

Wydalanie

Układ wydalniczy uczestniczy w usuwaniu z organizmu szkodliwych produktów przemiany materii – głównie produktów przemian azotowych. Składa się z górnych i dolnych dróg moczowych (*Rysunek 3*). Nerki i moczowody stanowią górne drogi moczowe. Tu w procesie filtracji, resorpcji i sekrecji produkowany jest mocz ostateczny. Jest on odprowadzany moczowodami do pęcherza moczowego, gdzie jest tymczasowo gromadzony a następnie usuwany w procesie mikcji – czyli odruchowego oddawania moczu. Pęcherz moczowy i cewka moczowa stanowią dolne drogi moczowe.

Instrukcja wykonania ćwiczeń

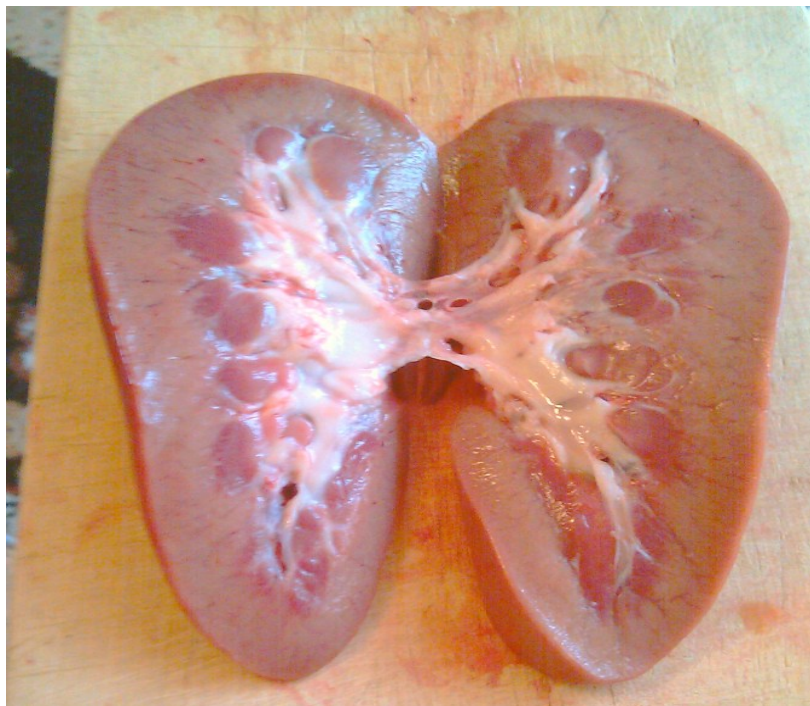
Potrzebne do wykonania: pojemniki do zbierania moczu do analizy, paski testowe do analizy moczu, cylindry miarowe, aerometry

Zadanie:

Naszym zadaniem podczas dzisiejszych ćwiczeń będzie wykonanie preparatu anatomicznego nerki wieprzowej oraz przeprowadzenie analizy moczu.

1. Preparat anatomiczny nerki:

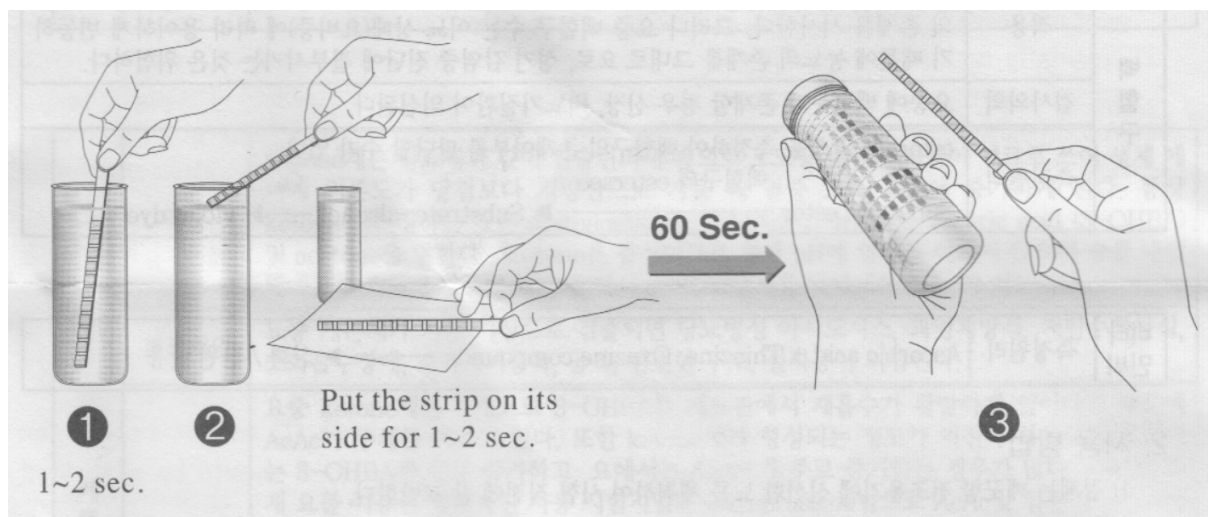
- Dla zaobserwowania najważniejszych elementów anatomicznych nerki, należy rozciąć ją na pół, na płasko (*Rysunek 1*). Na przekroju będą widoczne piramidy nerkowe, wnęka, naczynia, kora i rdzeń. Ten obraz należy naszkicować...



