



Wpływ ciśnienia krwi na tempo filtracji kłębuszkowej

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



Wpływ ciśnienia krwi na tempo filtracji kłębuszkowej

Kiedy zjesz coś słonego, jony sodu przenikają do krwi i płynu zewnątrzkomórkowego, ale nie przechodzą przez błony do wnętrza komórek. W efekcie stężenie substancji rozpuszczonych na zewnątrz komórek jest większe niż w ich wnętrzu, co powoduje wzrost ciśnienia osmotycznego i w konsekwencji przechodzenie wody z komórek do płynu zewnątrzkomórkowego.

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

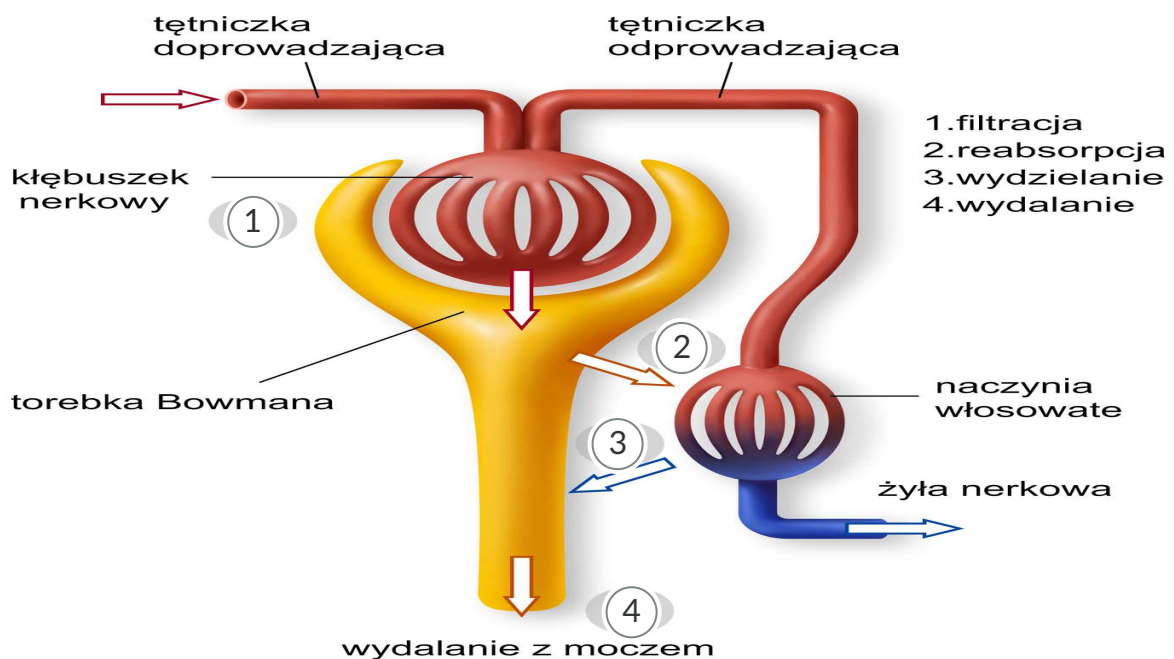
Jedną z głównych funkcji układu wydalniczego jest utrzymywanie równowagi osmotycznej, czyli względnie stałej ilości wody oraz stężeń elektrolitów w organizmie. W warunkach odwodnienia wydalone są mniejsze ilości moczu, aby zapobiec dalszej utracie wody. Natomiast wypicie dużej ilości płynów powoduje zwiększone wydalanie. Ilość wody we krwi, jej ciśnienie oraz proces produkcji moczu są ze sobą ściśle powiązane.

Twoje cele

- Opiszysz budowę nefronu.
- Wymienisz czynniki wpływające na tempo filtracji kłębuszkowej.
- Wyjaśnisz, jak zmiany ciśnienia krwi wpływają na tempo filtracji kłębuszkowej.

