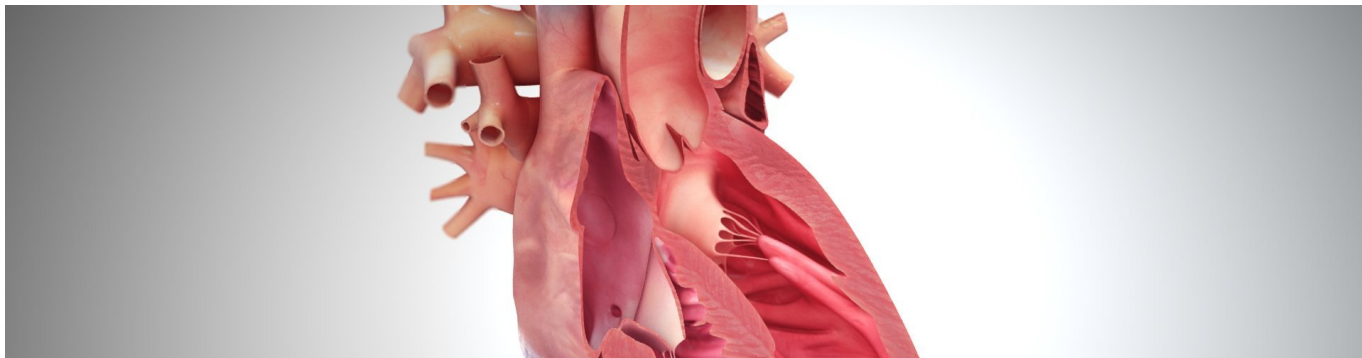




Tkanka węzłowa serca

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



Tkanka węzłowa serca

Serce pełni rolę automatycznie działającej pompy, która zmusza krew do krążenia.

Źródło: Scientific Animations, licencja: CC BY-SA 4.0.

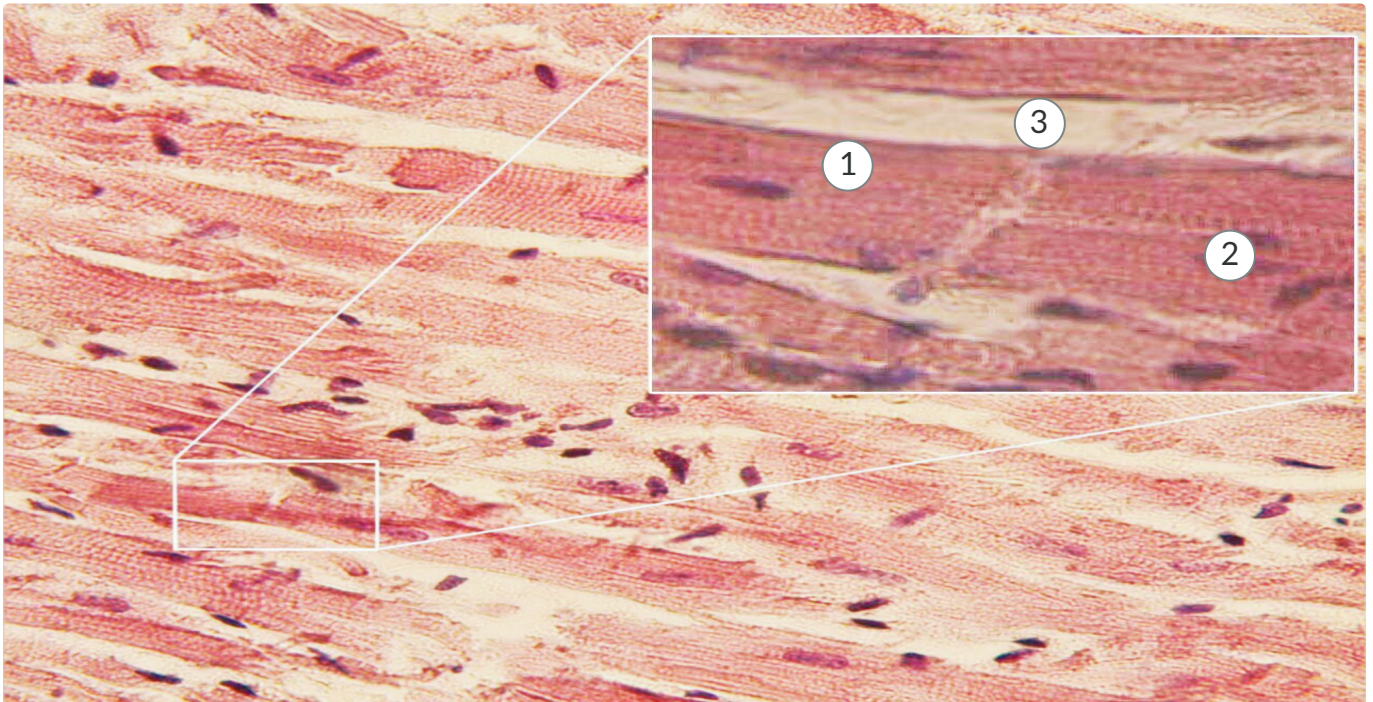
Samoistny mechanizm pracy serca zaprzętał głowę uczonym już od połowy XVI w. Tworzono liczne hipotezy, które często opierały się na kontrowersyjnych badaniach wpływu elektryczności na ludzki organizm. Na przełomie XIX i XX w. odkryto poszczególne elementy układu bodźcotwórczo-przewodzącego, a kulminacją tych badań było przypadkowe wypreparowanie przez Martina Flacka (ówczesnego studenta medycyny) wiązki włókien z serca kreta. Wkrótce okazało się, że odkryta przez Flacka wiązka włókien jest węzłem zatokowo-przedsionkowym, stanowiącym ostatni poszukiwany element niezbędny do poznania działania tego niezwykłego układu.