Rysunek 1. Przekrój przez nerkę wieprzową

2. Wykonać analizę moczu:

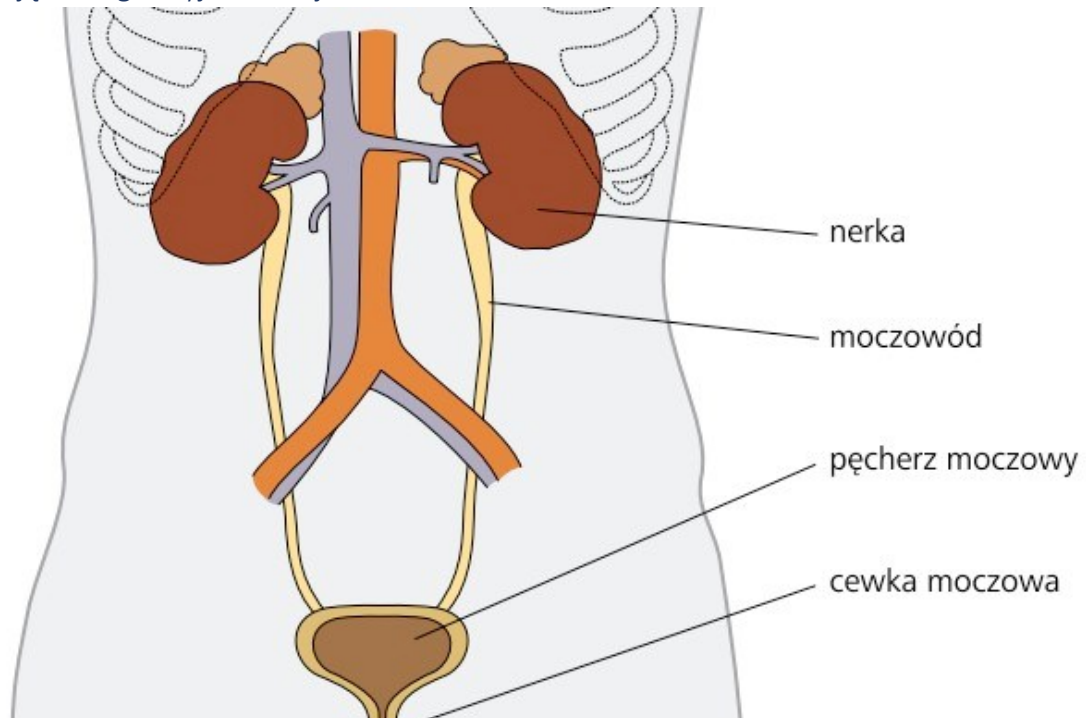
- Zebrać mocz do specjalnie w tym celu przygotowanego pojemnika.
- Przebrać mocz do cylindra miarowego, zmierzyć jego ciężar właściwy.
- Pasek testowy zanurzyć na 1-2 sekund, otrząpać i delikatnie odsączyć w krawędzi. Odczytać wynik po odpowiednim czasie, stosując się do załączonej instrukcji (*Rysunek 2*).



Rysunek 2. Instrukcja użytkowania pasków testowych do analizy moczu

Część teoretyczna – Fizjologia układu moczowego

Oczyszczająca i regulacyjna funkcja nerek



Rysunek 3. Górne i dolne drogi moczowe.

Nerki pełnią w organizmie rozmaite funkcje: wydalniczą – produkują mocz; regulacyjną, gdyż zapewniają stałość środowiska wewnętrznego organizmu, zwłaszcza stały skład i objętość płynów ustrojowych. Najważniejszą funkcją fizjologiczną nerek jest wydalanie z organizmu zbędnych produktów przemiany materii (np. mocznika, kwasu moczowego, kreatyniny) i związków toksycznych (np. ksenobiotyków, insektycydów fosforoorganicznych, związków metali: Cd, Cr, nieorganicznych związków Hg). Poza tym nerki utrzymują bilans wodny i osmolalność płynów organizmu. Mają zdolność do zagęszczania moczu, ze względu na regulowanie wydalania wody i elektrolitów. Uczestniczą też w utrzymaniu równowagi kwasowo-zasadowej, poprzez wydalanie jonów H^+ , resorpcję jonów HCO_3^- oraz sekrecję jonów CO_3^{2-} .

Funkcja regulacyjna nerek opiera się na wytwarzaniu hormonów. (Regulacja humoralna to modyfikowanie czynności narządów i ośrodków nerwowych przez związki chemiczne znajdujące się w płynach ustrojowych). Właśnie tą drogą nerki regulują ciśnienie tętnicze krwi poprzez układ hormonalny renina-angiotensyna-aldosteron. Składa się on z następujących elementów:

- **Renina (angiotensynaza)** – jest białkiem, glikoproteiną wydzielaną przez komórki aparatu przykłębuszkowego w kłębuszkach nerkowych. Ten proteolityczny enzym katalizuje przemianę prekursorowego związku **angiotensynogenu** w **angiotensynę I (AI)**, zachodzącą w wątrobie. Renina wywołuje znaczny wzrost reabsorpcji sodu i wody, co powoduje zmniejszenie ilości wytwarzanego moczu ostatecznego oraz jego zagęszczenie.
- **Angiotensyna** zwęża naczynia krwionośne, wzmacnia resorpcję jonów Na^+ , Cl^- i wody w kanalikach nerkowych, zwiększa wydzielanie aldosteronu, wazopresyny
- **Aldosteron** to hormon kory nadnerczy, który wzmacnia resorpcję zwrotną soli sodowych, a więc i wody, hamując ich wydalanie do moczu sodu w postaci chlorku sodu. Hormon ten zaliczany jest do grupy hormonów kory nadnerczy określanych jako mineralokortykosteroidy (należą tu: aldosteron i 11-dezoksykortykosteron). Regulują one gospodarkę wodno-mineralną

