

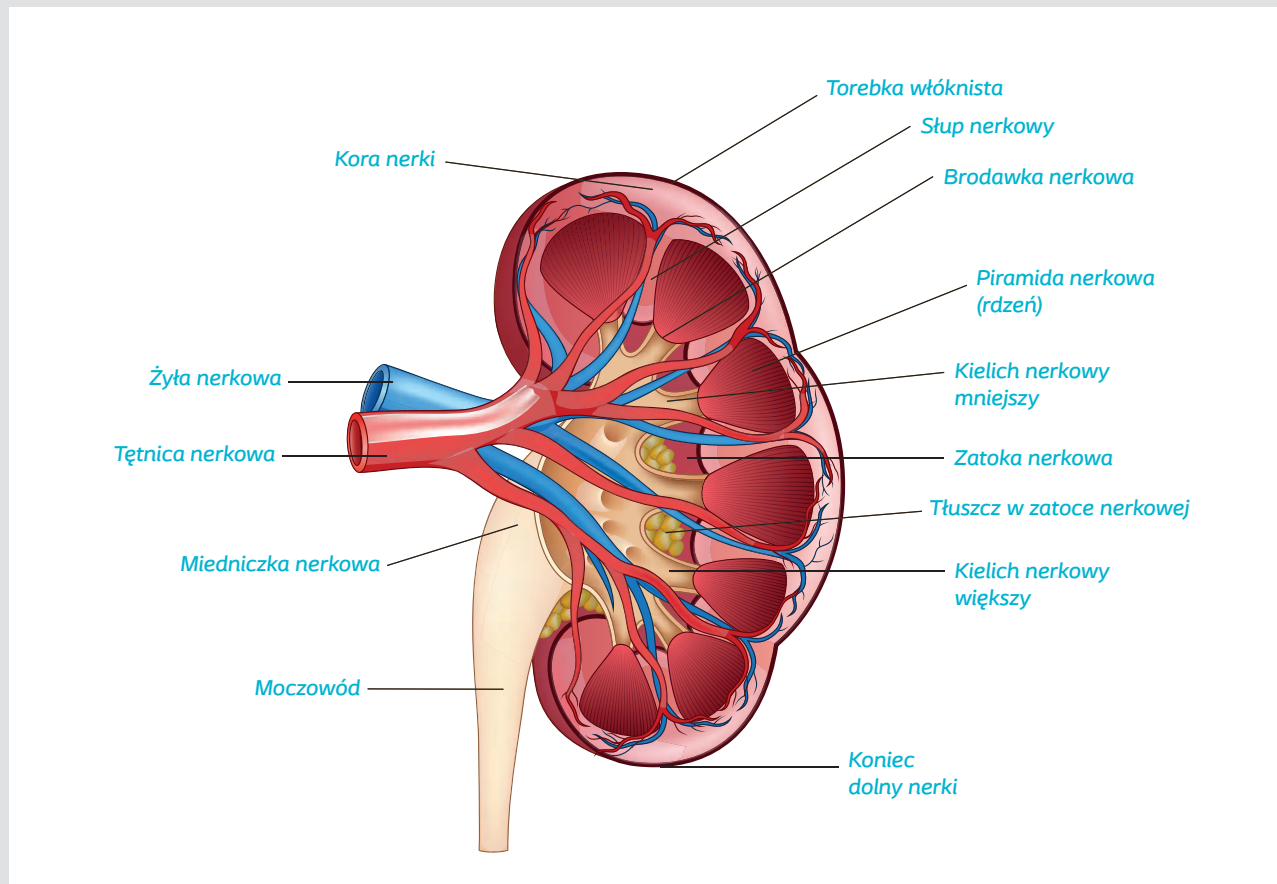
Układ moczowy

Głównym zadaniem układu moczowego jest zbieranie ubocznych i ostatecznych produktów pochodzących z przemian biochemicznych i metabolicznych oraz utrzymanie homeostazy płynów ustrojowych czyli regulacja bilansu wodnego i soli mineralnych. Tworzą go nerki, moczowody, pęcherz moczowy oraz cewka moczowa. Nerki oraz moczowód współtworzą górne drogi moczowe, zaś pęcherz i cewka

moczowa – dolne drogi moczowe. Głównymi narządami układu moczowego są nerki, które wytwarzają mocz jako produkt filtracji krwi. Przez nie wydalane jest około 1500 ml wody na dobę. W procesie usuwania wody, mocznika, NaCl, nerki są czynnościowo wspomagane przez skórę, płuca oraz układ pokarmowy, dzięki którym wydalanych jest odpowiednio 400, 500 i 100 ml płynów.

Anatomia układu moczowego

Nerka



Nerka jest narządem parzystym, leżącym pozaotrzewnowo w górnej części jamy brzusznej na jej tylnej ścianie po obu stronach kręgosłupa, na wysokości od ostatniego kręgu piersiowego do drugiego kręgu lędźwiowego, na mięśniach: poprzecznym brzucha, czworobocznym lędźwi i lędźwiowo-udowym. Do ich górnej powierzchni przylegają gruczoły nadnerczone, nadnercza. Nerka jest bezpośrednio pokryta torebką włóknistą, na zewnątrz której znajduje się torebka tłuszczowa obejmująca także nadnercze. Najbardziej zewnętrznie nerka jest pokryta przez powięź nerkową, zbudowaną z powięzi przednerkowej i powięzi zanerkowej. Obie łączą się powyżej nadnercza, przechodząc w powięź przepony, stanowiąc mechanizm mocujący nerkę w jamie ciała. Lewa nerka jest położona nieco wyżej od prawej a obie ważą około 300 g. Kształtem nerka przypomina fasolę, w której wcięciu zwróconym do kręgosłupa znajduje się zagłębienie nazywane wnęką nerkową. Wnęka prowadzi do zatoki nerkowej, mieści się w niej miedniczka nerkowa z kielichami, moczowód, nerwy, żyła i tętnica