Twoje cele

- Opiszysz budowę i ośrodki tkanki węzłowej serca.
- Wyjaśnisz, w jaki sposób powstaje sygnał inicjujący skurcz serca.
- Przedstawisz różnice między komórkami odpowiedzialnymi za skurcz a komórkami generującymi i przewodzącymi impulsy w sercu.

Przeczytaj

Układ bodźcotwórczo-przewodzący serca zbudowany jest ze zmodyfikowanych **kardiomiocytów**, czyli komórek **miokardium**. Skupiska tych komórek tworzą tkankę węzłową, której zadaniem jest generowanie i przewodzenie impulsów elektrycznych pobudzających serce do skurczu. W skład tkanki węzłowej wchodzi: komórki P, komórki T oraz włókna Purkiniego. Komórki tkanki węzłowej grupują się w anatomiczne struktury określane jako ośrodki kontroli pracy serca.



1

Komórki mięśnia sercowego

2

Jądra komórek mięśnia sercowego

3

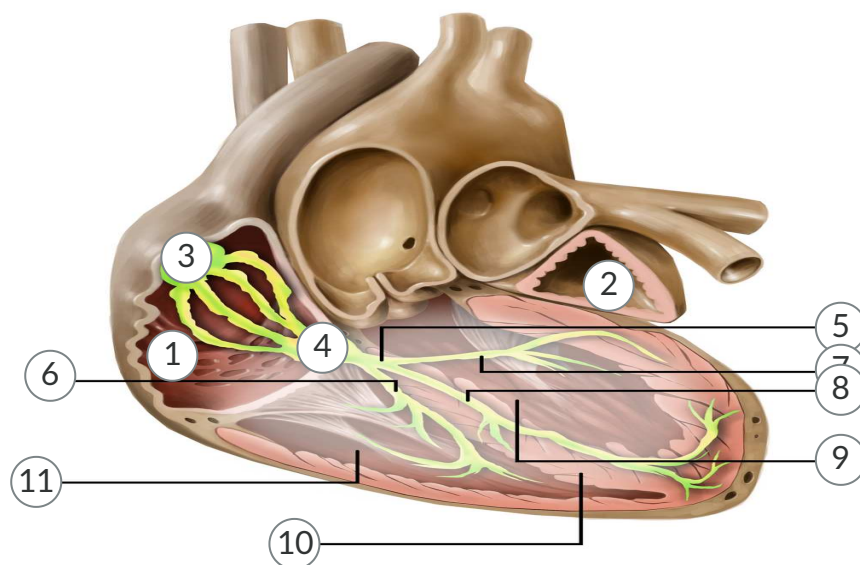
Substancja międzykomórkowa

W skład mięśnia sercowego wchodzi nie tylko komórki biorące udział w skurczu, ale również tkanka służąca generowaniu i synchronizacji impulsów elektrycznych. Na grafice zaznaczono podstawowe elementy budowy

tkanki mięśnia sercowego.

Źródło: Dr. S. Girod, Anton Becker, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 2.5.

Budowa układu bodźcotwórczo-przewodzącego serca



1

Prawy przedsionek

2

Lewy przedsionek

3

Węzeł zatokowo-przedsionkowy (SA)

Pierwszym w kolejności ośrodkiem generowania impulsu jest węzeł zatokowo-przedsionkowy, który znajduje się w ścianie prawego przedsionka serca.

Tworzy go skupisko około 3000 do 4000 komórek P otoczonych tkanką łączną, której

zadaniem jest ochrona przed przypadkowym pobudzeniem przez czynniki zewnętrzne. Ośrodek ten inicjuje impuls elektryczny i jest głównym rozrusznikiem serca.

4

Węzeł przedsionkowo-komorowy (AV)

Drugorzędnym ośrodkiem jest węzeł przedsionkowo-komorowy. Oba ośrodki połączone są ze sobą za pomocą trzech szlaków międzywęzłowych, dzięki czemu impuls elektryczny przechodzi z jednego ośrodka do drugiego. Pobudzenie obu węzłów nie zachodzi jednocześnie. Przerwa, która oddziela dotarcie impulsu, wynosi około 0,1 s.

5

Pęczek Hisa

W skład układu bodźcotwórczo-przewodzącego wchodzi również pęczki, którymi fala depolaryzacyjna przemieszcza się z bardzo dużą prędkością i rozchodzi po kolejnych strukturach serca. Pęczki służą synchronizacji pobudzenia. Za jednoczesny skurcz przedsionków odpowiada pęczek Bachmana, natomiast skurcz komór wywołuje sygnał podążający przez pęczek Hisa, z którego rozgałęziają się włókna Purkiniego.

