

Gospodarka Płynów - Układ Moczowy

FUNKCJE UKŁADU MOCZOWEGO

■ **Wydalenie**

- Usuwanie produktów przemiany materii z płynów ustrojowych

■ **Eliminacja**

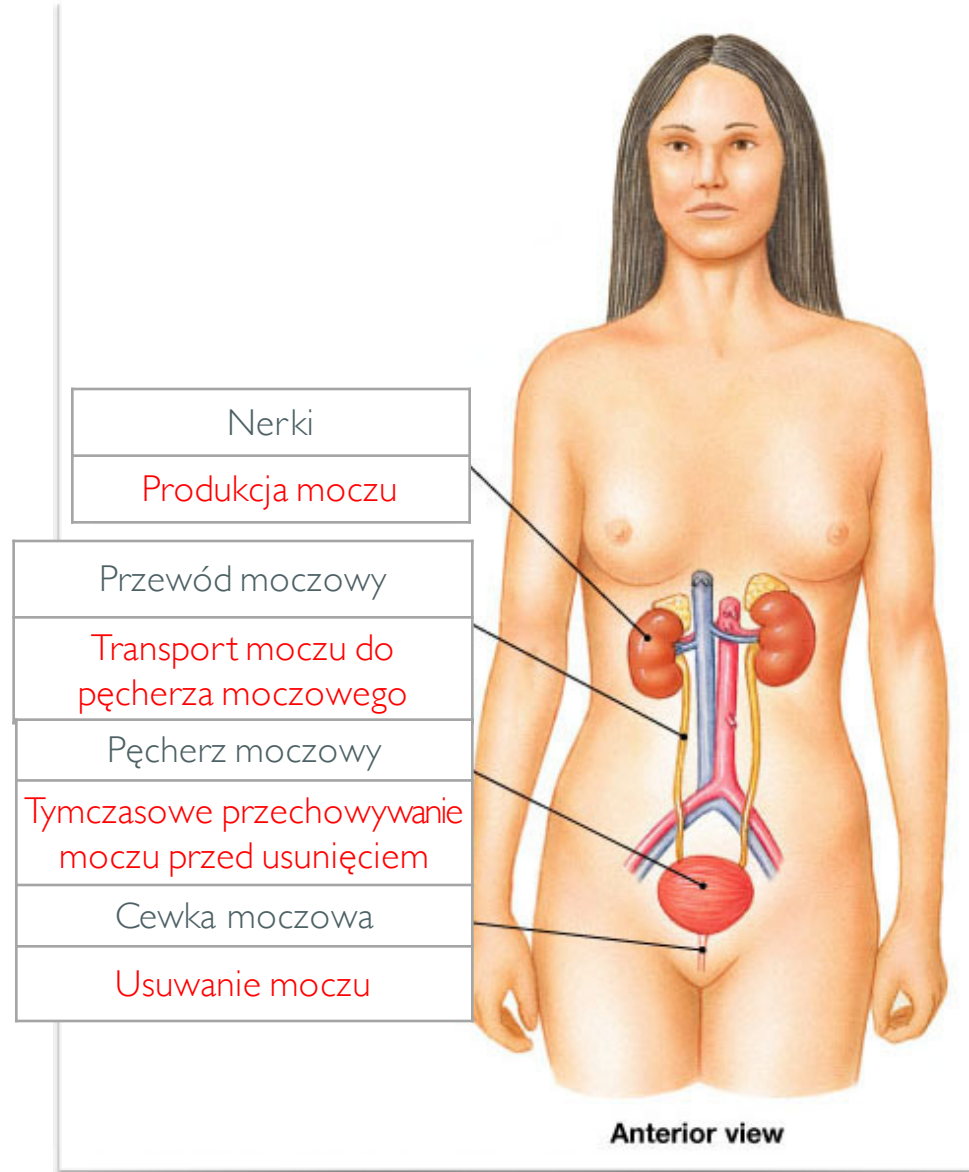
- Usunięcie produktów do otoczenia

■ **Homeostatyczna regulacja składu osocza krwi**

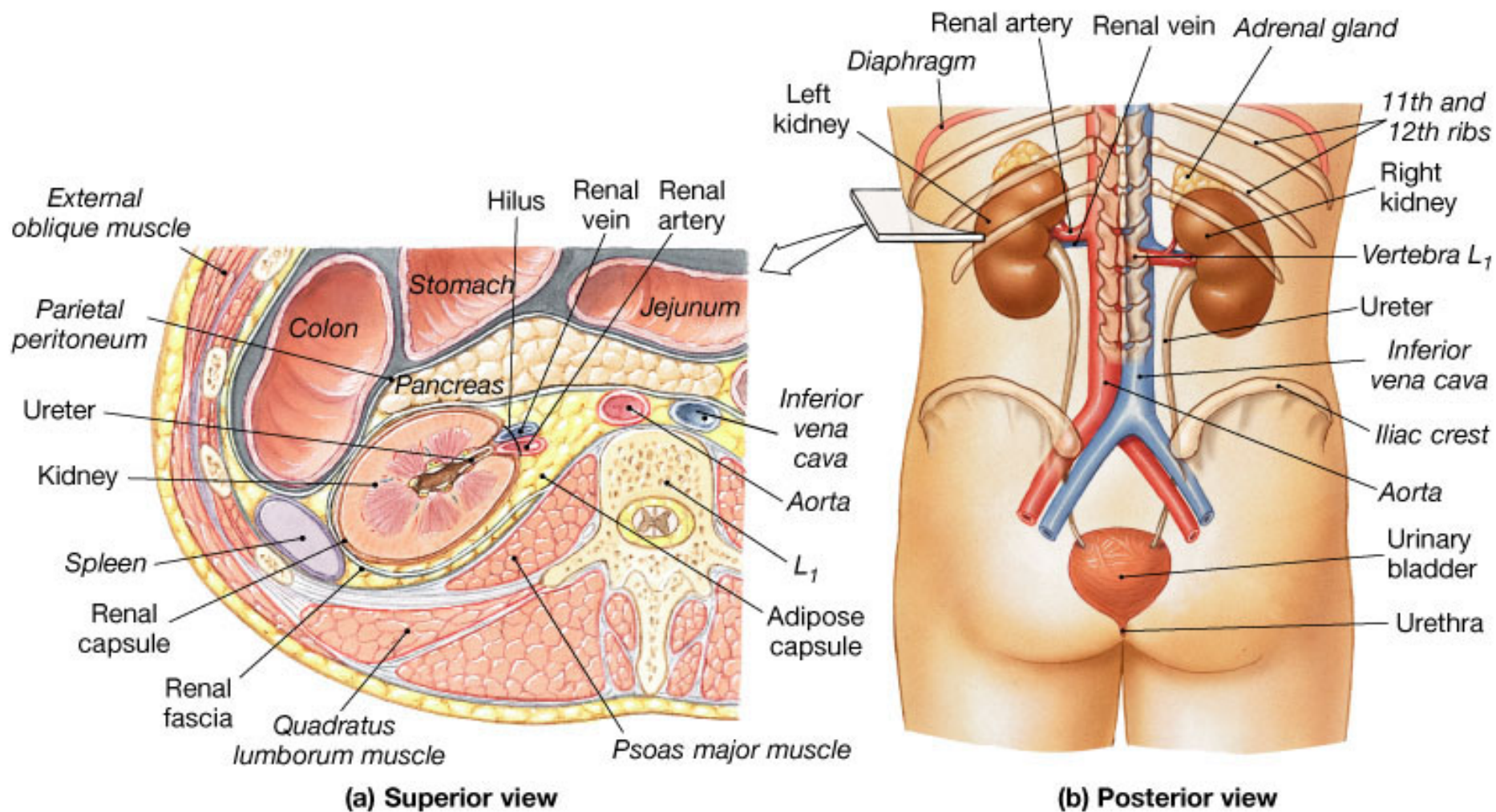
- Regulacja ciśnienia i objętości krwi
- Regulacja stężenia jonów
- Stabilizacja pH krwi
- Odzyskiwanie składników odżywczych

