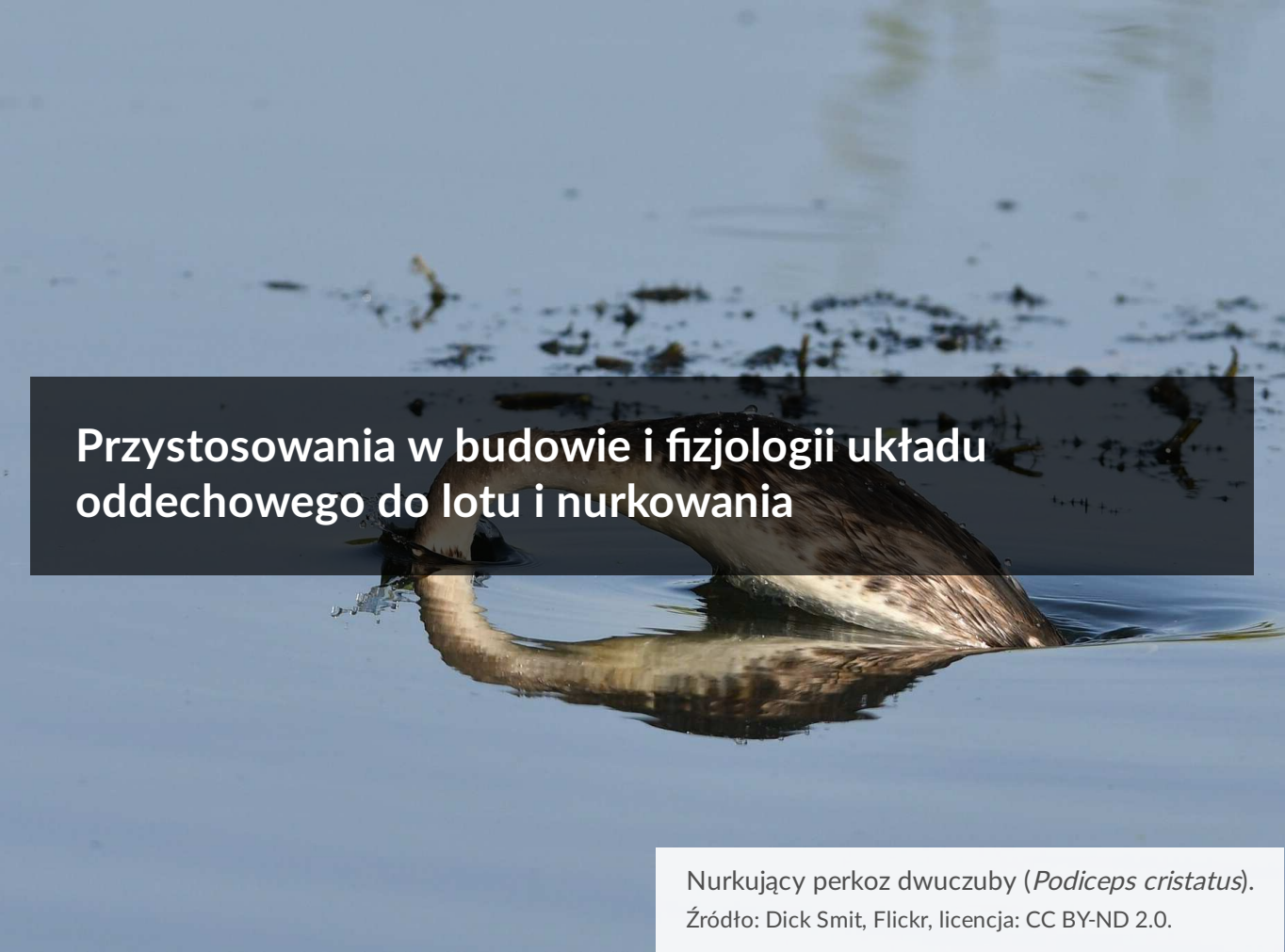




Przystosowania w budowie i fizjologii układu oddechowego do lotu i nurkowania

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



Przystosowania w budowie i fizjologii układu oddechowego do lotu i nurkowania

Nurkujący perkoz dwuczuby (*Podiceps cristatus*).

Źródło: Dick Smit, Flickr, licencja: CC BY-ND 2.0.

