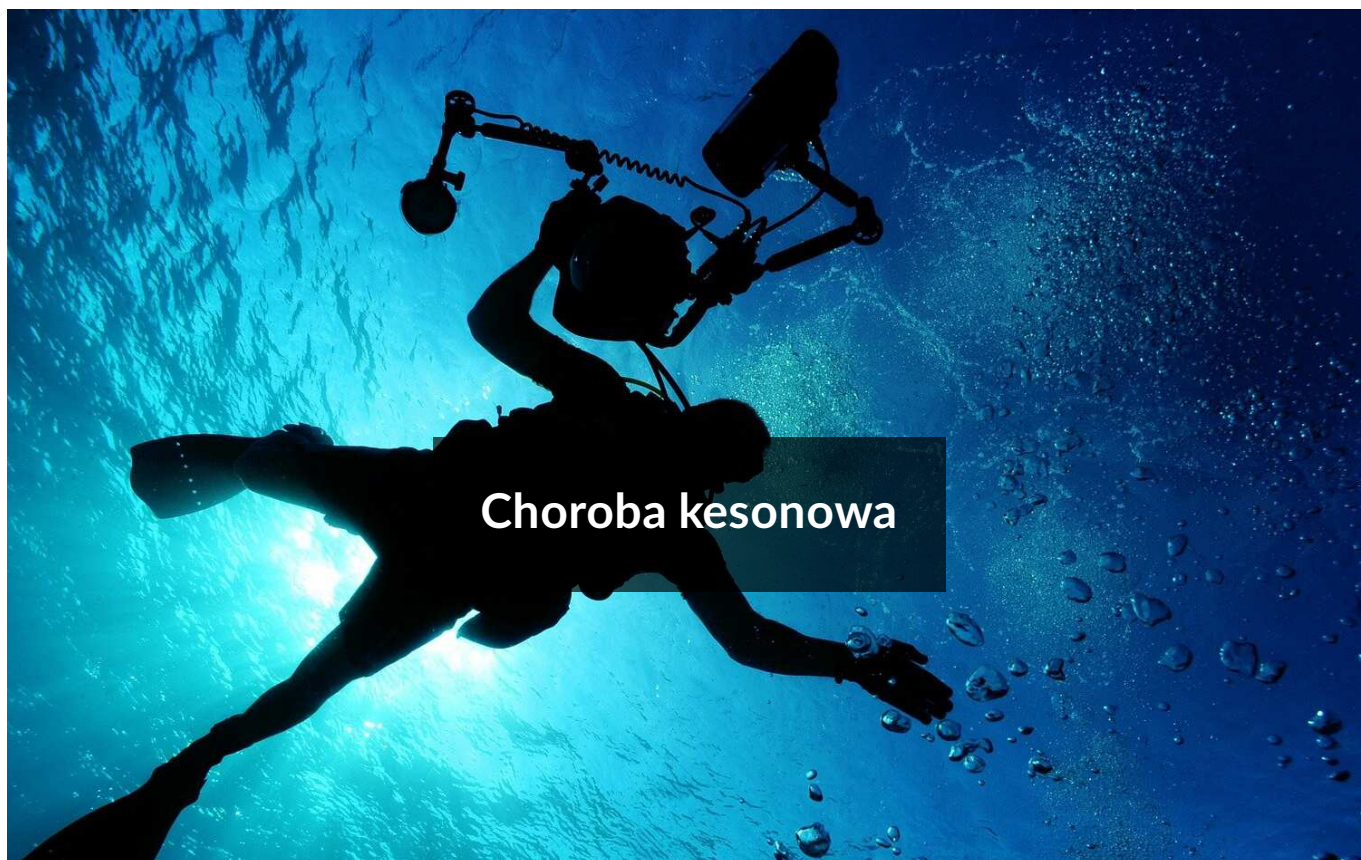




Choroba kesonowa

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



Choroba kesonowa, inaczej dekompresyjna, jest też nazywana „chorobą nurków”. Grozi również pilotom samolotów i górnikom.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Nazwa choroby pochodzi od kesonów: żelbetowych lub stalowych skrzyń o szczelnych ścianach, ale bez dna. Używano ich do prac na głębokościach, np. przy budowie tam i mostów. Opuszczano je na dno, żeby umożliwić ludziom pracę na podłożu. Wysokie ciśnienie wewnątrz zapewniało szczelność i uniemożliwiało napływ wody do skrzyni. W momencie wynurzania dochodziło do gwałtownego spadku ciśnienia oddziałującego na organizm. Wywoływało to wiele niepokojących dolegliwości, które z czasem połączono z właściwą przyczyną.

