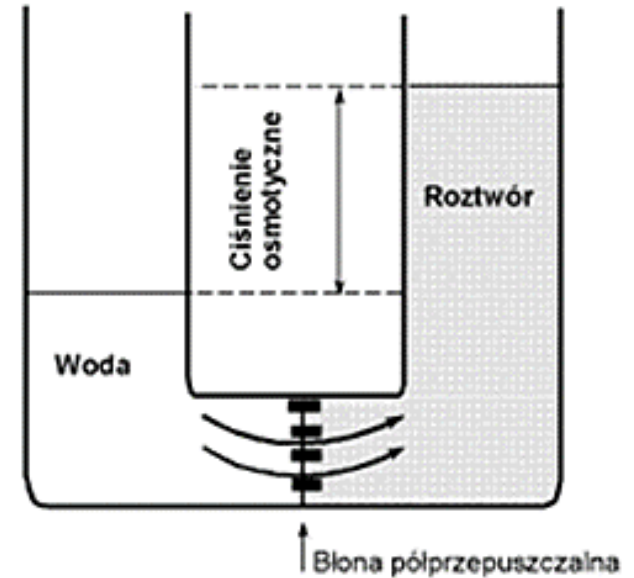
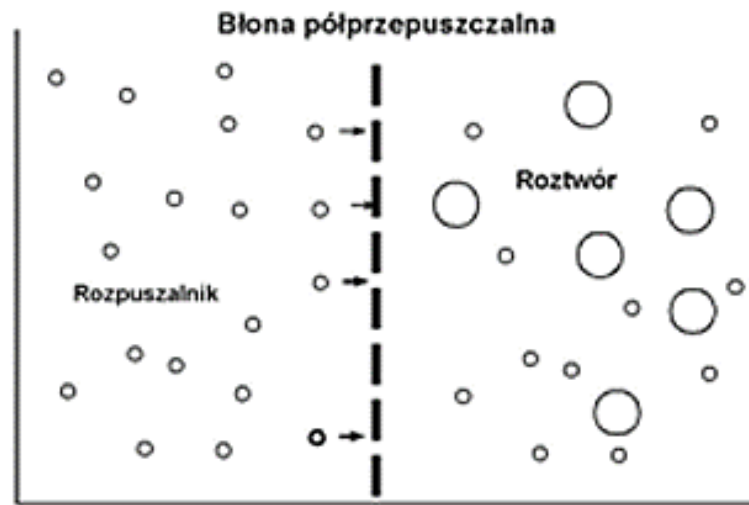


WYBRANE ZAGADNIENIA Z FIZJOLOGII UKŁADU WYDALNICZEGO

Ciśnienie osmotyczne: ciśnienie na granicy rozpuszczalnik–roztwór lub na granicy 2 roztworów o różnych stężeniach, oddzielonych przegrodą półprzepuszczalną;

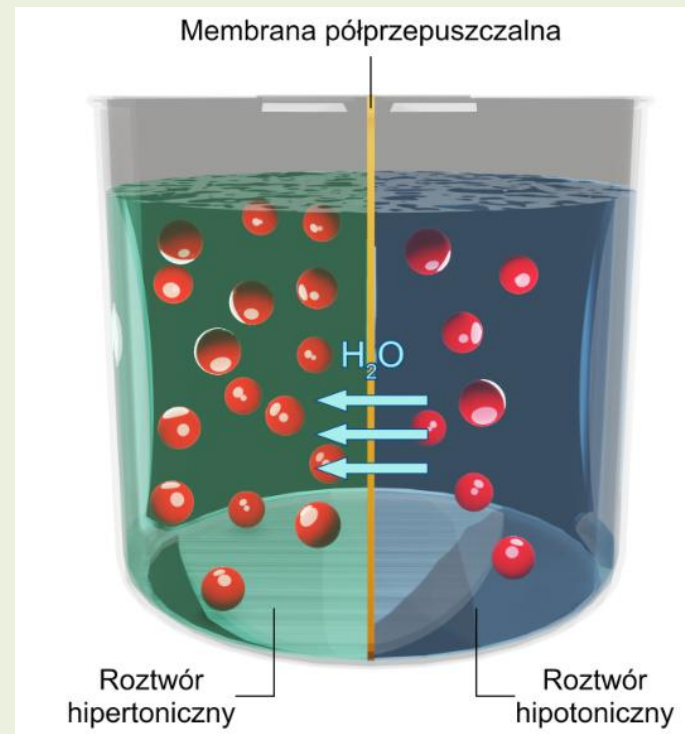


Wartość ciśnienia osmotycznego jest równa ciśnieniu, które należałoby wywrzeć na roztwór (lub w przypadku 2 roztworów na roztwór o stężeniu większym), aby zapobiec przenikaniu do niego cząsteczek rozpuszczalnika (przenikanie to jest spowodowane dążnością do wyrównania potencjału chemicznego rozpuszczalnika po obu stronach przegrody, **osmoza**);

Co to są substancje osmotycznie czynne?

- *Niskocząsteczkowe związki organiczne oraz substancje mineralne, rozpuszczalne w wodzie i wywołujące ciśnienie osmotyczne*

np. jony nieorganiczne, monosacharydy, oligosacharydy, kwasy organiczne i aminokwasy



DYFUZJA/OSMOZA?

Dyfuzja:

1. Dyfuzja to proces, w którym cząsteczki przemieszczają się z obszaru o wyższym stężeniu do obszaru o niższym stężeniu, aż do osiągnięcia równowagi.
2. Dotyczy wszystkich rodzajów cząsteczek, zarówno rozpuszczalników, jak i substancji rozpuszczonych (np. gazów, jonów, cząsteczek organicznych).

Osmoza:

1. Osmoza to specjalny rodzaj dyfuzji, w którym rozpuszczalnik (najczęściej woda) przemieszcza się przez półprzepuszczalną błonę z obszaru o niższym stężeniu substancji rozpuszczonych do obszaru o wyższym stężeniu substancji rozpuszczonych.
2. Dotyczy wyłącznie cząsteczek rozpuszczalnika, głównie wody.

OSMOLALNOŚĆ/ OSMOLARNOŚĆ

Osmolalność – stężenie substancji rozpuszczonej w roztworze, wyrażone jako liczba moli substancji czynnych osmotycznie (osmoli, Osm) rozpuszczonych w jednym **kilogramie rozpuszczalnika (wody)**.

Osmolalność wszystkich płynów ustrojowych organizmu w stanie fizjologicznym jest jednakowa (280–295 mOsm/kg H₂O)

O osmolalności moczu decydują między innymi:

sód, potas, glukoza, chlorki, a także mocznik i kreatynina

Osmolarność – stężenie substancji rozpuszczonej w roztworze, wyrażone jako liczba moli substancji czynnych osmotycznie **w litrze rozpuszczalnika (wody)**.

Osmolalność zależy od stężenia i aktywności cząsteczek substancji rozpuszczonych w wodzie oraz stężenia i aktywności cząsteczek wody.

Osmolalność nie zależy jednak od masy cząsteczkowej ani od ładunku cząsteczki.

*Mol w chemii to jednostka SI miary ilości substancji, określająca **liczbę cząstek elementarnych** (atomów, cząsteczek, jonów itp.) zawartych w danej próbce. Jeden mol zawiera dokładnie $6,02214076 \times 10^{23}$ takich cząstek, co jest liczbą stałej Avogadra (N_A).*

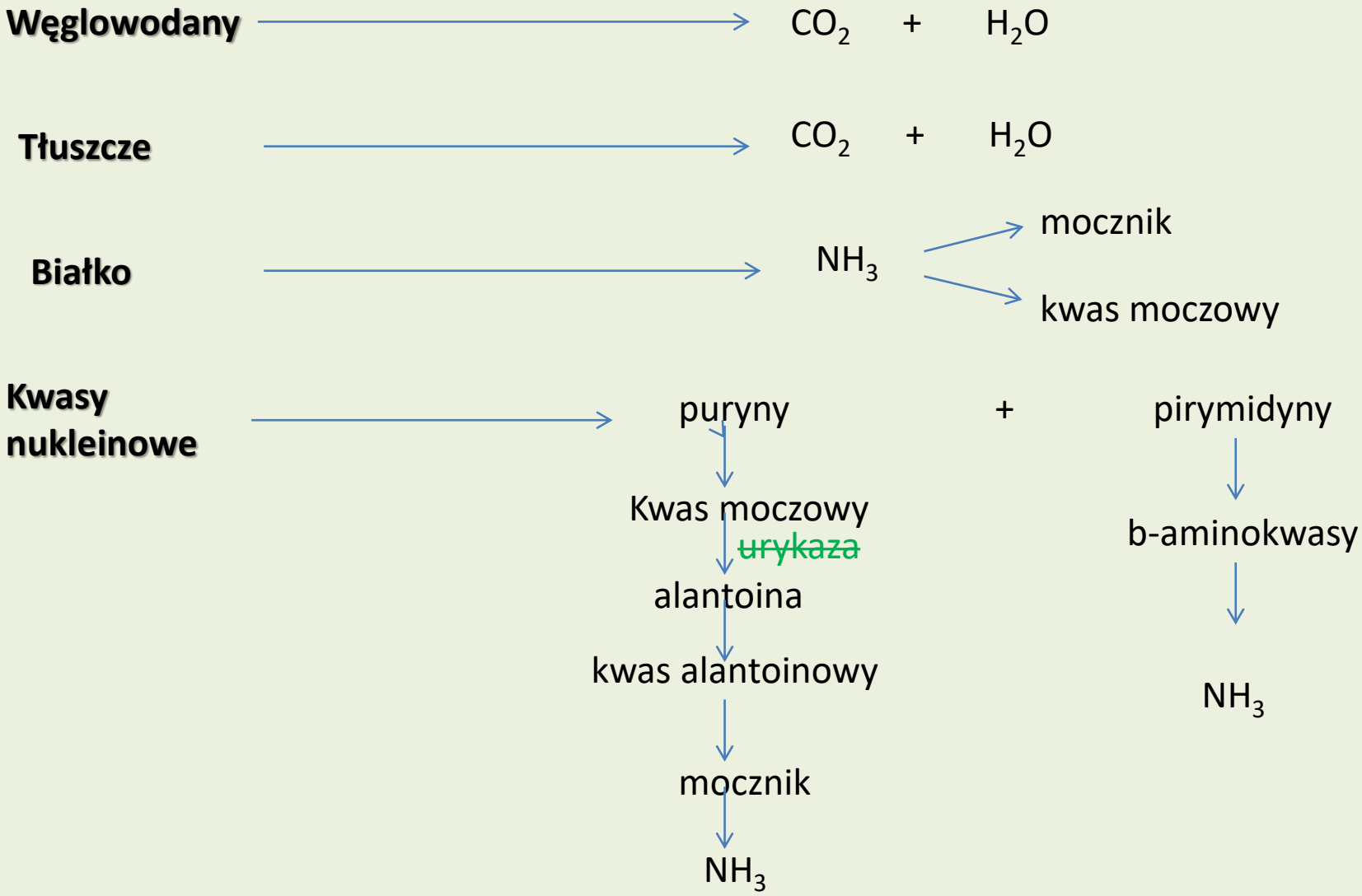
Wzrost osmolalności moczu występuje w :

- hiperglikemii (cukrzyca –znaczny wzrost stężenia glukozy);
- zastoinowej niewydolności serca (obrzęki, woda jest zatrzymywana, co wiąże się z wydalaniem bardziej zagęszczonego moczu);
- odwodnieniu (wydalany mocz jest bardziej zagęszczony);
- zespół nieadekwatnego wydzielania wazopresyny – SIADH (nadmierne uwalnianie wazopresyny przez tylny płąt przysadki - zatrzymywanie wody w organizmie, wydalany mocz jest bardziej stężony).

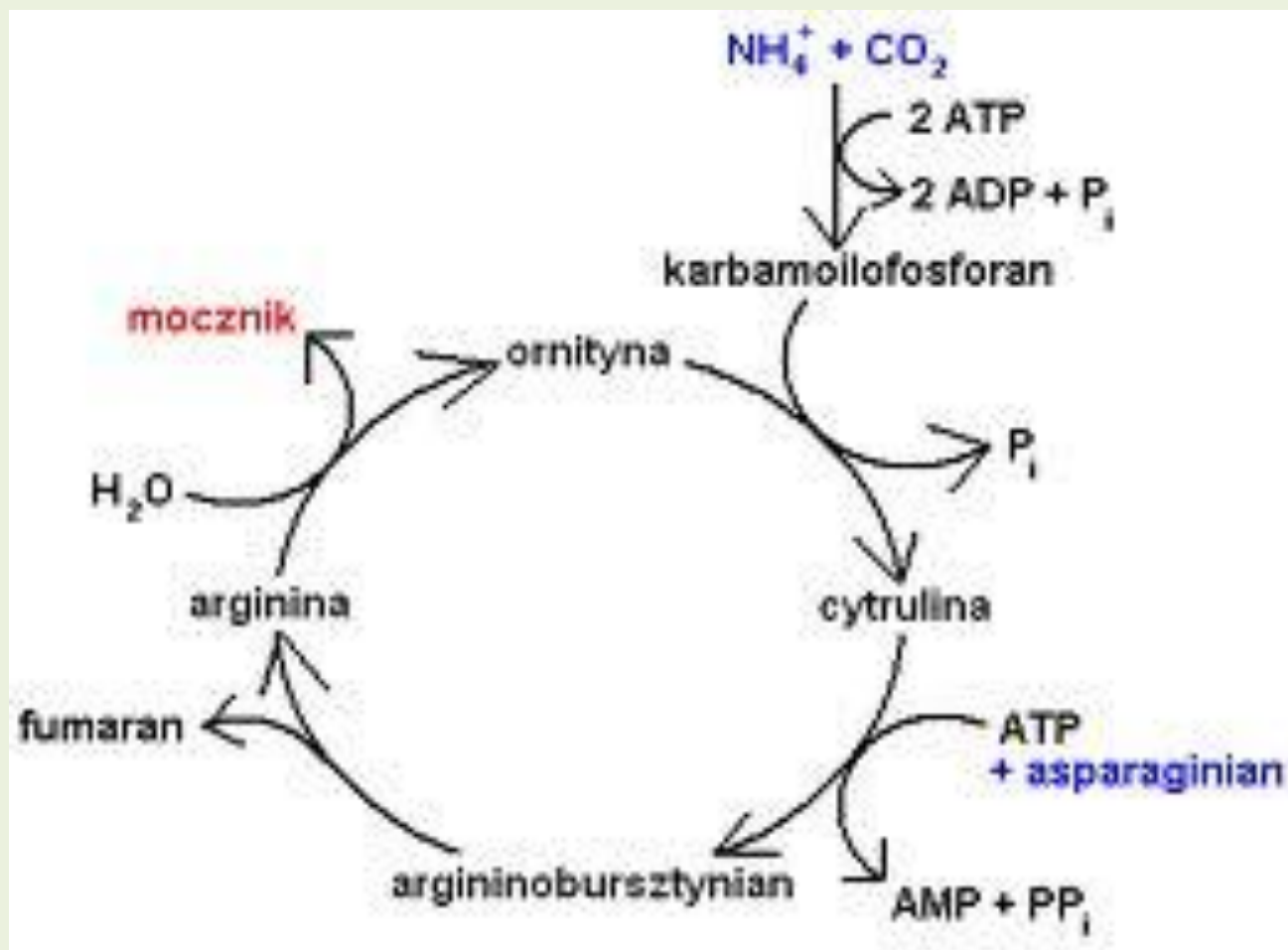
Spadek osmolalności moczu występuje w:

- niewydolności nerek
- niektórych chorobach nerek (np. odmiedniczkowe zapalenie nerek);
- przewodnieniu organizmu (mocz jest rozcieńczony, a więc ma niższą osmolalność);
- moczówce prostej (wydalanie zwiększonych ilości moczu rozcieńczonego);
- hiperkalcemii – wysoki poziom wapnia;
- hipokaliemii – niski poziom potasu.