GOSPODARKA PŁYNÓW

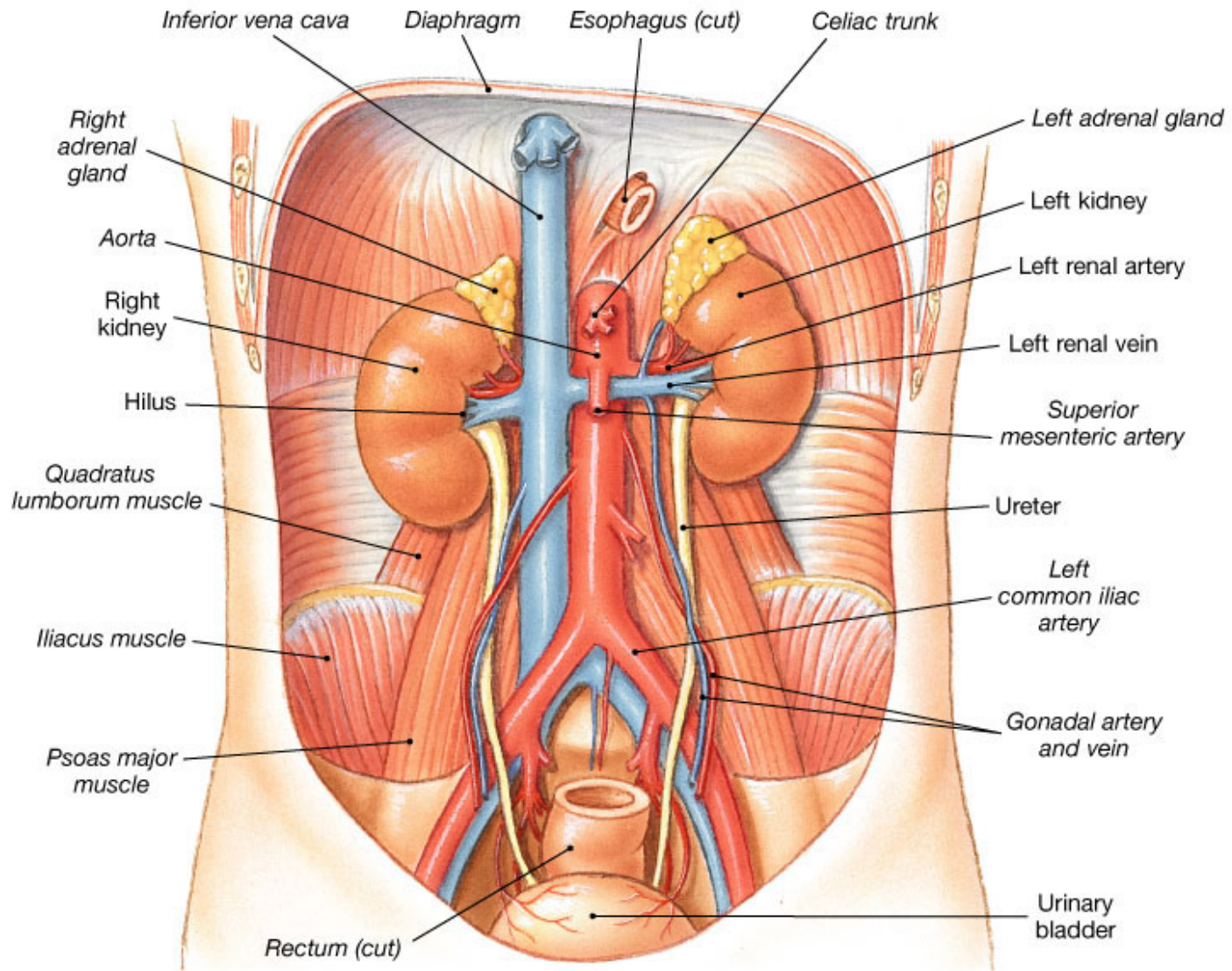
WPROWADZENIE DO UKŁADU MOCZOWEGO



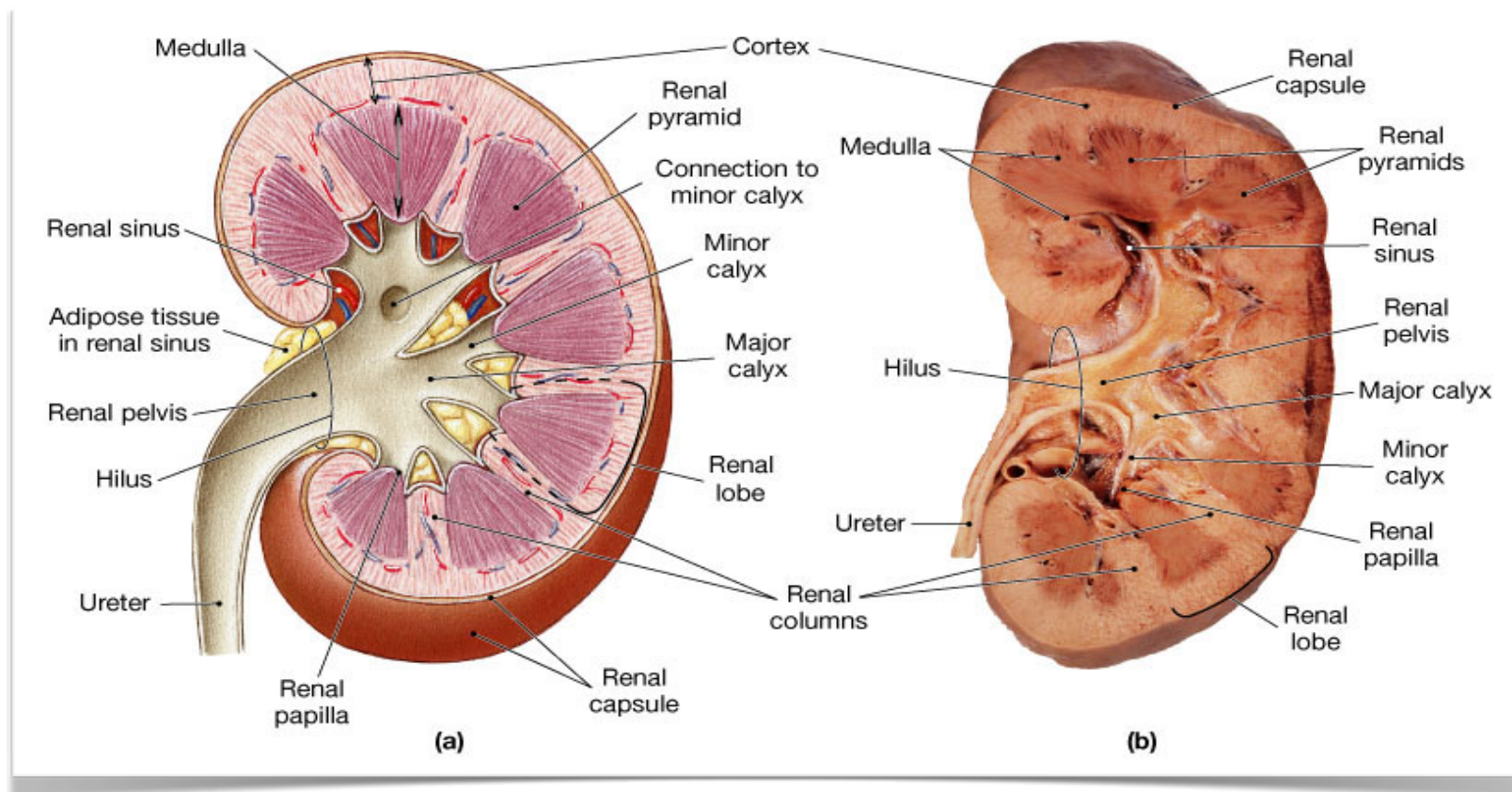
UŁOŻENIE I LOKALIZACJA NEREK



UKŁAD MOCZOWY W PRZEKROJU

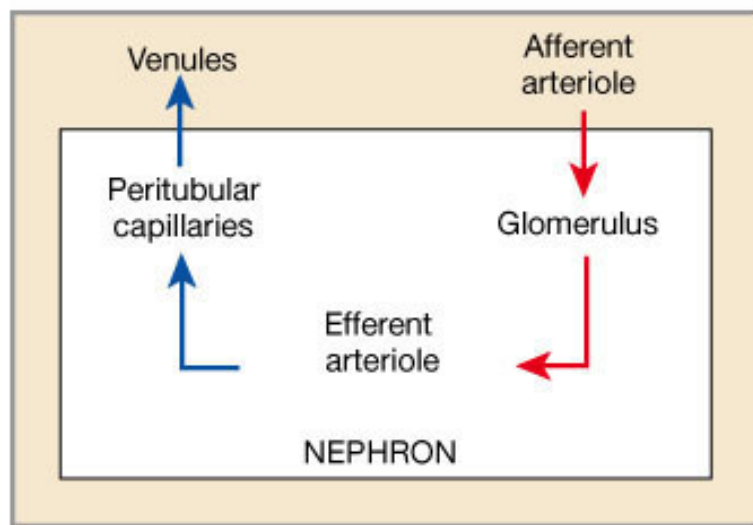
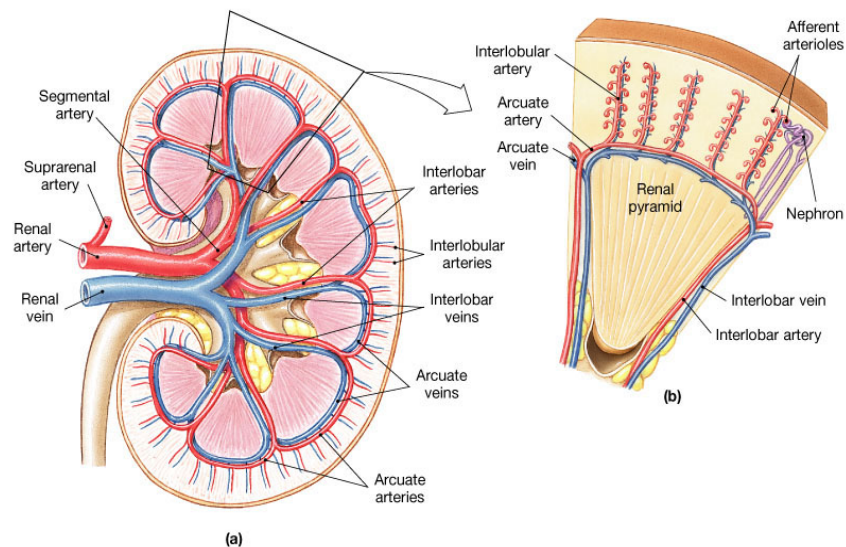


STRUKTURA NEREK

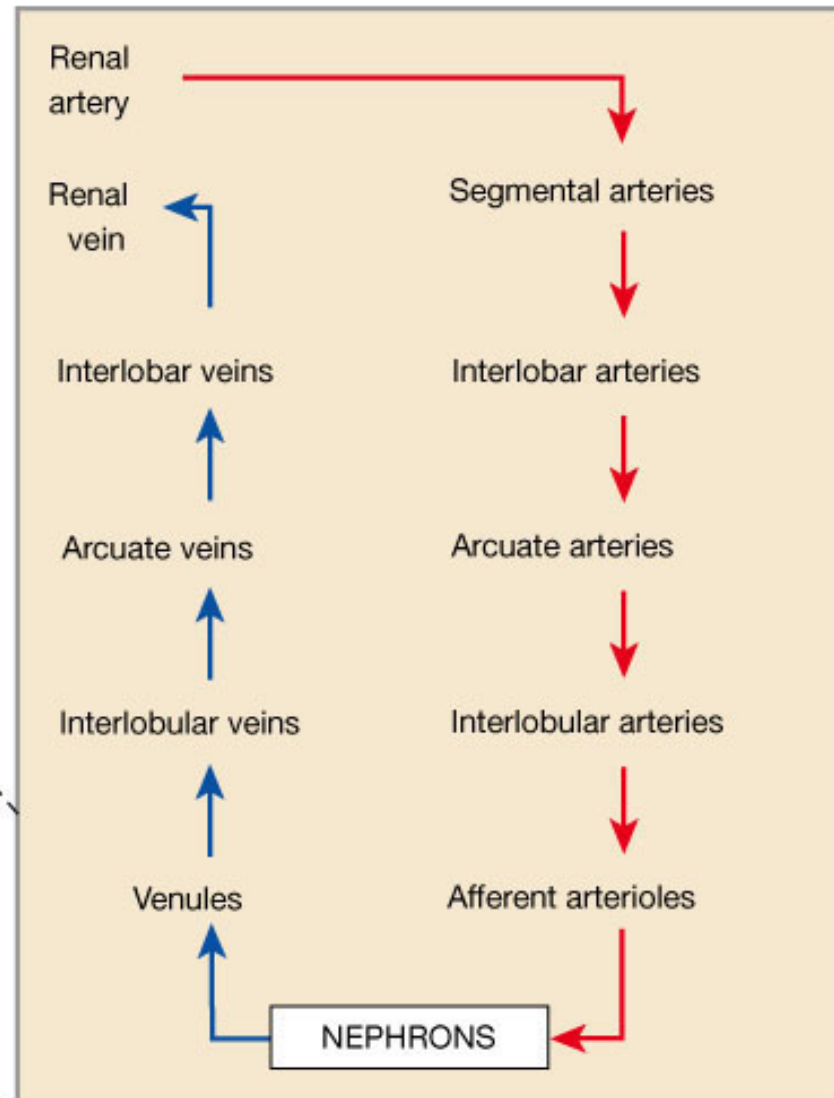


- **Zewnętrzna** część -**kora (cortex)** **wewnętrzna** rdzeń (medulla)
 - Rdzeń składa się z 6-18 piramid nerkowych
 - Kora to ok 1.25 miliona nefronów
- Większe i mniejsze kielichy wzdłuż miedniczek przechodzących w przewód moczowy

UKRWIENIE NEREK

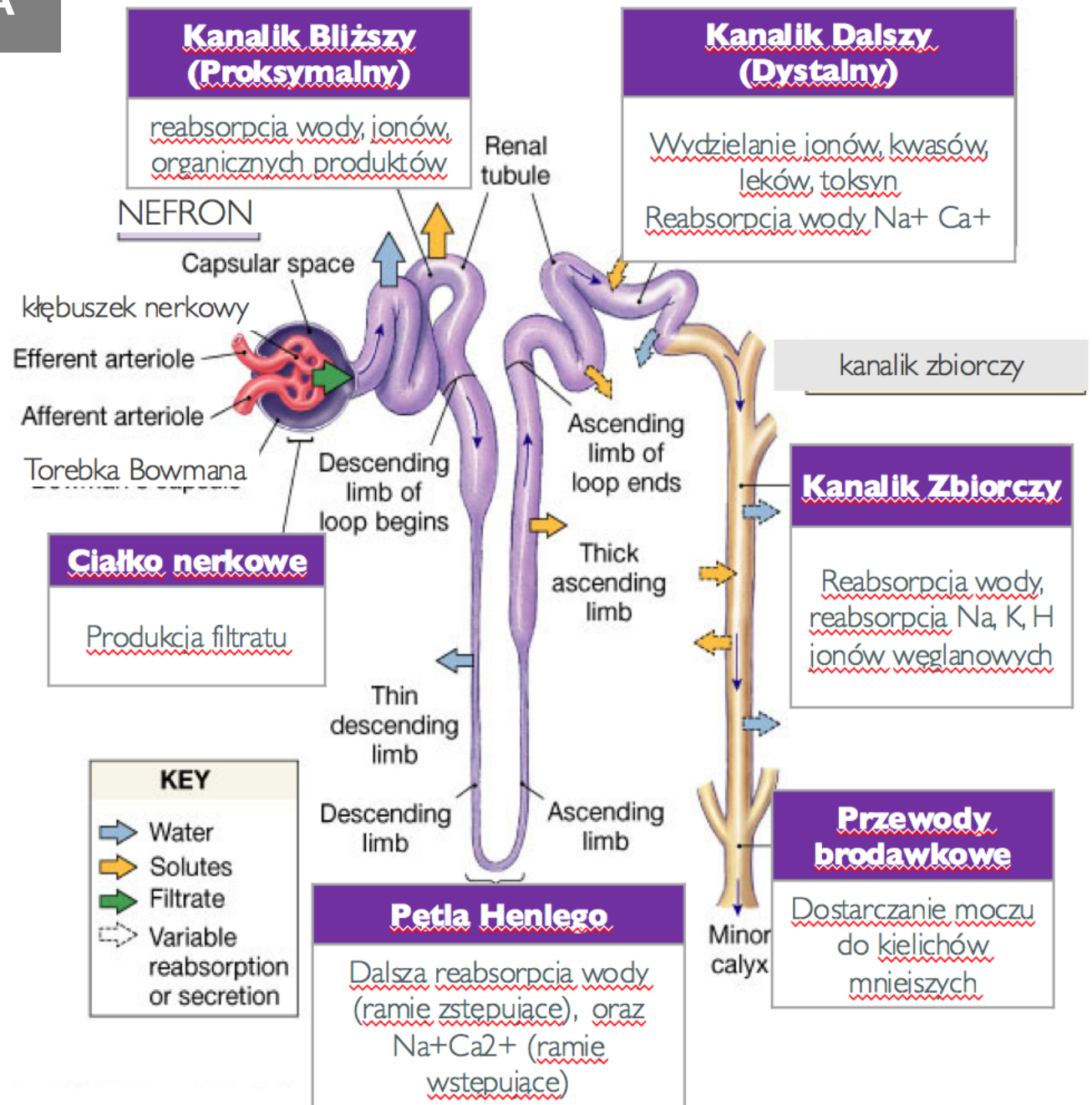


(d)



