiowej tchawica rozgałęzia się na dwa **oskrzela** prowadzące powietrze do płuc. Tchawicę i oskrzela wyściela nabłonek jednowarstwowy wielorzędowy migawkowy (z rzęskami).



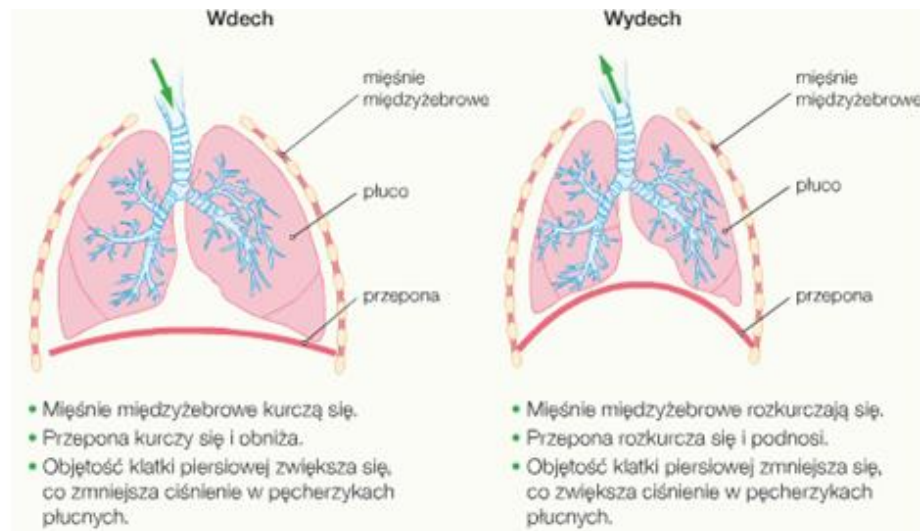
c) płuca

Płuca to narządy wymiany gazowej znajdujące się w klatce piersiowej. Z zewnątrz ochrania je cienka podwójna błona, zwana opłucną, wypełniona niewielką ilością płynu. Zapobiega ona uszkodzeniu płuc wskutek tarcia o żebra i inne kości klatki piersiowej w czasie ruchów oddechowych.. Wewnątrz płuc oskrzela rozgałęziają się drzewiasto, formując system coraz drobniejszych kanalików zwanych **oskrzelikami**. Na ich końcach znajdują się **pęcherzyki płucne**. Jest ich ok. 600 mln i łącznie mają powierzchnię 90 – 100 m². Skupione blisko siebie pęcherzyki tworzą strukturę podobną do grona winogron. Pęcherzyki płucne otoczone są gęstą siecią naczyń włosowatych. Pomiędzy nimi a powietrzem z pęcherzyka płucnego odbywa się na drodze **dyfuzji wymiana gazowa**. Przenikanie tlenu do krwi i dwutlenku węgla z krwi do pęcherzyka odbywa się bardzo szybko i sprawnie dzięki temu, że:

- ściany pęcherzyka i włosowatych naczyń krwionośnych zbudowane są z **cienkiego nabłonka jednowarstwowego płaskiego**
- sieć naczyń włosowatych pokrywających pęcherzyki jest bardzo gęsta, ściana naczynia włosowatego zbudowana jest z nabłonka jednowarstwowego płaskiego
- powierzchnia pęcherzyków jest wilgotna dzięki substancji nawilżającej, rozpuszczającej gazy, co ułatwia wymianę gazową
- pęcherzyki płucne tworzą bardzo dużą powierzchnię wymiany gazowej.

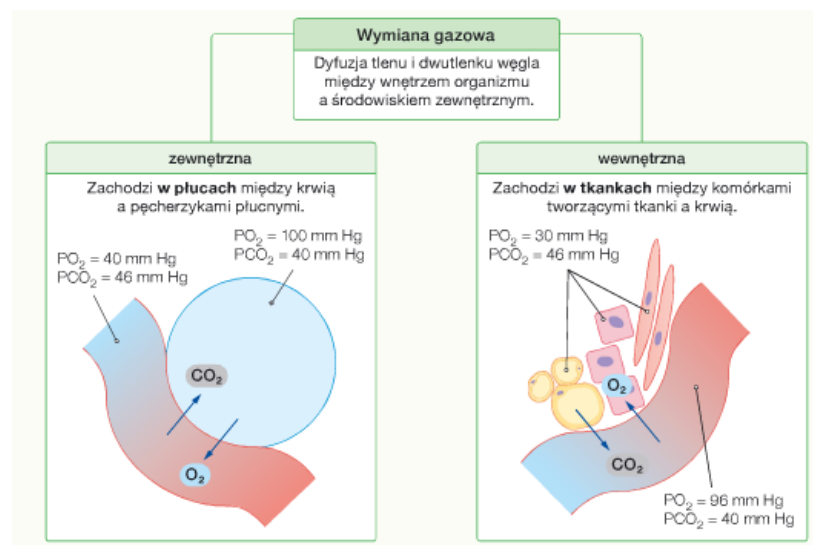
3. Wentylacja płuc- wymiana gazowa w płucach, zachodząca dzięki rytmicznym wdechom i wydechom.