6

Prawa odnoga pęczka Hisa

7

Wiązka tylna lewej odnogi pęczka Hisa

8

Wiązka przednia lewej odnogi pęczka Hisa

9

Lewa komora

Przegroda międzykomorowa

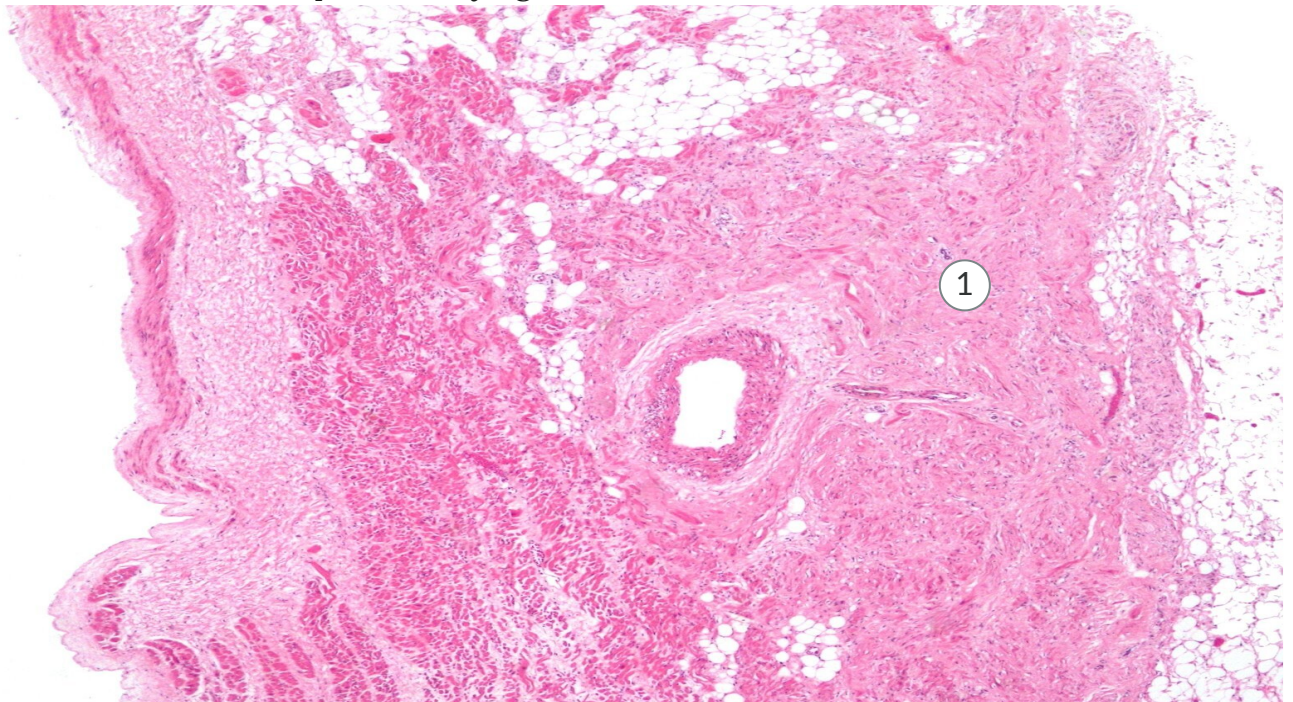
Prawa komora

Najważniejsze elementy układu bódźcotorwórczo-przewodzącego serca.

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

Dla zainteresowanych

Komórki tworzące węzeł zatokowo-przedsionkowy nazywane są komórkami P (z ang. *pale* lub *pacemaker cells*). Słowo „pacemaker” tłumaczone może być jako rozrusznik serca – czyli coś, co inicjuje skurcz – ale ma też drugie znaczenie. Pacemaker to osoba, która w trakcie biegu nadaje określone tempo. Często tacy „pomocnicy” biegaczy widoczni są na trasach maratonów. Startują z deklarowanym czasem biegu, więc trzymając się ich, dobiegniemy do końca trasy w zakładanym przez nas tempie. Nawiązując do tej analogii, komórki węzła zatokowo-przedsionkowego nadają tempo pracy serca przez generowanie impulsów elektrycznych. Komórki T, czyli kardiomiocyty przejściowe położone są między komórkami roboczymi i elementami układu bódźcotorwórczo-przewodzącego.



Skupisko komórek P

Komórki P (znajdujące się po prawej stronie zdjęcia) barwią się na preparatach jaśniej niż kardiomiocyty (po lewej). Stąd wzięła się ich angielska nazwa „pale cells” („pale” – blady, „cells” – komórki).