(c)

NEFRON - BUDOWA



FUNKCJE NEFRONU

- *Produkcja filtratu*
- *Reabsorpcja organicznych substancji odżywczych*
- *Reabsorpcja wody i jonów*
- *Wydzielanie produktów przemiany materii do płynu kanalikowy*

2 TYPY NEFRONÓW

- **Korowe nefrony**
 - ~85% wszystkich nefronów
 - Zlokalizowane w korze nerek
- **Przyrdzeniowe (Juxtamedullary) nefrony**
 - bliżej rdzenia nerki
 - Pętle Henlego rozszerzone głębiej do piramid

KOROWE I PRZYRDZENIOWE NEFRONY

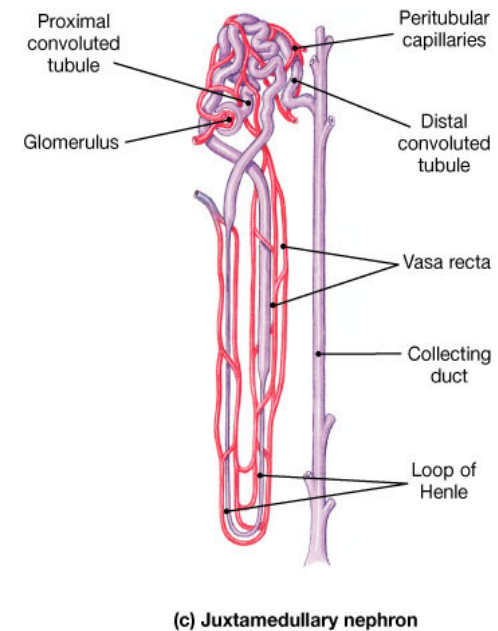
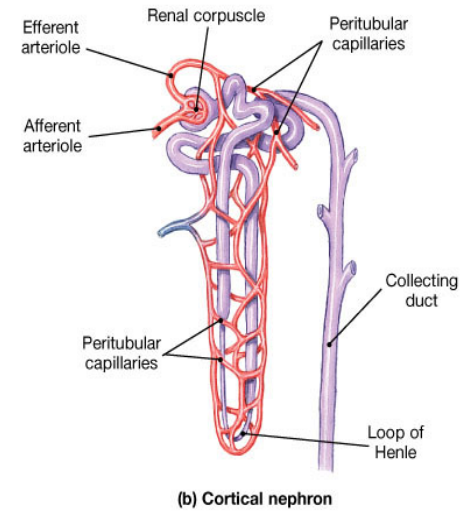
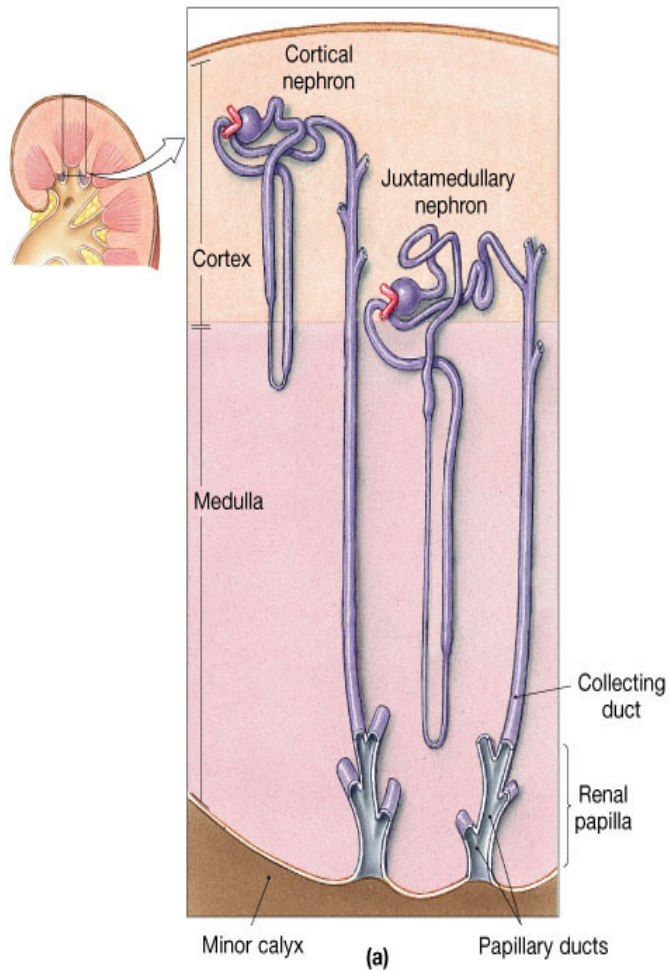


Figure 26.7a

CIAŁKO NERKOWE

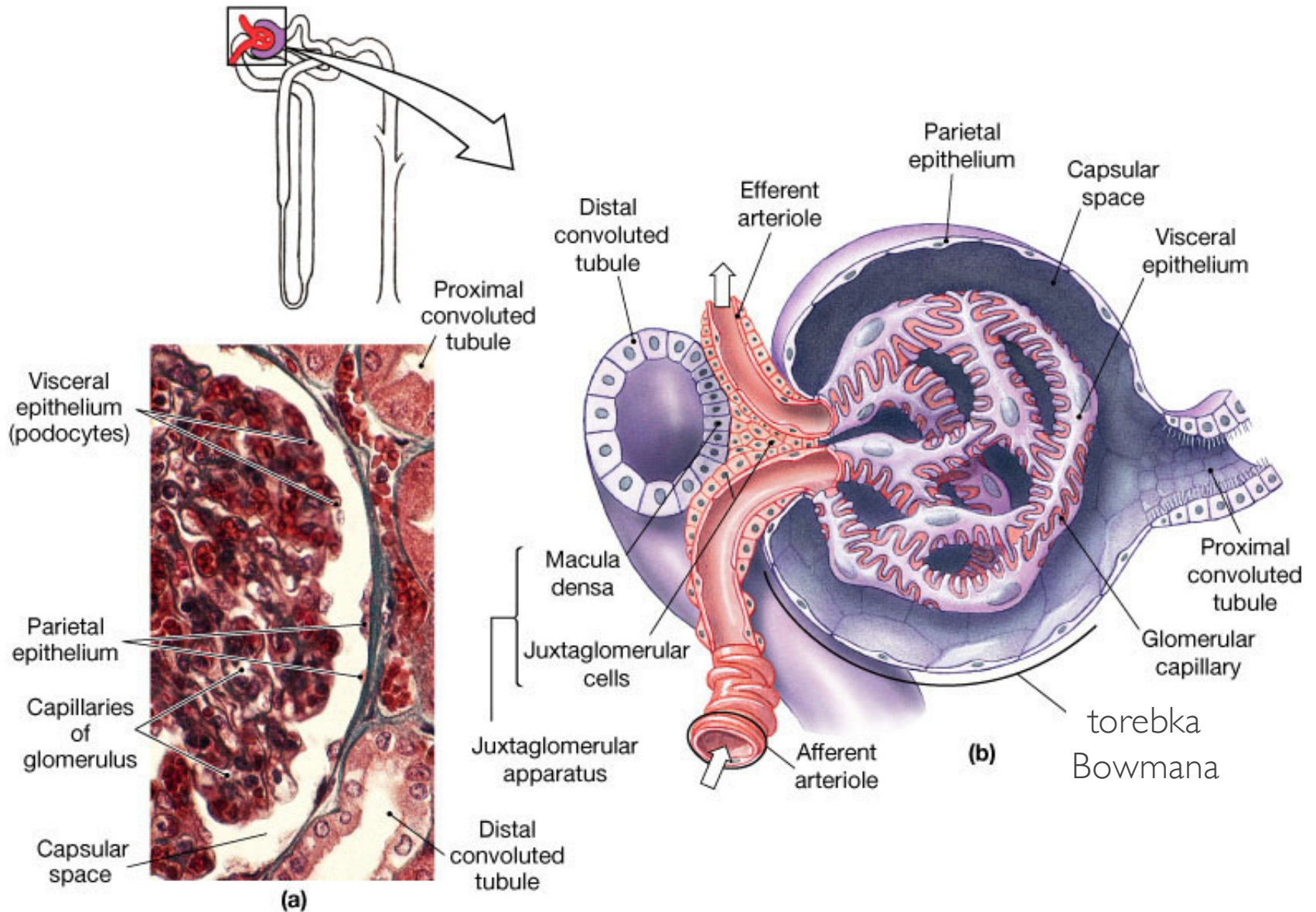
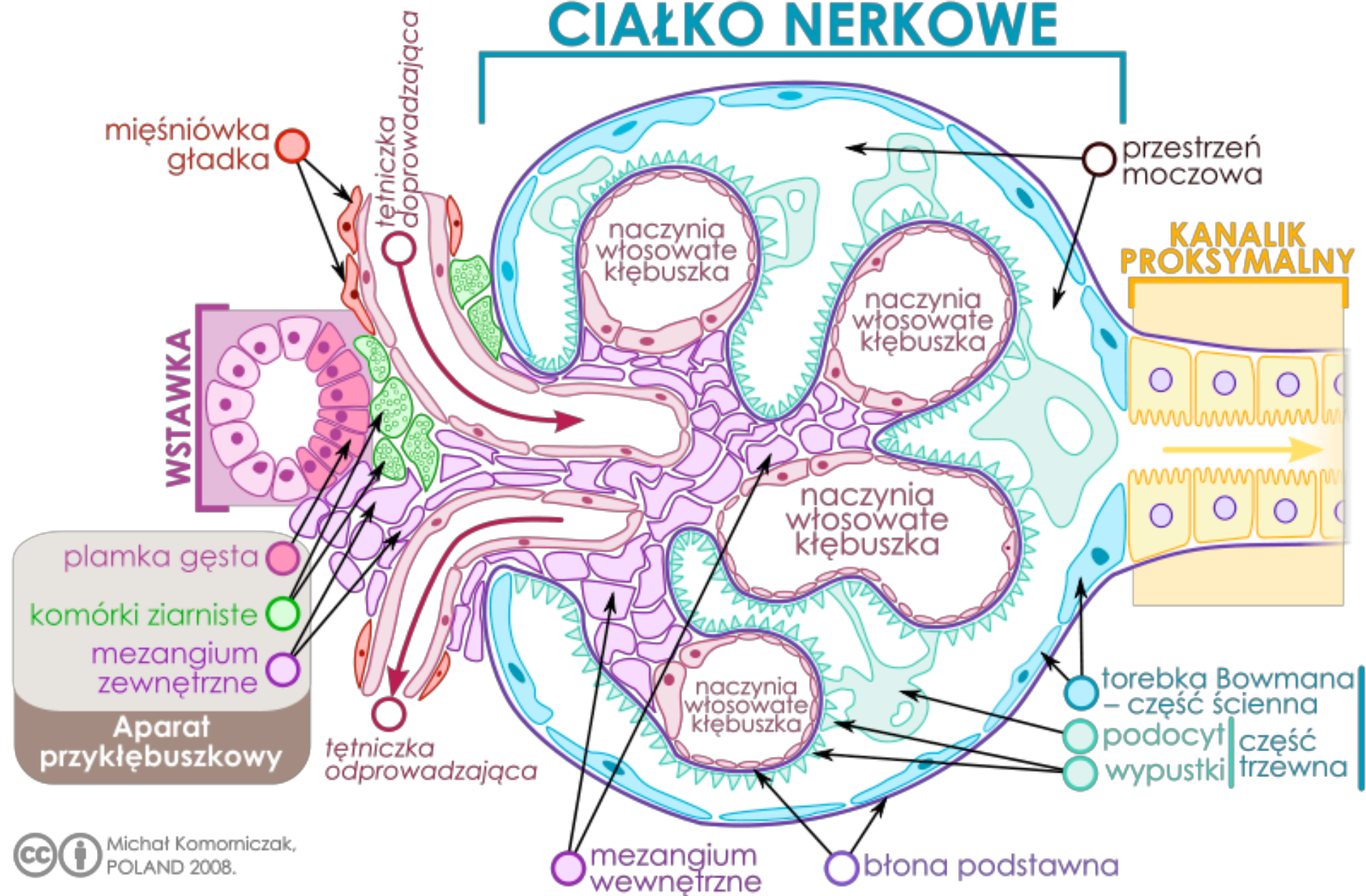
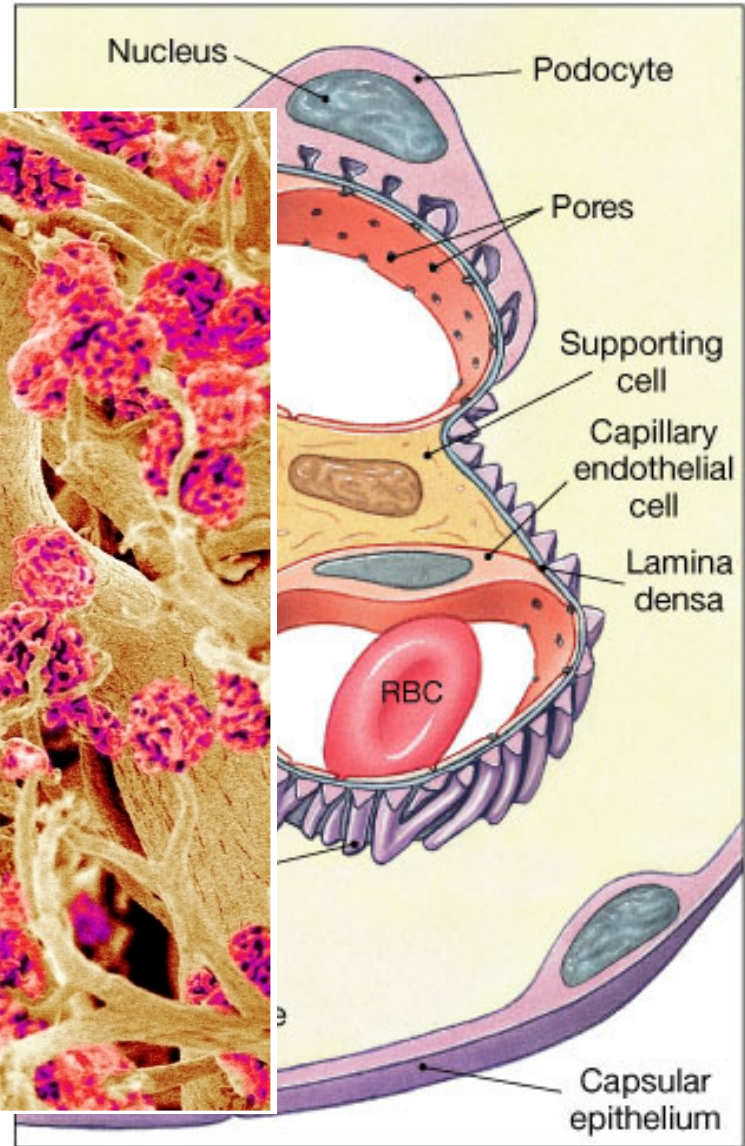
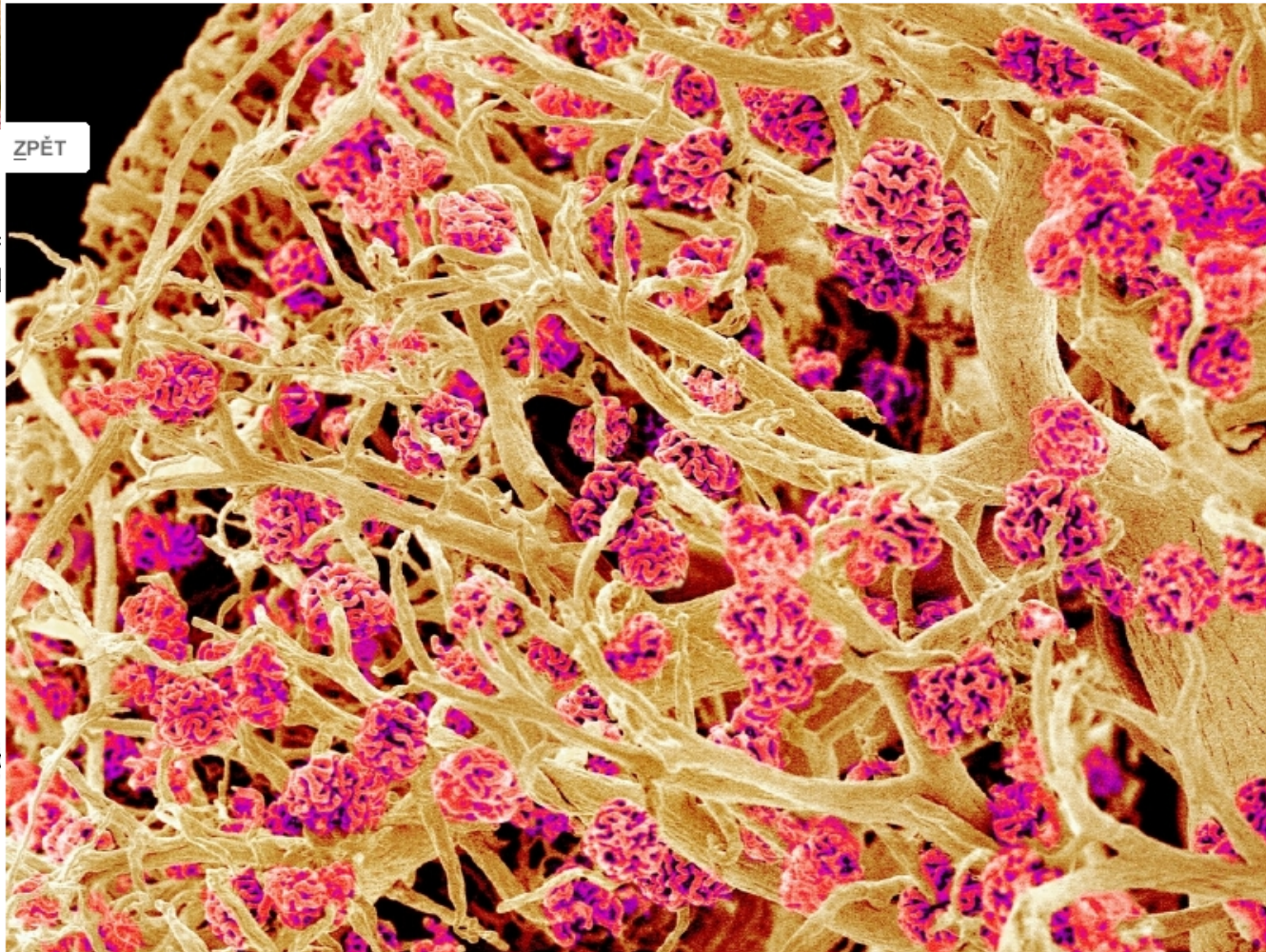
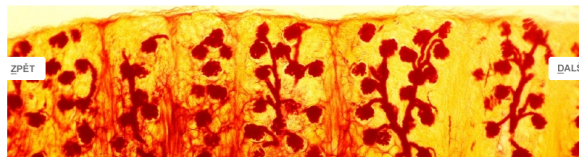