KOŃCOWE PRODUKTY METABOLICZNE PODSTAWOWYCH SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH



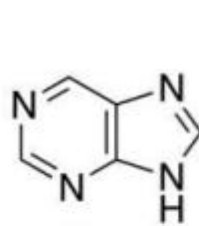
CYKL MOCZNIKOWY



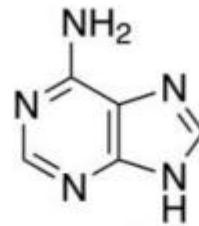
**PROCES
ANABOLICZNY**

PURYNY

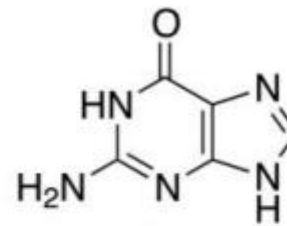
- główne składniki kwasów nukleinowych
- syntezowane w organizmie człowieka, jak i dostarczane wraz z pożywieniem



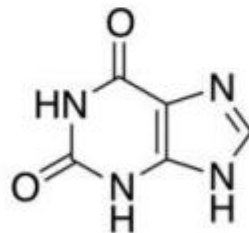
Puryna



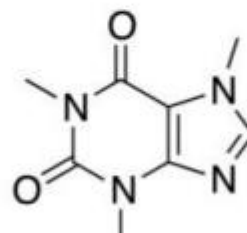
Adenina



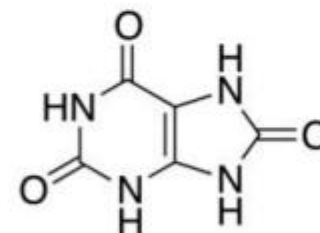
Guanina



Ksantyna



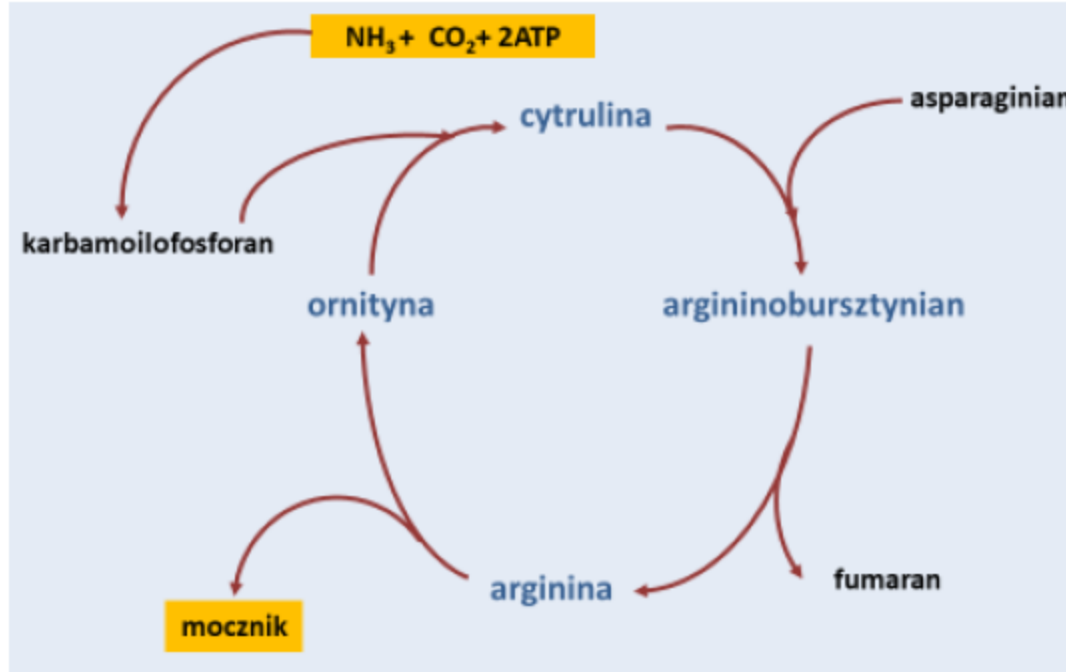
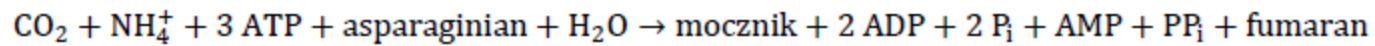
Kofeina



Kwas moczowy

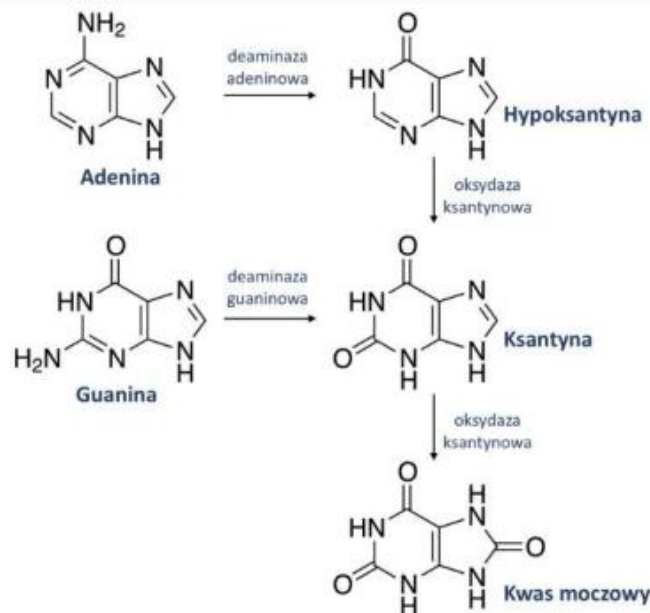
Wzory strukturalne przykładowych pochodnych puryn.

Źródło: Wikimedia Commons, domena publiczna.



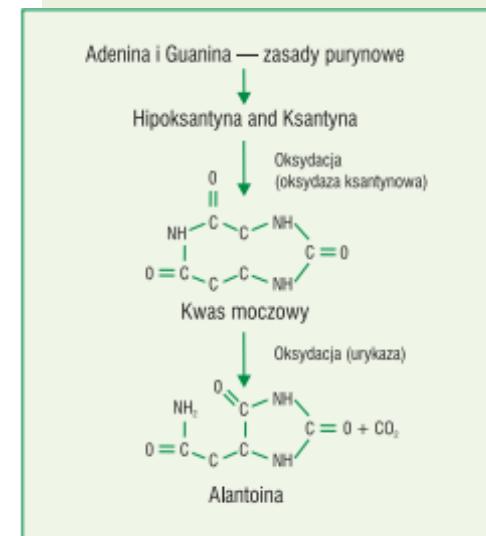
Ryc. 14. Cykl mocznikowy.

Stężenie mocznika we krwi zależy od podaży białka w diecie, stanu nawodnienia organizmu i czynności nerek. Przyczynami zwiększonych wartości są: przewlekła choroba nerek, ostre uszkodzenie nerek, odwodnienie, krwawienie z przewodu pokarmowego, zwiększony katabolizm białek (urazy, oparzenia).



Schemat syntezy kwasu moczowego z puryn (adeniny i guaniny).

Źródło: Inga Wójtowicz, grafika przygotowana na podstawie: *Uric acid in plants and microorganisms: Biological applications and genetics*, licencja: CC BY-SA 3.0.



Rycina 1. Katabolizm puryn

Ostatecznym produktem katabolizmu puryn jest kwas moczowy.

Różnice w produkcji kwasu moczowego wynikają z:

- Różnego tempa rozpadu puryn,
- Aktywności oksydazy ksantynowej,
- Ilości puryn w diecie,
- Masy mięśniowej (więcej ATP → więcej puryn)

Hiperurykemia to stan zwiększonego stężenia kwasu moczowego we krwi ($> 7 \text{ mg/dl}$ lub $> 420 \text{ } \mu\text{mol/l}$).

- **hiperurykemia pierwotna** (spowodowana genetycznie uwarunkowanymi nieprawidłowościami enzymów uczestniczących w przemianie puryn)
- **hiperurykemia nabyta** spowodowana np.:
 - zwiększoną podażą puryn w diecie – pokarmy mięsne, szczególnie podroby, buliony,
 - przyspieszonym rozkładem ATP – w wyniku m.in. nadużywania alkoholu,
 - zwiększoną podażą fruktozy – niektóre owoce i napoje owocowe,
 - zwiększonym rozpadem nukleotydów ustroju – m.in. w przebiegu nowotworów mielo- i limfoproliferacyjnych, niedokrwistości hemolitycznej.

Dna moczanowa – **zapalna choroba stawów**, związana z nieprawidłową przemianą kwasu moczowego i hiperurykemią – stale utrzymującym się, podwyższonym stężeniem kwasu moczowego w organizmie pacjenta.

Z kwasu moczowego powstają moczniki – sole, które rozpuszczają się w osoczu i płynach ustrojowych. Np. mocznik sodu po przeniknięciu do jamy stawowej i płynu stawowego może wytrącić się w postaci kryształów.

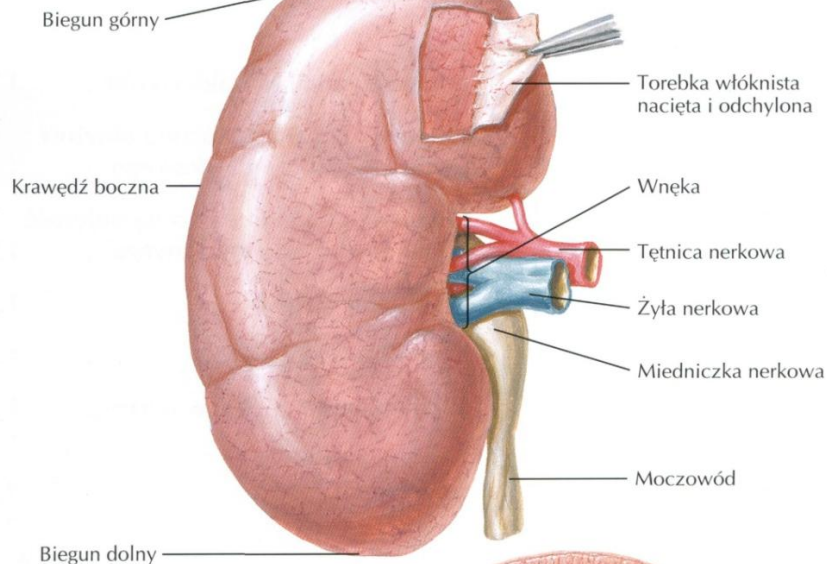
Do powstawania kryształów moczniku sodu dochodzi po przekroczeniu stężenia 6,8 mg/dl.

- **Poziom kwasu moczowego > 7 mg/dl jest niebezpieczny ze względu na ryzyko dny moczanowej.**
- **Poziom kwasu moczowego > 5 mg/dl jest niekorzystny dla układu sercowo-naczyniowego, zwiększa ryzyko chorób serca.**
- **U pacjentów z dną moczanową poziom kwasu moczowego powinien być utrzymywany na poziomie < 6 mg/dl.**

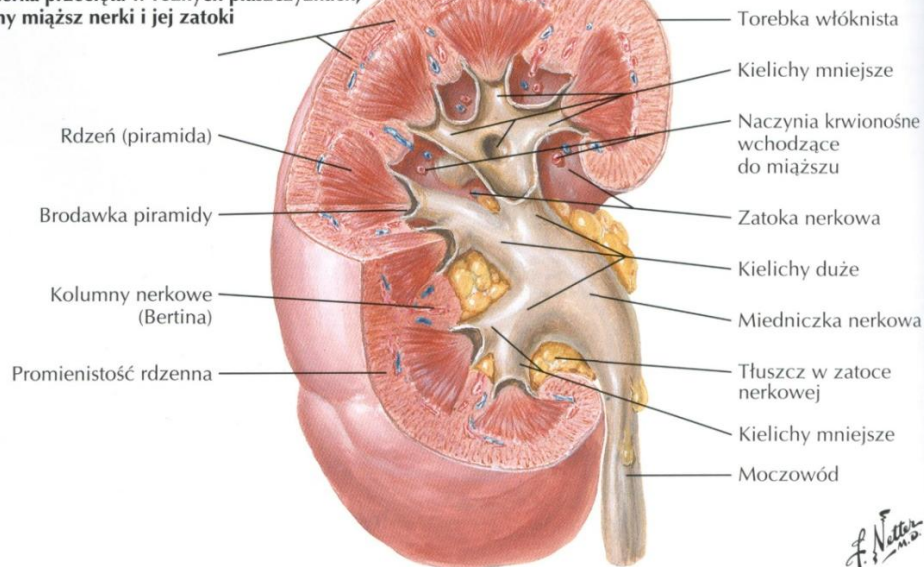
Napady dny moczanowej mogą dotyczyć następujących stawów:

- staw śródstopno-paliczkowy (podagra) – w ok. 75% napadów dny,
- inne stawy stopy, w tym staw skokowy – w ok. 50%,
- staw kolanowy (gonagra) – w ok. 30%,
- palce rąk (chiragra) – w ok. 25%,
- staw barkowy (omagra) – w ok. 10%,
- stawy nadgarstka i łokcia – w ok. 10%.