Lot i nurkowanie wymagają odpowiedniego przystosowania układu oddechowego do ich wykonywania. Układ oddechowy ptaków jest jednym z najbardziej skomplikowanych wśród wszystkich zwierząt – jego budowa pozwala zmniejszyć ciężar ciała ptaka oraz ułatwia oddychanie w czasie lotu. Natomiast układ oddechowy morskich ptaków i ssaków umożliwia im długotrwałe nurkowanie na jednym wdechu. Najdłużej potrafi nurkować wal Cuviera (*Ziphius cavirostris*) – do 137 min, z ptaków zaś pingwin cesarski (*Aptenodytes forsteri*) – ok. 20 min.

Twoje cele

- Omówisz przystosowania układu oddechowego zwierząt latających do lotu.
- Omówisz przystosowania układu oddechowego zwierząt nurkujących do nurkowania.
- Wyjaśnisz, dlaczego zarówno zwierzęta latające, jak i nurkujące potrzebują jak największej ilości tlenu przy każdym wdechu.

Przeczytaj

Układ oddechowy jest niezbędny do przeżycia. Jego ewolucja zachodziła wraz z ewolucją zwierząt – po ich wyjściu na ląd pęcherz pławny ryb dał początek płucom. Zwierzęta lądowe zaadaptowały się do oddychania tlenem atmosferycznym, dlatego nie są w stanie przeżyć w wodzie bez zapasu powietrza. Niektóre z nich, np. walenie, przystosowały się jednak wtórnie do środowiska wodnego. Nie wykształciły na nowo skrzeli, lecz ich układy oddechowe dostosowały swoje działanie do warunków życia w wodzie.

Również wykształcenie umiejętności latania – przez ptaki i nietoperze – wiązało się z wieloma zmianami anatomicznymi, także w budowie i fizjologii układu oddechowego.

Zwierzęta latające

Ptaki

Konieczność pokonania siły grawitacji sprawia, że lot to czynność wymagająca dużego wysiłku. Z tego powodu ptaki muszą dostarczyć do mięśni jak największą ilość tlenu. W tym celu wykształciły **podwójne oddychanie**.

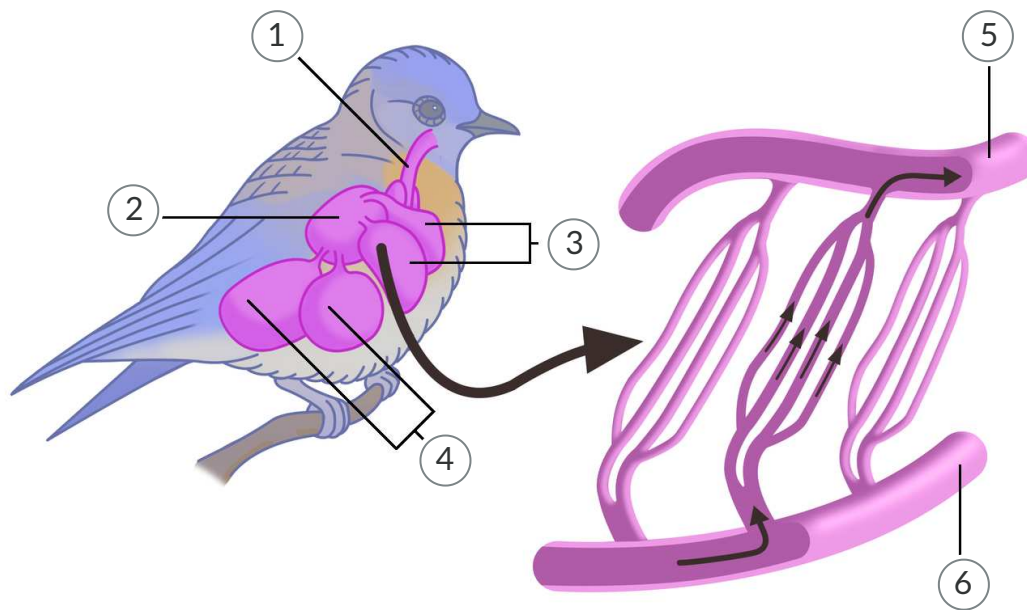
Mechanizm podwójnego oddychania polega na wtłaczaniu powietrza przy wdechu nie tylko do płuc, ale i do połączonych z nimi tylnych **worków powietrznych**. W płucach następuje wymiana gazowa, a zapas świeżego powietrza przechowywany jest w workach.

