

Autoregulacja pracy serca

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



Autoregulacja pracy serca

Układ bodźcotwórczo-przewodzący serca zbudowany jest z węzła zatokowo-przedsionkowego, węzła przedsionkowo-komorowego, pęczka Hisa oraz włókien Purkiniego.

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

Serce to wyjątkowy narząd, którego skurcze wywołują krążenie krwi. Po wyizolowaniu go z organizmu, jeśli zostanie umieszczone w warunkach zapewniających bogactwo tlenu i substancji odżywczych, jeszcze przez długi czas płynnie wykonuje skurcze. Z czego wynika ta unikalna cecha, zwana automatyzmem serca?

Twoje cele

- Scharakteryzujesz działanie układu bodźcotwórczo-przewodzącego serca.
- Określisz rolę hormonu natriuretycznego w przeciwdziałaniu mechanizmom nasilającym niewydolność krążenia.
- Wyjaśnisz znaczenie jonów wapnia w prawidłowym funkcjonowaniu mięśnia sercowego.
- Wykażesz związek prawa Franka-Starlinga z pracą serca.

Układ bodźcotwórczo-przewodzący serca

Automatyzm serca wynika z obecności w mięśniu sercowym ośrodków stymulujących jego pracę, tworzących tzw. układ bodźcotwórczo-przewodzący serca. Zaliczają się do nich: [węzeł zatokowo-przedsionkowy](#), [węzeł przedsionkowo-komorowy](#) i [pęczek Hisa](#) (inaczej pęczek przedsionkowo-komorowy). Ośrodki te zbudowane są ze zmodyfikowanych komórek mięśniowych, które mają zdolność samoistnego, automatycznego inicjowania potencjałów czynnościowych błony komórkowej. Częstotliwość wyładowań poszczególnych ośrodków jest różna, jednak to węzeł zatokowo-przedsionkowy – będący najszybszym ośrodkiem (60–80 uderzeń/min) – narzuca tempo skurczów serca. Pobudzenie generowane przez ośrodki wolniejsze (częstotliwość wyładowań węzła zatokowo-przedsionkowego to 40–60 uderzeń/min, a pęczka Hisa – 20–40 uderzeń/min) natrafia na okres refrakcji bezwzględnej (całkowitej niepobudliwości) po poprzednim skurczu i ich działanie się nie ujawnia.

W warunkach fizjologicznych każdy skurcz serca inicjowany jest przez jego rozrusznik (ośrodek nadrzędny), którym jest węzeł zatokowo-przedsionkowy, zlokalizowany w tylnej ścianie prawego przedsionka. Grupa mięśni przedsionkowych przewodzi wytworzony potencjał czynnościowy do węzła przedsionkowo-komorowego, znajdującego się w ścianie między prawym przedsionkiem a prawą komorą. Następnie potencjał czynnościowy dociera do pęczka Hisa. Rozdziela się on na dwie odnogi biegnące wzdłuż przegrody międzykomorowej do koniuszka serca. W ścianach komór odnogi rozgałęziają się na drobne włókna ([włókna Purkiniego](#)), które pobudzają komory do skurczu. Szybkość przewodzenia impulsu zmienia się w kolejnych odcinkach układu bodźcotwórczo-przewodzącego. W węźle zatokowo-przedsionkowym wynosi ok. 1 m/s, w węźle przedsionkowo-komorowym – ok. 0,05 m/s, a na końcach włókien Purkiniego – do 2 m/s. Zmniejszenie szybkości impulsu w węźle przedsionkowo-komorowym przyczynia się do późniejszego skurczu komór w stosunku do skurczu przedsionków.

Przy zaburzeniach funkcjonowania ośrodków automatyzmu pracy serca istnieje możliwość wszczepienia sztucznego rozrusznika, którego główną część, mającą niewielkie rozmiary, umieszcza się pod skórą na klatce piersiowej.

Więcej na temat układu bodźcotwórczo-przewodzącego serca dowiesz się z e-materiału pt. „[Automatyzm serca](#)”.

Zdarzają się sytuacje, w których nagle dochodzi do zaburzenia lub zatrzymania akcji serca (bez względu na wiek i kondycję człowieka), np. na skutek porażenia prądem. Jednak dobrze wykonany zewnętrzny masaż serca lub użycie **defibrylatora** może przywrócić akcję serca, a tym samym uratować czyjeś życie. Takiej umiejętności powinniśmy się uczyć od najmłodszych lat na modelach i fantomach.