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

Automatyzm generowania impulsów

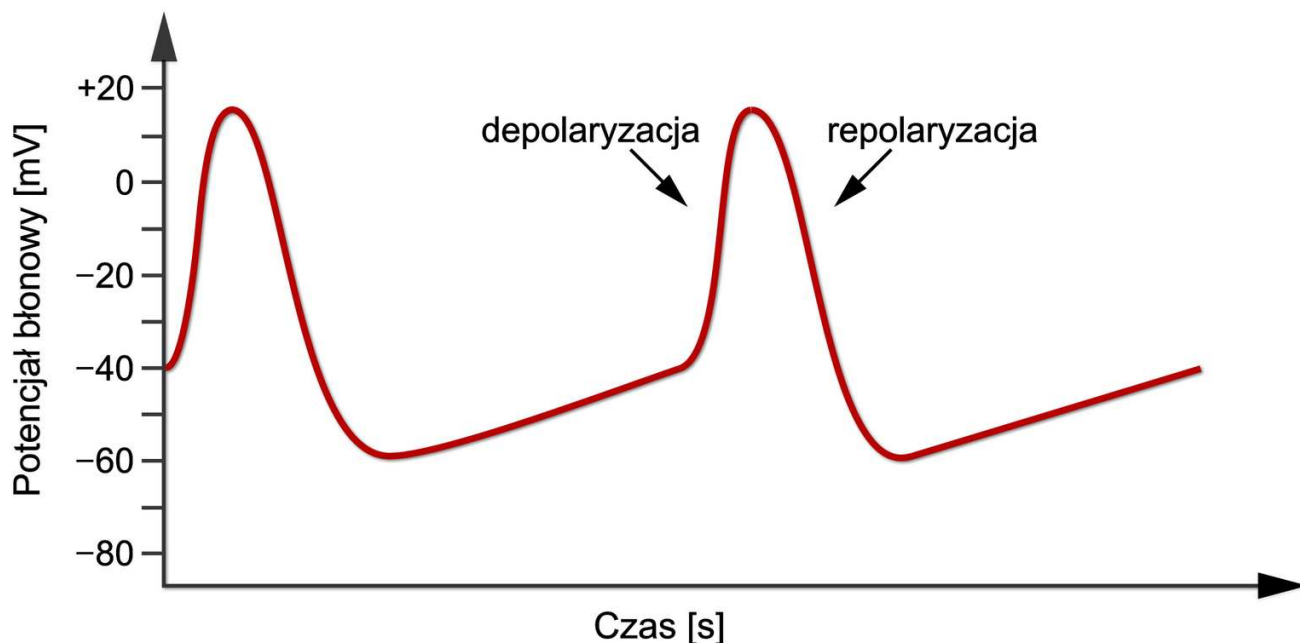
Rola układu bódźcotorczo-przewodzącego serca polega na wytwarzaniu bodźców elektrycznych, co zależy od wewnętrznego automatyzmu wyspecjalizowanych komórek, tzw. komórek rozrusznikowych. Komórki rozrusznikowe mają zdolność do spontanicznego generowania impulsów elektrycznych niezależnie od sygnałów z zewnątrz.

W komórkach rozrusznikowych występują wyspecjalizowane kanały kationowe, które odpowiadają za zjawisko powolnej spoczynkowej [depolaryzacji](#). Prowadzi to do powstania [potencjału czynnościowego](#).

Tworzenie impulsu elektrycznego w komórkach tkanki węzłowej

W proces powstawania impulsu elektrycznego zaangażowane są kanały jonowe rozmieszczone na błonie komórkowej. Mechanizm otwierania i zamykania kanałów podatny jest na zmiany potencjału błony. Można więc w pewnym uproszczeniu powiedzieć, że kanały te regulowane są elektrycznie.

Specyficzną cechą komórek tkanki węzłowej (w przeciwieństwie np. do neuronów lub mięśni) jest brak fazy spoczynkowej. Oznacza to, że od momentu, gdy serce zabije po raz pierwszy w łonie matki, aż po ostatnie jego uderzenie w życiu błona komórek rozrusznikowych ulega ciągłej depolaryzacji i [repolaryzacji](#). Dzięki temu nasze serca miarowo i nieprzerwanie biją.



Zmiany potencjału elektrycznego zachodzące w tkance węzłowej.

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

Potencjał czynnościowy dzieli się na następujące fazy:

- faza 0: szybka depolaryzacja;
- faza 1: wstępna szybka repolaryzacja;
- faza 2: powolna repolaryzacja;
- faza 3: szybka repolaryzacja;
- faza 4: polaryzacja.

Podczas fazy depolaryzacji komórki mięśnia sercowego odpowiadają skurczem, zaś podczas repolaryzacji rozkurczają się. Szybkość zachodzenia spontanicznej repolaryzacji wyznacza częstotliwość wytwarzanych pobudzeń, a zatem określa tempo skurczów kardiomiocytów. Ta unikalna właściwość sprawia, że każdy element układu bodźcotwórczo-przewodzącego w przypadku uszkodzenia jednego z ośrodków (zwykle nadrzędnego) może niezależnie generować impulsy elektryczne nadające tempo pracy serca.

Więcej na temat pracy i automatyzmu serca przeczytasz w [Cykl pracy serca](#) i [Automatyzm serca](#).

