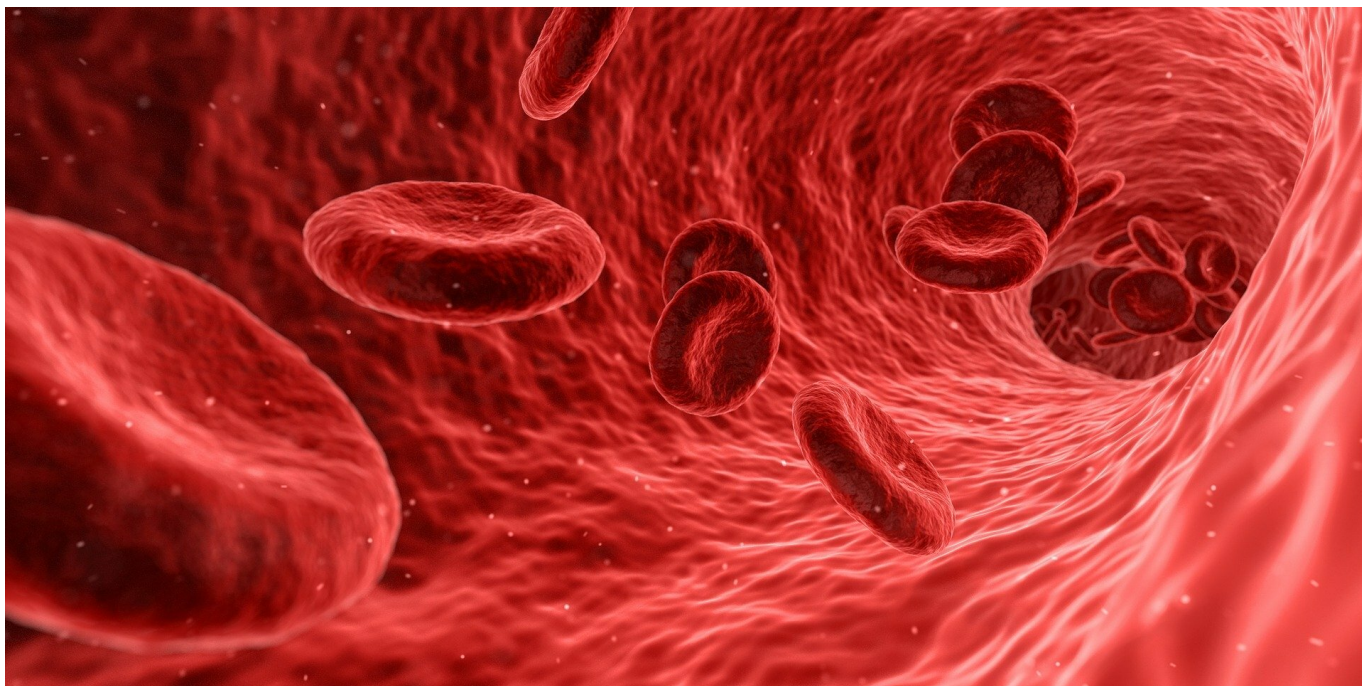




Transport gazów oddechowych w organizmie człowieka

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Transport gazów oddechowych w organizmie człowieka

Erytrocyty transportują większość tlenu, który dostał się do organizmu, oraz około jedną piątą dwutlenku węgla powstałego w komórkach podczas przemiany materii.

Źródło: pixabay.com, domena publiczna.

Komórki ludzkiego ciała potrzebują nieustannego dopływu tlenu. Gdyby był on rozpuszczony wyłącznie w osoczu, to dla wystarczającego zaopatrzenia komórek w ten gaz tempo przepływu krwi w naczyniach krwionośnych musiałoby wynosić setki litrów na minutę. Jest ono jednak o wiele wolniejsze – wynosi tylko 5 l na minutę, a mimo to wszystkie komórki otrzymują potrzebną ilość tlenu. Jak to jest możliwe? Kluczem do rozwiązania tej zagadki jest czerwony barwnik krwi – **hemoglobina**.

Twoje cele

- Określisz nośniki tlenu i dwutlenku węgla w organizmie człowieka.
- Wykażesz związek budowy hemoglobiny z rolą transportową gazów oddechowych.
- Opisziesz mechanizm transportu gazów oddechowych między erytrocytami, osoczem i komórkami ciała w płucach i tkankach.

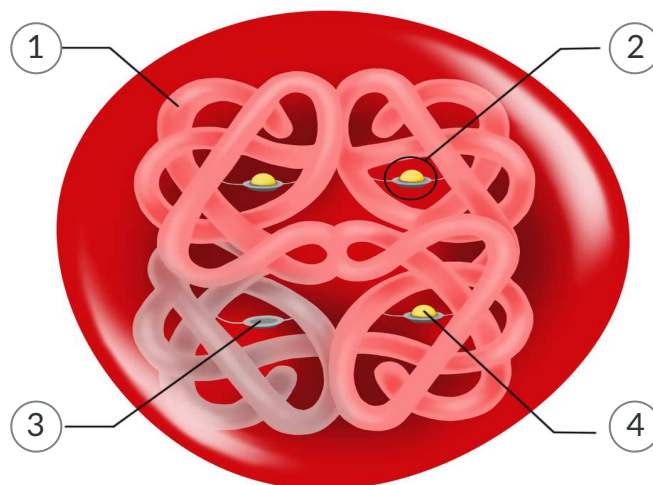
Przeczytaj

W transporcie gazów oddechowych, czyli tlenu i dwutlenku węgla uczestniczy osocze krwi oraz erytrocyty. Osocze przenosi jedynie niecałe 3% rozpuszczonego w nim tlenu. Resztę, czyli 97% transportuje **hemoglobina**, czerwony barwnik krwi. Natomiast dwutlenek węgla jest w większości transportowany przez osocze.

