

Fizjologia powstawania moczu

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



Fizjologia powstawania moczu

Ilość wydalanego moczu przez zdrowego człowieka wynosi od 600 do 2500 ml.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Powstałe podczas przebiegających w organizmie procesów fizjologicznych zbędne produkty przemiany materii, ze względu na dużą toksyczność, muszą być z niego systematycznie usuwane. Narządem, który bierze udział w usuwaniu szkodliwych związków z krwi, jest nerka. Produktem końcowym zachodzącego etapowo oczyszczania krwi jest mocz.

Twoje cele

- Przedstawisz proces tworzenia moczu.
- Wyjaśnisz znaczenie regulacji hormonalnej w procesie tworzenia moczu.
- Wyjaśnisz, na czym polega różnica między resorpcją zwrotną obowiązkową a resorpcją zwrotną nadobowiązkową.

Przeczytaj

Budowa nerki i nefronu



Nerka jest parzystym narządem leżącym w jamie brzusznej. U człowieka nerki znajdują się po obu stronach kręgosłupa, za żołądkiem i pod wątrobą.

Źródło: Przedmiotowy model 3D został opracowany przez Englishsquare.pl Sp. z o.o. na podstawie materiału źródłowego zakupionego w ramach serwisu: www.turbosquid.com. Jakikolwiek dalsze użycie tego modelu 3D podlega wszelkim ograniczeniom opisanym w licencji opublikowanej na przywołanej stronie internetowej, tylko do użytku edukacyjnego na zpe.gov.pl.

Nefron to podstawowa jednostka strukturalno-czynnościowa nerki. Zasadniczą częścią nefronu jest **ciałko nerkowe** otoczone tzw. torebką Bowmana. Ciałko nerkowe zbudowane jest z sieci naczyń włosowatych (kłębuszka nerkowego) utworzonej przez tętniczki doprowadzające i odprowadzające (tzw. sieć dziwna). Od ciała nerkowego odchodzi z kolei kanalik nerkowy, czyli długi przewód, w którym wyróżnia się trzy odcinki:

- kanalik proksymalny (kanalik kręty I rzędu; kanalik bliższy);
- pętlę nefronu ([Henlego](#)) zbudowaną z ramienia zstępującego i wstępującego;
- kanalik dystalny (kanalik kręty II rzędu; kanalik dalszy).

Dokładniejszy opis budowy nerki znajdziesz w e-materiale: [Budowa i funkcje układu wydalniczego człowieka](#).

Etapy powstawania moczu

Mechanizm powstawania moczu polega na serii zachodzących kolejno po sobie procesów, określanych jako [filtracja](#), [resorpcja](#) (wchłanianie zwrotne) oraz [sekrecja](#). Celem wymienionych procesów jest zatrzymanie w organizmie niezbędnych dla prawidłowego funkcjonowania substancji oraz usunięcie z niego nadmiaru wody i zbędnych produktów przemiany materii.

Filtracja

Pierwszy etap powstawania moczu, określany mianem **filtracji**, zachodzi w kłębuszku nerkowym. Tworzące kłębuszek nerkowy tętniczki doprowadzające mają większą średnicę niż tętniczki odprowadzające, dzięki czemu w kłębuszku utrzymuje się wysokie ciśnienie, które powoduje, że nagromadzona w nim krew napiera na ściany naczyń. To z kolei skutkuje przesączeniem się płynnych składników krwi i substancji drobnocząsteczkowych do światła torebki Bowmana. Spadek ciśnienia krwi pociąga za sobą osłabienie procesu przesączania w kłębuszkach nerkowych, a gdy ciśnienie spadnie poniżej 40 mmHg, filtracja ustaje całkowicie, a mocz przestaje być wytwarzany ([anuria](#)).