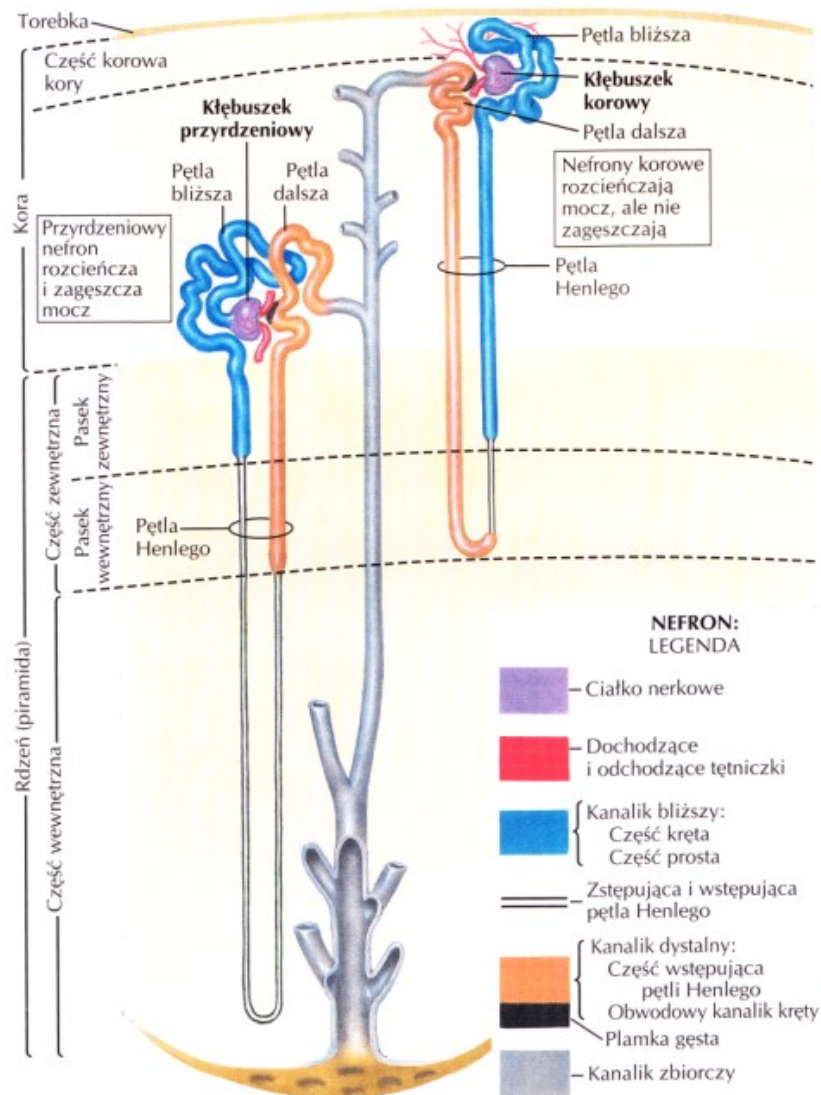
organizmu, działając na nabłonki kanalików nerkowych w taki sposób, że wzmagają resorpcję zwrotną soli sodowych, hamują wydalenie sodu w postaci chlorku sodu do moczu ostatecznego. Wraz z NaCl w ustroju zatrzymana jest woda. Dochodzi też do obniżenia się stężenia jonów potasu w płynach ustrojowych.

Innym hormonem wpływającym na czynność reabsorpcyjną nerek jest **wazopresyna** – hormon antydiuretyczny – powoduje on zagęszczanie moczu poprzez pobudzenie resorpcji zwrotnej wody w kanalikach nerkowych. Niedobór lub brak tego hormonu prowadzi do **moczówki prostej**, czyli wydalania dużych ilości rozcieńczonego moczu.

Poprzez wytwarzanie innego hormonu – **erytropoetyny** – nerki wywierają wpływ na prawidłową **erytropoezę**, zwiększając produkcję erytrocytów przez szpik kostny.

Nerki, regulując ogólną gospodarkę mineralną organizmu, mają też wpływ na skład naszych kości. W nerkach witamina D współdziała z parathormonem w reabsorpcji wapnia.

Struktura i funkcja nerek – budowa nefronu



Rysunek 4. Struktura i podział nefronów

Podstawową jednostką strukturalną nerki jest **nefron**. Liczba nefronów w ludzkiej nerce wykazuje zmienność osobniczą i średnio wynosi około 1 500 000 (1,5 mln). Liczba ta jest ustalona od momentu

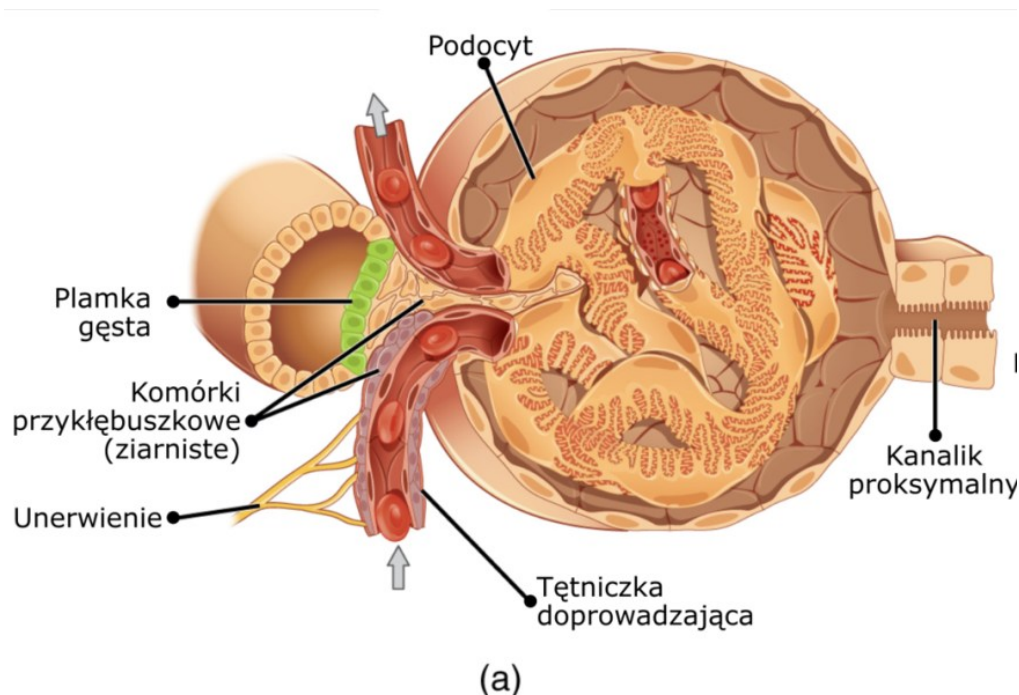
urodzenia. W nerkach występują dwie populacje nefronów. Z **nefronów o krótkiej pętli** zbudowana jest kora nerki, zaś **nefrony o długiej pętli** przenikają do ciemniejszego rdzenia nerki, który tworzy piramidy nerkowe (*Rysunek 4*).

Każdy nefron składa się z **kłębuszka nerkowego** oraz **kanalika nerkowego**. Kłębuszek ma średnicę 200 mikrometrów. Obejmuje kłębek naczyń krwionośnych otoczonych **torebką Bowmana**. Śródbłonek naczyń krwionośnych w kłębuszku stanowi bardzo dużą powierzchnię czynną. Całkowita powierzchnia śródbłonka naczyń w jednym kłębuszku wynosi ok. 0,8 m², natomiast całkowita długość nefronu to 45-65 mm.