Defibrylację za pomocą automatycznych defibrylatorów zewnętrznych (ang. *automated external defibrillator*, AED) może przeprowadzić każdy. Urządzenie to wydaje proste komendy głosowe dotyczące techniki wykonywania zabiegu, np. miejsca ułożenia elektrod czy zasad bezpieczeństwa.

Źródło: AAIREY, Pixabay, domena publiczna.

Czynniki wpływające na siłę skurczu serca

Aby zrozumieć poruszane w tym materiale zagadnienia, przypomnij sobie: budowę i funkcjonowanie sarkomeru.

Siła skurczu serca zależy od dwóch głównych czynników: maksymalnego **stężenia jonów wapnia** w cytoplazmie, czyli od amplitudy sygnału wapniowego, oraz od stopnia **spoczynkowego rozciągnięcia komórek mięśnia sercowego**.

Wzrost stężenia jonów wapnia w komórkach prowadzi do powstawania kompleksów wapń-troponina, co powoduje zmianę struktury przestrzennej kompleksu troponiny i tropomiozyny oraz odsłonięcie na aktynie miejsca wiązania miozyny. Stężenie jonów wapnia w komórkach wpływa więc na głębokość wsuwania się filamentów aktynowych między miozynowe. Intensywność skurczu mięśnia sercowego jest proporcjonalna do długości **sarkomeru**. Rozciąganie sarkomeru jest zależne od objętości krwi

końcoworozkurczowej (czyli objętości krwi znajdującej się w komorach serca tuż przed fazą ich skurczu). Siła skurczu włókien jest skutkiem wytworzenia większej liczby mostków w ich obrębie (czyli połączeń główek miozyny z aktyną). W związku z tym zwiększona objętość krwi wpływającej do serca wywołuje zwiększenie skurczu włókien budujących sarkomer mięśnia. Zależność ta związana jest z **prawem Franka-Starlinga**, zgodnie z którym im więcej krwi dociera do serca żyłami, tym większa jest ilość krwi wyrzucanej przez serce w trakcie skurczu. Podczas dużego wysiłku zwiększona objętość krwi wypełnia przedsionki i komory. Włókna mięśnia sercowego ulegają więc silniejszemu rozciągnięciu i kurczą się z większą siłą, pompując więcej krwi do [tętnic](#).

Ilość krwi wypompowanej podczas jednego skurczu zwana jest **objętością wyrzutową serca**. Mnożąc tę wartość przez liczbę skurczów serca na minutę, uzyskamy **pojemność minutową**. Pojemność wyrzutowa serca zależy głównie od tzw. powrotu żylnego – ilości krwi dostarczanej do serca przez [żyły](#).

Przedsionkowy peptyd natriuretyczny

Peptydy natriuretyczne są oligopeptydowymi neurohormonami uczestniczącymi w regulacji gospodarki wodno-sodowej i utrzymaniu homeostazy układu sercowo-naczyniowego.

Przedsionkowy peptyd natriuretyczny jest wytwarzany w ścianach serca pod wpływem dużego stężenia jonów sodu lub zwiększonej objętości krwi (co doprowadza do zwiększonego rozszerzenia przedsionka na skutek nadciśnienia tętniczego oraz niewydolności serca i podwyższenia tętna). Hormon ten ma hamujący wpływ na resorpcję zwrotną wody oraz kationów sodu w nefronach, co z kolei powoduje ich zwiększone wydalanie z moczem i tym samym prowadzi do spadku ciśnienia krwi oraz odciążenia serca. W efekcie peptyd ten przeciwdziała niewydolności krążenia w organizmie.

Oznaczanie w osoczu pacjenta stężenia peptydów natriuretycznych może być pomocne w wykrywaniu chorób. Podwyższony poziom tego neurohormonu występuje przy niewydolności serca spowodowanej nieprawidłowym przepływem krwi i niedomykalnością zastawki dwudzielnej oraz przy niewydolności nerek.