A. Przednia powierzchnia prawej nerki



B. Prawa nerka przecięta w różnych płaszczyznach, pokazany miąższ nerki i jej zatoki

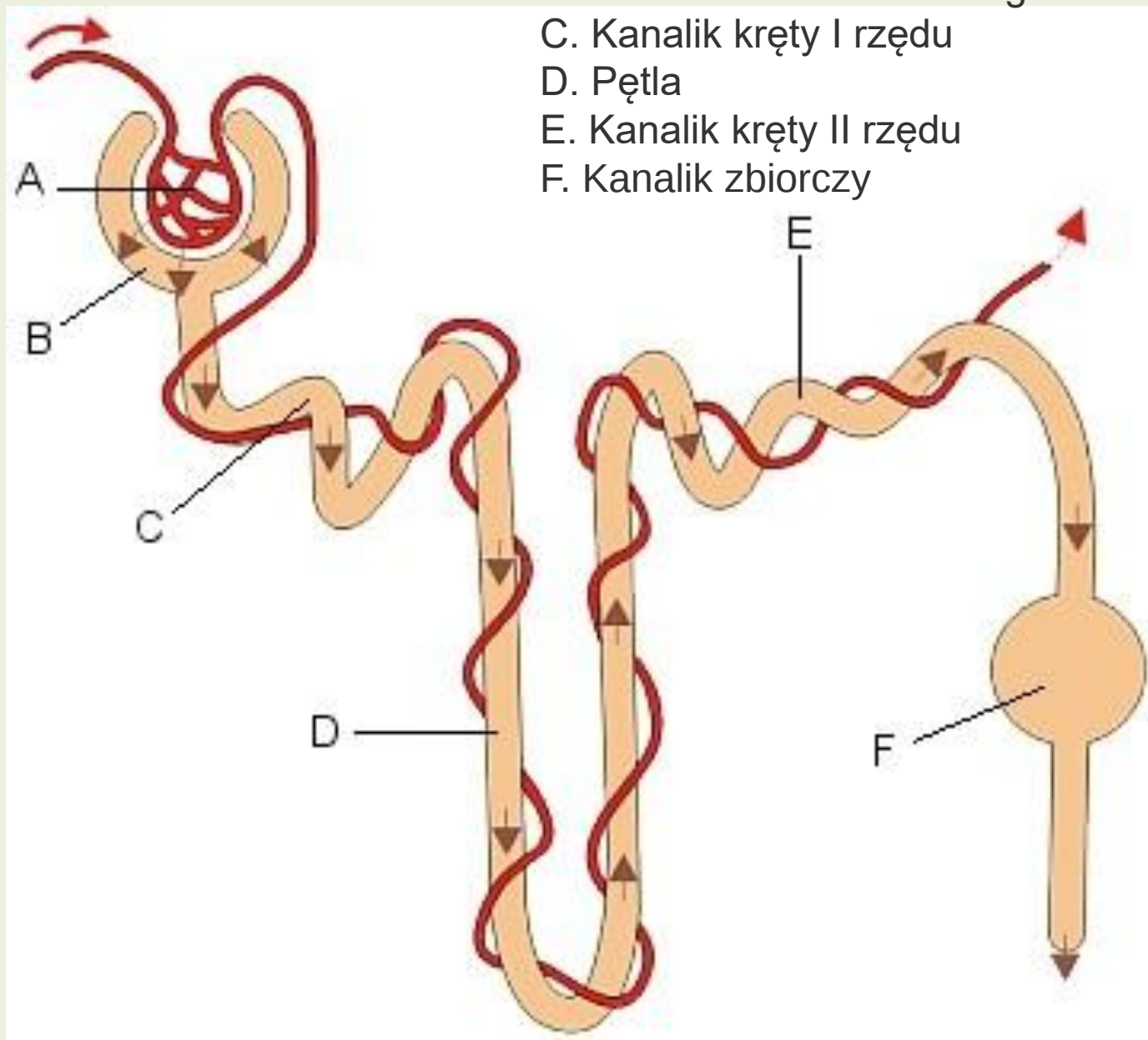


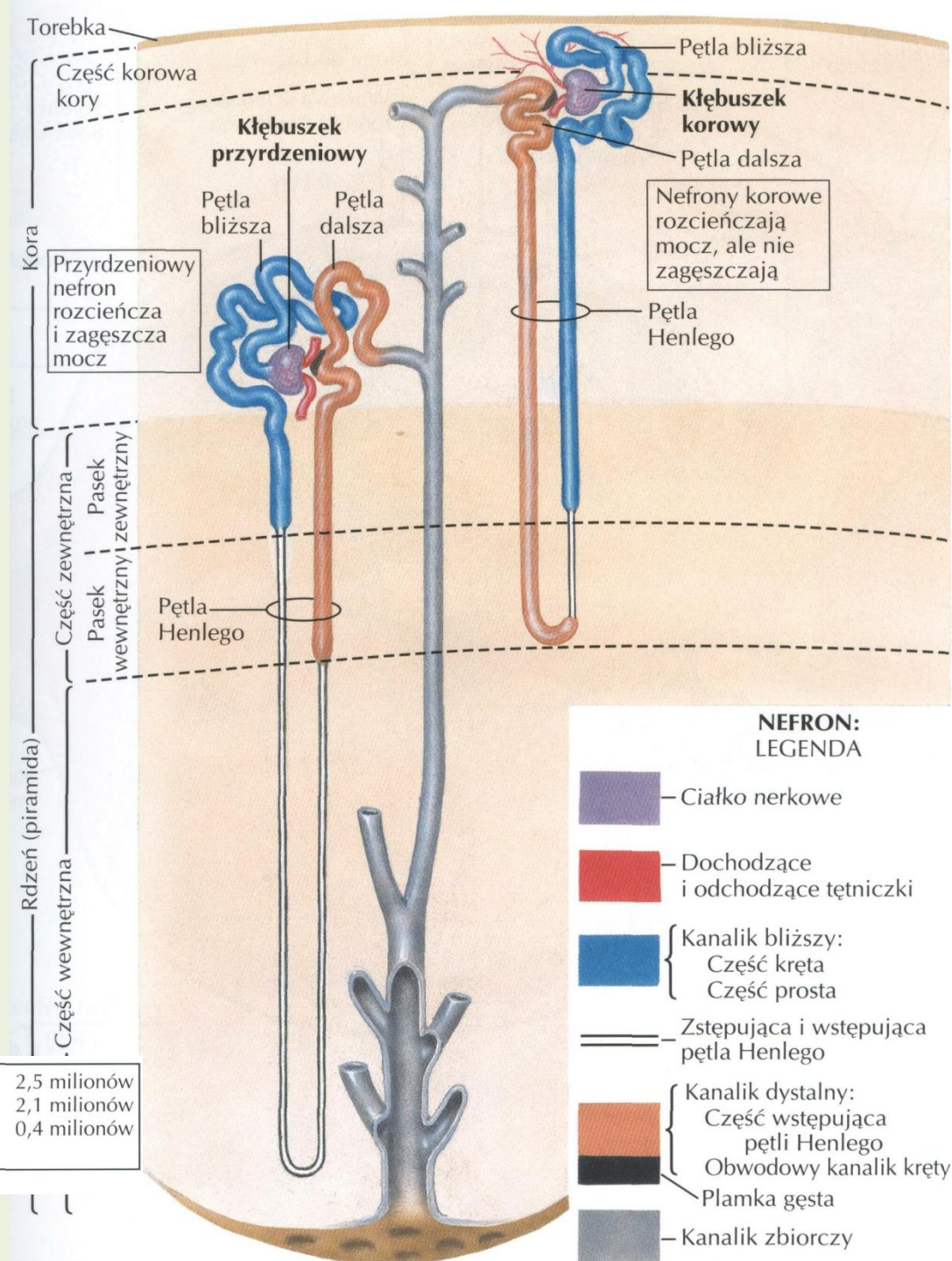
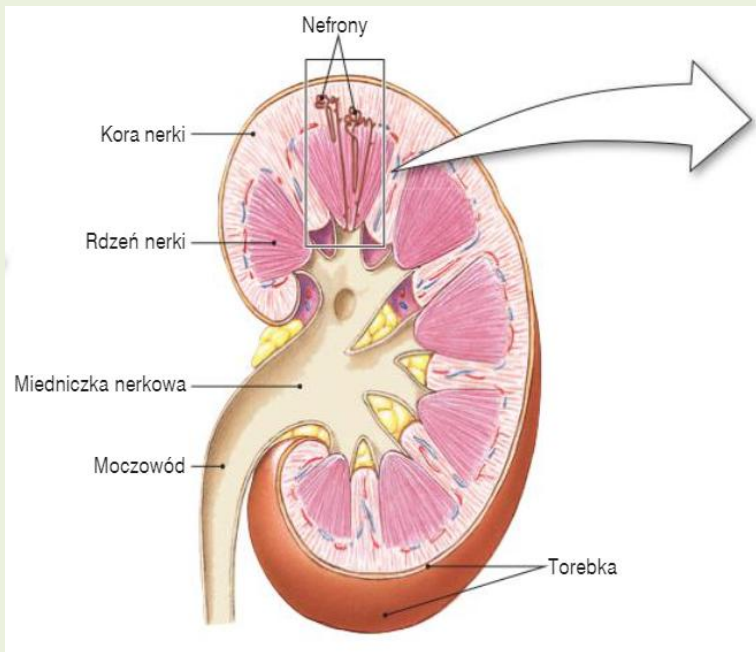
Funkcje nerek:

- 1. Regulują objętość płynów ustrojowych oraz ich skład**
- 2. Wydalają produkty przemiany materii i usuwają obce substancje (np. leki) z krwi.**
- 3. Działają jako narząd endokrynnny**

NEFRON

- A. Splot naczyniowy ciała nerkowego
- B. Torebka ciała nerkowego
- C. Kanalik kręty I rzędu
- D. Pętla
- E. Kanalik kręty II rzędu
- F. Kanalik zbiorczy





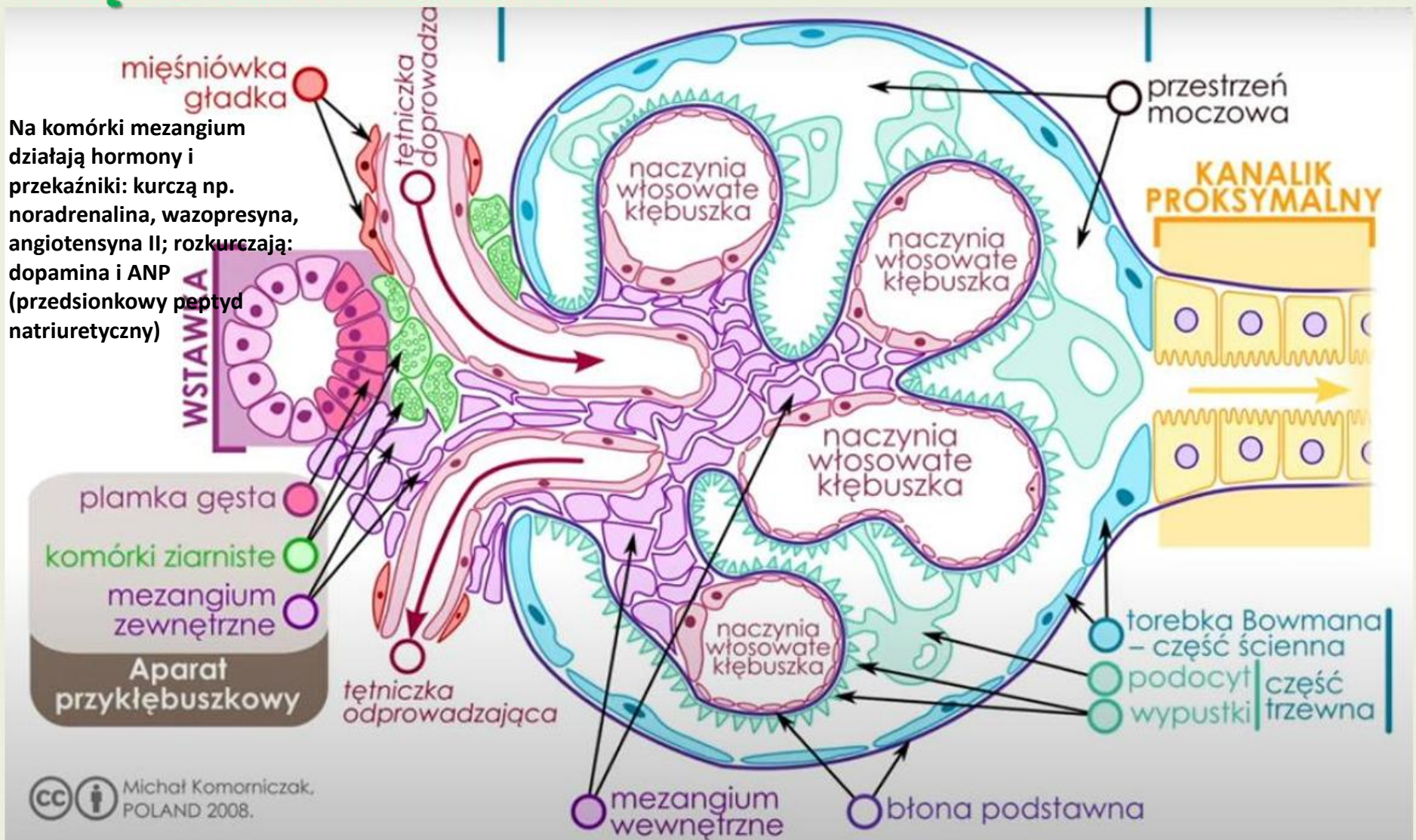
NEFRON: LEGENDA

-  — Ciałko nerkowe
-  — Dochodzące i odchodzące tętniczki
-  { Kanalik bliższy:
Część kręta
Część prosta
-  — Zstępująca i wstępująca pętla Henlego
-  { Kanalik dystalny:
Część wstępująca
pętli Henlego
-  — Obwodowy kanalik kręty
-  — Plamka gęsta
-  — Kanalik zbiorczy

Przeływ nerkowy krwi 1–1,25 ml/min
Filtracja 100–125 ml/min
kłębuszkowa 140–180 l/dzień
Produkcja moczu 0,5–18 l/dzień

Ilość nefronów: 2,5 milionów
Korowych 2,1 milionów
Przyrdzeniowych 0,4 milionów

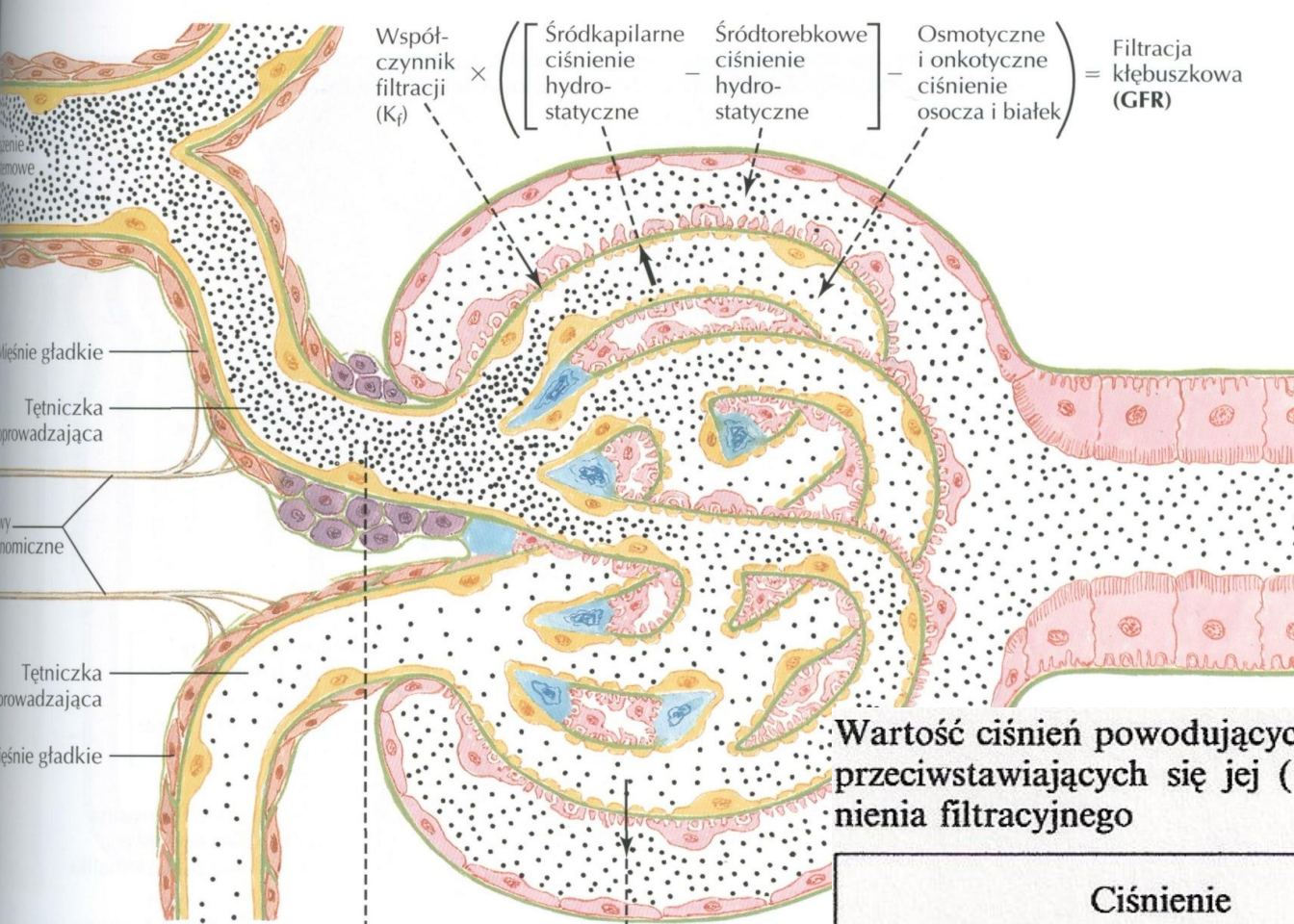
KŁĘBUSZEK NERKOWY



PLAMKA GĘSTA - grupa zmodyfikowanych komórek kanalik II rz. występująca w miejscu zbliżenia się kanalika do ciałka nerkowego, pełniąc rolę osmoreceptora.

Plamka gęsta współtworzy aparat przykłębuszkowy

PODOCYT (komórka blaszki trzewnej torebki kłębuszka nerkowego) – wysoko wyspecjalizowana komórka nabłonka trzewnego kłębuszka nerkowego, **kluczowa z punktu widzenia selektywnej filtracji osocza** i powstawania moczu pierwotnego.



Wartość ciśnień powodujących filtrację kłębuszkową (+) oraz przeciwstawiających się jej (-). Obliczanie efektywnego ciśnienia filtracyjnego

$$GFR = k \cdot EFP$$

Ciśnienie	Wartość kPa (mm Hg)
Ciśnienie hydrostatyczne w naczyniach włosowatych kłębuszka (P_c)	+7,3 (+55)
Ciśnienie hydrostatyczne w torebce kłębuszka (P_{tor})	-2,0 (-15)
Ciśnienie onkotyczne w naczyniach włosowatych kłębuszka (Π_c)	-3,3 (-25)
Ciśnienie onkotyczne w torebce kłębuszka (Π_{tor})	0
Efektywne ciśnienie filtracyjne (EFP)	+2,0 (+15)

Czynniki decydujące o wielkości GFR

- Zmiany ciśnienia hydrostatycznego w naczyniach włosowatych kłębuszka
- zmiany ciśnienia tętniczego krwi w krążeniu dużym
- skurcz tętniczek doprowadzających i odprowadzających
- Zmiany ciśnienia hydrostatycznego płynu w torebce Bowmana
- niedrożność moczowodów
- obrzęk nerki wewnątrz ciasnej torebki nerkowej
- Zmiany stężenia białek w osoczu) odwodnienie, hipoproteinemia

BARIERA KŁEBUSZKOWA

1. Komórki śródbłónka naczyń; fenestracje, <5kDa
2. Ujemnie naładowana błona podstawna
3. Rola komórek mezangium wewnętrznego
4. Rola wypustek podocytów (np. czynniki sprzyjające odwodnieniu zwiększają odległość między wypustkami i zwiększają np. przechodzenie białek)

Kłębuszek nerkowy

Powstawanie moczu pierwotnego

Kanalik kręty I rz.