Figure 26.8a, b

CIAŁKO NERKOWE



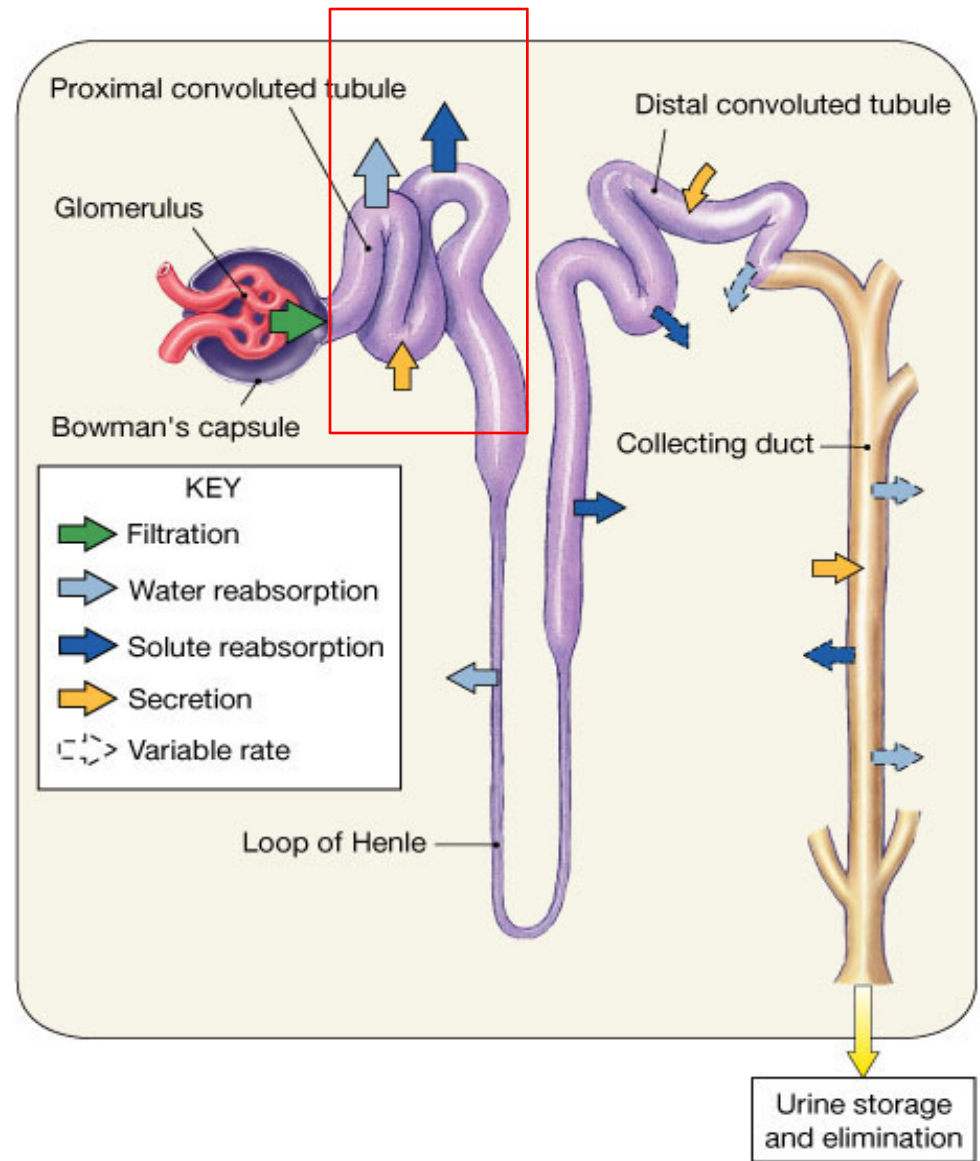


(c)

(d)