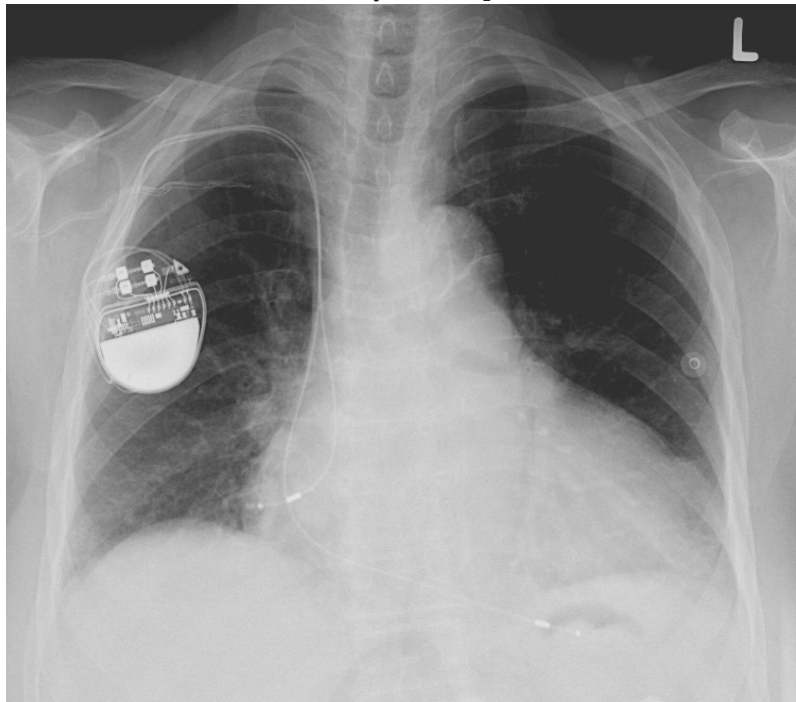
Zaburzenia automatyzmu serca

W przypadku uszkodzeń w układzie przewodzenia i przejęcia roli inicjatora skurczu przez ośrodki podrzędne dochodzi do zaburzeń pracy serca. Przyjmuje się, że prawidłowe tempo

skurczu generowane poprzez impulsy z węzła zatokowo-przedsionkowego zawiera się w przedziale od 60 do 100 uderzeń na minutę. Każdy z ośrodków podrzędnych może samodzielnie inicjować skurcz, ale z mniejszą częstotliwością. W przypadku węzła przedsionkowo-komorowego jest to około 40 do 60 impulsów na minutę.

Oczywiście serce nie jest narządem w pełni samodzielnym i odcięty od kontroli ze strony układu nerwowego. Gdyby tak było, układ rozrusznikowy nie miałby możliwości reakcji np. na zwiększone zapotrzebowanie organizmu na tlen w przypadku zagrożenia.

Częstość skurczów serca jest regulowana przez działanie układu współczulnego i przywspółczulnego, a także układu hormonalnego. Zbyt wolny rytm pracy serca nazywamy **bradykardią**, a zbyt szybki – **tachykardią**. Zaburzenia rytmu pracy serca mogą być spowodowane uszkodzeniem zarówno samych ośrodków, jak i dróg przewodzenia pomiędzy nimi. Nieprawidłową pracę serca można korygować za pomocą wszczepionego rozrusznika. Urządzenie to przejmuje kontrolę, wysyłając z zewnątrz impuls elektryczny, który pobudza serce do skurczu w określonym tempie.



Zdjęcie wykonane techniką RTG przedstawia wszczepiony po prawej stronie ciała rozrusznik serca. Pomiędzy płucami widoczny jest zarys serca, na którego przeciwległych stronach umieszczono elektrody.

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

Ciekawostka

W 1970 roku we Francji wszczepiono pierwszy rozrusznik serca o zasilaniu atomowym. Niedługo potem kolejne takie urządzenie otrzymała matka czworga dzieci z Wielkiej Brytanii. Na cześć tego wydarzenia grupa Pink Floyd nazwała dopiero co nagrany przez siebie longplay „*Atom Heart Mother*”.

Słownik

bradykardia

rzadkoskurcz; spowolnienie czynności serca poniżej 60 uderzeń na minutę

depolaryzacja

obniżenie ujemnego potencjału elektrycznego błony komórkowej

kardiomiocyt

komórka mięśniowa serca

miokardium

(łac. *myocardium*) właściwa część mięśnia sercowego zbudowana z komórek mięśnia sercowego, położona pomiędzy wsierdziem (endokardium) a nasierdziem (epikardium)

mV

miliwolt; jednostka napięcia elektrycznego równa jednej tysięcznej wolta

potencjał czynnościowy

krótkotrwała zmiana potencjału błonowego komórki z ujemnego na dodatni, związana z przekazywaniem informacji