Powstały w wyniku filtracji ultraprzesącz, zwany [moczem pierwotnym](#), składa się w większości z wody. Pozostałą zaś jego część stanowią węglowodany, sole mineralne, mocznik i aminokwasy. **Do moczu pierwotnego nie przenikają elementy morfotyczne krwi i większość białek osocza, które ze względu na swoje rozmiary nie są w stanie przeniknąć do światła torebki Bowmana.**

Resorpcja (wchłanianie zwrotne)

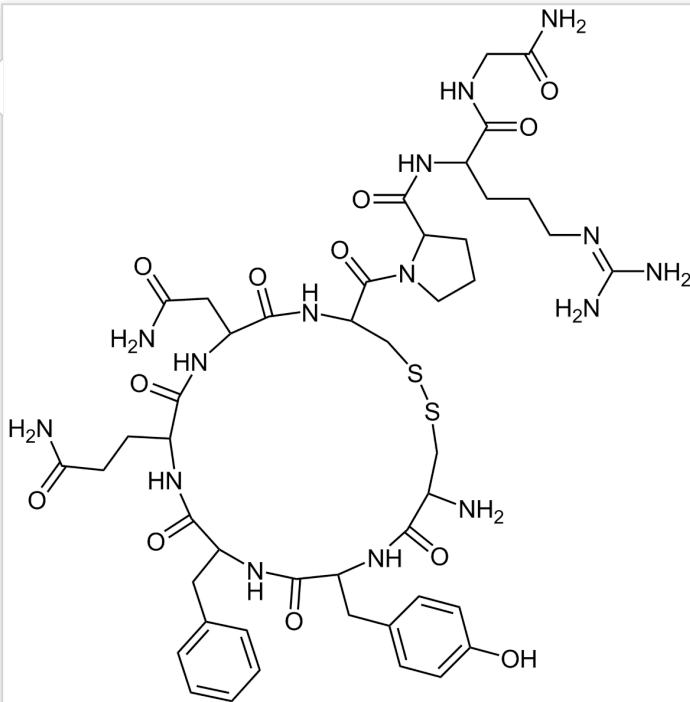
Gdyby ostateczny skład moczu był taki sam jak skład moczu pierwotnego, dochodziłoby do utraty dużych ilości wody i substancji, które organizm mógłby jeszcze wykorzystać. Dlatego też w kolejnym etapie powstawania moczu dochodzi do **resorpcji**, czyli wchłaniania zwrotnego. Proces ten jest możliwy dzięki obecności gęstej sieci naczyń krwionośnych wokół kanalików i pętli Henlego.

W pierwszym odcinku kanalika nerkowego (kanaliku proksymalnym) zachodzi proces wchłaniania zwrotnego, określane jako **resorpcja zwrotna obowiązkowa**. Podczas tego procesu wchłaniane zwrotnie do krwi na drodze [transportu aktywnego](#) są: glukoza, aminokwasy, jony Na^+ i K^+ , a na drodze [transportu biernego](#): woda, jony Cl^- , mocznik, kreatynina i inne substancje. Po przejściu przez kolejne odcinki kanalika krętego I rzędu, mocz pierwotny traci około 90% wody, jednak pomimo tak znacznej utraty wody pozostaje płynem izotonicznym w stosunku do osocza krwi.

Z kolei w odcinku kanalika nerkowego znajdującym się między jego częścią proksymalną a dystalną (w pętli Henlego) zachodzi intensywne wchłanianie wody, prowadzące do znacznego zagęszczania moczu. W ten sposób powstaje [mocz ostateczny](#) zawierający już tylko wodę, związki azotowe, chlorki, jony Na^+ , siarczyny czy fosforany.

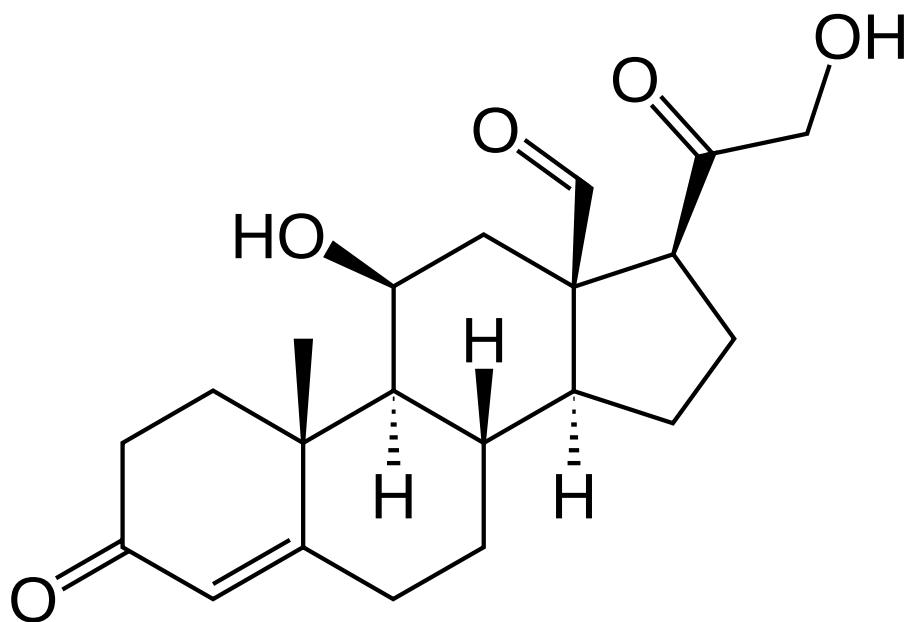
W kanalikach dystalnych, w zależności od aktualnego zapotrzebowania organizmu (w sytuacji występowania niedoborów), zachodzi proces **resorpcji zwrotnej nadobowiązkowej**, w wyniku którego do krwi wchłaniana jest dodatkowa ilość wody i jonów Na^+ .