Wdech jest aktem czynnym ponieważ pracują (kurczą się) mięśnie oddechowe- **mięśnie międzyżebrowe** przesuwając żebra ku przodowi, ku górze i na boki **oraz przepona**, której skurcz powoduje jej obniżenie. **Spokojny wydech jest aktem biernym** – rozluźniają się wymienione mięśnie. Proszę obejrzeć film na stronie <https://epodreczniki.pl/a/jak-oddychamy/D1GHkgSmK>



4. Skład powietrza wdychanego i wydychanego – doświadczenie Wykrywanie dwutlenku węgla i pary wodnej w powietrzu wydychanym. Proszę obejrzeć film na stronie <https://epodreczniki.pl/a/na-czym-polega-oddychanie/D5k0d1wlo>

5. Wymiana gazowa.



6. Transport gazów oddechowych przez krew:

a) transport tlenu. Tlen jest prawie w całości transportowany przez krwinki czerwone, połączony nietrwale z hemoglobiną w postaci **oksyhemoglobiny ($Hb(O_2)_4$)**. **1 cząsteczka hemoglobiny wiąże 4 cząsteczki tlenu**. Wpływ na jej powstanie ma ilość dwutlenku węgla - przy niskim stężeniu tego gazu (taka sytuacja jest w pęcherzykach) hemoglobina bardzo łatwo łączy się z tlenem. W ten sposób związany tlen opuszcza płuca i wędruje do tkanek. W tkankach pod wpływem wysokiego stężenia dwutlenku węgla oksyhemoglobina rozpada się i uwolniony tlen dyfunduje do komórek.

Miejsce tlenu w hemoglobinie bardzo łatwo zajmuje tlenek węgla (II) (czad- CO). Ma on znacznie większe powinowactwo z hemoglobiną i tworzy z nią trwałe połączenie **karboksyhemoglobinę**. W ten sposób „blokuje” hemoglobinę. Ilość „wolnych” cząsteczek szybko spada i po pewnym czasie jest niewystarczająca dla zaspokojenia potrzeb organizmu. Na tym polega mechanizm zatrucia czadem.

b) transport dwutlenku węgla Cząsteczki dwutlenku węgla przenikają z tkanek do krwi i są transportowane w różnej postaci:

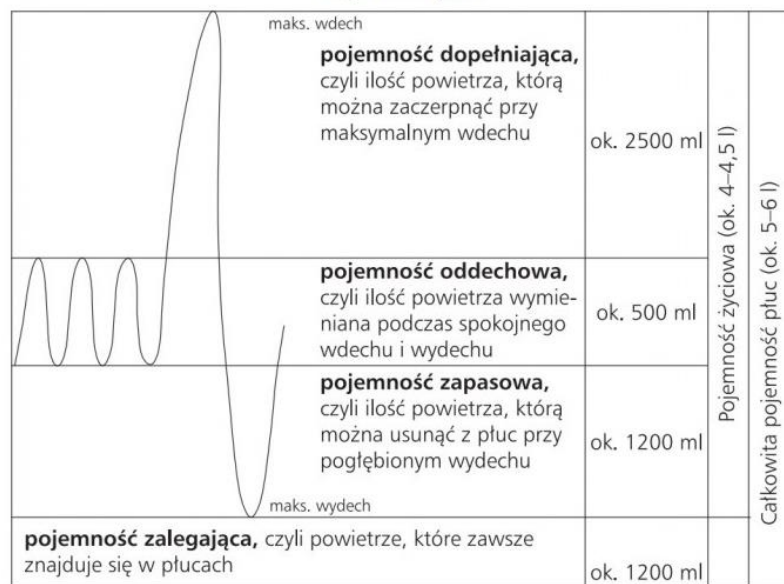
- ok. 10%, jako **rozpuszczony fizycznie dwutlenek węgla** w osoczu krwi
- ok. 20% przenika do erytrocytów, gdzie wiąże się z białkową częścią hemoglobiny tworząc **karbaminohemoglobinę ($HbCO_2$)** Hb – hemoglobina
- ok. 70% **przez osocze krwi**, w postaci **jonów wodorowęglanowych HCO_3^-**

c) czynniki wpływające na wiązanie i oddawanie tlenu przez hemoglobinę

&. Pojemność płuc.

Pojemność życiową płuc badamy za pomocą **spirometru**. Można ją zwiększyć np. poprzez ćwiczenia fizyczne.

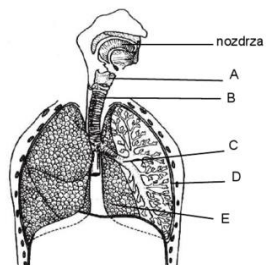
Pojemność płuc



Odruch wdechu jest inicjowany przez **ośrodek oddechowy** mieszczący się w **rdzeniu przedłużonym** w mózgu. Jest on wrażliwy na **stężenie dwutlenku węgla** we krwi i po przekroczeniu pewnej jego wartości, wysyła impulsy do mięśni oddechowych.