Budowa i funkcja nefronu

Podstawową jednostką strukturalno-funkcjonalną nerki jest **nefron**, zbudowany z ciała nerkowego oraz kanalika nerkowego. **Ciało nerkowe** tworzy sieć krwionośnych naczyń włosowatych, zwanych **kłębuszkiem nerkowym**, które otacza nabłonek – **torebka kłębuszka nerkowego (torebka Bowmana)**. W ciele nerkowym zachodzi proces **filtracji kłębuszkowej**, czyli fizycznego przesączania **osocza** krwi pod ciśnieniem. Funkcją **kanalika nerkowego** jest wyprowadzanie powstałego w wyniku filtracji moczu pierwotnego, a następnie jego dalsza przemiana w mocz ostateczny.



1

Filtracja

Proces fizycznego przesączania osocza krwi pod ciśnieniem, w wyniku którego powstaje mocz pierwotny

2

Reabsorpcja

Powrotne wchłanianie przez kanaliki nerkowe wody i rozpuszczonych w niej substancji

Wydzielanie

Wydzielanie przez kanaliki nerkowe zbędnych substancji do moczu ostatecznego

Wydalanie

Proces fizjologiczny polegający na usunięciu nadmiaru wody i elektrolitów oraz innych zbędnych związków

Procesy zachodzące w nefronie.

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

W wyniku filtracji kłębuszkowej powstaje rozcieńczony mocz pierwotny, bogaty w związki drobnocząsteczkowe i sole mineralne. Wiele z substancji obecnych w moczu pierwotnym nie jest zbędnych dla organizmu. W związku z tym na dalszych etapach przemian moczu substancje te zostają zwrotnie wchłonięte do ustroju. Podobnie dzieje się z wodą, której duża objętość ulega zwrotnemu wchłanianiu z moczu pierwotnego, przez co mocz ostateczny jest bardziej zagęszczony.

Czynniki wpływające na tempo filtracji kłębuszkowej

Filtracja kłębuszkowa osocza krwi zachodzi dzięki **ciśnieniu hydrostatycznemu**. Powstaje ono w wyniku wzrostu ciśnienia w tętniczkach tworzących kłębuszek nerkowy otoczony torebką Bowmana – zmniejszenie średnicy tętniczek powoduje wzrost ciśnienia. W efekcie część osocza krwi (wraz ze związkami drobnocząsteczkowymi i solami mineralnymi, ale bez komórek krwi) ulega filtracji i przenika do torebki kłębuszka, tworząc mocz pierwotny.

Szybkość oraz efektywność filtracji kłębuszkowej nie są wartościami stałymi i zależą od wielu czynników, co ostatecznie pozwala na utrzymanie równowagi osmotycznej ustroju.

Dynamikę filtracji osocza krwi w ciałku nerkowym opisuje się jako efektywne ciśnienie filtracyjne (EFP), na które wpływają:

ciśnienie onkotyczne – koloidowe ciśnienie osmotyczne krwi w tętniczkach kłębuszka nerkowego, związane z obecnością białek osocza (głównie albumin), wiążących cząsteczki wody;

ciśnienie hydrostatyczne przesącza w torebce kłębuszka (CHP) – zależne od ilości wody w torebce kłębuszka;

ciśnienie hydrostatyczne naczyń włosowatych kłębuszka nerkowego (GHP) – wynosi ok. 50 mmHg i jest względnie stałe.

Efektywne ciśnienie filtracyjne jest różnicą między ciśnieniem hydrostatycznym tętniczek kłębuszka a sumą pozostałych dwóch wartości:

$$EFP = GHP - (COP + CHP)$$

Względnie stałe ciśnienie krwi w tętniczkach kłębuszka nerkowego jest utrzymywane dzięki obecności **naczyń oporowych**. Zapewniają one ciągły przepływ krwi o niemalże stałym ciśnieniu, niezależnie od zmian ciśnienia krwi – nawet w szerokim zakresie.

Gwarantuje to stałą i zarazem wysoką skuteczność filtracji kłębuszkowej niezależnie np. od pozycji ciała (stojącej lub leżącej). Ciśnienie hydrostatyczne tętniczek kłębuszka nerkowego może się jednak zmieniać w wyniku nadrzędnych oddziaływań nerwowych lub hormonalnych.

