



Wymiana gazowa w płucach i tkankach

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Animacja
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Wymiana gazowa w płucach i tkankach

Płuca to narząd oddechowy kręgowców. Pełnią dwie funkcje: oddechową i filtrującą.
Źródło: Flickr, domena publiczna.

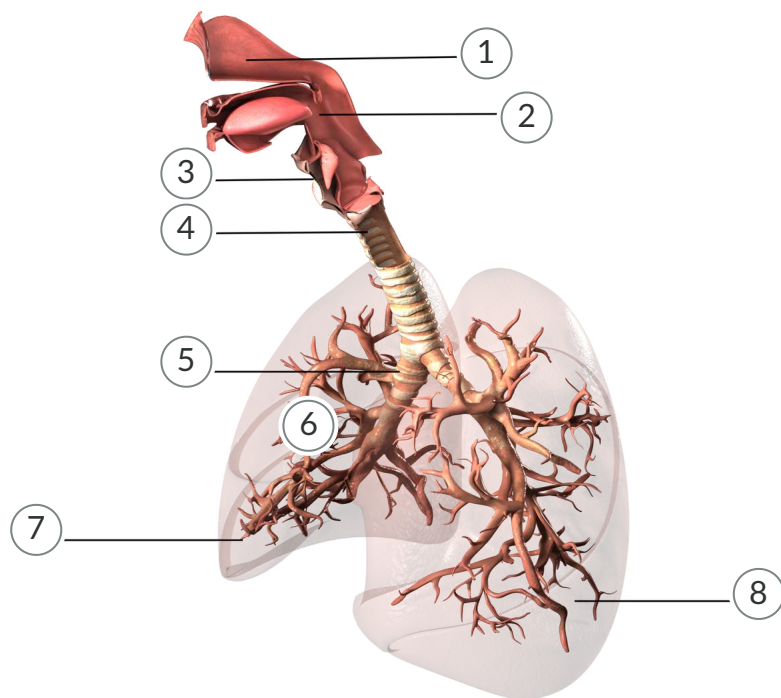
Gdy chcieliśmy się dowiedzieć, jak powstało życie na Ziemi, zgłębialiśmy tajemnice biogenezy. Wiemy, że pierwotna atmosfera naszej planety była redukująca, czyli nie zawierała tlenu. Poznaliśmy też przebieg fotosyntezy i potrafimy określić, na czym polega związek między powstaniem na Ziemi komórek fotosyntezujących a pojawieniem się tlenu w atmosferze. Tlen pochodzący z atmosfery jest niezbędny naszym komórkom do pełnego wykorzystania energii zgromadzonej w cząsteczkach glukozy. Dzięki poznaniu budowy i działania układu krwionośnego człowieka potrafimy opisać mechanizmy oraz drogi transportu tlenu i glukozy do tkanek ciała. Pozostaje nam więc jeszcze jedno pytanie: jak to się dzieje, że tlen z powietrza trafia do naszej krwi?

Twoje cele

- Omówisz budowę układu oddechowego człowieka.
- Wyjaśnisz, na czym polega wymiana gazowa w płucach człowieka.
- Wyjaśnisz, na czym polega wymiana gazowa pomiędzy krwią a komórkami tkanek.