Nośnikiem tlenu jest hemoglobina

Hemoglobina wykazuje niezwykłą zdolność do odwracalnego tworzenia wiązań z tlenem. Cząsteczki tlenu po przejściu przez ściany pęcherzyka płucnego i włosowatego naczynia krwionośnego rozpuszczają się w osoczu, a następnie dyfundują do erytrocytów, gdzie łączą się z hemoglobiną.

Budowa hemoglobiny



Globina

2

Hem

3

Żelazo

4

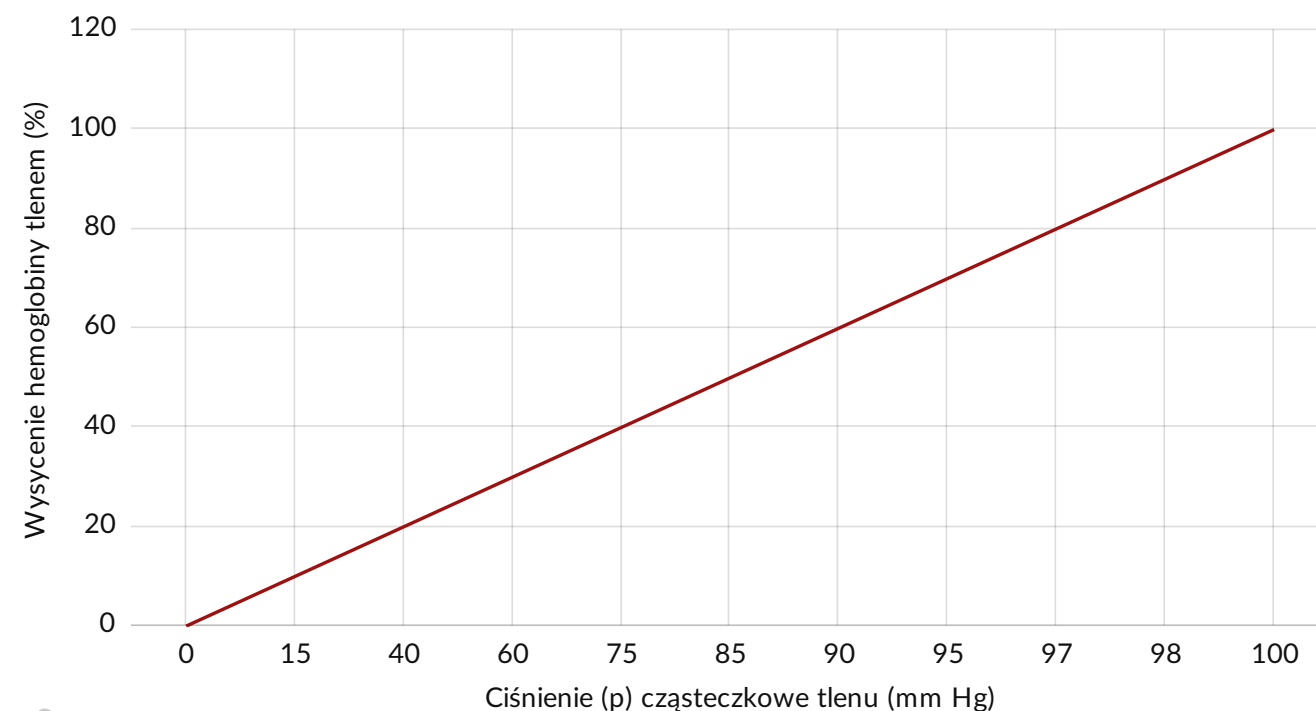
Cząsteczka tlenu

Cząsteczka hemoglobiny jest zbudowana z czterech łańcuchów białkowych, z których każdy zawiera jedną cząsteczkę hemu. W centrum każdej cząsteczki hemu wbudowany jest dwuwartościowy jon żelaza (Fe^{2+}), za pośrednictwem którego wiązane są cząsteczki tlenu. Jedna cząsteczka hemoglobiny może przyłączyć cztery cząsteczki tlenu (O_2).

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

Proces wiązania tlenu z hemoglobina nazywany jest utlenowaniem (nie mylić z utlenianiem), ponieważ cząsteczki tlenu przyłączają się na tyle nietrwale, że nie zmieniają wartościowości żelaza. Związana z tlenem hemoglobina przekształca się w [oksyhemoglobinę \(\$\text{HbO}_2\$ \)](#), która przybiera kolor jasnoczerwony. To jej właśnie zawdzięcza swą barwę krew tętnicza. Łączenie się hemoglobiny z tlenem jest procesem odwracalnym, dzięki czemu przyłączony tlen w miarę potrzeby może być uwalniany. Odtlenowana hemoglobina jest ciemnoczerwona, co nadaje barwę krwi żyłnej.

Wiązanie tlenu przez hemoglobinę opisuje krzywa dysocjacji hemoglobiny.