Kanalik I rzędu (proksymalny) (PCT) *Proximal convoluted tube*

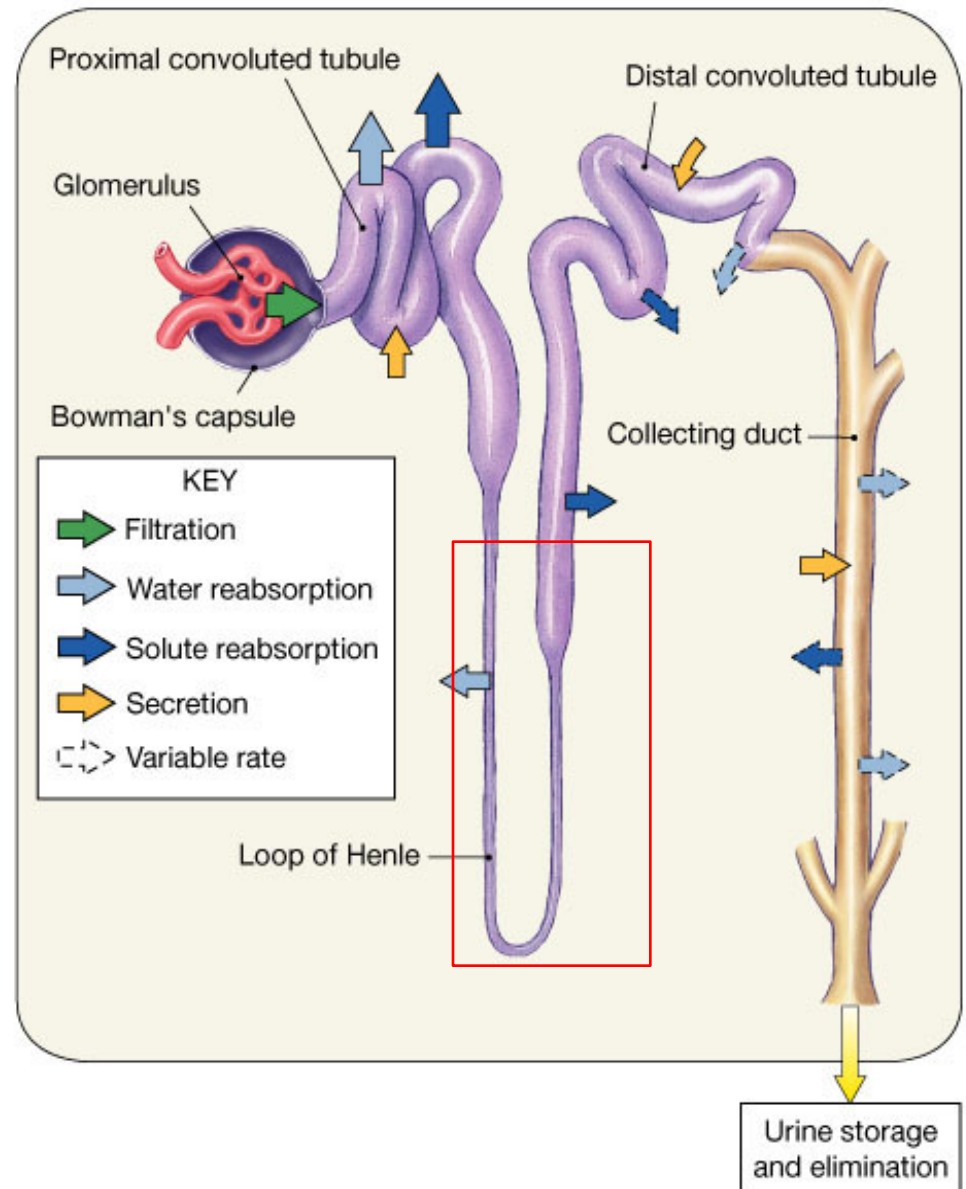
- aktywnie reabsorbuje substancje odżywcze, białka surowicy oraz jony z filtratu
- Uwalnia z płynu okołokanalikowego



Pętla Henlego

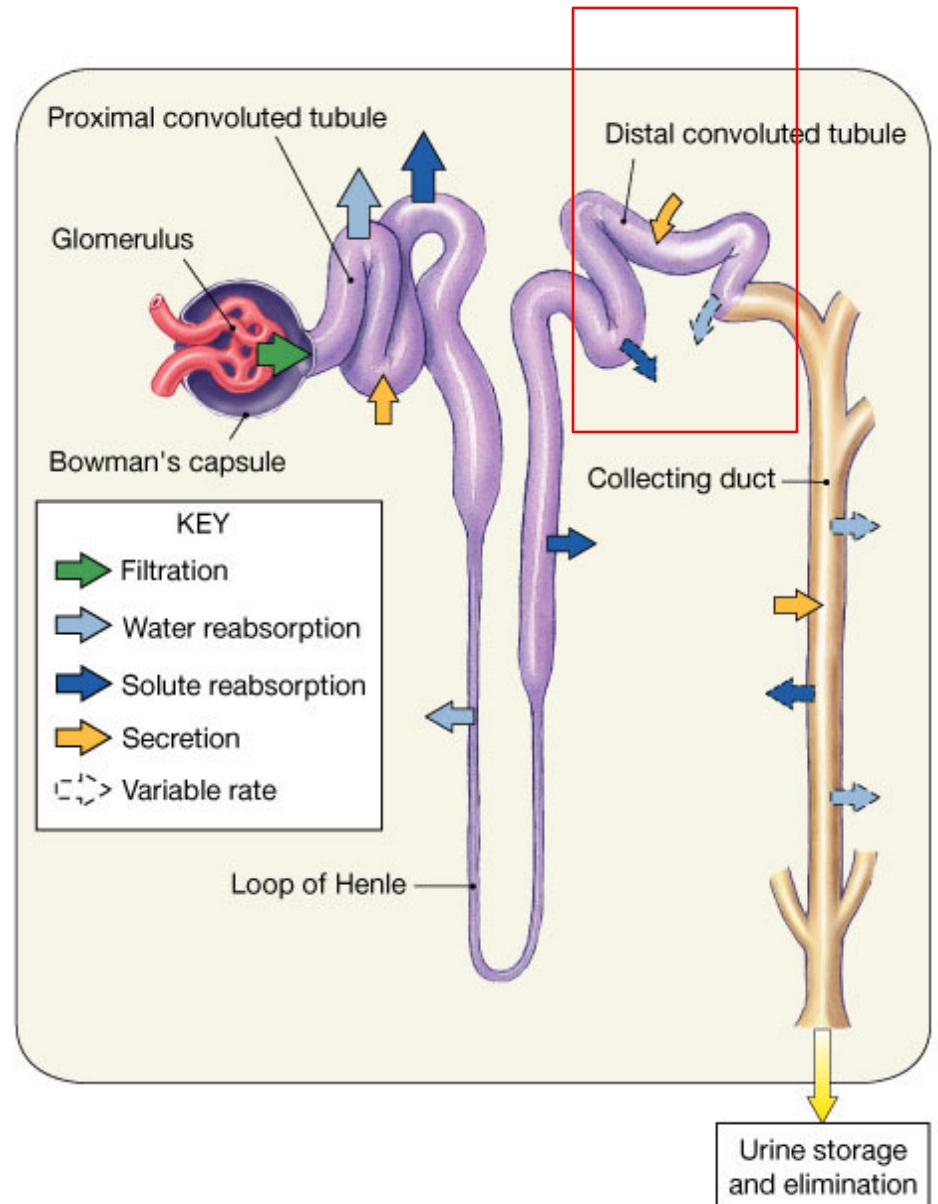
Loop of Henle

- Ramię zstępujące
- Ramię wstępujące
- Każde ramię posiada cienki i gruby odcinek



Kanalik II rzędu (dystalny) (DCT) *Distal convoluted tube*

- Aktywnie wydziela jony, toksyny, leki
- Reabsorbuje Na^+ z płynu kanalikowego



PRODUKCJA MOCZU UTRZYMUJE HOMEOSTAZĘ

T_m - wydajność transportująca białka

- Regulacja objętości krwi oraz jej składu
- Wydalanie produktów przemiany materii
 - Moczu
 - Kreatyniny
 - Uric acid kwasu moczowego

PODSTAWOWE PROCESY PODCZAS TWORZENIA MOCZU

■ Filtracja

■ Ciśnienie krwi

■ Woda oraz substancje rozpuszczone w kapilarach kłębuszkowych

■ Reabsorpcja

■ Usuwanie wody i składników rozpuszczonych z filtratu

■ Wydzielanie

■ Transport substancji rozpuszczonych z płynu okołokanalikowego do płynu kanalikowego

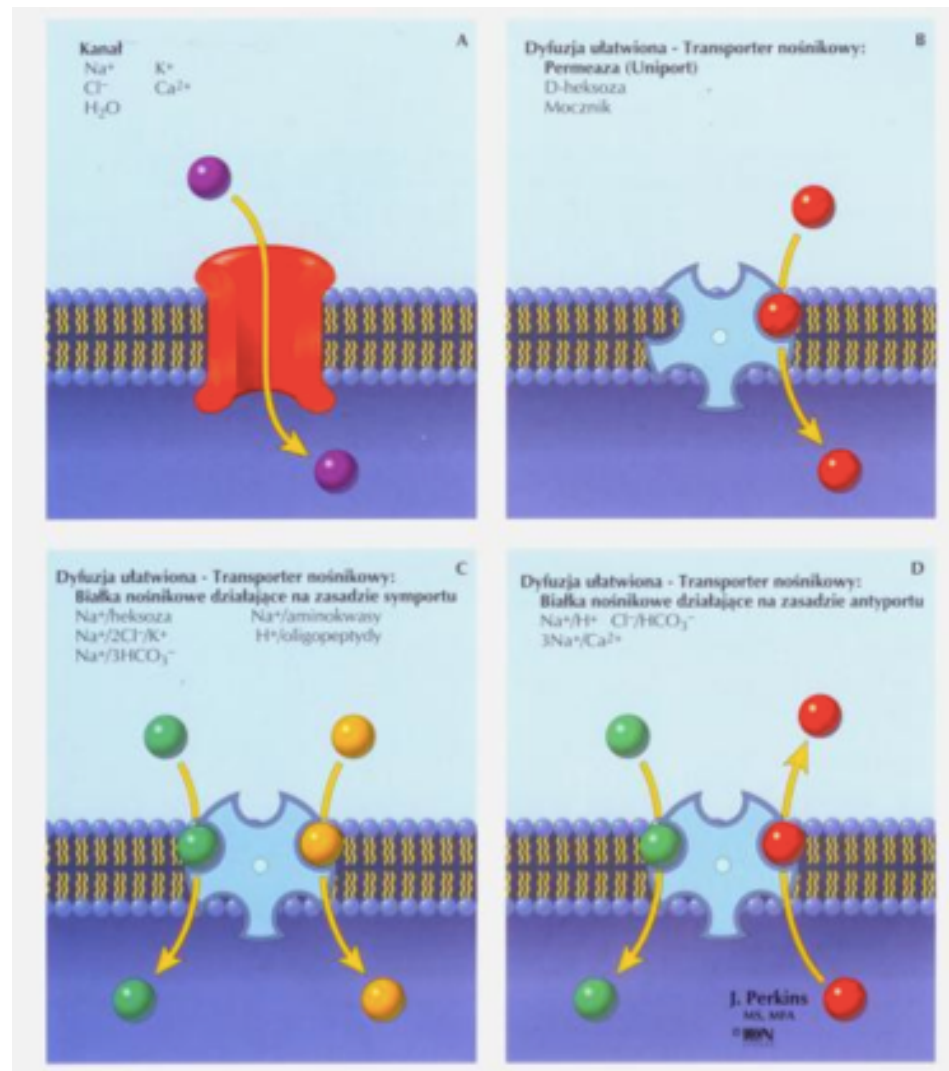
REABSORPCJA I SEKRECJA

■ Za pomocą dyfuzji, osmozy, oraz transportu nośnikowego

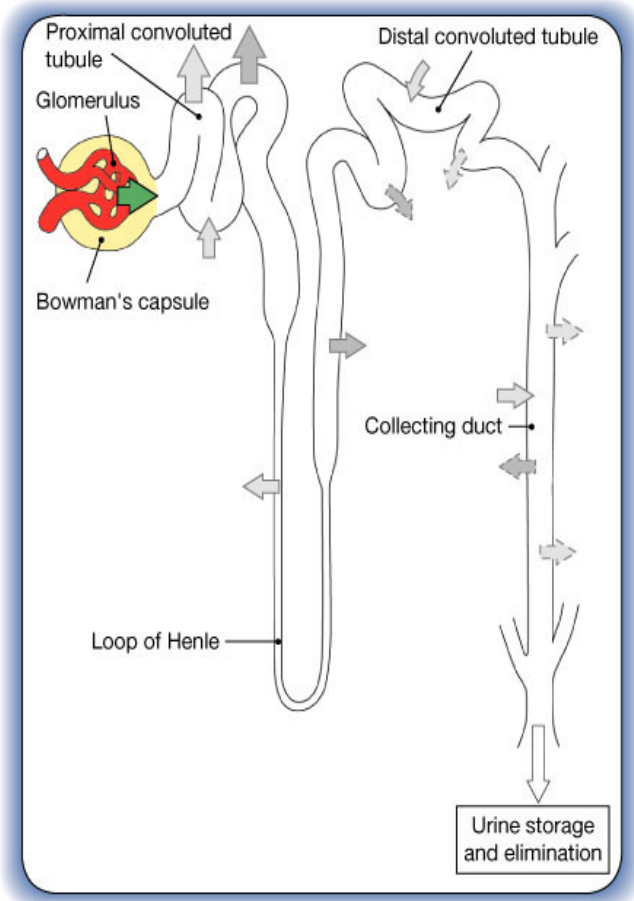
■ T_m determinuje nerkowy próg odcięcia dla reabsorpcji substancji w płynie kanalikowym fluid