Przeczytaj

Budowa układu oddechowego człowieka



1

Jama nosowa

2

Gardło

3

Krtień

4

Tchawica

5

Oskrzele

6

Oskrzeliki

7

Płuco prawe

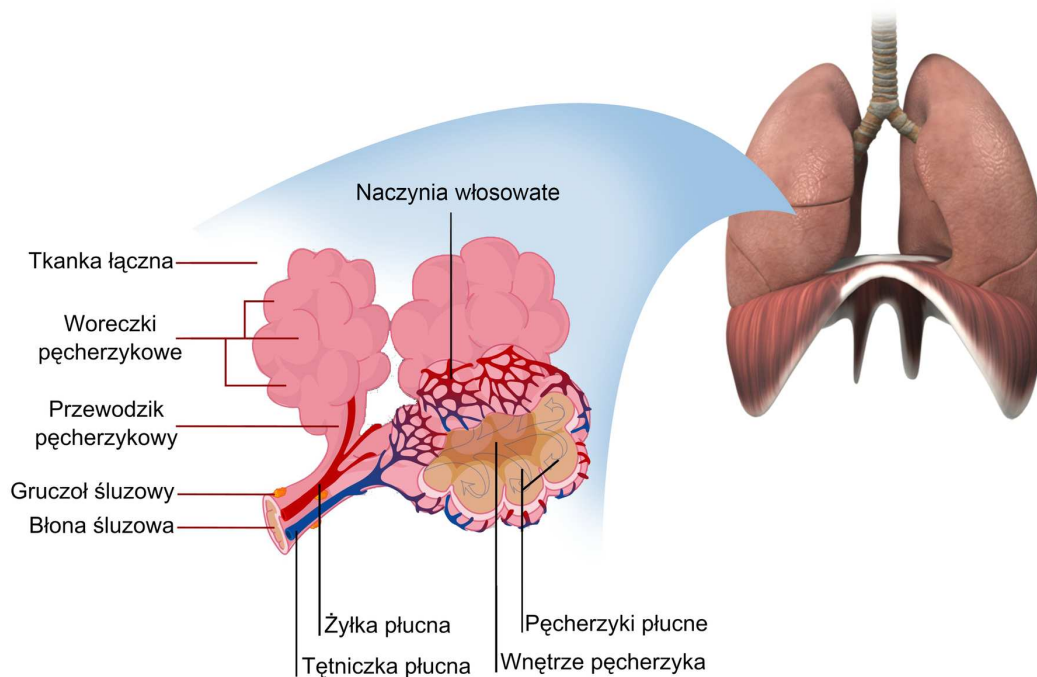
8

Płuco lewe

Budowa układu oddechowego człowieka.

Źródło: Przedmiotowy model 3D został opracowany przez Englishsquare.pl Sp. z o.o. na podstawie materiału źródłowego zakupionego w ramach serwisu: www.turbosquid.com. Jakiegokolwiek dalsze użycie tego modelu 3D podlega wszelkim ograniczeniom opisanym w licencji opublikowanej na przywołanej stronie internetowej, tylko do użytku edukacyjnego na zpe.gov.pl.

Powietrze z jamy nosowej dostaje się do gardła, a stąd do tchawicy, przechodząc po drodze przez krtań. Tchawica ma około 2 cm średnicy i jest elastyczną rurą o ścianach wzmocnionych chrząstkami. Zapobiegają one zapadaniu się ścian tchawicy, na przykład gdy wykonujemy ruchy głową i szyją. Szeroka rura tchawicy rozdziela się na dwa oskrzela główne prowadzące powietrze do płuc. Tutaj oskrzela dzielą się ponownie, na coraz drobniejsze rurki, których średnica jest już nieduża, a ściany coraz cieńsze. Ostatni ich odcinek to ślepo kończące się oskrzeliki oddechowe. Ich ściany tworzą uwypuklenia nazywane pęcherzykami płucnymi. Każdy pęcherzyk opleciony jest siecią włosowatych naczyń krwionośnych i przez jego ścianę, zbudowaną z jednej warstwy komórek nabłonkowych płaskich, zachodzi wymiana gazów między powietrzem a krwią.



Budowa anatomiczna pęcherzyka płucnego.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Drogi oddechowe to system rurek o różnej średnicy i grubości ścian, zaczynający się w jamie nosowej i w miarę wchodzenia w głąb ciała rozgałęziający się na szereg drobnych przewodów. W czasie wdechu płynie nimi powietrze bogate w tlen, a podczas wydechu powietrze zawierające duże ilości dwutlenku węgla. Najważniejsze jednak dla naszych komórek jest to, co dzieje się z gazami oddechowymi w płucach. Przez cieniutkie ściany **pęcherzyków płucnych** tlen przenika do krwi, a dwutlenek węgla ją opuszcza.

Skomplikowane w swej budowie i działaniu ciało człowieka ma olbrzymie zapotrzebowanie na tlen i aby je zaspokoić, powierzchnia wymiany musi być bardzo duża. Rzeczywiście, gdybyśmy dodali do siebie powierzchnię około 700 milionów pęcherzyków płucnych, a tyle jest ich w płucach dorosłego człowieka, to otrzymalibyśmy imponujący wynik – prawie 90 m²! Nie tylko wiele razy więcej niż całkowita powierzchnia jego skóry, ale prawie tyle, ile wynosi powierzchnia kortu tenisowego (warto wspomnieć, że ta olbrzymia powierzchnia to nie tylko „wrota” dla tlenu, ale i miejsce utraty parującej z niej wody). Wszystkie pęcherzyki płucne, starannie upakowane, mieszczą się w dwóch niewielkich **płucach** o różnobarwnym kolorze.