Kanalik nerkowy składa się z szeregu odcinków. **Kanalik kręty bliższy** – zbudowany z pojedynczej warstwy komórek (nabłonek sześcienny). Charakterystyczną cechą budowy ściany tej części kanalik nerkowego jest obecność w niej tzw. **rąbka szczoteczkowego** zbudowanego z **mikrokosmków**, co zwiększa powierzchnię czynną wymiany substancji przez ścianę kanalika.

Pętla Henlego – część kanalik nerkowego zstępująca do wnętrza nerki – zbudowana jest z ramienia cienkiego zstępującego. Ramię grube wstępujące pętli Henlego jest zbudowane z wysokich komórek. Dociera do kłębuszka i układa się między tętnicą doprowadzającą a odprowadzającą. Tu znajduje się **plamka gęsta**, pełniąca funkcję osmoreceptora.

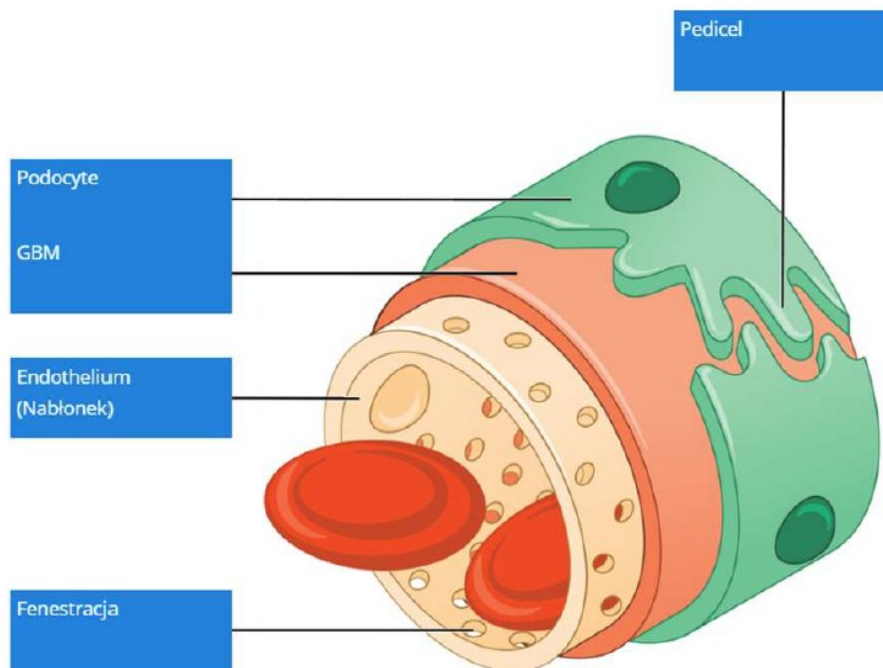
Kanalik kręty dalszy zaczyna się od plamki gęstej, jest krótki i mimo obecności kosmków nie ma wyraźnego rąbka szczoteczkowego. Kanaliki dalsze nefronów łączą się w **kanaliki zbiorcze**, które przechodzą przez korę i rdzeń nerki i uchodzą do **miedniczek nerkowych** na szczycie **piramid rdzeniowych**.



Rysunek 5. Kłębuszek nerkowy

Do kłębuszka nerkowego (*Rysunek 5*) z przeciwległych końców wchodzi i wychodzi **tętniczki nerkowe**, tworząc tzw. **sieć cudowną**, czyli układ tętniczo-tętniczy. W ramieniu wstępującym pętli Henlego w okolicach kłębuszka (między tętniczkami) znajdują się wyspecjalizowane komórki kanalik tworzące plamkę gęstą (najbliżej tętnicy doprowadzającej). Plamka gęsta pełni rolę osmoreceptora, wrażliwego na zmiany stężenia Na⁺ w płynie pozakomórkowym. Komórki plamki gęstej reagują na zmianę ciśnienia

osmotycznego moczu i sygnał ten przekazują przez komórki **mezangium zewnętrznego** do komórek przykłębuszkowych. Plamka gęsta, sąsiadujące z nią komórki mezangium zewnętrznego (na rysunku – komórki przykłębuszkowe (ziarniste)) tworzą **aparat przykłębuszkowy**, pełniący funkcję receptorową i wydzielniczą (renina) – wydzielają reninę.



Rysunek 6. Bariera oddzielająca krew przepływającą w naczyniach włosowatych od filtratu kłębuszkowego

Nabłonek torebki Bowmana (strukturalnie ściany ślepo zakończonego kanalika) tworzą **podocyty**. Mają one liczne wypustki (pseudopodia) które wzajemnie się przeplatają tworząc **szczeliny filtracyjne** (25 nm). Między błoną podstawną a śródbłonkiem oraz między naczyniami znajdują się też gwiaździste komórki **mezangium wewnętrznego**. Komórki mezangium mają zdolność kurczenia się i odgrywają rolę w regulacji intensywności filtracji kłębuszkowej. Tak więc, barierę oddzielającą krew przepływającą w naczyniach włosowatych od filtratu kłębuszkowego znajdującego się w torebce Bowmana stanowią zasadniczo trzy warstwy komórek: **śródbłonek naczyński** (endothelium) i wyspecjalizowany **nabłonek torebki** utworzony przez **podocyty** z palczastymi wypustkami – **pedicelami**, pokrywające naczynia. Pomiędzy nimi znajduje się **błona podstawna** (GBM) (Rysunek 6).

Przepływ krwi przez nerki. Filtracja kłębuszkowa

W ciągu minuty przez obie nerki przepływa ok. 1,2-1,7 litra krwi (tj. 20-25% objętości minutowej serca). Daje to przepływ **400 ml/min/100g masy nerki**. Tak duży przepływ jest konieczny dla zapewnienia prawidłowej funkcji wydalinco-resorpcyjnej nefronów. Przepływ krwi przez nerki jest stały, równomierny i podlega **autoregulacji**. Gdyby nie zachodziło zjawisko autoregulacji przepływu krwi przez nerki to przy zachowaniu stałego tempa resorpcji płynu w kanalikach nerkowych wzrost ciśnienia hydrostatycznego w kłębuszkach o 25% mógłby spowodować znaczne zwiększenie diurezy z 1,5 litra na dobę do 40 litrów na dobę. Autoregulacja ustaje, kiedy średnie ciśnienie tętnicze w nerkach spadnie poniżej 70 mmHg. Dlatego utrzymanie stabilnego przepływu krwi w nerce odgrywa ważną rolę w zapewnieniu stałej wartości filtracji kłębuszkowej. Główną rolę w regulacji ciśnienia hydrostatycznego w kłębuszkach i regulacji przepływu krwi przez naczynia włosowate odgrywają kurczące się i przez to zmieniające swoje światło tętniczki odprowadzające.