nerkowa. Na przekroju czołowym miąższ nerki składa się z wyraźnie różniących się swym zabarwieniem części: położonej zewnętrznie warstwy korowej, o grubości około 1 cm i stanowiącej 75% masy nerki oraz z warstwy wewnętrznej, tzw. istoty rdzeniowej. Kora ma jaśniejsze zabarwienie niż położony pod nią ciemniejszy rdzeń i niejedolitą powierzchnię. Wnika ona między piramidy rdzenia w postaci słupów nerkowych, które oddziela od siebie. Warstwę wewnętrzną nerki stanowi tzw. istota rdzeniowa. Jest ona barwy żółtaworóżowej i jest mniej spoista od kory, składa się z 8-12 odcinków o kształcie zbliżonym do trójkątów, które podstawą zwrócone są do zewnętrznej powierzchni nerki, a zaokrąglonymi wierzchołkami sięgają do oddzielnych kielichów leżących w zatoce nerkowej. Zarówno promienie rdzeniowe, jak i piramidy, zawierają cewki zbiorcze zbierające mocz z kanalików nerkowych. Cewki zbiorcze uchodzą na brodawkach nerkowych czyli na wierzchołkach piramid, gdzie znajdują się otwory brodawkowe tworzące pola sitowe. We wnętrzu nerki znajduje

się lejkowaty zbiorniczek, który po stronie przyśrodkowej zwęża się przechodząc w moczowód. Jest to miedniczka nerkowa, która obejmuje brodawkę nerkową wraz z kielichami nerkowymi, z których doprowadzany jest moczu. Funkcjonalnie nerka zbudowana jest z delikatnych, około 5 cm przewodów, wystających jednowarstwowym nabłonkiem. Są to kanaliki nerkowe, w których odróżniamy dwie różne części: wydzielniczą czyli nefron oraz wyprowadzającą czyli cewkę zbiorczą.

Moczowody

Moczowody to parzyste przewody, długości około 28-30 cm i szerokości około 0,5-0,8 cm, dzięki którym moczu trafia z miedniczki nerkowej do pęcherza moczowego. Ściana moczowodu zbudowana jest z dobrze rozwiniętej błony mięśniowej, pokrytej błoną zewnętrzną tzw. przydatką oraz błony śluzowej. Ta ostatnia tworzy liczne fałdy ułatwiające zamknięcie światła moczowodu w czasie skurczu błony mięśniowej. Taka budowa moczowodu umożliwia wykonywanie, co 15-60 sekund, ruchów perystaltycznych, dzięki którym moczu zostaje przesuwany w kierunku pęcherza. Ciśnienie w moczowodach jest bardzo duże i umożliwia wypełnienie pęcherza do maksimum. Budowa ścian moczowodów pozwala na czynne transportowanie moczu, zapobiega jego cofaniu się w stronę nerki, gwarantuje dużą pojemność magazynową oraz umożliwia efektywne opróżnianie pęcherza. W miejscu łączenia się moczowodu z pęcherzem znajduje się specjalna zastawka, która zapobiega cofaniu się moczu. Moczowody mają 3 naturalne przewężenia, a w ich przebiegu wyróżnia się trzy części:

- **część brzuszna** w przestrzeni zaotrzewnowej,
- **część miedniczną** w miednicy mniejszej,
- **część śródścienną** przebiegającą przez ścianę pęcherza moczowego.

Pęcherz moczowy

Pęcherz moczowy jest zbiornikiem moczu, znajduje się w dolnej części jamy brzusznej, tuż za spojeniem łonowym, otoczony kośćmi miednicy. U mężczyzn znajduje się on w części przed odbytnicą, u kobiety zaś między odbytnicą, a pęcherzem zlokalizowana jest jeszcze macica i pochwa. Opróżniony ukrywa się za spojeniem, pełny – nieco nad niego wystaje. Pojemność spoczynkowa pęcherza moczowego wynosi około 250-500 ml ale może się on rozciągnąć do objętości 1500 ml. Cały pęcherz

dzieli się na: szczyt, trzon i dno. Jego kształt zależy od stopnia, w jakim jest wypełniony. Dno pęcherza zwrócone jest ku dołowi i jednocześnie tyłowi ciała i ma ono kształt trójkąta, z którym łączą się ujścia moczowodów i wewnętrzne ujście cewki moczowej. Grubość ściany pęcherza wynosi około 6 mm i budują ją trzy warstwy: błona surowicza, tkanka mięśniowa i wewnętrzna błona śluzowa. **Mięśniówkę** tworzą trzy zasadnicze warstwy: zewnętrzną – podłużną, środkową – okrężną i wewnętrzną – podłużną. Przebieg włókien sprzyja sprawnemu zmniejszaniu lub powiększaniu pojemności, przy zachowaniu możliwie najniższego ciśnienia i największej podatności. W dolnej części pęcherza mieści się również zwieracz, czyli mięsień, dzięki któremu moczu nie wypływa z pęcherza pod wpływem grawitacji. Zwieracz zaciska się odruchowo, rozwiera natomiast na nasze wyraźne życzenie. Część leżąca pomiędzy dnem, a szczytem to trzon pęcherza, tworzy go mięsień wypieracz. Dzięki takiej budowie opróżniony pęcherz może się kurczyć, a wypełniony moczem rozszerzać. Moczu sypływa do pęcherza w sposób ciągły. Nerwy pęcherza tworzą po obu jego stronach splot pęcherzowy. Zawiera on zarówno włókna współczulne, jak i przywspółczulne. Unaczynienie pęcherza moczowego pochodzi z tętnicy biodrowej wewnętrznej.