repolaryzacja

przywrócenie ujemnego potencjału elektrycznego błony komórkowej

tachykardia

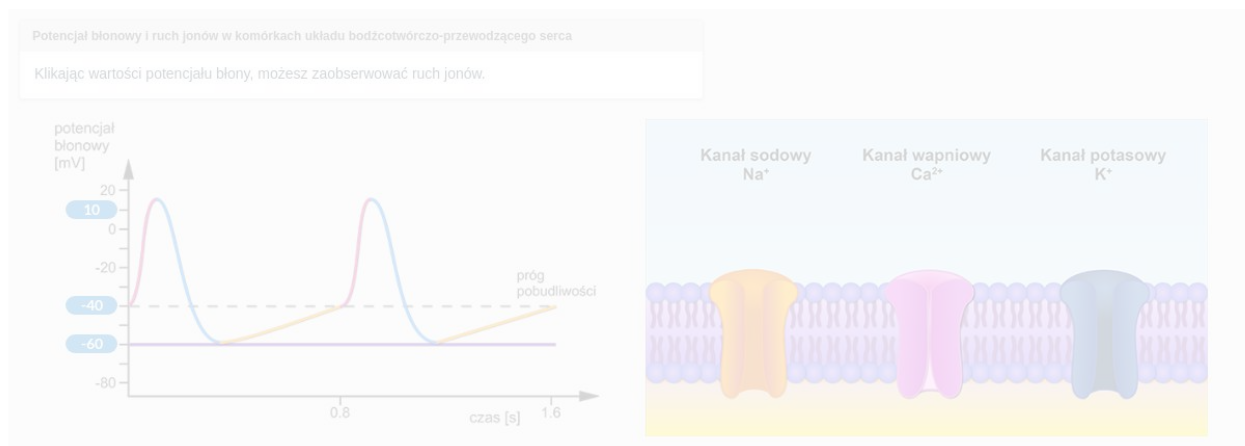
znaczne przyspieszenie czynności serca

Symulacja interaktywna

Potencjał błonowy i ruch jonów w komórkach układu bodźcotwórczo-przewodzącego serca

Symulacja 1

Przeanalizuj symulację powstawania impulsu w komórce rozrusznikowej serca.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/Do8KelwSb>

Zmiany potencjału błonowego w zależności od ruchu jonów.

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

Polecenie 1

Opisz, w jaki sposób dochodzi do depolaryzacji błony komórkowej.

Polecenie 2

Opisz, w jaki sposób dochodzi do repolaryzacji błony komórkowej.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wybierz prawidłowe dokończenie zdania.

Nadrzędnym ośrodkiem kontroli pracy serca jest...

- ☐ pęczek Bachmana.
- ☐ węzeł przedsionkowo-komorowy.
- ☐ włókno Purkiniego.
- ☐ węzeł zatokowo-predsionkowy.
- ☐ pęczek Hisa.

Ćwiczenie 2



Wybierz prawidłowe dokończenie zdania.

Jednoczesny skurcz przedsionków zachodzi...

- ☐ dzięki niezależnemu ośrodkowi kontroli, który znajduje się w lewym przedsionku.
- ☐ dzięki sygnałowi, który z węzła zatokowo-predsionkowego serca dociera do lewego przedsionka przez pęczek Bachmana.
- ☐ dzięki szlakom międzywęzłowym pomiędzy węzłem zatokowo-predsionkowym a węzłem przedsionkowo-komorowym.
- ☐ dzięki pęczkowi Hisa, z którego rozgałęziają się włókna Purkiniego.

Ćwiczenie 3



Połącz w pary.

Depolaryzacja

komórki pochodzące z pęczka Hisa

Zmodyfikowane kardiomiocyty
o zdolności generowania impulsu
elektrycznego

obniżenie ujemnego potencjału na
błonie

Włókna Purkiniego

komórki P

Repolaryzacja

przywrócenie ujemnego potencjału na
błonie

Ćwiczenie 4



Przeciągnij brakujące wyrazy w odpowiednie miejsca w tekście.

Charakterystyczną cechą komórek tkanki jest zdolność do generowania impulsów elektrycznych. Proces ten zachodzi dzięki obecności w błonie komórkowej. W przeciwieństwie do tkanki komórki tkanki węzłowej nie osiągają fazy , dzięki czemu proces depolaryzacji i zachodzi automatycznie. ośrodkiem kontroli, w którym rozpoczyna się proces przewodzenia impulsu elektrycznego, jest węzeł -przedsionkowy.

kostnej

łącznej

samoczynnego

kanałów

miofibryli

nerwowej

inicjacyjnej

komorowo

węzłowej

spoczynku

repolaryzacji

wymuszonego

zatokowo

mięśniowej

sarkomerów

Nadrzędnym

kanałów jonowych

pobudzenia

mitochondriów

Podrzędnym

repolaryzacji

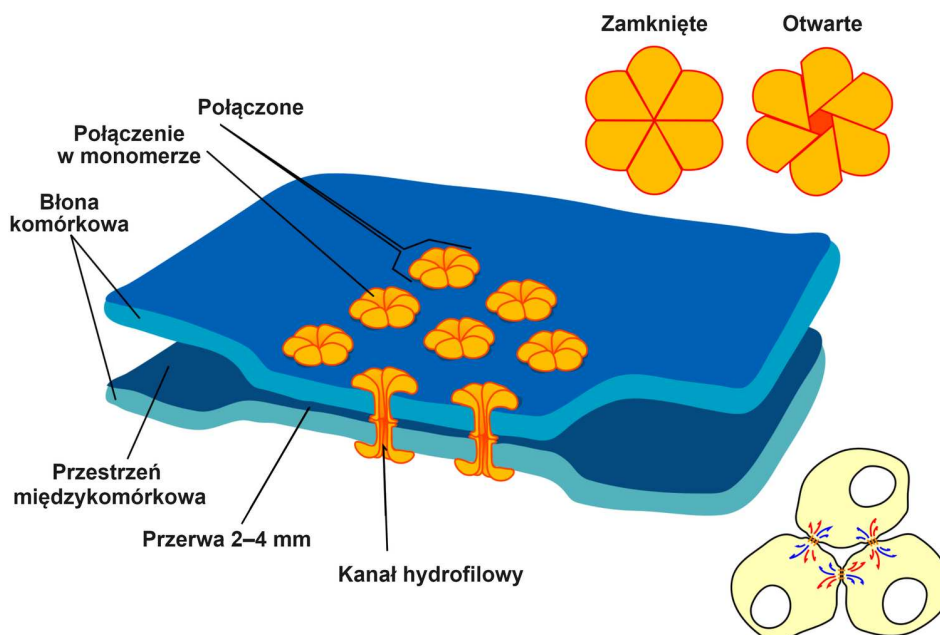
Ćwiczenie 5



Zaznacz w tabeli zdania prawdziwe i fałszywe.