Siłą napędową procesu **filtracji** jest ciśnienie hydrostatyczne krwi powstające w naczyniach włosowatych kłębuszków. Filtracja może zachodzić, gdyż ciśnienie hydrostatyczne w naczyniach włosowatych kłębuszka (P_c) przewyższa sumę sił przeciwdziałających się filtracji, czyli sumie ciśnienia onkotycznego (koloidoosmotycznego) osocza krwi płynącej w naczyniach włosowatych kłębuszka (P_{ic}) i ciśnienia hydrostatycznego przesącza w torebce kłębuszka (P_{tor}). Ciśnienie filtracyjne wynosi ok 2kPa (jest to 25% ciśnienia hydrostatycznego w kłębuszkach)

Resorpcja i sekrecja w kanalikach nerkowych

Kolejnym etapem produkcji moczu jest **resorpcja kanalikowa** (wchłanianie zwrotne) oraz **sekrecja kanalikowa**. Mają one na celu zmianę składu powstałego w wyniku filtracji kłębuszkowej **moczu pierwotnego** (pramoczu, ultrafiltratu), a przede wszystkim redukcję jego objętości o 98%. Modyfikacje składu i objętości powstającego moczu odbywają się na drodze transportu czynnego oraz biernego (symportu, antyportu) poprzez wymianę składników między płynem kanalikowym a przestrzenią śródmiąższową i naczyniami włosowatymi. Resorpcja głównie odbywa się w **kanalikach proksymalnych** (bliższych), gdzie z moczu pierwotnego uchodzi 75% wody, Na^+ , Cl^- oraz cała glukoza, aminokwasy, białka, witaminy i większość innych składników potrzebnych organizmowi, tj. Ca^{2+} , Mg^{2+} . Wchłanianie zwrotne w kanaliku bliższym nazywamy **wchłanianiem obowiązkowym (obligatoryjnym)**. W dolnych odcinkach nefronu i kanalikach dalszych wchłania się pozostałe 25% wody z moczu pierwotnego, a proces ten jest regulowany i odbywa się przy stymulacji wazopresyną, jest to **wchłanianie warunkowe (fakultatywne)**.

Podsumowując: Resorpcja kanalikowa (TR, obejmuje wchłanianie zwrotne obowiązkowe i nieobowiązkowe) zachodzące w 75% w kanaliku proksymalnym. Substancje wchłaniane są do komórek nabłonkowych, a następnie trafiają do krwi. Wchłaniane są woda, glukoza, Na^+ , K^+ , HCO_3^- , aminokwasy, mocznik. Sumarycznie mocz pierwotny ulega zmianie składu a także redukcji objętości aż do 98% swojej początkowej objętości (*Rysunek 7*).

Zmiany wartości osmotycznej ultrafiltratu oraz moczu ostatecznego

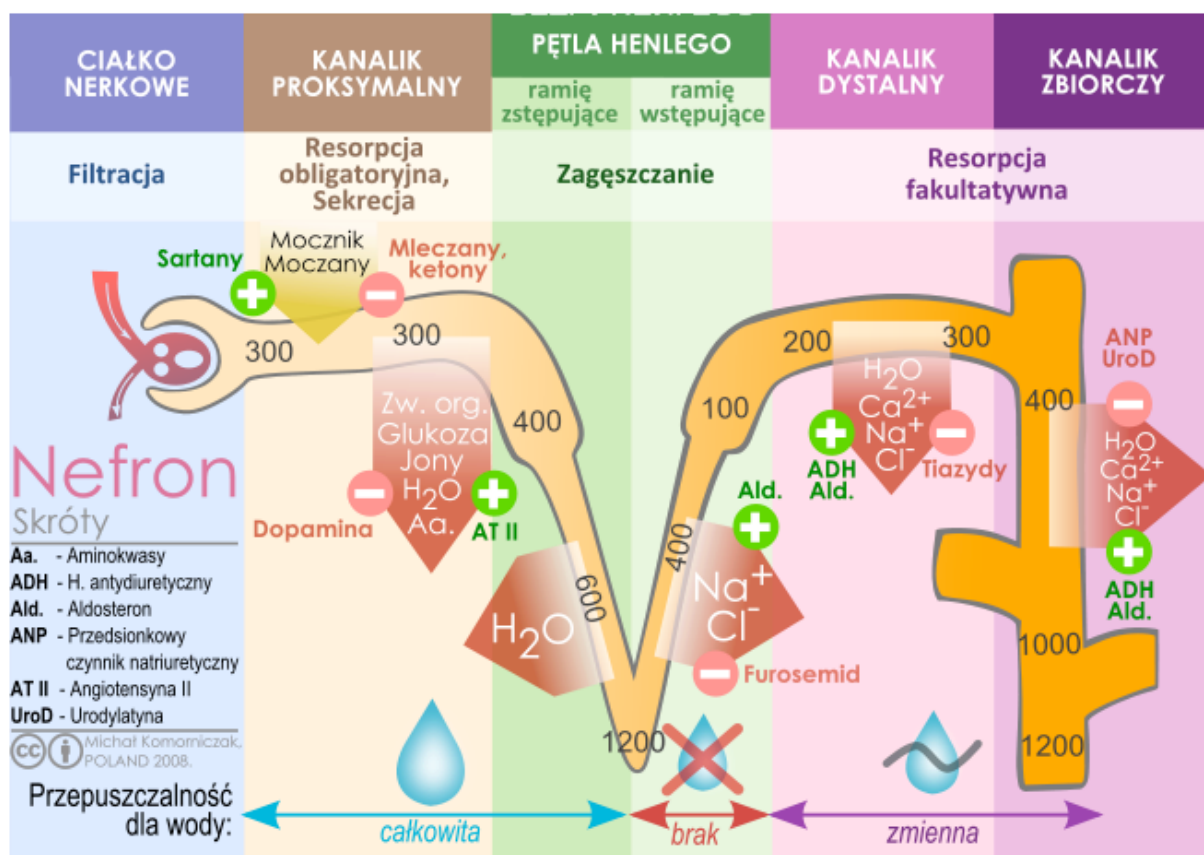
Płyn przefiltrowany do kanalika proksymalnego jest **izoosmotyczny** w stosunku do osocza. Jego osmolarność wynosi 300 mOsm/l. Osmolarność płynów ustrojowych organizmu waha się w granicach 280–300 mOsm/kg H_2O . Kanalik proksymalny położony jest w korze nerki, w której płyn śródmiąższowy ma również stężenie izoosmotyczne w stosunku do osocza, z tego powodu wymiana wody i składników osmotycznych nie prowadzi w tym miejscu do znaczących zmian osmolarności.