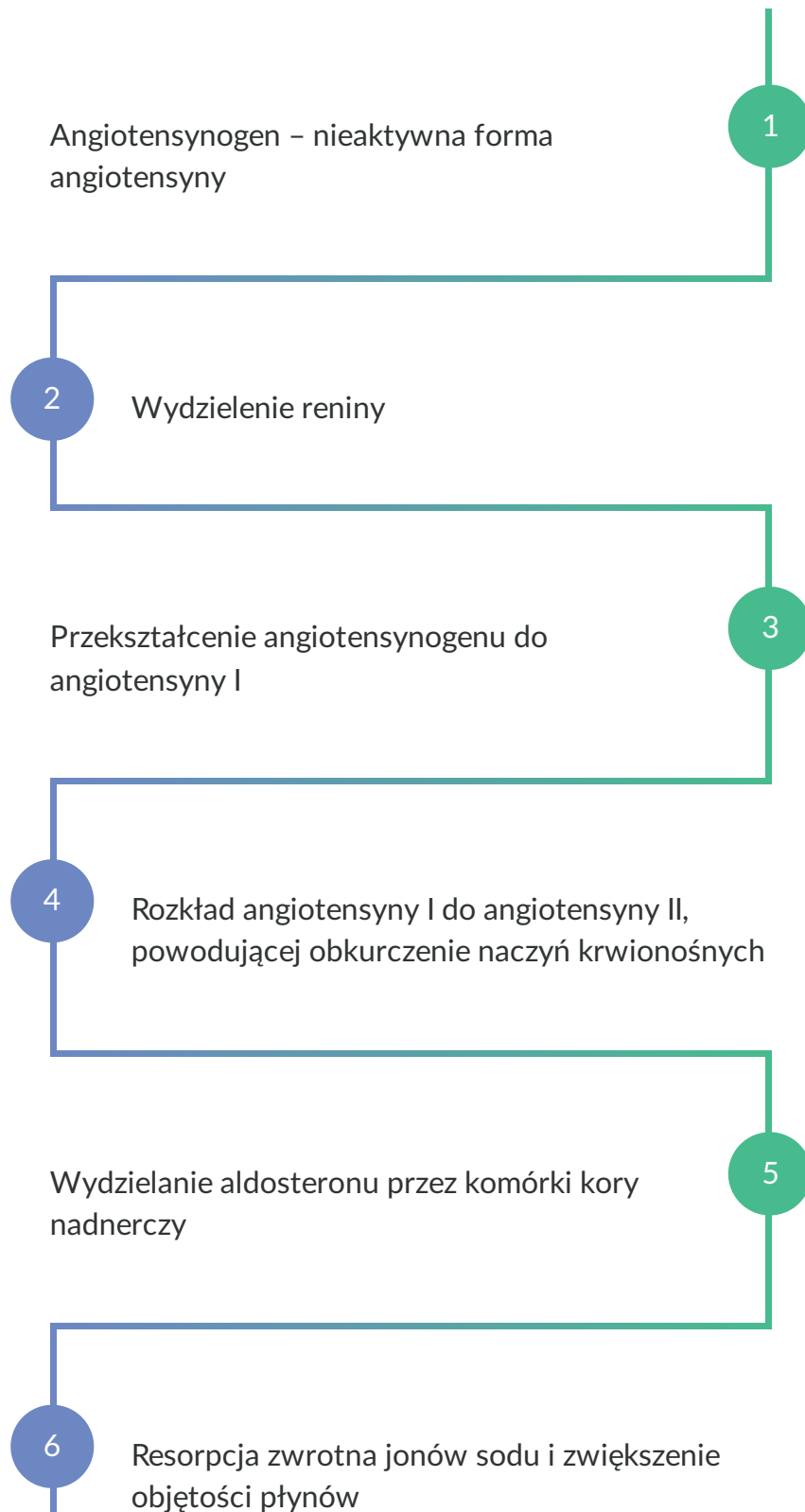
Innym wskaźnikiem oceny czynności nerek jest **wskaźnik filtracji kłębuszkowej (GFR)**, który pozwala na obliczenie ilości przefiltrowanego osocza przez kłębuszki nerkowe w czasie 1 minuty. Jego wartość średnia wynosi ok. 125 ml/min. Wartości GFR poniżej 30 ml/min obserwuje się w **przewlekłej niewydolności nerek**, a znaczny wzrost tego wskaźnika może występować podczas **cukrzycowej choroby nerek**.