Choroba kesonowa to zespół objawów o różnym nasileniu, które pojawiają się po narażeniu organizmu na gwałtowną zmianę ciśnienia zewnętrznego z wysokiego na niskie. Objawy mogą wystąpić nawet kilkadziesiąt godzin później.

Twoje cele

- Przedstawisz przyczyny choroby kesonowej.
- Opisziesz objawy i możliwe skutki choroby kesonowej.
- Poznasz metodę leczenia choroby kesonowej.

Przeczytaj

Choroba kesonowa – historia obserwacji objawów



Nazwy „choroba kesonowa” po raz pierwszy użył dr Andrew Smith, który w latach 1871–1873 opisał ponad 100 przypadków schorzenia występującego u robotników, którzy pracowali przy utwardzaniu gruntu pod fundamenty Mostu Brooklińskiego w Nowym Jorku.

Źródło: Kbh3rd, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Nie nazywając choroby, niektóre jej objawy, opisał już w 1670 roku angielski biolog Robert Boyle. Oglądał oczy węża, którego poddawał sprężaniu i rozprężaniu. Zauważył w nich rosnące pęcherzyki gazu. Kolejne adnotacje dotyczące choroby dekompresyjnej pojawiły się w 1841 roku, kiedy francuscy górnicy zaczęli pracować w pierwszej na świecie kopalni, w której w sztuczny sposób zwiększono ciśnienie powietrza, aby uchronić tunele przed zalewaniem wodą gruntową.

Przyczyna i skala dolegliwości

W mieszaninie gazów, którą oddychamy, jest 21 proc. tlenu i 78 proc. azotu. Na dużej głębokości na organizm działa wysokie ciśnienie hydrostatyczne. Wzrost tego ciśnienia wywołuje zwiększenie rozpuszczalności gazów we krwi i ich zwiększoną penetrację do tkanek. W związku z tym, że azotu w mieszaninie oddechowej jest bardzo dużo, znaczna jego część również odkłada się w tkankach.

Gdy ciśnienie zewnętrzne zaczyna gwałtownie spadać, opisane wyżej procesy zachodzą w sposób odwrotny. Zgodnie z [prawem Henry'ego](#), jeśli ciśnienie gazu nad lustrem płynu zostaje zmniejszone, ilość gazu rozpuszczonego w płynie ulega zmniejszeniu. Nagle spada

rozpuszczalność gazów, spada też **ciśnienie parcjalne** azotu w pęcherzykach płucnych. Te gazy, które w dużej ilości uwolniły się i rozpuściły w tkankach, wydzielają się teraz w ciele nurka w postaci pęcherzyków. Zbierają się we krwi i tkankach powodując mechaniczne uszkodzenia tkanek oraz niszczenie ścian naczyń krwionośnych.

Substancją gromadzącą się w tkankach jest w większości azot, a proces ten nazywa się **desaturacją**. Czasem pęcherzyki gazu stają się materiałem zatorowym, który zwęża lub zamyka światło naczynia. Jeżeli dochodzi do zamknięcia naczynia, zaburzone są procesy dostarczania do niego tlenu, a co za tym idzie – dochodzi do martwicy tkanek. Jeżeli natomiast powrót do ciśnienia atmosferycznego (**dekompresja**) odbywa się stopniowo, nie obserwuje się żadnych szkodliwych dla organizmu efektów tego procesu.



Siłę gwałtownej dekompresji można zaobserwować przy otwieraniu butelki z napojem gazowanym. Przy odkręcaniu nakrętki można usłyszeć ulatniający się gaz i dostrzec tworzące się pęcherzyki dwutlenku węgla w całej objętości napoju. Pęcherzyki gazu powstają w wyniku nagłego zmniejszenia ciśnienia w butelce, do wartości ciśnienia atmosferycznego.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.



Przygotowania do wejścia do kabiny dekompresyjnej.

Efektem nagłego spadku ciśnienia, którym oddychamy (np. podczas szybkiego wynurzenia bez przystanków dekompresyjnych), jest powstawanie w tkankach i we krwi pęcherzyków azotu, co powoduje objawy choroby dekompresyjnej (ostra choroba kesonowa).

Do objawów pojawiających się po 10–30 minutach od wynurzenia zalicza się silny ból (szczególnie w okolicach stawów), świąd i objawy neurologiczne, m.in. **parestezje**. Pęcherzyki pojawiające się w naczyniach krwionośnych mogą prowadzić do niedrożności tętnic rdzenia kręgowego i mózgowych.