Bierne wchłanianie jonów Na^+ odbywa się na drodze **symportu złożonego** $Na^+-K^+-2Cl^-$, **antyportu** Na^+-H^+ . Jony Na^+ wchłonięte do komórek kanalika są z nich usuwane do przestrzeni śródmiąższowej drogą **transportu aktywnego** przez pompę Na^+-K^+

Elementem kanalika nerkowego niezbędnym do prawidłowego ustalenia zawartości wody w moczu ostatecznym i osmoregulację jest **Pętla Henlego**. Pochodzi ona bezpośrednio od kanalika proksymalnego i składa się z cienkiej części zstępującej oraz grubej części wstępującej, które różnią się między sobą mechanizmami transportu i pełnionymi funkcjami. W pętli Henlego odbywa się zagęszczanie oraz rozcieńczanie moczu, resorpcja zwrotna 25% przefiltrowanych jonów Na^+ , Cl^- , K^+ , Ca^{2+} i HCO_3^- . **W części zstępującej – przepuszczalnej dla wody**, wskutek jej przechodzenia do miąższu nerki, dochodzi do stopniowego wzrostu osmolarności płynu kanalikowego, aż do osiągnięcia tzw. zagięcia pętli, gdzie uzyskuje maksymalną wartość – 1200 mOsm/L. W tym odcinku pętli płyn wewnątrz kanalika staje się **hiperosmotyczny (hipertoniczny)** względem osocza a mocz jest **zagęszczany**.

Płyn wchodzący do pętli Henlego ma osmolarność na poziomie 300 mOsm/l, ściana ramienia zstępującego wnika w głąb kory nerki przechodząc przez otoczenie o narastającej osmolarności.

Ponieważ ściany komórek tej części kanalika swobodnie przepuszczają wodę, przenika ona zgodnie z gradientem stężeń do płynu śródmiąższowego co znacznie podwyższa stężenie płynu kanalikowego. Maksymalną wartość osiąga ono przy zagięciu pętli, gdzie przyjmuje wartość 600 mOsm/l (nefrony korowe) lub 1200 mOsm/l (nefrony przyrdzeniowe).



Rysunek 7. Produkcja moczu w nefronie – czynniki wpływające na procesy filtracji, resorpcji i sekrecji.

Ramię wstępujące pętli Henlego dąży w odwrotnym kierunku tj. od rdzenia do kory nerki. Powoduje to, iż płyn kanalikowy przechodzi przez płyn śródmiąższowy o malejącym stężeniu. Sprzyja to wydostawaniu się do niego ze światła kanalika związków osmotycznie czynnych, które przechodzą do płynu śródmiąższowego zgodnie ze swoim gradientem stężeń, powodując stopniowe rozcieńczanie moczu. Sprzyja temu **brak przepuszczalności błony tej części kanalika dla wody**. Sumarycznie powoduje to, iż stężenie osmotyczne płynu kanalikowego przechodzącego z części wstępującej do kanalika dystalnego spada średnio do 200-250 mOsm/l. W części wstępującej – nieprzepuszczalnej dla wody – następuje resorpcja jonów Na^+ , K^+ , Cl^- , resorpcja anionów HCO_3^- , sekrecja jonów H^+ .

Kanalik dalszy (dystalny) składa się z części grubszej (wstępującej), będącej kontynuacją części wstępującej pętli Henlego i tak jak ona **nieprzepuszczalnej dla wody**. Zatem, osmolarność płynu kanalikowego w tym miejscu dalej spada do 80-100 mOsm/L. Woda pozostaje w świetle kanalika. Zachodzi tu natomiast resorpcja Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} i sekrecja jonów K^+ . **W części dalszej** kanalika dalszego zachodzi resorpcja Na^+ , Cl^- , sekrecja jonów K^+ , resorpcja mocznika i wody (w obecności AVP), Resorpcja białek, które zdołały przedostać się do moczu pierwotnego podczas filtracji kłębuszkowej. Częsteczki białek są wstępnie rozkładane przez enzymy obecne na zewnętrznej powierzchni błony luminalnej, następnie są one wchłaniane poprzez endocytozę do komórek, gdzie są trawione. Do kanalika dystalnego nefronu dostarczany jest płyn kanalikowy o osmolarności 100 mOsm/l, odbywa się tam **resorpcja fakultatywna**. W początkowym odcinku kanalika siłą napędową resorpcji jonów Na^+ jest ATP-

aza $\text{Na}^+\text{-K}^+$, aktywowana dokomórkowym napływem jonów sodu. Komórki nabłonkowe budujące grubszą część kanalik dalszego są aktywne metabolicznie, ponieważ dochodzi tutaj głównie do resorpcji jonów Na^+ , Cl^- (na zasadzie symportu $\text{Na}^+\text{-Cl}^-$) oraz Ca^{2+} i wydalania jonów K^+ .

Cewka zbiorcza zbudowana jest podobnie jak część zstępująca kanalik dystalnego. Zstępuje on jednak znowu do rdzenia nerki, gdzie osmolarność płynu śródmiąższowego stopniowo podwyższa się. Dzięki temu powstający na tym etapie mocz ostateczny **traci wodę** i staje się **hipertoniczny** względem osocza, a jego osmolarność osiąga 1200 mOsm/l. Jest to miejsce podatne na działanie regulacyjne ze strony **wazopresyny** i **aldosteronu**. Mocz pierwotny jest resorbowany w **98-99%**. Osmolalność moczu: 50-1400, średnio 850 (± 200) mmol/kg wody, osocza: 300 mosm.