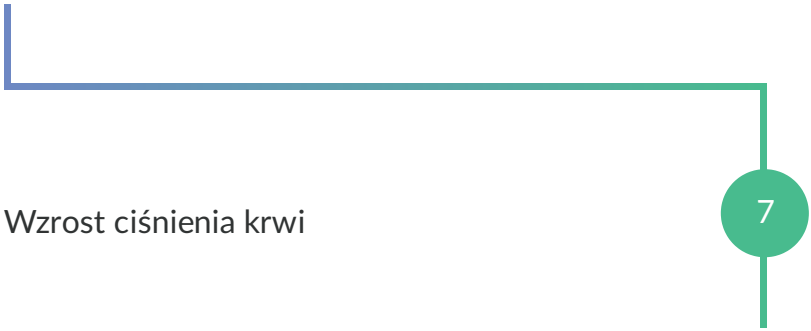
Związek ciśnienia krwi obwodowej z tempem filtracji kłębuszkowej

Jedną z funkcji nerek jest utrzymywanie względnie stałej objętości krwi w układzie krążenia. Jeśli, z różnych powodów, wzrośnie objętość krwi (a przez to również jej ciśnienie), zmiana ta szybko zostanie zarejestrowana przez obwodowe oraz ośrodkowe **osmoreceptory** i **mechanoreceptory**. Następnie uruchomione zostaną mechanizmy adaptacyjne, co prowadzi do zwiększonej filtracji kłębuszkowej. Wzrośnie wskaźnik filtracji kłębuszkowej, przez co wydalone będą większe ilości moczu. Zatem wypicie dużej ilości wody w krótkim czasie spowoduje jej wchłonięcie do krążenia, co spowoduje wzrost objętości krwi obwodowej i jej ciśnienia. Bardzo szybko, za sprawą nerek, nadmiar wody zostanie wydalony z organizmu, a ciśnienie krwi wróci do normy.

Jednym z układów regulujących ciśnienie krwi jest **układ renina-angiotensyna-aldosteron**. Kontroluje on objętość krwi krążącej w ustroju oraz stężenia jonów sodowych i potasowych w płynach ustrojowych. Komórki ściany tętniczki doprowadzającej krew do kłębuszka nerkowego uwalniają reninę w odpowiedzi na m.in.

obniżenie stężenia sodu i zmniejszenie objętości płynu pozakomórkowego. Renina bierze udział w przekształcaniu angiotensynogenu do angiotensyny I, która następnie rozkładana jest do angiotensyny II, obkurczającej naczynia krwionośne. Obkurczenie naczyń krwionośnych powoduje wzrost ciśnienia tętniczego. Angiotensyna II pobudza komórki kory nadnerczy do wydzielania aldosteronu; wzmacnia on resorpcję zwrotną jonów sodu i hamuje wydalanie sodu do moczu. Razem z jonami sodowymi w ustroju zatrzymywana jest woda. Wzrost stężenia sodu w organizmie wiąże się ze wzrostem ciśnienia osmotycznego płynów ustrojowych.





Wzrost ciśnienia krwi

7

Układ renina-angiotensyna-aldosteron.

Wysoka sprawność nerek jest niezbędna do poprawnego funkcjonowania całego organizmu. Upośledzenie ich funkcji występujące w przebiegu wielu chorób i prowadzi do zaburzenia gospodarki wodno-elektrolitowej czy zmian ciśnienia krwi. Długotrwałe nadciśnienie powoduje z kolei uszkodzenie wielu narządów i znacznie zwiększa ryzyko groźnych dla życia chorób układu sercowo-naczyniowego.