Cewka moczowa

Cewka moczowa to przewód stanowiący końcowy odcinek układu moczowego, rozpoczynający się na dnie pęcherza moczowego i zakończony jego ujściem zewnętrznym. Główne różnice w budowie cewki moczowej u kobiet i mężczyzn to jej długość oraz funkcje. Poniżej zwieracza pęcherza, w dolnym odcinku cewki, znajduje się mięsień – zwieracz cewki, którego czynność może być kontrolowana.

U kobiet cewka moczowa ma jedynie 3-5 cm, jest szersza i wyprowadza moczu poza organizm. W przypadku mężczyzn długość cewki wynosi od 15 do 20 cm i pełni dodatkowe zadanie – łączy się z układem rozrodczym, bo to przez nią przedostaje się też nasienie. Przebieg kanału cewki różni się w zależności od płci. U kobiet ciągnie się on od pęcherza moczowego do ujścia w przedsionku pochwy, na brodawce cewkowej. U mężczyzn cewka jest dłuższa, zaczyna się od dna pęcherza moczowego, przez gruczoł krokowy, przeponę moczowo-płciową, do żołądka.

Fizjologia układu moczowego

Układ moczowy odpowiedzialny jest przede wszystkim za usuwanie z organizmu produktów przemiany materii i toksyn oraz utrzymanie gospodarki wodnej i elektrolitowej. Najważniejszymi jego narządami są dwie niewielkie nerki, zaś podstawową jednostką czynnościową jest nefron.

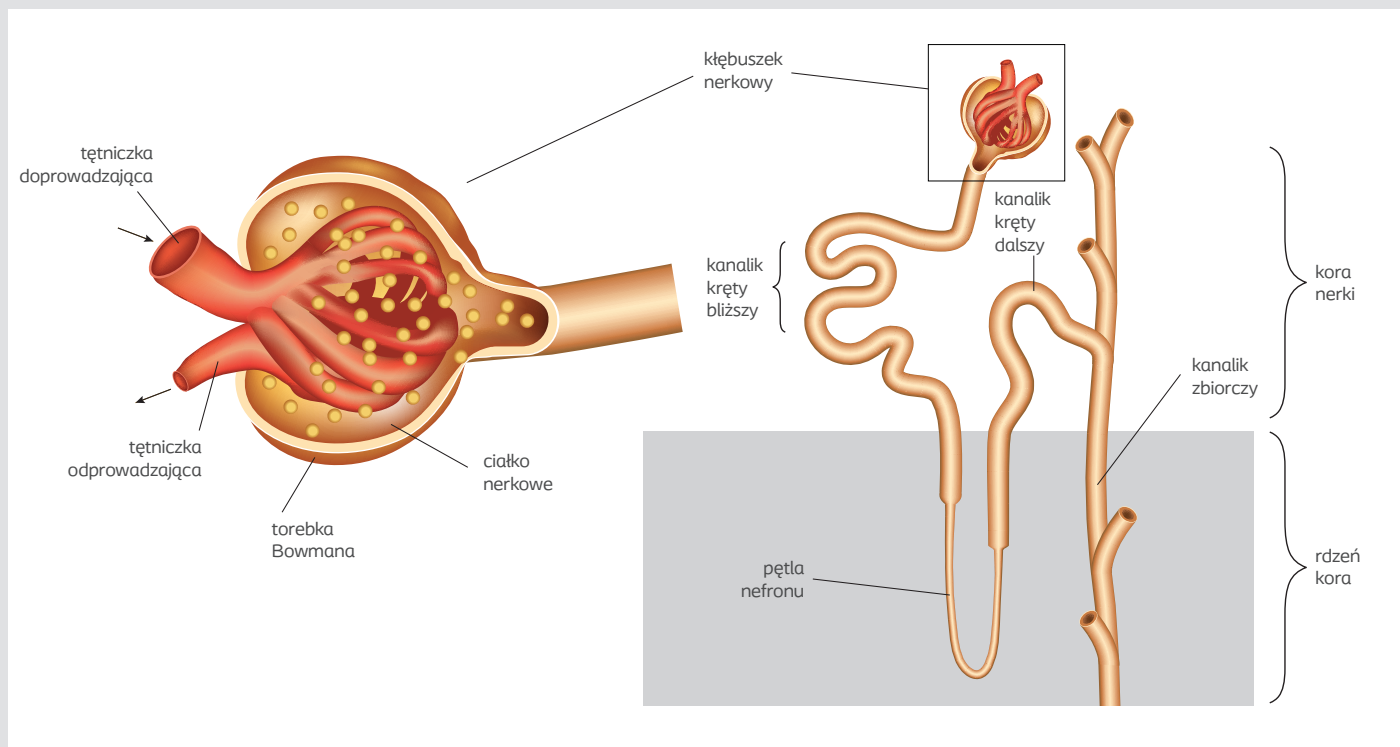
Nefron

Nefron to podstawowa jednostka czynnościowa nerki. Liczba nefronów w ludzkiej nerce wynosi średnio około 1,5 mln (ale może być ich nawet 4 mln). Wyróżnia się ich dwa rodzaje: o długiej pętli, tzw. korowe oraz krótsze tzw. przyrzeniowe. Z nefronów o krótkiej pętli zbudowana jest kora nerki, zaś nefrony o pętli długiej przenikają do rdzenia nerki, który tworzy piramidy nerkowe.