Analiza moczu

Znaczenie diagnostyczne

Naszym zadaniem podczas dzisiejszych ćwiczeń jest przeprowadzenie analizy moczu. Ze względu na dużą przydatność tej analizy w rozpoznawaniu chorób badanie ogólne moczu jest jednym z najczęściej zlecanych przez lekarzy badań laboratoryjnych. Badanie takie pozwala na wykrycie chorób nerek (np. kłębuszkowego lub śródmiąższowego zapalenia nerek), chorób dróg moczowych (np. zakażenia dróg moczowych, kamicy nerkowej, nowotworów nerek, dróg moczowych i pęcherza moczowego). Dzięki analizie moczu można też rozpoznać powikłania tzw. chorób cywilizacyjnych, takich jak cukrzyca, nadciśnienie tętnicze, otyłość. W tych przypadkach zaleca się wykonywanie badania w regularnych odstępach czasu (zwykle raz w roku). Analiza moczu może pomóc w wykrywaniu takich chorób tzw. układowych, dotyczących licznych narządów (np. toczeń trzewny, inne choroby tkanki łącznej, skrobiawica). Analiza moczu często wchodzi w zakres tzw. badań podstawowych (podobnie jak morfologia krwi, NP.), wykonywanych okresowo w celu wczesnego wykrycia chorób często występujących lub oceny ogólnego stanu zdrowia (np. badania pracownicze). Badanie to jest często niedocenianym, ale niezwykle ważnym narzędziem diagnostycznym i dostarcza istotnych informacji na temat stanu zdrowia człowieka, umożliwia rozpoznawanie chorób nerek i dróg moczowych, jest pomocne w diagnozowaniu cukrzycy i żółtaczki. Jest proste do wykonania, tanie oraz całkowicie nieinwazyjne.

Z diagnostycznego punktu widzenia najbardziej wartościowe jest badanie próbki moczu pochodzącej z pierwszej porannej mikcji (oddania moczu). Próbkę najlepiej pobrać do specjalnego pojemnika (kupionego w aptece lub otrzymanego w laboratorium analitycznym). Próbka moczu powinna zostać poddana badaniu w ciągu 2 godzin od pobrania. Jeżeli niezwłoczne dostarczenie próbki do laboratorium nie jest możliwe, można ją przez kilka godzin przechowywać w lodówce.

Interpretacja wyników analizy

Mocz swój powinniśmy obserwować nieustannie, każdego dnia. Podczas badania moczu zwracamy uwagę na szereg czynników. Zwykle nasz niepokój powinna budzić zmiana dziennej ilości oddawanego moczu, zmiana barwy moczu, jego zmętnienie oraz zmiana zapachu (*Rysunek 8 i 9*).

Poniżej przedstawiamy kilka cech moczu, które są określane podczas rutynowego badania moczu a mają duże znaczenie diagnostyczne.

Przejrzystość i barwa – prawidłowy mocz powinien być przejrzysty, barwy żółtej. Inny kolor świadczy o obecności w nim nieprawidłowych składników, na przykład czerwony mocz (możliwe odcienie od różowego do brązowego) – **krwiomocz** najczęściej spowodowany jest obecnością erytrocytów, czyli przedostania się do niego krwi z naczyń krwionośnych. Przyczynami czerwono-brązowego zabarwienia moczu może być obecność hemoglobiny (z rozpadłych erytrocytów), mioglobiny (z uszkodzonych mięśni), barwników pochodzących z pokarmów (np. buraki ćwikłowe, maślaki) lub leków (np.

ryfampicyna). **Mętność moczu** świadczy o dużej liczbie leukocytów (tzw. ropomocz w zakażeniu układu moczowego) lub kryształów (fosforany, moczan).



Rysunek 8. Odczyt wyników z testów paskowych do analizy moczu.

Leukocyty nie powinny występować w prawidłowym moczu w liczbie większej niż 4–5 w polu widzenia, jeżeli osad moczu badany był pod mikroskopem. Jeżeli mocz badany był testem paskowym, wynik nieprawidłowy będzie podany w plusach – większa liczba plusów oznacza większą liczbę leukocytów. Przyczynami nieprawidłowej liczby leukocytów w moczu może być zakażenie dróg moczowych, zwykle zapalenie pęcherza lub odmiedniczkowe zapalenie nerek, zapalenie gruczołu krokowego u mężczyzn, śródmiąższowe zapalenie nerek. U kobiet często ma miejsce nieprawidłowe pobranie próbki moczu. Leukocyty pochodzą wówczas z okolicy zewnętrznego ujścia cewki moczowej.

Obecność **azotynów** w moczu najczęściej pośrednio wskazuje na jego zakażenie bakteryjne, natomiast wynik ujemny nie może go wykluczyć. Azotyny w moczu mogą pośrednio wskazywać na zakażenie układu moczowego. Zawsze wymagane jest wtedy dodatkowe przeanalizowanie osadu moczu, ewentualnie zbadanie posiewu.

Barwniki żółciowe (bilirubina i urobilinogen) nie występują w prawidłowym moczu. Towarzyszą chorobom wątroby i dróg żółciowych. **Urobilinogen** (sterkobilinogen) – to organiczny związek chemiczny, pochodna bilirubiny, powstająca w świetle przewodu pokarmowego wskutek działania enzymów bakteryjnych. Część urobilinogenu ulega resorpcji przez błonę śluzową jelita i jest wydalana z moczem przez nerki. Zwiększenie ilości urobilinogenu występuje w chorobach wątroby, kiedy metabolizm tego związku w komórkach wątroby (hepatocytach) jest zahamowany, a także w przypadku krwawień do przewodu pokarmowego, gdy wskutek hemolizy krwinek powstają duże ilości bilirubiny. **Bilirubina** (z łac. *bilis* – żółć, *ruber* – czerwony) – to pomarańczowoczerwony barwnik żółciowy ssaków. Jest produktem rozpadu hemu hemoglobiny i innych hemoprotein. Wzrost stężenia bilirubiny we krwi i tkankach może powodować zażółcenie skóry i białkówki oczu, zwane żółtaczką. Barwnik ten wykryty został także u roślin z rodzaju *Strelicja*.