Słownik

ciśnienie hydrostatyczne

ciśnienie, jakie wywiera ciecz na otaczające ściany zbiornika, w którym się znajduje

ciśnienie onkotyczne

rodzaj ciśnienia osmotycznego wywieranego przez cząsteczki białek znajdujących się w danym roztworze koloidalnym

cukrzycowa choroba nerek

uszkodzenie struktury nerek spowodowane przewlekłą hiperglikemią, prowadzące do niewydolności nerek

mechanoreceptory

komórki przystosowane do odbioru i przekazywania informacji o bodźcach mechanicznych

naczynia oporowe

naczynia krwionośne wyposażone w mechanizm autoregulacji szybkości przepływu i ciśnienia krwi

osmoreceptory

komórki receptorowe wyspecjalizowane w odbieraniu i przekazywaniu informacji o zmianach ciśnienia osmotycznego płynów ustrojowych

osocze

płynny składnik krwi (głównie woda) wraz z białkami (albuminy i globuliny) oraz wieloma związkami organicznymi i nieorganicznymi

przewlekła niewydolność nerek

stan chorobowy powstały w wyniku zmniejszonej liczby czynnych nefronów, objawiający się upośledzeniem funkcji wydalniczej nerek

reabsorpcja

powrotne wchłanianie przez kanaliki nerkowe wody i rozpuszczonych w niej substancji, co zapobiega ich nadmiernej utracie; dzieli się na obligatoryjną (zachodzącą w kanalik bliższym) i fakultatywną (zachodzącą w kanalik dalszym)