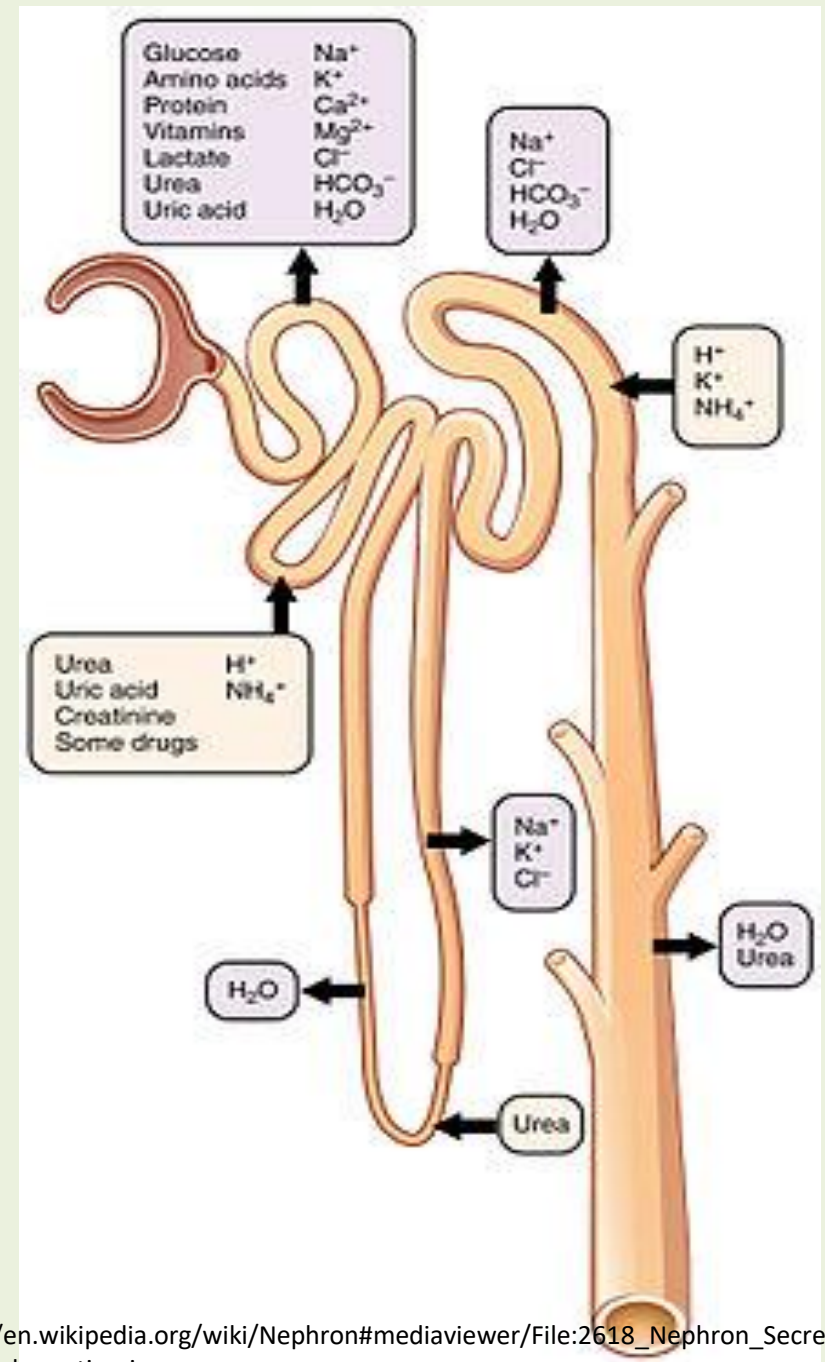
Resorpcja zwrotna obowiązkowa:
woda, sole mineralne, kwasy organiczne,
jony (sodu, potasu), aminokwasy i glukoza

Pętla Henlego

Zagęszczanie moczu

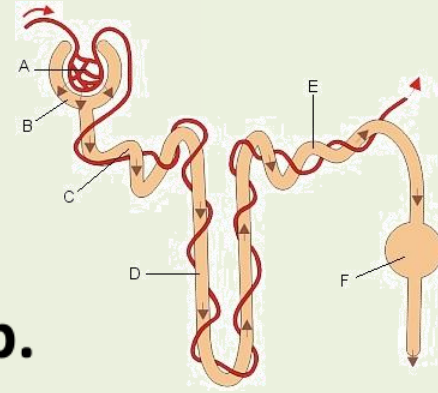
Kanalik kręty II. rz, kanalik zbiorczy

Resorpcja zwrotna nadobowiązkowa
odzyskiwana jest dalej woda (o ile jest to
konieczne) oraz sole. Następuje tu również
zakwaszanie moczu przez dodawanie
jonów wodorowych. Powstaje mocz
ostateczny.



RESORPCJA I SEKRECJA KANALIKOWA

- Nie są wchłaniane i wydzielane przez nabłonek kanalików np. inulina
- Zostają wchłaniane całkowicie lub częściowo np. glukoza
- Zostają dodatkowo wydzielane przez nabłonek kanalików np. PAH
- Są jednocześnie wchłaniane i wydzielane np. jony K



RESORPCJA

Bierna: mocznik, jony Cl

Czynna: glukoza, kationy potasowe, aniony fosforanowe i siarczanowe, aminokwasy kreatyna, kwas moczowy, kwas askorbinowy, ciała ketonowe

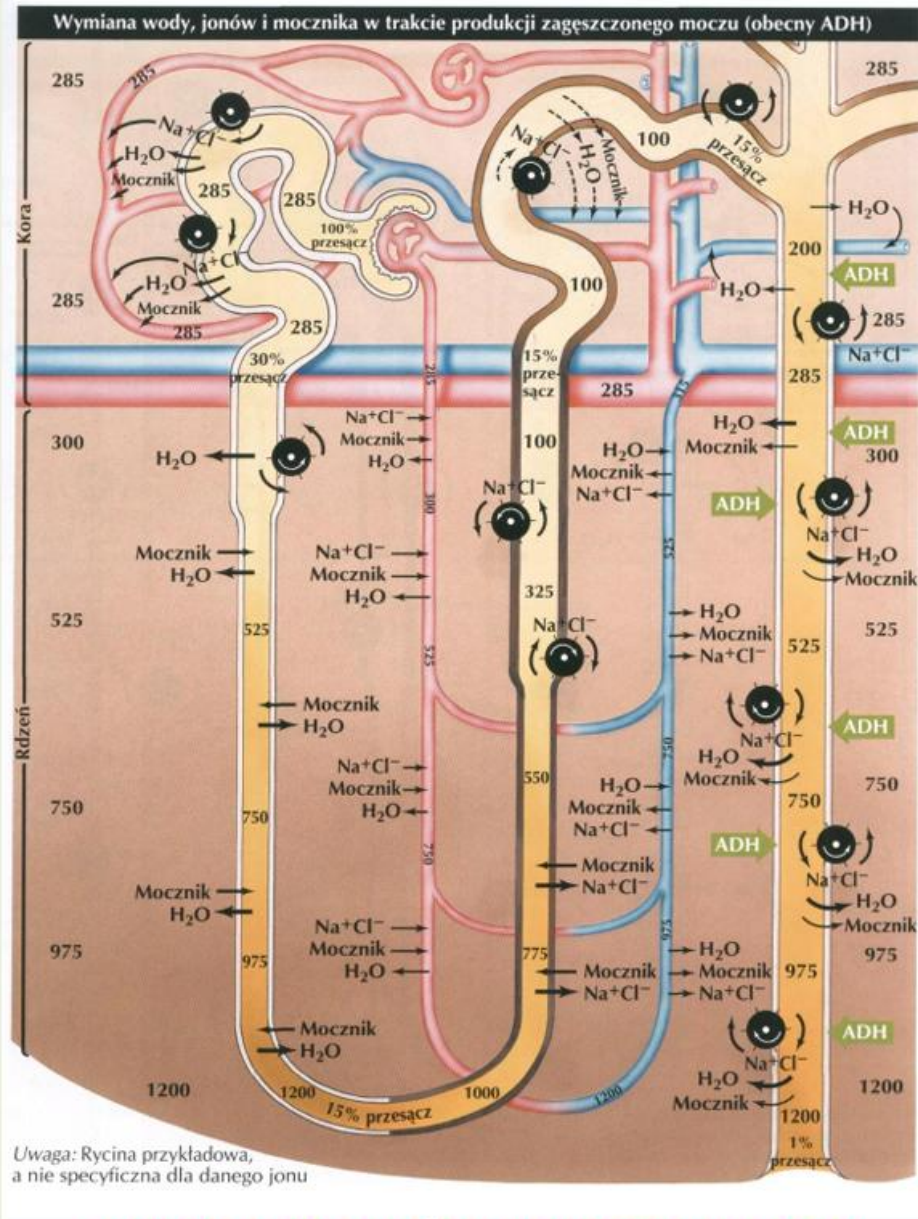
SEKRECJA

Bierna: sole amonowe, kwas salicylowy

Czynna: PAH, penicylina, sulfonamidy, kreatynina, hormony steroidowe, jony potasu, wodoru

- **Wzrost ciśnienia osmotycznego w pętli Henlego** jest wynikiem **wzrostu ciśnienia osmotycznego w przestrzeni okołokanalikowej**
- Ramię zstępujące pętli Henlego jest przepuszczalne dla wody
- Ramię wstępujące pętli Henlego jest nieprzepuszczalne dla wody; aktywne wchłanianie jonów sodu do przestrzeni okołokanalikowej i powstanie wysokiego ciśnienia osmotycznego
- Nagromadzenie **jonów sodu** w przestrzeni okołokanalikowej nosi nazwę **przeciwprądowych wzmacniaczy**

Mechanizm ten prowadzi do nagromadzenia substancji osmotycznie czynnych w świetle kanalików, naczyń nerkowych i w płynie śródmiąższowym rdzenia w stężeniach wzrastających w kierunku od kory do rdzenia

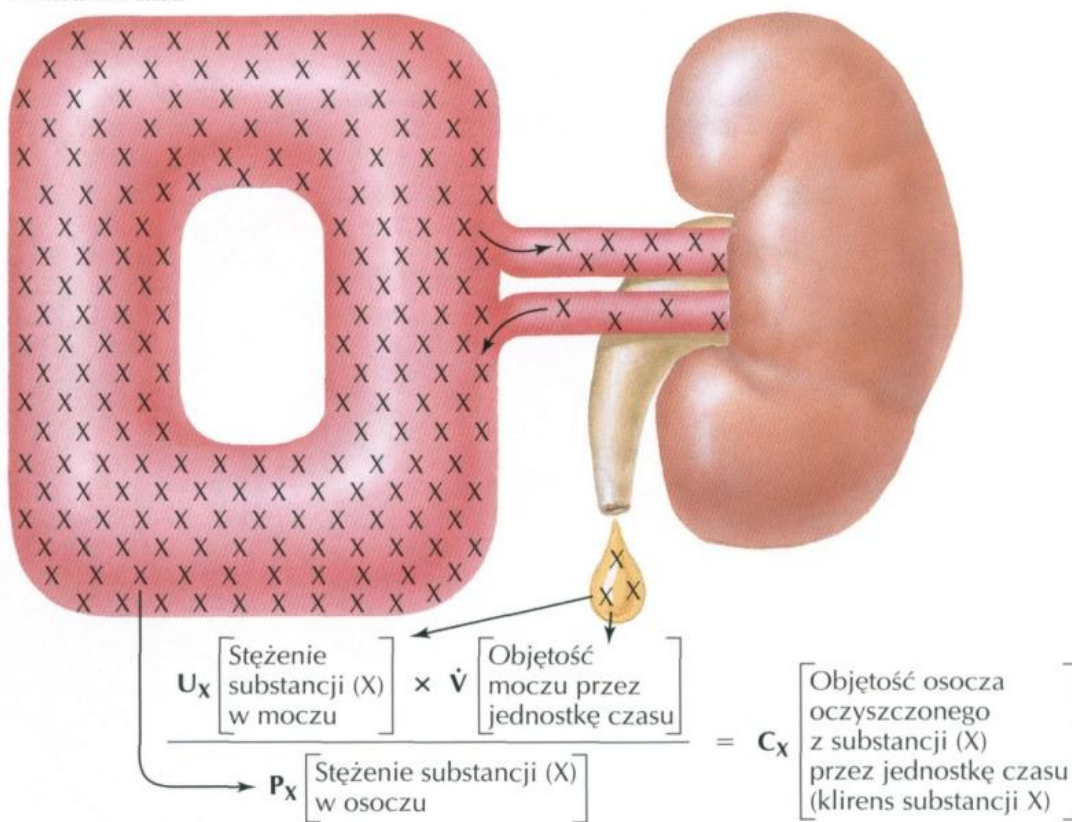


**UKŁAD KANALIKÓW W RDZENIU NERKI
TWORZY TZW. WZMACNIACZ
PRZECIWPRAĐOWY**

Wartość klirensu nerkowego szeregu substancji

Substancja	Klirens nerkowy w mL/min
Glukoza	0
Mocznik	75
Inulina	125
Kreatynina	140
Kwas <i>para</i> -aminohipurowy	650

Prawa klirensu



Wielkość Filtracji kłębuszkowej (GFR; glomerular filtration rate)

można oznaczyć wprowadzając do krwi substancje nie podlegające resorpcji i sekrecji kanalikowej

Stopień uszkodzenia nerek	Opis	GFR	Wyniki innych badań
1	Prawidłowa funkcja nerek lub minimalne uszkodzenie przy prawidłowym GFR	90+	Wysokie stężenie białka lub albuminy w moczu, obecność komórek lub wałeczków w moczu
2	Niewielki spadek GFR	60-89	
3	Średni spadek GFR	30-59	
4	Ostry spadek GFR	15-29	
5	Niewydolność nerek	< 15	

Nerkowy klirens dla inuliny jest odzwierciedleniem wielkości GFR:

- u mężczyzn średnio 125 ± 15 mL/min/1,75 m²
- u kobiet średnio 110 ± 15 mL/min/1,75 m²

Cystatyna C jako marker GFR

Stężenie niezależne od płci, wieku, wzrostu, masy mięśniowej, aktywności fizycznej, diety

Przydatna do wykrywania wczesnych stadiów niewydolności nerek (poziom kreatyniny wtedy jeszcze nie zmienia się)

Zakresy wartości referencyjnych:

dzieci do 1 r. ż. – 0,59–1,97 mg/l,

dzieci 1–18 r. ż. – 0,50–1,27 mg/l,

dorośli do 50 r. ż. – 0,53–0,92 mg/l,

dorośli powyżej 50 r. ż. – 0,58–1,02 mg/l.

Brak dużych badań populacyjnych

Cystatyna C jest lepszym endogennym markerem zaburzeń funkcji nerek niż kreatynina, której oznaczenie jest niemiarodajne u chorych na marskość wątroby, bardzo otyłych, niedożywionych i z bardzo małą masą mięśniową.

KREATYNINA

- produkt przemian metabolicznych białka,
- marker biochemiczny monitorujący stan nerek
- ilość wydalanej w ciągu doby kreatyniny zależy od masy mięśniowej badanego, płci, ogólnego stanu zdrowia i wieku oraz diety.

Prawidłowe wartości u osoby dorosłej to 53–115 $\mu\text{mol/l}$ (0,6–1,3 mg/dl).

Podwyższone stężenie kreatyniny we krwi, czyli wynik powyżej zakresu prawidłowego świadczy o **pogorszeniu czynności nerek**. Może mieć charakter ostry i przejściowy lub trwały i postępujący jak podczas przewlekłej niewydolności nerek.

Kreatynina poniżej zakresu prawidłowego występuje u kobiet, u osób starszych, ze znacznym ubytkiem wagi, niedożywieniem, utratą masy mięśniowej, a także z małą aktywnością ruchową.

Pomiar stężenia kreatyniny wykonywany jest także przed badaniami tzw. diagnostyki obrazowej, w których badanemu podawany jest dożylnie kontrast. Do badań takich należą tomografia komputerowa i rezonans magnetyczny oraz koronarografia i arteriografia. Po wykonaniu badania kontrast powinien być jak najszybciej wyłukany z organizmu, co wymaga sprawnie funkcjonujących nerek.

Kreatynina jest powszechnie wykorzystywana do oceny pracy nerek:

- **Stała produkcja**
- **Filtracja kłębuszkowa**
- **Łatwość pomiaru:**
- **Względna niezależność od diety:**
- **Obliczanie szacunkowego wskaźnika filtracji kłębuszkowej (eGFR)**
- **Monitorowanie przewlekłej choroby nerek (PChN)**

Klirens dla PAH (kwas para amino-hipurowy) – pomocny w ocenie efektywnego przepływu osocza przez czynny miąższ nerkowy (ERPF; Effective Renal Plasma Flow)

ERPF wynosi 625 mL/min

Efektywny przepływ krwi przez nerki (ERBF; Effective Renal Blood Flow):

$$\text{ERBF} = C_{\text{PAH}} \times (100/100 - H_c)$$

Całkowity przepływ krwi przez nerki:

$$\text{TRBF} = \text{ERBF} \times a_{\text{PAH}} / a_{\text{PAH}} - v_{\text{PAH}}$$

TRBF - Total Renal Blood Flow jest średnio o 10 % wyższy od ERBF

Frakcja Filtracyjna

$$\text{GFR/ERPF}$$

Prawidłowa wartość wynosi około **15–20%**, co oznacza, że mniej więcej 1/5 osocza przepływającego przez nerki ulega przefiltrowaniu.

$$\frac{125 \text{ ml/min}}{625 \text{ ml/min}} = 0,18$$

Ocena hemodynamiki nerek:

- zmniejszonego przepływu nerkowego,
- uszkodzenia kłębuszków,
- zaburzeń napięcia tętniczki doprowadzającej lub odprowadzającej.