Białko nie powinno być obecne w prawidłowym moczu. Białkomocz najczęściej wskazuje na choroby nerek wskazuje na zaburzenie procesu filtracji. Przyczyną białkomoczu mogą być też między innymi

infekcje intymne u kobiet, choroby prostaty u mężczyzn, zapalenie nerek. Białkomocz fizjologiczny pojawia się też w czasie wysokiej gorączki, źle leczonej cukrzycy czy po wysiłku fizycznym.

Prawidłowy moczu ma **odczyn (pH)** kwaśny. Zasadowy odczyn moczu może występować w przewlekłych zakażeniach układu moczowego wywołanych niektórymi bakteriami oraz w zaburzeniach (najczęściej wrodzonych) czynności cewek nerkowych.



Rysunek 9. Wygląd moczu może dać obraz stanu zdrowia.

Poranny moczu najlepiej obrazuje funkcjonowanie nerek, bo kilka godzin snu sprawia, że zmniejsza się wpływ ilości spożywanych płynów na jego uwodnienie. Jeżeli próbka moczu pochodzi z porannej mikcji, jej gęstość względna – **ciężar właściwy** – zwykle przekracza $1,023 \text{ g/cm}^3$. Gęstość moczu może być mniejsza, jeżeli w ciągu kilku godzin przed pobraniem próbki przyjmowane były płyny. W przypadku niewydolności nerek gęstość względna moczu jest mniejsza niż $1,023 \text{ g/cm}^3$, bez względu na sposób pobrania próbki, a w bardzo ciężkiej niewydolności nerek ciężar właściwy moczu może wynosić nawet około $1,010 \text{ g/cm}^3$. U osób z prawidłowo funkcjonującymi nerkami podwyższona gęstość względna moczu (ok. $1,030 \text{ g/cm}^3$ lub więcej) występuje w przypadku znacznego odwodnienia organizmu (biegunka, wymioty, ciężki wysiłek fizyczny, gorączka, nieprzyjmowanie płynów przez dłuższy czas). Do zwiększenia gęstości moczu może się przyczynić obecność w nim nieprawidłowych substancji, takich jak glukoza (cukrzyca) lub radiologiczny środek cieniujący (wydalany przez nerki w krótkim czasie po jego podaniu do badania radiologicznego, takiego jak urografia, tomografia komputerowa).

Ciała ketonowe nie powinny występować w prawidłowym moczu. Towarzyszą one powikłaniom cukrzycy lub stanom głodzenia. Mogą występować w moczu zdrowej osoby nieprzyjmującej pokarmów przez kilkanaście godzin lub dłużej.

Cukier (Glukoza) nie występuje w prawidłowym moczu. Próg nerkowy dla glukozy to 10 mmol/L . Jeśli wskutek nieprawidłowego wydzielania i funkcjonowania hormonów trzustki stężenie cukru w osoczu jest podwyższone (hiperglikemia) to może zostać przekroczony tzw. transport maksymalny T_m w kanalikule nerkowym (zob. akapit poniżej). Wówczas glukoza pojawi się w moczu. Wynik poziomu cukru w moczu może być podany w liczbach (np. 50 mg/L – im większa liczba, tym większa ilość glukozy w moczu) lub tzw. plusach (np. ++; większa liczba plusów oznacza większą ilość glukozy). Przyczyną występowania glukozy w moczu jest cukrzyca (typu 1, typu 2, ciężarnych i inne typy cukrzycy), uszkodzenie cewek nerkowych (rzadko). Glukoza może fizjologicznie występować w moczu u kobiety z prawidłowo przebiegającą ciążą (zawsze należy wykluczyć cukrzycę).

Warto wiedzieć, że resorpcja jakiegokolwiek składnika moczu pierwotnego, na przykład glukozy, nie odbywa się w sposób nieograniczony, każdy składnik posiada swoją wartość maksymalną wyrażaną w mg/min – **Transport maksymalny** (T_m). Dla glukozy wartość ta wynosi 320 mg/min, jest to tzw. maksymalny transport kanalikowy (T_m – maximal transfer). Wynika z tego, że jeżeli stężenie glukozy w osoczu przekroczy wartość 320 mg/100 ml to jej nadmiar nie będzie mógł zostać wchłonięty przez nerkę i będzie przenikał do moczu. Stężenie danej substancji, przy której zachodzi jeszcze jej całkowite wchłanianie nazywamy **progiem nerkowym**, dla glukozy wynosi on 180 mg/100 ml osocza.

W osadzie moczu można też wykryć **wałeczki**. Są to cylindryczne agregaty substancji białkowych, w większej części utworzone przez białko Tamm-Horsfalla wydzielane do światła cewki nerkowej w ramieniu wstępującym pętli Henlego. Obecność wałeczków w osadzie moczu określa się jako **wałeczkomocz**. W wałeczki mogą być wtopione różne elementy osadu moczu, co określa ich morfologię i stanowi podstawę ich podziału. Spośród nich najczęstsze są wałeczki **szkliste**, które nie mają znaczenia diagnostycznego. Wałeczki są nieobecne w moczu zasadowym (ponieważ w wysokim pH białko Tamm-Horsfalla ulega rozpuszczeniu).

W nerkach mężczyzn trzy razy częściej niż u kobiet tworzą się **kamienie**. Przyczyną ich powstawania jest odkładanie się **złogów** w nerkach lub pęcherzu moczowym. Odrywanie się kamieni moczowych i ich przemieszczanie się w świetle moczowodów wykazujących ruchy perystaltyczne jest bardzo bolesne (tzw. **kolka nerkowa**). Na szczęście istnieje coraz więcej sposobów usuwania kamieni nerkowych. Można je rozbić, rozpuścić a następnie urodzić. Pierwotną przyczyną kamicy nerkowej jest dieta bogata w białko zwierzęce, a także picie zbyt małej ilości płynów. Na to, jakiego rodzaju złogi powstają, ma wpływ m.in. odczyn (pH) moczu. Jeśli jest stale niskie (kwasowe), tworzą się złogi moczanowe i cystynowe, zaś przy stale wysokim (alkalicznym) – fosforanowe i szczawianowe.