Symulacja interaktywna

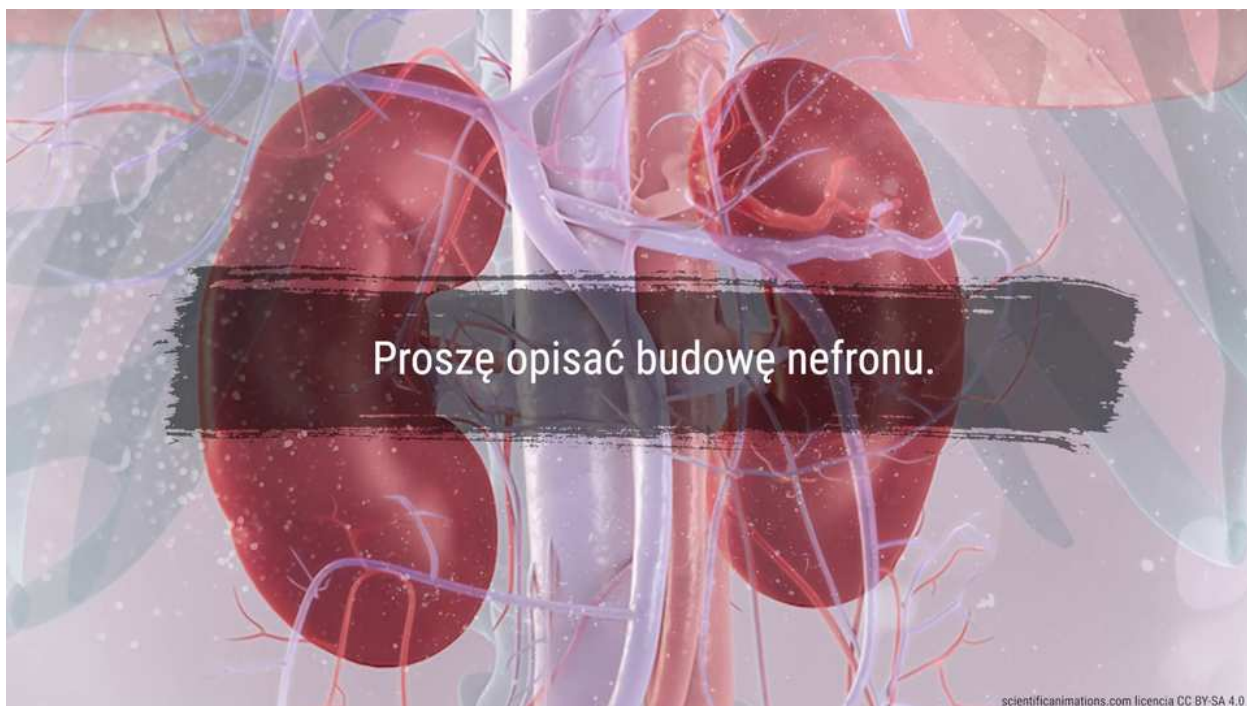
Symulacja 1

Poniższa symulacja przedstawia wpływ ciśnienia tętniczego krwi [mm Hg] na tempo filtracji kłębuszkowej [ml/min]. Kliknij na poszczególne elementy symulacji i obserwuj, jak zmienia się tempo filtracji kłębuszkowej w zależności od ciśnienia tętniczego krwi.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., Na podstawie: Lote C. J. (2012) *Renal Blood Flow and Glomerular Filtration Rate*, Principles of Renal Physiology pp. 83–92, licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 1

Wyjaśnij, jak zmiany ciśnienia krwi wpływają na tempo filtracji kłębuszkowej, a następnie zapoznaj się z filmem i sprawdź poprawność odpowiedzi.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RvP9Ia7bRVthU>

Wpływ ciśnienia krwi na tempo filtracji kłębuszkowej.

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

Film nawiązujący do treści materiału w formie wywiadu opisujący budowę nefronu.

Polecenie 2

Zapoznaj się z wywiadem z ekspertem, a następnie scharakteryzuj czynniki wywierające wpływ na tempo filtracji kłębuszkowej.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wybierz wszystkie stwierdzenia, które dotyczą wskaźnika filtracji kłębuszkowej.

☐ W skrócie określany jest jako GFR.

☐ W skrócie określany jest jako EFP.

☐ Pozwala na obliczenie objętości krwi przefiltrowanej przez kłębuszki nerkowe w czasie jednej minuty.

☐ Jego średnia wartość to 125 ml/min.

☐ Jego średnia wartość to 30 ml/min.

☐ Pozwala na obliczenie objętości osocza przefiltrowanego przez kłębuszki nerkowe w czasie jednej minuty.

Ćwiczenie 2



Przyporządkuj odpowiednie definicje do podanych poniżej terminów.

ciśnienie hydrostatyczne

ciśnienie, jakie wywiera ciecz na otaczające ściany zbiornika, w którym się znajduje

ciśnienie osmotyczne

ciśnienie powstające w wyniku różnicy stężeń jonów lub związków chemicznych pomiędzy dwoma kompartmentami oddzielonymi półprzepuszczalną błoną

ciśnienie onkotyczne

ciśnienie wywierane przez cząsteczki białek znajdujących się w danym roztworze koloidalnym

Ćwiczenie 3



Uzupełnij poniższy tekst prawidłowymi słowami, wybierając je spośród podanych propozycji.

Wypicie dużej ilości wody w krótkim czasie spowoduje jej włączenie do krążenia. W rezultacie

☐ wzrośnie ☐ zmaleje objętość krwi obwodowej, przez co ciśnienie

☐ również wzrośnie ☐ spadnie. Zmiana ciśnienia krwi rejestrowana jest przez

obwodowe oraz ośrodkowe ☐ osmoreceptory ☐ chemoreceptory ☐ i ☐ nocyceptory ☐

☐ mechanoreceptory. Powoduje to uruchomienie mechanizmów adaptacyjnych.

Skutkiem będzie ☐ zwiększona ☐ zmniejszona filtracja kłębuszkowa, dzięki czemu

wydalane będzie ☐ mniej ☐ więcej moczu.