Nefron składa się z dwóch podstawowych części: **ciałka nerkowego**, w skład którego

wchodzi kłębuszek nerkowy sieci dziwnej (sieci naczyń krwionośnych) i **torebka Bowmana** oraz dołączony do niej kanalik nerkowy. Kłębuszki leżą w części korowej. Sieć dziwna to pęk pętli naczyń krwionośnych czyli tętnic, odprowadzającej i doprowadzającej, rozgałęziających się kolejno w naczynia włosowate, a następnie łączących się z powrotem w pierwotne. Torebka kłębuszka zbudowana jest z nabłonka płaskiego jednowarstwowego przepuszczalnego dla wody, jonów i substancji drobnocząsteczkowych.

Torebka Bowmana to ślepo zakończony i poszerzony kanalik nerkowy. Kanalik nerkowy ma długość ok 4 cm, składa się z kanaliku krętego I rzędu, który powstał w skutek zwężenia się torebki, pętli Henlego (złożonej z ramienia wstępującego i zstępującego) oraz kanaliku dalszego, dystalnego i kończy się kanalikiem zbiorczym. Kanaliki zbiorcze przechodzą w przewody brodawkowe wpadające do kielichów nerkowych.



Czynności nerek

Głównym zadaniem nerek jest zapewnianie homeostazy czyli stałości środowiska wewnętrznego organizmu, poprzez wydalanie nadmiaru wody, soli mineralnych i innych substancji szkodliwych takich jak mocznik, kreatynina czy kwas moczowy. Nerki usuwają też wiele substancji obcych, które nie uległy rozpadowi, np. leki. Z moczem wydalane są też sód, potas, wapń, fosforany i woda. Te substancje muszą być wydalone w takiej ilości, aby ich stężenie w płynach ustrojowych utrzymywało się na jednakowym poziomie. Funkcje nerek można więc rozpatrywać w trzech kategoriach czynnościowych: regulacyjnej – homeostaza płynów ustrojowych, wydalniczej – usuwanie z organizmu zbędnych końcowych produktów przemiany materii, np. mocznika, kwasu moczowego czy fosforanów, wewnątrzwydzielniczej – produkcja i wydzielanie min. reniny, erytropoetyny, prostaglandyny.

Regulacja równowagi kwasowo-zasadowej

Komórki i tkanki naszego organizmu są bardzo wrażliwe na zmianę środowiska wewnętrznego w kierunku kwasowym albo zasadowym. Udział nerek w gospodarce kwasowo-zasadowej polega na wchłanianiu zwrotnym wodorowęglanów oraz wydzielaniu jonu wodorowego. W komórkach kanalika dalszego powstaje, w wyniku procesów metabolicznych, dwutlenek węgla. Komórki mają enzym anhidrazę węglanową, która przyspiesza prawie 300-krotnie reakcję CO_2 z wodą, w wyniku czego prawie cały CO_2 zamienia się w kwas węglowy. Kwas węglowy ulega częściowej dysocjacji na jon wodorowy i anion wodorowęglanowy. Uwolniony jon wodorowy zostaje wydzielony do światła kanalika nerkowego w zamian za jon sodowy, który wchodzi do komórki i razem z anionem wodorowęglanowym NaHCO_3 zostaje zwrócony do krwi. Inny mechanizm wydalania jonu wodorowego wykorzystuje pośrednictwo fosforanów. Uwolniony w wyżej wymieniony sposób jon wodorowy wymienia się na sód, zamieniając fosforan dwusodowy na fosforan jednosodowy. W ten sposób może ulec wydaleni duży ilość jonów wodorowych przy równoczesnym oszczędzaniu sodu. Komórki kanalikowe biorą też udział w wydzielaniu amoniaku, który powstaje w wyniku dezaminacji czyli reakcji chemicznej polegającej na eliminacji cząsteczki związku chemicznego tu amoniaku

z aminokwasów. Amoniak przenika do światła kanalika, gdzie przy udziale jonu wodorowego powstaje jon NH_4^+ , który łączy się z chlorem uwalniając sód.