***Wstrząs hipowolemiczny** to stan, w którym organizm traci dużo krwi lub płynów i **nie ma** wystarczającej objętości krwi, żeby dostarczyć tlen do narządów

***Inhibitory ACE** to leki, które **obniżają ciśnienie tętnicze**. Blokują enzym konwertujący angiotensynę (ACE)

Różnicowanie przyczyn niewydolności nerek:

Zwiększona frakcja filtracyjna w:

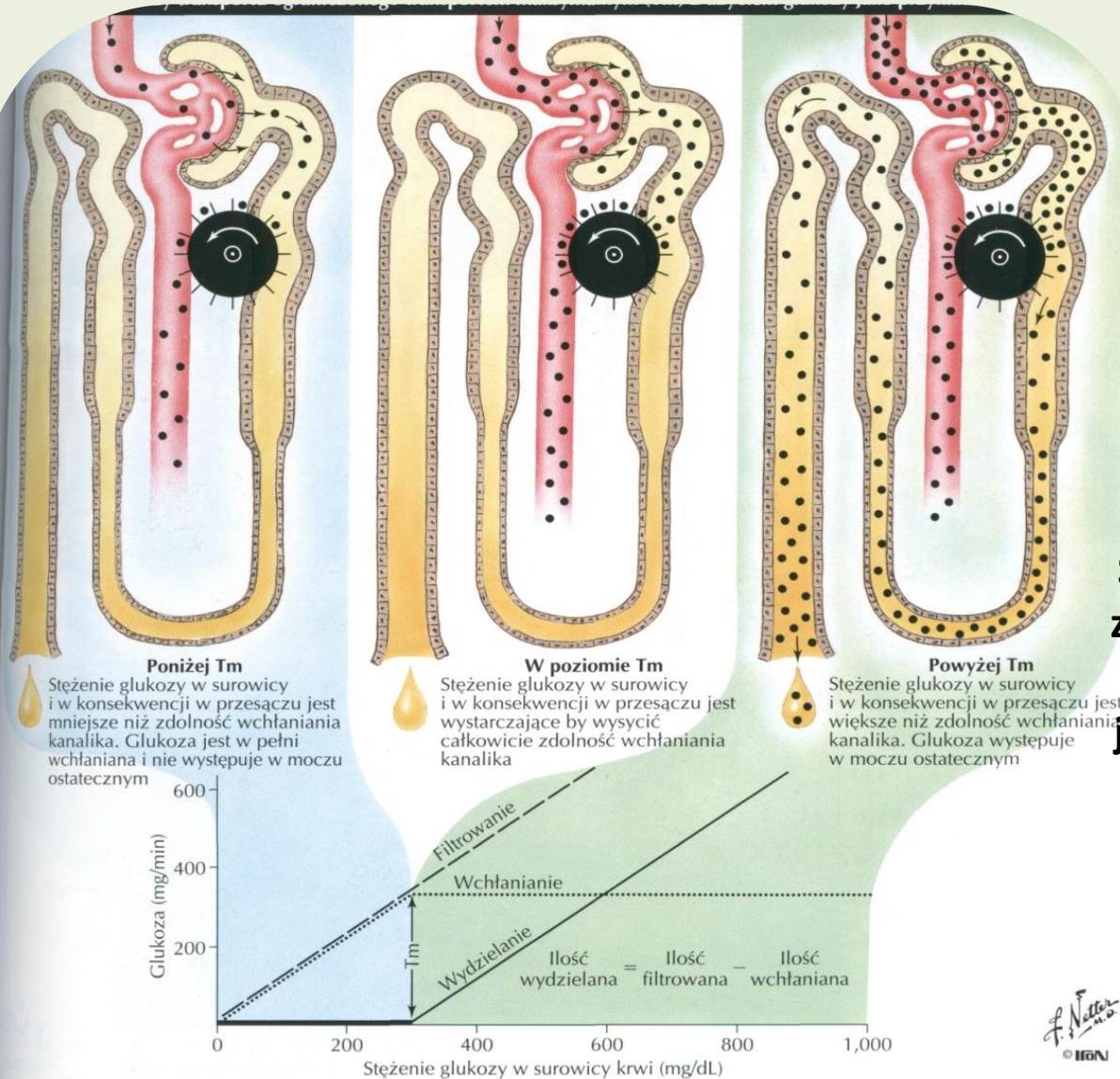
odwodnieniu,
wstrząsie hipowolemicznym*,
niewydolności serca.
W tych stanach przepływ nerkowy spada, ale organizm próbuje utrzymać GFR (m.in. przez układ RAA), więc FF rośnie.

Zmniejszona frakcja filtracyjna w:

uszkodzeniach kłębuszków (np. w kłębuszkowe zapalenie nerek)
rozszerzeniu tętniczki odprowadzającej (np. po lekach z grupy inhibitorów ACE*)

Próg nerkowy dla glukozy
180 mg% (10 mmoli/l)

SUBSTANCJE PROGOWE to
związki, które pojawiają się
w moczu ostatecznym,
jeżeli ich stężenie w osoczu
krwi przekroczy pewną
wartość



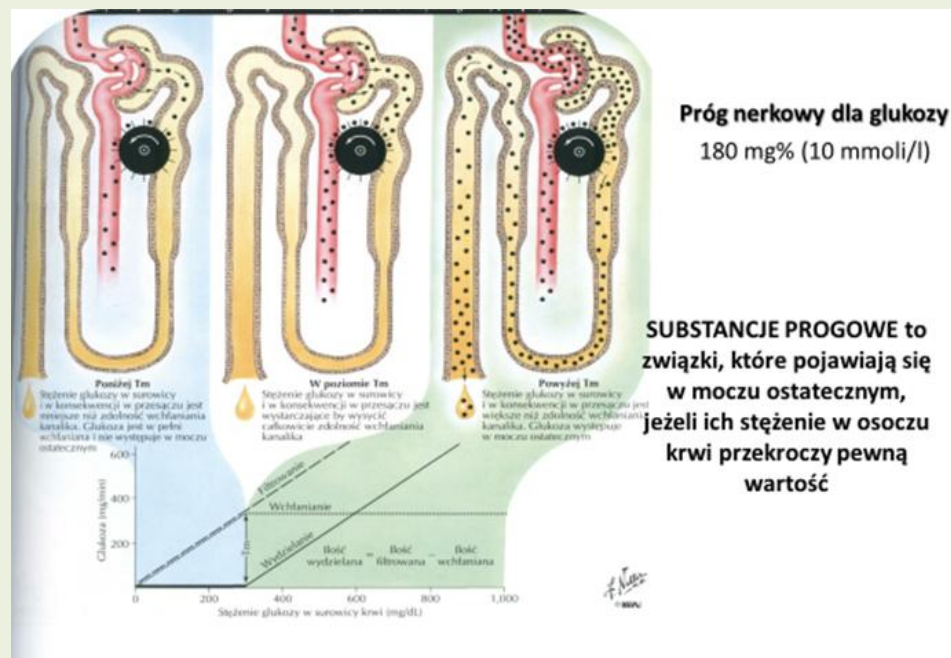
Scena 6.6. Wchłanianie glukozy

Glukoza jest filtrowana w nerkach, a następnie w całości wchłaniana w kanalikach bliższym nefronu. Jeśli stężenie glukozy jest wyższe niż Tm (np. przy cukrzycy), to glukoza pojawia się w mo-

czu ostatecznym. Klirens glukozy wzrasta więc wraz z wzrostem stężenia w surowicy krwi.

Glukoza:

w warunkach fizjologicznych filtrowana do ultraprzesączu glukoza jest w całości wchłaniana zwrotnie w bliższej części kanalików nerkowych za pomocą sprzężonego z sodem czynnego wchłaniania zwrotnego.



Szybkość maksymalna transportu zwrotnego wynosi średnio 350 mg/min, gdy stężenie glukozy w osoczu, a tym samym i w filtracie kłębowym przekroczy wartość 180 mg/dL (próg nerkowy), w wydalonym moczu pojawia się glukoza.

Glukozuria może być spowodowana:

- zmianami przednerkowymi
(cukrzyce/hiperglikemia, choroby wątroby, zaburzenia hormonalne) lub
- nabytymi i wrodzonymi uszkodzeniami
kanalików bliższych obniżającymi próg nerkowy
dla glukozy oraz dla innych związków

CZYNNOŚĆ WEWNĄTRZWYDZIELNICZA NEREK

ERYTROPOETYNA (komórki śródbłonna naczyń włosowatych otaczających kanaliki nerkowe w korze nerek); pobudza erytropoezę w szpiku kostnym)

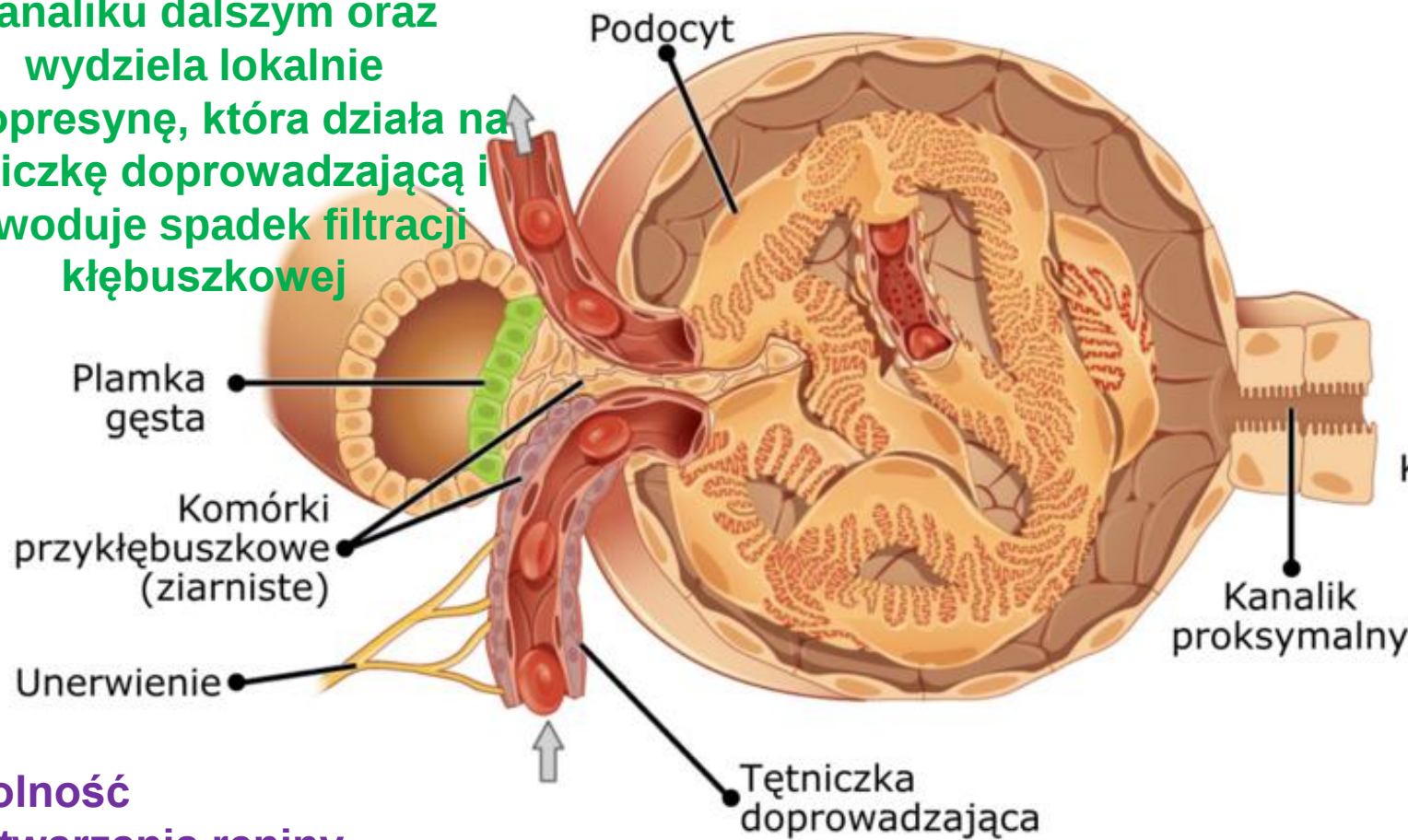
PROSTAGLANDYNY (PGE₂); syntetyzowane przez komórki śródmiąższowe oraz w komórkach śródbłonna naczyńniowego i kłębuszkach. Regulują przepływ krwi przez nerki i filtrację kłębuszkową. Zmniejsza wchłanianie zwrotne sodu.

WITAMINA D₃ (cholekalcyferol);

w nerkach metabolizuje pochodne 1,25dihydroksycholekalcyferol (1,25 DHD₃) i 24,25dihydroksycholekalcyferol (24,25 DHD₃).

- aktywacja przy udziale PTH;
- zwrotna resorpcja Ca i fosforanów w cewkach bliższych

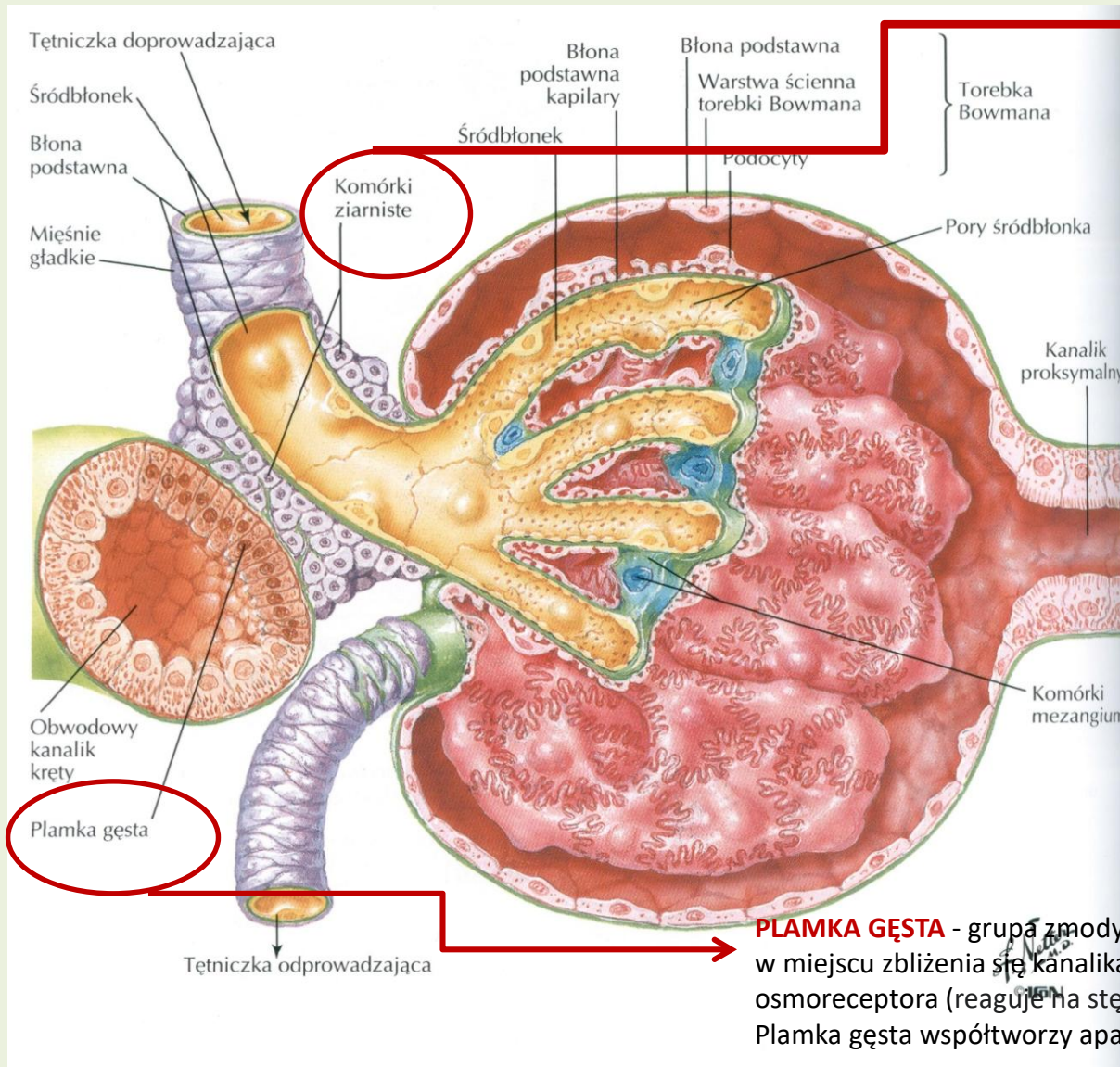
reaguje na stężenie (NaCl) w kanaliku dalszym oraz wydziela lokalnie wazopresynę, która działa na tętniczkę doprowadzającą i powoduje spadek filtracji kłębuszkowej