Jeśli nie zostanie wprowadzone leczenie, w najcięższych przypadkach dochodzi do uszkodzenia rdzenia kręgowego, niewydolności oddechowej, uogólnionego paraliżu, a nawet śmierci.

Leczenie polega na szybkiej rekompresji w komorze ciśnieniowej, po której pacjenta poddaje się stopniowej, powolnej dekompresji. W większości przypadków obserwuje się całkowity powrót do zdrowia. Jednak u części pacjentów dochodzi do trwałych zmian neurologicznych, zmian zwyrodnieniowych stawów czy martwicy kości.

Źródło: Wikimedia Commons, domena publiczna.

Słownik

bóle stenokardialne

inaczej wieńcowe. Pojawiają się w klatce piersiowej w wyniku zwężenia naczynia wieńcowego, przez które do serca nie może zostać dostarczona odpowiednia ilość krwi
ciśnienie parcjalne (ciśnienie cząsteczkowe)

ciśnienie, jakie wywiera dowolny gaz w mieszaninie gazów (na przykład ciśnienie wywoływane przez tlen w atmosferze)

dekompresja

zmiana wartości ciśnienia gazu z wysokiej na niską

desaturacja

wydzielenie się gazu z jego roztworu nasyconego. W medycynie: stan obniżonej saturacji krwi tlenem

parestezje

inaczej czucie opaczne, nieprawidłowe wrażenia czuciowe w postaci mrowienia, drętwienia, uczucia „przebiegającego prądu”, występujące najczęściej w dłoniach, stopach oraz w okolicy twarzy

prawo Henry'ego

prawo określające zależność rozpuszczalności gazu w cieczy od ciśnienia.

Rozpuszczalność gazów w cieczach spada wraz ze wzrostem temperatury i obniżaniem ciśnienia, a rośnie wraz z obniżaniem temperatury i wzrostem ciśnienia

rekompresja

zmiana wartości ciśnienia gazu z niskiej na wysoką

świąd

nieprzyjemne odczucie skórne wywołujące chęć drapania

Choroba kesonowa

Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1I0XW1P4QP5n>

Choroba kesonowa.

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

Film opowiadający o chorobie kesonowej.

Polecenie 1

Na podstawie animacji wyjaśnij, na czym polega patomechanizm rozwoju choroby kesonowej.

Polecenie 2

Odnosząc się do treści animacji, przedstaw objawy choroby kesonowej.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Choroba kesonowa związana jest z odkładaniem się w tkankach i naczyniach krwionośnych:

☐ nieprawidłowych białek

☐ azotu

☐ toksycznych produktów przemiany materii

☐ wody

Ćwiczenie 2



Oceń i zaznacz czy podane stwierdzenia są prawdziwe, czy fałszywe.

	Prawda	Fałsz
Inna nazwa choroby kesonowej to choroba dekompresyjna.	☐	☐
Objawy choroby kesonowej pojawiają się zawsze maksymalnie do 10 minut od zadziałania czynnika wywołującego.	☐	☐
Nazwa „choroba kesonowa” pochodzi od skrzyń o szczelnych ścianach i wysokim ciśnieniu wewnątrz, w których zamykano robotników, aby mogli pracować pod wodą.	☐	☐

Ćwiczenie 3



Spośród poniższych stwierdzeń zaznacz wszystkie, które są poprawnym dokończeniem podanego zdania.

Choroba dekompresyjna może wystąpić w sytuacji, kiedy:

- ☐ alpinista zbyt szybko wspina się na duże wysokości, bez zastosowania przystanków aklimatyzacyjnych
- ☐ górnik bez odpowiedniego skafandra schodzi do szybu kopalnianego
- ☐ samolot po wystartowaniu zbyt szybko obniży ciśnienie w środku kabiny
- ☐ nurek zbyt szybko wynurzy się na powierzchnię, bez zastosowania przystanków dekompresyjnych
- ☐ robotnik opuszcza kopalnię, do której wpompowano powietrze w celu pozbycia się wody

Ćwiczenie 4



Połącz prawidłowo pojęcia z odpowiadającymi im definicjami.

dekompresja

zmiana wartości ciśnienia gazu
z wysokiej na niską

ciśnienie parcjalne

stosunek ciśnienia całkowitego gazu
pomnożony przez ułamek, jaki
reprezentuje dany gaz w całkowitej
objętości mieszaniny gazowej

rekompresja

zmiana wartości ciśnienia gazu z niskiej
na wysoką

ciśnienie hydrostatyczne

ciśnienie, jakie wywiera na otaczające
ciała ciecz nie będąca w ruchu

ciśnienie atmosferyczne

stosunek wartości siły, z jaką słup
powietrza atmosferycznego naciska na
powierzchnię planety, do powierzchni,
na jaką ten słup naciska