Mechanizmy wytwarzania moczu

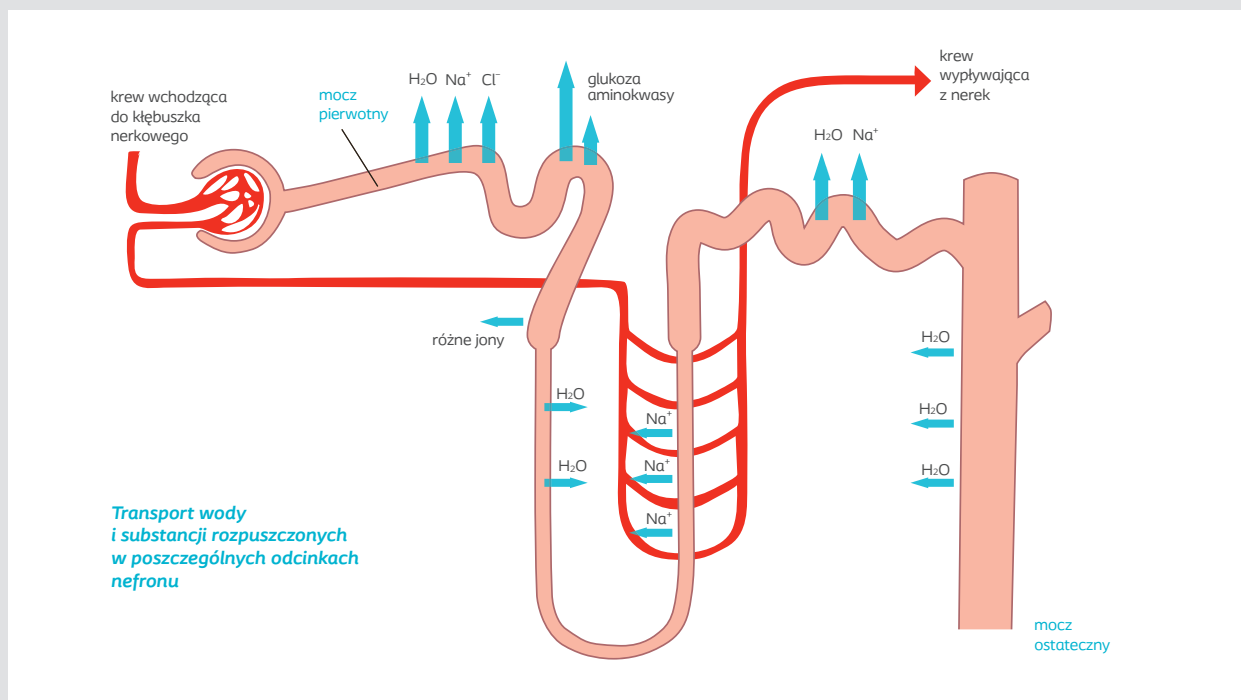
Rola wydalnicza sprowadza się przede wszystkim do usuwania z organizmu produktów przemiany materii i toksyn takich jak mocznik, kwas moczowy czy kreatynina. Mechanizmy nerkowe działają w taki sposób, że nie dochodzi do wydalania substancji cennych dla ustroju takich jak glukoza, aminokwasy czy białka. Mechanizm powstawania moczu w nerce polega na serii zachodzących po sobie procesów, które można podzielić na 3 główne etapy: filtrację kłębuszkową, resorpcję kłębuszkową i sekrecję kanalikową.

W pierwszym etapie szczególne znaczenie mają zmiany szerokości naczyń doprowadzających i odprowadzających, gdyż zwiększenie ciśnienia zwiększa filtrację. W nerkach występują dwa rodzaje naczyń włosowatych: z wysokim ciśnieniem krwi, działające filtrująco i naczynia okołokanalikowe z niskim ciśnieniem krwi, działające wchłaniająco. Filtracja krwi odbywa się w kłębuszku naczyniowym nefronu, w sieci dziwnej i jest procesem czysto mechanicznym. Tętniczka doprowadzająca krew do kłębuszka ma większą średnicę niż tętniczka odprowadzająca, co powoduje powstawanie wysokiego ciśnienia w naczyniach włosowatych. Równocześnie ścianki naczyń nie są szczelne. Bariera filtracyjna składa się z trzech warstw, które w różnym stopniu przyczyniają się do jej selektywnej przepuszczalności: śródbłonna, błony podstawnej i podocytów (czyli wysoko wyspecjalizowanych komórek nabłonka). Selektowność błony filtracyjnej zależy od wielkości, kształtu i ładunku elektrycznego rozpuszczonych cząsteczek. Woda i rozpuszczone w niej substancje swobodnie przeciskają się między komórkami i dostają się do wnętrza torebki Bowmana, natomiast większe składniki krwi, jak krwinki czy białka, ze względu na swe rozmiary, pozostają we wnętrzu naczyń włosowatych. W torebce Bowmana zbiera się ciecz nazywana moczem pierwotnym, a jego objętość dobową to aż 180 litrów. W skład moczu pierwotnego wchodzi: woda, glukoza, aminokwasy, witaminy, mocznik i związki nieorganiczne w postaci soli mineralnych. Skład ten jest podobny do składu osocza krwi.

W **kanaliku proksymalnym** (kanaliku krętym I rzędu) dochodzi do resorpcji zwrotnej obowiązkowej, czyli zwrotnego wchłaniania do krwi niezbędnych dla organizmu substancji: glukozy, wody (na drodze transportu biernego), aminokwasów, jonów potasu i sodu (na drodze transportu czynnego). W tym miejscu dochodzi także do sekrecji, czyli wydzielenia do światła kanalika jonów amonowych, kwasu moczowego, barwników, hormonów sterydowych i niektórych przyjmowanych leków (np. antybiotyków). W **pętli Henlego** dochodzi do zagęszczenia moczu. Ramię zstępujące pętli jest przepuszczalne dla wody, dlatego wydostaje się ona na zewnątrz na drodze osmozy. Z kolei nabłonek ramienia wstępującego jest praktycznie nieprzepuszczalny dla wody co sprawia, że nie może ona powrócić do pętli. Z ramienia wstępującego do przestrzeni okołokanalikowej aktywnie transportowane są jony sodu, które przyczyniają do oddawania wody z ramienia zstępującego. To sprawia, że mocz ulega zagęszczeniu. W kanaliku dystalnym (kanaliku krętym II rzędu) zachodzi resorpcja zwrotna nadobowiązkowa, która uzależniona jest od aktualnych potrzeb organizmu w stosunku do jonów i wody, co oznacza że przy ich niedoborze są one na powrót wchłaniane do płynów ciała. Po przejściu przez wszystkie kanaliki nefronu, mocz pierwotny zmienia się w mocz ostateczny, ponieważ biernie, na zasadzie dyfuzji i osmozy, przez wybiórcze i czynne wchłanianie nabłonek nerkowych, woda, glukoza, aminokwasy i inne składniki wnikają z powrotem do krwi za pośrednictwem płynu okołokanalikowego. Te substancje z moczu