Jednocześnie do przednich worków przetłoczone zostaje zużyte powietrze z płuc. Przy kolejnym wydechu zużyte powietrze z przednich worków powietrznych jest usuwane na zewnątrz ciała. Zmagazynowane świeże powietrze z worków tylnych trafia natomiast do płuc, gdzie znów następuje wymiana gazowa. Mechanizm ten sprawia, że wymiana gazowa u ptaków następuje zarówno przy wdechu, jak i przy wydechu. Oznacza to stały dopływ tlenu do tkanek i stałe odbieranie z nich dwutlenku węgla, co pozwala mięśniom na intensywną, nieprzerwaną pracę konieczną do lotu.

Płuca ptaków to system bardzo dobrze ukrwionych rurek, w których powietrze może przepływać wyłącznie w kierunku od tyłu do przodu. Są niewielkie, a także sztywne, co sprawia, że nie zmieniają objętości podczas wymiany gazowej – gdyby nie to, przy wydechu ich objętość bardzo by się zmniejszała i podwójne oddychanie stałoby się nieefektywne (nie byłby wówczas możliwy przepływ powietrza w jednym kierunku).

Układ oddechowy ptaków ułatwia im lot również w inny sposób. Worki powietrzne wnikały do niektórych kości, co skutkuje zmniejszeniem masy ciała ptaka, a także

chroni go przed wychłodzeniem i urazami mechanicznymi (powietrze działa tu jednocześnie jako izolacja i amortyzacja).



1

Tchawica

2

Płuca

3

Worki powietrzne przednie

4

Worki powietrzne tylne

5

Oskrzele II-rzędowe

Oskrzele II-rzędowe

Płuca ptaków mają budowę rurkową. Drobne oskrzela tworzące system odgałęzień oskrzeli głównych układają się równolegle względem siebie.

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

Nietoperze

Zwierzęta nurkujące

Walenie

Poza brakiem tlenu atmosferycznego środowisko wodne charakteryzuje się jeszcze jedną właściwością, do której w toku ewolucji musiały się przystosować walenie – ciśnieniem wzrastającym wraz z głębokością i osiągającym bardzo wysokie wartości. By płuca tych ssaków nie zostały zgniecione, mają objętość proporcjonalnie mniejszą niż u zwierząt lądowych.

Jednak mniejsza objętość płuc skutkuje mniejszym zapasem powietrza możliwym do zabrania pod wodę. Aby to zrekompensować, większa ilość tlenu magazynowana jest w tkankach – z tego powodu krew waleni zawiera, w przeliczeniu na kilogram masy ciała, kilkukrotnie więcej [hemoglobiny](#) i [mioglobiny](#) niż u ludzi.



Kaszalot spermacetowy (*Physeter macrocephalus*) nurkuje na głębokość nawet 1500 m, podczas gdy okręty podwodne implodują już na kilkuset metrach pod powierzchnią.

Źródło: Gabriel Barathieu, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 2.0.

Foki

Słownik

hemoglobina

czzerwony, zawierający żelazo barwnik białkowy rozpuszczony w osoczu krwi (np. u pijawek) lub znajdujący się w erytrocytach (u kręgowców); zdolny do przenoszenia tlenu i dwutlenku węgla w organizmie dzięki nietrwałemu łączeniu się z nimi

implozja

zjawisko polegające na zgnieceniu danego obiektu przez panujące wokół niego bardzo wysokie ciśnienie, znacznie przekraczające wartość ciśnienia w jego wnętrzu