Krzywa ciągła przedstawia procent wysycenia hemoglobiny w zależności od ciśnienia parcjalnego tlenu. Jej kształt jest zbliżony do spłaszczonej litery S (krzywa S-kształtna), co jest wynikiem współdziałania ze sobą poszczególnych czterech łańcuchów hemoglobiny, z których każda wiąże jedną cząsteczkę tlenu. Przyłączenie pierwszej cząsteczki tlenu przez pierwszą cząsteczkę hemoglobiny powoduje nieznaczłą zmianę budowy przestrzennej całej hemoglobiny, co zwiększa jej powinowactwo do tlenu. Przyłączanie kolejnych cząsteczek tlenu staje się coraz łatwiejsze, co na wykresie wyraża się charakterystycznym załamaniem, „przyspieszeniem” przebiegu krzywej. Przy pO_2 równym 40 mmHg, charakterystycznym dla sąsiedztwa tkanek znajdujących się w spoczynku, hemoglobina jest wysycona w 70%. W płucach, gdzie ciśnienie parcjalne tlenu wynosi około 100 mmHg, hemoglobina jest całkowicie wysycona tlenem.

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

Zastanów się i określ miejsca w organizmie człowieka, w których procentowe wysycenie hemoglobiny tlenem we krwi jest najniższe. Jak sądzisz, jakie stężenie dwutlenku węgla jest dla nich charakterystyczne?

Ciekawostka

Tkanki naszego ciała charakteryzują się zróżnicowanym zapotrzebowaniem na tlen. Podczas wysiłku 100 gramów serca może potrzebować aż 70 ml tlenu na

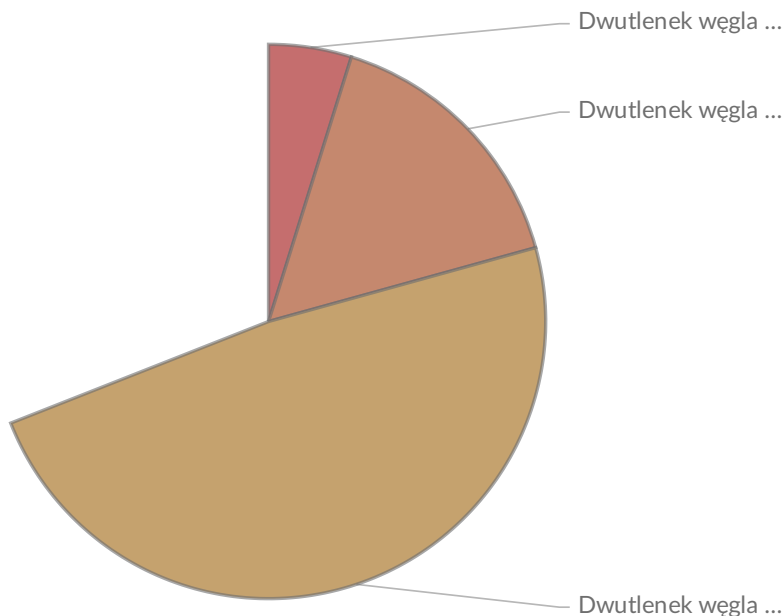
minutę, natomiast podczas spoczynku zaledwie 8 ml. Fragment nerek o tej samej masie wymaga zalewie 5 ml na minutę.

Hemoglobina nie tylko transportuje tlen. Pomaga również w transporcie dwutlenku węgla, a absorbując jony wodorowe, współdziała w utrzymaniu odpowiedniego pH, czyli równowagi kwasowo-zasadowej organizmu.

Transport dwutlenku węgla

Cząsteczki dwutlenku węgla powstałe podczas oddychania komórkowego przenikają z tkanek do krwi, skąd transportowane są do płuc w różnej postaci.

Udział procentowy różnych form transportu dwutlenku węgla



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



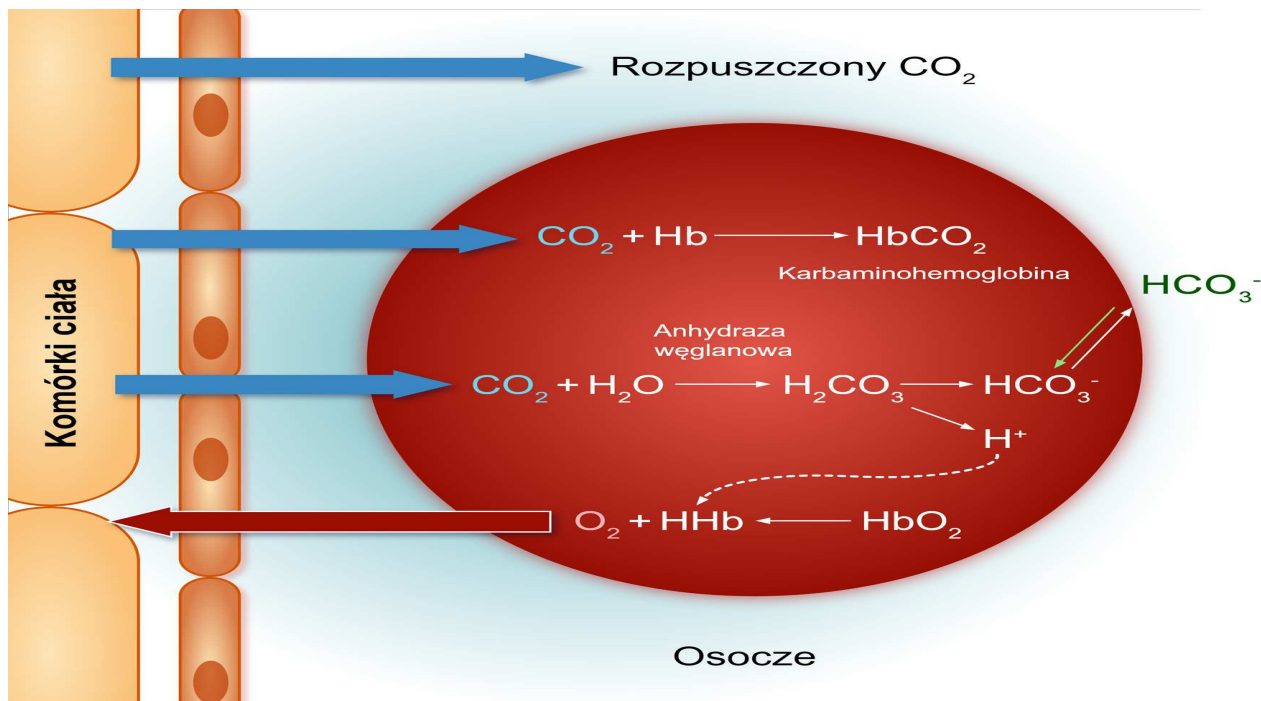
Pacjentka w hiperbarycznej (wysokociśnieniowej) komorze tlenowej.