pierwotnego są resorbowane tak długo, dopóki ich stężenie w osoczu nie przekroczy wartości progu nerkowego dla konkretnej substancji. Próg nerkowy wyraża stężenie substancji rozpuszczonej we krwi, powyżej której nerki zaczynają usuwać ją do moczu. Gdy próg nerkowy substancji zostaje przekroczony, resorpcja substancji w bliższym krętym kanaliku jest niekompletna. W konsekwencji, część substancji pozostaje w moczu. Przykładem może być glikozuria. Próg nerkowy dla glukozy wynosi 180 mg% (miligramoprocet), oznacza to że po przekroczeniu tego stężenia w osoczu, nerki nie będą resorbować już glukozy i pojawi się ona w moczu.

W **kanaliku zbiorczym** gromadzi się mocz ostateczny. Zawiera on wodę, jony nieorganiczne (sodu, potasu, magnezu, wapnia, chlorku, siarczanowe i fosforowe) i związki organiczne (mocznik, amoniak, kwas moczowy, kreatyna, urobilinogen). Mocz wydostający się z kanalików nerkowych zbiorczych gromadzi się w miedniczce nerkowej. W efekcie ruchów perystaltycznych moczowodu porcje moczu są przemieszczane dalej, do pęcherza moczowego. Wypełnianie się pęcherza powoduje rozciąganie jego ścian i podrażnienie receptorów. Następnie, na drodze odruchowej, poprzez ośrodek oddawania moczu w części krzyżowej rdzenia kręgowego, występuje jednoczesny skurcz mięśnia gładkiego w ścianie pęcherza, rozkurcz mięśnia gładkiego zwieracza wewnętrznego cewki moczowej i rozkurcz mięśnia poprzecznie prążkowanego stanowiącego zwieracz zewnętrzny cewki moczowej.



Mocz

Mocz jest płynem przejrzystym, barwy słomkowej lub bursztynowej o charakterystycznej woni. Intensywność zabarwienia zależy od ilości wytworzonego moczu, mocz zagęszczony jest ciemniejszy wskutek większej ilości barwnika moczu – urochromu. Gęstość waha się od 1,003 do 1,03 g/l. Odczyn moczu jest obojętny lub lekko kwaśny i zależy od rodzaju pożywienia, gdyż przy diecie białkowej kwasowość rośnie. W moczu zdrowego człowieka nie ma ani białka, ani cukru. Głównym składnikiem moczu jest mocznik, na który przypada około 90% azotu pochodzącego z rozpadu ciał białkowych

w organizmie. Ilość, skład i właściwości moczu mają znaczenie diagnostyczne, informują nas bowiem o stanie organizmu. Obecność białka (białkomocz) wskazuje na schorzenie nerek. Obecność glukozy (cukromocz) jest objawem cukrzycy. Zbyt obfite wydalanie moczu (tzw. moczuwka) mówi o zaburzeniach tylnego płata przysadki. Dobowa ilość moczu wydalanego przez zdrowego człowieka waha się od 600 do 2500 ml. Objętość i skład moczu zależą też od ilości wypitych płynów, od składu pożywienia, od pory roku (temperatury, wilgotności powietrza) i stanu fizjologicznego.

W moczu zdrowego człowieka znajduje się szereg substancji:

Skład chemiczny moczu prawidłowego (g/doba)			
Woda		1000-1500	
Substancje stałe		50-70	
Związki azotowe		Sole mineralne	
Mocznik	25-35	Chlorki	6-9
Kreatynina	1-1,8	Sód	3-5
Kwas moczowy	0,4-1	Potas	1,5-3,5
Amoniak	0,4-1	Magnez, Wapń	0,1
Kwas hipurowy	0,2-1	Żelazo	0,001
Aminokwasy	0,2-0,4	Fosforany	1-1,5
Zasady purynowe	0,01-0,06	Siarka całkowita	2-3,4
Indykan	0,01-0,03	Siarczany nieograniczone	1,6-2,7
Fenole	0,1-0,2	Związki organiczne nieazotowe	
Kwas szczawiowy	0,01-0,02	Esterosiarczany	0,2-0,3
		Siarka obojętna	0,2-0,4

Regulacja objętości płynów ustrojowych

Głównym regulatorem funkcji nerek jest układ podwzgórzowo-przysadkowo-nadnerczowy, czyli przysadka mózgowa, nadnercza, przytarczyce i sama nerka. Czynniki prowokującymi wydzielanie hormonów z tych organów są zmiany składu osocza krwi, na które mają wpływ różne czynniki: zmiany ciśnienia osmotycznego i stężenia sodu w osoczu, zmiany składu moczu kanalikowego, zmiany ciśnienia krwi w naczyniach kłębuszka nerkowego oraz stany psychiczne. Zmiany ciśnienia osmotycznego krwi są sygnalizowane przez tzw. osmoreceptory podwzgórza, które pobudzają działalność przysadki. Zaczyna ona wydzielać hormon antydiuretyczny - wazopresynę. Mechanizm