Rola hemoglobiny w wymianie gazowej

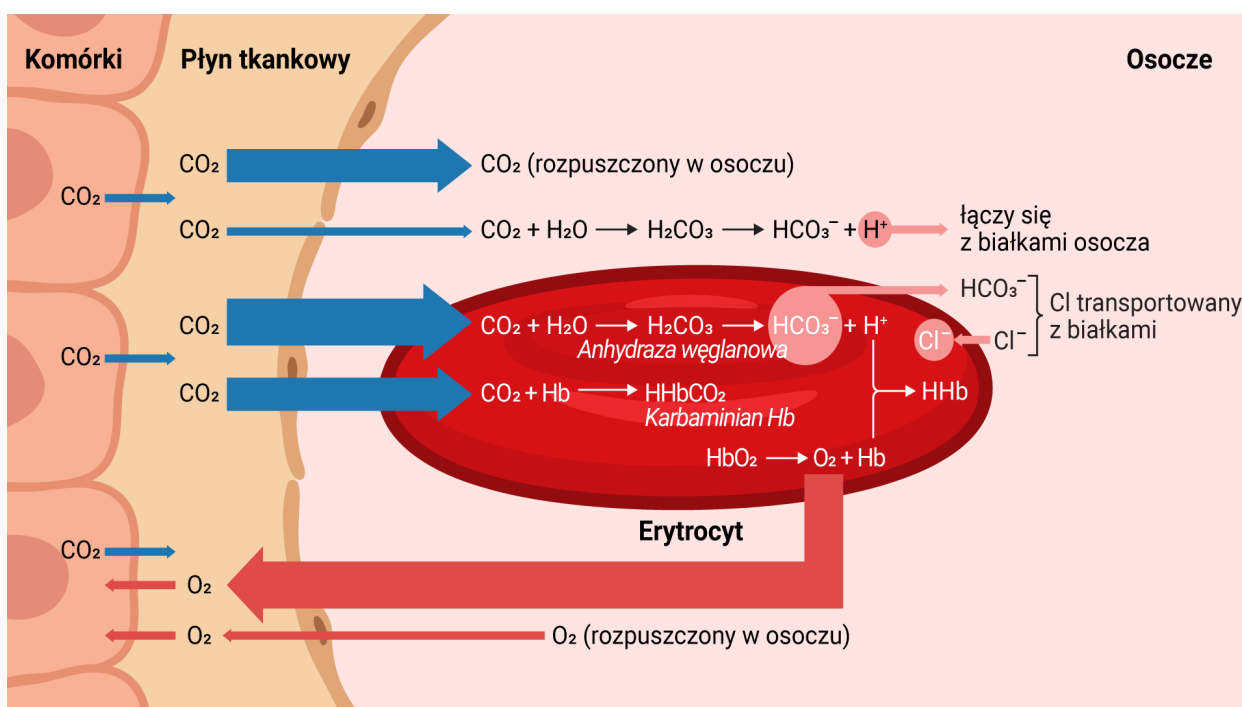
Wiemy, jak powietrze dostaje się do pęcherzyków płucnych, wiemy też, że do oplatających je **naczyń włosowatych** napływa z tkanek krew uboga w tlen, bogata zaś w dwutlenek węgla.

Teraz pozostaje nam już tylko przyjrzenie się, jak gazy oddechowe pokonują barierę ściany pęcherzyka.

Zdolność łączenia się **hemoglobiny** z tlenem i dwutlenkiem węgla zależy od warunków środowiska. Przeanalizujmy sytuację panującą w pęcherzyku płucnym w czasie wdechu. Wypełniająca go powietrze jest bogate w tlen i ubogie w dwutlenek węgla – odwrotnie niż omywająca go krew, która zawiera niewiele tlenu, ale bardzo dużo dwutlenku węgla. W takich warunkach, na drodze dyfuzji, zgodnie z gradientem stężeń, tlen przenika do krwi, a dwutlenek węgla do światła pęcherzyka, skąd w czasie wydechu zostanie usunięty na zewnątrz ciała.