Źródło: Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Hemoglobina wykazuje duże powinowactwo do tlenku węgla, zwanego potocznie czadem. Łączy się z nim, tworząc karboksyhemoglobinę (HbCO) – związek słabo dysocjujący, bardziej trwały niż połączenie tlenu z hemoglobiną. Tlenek węgla(II) wysyca w cząsteczce hemoglobiny te wiązania, które łączą się z tlenem, a więc erytrocyt traci zdolność do przenoszenia tlenu. Nadmiar karboksyhemoglobiny powoduje niedotlenienie organizmu objawiające się zmęczeniem i zawrotami głowy. Wzrost jej stężenia do 20% daje objawy zatrucia, a przy stężeniu powyżej 60% następuje utrata świadomości i najczęściej śmierć przez tzw. zatrucie tlenkiem węgla(II) (zaczadzenie).

HbCO może się rozkładać pod wpływem podwyższonego stężenia O_2 , jednak jest to proces bardzo długi i nie zawsze możliwy.

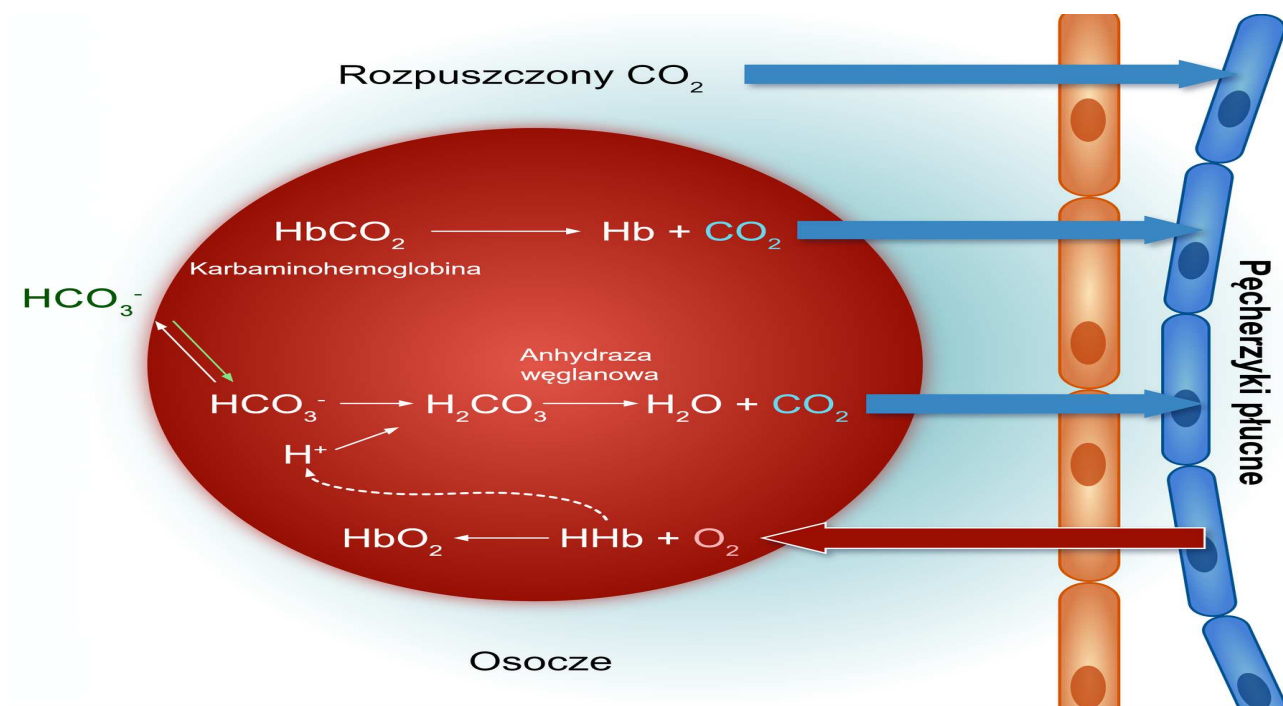
Mechanizm transportu gazów oddechowych we krwi



Transport dwutlenku węgla z tkanek do krwi.