W czasie resorpcji mocz ulega zagęszczeniu i traci objętość.



Hormon antydiuretyczny, wazopresyna, produkowana przez podwzgórze i wydzielana przez tylny płat przysadki mózgowej. Powoduje zagęszczanie moczu, pobudzając resorpcję wody w kanalikach zbiorczych.

Wchłanianie sodu, na tym etapie, regulują hormony kortykosteroidowe z grupy mineralokortykoidów (zwłaszcza aldosteron), a wchłanianie wody zależne jest od obecności wazopresyny.



Aldosteron jest jednym z hormonów mineralokortykoidowych produkowanych przez korę nadnerczy. Wpływa silnie na gospodarkę wodno-mineralną organizmu. Działając na kanaliki nefronu w nerkach, powoduje zatrzymanie jonów sodu Na^+ i wzrost wydalania jonów potasu K^+ .

Sekrecja

Poza opisanym procesem resorpcji, w obrębie nefronu obserwowany jest proces odwrotny polegający na **wydzielaniu (sekrecji)** różnych substancji przez komórki nabłonkowe kanalików nerkowych do ich światła. Podobnie jak w przypadku wchłaniania zwrotnego sekrecja może mieć charakter bierny lub aktywny. Do związków wydzielanych biernie do światła kanalików nerkowych należą sole amonowe i słabe kwasy (np. kwas salicyłowy). Związki te wydzielane są w celu przeciwdziałania nadmiernym zmianom pH moczu pierwotnego. Z kolei aktywnie wydzielane są do światła kanalików takie związki jak kreatynina, hormony steroidowe oraz niektóre związki o charakterze egzogennym, np. leki zaliczane do antybiotyków (penicylina, sulfonamidy).

Słownik

anuria (bezmocz)

stan zmniejszonego wydalania moczu (poniżej 100 ml na dobę)

filtracja

pierwszy etap powstawania moczu; w wyniku filtracji powstaje w ciągu doby od 150 do 180 l moczu pierwotnego, który, przepływając przez kanaliki nerkowe, ulega zagęszczeniu do ok. 1,5 l/dobę moczu ostatecznego

mocz ostateczny (wtórny)

przesącz powstały z moczu pierwotnego w wyniku zwrotnej resorpcji i sekrecji zachodzących w kanalikach nerkowych; zawiera wodę, mocznik i jony chlorkowe

mocz pierwotny (przesącz kłębuszkowy, filtrat)

przesącz powstały w wyniku filtracji krwi przepływającej przez kłębuszek nerkowy; zawiera niemal wszystkie składniki osocza (oprócz związków wielkocząsteczkowych, np. białek)

nefron

(gr. *nephrós* – nerka) podstawowa jednostka strukturalno-czynnościowa nerki

pętla Henlego

odcinek kanalika nerkowego znajdujący się pomiędzy jego proksymalną a dystalną częścią

resorpcja zwrotna

przechodzenie wody, elektrolitów i glukozy przez śródbłonek kanalików nerkowych do krwi naczyń włosowatych; służy zapobieganiu nadmiernej utracie tych substancji z moczem

sekrecja kanalikowa

proces wydzielania zbędnych substancji do moczu ostatecznego w drodze dyfuzji lub transportu aktywnego, zachodzący w trakcie przechodzenia moczu pierwotnego przez kanaliki nerkowe