TRANSPORT NOŚNIKOWY

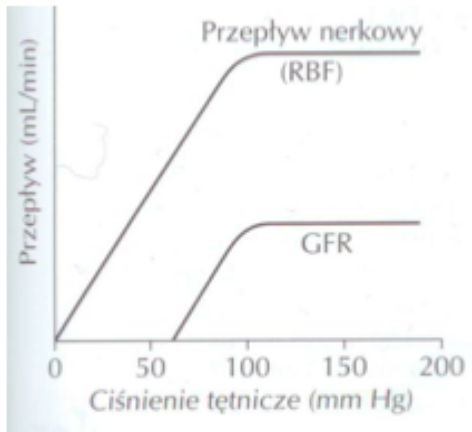
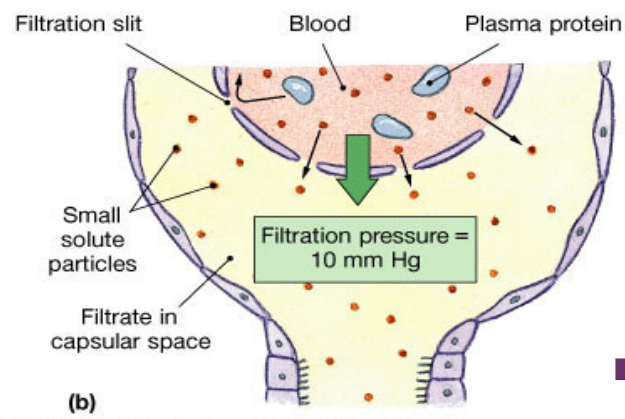
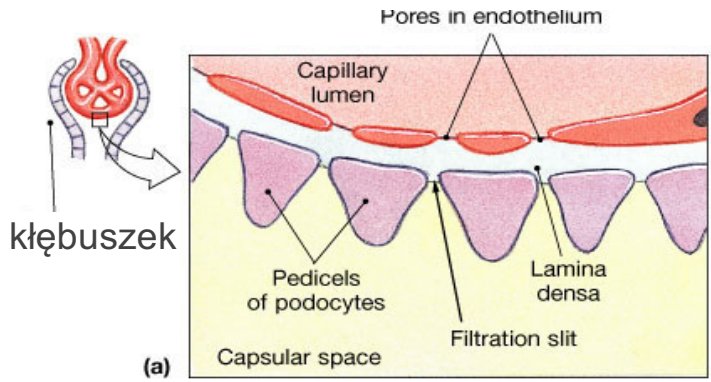
- Filtracja w nerkach modyfikowana jest poprzez transport nośnikowy
 - Dyfuzja wspomagana
 - Transport aktywny
 - Co - transport
 - Counter transport
- Białka nośnikowe mają maksymalną wydajność transportującą (T_m)
 - Określa ona punkt odcięcia



FILTRACJA KŁĘBUSZKOWA

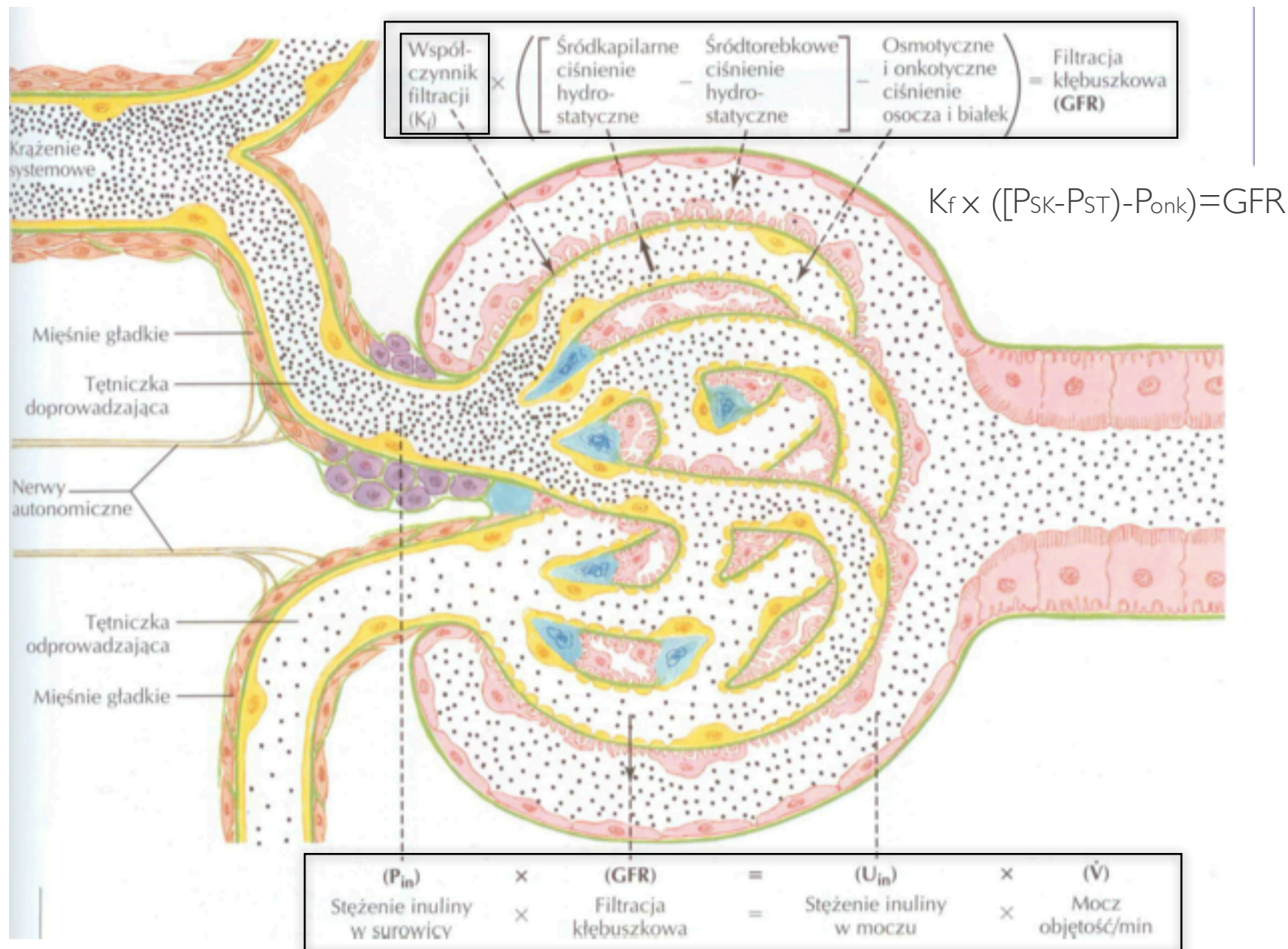


GFR glomerulus filtration rate
(filtracja kłębuszkowa)

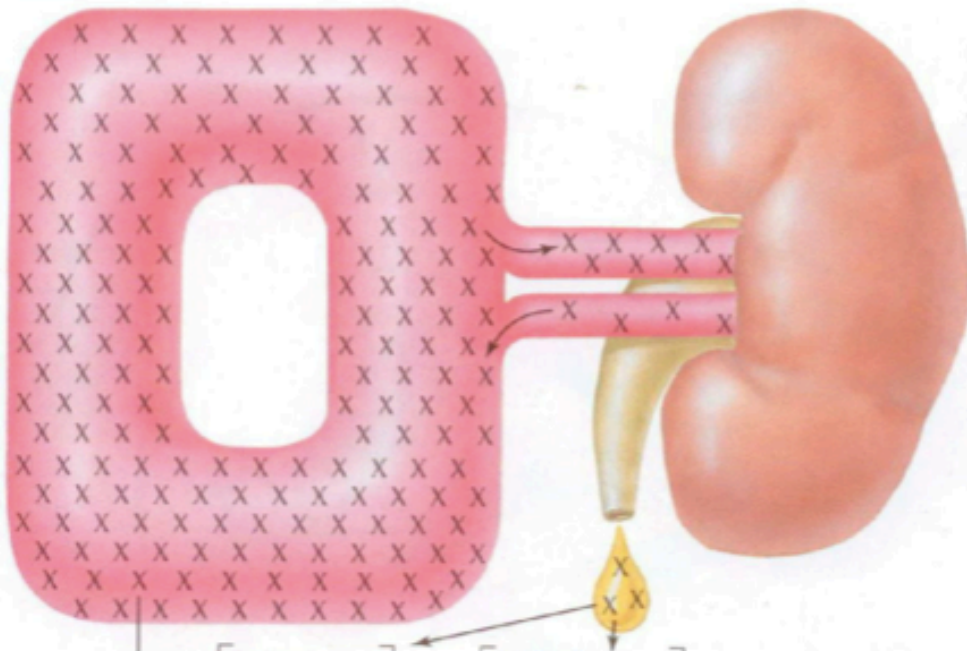


- Ilość filtratu produkowana w nerkach na minutę
- Czynniki modyfikujące zmianę ciśnienia filtracji GFR

- Spadek ciśnienia filtracji stymuluje aparat Juxtaglomerular apparatus (JGA) aparat przykłębuszkowy
- Uwalnia reninę i erytropoetynę



Klirens (współczynnik filtracji kłębuszkowej)
- określa objętość osocza krwi oczyszczonej
z danej substancji w jednostce czasu.



**Objętość osocza oczyszczonego z
substancji X przez jednostkę czasu
(Klirens substancji X)**

Objętość moczu przez
jednostkę czasu (**V**)

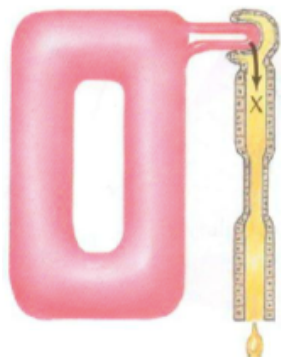
(**U_x**) Stężenie substancji
X w moczu

$$\frac{U_x V}{P_x} = C_x$$

(**P_x**) Stężenie substancji X
w OSOCZU

X filtrowana przez ciałko
nerkowe i wchłaniana
przez kanaliki i
wydzielana
 C_x równy filtracji
kłębkowej

$$C_x = GFR$$



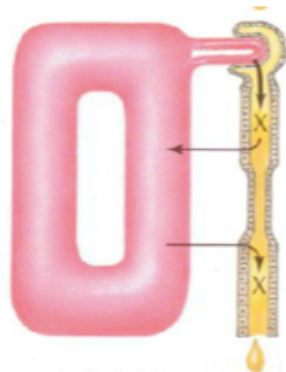
X filtrowana przez ciałko
nerkowe i wydzielana
przez kanaliki
 C_x równy filtracji
kłębkowej + wydzielanie
kanalikowe



$$C_x = GFR + T_x$$

$$C_x > C_{INULIN}$$

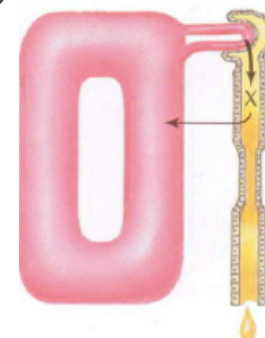
X filtrowana przez ciałko
nerkowe i wchłaniana
przez kanaliki i
wydzielana
 C_x równy filtracji
kłębkowej - wchłanianie
kanalikowe netto +
wydzielanie netto
kanalikowe



$$C_x = GFR - T_x$$

$$C_x < \text{lub} > C_{INULIN}$$

X filtrowana przez ciałko
nerkowe i wchłaniana
przez kanaliki
 C_x równy filtracji
kłębkowej - wchłanianie
kanalikowe