Wytworzony w tkankach dwutlenek węgla (CO₂) dyfunduje do krwi. Ponad 90% CO₂ przenika do erytrocytów, a tylko 7% pozostaje w niezmienionej postaci rozpuszczone w osoczu. Część tego gazu tworzy nietrwałe karbaminiany z hemoglobina (HbCO₂). Większość CO₂ zawartego w erytrocytach, w reakcji katalizowanej przez anhidrazę węglanową, reaguje z wodą i tworzy kwas węglowy (H₂CO₃). Kwas ten jako związek nietrwały natychmiast dysocjuje na kationy wodorowe (H⁺) i aniony wodorowęglanowe (HCO₃⁻). Większość jonów H⁺ wiąże hemoglobina (HHb), nie dopuszczając do zakwaszenia krwi. Aniony HCO₃⁻ również w większości przenikają do osocza, stanowiąc podstawową formę transportową dwutlenku węgla. Obecność anionów wodorowęglanowych w osoczu zapewnia wraz z innymi czynnikami utrzymanie równowagi kwasowo-zasadowej organizmu. Dla zachowania równowagi jonowej do erytrocytów wnikają jony chlorkowe (Cl⁻).

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



Transport dwutlenku węgla z krwi do płuc.

Aniony wodorowęglanowe (HCO_3^-) dyfundują z osocza do erytrocytów, gdzie łączą się z kationami H^+ uwolnionymi z hemoglobiny, tworząc cząsteczki kwasu węglowego (H_2CO_3). Te z kolei są rozkładane przez anhidrazę węglanową na wodę i dwutlenek węgla. Ubytek jonów wodorowęglanowych w erytrocytach powoduje ich napływ do wnętrza komórki, równoważony wypływem jonów chlorkowych na zewnątrz, co dodatkowo napędza reakcję. Odtworzony dwutlenek węgla przenika przez błony komórkowe erytrocytu i pęcherzyków płucnych do płuc. Jednocześnie tlen dyfundujący z płuc do osocza wiąże się z hemoglobiną, wypierając związane z nią protony (H^+). Karbaminohemoglobina zawarta w erytrocytach uwalnia dwutlenek węgla, który przenika swobodnie na drodze dyfuzji do światła pęcherzyków płucnych, podobnie jak cząsteczki tego gazu rozpuszczone w osoczu.

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

Dla zainteresowanych

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

Słownik

anhydraza węglanowa

enzym z klasy liaz katalizujący odwracalną reakcję powstawania jonu wodorowęglanowego HCO_3^- z wody i dwutlenku węgla (CO_2); występuje powszechnie u ssaków: w erytrocytach, trzustce, błonie śluzowej żołądka oraz nerkach; jej działanie jest związane m.in. z wydalaniem dwutlenku węgla, tworzeniem kwasu solnego w soku żołądkowym i regulacją odczynu moczu; w roślinach anhydraza węglanowa bierze udział w transporcie dwutlenku węgla podczas procesu fotosyntezy

ciśnienie parcjalne

ciśnienie cząsteczkowe jednego gazu w mieszaninie gazów

hemoglobina

hemoproteina zbudowana z czterech łańcuchów polipeptydowych (globiny), z których każdy zawiera związaną grupę hemową; jej funkcją jest wiązanie i transport tlenu oraz jonów wodorowych i dwutlenku węgla we krwi

hiperwentylacja

stan, w trakcie którego zwiększona ilość powietrza wnika do pęcherzyków płucnych, powodując zmniejszenie ciśnienia cząsteczkowego CO_2 i prowadząc do rozwoju zasadowicy (alkalozy) oddechowej

hipowentylacja

stan, w którym dochodzi do zmniejszenia wentylacji pęcherzyków płucnych do poziomu, który nie wystarcza do usunięcia CO_2 produkowanego w procesach oddychania komórkowego, co powoduje zwiększenie ciśnienia cząsteczkowego CO_2 i prowadzi do kwasicy oddechowej

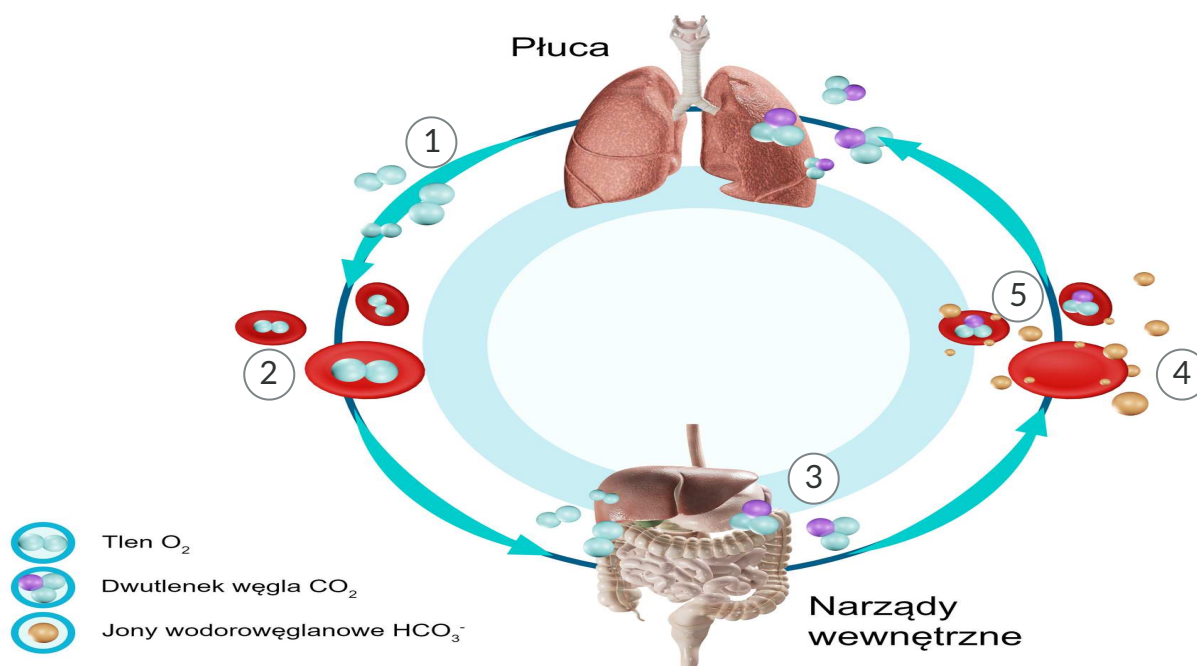
karbaminohemoglobina (HbCO_2)