Słownik

defibrylator

urządzenie medyczne, które analizuje pracę serca oraz za pomocą elektrod dostarcza energii elektrycznej koniecznej do defibrylacji mięśnia poprzecznie prążkowanego serca

pęczek Hisa

element układu bodźcotwórczo-przewodzącego serca; przewodzi impuls z węzła przedsionkowo-komorowego do przegrody międzykomorowej oraz do mięśnia prawej i lewej komory

sarkomer

odcinek miofibryli w komórce mięśniowej/włókienku mięśniowym/miocycie zawarty pomiędzy sąsiednimi liniami Z; jednostka funkcjonalna mięśnia

tętnica

grubościenne naczynie krwionośne prowadzące krew od serca ku obwodowi

węzeł przedsionkowo-komorowy

tkanka mięśnia sercowego, która odbiera bodźce od węzła zatokowo-predsionkowego i przewodzi je do komór serca

węzeł zatokowo-predsionkowy

zgrupowanie wyspecjalizowanych komórek mięśniowych w tylnej ścianie prawego przedsionka serca, dostarczające stałych bodźców wyzwalających skurcze mięśnia sercowego; pełni funkcję rozrusznika

włókna Purkiniego

znajdujące się w ścianach komór odnogi pęczka Hisa; rozdzielają się one na wiele drobnych włókien, które pobudzają komory do skurczu

żyła

naczynie krwionośne prowadzące krew od tkanek w kierunku serca

Film samouczek

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D4pohCWY3>

Autoregulacja pracy serca.

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

Film omawiający autoregulację pracy serca.

Polecenie 1

Prześledź i opisz drogę impulsu elektrycznego powstającego w węźle zatokowo-przedsionkowym serca. Wyjaśnij, dlaczego węzeł ten nazywany jest rozrusznikiem serca.

Polecenie 2

Wymień czynniki, które wywierają wpływ na pracę serca. Scharakteryzuj ich działanie.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



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

	Prawda	Fałsz
Układ bodźcotwórczo-przewodzący serca zbudowany jest z trzech głównych węzłów i sieci połączeń pomiędzy nimi.	☐	☐
Rolę głównego rozrusznika pełni w sercu węzeł Purkiniego.	☐	☐
Do zatrzymania akcji serca mogą prowadzić nagłe sytuacje, takie jak np. porażenie prądem.	☐	☐
Dzięki automatyzmowi serce w odpowiednich warunkach jest w stanie wykonywać skurcze nawet po wyizolowaniu z organizmu.	☐	☐

Ćwiczenie 2



Przyporządkuj podane elementy układu bodźcotwórczo-przewodzącego serca do odpowiednich miejsc, w których się znajdują.

Węzeł zatokowo-przedsionkowy

Ściana prawego przedsionka

Prawa odnoga pęczka Hisa

Ściana między prawym przedsionkiem a prawą komorą

Węzeł przedsionkowo-komorowy

Przegroda międzykomorowa i mięsień lewej komory

Lewa odnoga pęczka Hisa

Przegroda międzykomorowa i mięsień prawej komory

Włókna Purkiniego

Ściana komór serca

Ćwiczenie 3



Uporządkuj zjawiska elektryczne następujące podczas skurczu serca oraz drogi ich przewodzenia, zaczynając od struktury inicjującej ten proces.

Lewa i prawa odnoga pęczka Hisa



Węzeł przedsionkowo-komorowy



Węzeł zatokowo-przedsionkowy



Mięśnie przedsionkowe



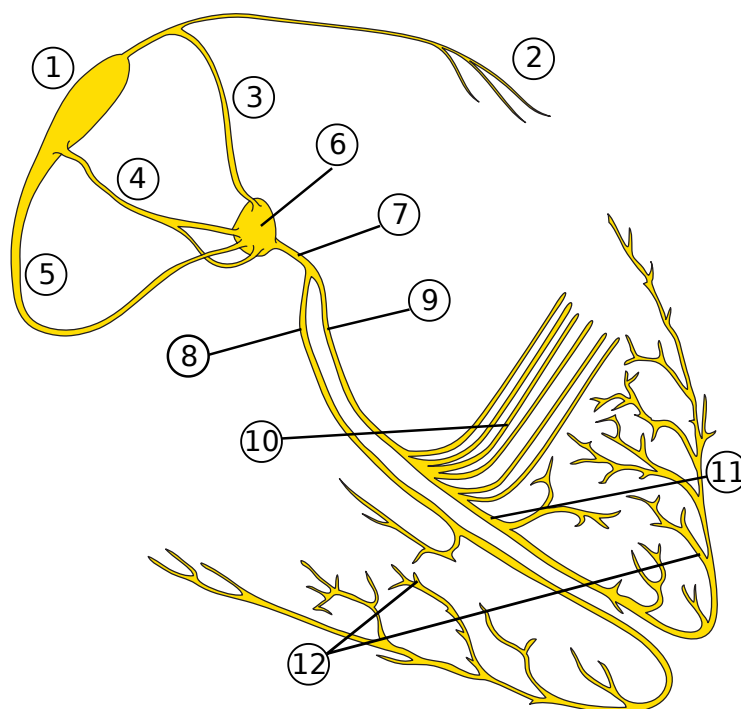
Pęczek przedsionkowo-komorowy Hisa



Włókna Purkiniego



Ćwiczenie 4



Źródło: Madhero88, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Podaj numery oznaczeń, pod którymi znajdują się następujące struktury:

Węzeł zatokowo-przedsionkowy:

Węzeł przedsionkowo-komorowy:

Pęczek Hisa:

Włókna Purkiniego:

Ćwiczenie 5



Na podstawie sekcji „Przeczytaj” oraz własnej wiedzy uzupełnij poniższy tekst, tak aby przedstawiał prawdziwe informacje. W każdym zdaniu wybierz właściwe określenie.

Peptydy natriuretyczne to odpowiadające za prawidłowe funkcjonowanie układu sercowo-naczyniowego. Najważniejszy z nich – – wytwarzany jest w serca pod wpływem stężenia jonów sodu lub objętości krwi wpływającej do serca. Powoduje to, że jest resorpcja zwrotna wody i sodu w , w wyniku czego zwiększa się wydalanie obu związków. Dzięki temu następuje w łożysku naczyniowym, co przeciwdziała niewydolności krążenia w organizmie.

W patologicznych sytuacjach niewydolności mięśnia sercowego stężenie tego peptydu i może być oznaczane w pacjenta w procesie diagnostyki tych zaburzeń.

aktywowana

jamach

komorowy peptyd natriuretyczny

zwiększonej

predsionkowy peptyd natriuretyczny

zmniejszenie objętości krwi

zmniejszonej

znacznie wzrasta

neurohormony

sercu

zwiększenie objętości osocza

hamowana

ścianach

osoczu

nefronach

zmniejszonego

spada

zwiększonego

Ćwiczenie 6



Na podstawie wiedzy na temat prawa Franka–Starlinga oraz wzoru na pojemność minutową krwi uzupełnij zdania, wybierając prawidłowe sformułowania spośród podanych propozycji.

Podczas spoczynku pojemność wyrzutowa serca wynosi 80 ml, a częstość pracy serca to 70 uderzeń na minutę. Przy takich parametrach objętość minutowa serca wynosi 1500 ml/min 5600 ml/min. Podczas wysiłku powrót żylny jest zwiększony zmniejszony, rozciąganie ścian przedsionków i komór ulega zmniejszeniu zwiększeniu, a siła skurczu i objętość minutowa serca rosną maleją zmieniają się.

Ćwiczenie 7



Blokiem przedsionkowo-komorowym nazywamy stan, w którym dochodzi do zablokowania bądź też utrudnienia przewodzenia impulsów elektrycznych z przedsionków do komór, który może pojawić się na każdym poziomie – od łącza przedsionkowo-komorowego do niżej położonych struktur odpowiedzialnych za przewodzenie śródkomorowe. Zaburzenia przewodzenia najczęściej dotyczą jednego miejsca, lecz mogą występować równocześnie na wielu poziomach.

Źródło: Mariusz Kafara, *Chory z rozrusznikiem serca pod opieką ambulatoryjną rejonowej poradni kardiologicznej*, praca doktorska, 2013.

Na podstawie przedstawionego fragmentu tekstu oceń prawdziwość zdania: „Blok przedsionkowo-komorowy jest zaburzeniem zawsze związanym z nieprawidłową funkcją węzła zatokowo-predsionkowego”. Odpowiedź uzasadnij i na podstawie własnej wiedzy podaj jedną możliwość leczenia zaburzeń funkcjonowania ośrodków automatyzmu pracy serca.

Ćwiczenie 8



Konstrukcja automatycznego defibrylatora zewnętrznego (AED) i prosta instrukcja obsługi umożliwia rozpowszechnienie zastosowania wczesnej defibrylacji w społeczeństwie. W wypadku nagłego zatrzymania krążenia w przebiegu częstoskurczu komorowego lub migotania komór wczesna defibrylacja jest najlepszą opcją terapeutyczną poprawiającą rokowanie. (...) O skuteczności defibrylacji decyduje szybkość jej zastosowania. Z każdą minutą szanse powodzenia defibrylacji maleją o 10%.

Źródło: Aleksander Maciąg, *Zastosowanie automatycznych defibrylatorów zewnętrznych w przypadku nagłego zatrzymania krążenia*, „Folia Cardiologica Excerpta” 2006, nr 13(1), s. 1–8.