Następnym etapem jest związanie tlenu przez wypełniającą erythrocyty hemoglobinę, które zachodzi dzięki obecności atomów żelaza Fe^{2+} . Wiązaniu tlenu przez hemoglobinę sprzyja spadek temperatury ciała i spadek ciśnienia parcjalnego CO_2 (tzw. **hipokapnia**), a także wzrost pH krwi. Powstaje w ten sposób **oksyhemoglobina** – jasnoczerwona postać hemoglobiny transportująca tlen do tkanek. Ta forma hemoglobiny jest bardzo nietrwała, dlatego gdy znajdzie się w środowisku, w którym jest duże stężenie dwutlenku węgla i małe stężenie tlenu – a takie właśnie warunki panują w tkankach ciała – oksyhemoglobina rozpada się, uwalniając tlen. Rozpadowi oksyhemoglobiny sprzyja wzrost temperatury ciała (gorączka), wzrost ciśnienia parcjalnego CO_2 (tzw. **hiperkapnia**), a także obniżenie pH krwi.

Następnie tlen przenika przez cienkie ściany naczyń włosowatych (na drodze dyfuzji, zgodnie z różnicą stężeń) i za pośrednictwem płynu tkankowego trafia do komórek ciała, gdzie wymieniany jest z dwutlenkiem węgla. W erythrocytach znajduje się enzym przekształcający gazową postać CO_2 w jony wodorowęglanowe. W tej właśnie postaci 70% dwutlenku węgla wędruje w osoczu do płuc, zaś pozostałe 30% pozostaje w erythrocytach i łącząc się z hemoglobiną, tworzy **karbaminohemoglobinę**.



Wymiana gazowa pomiędzy krwią, a komórkami ciała.