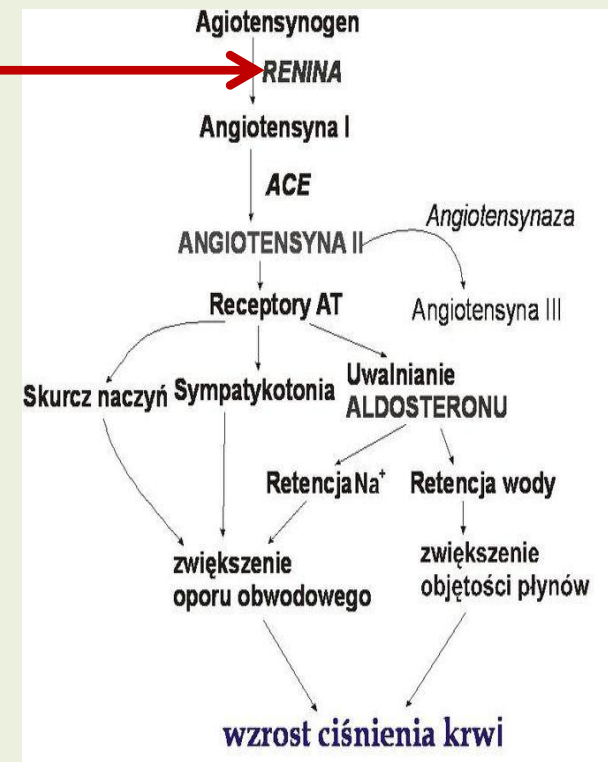
zdolność wytwarzania reniny – enzymu, który rozpoczyna kaskadę reakcji w układzie renina-angiotensyna-aldosteron

PLAMKA GĘSTA - grupa zmodyfikowanych komórek kanalika II rz. występująca w miejscu zbliżenia się kanalika do ciała nerkowego, pełniąca rolę osmoreceptora (reaguje na stężenie NaCl w kanaliku dalszym)
Plamka gęsta współtworzy aparat przykłębuszkowy

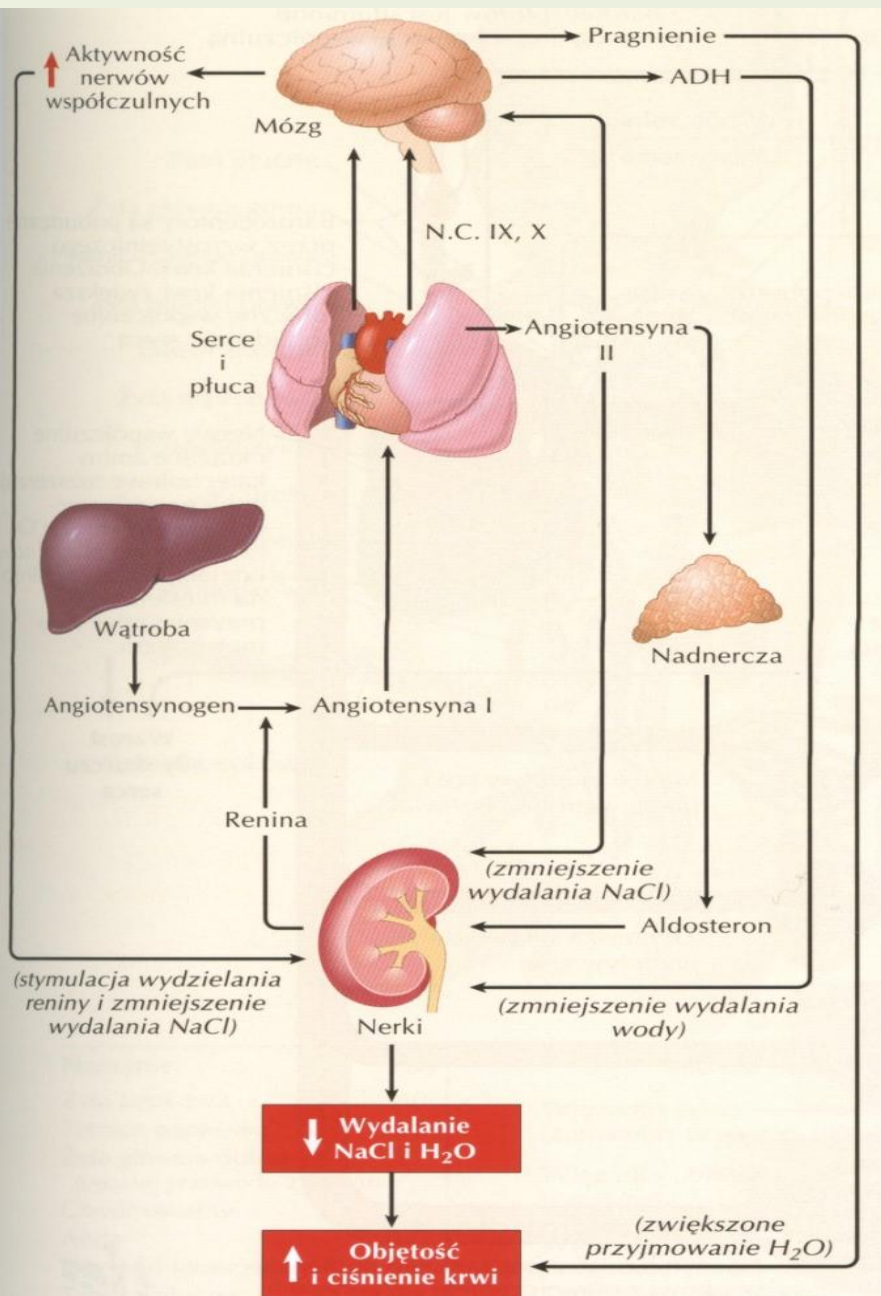
KŁĘBUSZEK NERKOWY



PLAMKA GĘSTA - grupa zmodyfikowanych komórek kanalik II rz. występująca w miejscu zbliżenia się kanalik do ciała nerkowego, pełniąca rolę osmoreceptora (reaguje na stężenie NaCl w kanaliku dalszym) Plamka gęsta współtworzy aparat przykłębuszkowy



ODPOWIEŹ UKŁADU KRĄŻENIA NA ZMIANY OBJĘTOŚCI I CIŚNIENIA KRWI



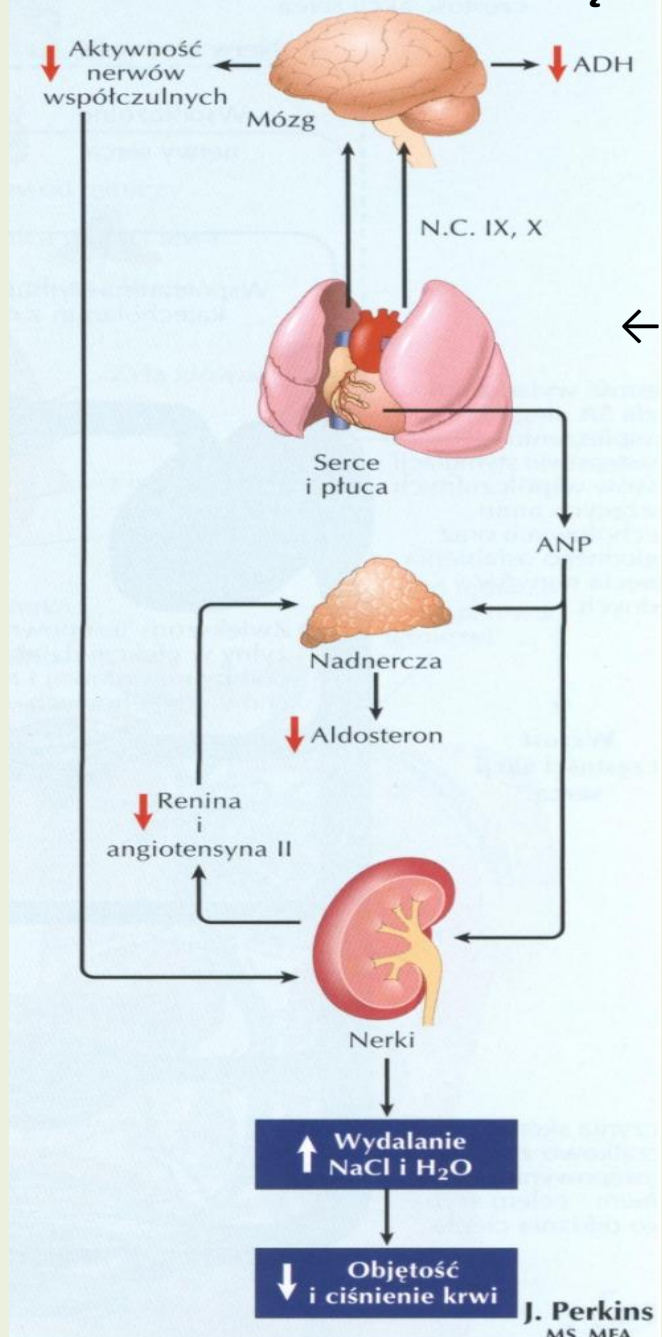
REAKCJE NA ZMNIEJSZENIE OBJĘTOŚCI I CIŚNIENIA TĘTNICZEGO KRWI

- **Aparat przykłębuszkowy** nerek wydziela **reninę** (glikoproteid) pod wpływem spadku ciśnienia w tętnicy nerkowej.

RENINA przekształca Angiotensynogen w Angiotensynę I → Angiotensynę II, czego efektem jest skurcz błony mięśniowej naczyń krwionośnych.

-Aldosteron – zwiększa resorpcję zwrotną Na^+ z moczu pierwotnego i wydzielanie K^+

ODPOWIEŹ UKŁADU KRAŻENIA NA ZMIANY OBJĘTOŚCI I CIŚNIENIA KRWI



← Podrażnienie baro- i mechanoreceptorów w sercu

← ANP- przedsionkowy peptyd natriuretyczny. wydzielany w odpowiedzi na rozciągnięcie ścian przedsionków
Zwiększa wydalanie sodu i wody przez nerki.

REAKCJE NA ZWIĘKSZENIE OBJĘTOŚCI I CIŚNIENIA TĘTNICZEGO KRWI

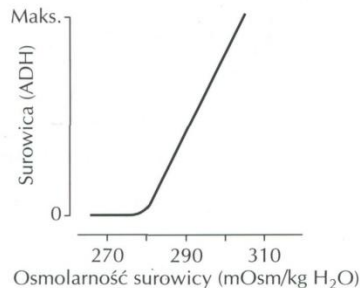
ADH powstaje w jądrach nadwzrostkowych i przykomorowych podwzgórza, skąd wzduż neuronów dostaje się do tylnego płata przysadki mózgowej, gdzie ulega zmagazynowaniu

Osmolarność krwi i jej objętość modyfikowana przyjmowaniem płynów (drogą jelitową i pozajelitową); wymiana elektrolitowa w obrębie tkanek, w warunkach normalnych i patologicznych (obrzęk); utrata przez przewód pokarmowy (wymioty, biegunka); utrata do jam ciała (wysiek); niezwykle utrata (krwawienie, żylaki)

Uwalnianie ADH jest pobudzone wysoką osmolarnością krwi wpływającą na osmoreceptory podwzgórza. Przez spadek objętości krwi krążącej dochodzi do pobudzenia baroreceptorów łuku aorty i tętnic szyjnych. Niska osmolarność i duża objętość krwi

W obecności ADH przepływ krwi do rdzenia nerek spada. Podnosi to osmolarność rdzenia nerek przez minimalizację utraty czynników osmotycznie czynnych, wraz z przepływającą krwią

ADH wzmacnia przepuszczalność cewek zbiorczych dla wody i umożliwia wchłanianie wody do hiperosmotycznego rdzenia nerek. Wydalana jest mała ilość zagęszczanego moczu ostatecznego



F. Netter M.D.
© 1991

Osmolarność, termin określający liczbę moli substancji osmotycznie czynnych w 1 litrze roztworu; ciśnienie osmotyczne roztworu zależy od stężenia substancji rozpuszczonej

PICIE WODY



HAMOWANIE ADH



ZWIĘKSZENIE DIUREZY

Mocz jako materiał diagnostyczny

1. paski jednoparametrowe np. do wykrywania glukozy, białka (albumina), „mikroalbuminurii”, leków i substancji odurzających itp.

2. paski 10-parametrowe – wykrywają jednocześnie glukozę, związki ketonowe, albuminę, leukocyty, azotyny, erytrocyty/hemoglobinę, bilirubinę, urobilinogen, pH i ciężar właściwy moczu.

Używa się ich rutynowo w przesiewowym badaniu moczu.



Pasek testowy i porównawcza skala barwne do odczytu przybliżonych stężeń różnych analitów w moczu

Pasek do badania jest wykonany z tworzywa sztucznego, na którym umieszczone są higroskopijne pola testowe nasączone odpowiednimi odczynnikami

Po zanurzeniu i wyjęciu paska z moczu, na poszczególnych polach zachodzą reakcje chemiczne ze składnikami zawartymi w moczu.

Odczyt następuje poprzez ocenę zmiany zabarwienia pola w porównaniu ze skalami barwnymi, po upływie czasu rekomendowanego przez producenta pasków.

Oceny zabarwienia można dokonać wzrokowo, lub za pomocą automatycznego czytnika pasków. Odczyty dają wynik półilościowy z wyjątkiem ciężaru właściwego (dokładność 0,005 g/mL) i pH (dokładność 0,5 jednostki)

Ciężar właściwy moczu od 1,016 do 1,022 kg/l.

Ciężar właściwy moczu nie powinien nigdy zbliżać się do wartości ciężaru wody, czyli 1,000 kg/l, gdyż świadczyć to może o utracie bardzo ważnej funkcji nerki, jaką jest zagęszczanie moczu.

Ciężar właściwy moczu zależy przede wszystkim od **mocznika i chlorku sodu**, a następnie od potasu, magnezu, wapnia, kreatyniny, kwasu moczowego, glukozy, białka.

■ Związki wpływające na zabarwienie moczu

Barwa moczu	Przyczyna
Żółta	Wit. B ₂
Żółtozielona	Bilirubina/biliwerdyna, wit. B ₂ , tymol
Żółtopomarańczowa	Bilirubina, urobilina, rabarbar, leki (np. salozopiryny, fenacytyny)
Żółtobrązowa	Bilirubina/biliwerdyna, leki (np. nitrofurantoiny)
Niebieskozielona	biliwerdyna, <i>Pseudomonas</i> , leki (np. arbutyn, błękit metylenowy, triamteren, kreozał, guajakol)
Czerwona; brązowa	Hemoglobina wolna, erytrocyty mioglobina, urobilina, porfiryne, rabarbar, karoteny, buraki, pochodne aniliny. Leki: np. aminofenazon, aminopiryna, antypiryna, chinina, chlorochinon, hydrochinon, L-dopa, naftol, fenytoina, metronidazol, azotany, nitrofurantoina, fenacetyna, fenoloftaleina, fenotiazyna, salazopiryna,
Czerwono różowa	moczany
Brązowo czarna	methemoglobina, kwas homogentyzynowy, melanina

Określenia związane z przejrzystością moczu

Przejrzystość	Definicja	Przykłady
Klarowny	Brak widocznych cząsteczek zawieszonego osadu	Prawidłowy mocz, składniki obecne w moczu są rozpuszczalne
Lekko mętny	Widoczne cząsteczki zawieszone w próbce; druk gazetowy jest widoczny i czytelny przez próbkę lub druk gazetowy jest widoczny, ale nieczytelny przez próbkę lub zamazany	Przyczyną zmętnienia moczu mogą być elementy morfotyczne (np. leukocyty, erytrocyty, bakterie, drożdże, ropa), składniki mineralne (kryształy fosforanowe, moczanowe) i organiczne (śluz, kuleczki tłuszczu), kontrast radiologiczny oraz domieszka chłonki lub stolca.
Mętny	Druk gazetowy nie jest widoczny przez próbkę	

W miarę stania mętnieje.

Mocz od początku mętny występuje w ropnych zapaleniach dróg moczowych i niektórych postaciach kamicy nerkowej.

OSMOLALNOŚĆ

Osmolalność – stężenie substancji rozpuszczonej w roztworze, wyrażone jako liczba moli* substancji czynnych osmotycznie (osmoli, Osm) rozpuszczonych w jednym kilogramie rozpuszczalnika (wody).