Na podstawie własnej wiedzy oraz przedstawionego tekstu określ, kiedy i w jakim celu stosuje się AED oraz jaka jest jego przewaga nad klasycznym defibrylatorem używanym przez wyspecjalizowane zespoły ratunkowe. Odpowiedź uzasadnij.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Autoregulacja pracy serca

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:

11) przedstawia automatyzm pracy serca;

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:

q) przedstawia automatyzm pracy serca,

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):

- Scharakteryzujesz działanie układu bodźcotwórczo-przewodzącego serca.
- Określisz rolę hormonu natriuretycznego w przeciwdziałaniu mechanizmom nasilającym niewydolność krążenia.
- Wyjaśnisz znaczenie jonów wapnia w prawidłowym funkcjonowaniu mięśnia sercowego.
- Wykażesz związek prawa Franka-Starlinga z pracą serca.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z filmem samouczkiem;
- mapa myśli.

Formy pracy:

- 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”.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla i odczytuje temat lekcji oraz zawarte w sekcji „Wprowadzenie” cele zajęć. Prosi uczniów lub wybraną osobę o sformułowanie kryteriów sukcesu.
2. Nauczyciel prosi, by uczniowie w parach opracowali mapy myśli związane z tematem. Wybrane pary przedstawiają swoje propozycje, ochotnik zapisuje je na tablicy. Pozostali uczniowie odnoszą się do odnotowanych sugestii, uzupełniając je o swoje pomysły.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Film samouczek”).** Uczniowie zapoznają się z filmem samouczkiem udostępnionym przez nauczyciela. Następnie nauczyciel dzieli uczniów na pięć grup. Zespoły mają za zadanie prześledzić i za pomocą linii czasu opisać drogę impulsu elektrycznego powstającego w wyniku pracy układu bodźcotwórczo-przewodzącego serca. Po zakończeniu pracy grupy prezentują swoje linie czasu.
2. Nauczyciel wprowadza uczniów w treść polecenia nr 2: „Wymień czynniki, które wywierają wpływ na pracę serca. Scharakteryzuj ich działanie”. Uczniowie wykonują je

w parach, a następnie porównują swoje rozwiązanie z innym zespołem.

3. **Kula śniegowa.** Nauczyciel informuje uczniów, że będą pracować metodą kuli śniegowej, poszukując w udostępnionym e-materiale odpowiedzi na następujące pytania:

- Jaką rolę odgrywa hormon natriuretyczny w przeciwdziałaniu mechanizmom nasilającym niewydolność krążenia?
- Jakie jest znaczenie jonów wapnia w prawidłowym funkcjonowaniu mięśnia sercowego?
- Jaki związek ma prawo Franka–Starlinga z pracą serca?

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.

4. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie w parach wykonują ćwiczenie nr 7 (w którym mają za zadanie, na podstawie tekstu źródłowego, ocenić prawidłowość sformułowania: „Blok przedsionkowo-komorowy jest zaburzeniem zawsze związanym z nieprawidłową funkcją węzła zatokowo-przedsionkowego” oraz na podstawie własnej wiedzy podać jedną możliwość leczenia zaburzeń funkcjonowania ośrodków automatyzmu pracy serca) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie porównują swoje odpowiedzi z najbliższymi siedzącymi sąsiadami. Nauczyciel w razie trudności naprowadza podopiecznych na właściwe rozwiązania lub wyjaśnia wątpliwości.

5. Uczniowie rozwiązują w grupach 4-osobowych ćwiczenie nr 8 (w którym mają za zadanie określić – na podstawie tekstu źródłowego i własnej wiedzy – kiedy i w jakim celu stosuje się AED oraz jaka jest jego przewaga nad klasycznym defibrylatorem używanym przez wyspecjalizowane zespoły ratunkowe), wyświetlone przez nauczyciela na tablicy. Po jego wykonaniu następuje omówienie rezultatów na forum klasy.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie weryfikują mapy myśli stworzone we wstępnej fazie zajęć i w razie potrzeby uzupełniają je.
2. Nauczyciel zadaje pytania w celu sprawdzenia stopnia opanowania wiedzy przez uczniów:
 - Jakie jest znaczenie jonów wapnia w prawidłowym funkcjonowaniu mięśnia

sercowego?

– Jaką rolę odgrywa hormon natriuretyczny w autoregulacji pracy serca?

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:

- Treści w sekcji „Film samouczek” można wykorzystać jako materiał służący powtórzeniu i utrwaleniu wiedzy uczniów.