	Prawda	Fałsz
Dzięki tkance węzłowej serce jest narządem całkowicie niezależnym od układu nerwowego.	☐	☐
Wszczepienie sztucznego rozrusznika może regulować zaburzenia rytmu serca.	☐	☐
Komórki P (rozzusznikowe serca) zawierają liczne włókna, dzięki czemu mogą synchronicznie się kurczyć.	☐	☐
Spontaniczne generowanie impulsu zachodzi dzięki transportowi przez kanały jonów sodu, wapnia i potasu w komórkach P.	☐	☐

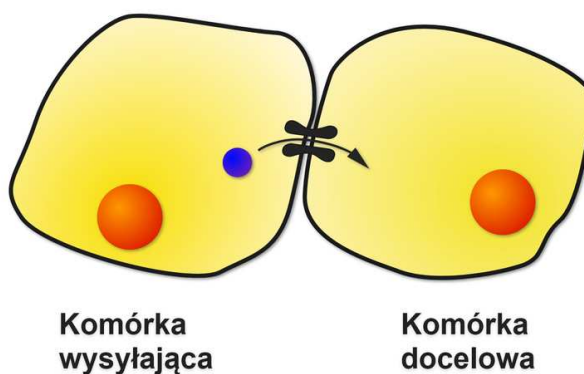
Przeanalizuj grafiki i tekst, a następnie odpowiedz na zadane pytanie.



Schemat budowy połączeń szczelinowych.

Źródło: Wikimedia Commons, domena publiczna.

Bezpośredni kontakt – komórka wysyła sygnał przez bezpośrednie połączenie.



Schemat funkcjonowania połączeń szczelinowych.

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

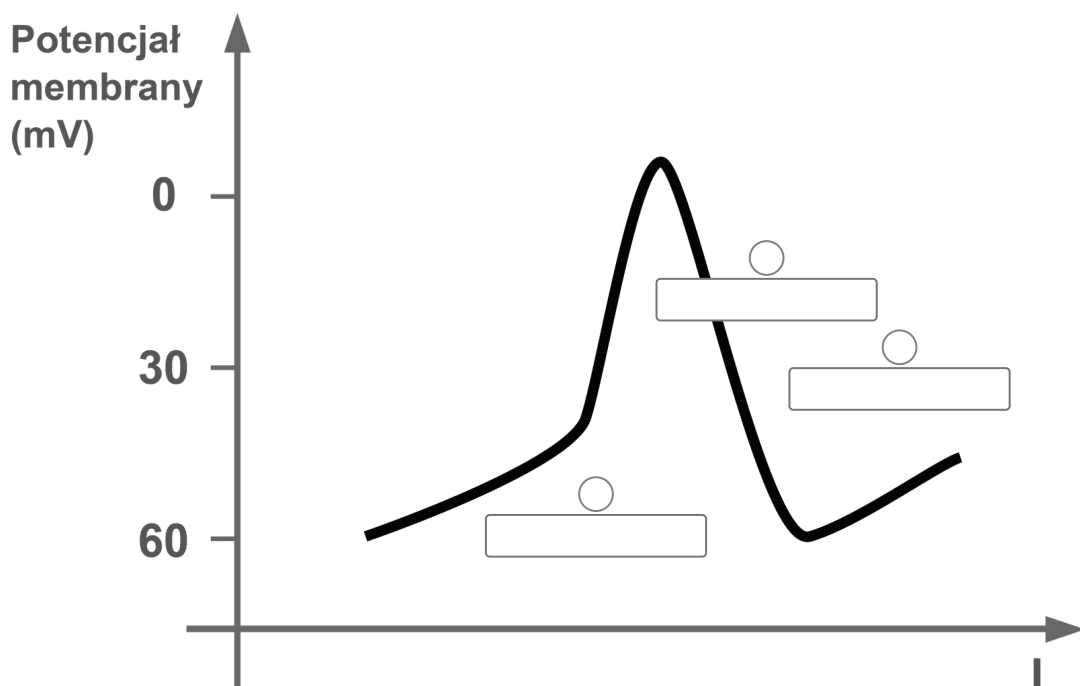
Neksus, czyli połączenie szczelinowe to typ połączenia międzykomórkowego, w którym kanały białkowe umożliwiają transport jonów, wody i innych cząstek poniżej 1000 Da (daltonów). Podjednostki białkowe tworzące kanał ulegają zmianom konformacji przestrzennej, między innymi pod wpływem zmiany potencjału błonowego. Połączenia te odgrywają bardzo ważną rolę w komórkach mięśnia sercowego. Węzeł zatokowo-przedsionkowy zbudowany jest z około 3000 do 4000 tys. komórek P połączonych ze sobą za pomocą połączeń szczelinowych.