nietrwały kompleks dwutlenku węgla z grupami aminowymi podjednostek α i β hemoglobiny

oksyhemoglobina (HbO₂)

nietrwałe połączenie hemoglobiny z tlenem; powstaje w płucach, skąd transportowana jest przez krew do tkanek, gdzie oddaje tlen i zmienia się w hemoglobinę; barwnik oddechowy o jasnoczerwonej barwie; składnik krwi utlenowanej

Grafika interaktywna



1

Tlen pobrany z płuc, rozpuszczony w osoczu.

2

Tlen związany z hemoglobina – oksyhemoglobina HbO_2 .

3

Dwutlenek węgla w formie rozpuszczonej w osoczu.

4

Jony wodorowęglanowe (HCO_3^-) w osoczu (powstają w erytrocytach).

5

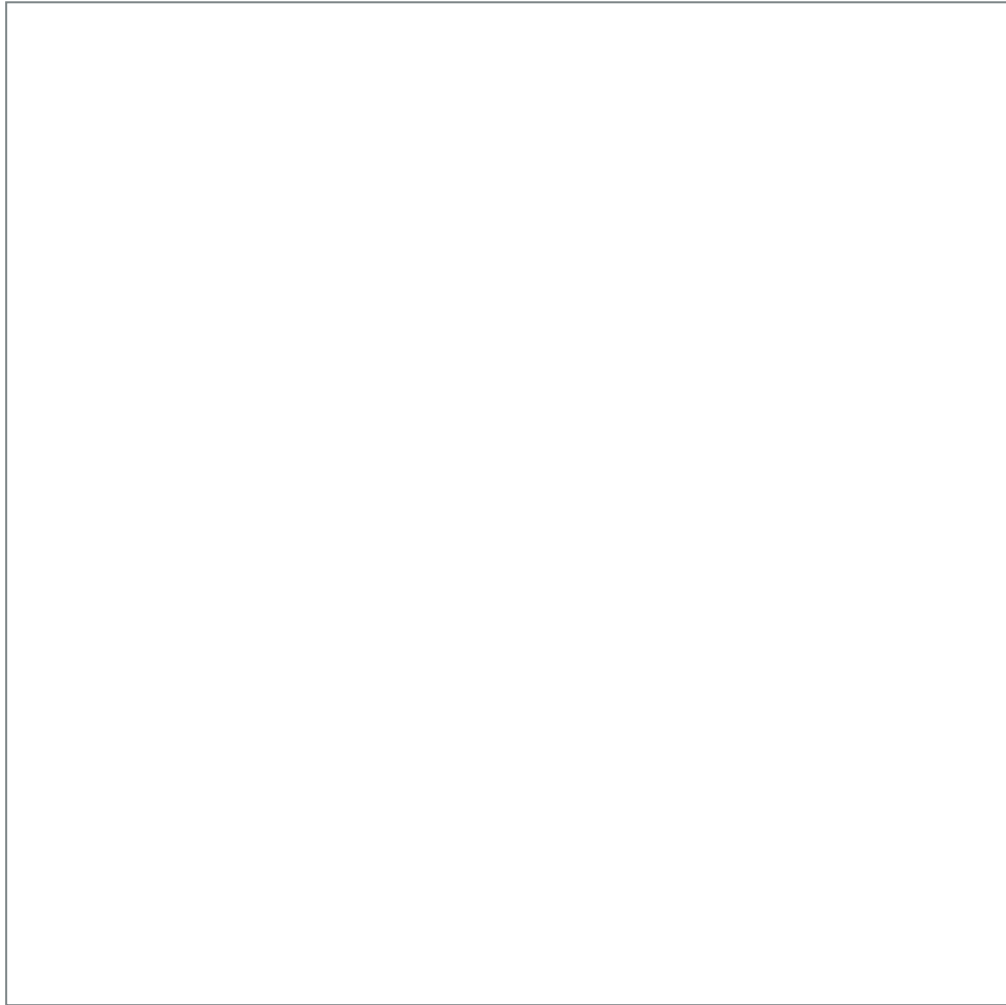
Dwutlenek węgla związany z hemoglobina – karbaminohemoglobina HbCO_2 .

Transport gazów oddechowych w organizmie 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.

Polecenie 1

Przenalizuj grafikę interaktywną, a następnie zaprojektuj tabelę zawierającą informacje na temat transportu gazów oddechowych między erytrocytami, osoczem i komórkami ciała w płucach i tkankach.



Polecenie 2

Określ, która forma dominuje w transporcie dwutlenku węgla przez krew, a następnie wyjaśnij, jakie to ma znaczenie dla homeostazy organizmu.

Polecenie 3

Wyszukaj w dostępnych źródłach informacje na temat roli, jaką pełni białko mioglobina w mięśniach człowieka. Porównaj jej powinowactwo do tlenu ze zdolnością hemoglobiny do łączenia się z tlenem i wyjaśnij znaczenie tego zjawiska dla sprawności fizycznej człowieka.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wiedząc, że oksyhemoglobina jest cząsteczką hemoglobiny wysyconą w 100% tlenem, ustal, ile atomów tlenu wiąże ten barwnik krwi.