sieć dziwna

układ naczyń krwionośnych występujący w ciałkach nerkowych, w którym tętnice rozgałęziają się na naczynia o coraz mniejszej średnicy (tzw. tętniczki), które po opuszczeniu ciała nerkowego łączą się ponownie w tętnice

torebka Bowmana

część ciała nerkowego zbudowana z nabłonka jednowarstwowego płaskiego otaczająca naczynia krwionośne kłębuszka nerkowego

transport aktywny

transport odbywający się wbrew gradientowi stężeń wymagający nakładu energii

transport bierny

transport odbywający się zgodnie z gradientem stężeń bez nakładu energii

Trwa wczytywanie danych ..



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R13QZLVHPKQ72>

Fizjologia powstawania moczu.

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

Film pod tytułem "Fizjologia powstawania moczu".

Polecenie 1

Polecenie 2

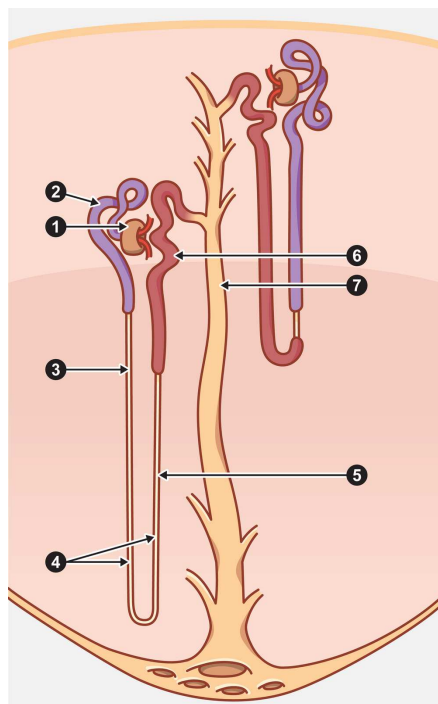
Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Przeanalizuj schemat, na którym znajdują się elementy składowe nefronu, a następnie rozwiąż polecenie poniżej.



Budowa nefronu, na podstawie Holly Fischer.

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

Ćwiczenie 2



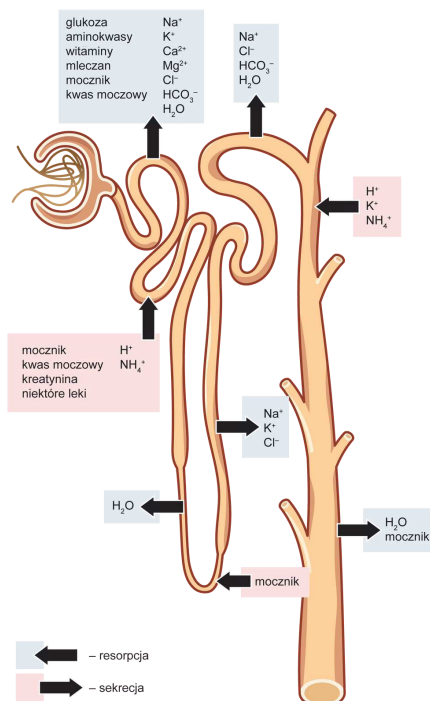
Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Przeanalizuj grafikę, a następnie rozwiąż poniższe polecenie.



Schemat resorpcji (substancje zaznaczone na niebiesko) i sekrecji (substancje oznaczone na różowo) w nefronie, na podstawie OpenStax College

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

Źródło: OpenStax College, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



„GFR oznacza wielkość przesączania kłębuszkowego, jest to skrót pochodzący od pierwszych liter terminu *glomerular filtration rate*. Przesączanie kłębuszkowe to ta część krwi przepływającej przez nerki, która ulega przefiltrowaniu przez wszystkie czynne kłębuszki obu nerek. Prawidłowo jest to około 10% objętości przepływającej przez nerki krwi. W praktyce GFR określa się, podając, jaka objętość krwi przesącza się w ciągu jednej minuty. Prawidłowo jest to 80–120 ml/min.”