Ćwiczenie 4



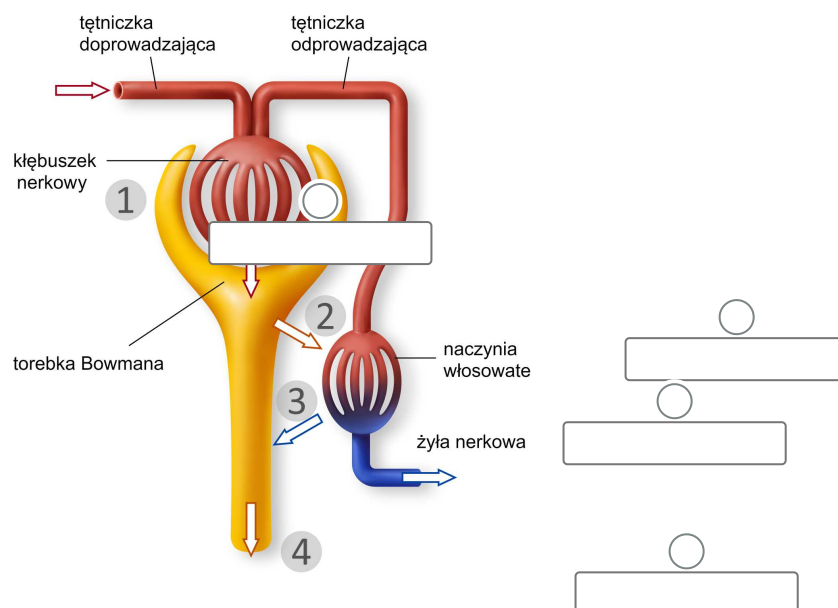
Wybierz fałszywe stwierdzenie.

- ☐ Ciśnienie hydrostatyczne zależy od regulacji nerwowej.
- ☐ Ciśnienie hydrostatyczne zależy od średnicy naczyń oporowych.
- ☐ Ciśnienie hydrostatyczne nie zależy od pozycji ciała.
- ☐ Ciśnienie hydrostatyczne nie zależy od regulacji hormonalnej.

Ćwiczenie 5



Przyporządkuj procesy do miejsca, w którym zachodzą.



Reabsorpcja

Wydalenie

Filtracja

Wydzielanie

Ćwiczenie 6



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

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Cukrzycowa choroba nerek prowadzi do uszkodzenia struktury nerek w wyniku przewlekłego niedociśnienia, co skutkuje zaburzeniami filtracji kłębuszkowej nerek.	☐	☐
Podwyższone stężenie sodu we krwi powoduje wzrost wydalania rozcieńczonego moczu w celu utrzymania prawidłowej równowagi osmotycznej.	☐	☐
Mocz pierwotny powstaje w wyniku filtracji osocza, a proces ten zależy od obecności odpowiedniego ciśnienia hydrostatycznego w kłębuszku.	☐	☐

Tekst do ćwiczeń 7 i 8

Wahania ciśnienia krwi krążącej w ustroju mogą być wywoływane czynnikami zewnętrznymi oraz wewnętrznymi. Silnie wrażliwy na jego zmiany jest układ renina–angiotensyna–aldosteron. Kontroluje on objętość krwi krążącej w ustroju oraz stężenia jonów sodowych i potasowych w płynach ustrojowych. Występuje we krwi i jako układ działa w całym organizmie lub lokalnie, m.in. w nerkach. Jedną z istotniejszych struktur uczestniczących w kontroli filtracji jest aparat przykłębuszkowy, składający się z trzech rodzajów komórek (ziarnistych, mezangium i komórek zmodyfikowanego kanalikula II rzędu, nazywanych plamką gęstą). Renina uwalniana jest przez komórki ziarniste ściany tętniczki doprowadzającej krew do kłębuszka nerkowego, gdy w organizmie spada stężenie sodu lub ciśnienie krwi. Wartość ciśnienia krwi rejestrowana jest przez plamkę gęstą. Pobudza powstawanie angiotensyny II, która powoduje obkurczenie naczyń krwionośnych (w tym tętniczki kłębuszka nerkowego) i stymuluje wydzielanie aldosteronu przez komórki kory nadnerczy.

Ćwiczenie 7



Określ, jaką rolę odgrywa aparat przykłębuszkowy w utrzymaniu filtracji kłębuszkowej u osoby odwodnionej. Odpowiedź uzasadnij.