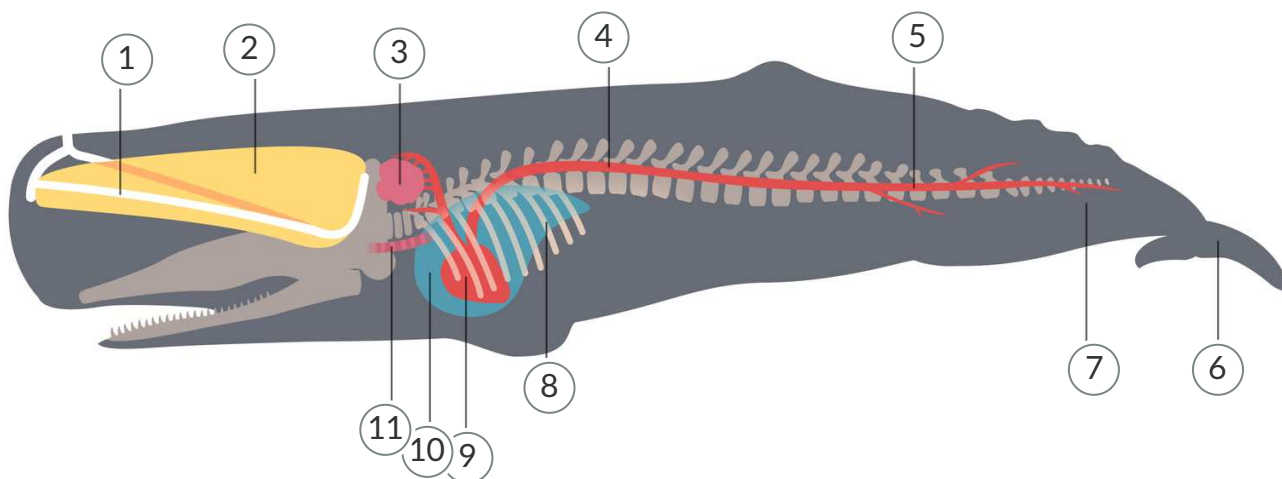
mioglobina

białko odbierające tlen z krwi i magazynujące go w mięśniach szkieletowych oraz mięśniu sercowym

worki powietrzne

uchyłki dróg oddechowych u ptaków; stanowią system komór wypełniających się powietrzem i magazynujących je; działają też jako amortyzatory i izolatory termiczne

Przystosowania kaszalota spermacetowego do nurkowania



1

Przewody nosowe

Podczas nurkowania zimna woda wypełnia przewody nosowe, ochładzając spermacet. W efekcie zwiększa on swoją gęstość, co pomaga przy zanurzaniu się. Po usunięciu wody z przewodów nosowych spermacet ogrzewa się pod wpływem ciepła ciała kaszalota. Staje się wówczas mniej gęsty, a to ułatwia wynurzenie.

2

Spermacet

Półpłynna substancja występująca w głowie kaszalota, w zbiorniku nad prawym przewodem nosowym. Dzięki zmianom swojej gęstości pomaga kaszalotowi w nurkowaniu.

3

Mózg

Krew dopływająca do mózgu jest filtrowana przez specjalne naczynia krwionośne, tworzące tzw. sieć dziwną, która otacza mózg kaszalota.

4

Duże naczynia krwionośne

Kiedy obniża się poziom tlenu we krwi, dochodzi do centralizacji krążenia (zapewniony jest dopływ tlenu do mózgu i innych dużych organów).

5

Mniejsze naczynia krwionośne

Kaszałot ma dużą objętość krwi krążącej, bogatej w hemoglobinę, dzięki czemu tlen może być dostarczany do całego ciała.

6

Płetwa

Jest dwupłatowa i ma dużą powierzchnię, dzięki czemu kaszałot sprawnie się porusza i zanurza.

7

Mięśnie

Zawierają mioglobinę. Magazynuje ona tlen, na który znacząco wzrasta zapotrzebowanie podczas nurkowania.

8

Żebra

Ruchoma klatka żebrowa pozwala na łatwe zapadanie się płuc podczas nurkowania, co ogranicza pobieranie azotu.

9

Serce

Przy zanurzaniu tętno zwalnia i dochodzi do chwilowej bradykardii.

10

Płuca

Płuca są narządem wymiany gazowej, która zachodzi efektywnie dzięki ich dużej objętości.

11

Tchawica

Do sztywnej tchawicy z zapadniętych płuc ucieka gaz – przede wszystkim azot – co zapobiega jego wchłanianiu do krwi.

Budowa kaszalota spermacetowego (*Physeter macrocephalus*).

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

Polecenie 1

Przeanalizuj grafikę interaktywną i podaj dwa przykłady przystosowania narządów kaszalota do nurkowania.

Polecenie 2

Wyjaśnij, w jaki sposób zmiany gęstości spermacetu ułatwiają kaszalotowi nurkowanie i wynurzenie się.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz prawidłową odpowiedź. Implozja to...

- ☐ zagnieżdżenie się zarodka ssaków (z wyjątkiem stekowców) i człowieka w błonie śluzowej macicy w początkowej fazie ciąży.
- ☐ zjawisko polegające na zgnieceniu danego obiektu przez panujące wokół niego bardzo wysokie ciśnienie, znacznie przekraczające wartość ciśnienia w jego wnętrzu.
- ☐ wybuch następujący w wyniku gwałtownego przebiegu reakcji chemicznych lub łańcuchowych reakcji jądrowych.