Hb – hemoglobina niezwiązana

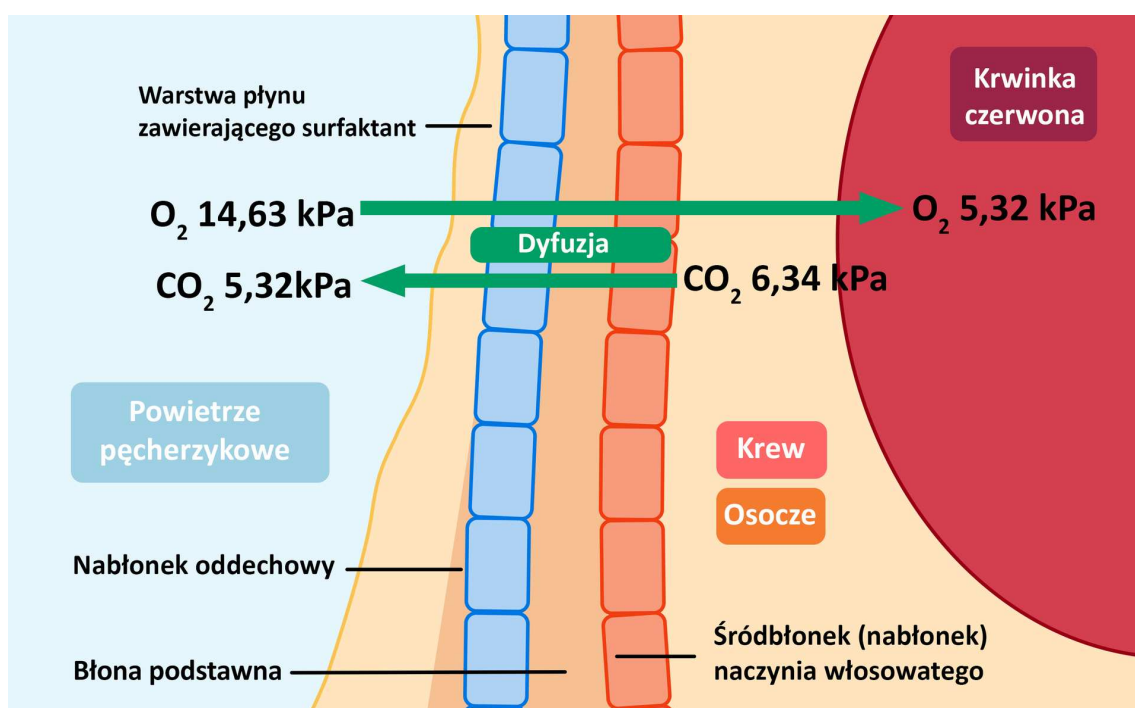
HHb – deoksyhemoglobina

HbO₂ – oksyhemoglobina, hemoglobina związana z 4 cząsteczkami tlenu

HHbCO₂ – karbaminohemoglobina, hemoglobina związana z dwutlenkiem węgla

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ciemna, zawierająca duże ilości dwutlenku węgla krew jest zbierana z tkanek i żyłami płynie do serca, skąd tętnicami płucnymi trafia do naczyń włosowatych oplatających pęcherzyki płucne. Jony wodorowęglanowe ponownie łączą się z erytrocytami i odzyskują swoją pierwotną, gazową postać, a karbaminohemoglobina rozpada się, uwalniając CO₂. Dyfunduje on z krwi do światła pęcherzyków i zostaje usunięty z wydechem.



Wymiana gazów pomiędzy ścianą pęcherzyka płucnego a ścianą naczynia włosowatego.

Pa – Paskal, jednostka ciśnienia w układzie SI. Ciśnienie o wartości 1 Pa naciska siłą 1N na powierzchnię 1m².

W praktyce spotyka się:

- hektopaskal [hPa] – 1 hPa = 10² Pa = 100 Pa

- kilopaskal [kPa] – 1 kPa = 10³ Pa = 1000 Pa

- megapaskal [MPa] – 1 MPa = 10⁶ Pa = 1000000 Pa

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Układ buforowy organizmu – bufor wodorowęglanowy

Dwutlenek węgla we krwi występuje w postaci jonu wodorowęglanowego (HCO_3^-), który stanowi składnik buforu wodorowęglanowego. Enzym **anhydraza węglanowa** katalizuje reakcję dwutlenku węgla z wodą, w wyniku której powstaje kwas węglowy dysocjujący na protony wodorowe i jon wodorowęglanowy:



Bufor ten jest jednym z elementów układu buforowego odpowiedzialnego za utrzymanie równowagi kwasowo-zasadowej organizmu. Niedobór dwutlenku węgla, spowodowany np. hiperwentylacją, prowadzi do wzrostu zasadowości krwi, powodując tzw. zasadowicę (**alkalozę**). Nadmiar dwutlenku węgla, spowodowany np. hipowentylacją, prowadzi do zakwaszenia krwi, powodując tzw. kwasicę (**acydozę**).

Słownik

acydoza

stan obniżonego pH, zaburzenie równowagi kwasowo-zasadowej spowodowanej wzrostem stężenia jonów wodorowych w płynach ustrojowych, przyczyną wzrostu stężenia jonów wodorowych może być zwiększenie zawartości kwasów lub utrata zasad

alkaloza

stan podwyższonego pH osocza krwi; zaburzenie równowagi kwasowo-zasadowej spowodowanej zmniejszeniem zawartości kwasów lub zwiększeniem zawartości zasad

anhydraza węglanowa

enzym katalizujący odwracalną reakcję powstawania jonu wodorowęglanowego HCO_3^- z wody i dwutlenku węgla (CO_2)

hemoglobina (HbA)

czerwona hemoproteina występująca w erytrocytach kręgowców i hemolimfie niektórych bezkręgowców, zdolna do odwracalnego łączenia się z tlenem i dzięki temu pełniąca funkcję przenośnika tlenu w organizmie

hiperkapnia

stan podwyższonego poziomu dwutlenku węgla w ustroju, jest czynnikiem pobudzającym oddychanie; może być następstwem zaburzeń wentylacji w płucach i prowadzić do osłabienia wrażliwości czuciowej, śpiączki z niewydolnością oddechową i śmierci

hipokapnia

stan zmniejszonej zawartości dwutlenku węgla w organizmie, np. w następstwie hiperwentylacji; wywołuje zwężanie naczyń krwionośnych prowadzące do niedokrwienia mózgu