Ćwiczenie 5



Przyporządkuj objawy choroby dekompresyjnej do odpowiedniej grupy.

objawy wczesne

zawroty głowy, wymioty,
nudności

jąłowa martwica kości

późne powikłania

zaburzenia mowy, widzenia lub
słuchu

świąd skóry

przetrwałe porażenie,
niedowłady

bóle kości, stawów, mięśni

zmiany zwyrodnieniowe stawów

zmiany skórne – wysypka,
obrzęk

problemy z oddychaniem –
płytki oddech, obrzęk płuc

wtórne uszkodzenia tkanek

osłabienie siły mięśniowej

napadowy kaszel

Ćwiczenie 6



Uzupełnij tekst, zaznaczając prawidłowe stwierdzenia.

Choroba dekompresyjna pojawia się, jeżeli nurek zbyt szybko ☐ zanurza się w wodzie ☐ wynurza się na powierzchnię ☐. Dochodzi wówczas do gwałtownego ☐ zwiększenia ☐ zmniejszenia ☐ się ciśnienia otoczenia względem wewnętrznego ciśnienia płynów ustrojowych i tkanek nurka. Zgodnie z prawem ☐ Daltona ☐ ☐ Henry'ego ☐, jeśli ciśnienie gazu nad lustrem płynu zostaje zmniejszone, ilość gazu rozpuszczonego w płynie ulega ☐ zmniejszeniu ☐ ☐ zwiększeniu ☐. W ciele nurka następuje wówczas uwolnienie ☐ pęcherzyków gazu ☐ ☐ kropelek płynu ☐. Zbierają się one we krwi i tkankach i uszkodzają wszystko w swoim otoczeniu. Substancją gromadzącą się jest w większości ☐ azot ☐ ☐ tlen ☐. Proces ten nazywany jest ☐ resaturacją ☐ ☐ desaturacją ☐. Najczęściej dochodzi do mechanicznego uszkodzenia naczyń krwionośnych i ☐ zatorów gazowych ☐ ☐ zacieków płynnych ☐, co powoduje niedotlenienie i obumarcie komórek w całym organizmie.



Wśród objawów choroby dekompresyjnej wymienia się najczęściej objawy kostno-stawowe, skórne, płucne, sercowe i neurologiczne. Typ I choroby dekompresyjnej (najczęściej z dyskretnymi objawami subiektywnymi) powiązano z wydzielaniem się zewnątrznaczyniowych pęcherzyków azotu. Dla tego typu choroby dekompresyjnej typowe są objawy kostno-stawowe (dyskretnie dolegliwości bólowe w obrębie dużych stawów) oraz niespecyficzne objawy skórne (świąd, zaczerwienienie, marmurkowatość skóry).

Za wystąpienie typu II choroby dekompresyjnej (cięższe przypadki wymagające zazwyczaj pomocy medycznej) odpowiada wydzielanie się wewnątrznaczyniowych pęcherzyków azotu. W postaci krążeniowo-oddechowej typu II choroby dominują spłylenie oddechu, duszność, objawy zatorowości płuc, bóle w klatce piersiowej, zaburzenia rytmu serca, objawy przetłomu nadciśnieniowego, a nawet wstrząs kardiogeny.

Z kolei w postaci neurologicznej na pierwszy plan wysuwają się objawy uszkodzenia rdzenia kręgowego (osłabienie siły mięśniowej lub porażenie kończyn, zaburzenia czucia, porażenie zwieraczy) lub objawy uszkodzenia mózgu (zaburzenia osobowości, afazje, objawy ogniskowe, zaburzenia oddechu i krążenia).

Źródło: Wieloogniskowa, kostna manifestacja choroby dekompresyjnej u zawodowego pilota – opis przypadku. Medycyna Pracy 2013;64(2):273–279, Anna Kuśmierska, Paweł Gać, Marcin Szymański, Mariusz Bienias, Irena Plucińska, Wojciech Wodzisławski, Przemysław Jaźwiec

Na podstawie podanego tekstu określ, który typ choroby dekompresyjnej wiąże się z większym zagrożeniem dla życia i zdrowia nurka. Odpowiedź uzasadnij.