Ćwiczenie 2



Z jakiej części ciała ryb powstały płuca zwierząt lądowych?

- ☐ Z gardzieli
- ☐ Z wieczek skrzelowych
- ☐ Ze skrzeli
- ☐ Z pęcherza pławnego

Ćwiczenie 3



Zaznacz prawdziwe stwierdzenia na temat przystosowań fok do nurkowania.

☐ W płucach fok przechowywane jest 36% tlenu, natomiast we krwi – 51%.

☐ Odruch nurkowania polega na automatycznym podwyższeniu tętna, kiedy zwierzę nurkuje.

☐ W płucach fok przechowywane jest 5% tlenu, natomiast we krwi – 70%.

☐ Odruch nurkowania polega na automatycznym obniżeniu tętna, kiedy zwierzę nurkuje.

Ćwiczenie 4



U szereguj w odpowiedniej kolejności etapy podwójnego oddychania u ptaków – od jednego wdechu do drugiego.

Jednocześnie do przednich worków powietrznych przetłoczone zostaje zużyte powietrze z płuc. 

W płucach następuje wymiana gazowa, a zapas świeżego powietrza przechowywany jest w tylnych workach. 

Przy wydechu zużyte powietrze z worków przednich zostaje usunięte na zewnątrz. 

Zmagazynowane świeże powietrze z worków tylnych trafia do płuc, gdzie znów następuje wymiana gazowa. 

Przy wdechu powietrze jest wtłaczane do płuc i tylnych worków powietrznych. 

Ćwiczenie 5



Pingwin cesarski (*Aptenodytes forsteri*) może spędzić pod wodą ponad 20 minut na jednym wdechu. Podczas nurkowania stosuje jedną z dwóch dostępnych mu strategii gospodarowania tlenem. W pierwszej dopływ krwi do mięśni zostaje całkowicie odcięty, w drugiej zmniejsza się ukrwienie narządów wewnętrznych i cała utlenowana krew zostaje przekierowana do mięśni.

Na podstawie powyższych informacji oraz własnej wiedzy przyporządkuj podane opisy do odpowiedniej strategii gospodarowania tlenem u pingwina cesarskiego: pierwszej lub drugiej.

Strategia pierwsza

Pingwin musi szybciej wynurzać się z wody.

Pingwin korzysta z zasobów tlenu zmagazynowanych przez mioglobinę.

Strategia druga

Utrzymuje się dotlenienie serca i mózgu.

Ta strategia zmniejsza ukrwienie narządów wewnętrznych, dotleniając mięśnie.

Wskutek powstającego kwasu mlekowego zwierzę musi długo odpoczywać.

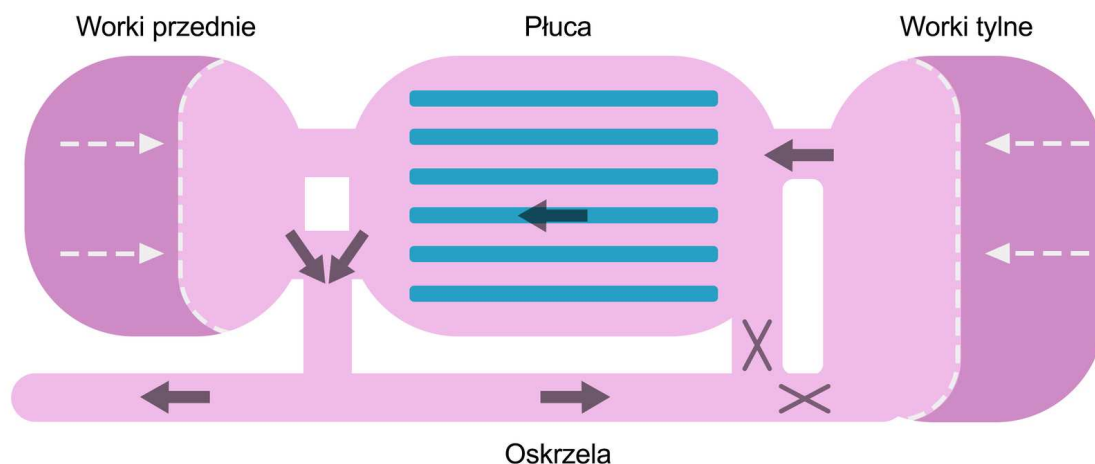
Po pewnym czasie pingwin przechodzi na oddychanie beztlenowe.