☐ 16

☐ 8

☐ 4

☐ 2

Ćwiczenie 2



Pogrupuj podane substancje, rozdzielając je na te, które są formami transportowymi tlenu lub dwutlenku węgla, oraz substancje niebędące formami transportowymi tlenu ani dwutlenku węgla.

Formy transportowe tlenu

Karbaminohemoglobina

Jony wodorowe

Hemoglobina

Formy transportowe dwutlenku węgla

Karboksyhemoglobina

Jony wodorowęglanowe

Oksyhemoglobina

Pozostałe

Dwutlenek węgla cząsteczkowy

Tlen cząsteczkowy

Ćwiczenie 3



Wybierz poprawne określenia.

Jony wodorowęglanowe są główną formą transportu dwutlenku węgla w organizmie

człowieka. Powstają w wyniku ☐ syntezy ☐ rozpadu ☐ kwasu węglowego

w erytrocytach krwi przepływającej w okolicach ☐ narządów wewnętrznych ☐ płuc ☐

. Z erytrocytów jony wodorowęglanowe dyfundują do osocza i niesione prądem krwi

trafiają do naczyń krwionośnych oplatających ☐ pęcherzyki płucne ☐

☐ narządy wewnętrzne ☐ . Tutaj dyfundują do erytrocytów, a następnie łączą się z jonami

wodorowymi, tworząc nietrwały kwas węglowy rozpadający się na CO_2 i H_2O . Tak

odtworzony dwutlenek węgla w postaci cząsteczkowej dyfunduje z erytrocytów do osocza,

a następnie do ☐ tkanek ☐ płuc ☐ .

Ćwiczenie 4



Wybierz opis kierunku przepływu jonów wodorowęglanowych i chlorkowych między erytrocytem a osoczem krwi w naczyniach oplatających pęcherzyki płucne.



Jony wodorowęglanowe napływają do erytrocytu – jony chlorkowe napływają do erytrocytu.



Jony wodorowęglanowe napływają do erytrocytu – jony chlorkowe wypływają z erytrocytu.



Jony wodorowęglanowe wypływają z erytrocytu – jony chlorkowe wypływają z erytrocytu.



Jony wodorowęglanowe wypływają z erytrocytu – jony chlorkowe napływają do erytrocytu.

Ćwiczenie 5

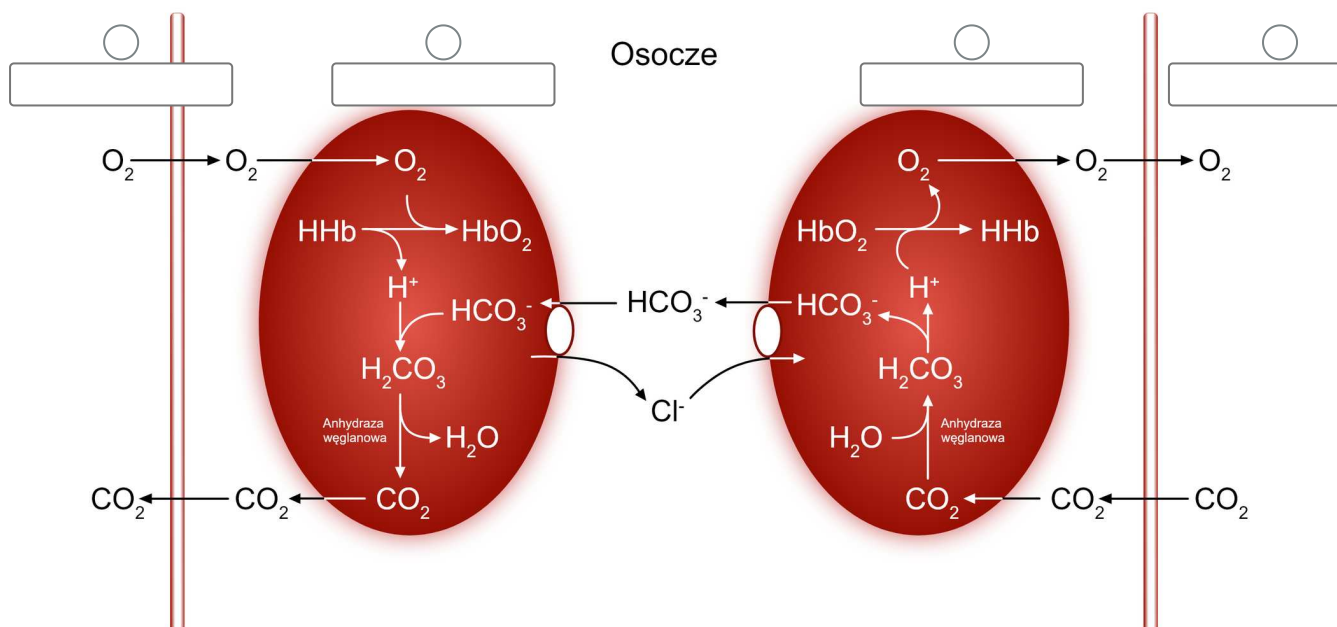


Wykaż związek między budową hemoglobiny a jej rolą w transporcie tlenu i dwutlenku węgla.

Ćwiczenie 6



Porównaj mechanizm transportu gazów oddechowych pomiędzy osoczem a erytrocytami i komórkami ciała w płucach i tkankach. Uzupełnij ilustrację, wstawiając opisy w odpowiednie miejsca.



erytrocyt w krwi tętniczej

tkanki

płuca

erytrocyt w krwi żylnej

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

Ćwiczenie 7



Wymień formy transportu gazów oddechowych, które nie zostały uwzględnione na ilustracji w zadaniu 6.