Proszę zapisać temat lekcji, krótką notatkę (przynajmniej punkty i podpunkty) oraz rozwiązać zadania z karty pracy. Efekty swojej pracy proszę przesłać na adres bozena.stopa@wp.pl do 30 kwietnia.

Zadanie 1 (5 pkt.)



a) Do wymienionych części układu oddechowego człowieka przyporządkuj litery, którymi oznaczono je na rysunku.

oskrzele krtani tchawica

b) Wyjaśnij dlaczego powinniśmy pobierać powietrze nosem a nie jamą ustną. W odpowiedzi uwzględnij funkcje jamy nosowej i na wybranym przykładzie wykaż związek jej budowy z tą funkcją.

Przykładowa funkcja jamy nosowejPrzystosowanie

c) W gardle krzyżują się dwie drogi: pokarmowa z oddechową. Wejście z gardła do krtani otwiera lub zamyka ruchoma chrząstka tzw. nagłośnia. Wyjaśnij związek przestrogi: „Nie rozmawiaj przy jedzeniu!” z funkcją nagłośni.

d) Przedstaw funkcję krtani.....

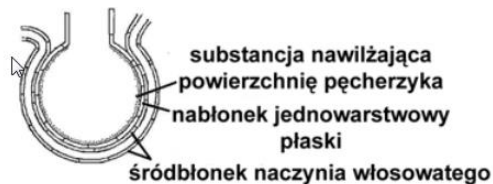
Zadanie 2 (2 pkt.)

a) Wyjaśnij, dlaczego w ścianie tchawicy występują chrząstki.

b) Wyjaśnij, dlaczego chrząstki te mają kształt półpiersi (litery C), a nie kształt pełnych pierścieni

Zadanie 3 (1 pkt.)

Na rysunku przedstawiono budowę pęcherzyka płucnego człowieka.



Wyjaśnij na przykładzie jednego, przedstawionego na rysunku elementu budowy pęcherzyka płucnego przystosowanie pęcherzyka do pełnionej funkcji.

Zadanie 4 (3 pkt.)

Wentylacja płuc u człowieka polega na rytmicznych ruchach klatki piersiowej i obejmuje dwie fazy – wdech i wydech. Poniższe schematy przedstawiają mechanizm wentylacji płuc ze szczególnym uwzględnieniem roli przepony.



a) Zaznacz schemat przedstawiający wydech.

b) Zaznacz proces, który występuje tylko podczas wdechu.

A) Wzrost ciśnienia w płucach B. Zmniejszenie się objętości klatki piersiowej C. Unoszenie się klatki piersiowej w górę i na boki D. Rozluźnienie mięśni międzyżebrowych i przepony

c) Uzupełnij poniższe zdania tak, aby zawierały informacje prawdziwe. Podkreśl w każdym nawiasie właściwe określenie.

Wymiana gazowa pomiędzy powietrzem pęcherzykowym a krwią w naczyniach włosowatych otaczających pęcherzyk płucny zachodzi na drodze (**dyfuzji / transportu aktywnego**). Ponieważ ciśnienie parcjalne tlenu we krwi doprowadzanej do pęcherzyka płucnego **jest (wyższe / niższe)** niż w pęcherzyku płucnym, a ciśnienie parcjalne dwutlenku węgla w tej krwi jest (**wyższe / niższe**) niż w pęcherzyku płucnym, tlen przenika z pęcherzyka do krwi, natomiast dwutlenek węgla przenika z krwi do pęcherzyka płucnego

Zadanie 5 (2 pkt.)

Oceń poprawność zdań, Zaznacz P, jeśli zdanie jest prawdziwe lub F, jeśli jest fałszywe.

1. Powietrze wydychane zawiera tyle samo dwutlenku węgla co powietrze wdychane.	P	F
2. Powietrze wydychane zawiera tyle samo azotu co powietrze wdychane.	P	F
3. Powietrze wydychane zawiera mniej tlenu niż powietrze wdychane.	P	F
4. Powietrze wydychane zawiera mniej pary wodnej niż powietrze wdychane.	P	F

Zadanie 6 (1 pkt.)

W płucach dorosłego człowieka pomieścić się może około 5 litrów powietrza. Jest to tzw. pojemność całkowita płuc. Składa się na nią powietrze określone jako: oddechowe, zalegające, zapasowe i dopełniające. Pojemnością życiową płuc nazywamy największą ilość powietrza, jaką można usunąć z płuc podczas maksymalnego wydechu.

Korzystając z tekstu, wyjaśnij, na czym polega różnica między pojemnością życiową płuc a pojemnością całkowitą płuc człowieka.

Zadanie 7 (2 pkt.)

Podaj, które składniki krwi transportują tlen i w jakiej postaci ten gaz jest transportowany.

Zadanie 8 (1 pkt.)

Przygotowano dwie zlewki z taką samą ilością wody wapiennej. Do pierwszej z nich wdmuchiwno przez rurkę powietrze (2-5 wdechów). Zaobserwowano zmętnienie wody wapiennej w pierwszej zlewce, podczas gdy woda wapienna w drugiej z nich pozostawała niezmienną. Sformułuj hipotezę badawczą potwierdzoną wynikami tego doświadczenia.