Zwierzę korzysta z tej strategii podczas pogoni za ławicą ryb.

Ćwiczenie 6



U ptaków zarówno przy wdechu, jak i wydechu przez płuca przepływa świeże powietrze. Na schemacie przedstawiono jeden z etapów oddychania u tych zwierząt.



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

Na podstawie analizy schematu zaznacz prawidłowe dokończenie zdania oraz właściwe uzasadnienie.

Na schemacie przedstawiono ☐ wdech ☐ wydech ☐ ,

ponieważ

wejście z oskrzeli głównych do worków wdechowych jest zamknięte ☐

wejście z oskrzeli do płuc jest otwarte ☐

wejście z oskrzeli głównych do worków wydechowych jest otwarte ☐ ,

a

świeże powietrze tłoczone jest do płuc i worków przednich ☐

zużyte powietrze magazynowane jest w workach przednich ☐

niezużyte powietrze z worków tylnych przechodzi do płuc ☐ .



Na każdej wysokości tlen zajmuje ok. 21% objętości powietrza. Wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza powietrze staje się rzadsze i chłodniejsze. Maleje ciśnienie atmosferyczne oraz ciśnienie parcjalne tlenu.

Przy ciśnieniu powietrza na poziomie morza równym 760 mm Hg ciśnienie parcjalne tlenu wynosi 159 mm Hg. Na wysokości 5000 m n.p.m. ciśnienie powietrza wynosi 390 mm Hg, a ciśnienie parcjalne – 82 mm Hg. W takich warunkach swobodna dyfuzja tlenu z pęcherzyków do krwi jest ograniczona (maleje gradient ciśnień parcjalnych tlenu). Powyżej 5800 m n.p.m. długotrwałe przebywanie człowieka bez dodatkowej porcji tlenu nie jest możliwe.

Wyjaśnij, dlaczego ludzie z trudem pobierają tlen, gdy wspinają się na najwyższe szczyty Himalajów, a gęsi tybetańskie bez problemu przelatują nad szczytami Himalajów na wysokości ok. 9000 m n.p.m.

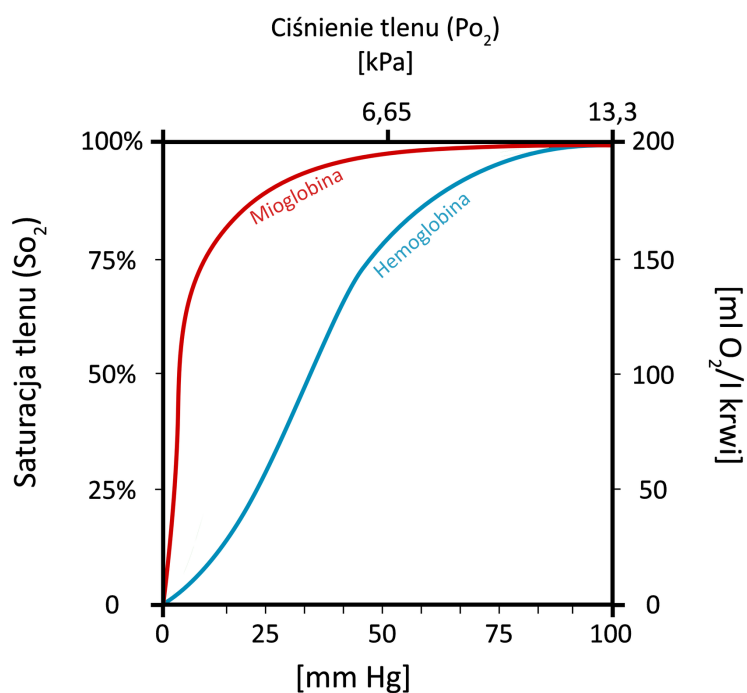
W odpowiedzi uwzględnij mechanizm podwójnego oddychania oraz różnicę ciśnień parcjalnych tlenu w pęcherzykach płucnych i krwi ptaka.

Ćwiczenie 8



Mioglobina jest białkiem występującym w mięśniach poprzecznie prążkowanych. Podobnie jak hemoglobina ma zdolność nietrwałego wiązania tlenu. W tkance mięśniowej poprzecznie prążkowanej stanowi jego magazyn.

Na wykresie przedstawiono powinowactwo hemoglobiny i mioglobiny do tlenu.