Osmolalność wszystkich płynów ustrojowych organizmu w stanie fizjologicznym jest jednakowa (280–295 mOsm/kg H₂O)

O osmolalności moczu decydują między innymi: **sód, potas, glukoza, chlorki, a także mocznik i kreatynina.**

Wzrost osmolalności moczu występuje w :

- hiperglikemii (cukrzyca –znaczny wzrost stężenia glukozy);
- zastoinowej niewydolności serca (obrzęki, woda jest zatrzymywana, co wiąże się z wydalaniem bardziej zagęszczonego moczu);
- odwodnieniu (wydalany mocz jest bardziej zagęszczony);
- zespół nieadekwatnego wydzielania wazopresyny – SIADH (nadmierne uwalnianie wazopresyny przez tylny płat przysadki-zatrzymywanie wody w organizmie, wydalany mocz jest bardziej stężony).

Spadek osmolalności moczu występuje w:

- niewydolności nerek
- niektórych chorobach nerek (np. odmiedniczkowe zapalenie nerek);
- przewodnieniu organizmu (mocz jest rozcieńczony, a więc ma niższą osmolalność);
- moczówce prostej (wydalanie zwiększonych ilości moczu rozcieńczonego);
- hiperkalcemii – wysoki poziom wapnia;
- hipokaliemii – niski poziom potasu.

OSMOLALNOŚĆ/ OSMOLARNOŚĆ

Osmolalność – stężenie substancji rozpuszczonej w roztworze, wyrażone jako liczba moli substancji czynnych osmotycznie (osmoli, Osm) rozpuszczonych w jednym kilogramie rozpuszczalnika (wody).

Osmolarność – stężenie substancji rozpuszczonej w roztworze, wyrażone jako liczba moli substancji czynnych osmotycznie w litrze rozpuszczalnika (wody).

Płyn	Osmolalność (mOsm/kg H ₂ O)	Osmolarność (mOsm/L)
Osocze	275–295	~285–295
Mocz	50–1200	~50–1200

pH: 4,5-8,0.

- Mocz osób zdrowych najczęściej jest słabo kwaśny (pH ok. 6,5).
- Odczyn moczu jest wypadkową stosowanej diety oraz procesów metabolicznych jakie zachodzą w nerkach, wątrobie i płucach.
- Dieta bogatobiałkowa powoduje zakwaszenie moczu, natomiast dieta wegetariańska sprzyja alkalizacji moczu.

Składniki chemiczne moczu

Składniki moczu wydalone z organizmu w ciągu doby podczas stosowania diety mieszanej

Woda	1200 mL/d	
Składniki nieorganiczne:		
Chlorki	282	mmol/d
Sód	173	mmol/d
Fosfor	71	mmol/d
Potas	51	mmol/d
Siarka (jako SO ₃)	25	mmol/d
Wapń	5	mmol/d
Magnez	6	mmol/d
Jod	0,4—2,0	μmol/d
Składniki organiczne:		
Mocznik	210 —500	mmol/d
Kreatynina	12	mmol/d
Amoniak	41	mmol/d
Kwas moczowy	4	mmol/d
Kreatyna	0,01—2,10	mmol/d

Składniki chemiczne moczu

Białko:

w warunkach prawidłowych wydalone jest w ilości do 150 mg/24 godz. Obecność zwiększonej ilości białka w moczu jest pierwszym wskaźnikiem schorzenia nerek.

Test paskowy wykrywa niemal wyłącznie albuminę w stężeniach wyższych od 200 mg/L. Wykrywanie niższych stężeń albuminy oraz innych białek wymaga stosowania czulszych i bardziej specyficznych metod.

Białka moczu

- pomiar stężenia albuminy/ wydalania dobowego w moczu (przy stężeniach albuminy poniżej progu czułości testu paskowego w zakresie od 30-300 mg/dobę, oznaczenie to nosi nazwę „mikroalbuminuria”);
- pomiar wydalania różnych białek specyficznych moczu (beta2-mikroglobulina, łańcuchy lekkie immunoglobulin, mioglobina, amylaza, lipokalina, glukozaminidaza)
- określenie wydalania hormonów lub ich metabolitów np.: hormonów kory lub rdzenia nadnerczy (kortyzol, adrenalina), hormonu wzrostu (GH), gonadotropiny kosmówkowej (beta-HCG), hormonu luteinizującego (LH), kwasu 5-hydroksy-indolooctowego, kwasu wanilino-migdałowego;

Azotyny:

dodatni wynik testu wskazuje na bakteryjne zakażenie układu moczowego bakteriami Gram-ujemnymi należącymi do fizjologicznej flory układu pokarmowego z grupy *Escherichia coli*, *Proteus* spp., *Enterococcus* spp. i *Staphylococcus* spp.

Bakterie te posiadają **enzym-reduktazę azotynową**, która redukuje azotany pokarmowe do azotynów

MOCZNIK

Norma we krwi: od 2.5 do 6.7 mmol/l

WYSOKI POZIOM

- rozległe oparzenia,
- krwawienia do przewodu pokarmowego,
- upośledzenie wydalania przez nerki,
 - niewydolność nerek, o charakterze ostrym lub przewlekłym,
- pozanerkowa niewydolność nerek,
- choroby nowotworowe oraz przyjmowania chemioterapii.

Obniżone stężenie świadczyć może m.in. o wzmożonym oddawaniu moczu, który towarzyszy niektórym chorobom, jak poliurii (wielomoczu)

Zapach: świeżo oddany mocz ma swoisty zapach, który może się zmieniać w rozmaitych stanach chorobowych

Zmianę woni moczu mogą wywołać:

- **procesy bakteryjne toczące się w drogach moczowych** – zapach gnilny, amoniakalny
- **hipermetioninemia** – zapach kapusty,
Nadmiar metioniny we krwi z powodu nieprawidłowego metabolizmu tej substancji. U chorych nie daje widocznych objawów, jednak może powodować uszkodzenia organów
- **trimetyloaminuria** (zespół rybiego odoru) – zapach zepsutej ryby,
- niedobór enzymu FMO3 (monooksygenazy zawierającej flawinę, ang. flavin containing monooxygenase 3). Enzym katalizuje przemianę trimetyloaminy do tlenku trimetyloaminy; trimetyloamina jest wydalana z organizmu przy braku enzymu

kwasica izowalerianowa i kwasica glutarowa – zapach spoconych stóp

Kwasica izowalerianowa - genetycznym zaburzeniem metabolicznym. Niezdolność organizmu do przetwarzania **leucyny**. W efekcie w organizmie kumulują się szkodliwe produkty przemiany materii.

Kwasica glutarowa - Niezdolność organizmu do przetwarzania **lizyny**, opóźniony rozwój intelektualny, hipotonia mięśniowa

Związki „ketonowe”:

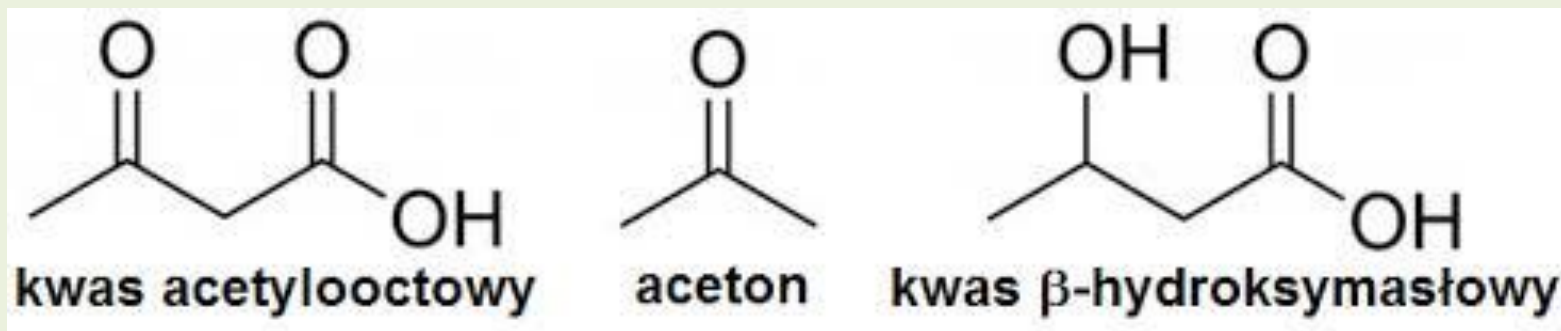
β -hydroksymaślan, acetoocetan i aceton.

Ketonuria występuje, gdy tkanki pozbawione dopływu glukozy zaczynają zużywać kwasy tłuszczowe do pokrycia swych potrzeb energetycznych

Test paskowy wykrywa jedynie acetoocetan

Ciała ketonowe

STĘŻENIE CIAŁ KETONOWYCH STANOWI WAŻNY WSKAŹNIK STANU ZDROWIA PACJENTA



- Powstają **w wątrobie** (mitochondria) i zużywane są w innych tkankach
- Powstają **z acetylo-CoA**
- W zdrowym organizmie ich ilość jest znikoma
- Stężenie rośnie podczas głodu i w cukrzycy; ketogeneza
- Obecność ciał ketonowych w moczu jest wskaźnikiem diagnostycznym przydatnym w rozpoznawaniu cukrzycy

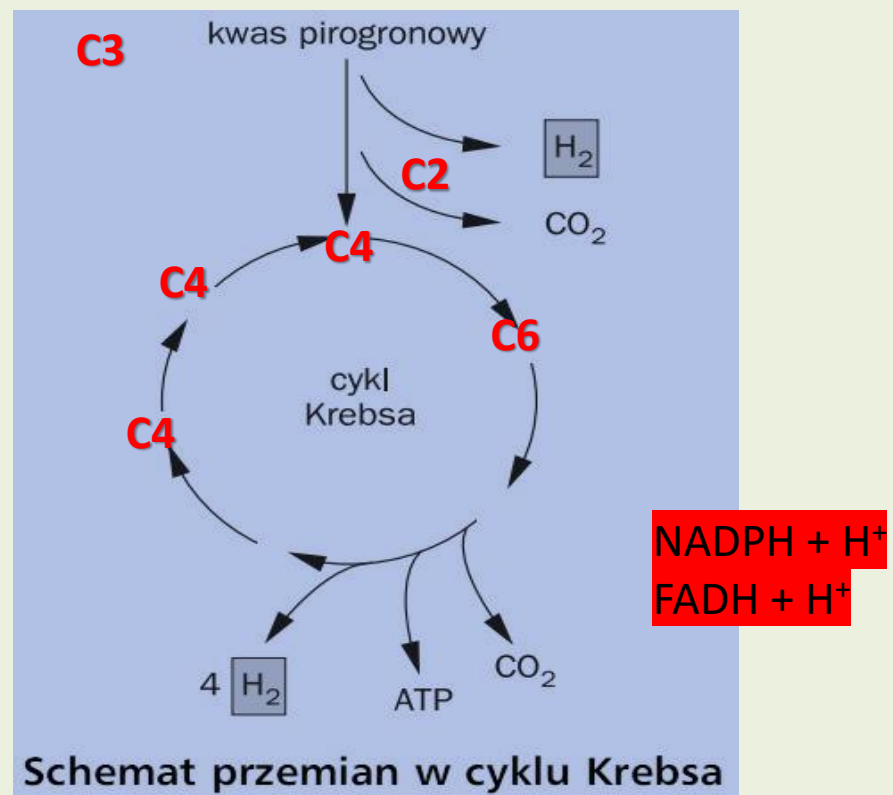
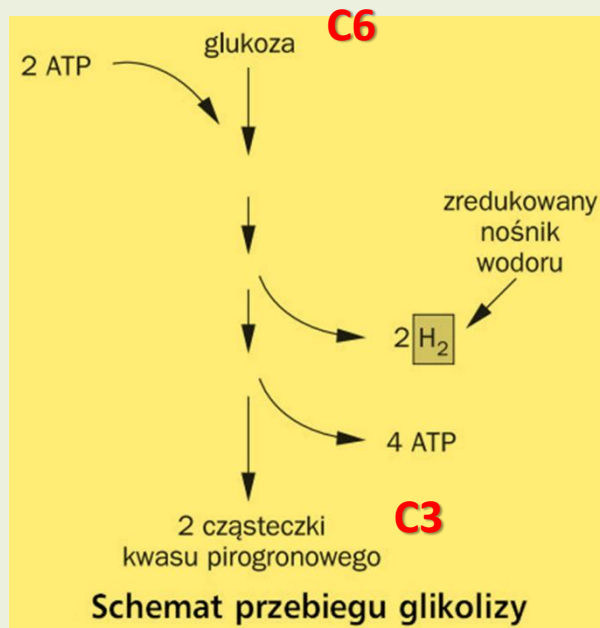
Jeśli ilość **acetylo-CoA powstającego w mitochondriach przekroczy możliwości jego przetwarzania uruchomiony zostaje proces biosyntezy ciał ketonowych np. głód lub cukrzyca**

Jak ciała ketonowe są wykorzystywane przez organizm ?

- ❖ Ciała ketonowe są związkami, które powstają w wątrobie, ale nie mogą być przez nią przetwarzane.
- ❖ Przenikają do krwiobiegu, skąd docierają do np. do mózgu, serca, mięśni szkieletowych i kory nerki, dla których mogą stanowić **specyficzny materiał energetyczny zastępujący glukozę**.
- ❖ Dzieje się tak np. w czasie głodu lub stosowania diet ketogenicznych, które są oparte na **spożywaniu dużej ilości tłuszczu**, przy niemalże całkowitym wyeliminowaniu cukrów

W stanie głodu:

- brakuje **glukozy** do glikolizy
- zmniejsza się produkcja pirogronianu i szczawiooctanu; reszty acetylowe nie mogą włączyć się do cyklu Krebsa bo brakuje szczawiooctanu
- niedobór glukozy ogranicza szlak pentozofosforanowy; zmniejszona produkcja $\text{NADPH} + \text{H}^+$



W stanie cukrzycy, przy niedoborze insuliny podobnie:

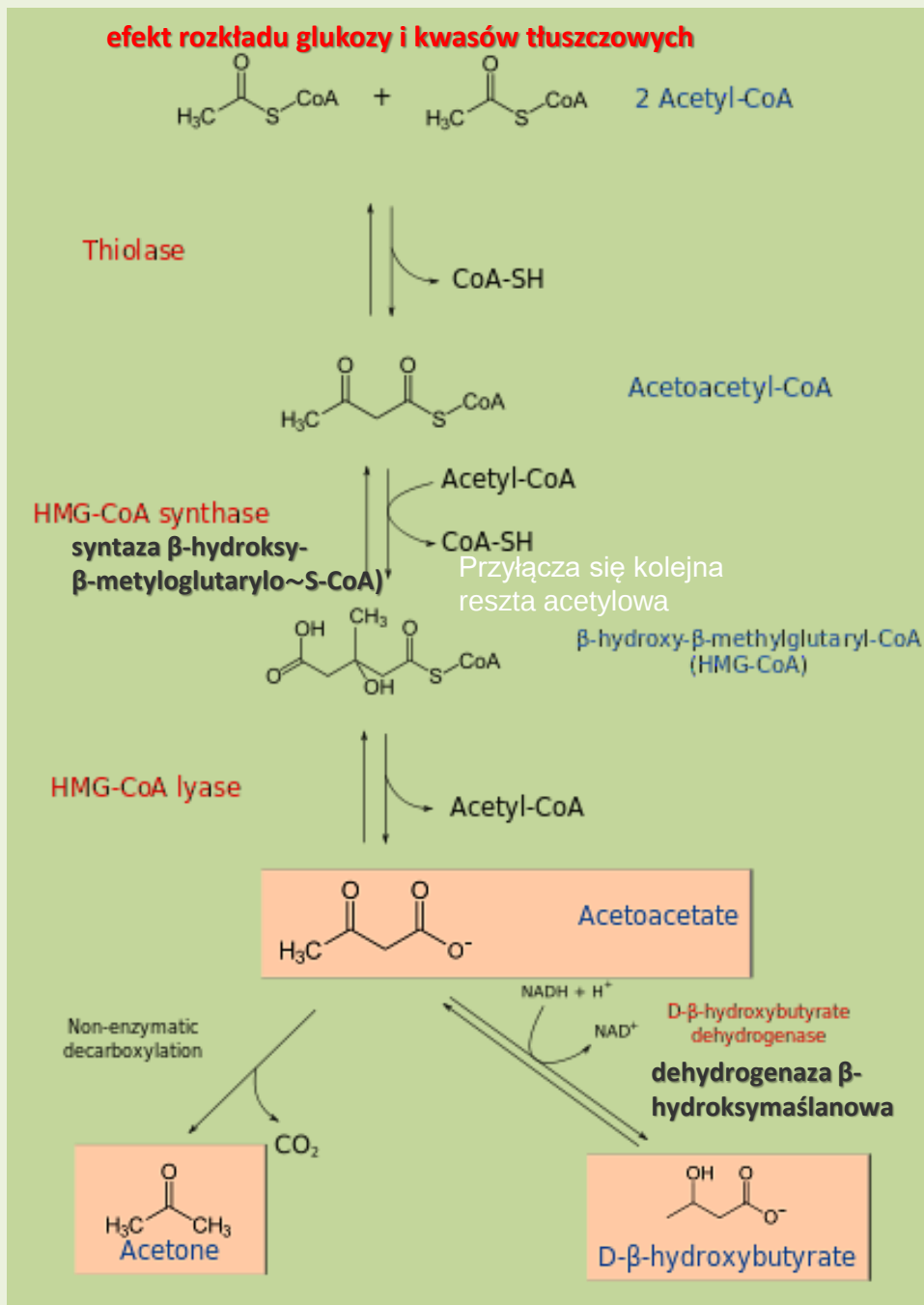
- chociaż **glukozy nie brakuje, ale nie może być przetwarzana** co prowadzi do niedoboru pirogronianu i $\text{NADPH} + \text{H}^+$

W przebiegu cukrzycy produkcja ciał ketonowych w wątrobie przekracza możliwości ich wykorzystania w innych narządach. Znaczna ich część wydala się z moczem

Biosynteza ciał ketonowych

Mitochondria wątroby

Proces ketogenezy rozpoczyna się od produktów β -utleniania: **acetocetylo-CoA** lub **acetylo-CoA**. Gdy substratem jest acetylo-CoA, pierwszy etap obejmuje kondensację dwóch cząsteczek w celu wytworzenia acetocetylo-CoA.



aceton jest metabolicznie bezużyteczny i usuwany drogą nerkową lub przez płuca poprzez wydychanie

Ketoza to **stan, w którym organizm pozyskuje energię nie z cukru (glukozy), ale z tłuszczu nagromadzonego w tkankach.**

U osoby zdrowej norma ciał ketonowych we krwi nie powinna przekraczać 0,2 mmol/l (**200 μ mol/l**).