działania wazopresyny polega na zwiększeniu przepuszczalności nabłonka kanalików dystalnych i zbiorczych dla wody, skutkuje to zwiększeniem resorpcji wody, a zmniejszeniem ilości wydalanego moczu. Jednocześnie wzmacnia się pragnienie spowodowane wzrostem ciśnienia krwi. Przy dużym nawodnieniu, spada ciśnienie krwi, zmniejsza się ilość wazopresyny we krwi, maleje wchłanianie wody, a wzrasta ilość wydalanego moczu. Na mineralny skład moczu wpływają hormony kory nadnerczy - mineralokortykoidy, głównie aldosteron. Zwiększa on wchłanianie zwrotne sodu w kanalikach dystalnych oraz jego wymianę na jon potasu i jon wodorowy. Skutkiem tego rośnie ilość sodu we krwi i tkankach. Wzrost sodu w organizmie powoduje wzrost ciśnienia osmotycznego płynów ustrojowych, a to pociągga za sobą zwiększenie wydzielania wazopresyny. Na wydzielanie

aldosteronu ma wpływ głównie zmiana objętości krwi. Hormony tarczycy zwiększające wyrzut sercowy i ciśnienie krwi, zwiększają sączenie w nerkach, obniżają wchłanianie zwrotne wody i działają moczopędnie.

Wskaźnik GFR

Nerki są niezwykle bogato ukrwione. W każdej minucie przepływa przez nie około 0,8-1,2 litra krwi. Objętość osocza przefiltrowana w jednostce czasu przez wszystkie czynne kłębuszki obu nerek, określa się jako wskaźnik przesączania kłębuszkowego GFR – glomerular filtration rate. Około 10% objętości krwi przepływającej przez nerki podlega przesączeniu przez kłębuszki nerkowe, czyli prawidłowo jest to wartość 80-120 ml/min. Aby wskaźnik był bardziej dokładny, podaje się go w przeliczeniu na pole powierzchni ciała osoby badanej, dlatego zwykle GFR podawane jest jako ml/min/1,73 m² (mililitr na minutę na 1,73 m² powierzchni ciała). Wskaźnik GFR służy do oceny czynności nerek. Wartość GFR oblicza się ze specjalnych wzorów, gdzie najważniejszym parametrem jest stężenie kreatyniny w surowicy krwi, wiek i płeć danej osoby.

Czynność zewnątrzwydzielnicza nerki

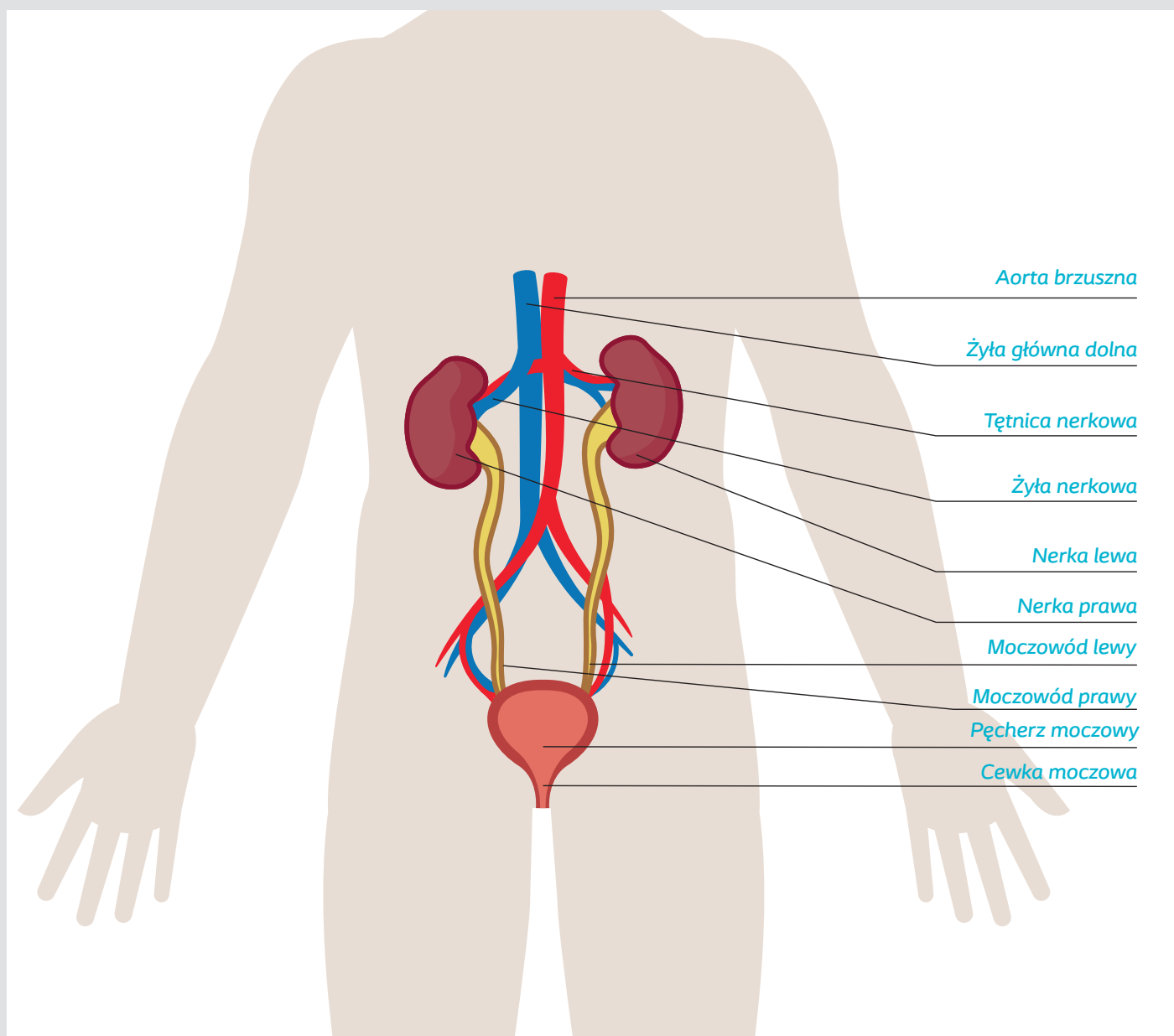
Nerki są nie tylko miejscem filtracji krwi i produkcji moczu, ale również ważnym narządem uczestniczącym w przemianie węglowodanowej, lipidowej, białkowej i witaminowej. Drugi aspekt regulacji gospodarki wodnej i elektrolitowej jest powiązany z produkcją niektórych hormonów przez nerki. Są one ważnym narządem wewnętrznego wydzielania wpływającym na czynność wszystkich narządów człowieka. Liczba wytwarzanych przez nerki hormonów przekracza wartość 30. Do najważniejszych zalicza się hormony nerkowe, które współdziałają w regulacji układu reninowo-angiotensynowo-aldosteronowego (RAA), prostaglandyn, nerkowej syntezie witaminy D, erytropoetyny oraz renalazy. Renina, angiotensyna I, angiotensyna II i aldosteron tworzą układ sprzężenia zwrotnego. Komórki aparatu przykłębuszkowego wytwarzają reninę. Enzym ten powoduje przejście angiotensynogenu w angiotensynę I, a proces ten ma miejsce w wątrobie. Z nieaktywnej angiotensyny I, przy udziale konwertazy angiotensynowej (reakcja zachodzi