Źródło: [https://www.mp.pl/pacjent/badania_zabiegi/51974,gfr\(\)](https://www.mp.pl/pacjent/badania_zabiegi/51974,gfr())

„W miarę postępu przewlekłej choroby nerek dochodzi do istotnego zmniejszenia przesączania kłębuszkowego, czyli GFR, oraz rozwijają się powikłania przewlekłej niewydolności nerek. U części chorych istnieje konieczność rozpoczęcia leczenia, którego celem jest jak najpełniejsze zastąpienie pracy nerek (tzw. leczenie nerkozastępcze). Zwykle jest ono niezbędne, gdy utracie uległo $\geq 90\%$ czynności nerek. Leczenie nerkozastępcze powinno być rozpoczęte w krótkim czasie, gdy GFR zmniejszy się poniżej 15 ml/min, a niekiedy nawet wcześniej.”

Źródło: [https://www.mp.pl/pacjent/badania_zabiegi/51920,leczenie-nerkozastepcze\(\)](https://www.mp.pl/pacjent/badania_zabiegi/51920,leczenie-nerkozastepcze())

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Fizjologia powstawania moczu

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):

- Przedstawisz proces tworzenia moczu.
- Wyjaśnisz znaczenie regulacji hormonalnej w procesie tworzenia moczu.
- Wyjaśnisz, na czym polega różnica między resorpcją zwrotną obowiązkową a resorpcją zwrotną nadobowiązkową.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z filmem;
- linia czasu.

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.

Przebieg lekcji

Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Fizjologia powstawania moczu”. Prosi uczestników zajęć o rozwiązanie ćwiczenia nr 6, dotyczącego fizjologicznej roli układu moczowego, z sekcji „Sprawdź się” na podstawie treści w sekcji „Przeczytaj”.

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla temat zajęć, krótko omawia przebieg lekcji i przedstawia jej cele.
2. **Raport z przygotowań.** Nauczyciel, za pomocą dostępnego w panelu użytkownika raportu, sprawdza, którzy uczniowie zapoznali się z udostępnionym e-materiałem i wykonali zadane ćwiczenie. Jeśli odpowiedzi uczniów bardzo się różnią lub ćwiczenie okazało się trudne, nauczyciel omawia je na forum.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z tekstem.** Jeśli nauczyciel uzna, że przygotowanie uczniów jest niewystarczające, zarządza ciche czytanie tekstu z sekcji „Przeczytaj”. Następnie prowadzi rozmowę kierowaną dotyczącą zagadnień poruszanych w e-materiale. Uczniowie odpowiadają na zadane przez niego pytania:

- Czym jest mocz?
- Gdzie powstaje mocz?
- Co jest podstawową jednostką strukturalno-czynnościową nerki?
- Jak jest zbudowany nefron?
- Jaki jest skład moczu pierwotnego, a jaki ostatecznego?

Jeśli jest to konieczne, nauczyciel naprowadza uczniów na właściwe odpowiedzi.

2. **Linia czasu.** Nauczyciel dzieli uczniów na cztery grupy. Każda z grup ma za zadanie opisać za pomocą linii czasu kolejne etapy powstawania moczu, uwzględniając zachodzące podczas nich zjawiska. Następnie grupy prezentują swoje linie czasu.
3. **Praca z multimediami („Animacja”).** Nauczyciel wyświetla na tablicy interaktywnej lub za pomocą rzutnika multimediami. Uczniowie odczytują polecenie nr 1 (dotyczące różnicy między resorpcją zwrotną obowiązkową a resorpcją zwrotną nadobowiązkową) i wykonują je w parach. Następnie dzielą się swoimi odpowiedziami na forum klasy.
4. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie w parach wykonują ćwiczenie nr 7 (dotyczące użycia środków kontrastowych u osób z niewydolnością nerek) 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. Następne ćwiczenie (nr 1 – dotyczące budowy nefronu), wyświetlone przez nauczyciela na tablicy, uczniowie rozwiązują w grupach 4-osobowych. Po jego wykonaniu i uzgodnieniu przez każdą grupę wspólnego wyboru następuje omówienie rezultatów na forum klasy.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie wykonują ćwiczenie nr 5 (krzyżówka) z sekcji „Sprawdź się”. Chętne osoby prezentują swoją odpowiedź.
2. Zalogowany na platformie nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”. W tym kontekście podsumowuje omówione zagadnienia.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia nr 3 i 4 z sekcji „Sprawdź się”.
2. Dla chętnych: Wykonaj ćwiczenie nr 8 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 zamieszczone w sekcji „Animacja” na innych lekcjach dotyczących układu moczowego.