Hiperbaryczną terapią tlenową (HBO) nazywamy inhalację pacjenta czystym tlenem z użyciem ciśnienia 2. do 3. atmosfer absolutnych [...]. Tlen dostarczany jest pacjentowi zarówno poprzez umieszczenie go w atmosferze czystego tlenu w komorach jednomiejscowych, jak i poprzez zastosowanie masek i kapturów tlenowych w komorach wielomiejscowych, gdzie pacjenci przebywają w atmosferze powietrznej. Obydwa te sposoby powodują wzrost ciśnienia parcjalnego tlenu w płucach, znaczny wzrost jego stężenia w osoczu na zasadzie fizycznego rozpuszczania się w ilościach do 20. razy większych niż w warunkach normobarycznych. Przyczynia się to do znacznego zwiększenia promienia dyfuzji tlenu z naczyń włosowatych do otaczających je niedotlenionych tkanek.

Źródło: Aktualne wskazania i możliwości zastosowania hiperbarycznej terapii tlenowej, Marek Kawecki, Grzegorz Knefel, Bożena Szymańska, Mariusz Nowak, Aleksander Sieroń, Balneologia Polska 4/2006

Określ, w jakim celu stosuje się hiperbaryczną terapię tlenową u chorych z chorobą dekompresyjną. W odpowiedzi uwzględnij dwie drogi transportu tlenu do tkanek, które są możliwe dzięki użyciu metody hiperbarycznej.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Choroba kesonowa

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:

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):

- Przedstawisz przyczyny choroby kesonowej.
- Opiszysz objawy i możliwe skutki choroby kesonowej.
- Poznasz metodę leczenia choroby kesonowej.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- analiza animacji;
- śniegowa kula;
- 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;
- telefony z dostępem do internetu.

Przed lekcją:

1. Uczniowie zapoznają się z treścią w sekcji „Przeczytaj”.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji oraz cele zajęć, omawiając lub ustalając razem z uczniami kryteria sukcesu.
2. **Wprowadzenie do tematu.** Nauczyciel prowadzi pogadankę, zadając pytania:
 - Jakie zjawisko zachodzi podczas otwierania butelki z napojem gazowanym? Na czym ono polega i jaki ma związek z chorobą kesonową?

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Animacja”).** Nauczyciel wyświetla na tablicy interaktywnej lub za pomocą rzutnika multimedium zawarte w sekcji „Animacja”. Uczniowie odczytują polecenie nr 2 („Odnosząc się do treści animacji, przedstaw objawy choroby kesonowej”) i wykonują je w parach. Następnie dzielą się swoimi odpowiedziami na forum klasy.
2. **Kula śniegowa.** Nauczyciel informuje uczniów, że będą pracować metodą kuli śniegowej, poszukując w udostępnionym e-materiale odpowiedzi na następujące pytania:

- Jakie są przyczyny choroby kesonowej?
- Jakie są możliwe skutki choroby kesonowej?
- Jakie istnieją metody leczenia choroby kesonowej?

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. Utrwalenie wiedzy i umiejętności. Uczniowie w parach wykonują ćwiczenie nr 7 (w którym na podstawie tekstu źródłowego mają za zadanie określić, który typ choroby dekompresyjnej wiąże się z większym zagrożeniem dla życia i zdrowia nurka) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie porównują swoje odpowiedzi z najbliższymi siedzącymi sąsiadami. Nauczyciel w razie trudności naprowadza podopiecznych na właściwe rozwiązania lub wyjaśnia wątpliwości.

4. Uczniowie w 4-osobowych grupach wykonują ćwiczenie nr 8 (w którym mają za zadanie określić – na podstawie tekstu źródłowego – w jakim celu stosuje się hiperbaryczną terapię tlenową u chorych z chorobą dekompresyjną, uwzględniając dwie drogi transportu tlenu do tkanek, które są możliwe dzięki użyciu metody hiperbarycznej), a po upływie wyznaczonego czasu dzielą się swoimi odpowiedziami na forum klasy.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie wykonują ćwiczenie nr 5 (podsumowujące wiedzę na temat choroby kesonowej) z sekcji „Sprawdź się”. Chętne osoby prezentują swoją odpowiedź.
2. Uczniowie, korzystając ze źródeł internetowych i własnej wiedzy, przygotowują odpowiedź na pytanie:
 - Jak można zapobiegać chorobie kesonowej?
 Chętne pary przedstawiają wyniki swojej pracy.

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:

- Nauczyciel może wykorzystać medium w sekcji „Animacja” do pracy przed lekcją. Uczniowie zapoznają się z jego treścią i przygotowują do pracy na zajęciach w ten sposób, żeby móc samodzielnie rozwiązać zadania.