przede wszystkim w krążeniu płucnym) powstaje angiotensyna II, która wpływa na stężenia jonów sodowych i potasowych w organizmie, kurczy naczynia krwionośne oraz pobudza wytwarzanie aldosteronu w korze nadnerczy.

Prostaglandyny są substancjami hormonalnymi o budowie nienasyconych kwasów tłuszczowych. Ich synteza odbywa się w rdzeniu nerek. Rozszerzają one naczynia krwionośne, zwiększają wydalanie sodu, zwiększają przepływ krwi przez nerki.

W nerkach zachodzi także bardzo ważny proces przejścia 25-hydroksycholekalcyferolu (prekursor witaminy D₃) w 1,25-dihydroksycholekalcyferol, czyli aktywną postać witaminy D₃ – silnego regulatora gospodarki wapniowo-fosforanowej w organizmie. Zarówno ergokalcyferol – witamina D₂ pochodzenia pokarmowego, jak i cholekalcyferol – witamina D₃ powstająca w skórze naświetlanej promieniami ultrafioletowymi, ulegają 25-hydroksylacji głównie w wątrobie. Dalsza przemiana tych dwóch metabolitów zachodzi prawie wyłącznie w cewkach nerkowych, w aktywną postać witaminy D₃, zatem zanik miąższu nerkowego jest przyczyną zmniejszonej jej syntezy. W warunkach fizjologicznych aktywna witamina D₃ nasila resorpcję wapnia i fosforanów w przewodzie pokarmowym, pobudza resorpcję wapnia i fosforanów przez cewki nerkowe, nasila mineralizację kości oraz hamuje sekrecję parathormonu.

Ponadto w nerkach, w warunkach obniżenia ciśnienia parcjalnego (cząstkowego) tlenu powstaje tzw. nerkowy czynnik erytropoetyczny, który pobudza szpik kostny do tworzenia krwinek czerwonych. Erytropoetyna jest glikoproteiną wytwarzaną głównie przez komórki śródbłonka naczyń włosowatych otaczających kanaliki nerkowe w korze nerek. Nerki uczestniczą również w regulacji ciśnienia tętniczego dzięki obecności w nich renalazy. Należy ona do klasy oksydaz aminowych, występuje w różnych tkankach: w mięśniu sercowym i mięśniach szkieletowych, w wątrobie, jelitach ale największe jej stężenie stwierdza się w nerkach. Renalaza rozkładając, wazopresyjnie działające aminy katecholowe, uczestniczy w regulacji ciśnienia tętniczego.



Piśmiennictwo

1. Andrzej Książek, Bolesław Rutkowski: „Nefrologia”; Lublin, 2004
2. Andrzej Myśliwski: „Podstawy cytofizjologii i histofizjologii” Akademia Medyczna Gdańsk, 2003
3. Andrzej Rydzewski: „Budowa i czynność nerek” w www.podyplomie.pl
4. Claude A. Villee: „Biologia” PWRiL, 1987
5. Eugeniusz Miętkiewski: „Zarys fizjologii lekarskiej” PZWL 1984
6. Frank H. Netter, Janusz Moryś: „Atlas anatomii człowieka”, Edra Urban & Partner 2015
7. Michał Myśliwiec: „Wielka Interna-Nefrologia” 2017
8. Olgierd Narkiewicz, Janusz Moryś: „Anatomia człowieka” tom 3, PZWL 2020
9. Witold Z. Traczyk; Andrzej Trzebski: „Fizjologia człowieka z elementami fizjologii stosowanej i klinicznej” PZWL 1990