Ćwiczenie 8



Wykaż związek pomiędzy transportem tlenu przez hemoglobinę a transportem dwutlenku węgla z erytrocytów do osocza krwi żyłnej. Wykorzystaj informacje przedstawione na ilustracji w zadaniu 6.

Dla nauczyciela

Autor: Alicja Kasińska

Przedmiot: biologia

Temat: Transport gazów oddechowych w organizmie człowieka

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:

7) przedstawia rolę krwi w transporcie gazów oddechowych;

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:

k) przedstawia rolę krwi w transporcie gazów oddechowych,

Kształtowane kompetencje kluczowe:

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

Cele operacyjne:

Uczeń:

- określa nośniki tlenu i dwutlenku węgla w organizmie człowieka;
- wykazuje związek budowy hemoglobiny z rolą transportową gazów oddechowych;
- opisuje mechanizm transportu gazów oddechowych między erytrocytami, osoczem i komórkami ciała w płucach i tkankach.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm;
- problemowa.

Metody i techniki nauczania:

- rozmowa;
- analiza tekstu źródłowego;
- quiz;
- opracowanie schematu.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- komputery z dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- grafika interaktywna;
- ćwiczenia interaktywne;
- arkusze papieru, pisaki.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Nauczyciel zadaje pytania kluczowe:
 - Jaką rolę pełni tlen w organizmie człowieka?
 - Ile tlenu potrzebuje nasz organizm?
 - Jaki gaz powstaje w procesie oddychania?
2. Uczniowie wspólnie zastanawiają się nad odpowiedzią na pytania. Na zakończenie rozmowy czytają wstęp do e-materiału jako wprowadzenie do tematu lekcji.
3. Nauczyciel prosi uczniów o przeczytanie celów i wspólne sformułowanie tematu lekcji.

Faza realizacyjna:

1. Uczniowie zapoznają się z tekstem w sekcji „Przeczytaj” e-materiału. Następnie, pracując w parach, wykonują polecenia:

- Określ, w jakiej postaci transportowane są tlen i dwutlenek węgla w organizmie.
- Opisz przystosowania budowy hemoglobiny do transportu tlenu i dwutlenku węgla (ćwiczenie nr 5 w e-materiale).

2. Chętni uczniowie prezentują swoje odpowiedzi.

3. Uczniowie, korzystając z e-materiału, zapoznają się z przebiegiem procesu wiązania się tlenu z hemoglobiną oraz analizują tekst i wykres „Krzywa dysocjacji hemoglobiny”.

4. Uczniowie rozmawiają zainspirowani pytaniem aktywizującym: „Zastanów się i określ miejsca w organizmie człowieka, w których procentowe wysycenie hemoglobiny tlenem we krwi jest najniższe. Jak sądzisz, jakie stężenie dwutlenku węgla jest dla nich charakterystyczne?”. Wymieniają przykłady narządów i tkanek o niskim wysyceniu tlenem i dużej zawartości dwutlenku węgla, poddając swoje odpowiedzi ocenie koleżeńskiej.

5. Nauczyciel dzieli uczniów na czteroosobowe zespoły. Prosi uczniów o przeanalizowanie ilustracji z sekcji „Przeczytaj” e-materiału „Mechanizm transportu gazów oddechowych we krwi”. Każdy zespół opracowuje jedno z dwóch zagadnień:

- I zagadnienie: transport dwutlenku węgla z komórek do krwi;
- II zagadnienie: transport dwutlenku węgla z krwi do płuc.

6. Po opracowaniu zagadnień nauczyciel tworzy nowe grupy i miesza uczniów tak, aby w każdej z nowych grup było przynajmniej dwóch przedstawicieli z pierwotnej grupy. Uczniowie w nowych zespołach wykonują wspólny schemat dotyczący form transportu dwutlenku węgla.

7. Nauczyciel czuwa nad przebiegiem wykonywanego zadania. Wyjaśnia wątpliwości uczniów.

8. Na zakończenie nauczyciel w formie krótkiego quizu wyświetla na ekranie pojęcia związane z transportem gazów oddechowych i prosi uczniów o ich wyjaśnienie: oksyhemoglobina, karbaminohemoglobina, hemoglobina, karboksyhemoglobina.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie wykonują polecenia nr 1 i 2 do grafiki interaktywnej.
2. Uczniowie wykonują ćwiczenia nr 7 i 8. Odpowiedzi omawiają z nauczycielem.
3. Na zakończenie zajęć uczniowie formułują dokończenia zdania: „Po dzisiejszej lekcji chcę zapamiętać...”.
4. Nauczyciel podsumowuje zajęcia, ocenia pracę uczniów.

Praca domowa:

Wykonaj ćwiczenia od 1 do 4 oraz polecenie nr 3 zawarte w e-materiale.

Materiały pomocnicze:

- Neil A. Campbell i in., „*Biologia Campbella*”, tłum. K. Stobrawa i in., Rebis, Poznań 2019.
- „*Encyklopedia szkolna. Biologia*”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania grafiki interaktywnej:

Grafika interaktywna może zostać wykorzystana w fazie podsumowującej lekcji. Ostatnie polecenie można zaproponować uczniom zainteresowanym do wykonania w domu i zaprezentowania na kolejnej lekcji.

Grafika może być również użyta podczas lekcji:

- 421. Czynniki wpływające na aktywność układu oddechowego człowieka;
- 422. Mechanizm wentylacji płuc człowieka;
- 424. Regulacja akcji oddechowej u człowieka.