- w przypadku stanu **łagodnej ketozy** poziom ciał ketonowych osiąga 0,2-0,5 mmol/l,
- w przypadku ketozy uzyskanej na podstawie diety niskowęglowodanowej przy max 30g spożyciu węglowodanów poziom ciał ketonowych osiąga 0,5-3 mmol/l,
- w przypadku stanu powysiłowej ketozy poziom ciał ketonowych osiąga 2,5-3,5 mmol/l,
- w przypadku ketozy uzyskanej na podstawie całkowitej głodówki z wykluczenia węglowodanów poziom ciał ketonowych osiąga 3-6 mmol/l,
- w przypadku kwasicy ketonowej poziom ciał ketonowych osiąga 6-15 mmol/l.**

Poziom ciał ketonowych

❖ Stężenie w surowicy u zdrowych osób nie przekracza 200 $\mu\text{mol/l}$.

❖ Wzmoczona synteza związków ketonowych:

- głód,
- anoreksja,
- cukrzyca i niski poziom insuliny,
- dieta niskowęglowodanowa,
- nadużywanie alkoholu.

Kwasica ketonowa to stan nagłej hiperglikemii w wyniku zwiększonego zapotrzebowania na insulinę i pogorszenia odpowiedzi tkanek organizmu na działanie insuliny. Do wystąpienia prowadzą stany niedoboru insuliny: opóźnione rozpoznanie cukrzycy, stany nagłego wzrostu zapotrzebowania na insulinę, tj.: zawał serca, obrzęk płuc, udar mózgu, wstrząs, ostre stany zapalne bakteryjne, grzybicze, wirusowe

❖ Efektem wzmoczonej ketogenezy jest:

- ketonemia, czyli zbyt wysokie stężenie ciał ketonowych we krwi,
- ketonuria, czyli pojawienie się ciał ketonowych w moczu,
- kwasica ketonowa,
- pojawienie się acetonu w wydychanym powietrzu,
- zatrucie organizmu acetonem,
- toksyczne działanie związków ketonowych na układ nerwowy,
- śpiączka ketonowa

NERKA



- odczyn moczu**

lekko kwaśny, czyli jego pH jest równe 5,5.

- Białko**

W moczu ludzi zdrowych wydalone są niewielkie ilości białka (do 100 mg na dobę).

- Cukier**

- ciała ketonowe (aceton i kwas acetooctowy)**

u osób niedożywionych, pozostających na diecie bogatotłuszczowej, w stanach gorączkowych, przy ciężkiej niewydolności nerek, w cukrzycy.

- Bilirubina**

Podwyższony poziom tego barwnika w moczu świadczy o chorobie wątroby i dróg żółciowych, pomaga w różnicowaniu typów żółtaczek.

- Urobilinogen**

Wydalany jest przez nerki z moczem w ilości około 4 mg na dobę. Zmiany w ilości wydalanego urobilinogenu są brane pod uwagę w różnicowaniu żółtaczek.

Z moczem wydalamy jednorazowo zwykle bardzo małe ilości tego barwnika - ok. 0,1 mg.

Badanie osadu moczu

- nabłonki**

- leukocyty**

1-5 leukocytów w polu widzenia pod mikroskopem

- erytrocyty**

1-2 krwinki czerwonych w polu widzenia w badaniu ogólnym moczu.

Równowaga kwasowo-zasadowa

Jony pierwiastków niemetalicznych o oddziaływaniu kwasotwórczym: produkty zawierające chlor, siarkę, fosfor

Jony pierwiastków niemetalicznych o oddziaływaniu zasadotwórczym: produkty zawierające potas, sód, wapń

Produkty zakwaszające organizm:
Mięso i jego przetwory, ryby, jaja
i produkty zbożowe

Produkty alkalizujące organizm:
Mleko, przetwory mleczne, warzywa,
owoce, ziemniaki

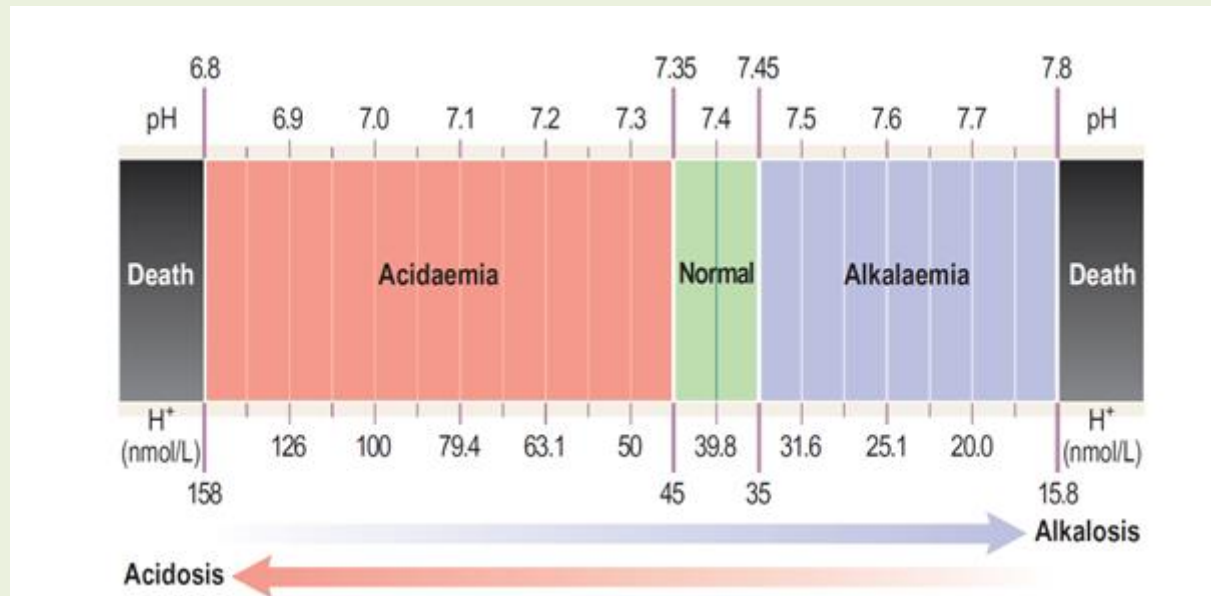
Zachować proporcje

Przewlekłe zmęczenie, bóle głowy,
senność, problemy z cerą

pH krwi jest w granicach 7,35-7,45, czyli zgodnie ze skalą pH: lekko zasadowe. Wtedy wszystkie procesy życiowe mogą być prawidłowo przeprowadzone.

Analiza gazometrii krwi tętniczej: równowaga kwasowo-zasadowa

pH - pomiar kwasowości lub zasadowości na podstawie obecnych jonów wodoru (H^+).



Krew ludzka ma zwykle pH 7,35-7,45 ($H^+ = 35-45$ nmol / L) i dlatego jest lekko zasadowa. Poniżej pH 7.35 rozpoznaje się kwasicę, powyżej normalnego zakresu pH 7,45) występuje zasadowica.



- Rozpuszczanie CO_2 w osoczu powoduje powstawanie kwasu. Im więcej CO_2 we krwi, tym więcej powstaje H_2CO_3 , który dysocjując, uwalnia H^+ .
- pH krwi zależy nie tylko od całkowitej ilości CO_2 lub HCO_3^- , ale od stosunku CO_2 do HCO_3^- . Dlatego zmiana stężenia CO_2 jeżeli jest równoważona przez zmianę stężenia HCO_3^- , powodującą zachowanie stosunku CO_2 lub HCO_3^- , nie prowadzi do zmiany pH krwi (ivv).
- **Stężenie CO_2 jest regulowane przez oddychanie,**
- **HCO_3^- przez wydalenie nerkowe.**

MECHANIZM ODDECHOWY

CO_2 jest przenoszony z krwią do płuc. Im więcej CO_2 we krwi, tym więcej jest wytwarzane H_2CO_3 , który dysocjuje z uwolnieniem H^+ .

Aktywacja płuc w celu wyrównania braku równowagi kwasowo-zasadowej rozpoczyna się w ciągu 1-3 minut.

↑ H_2CO_3 we krwi

↓ pH krwi

↑ wentylacji płuc do czasu przywrócenia odpowiedniej ilości CO_2

↓ H_2CO_3 we krwi

↑ pH krwi

↓ wentylacji płuc do czasu przywrócenia odpowiedniej ilości CO_2

MECHANIZM NERKOWY (METABOLICZNY)

Nerki wydzielają H^+ do moczu, a zwrotnie wchłaniają z niego HCO_3^- .

Anion HCO_3^- jest zasadą, która zmniejsza stężenie H^+ we krwi.

 pH krwi

 HCO_3^- we krwi; nerki kompensują zatrzymując HCO_3^-

 pH krwi

 HCO_3^- we krwi; nerki kompensują wydalając HCO_3^-

Nerki mają zdolność dostosowania wydzielania H^+ oraz HCO_3^- do moczu, w zależności od zmiennego wytwarzania kwasów w procesach metabolicznych.

Proces w nerkach może trwać od kilku godzin do kilku dni, aby skorygować brak równowagi.

1. Kwasica to każdy proces, który powoduje obniżenie pH krwi

- Jeśli jest to spowodowane wzrostem PaCO_2 , to jest to kwasica oddechowa
- jeśli jest to spowodowane inną przyczyną, to stężenie HCO_3^- jest niskie i jest to kwasica metaboliczna

2. Zasadowica to każdy proces, który powoduje wzrost pH krwi.

- Jeśli jest to spowodowane spadkiem PaCO_2 , to jest to zasadowica oddechowa;
- jeśli jest to spowodowane inną przyczyną, to HCO_3^- jest wysokie i jest to zasadowica metaboliczna

Ocena kwasicy/zasadowicy

	pH	PaCO ₂	HCO ₃
Kwasica oddechowa	↓	↑	w normie
Zasadowica oddechowa	↑	↓	w normie
Kwasica metaboliczna	↓	w normie	↓
Zasadowica metaboliczna	↑	w normie	↑

1. Ocena pH osocza, aby określić, czy wartość mieści się w zakresie normy (7,35-7,45), zasadowym (>7,45) lub kwasowym (<7,35)
2. Jeśli pH jest zasadowe lub kwaśne, należy ustalić, czy jest to spowodowane głównie przez problem oddechowy lub metaboliczny. Aby to zrobić, należy ocenić wartość PaCO₂. **W przypadku problemu z oddychaniem, gdy pH spada poniżej 7,35, wartość PaCO₂ powinna wzrosnąć. Jeśli pH wzrośnie powyżej 7,45, PaCO₂ powinno się zmniejszyć. Należy porównać wartości pH i PaCO₂. Jeśli pH i PaCO₂ poruszają się w przeciwnych kierunkach, to problem ma charakter głównie oddechowy.**
3. Oceń wartość HCO₃. Przy zaburzeniu metabolicznym, w miarę wzrostu pH, HCO₃ powinno również wzrosnąć. Gdy pH spada, HCO₃ również powinien się zmniejszyć. Należy porównać wartości pH i HCO₃. **Jeśli pH i HCO₃ zmieniają się w tych samych kierunkach, problem ma przede wszystkim charakter mataboliczny.**

Klirens nerkowy danej substancji jest stosunkiem prędkości wydalania tej substancji do jej stężenia w osoczu krwi. Oblicza się go wg wzoru:

$$Cx = \frac{Ux \cdot Vx}{Px}$$

gdzie: Cx = klirens substancji (w ml/min)

Ux = stężenie substancji w moczu (w mg/ml)

Px = stężenie substancji w osoczu (w mg/ml)

Vx = wielkość diurezy (w ml/min) (objętość moczu wydalana przez nerki w ciągu 1 minuty)

Zadanie 1.

Oblicz klirens dla substancji X, wiedząc że wielkość diurezy wynosi 2 ml/min, stężenie substancji w osoczu wynosi 6 mg/ml a w moczu 240 g/l (=240 mg/ml)

Zadanie 2.

Prawidłowe stężenie kwasu moczowego w osoczu dorosłego człowieka wynosi P = 3 mg/ml, V = 1 ml/min. Jakie jest stężenie kwasu moczowego w moczu, jeżeli klirens dla kwasu moczowego wynosi 6 ml/min?

Zadanie 3.

W jakim czasie nastąpi całkowite oczyszczenie krwi z pewnej substancji, skoro jej klirens wynosi 75 ml/min, a jej stężenie w osoczu po wchłonięciu z jelita wynosi 0,02 mg/ml. Przyjmujemy, że wielkość diurezy jest stała i wynosi 2 ml/min, a objętość krwi wynosi 5 l.

Klirens nerkowy danej substancji jest stosunkiem prędkości wydalania tej substancji do jej stężenia w osoczu krwi. Oblicza się go wg wzoru:

$$C_x = \frac{U_x \cdot V_x}{P_x}$$

gdzie: C_x = klirens substancji (w ml/min)

U_x = stężenie substancji w moczu (w mg/ml)

P_x = stężenie substancji w osoczu (w mg/ml)

V_x = wielkość diurezy (w ml/min) (objętość moczu wydalana przez nerki w ciągu 1 minuty)

Zadanie 1.

Oblicz klirens dla substancji X, wiedząc że wielkość diurezy wynosi 2 ml/min, stężenie substancji w osoczu wynosi 6 mg/ml a w moczu 240 g/l (=240 mg/ml)

$$C_x = \frac{240 \cdot 2}{6} = 80 \text{ ml/min}$$

Zadanie 2.

Prawidłowe stężenie kwasu moczowego w osoczu dorosłego człowieka wynosi $P = 3$ mg/ml, $V = 1$ ml/min. Jakie jest stężenie kwasu moczowego w moczu, jeżeli klirens dla kwasu moczowego wynosi 6 ml/min?

$$U_x = \frac{C_x \cdot P_x}{V_x} = \frac{6 \cdot 3}{1} = 18 \text{ mg/}$$

Zadanie 3.

W jakim czasie nastąpi całkowite oczyszczenie krwi z pewnej substancji, skoro jej klirens wynosi 75 ml/min, a jej stężenie w osoczu po wchłonięciu z jelita wynosi 0,02 mg/ml. Przyjmujemy, że wielkość diurezy jest stała i wynosi 2 ml/min, a objętość krwi wynosi 5 l.

$$U_x = \frac{C_x \cdot P_x}{V_x} = \frac{75 \cdot 0,02}{2} = 0,75 \text{ mg/ml}$$

$$0,75 \text{ mg/ml} \cdot 2 \text{ ml/min (bo diureza wynosi 2 ml/min)} = 1,5 \text{ mg/min}$$

$$0,02 \text{ mg/ml} = 0,02 \text{ g/l} \quad 0,02 \text{ g/l} \cdot 5 \text{ litrów} = 0,1 \text{ g}$$

$$0,1 \text{ g} = 100 \text{ mg}$$

$$1,5 \text{ mg} - 1 \text{ min}$$

$$100 \text{ mg} - x$$

$$x = 66 \text{ min.}$$