$$C_x = GFR - T_x$$

$$C_x < C_{INULIN}$$

ODPOWIEDŹ NA REDUKCJĘ STOPNIA FILTRACJI KŁĘBUSZKOWEJ GFR

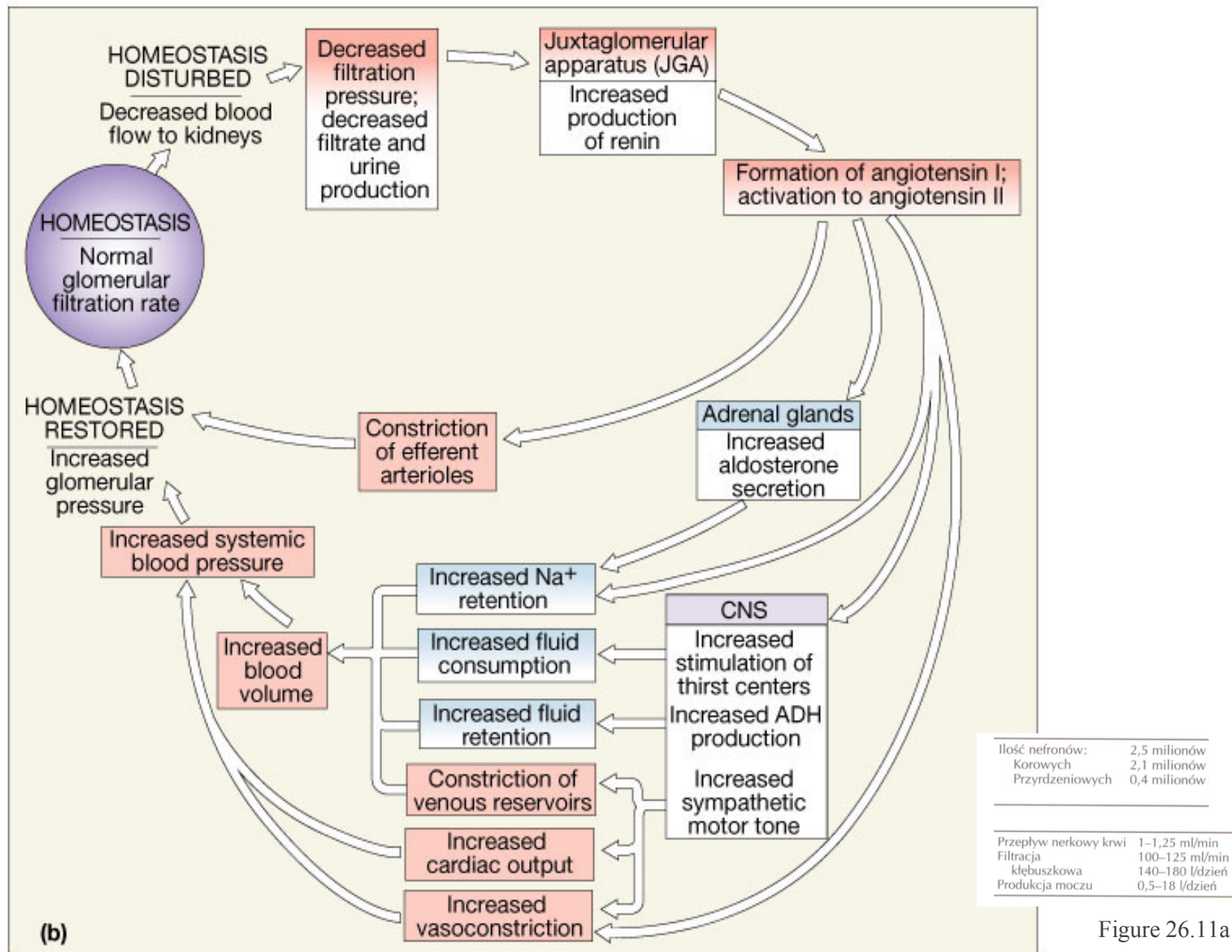


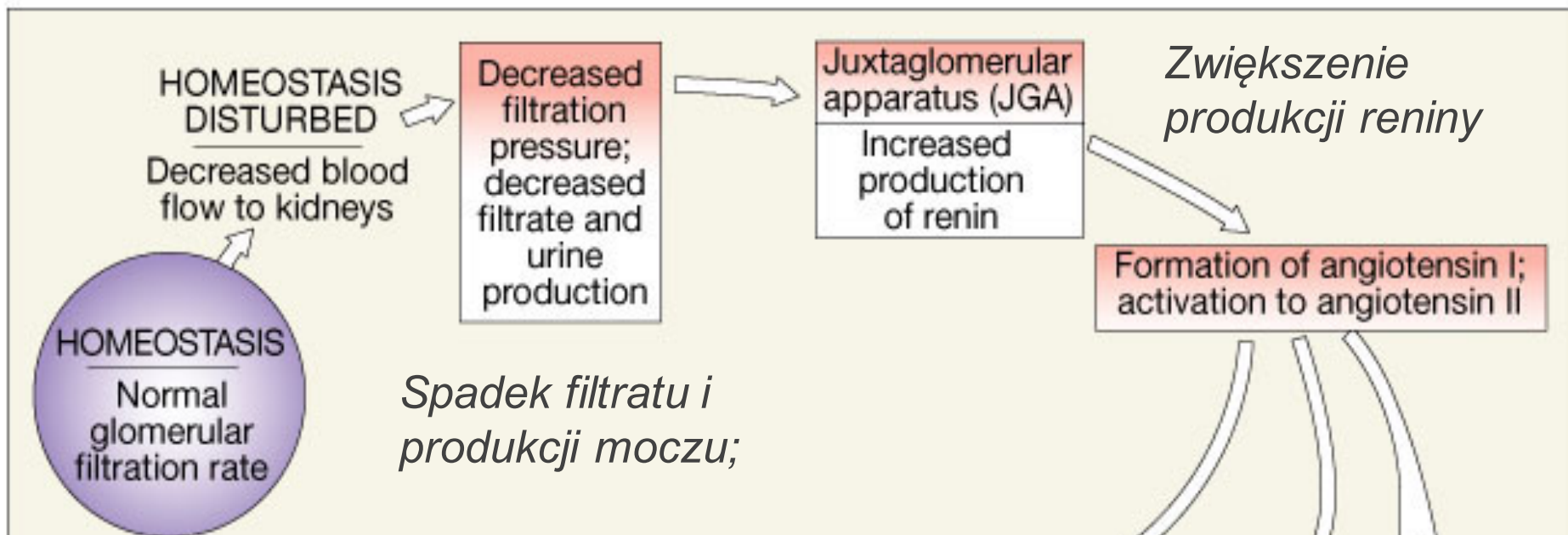
Figure 26.11a

ODPOWIEDŹ NA REDUKCJĘ STOPNIA FILTRACJI KŁĘBUSZKOWEJ GFR

Spadek przepływu krwi przez nerki

Spadek ciśnienia filtracji;

Aparat przykłębuszkowy



*Właściwa filtracja kłębuszkowa -
HOMEOSTAZA*

*↑ angiotensyna I
Aktywacja do
angiotensyny II*

ODPOWIEDŹ NA REDUKCJĘ STOPNIA FILTRACJI KŁĘBUSZKOWEJ GFR

Wzrost ciśnienia w kłębuszkach

Angiotensyna II

Skurcze włósniczek eferentnych

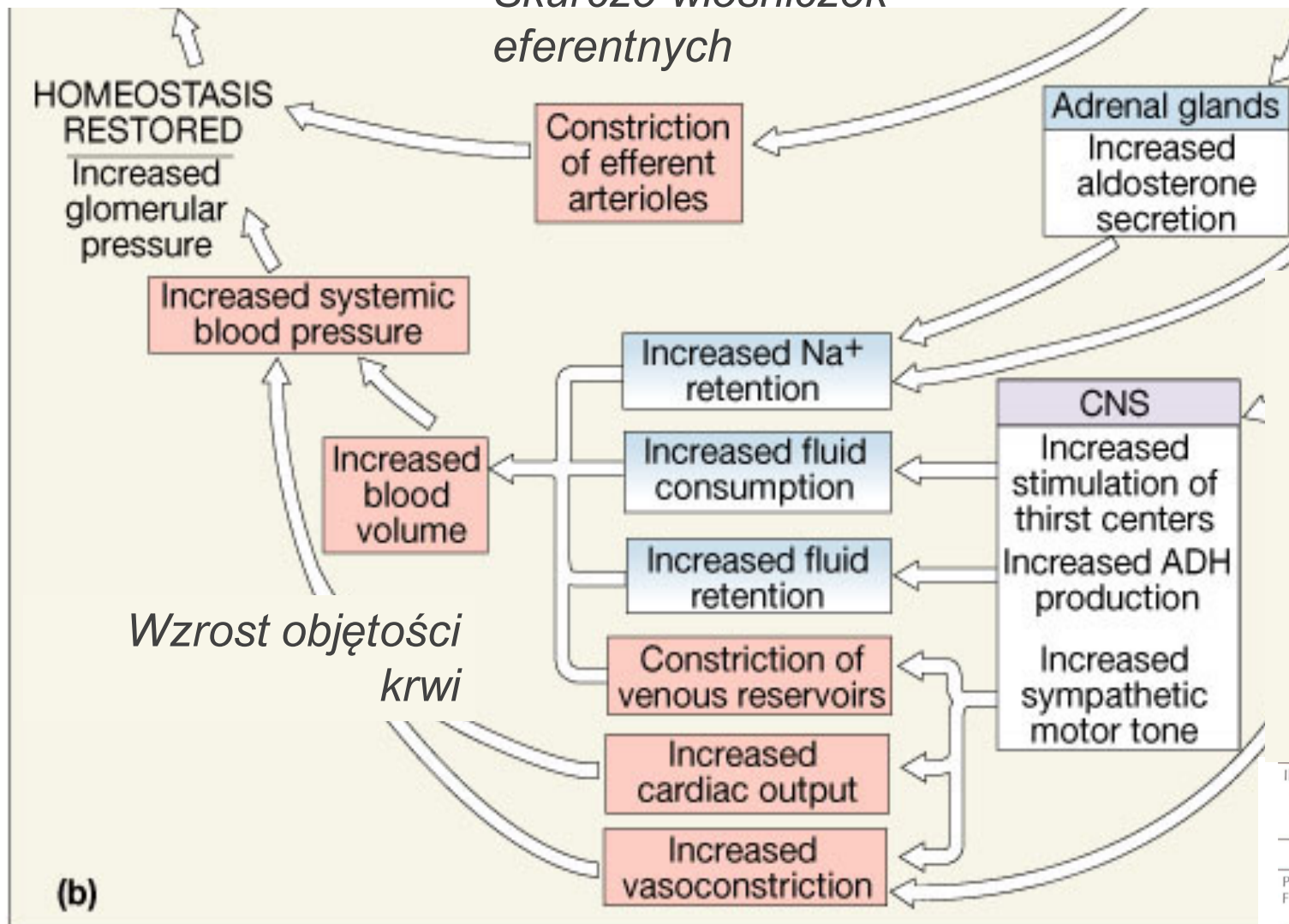
Nadnercze:
wzrost
wydzielania
aldosteronu

Centralny Układ Nerwowy

- Ośrodki pragnienia
- Wzrost ADH
 - Wzrost motorycznej odpowiedzi współczulnej

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

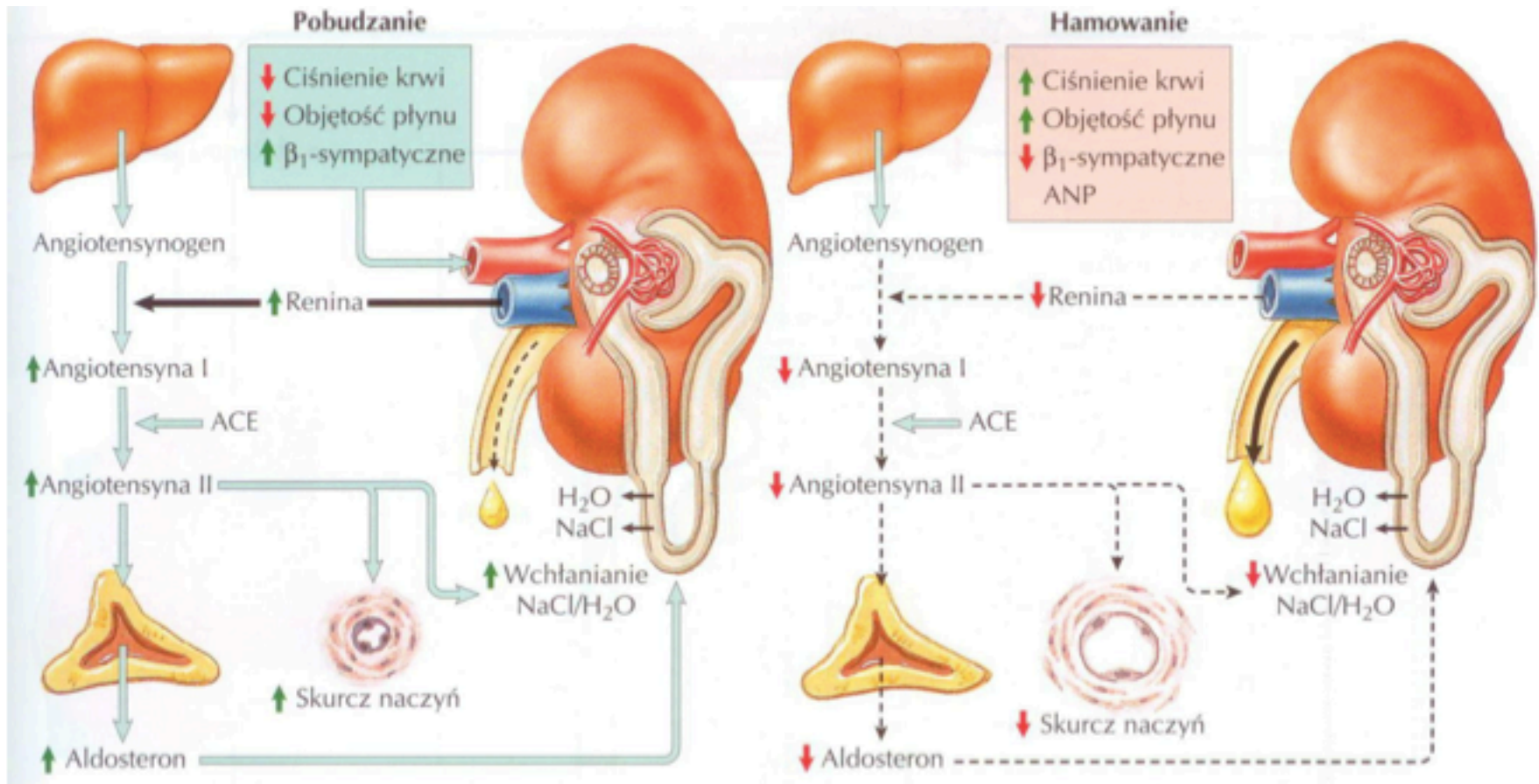
Przepływ nerkowy krwi	1–1,25 ml/min
Filtracja kłębuszkowa	100–125 ml/min 140–180 l/dzień
Produkcja moczu	0,5–18 l/dzień