Wyjaśnij, jaką funkcję pełnią połączenia szczelinowe pomiędzy komórkami tkanki węzłowej.

Ćwiczenie 7



Na schemacie wstaw podpisy w odpowiednie miejsca:



Powolna depolaryzacja

Depolaryzacja

Repolaryzacja

Informacja do ćwiczenia 8 i 9

Prędkość, z jaką sygnał elektryczny rozchodzi się w układzie bodźcotwórczo-przewodzącym, jest różna dla poszczególnych jego struktur. Na przykład pomiędzy ośrodkiem nadrzędnej kontroli (odpowiedzialnym za skurcz przedsionków) a ośrodkiem drugorzędowym (odpowiedzialnym za skurcz komór) występuje przerwa w pobudzeniu, która oddziela dotarcie impulsu. Wynosi ona około 0,1 s.

Ćwiczenie 8



Co by się stało, gdyby doszło do jednoczesnego pobudzenia obu ośrodków?

Ćwiczenie 9



Zastanów się i opisz, jak wpłynęłaby na pracę serca dłuższa przerwa, np. 0,5 s.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Autor: Zuzanna Szewczyk

Przedmiot: biologia

Temat: Tkanka węzłowa 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:

p) przedstawia budowę serca człowieka oraz krążenie krwi w obiegu płucnym i ustrojowym,

q) przedstawia automatyzm pracy serca,

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje obywatelskie;
- 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):

- Opiszysz budowę i ośrodki tkanki węzłowej serca.
- Wyjaśnisz, w jaki sposób powstaje sygnał inicjujący skurcz serca.
- Przedstawisz różnice między komórkami odpowiedzialnymi za skurcz a komórkami generującymi i przewodzącymi impulsy w sercu.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- dyskusja;
- ćwiczenia interaktywne;
- mapa myśli;
- burza mózgów.

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;
- arkusze papieru A1, flamastry.

Przed lekcją

1. Uczniowie przypominają sobie informacje na temat budowy i cech tkanki mięśniowej serca.

Przebieg zajęć

Faza wstępna

1. Nauczyciel inicjuje burzę mózgów, zadając pytanie: „Co napędza pracę serca?”. Uczniowie zapisują swoje pomysły na tablicy.
2. Uczniowie zapoznają się z wprowadzeniem do e-materiału i uzupełniają zapisane na tablicy pomysły.
3. Nauczyciel podsumowuje burzę mózgów oraz wprowadza uczniów w temat zajęć. Następnie krótko omawia przebieg lekcji i przedstawia jej cele.

Faza realizacyjna

1. Nauczyciel dzieli klasę na trzy grupy.
2. Każda z grup opracowuje jedno zagadnienie na podstawie informacji zawartych w e-materiale:
 - grupa I – budowa komórek tkanki węzłowej;
 - grupa II – budowa układu bodźcotwórczo-przewodzącego serca;
 - grupa III – automatyzm generowania impulsów i proces ich powstawania.
3. Po opracowaniu zagadnień przez każdą z grup nauczyciel miesza grupy tak, aby w każdej z nowych grup było przynajmniej dwóch przedstawicieli starej grupy. Każdy z uczniów przedstawia kolegom partię materiału, którą opracował wcześniej (następuje moment właściwego nauczania).
4. Nauczyciel prosi o wypisanie na małych kartkach pojęć, jakie uczniowie zapamiętali na dany temat. Grupy porządkują kartki w zbiory, wyszukując połączenia pomiędzy zapisanymi pojęciami.
5. Grupy przyklejają kartki na arkuszu papieru A1, łączą strzałkami, rysują linie i dopisują nowe hasła, tworząc mapę myśli. Przedstawiciele grup omawiają swoje mapy myśli.
6. Nauczyciel weryfikuje informacje i w razie potrzeby je uzupełnia.
7. Uczniowie zapoznają się z symulacją interaktywną. Następnie, pracując w parach, wykonują polecenia 2 i 3 (dotyczące depolaryzacji i repolaryzacji błony komórkowej). Nauczyciel monitoruje pracę uczniów i w razie potrzeby naprowadza ich na prawidłowe rozwiązanie.

Faza podsumowująca

1. Uczniowie rozwiązują ćwiczenie interaktywne nr 5 (dotyczące połączeń szczelinowych pomiędzy komórkami tkanki węzłowej). Następnie przygotowują podobne zadanie (typu „prawda/fałsz”) dla osoby z pary. Uczniowie wykonują ćwiczenie otrzymane od kolegi lub koleżanki.
2. Nauczyciel ocenia zaangażowanie uczniów podczas zajęć.

Praca domowa

Wykonaj ćwiczenia interaktywne od 1 do 4.

Dla chętnych: Wykonaj ćwiczenia interaktywne od 6 do 9.

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 symulacji interaktywnej:

Symulacja interaktywna może zostać również wykorzystana na innej lekcji poświęconej pracy serca, m.in. *Zjawiska elektryczne towarzyszące pracy serca*.