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

Wyjaśnij, jakie znaczenie dla zwierząt aktywnie pływających i nurkujących ma duża zawartość mioglobiny w mięśniach. W odpowiedzi uwzględnij rolę mioglobiny oraz informacje przedstawione na wykresie.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Przystosowania w budowie i fizjologii układu oddechowego do lotu i nurkowania

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

Podstawa programowa:

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:

c) podaje przykłady narządów wymiany gazowej, wskazując grupy zwierząt, u których występują,

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 przystosowania układu oddechowego zwierząt latających do lotu.
- Omówisz przystosowania układu oddechowego zwierząt nurkujących do nurkowania.
- Wyjaśnisz, dlaczego zarówno zwierzęta latające, jak i nurkujące potrzebują jak największej ilości tlenu przy każdym wdechu.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- prezentacja;
- analiza grafiki interaktywnej;
- gra dydaktyczna;
- mapa pojęć;
- analiza tekstu źródłowego.

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. Uczniowie zapoznają się z treścią w sekcji „Przeczytaj”.
2. Dwóch chętnych uczniów pozyskuje samodzielnie informacje dotyczące przystosowań w budowie zwierząt do nurkowania i latania i przygotowuje prezentacje na ten temat. Prezentacje powinny obejmować materiał ilustracyjny (i ewentualnie filmowy) spoza e-materiału.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla cele zajęć z sekcji „Wprowadzenie”, a następnie wspólnie z uczniami ustala kryteria sukcesu.

Faza realizacyjna:

1. **Prezentacje uczniów.** Część właściwa lekcji zaczyna się od prezentacji efektów pracy w domu wybranych uczniów. Pozostali uczniowie zadają pytania prezentującym oraz uzupełniają informacje.
2. **Praca z treścią e-materiału.** Uczniowie dzielą się na grupy i na podstawie przeczytanego tekstu oraz informacji przedstawionych podczas prezentacji układają pytania do quizu dla innych zespołów. Nauczyciel wraz z uczniami określa zasady rywalizacji i punktowania dobrych odpowiedzi (np. gra na czas lub na liczbę

poprawnych odpowiedzi). Następnie przygotowana gra zostaje przeprowadzona w klasie. Nauczyciel lub wybrany uczeń dba o prawidłowy przebieg quizu zgodnie z wcześniejszymi ustaleniami. Nauczyciel ogłasza zwycięską grupę.

3. **Praca z multimedium („Grafika interaktywna”).** Nauczyciel wyświetla grafikę interaktywną i wspólnie z uczniami dokonuje jej analizy. Prosi podopiecznych, by pracując w parach, wyjaśnili, w jaki sposób zmiany gęstości spermacetu ułatwiają kaszalotowi nurkowanie i wynurzanie się. Następnie uczniowie konsultują swoje rozwiązania z inną, najbliższą siedzącą parą.
4. Uczniowie w parach, inspirowani grafiką interaktywną przedstawiającą przystosowania kaszalota spermacetowego do nurkowania, wykonują rysunek przedstawiający budowę dowolnego zwierzęcia latającego i wskazują na nim elementy stanowiące przystosowania do latania.
5. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie w parach wykonują ćwiczenie nr 7 (w którym mają za zadanie wyjaśnić – w odniesieniu do tekstu źródłowego – dlaczego ludzie z trudem pobierają tlen, gdy wspinają się na najwyższe szczyty Himalajów, a gęsi tybetańskie przelatują na wysokości ok. 9000 m n.p.m., z uwzględnieniem mechanizmu podwójnego oddychania oraz różnicy ciśnień parcjalnych tlenu w pęcherzykach płucnych i krwi ptaka) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie porównują swoje odpowiedzi z najbliższymi sąsiadami. Nauczyciel w razie trudności naprowadza podopiecznych na właściwe rozwiązania lub wyjaśnia wątpliwości.

Faza podsumowująca:

1. Klasa wspólnie wykonuje mapę pojęć podsumowującą zajęcia.
2. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”. W tym kontekście dokonuje podsumowania najważniejszych informacji przedstawionych na lekcji oraz wyjaśnia wątpliwości uczniów.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 1 do 6 z sekcji „Sprawdź się”.

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.

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Multimedia zamieszczone w sekcji „Grafika interaktywna” można wykorzystać w fazie wstępnej zajęć, w celu wzbudzenia zaciekawienia uczniów.