karbaminohemoglobina

składnik krwi odtlenowanej, hemoglobina nietrwale połączona z dwutlenkiem węgla, transportuje dwutlenek węgla do płuc, ma ciemnoczerwoną barwę

naczynia włosowate (kapilary)

najcieńsze naczynia układu krwionośnego i limfatycznego pozbawione włókien mięśniowych w ścianach; ciśnienie krwi w naczyniach włosowatych jest niskie (od 10 do 25 mmHg – od 1,3 do 3,3 kPa), a jej przepływ powolny (ok. 0,5 mm/s); przez bardzo cienką ściankę naczyń włosowatych utworzoną ze śródbłonna i błony podstawnej (odznaczającą się wysoką przepuszczalnością) między krwią i komórkami zachodzi wymiana gazów oddechowych, substancji odżywczych i różnorodnych produktów przemiany materii

oksyhemoglobina

hemoglobina nietrwale połączona z tlenem, składnik krwi utlenowanej o jasnoczerwonej barwie; powstaje w płucach; za jej pośrednictwem cząsteczki tlenu są transportowane do tkanek, gdzie oddysocjują od hemoglobiny

osocze

płynna część krwi (osocze krwi) lub limfy (osocze limfy) bez krwinek

pęcherzyki płucne

cienkościenne uwypuklenia, stanowiące zakończenie oskrzelików oddechowych w płucach ssaków

płuca

narządy kręgowców służące do oddychania powietrzem atmosferycznym; zwykle parzyste, u ssaków są położone w jamie piersiowej, oddzielonej przeponą od jamy brzusznej, pokryte opłucną płucną; głębokie szczeliny dzielą płuca na kilka płatów (u człowieka płuco prawe – na trzy płaty, lewe – na dwa)

surfaktant

czynnik powierzchniowy zmniejszający napięcie w pęcherzykach płucnych; składa się z cząsteczek lipoprotein, a jego główną funkcją jest zapobieganie nadmiernemu rozciągnięciu pęcherzyków płucnych w trakcie wdechu; ponadto przeciwdziała zapadaniu się i sklejanemu ich ścian w trakcie wydechu

Animacja



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R17tE1EGlrsan>

Mechanizm wymiany gazowej w płucach i w tkankach.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Film pod tytułem "Mechanizm wymiany gazowej w płucach i w tkankach".

Polecenie 1

Wyjaśnij, jaką funkcję pełnią pęcherzyki płucne w wymianie gazowej.

Polecenie 2

Scharakteryzuj przebieg wymiany gazowej wewnętrznej.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Pulsoksymetria to metoda pomiaru saturacji krwi, czyli nasycenia krwi tętniczej gazami, na przykład tlenem. Jest to szczególnie istotne podczas zabiegów chirurgicznych, tlenoterapii pacjenta lub u pacjentów będących w ciężkim stanie ogólnym. Wynik badania podaje się w procentach oznaczających procent związania hemoglobiny we krwi z tlenem, czyli zawartości oksyhemoglobiny. Wynik poniżej 90% oznacza niedotlenienie i wymaga pilnej interwencji lekarskiej.

Ćwiczenie 8



Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Wymiana gazowa w płucach i tkankach

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

V. Budowa i fizjologia człowieka.

4. Wymiana gazowa i krążenie. Uczeń:

4) opisuje wymianę gazową w tkankach i płucach uwzględniając powinowactwo hemoglobiny do tlenu w różnych warunkach pH i temperatury krwi oraz ciśnienia parcjalnego tlenu w środowisku zewnętrznym; planuje i przeprowadza doświadczenie wykazujące różnice w zawartości dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym i wydychanym;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XI. Funkcjonowanie zwierząt.

2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie.

3) Wymiana gazowa i krążenie. Uczeń:

h) opisuje wymianę gazową w tkankach i płucach, uwzględniając powinowactwo hemoglobiny do tlenu w różnych warunkach pH i temperatury krwi oraz ciśnienia parcjalnego tlenu w środowisku zewnętrznym; planuje i przeprowadza doświadczenie wykazujące różnice w zawartości dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym i wydychanym,

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii.

Cele operacyjne (językiem ucznia):

- Omówisz budowę układu oddechowego człowieka.
- Wyjaśnisz, na czym polega wymiana gazowa w płucach człowieka.
- Wyjaśnisz, na czym polega wymiana gazowa pomiędzy krwią a komórkami tkanek.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- ćwiczenia interaktywne;
- animacja;
- śniegowa kula.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda.

Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Wymiana gazowa w płucach i tkankach”. Prosi uczestników zajęć o zapoznanie się z tekstem w sekcji „Przeczytaj” i multimedium w sekcji „Animacja”, tak aby podczas lekcji mogli w niej aktywnie uczestniczyć i rozwiązywać zadania.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla cele lekcji i temat zawarte w sekcji „Wprowadzenie”.
2. **Rozmowa wprowadzająca.** Nauczyciel za pomocą dostępnego w panelu użytkownika raportu weryfikuje przygotowanie uczniów do lekcji. Prosi wybranego ucznia o przeczytanie pytania znajdującego się we wprowadzeniu wyświetlonym na tablicy: „Jak to się dzieje, że tlen z powietrza trafia do naszej krwi?” i rozpoczęcie rozmowy na podstawie przeczytanego przed lekcją tekstu.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z tekstem.** Jeśli nauczyciel uzna, że przygotowanie uczniów jest niewystarczające, prosi ich o zapoznanie się z treścią z sekcji „Przeczytaj”. Następnie uczniowie omawiają przebieg wymiany gazowej w organizmie, wykorzystując ilustracje z e-materiału wyeksponowane na tablicy interaktywnej.
2. **Kula śniegowa.** Nauczyciel informuje uczniów, że będą pracować metodą kuli śniegowej, poszukując w udostępnionym e-materiale odpowiedzi na następujące pytania:
 - Jak przebiega wymiana gazowa w płucach człowieka?
 - Jak przebiega wymiana gazowa pomiędzy krwią a komórkami tkanek?
 - Jaką funkcję pełnią poszczególne elementy układu oddechowego człowieka?
 - Jaką rolę odgrywa hemoglobina w wymianie gazów pomiędzy ścianą pęcherzyka płucnego a ścianą naczynia włosowatego?
 - Czym są pęcherzyki płucne, jaką pełnią funkcję i jak są zbudowane?Nauczyciel objaśnia wspomnianą wyżej metodę i wynikające z niej kolejne etapy pracy:
 - 1) najpierw uczniowie będą indywidualnie opracowywać odpowiedzi na zadane pytania;
 - 2) potem połączą się w pary i porównają swoje propozycje, a na osobnej kartce zapiszą wspólne odpowiedzi;
 - 3) kolejnym krokiem będzie połączenie się par w czwórki, które – jak poprzednio – skonfrontują swoje odpowiedzi;
 - 4) uczniowie utworzą 8-osobowe zespoły i znów porównają swoje propozycje;
 - 5) przedstawiciele poszczególnych zespołów 8-osobowych zaprezentują na forum klasy uzgodnione w grupie odpowiedzi.
3. **Utrwalanie wiedzy i umiejętności.** Nauczyciel wyświetla na tablicy treść ćwiczenia 7 (dotyczącego wpływu wieloletniego palenia papierosów na wymianę gazową) z sekcji „Sprawdź się”. Wraz z uczniami rozwiązuje je na forum klasy.
4. Nauczyciel wyświetla na tablicy po kolei ćwiczenia nr od 1 do 5. Zespół klasowy zostaje podzielony na 4-osobowe grupy, które rozwiązują zadania na czas. Najszybsza grupa przedstawia swoje propozycje i omawia je na forum klasy. Pozostali uczniowie weryfikują przedstawione odpowiedzi. Jeśli są one poprawne, grupa wygrywa.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie rozwiązują ćwiczenie nr 6 (typu „prawda/fałsz”) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie przygotowują podobne zadanie dla osoby z pary: tworzą trzy prawdziwe lub fałszywe zdania dotyczące tematu lekcji. Uczniowie wykonują ćwiczenie otrzymane od kolegi lub koleżanki.
2. Nauczyciel wyświetla temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”, podsumowuje omawiany na lekcji materiał, wyjaśnia wątpliwości uczniów.

Praca domowa:

1. Wykonaj polecenie nr 2 z sekcji „Animacja”.

Materiały pomocnicze:

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania animacji:

Nauczyciel może wykorzystać animację do podsumowania lekcji.