Ćwiczenie 8



Określ, jaki skutek dla filtracji kłębuszkowej może mieć zastosowanie leków blokujących działanie angiotensyny II u pacjenta odwodnionego. Odpowiedź uzasadnij.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: biologia

Temat: Wpływ ciśnienia krwi na tempo filtracji kłębuszkowej

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.

5. Wydalanie i osmoregulacja. Uczeń:

4) przedstawia proces tworzenia moczu oraz wyjaśnia znaczenie regulacji hormonalnej w tym procesie;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XI. Funkcjonowanie zwierząt.

2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie.

4) Wydalanie i osmoregulacja. Uczeń:

g) przedstawia proces tworzenia moczu u człowieka oraz wyjaśnia znaczenie regulacji hormonalnej w tym procesie,

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):

- Opiszysz budowę nefronu.
- Wymienisz czynniki wpływające na tempo filtracji kłębuszkowej.
- Wyjaśnisz, jak zmiany ciśnienia krwi wpływają na tempo filtracji kłębuszkowej.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- symulacja;
- praca z filmem;
- śniegowa kula;
- mapa myśli.

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. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Wpływ ciśnienia krwi na tempo filtracji kłębuszkowej”. Prosi uczestników zajęć o rozwiązanie ćwiczenia nr 2 (dotyczącego rodzajów ciśnienia) z sekcji „Sprawdź się” na podstawie treści 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. **Rozmowa wprowadzająca.** Nauczyciel, odwołując się do wiedzy uczniów zdobytej na wcześniejszych zajęciach, zadaje pytania:

- Czym jest kłębuszek nerkowy i gdzie się znajduje?
- Jaką funkcję pełni kłębuszek nerkowy?

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimediami („Symulacja interaktywna”).** Nauczyciel wyświetla symulację interaktywną i wspólnie z uczniami dokonuje jej analizy. Prosi podopiecznych, by pracując w parach, wyjaśnili, jak zmiany ciśnienia krwi wpływają na tempo filtracji kłębuszkowej, a następnie obejrzelili zamieszczony poniżej film i sprawdzili poprawność odpowiedzi (polecenie nr 1). Uczniowie konsultują swoje rozwiązania z inną, najbliższą siedzącą parą.
2. **Mapa myśli.** Uczniowie w parach opracowują mapę myśli na temat wpływu ciśnienia krwi na tempo filtracji kłębuszkowej. Zespoły prezentują wyniki swojej pracy. Nauczyciel uzupełnia brakujące informacje, koryguje ewentualne błędy.
3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Nauczyciel przechodzi do sekcji „Sprawdź się”. Uczniowie rozwiązują ćwiczenia nr 7 i 8 (odnoszące się do tekstu źródłowego nt. układu renina–angiotensyna–aldosteron w kontekście filtracji kłębuszkowej) metodą kuli śnieżkowej.
Nauczyciel objaśnia wspomnianą wyżej metodę i wynikające z niej kolejne etapy pracy:
 - 1) najpierw uczniowie indywidualnie opracują odpowiedzi na polecenia;
 - 2) potem łączą 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) na koniec uczniowie utworzą 8-osobowe zespoły i znów porównają swoje propozycje.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie rozwiązują ćwiczenie nr 6 (typu „prawda/fałsz”) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie przygotowują podobne zadanie dla osoby z pary: tworzą trzy prawdziwe lub fałszywe zdania dotyczące tematu lekcji. Uczniowie wykonują ćwiczenie otrzymane od kolegi lub koleżanki.
2. Nauczyciel wyświetla treści zawarte w sekcji „Wprowadzenie” i na ich podstawie dokonuje podsumowania najważniejszych informacji przedstawionych na lekcji. Wyjaśnia także wątpliwości uczniów.

Praca domowa:

1. Wykonaj w domu ćwiczenia niezrealizowane na lekcji.

Materiały pomocnicze:

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania symulacji interaktywnej:

- Uczniowie mogą przed lekcją zapoznać się z symulacją interaktywną, aby przygotować się do późniejszej pracy.