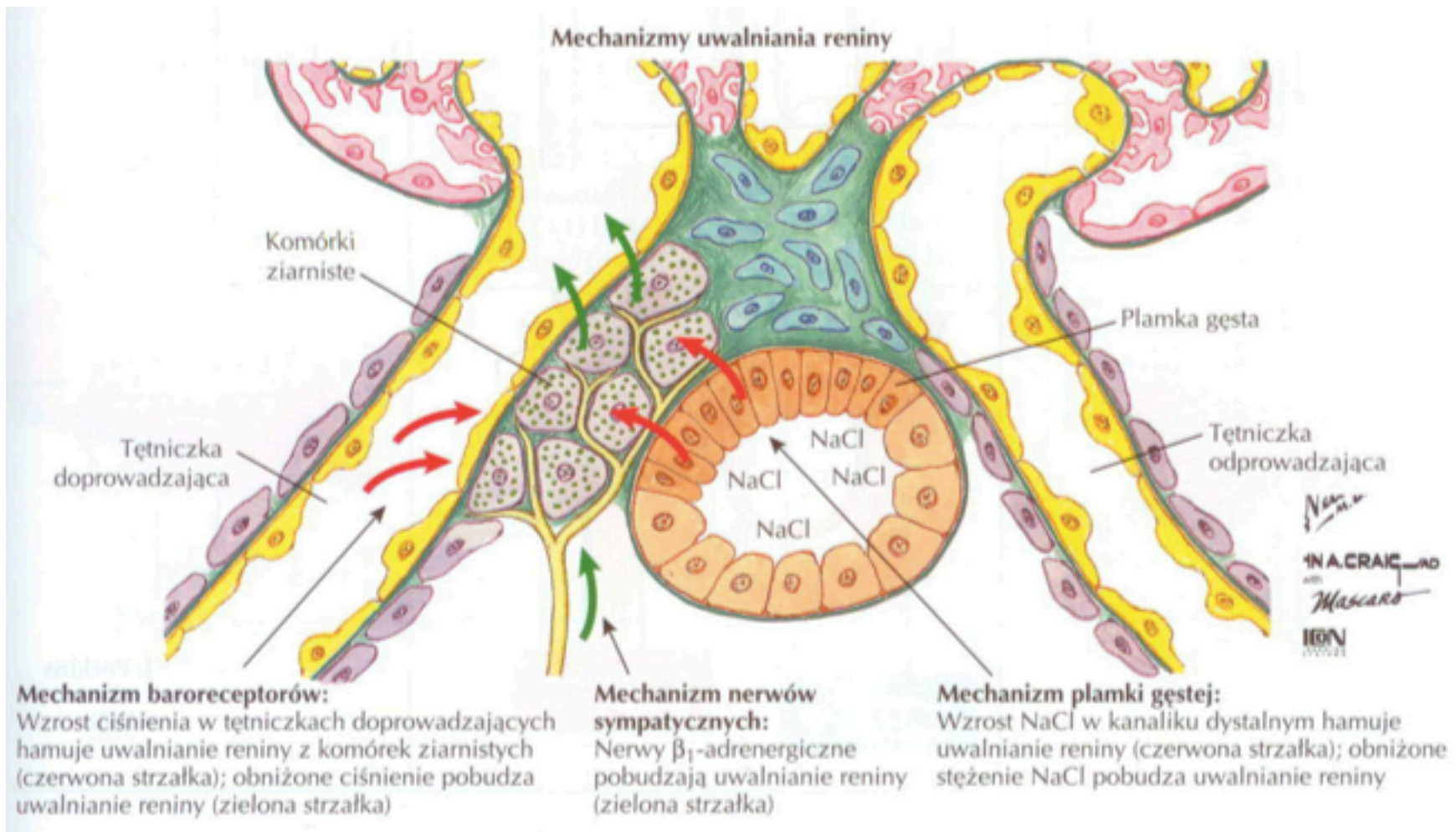
AKTYWACJA WSPÓŁCZULNA //SYMPATHETIC ACTIVATION//

- Generuje skurcze arterioli aferentnych
 - spadek GFR, spowolnienie produkcji filtratu
- Zmienia regionalny przepływ krwi zmiana GFR
- Stymuluje uwalnianie reniny przez JGA

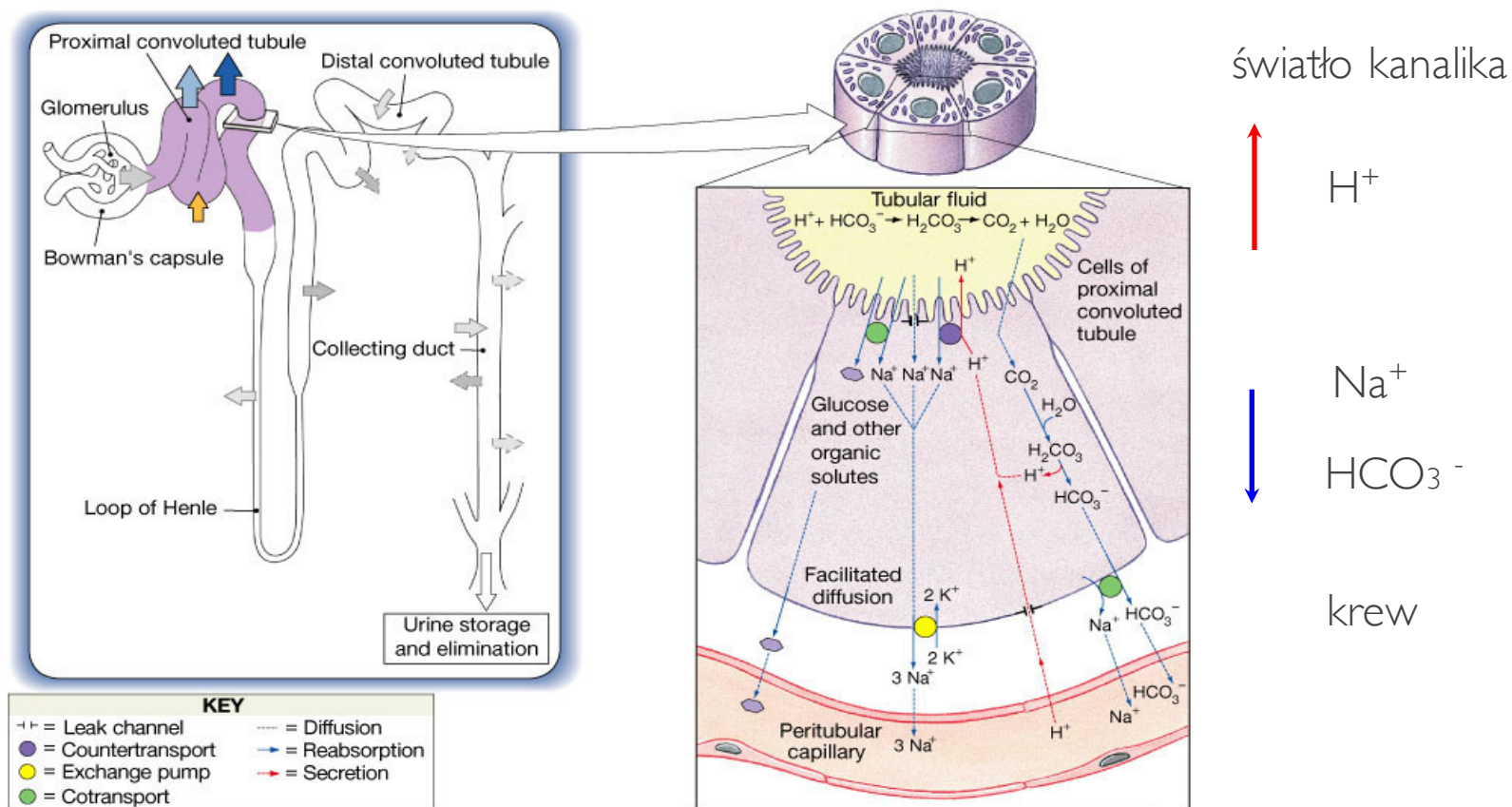
ACE enzym konwertujący angiotensynę
ANP -przedsionkowy czynnik natriuretyczny



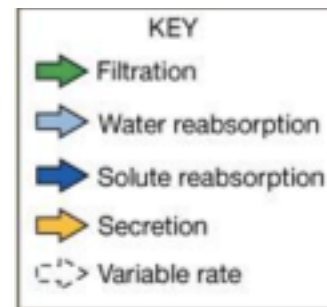
AKTYWACJA WSPÓŁCZULNA RENINA //SYMPATHETIC ACTIVATION//

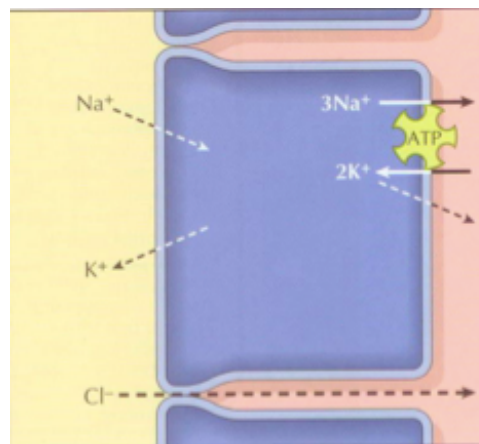
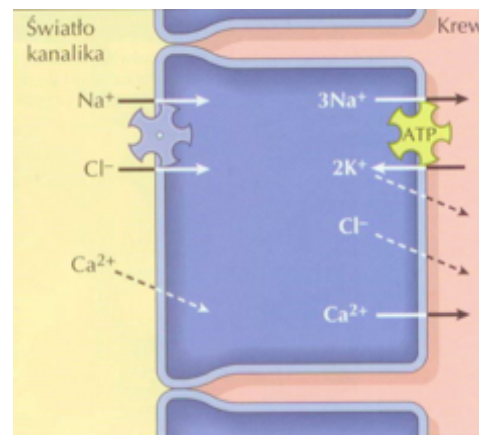
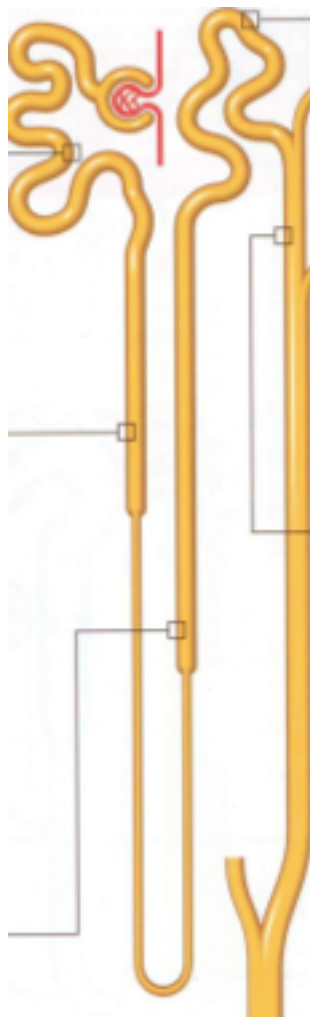
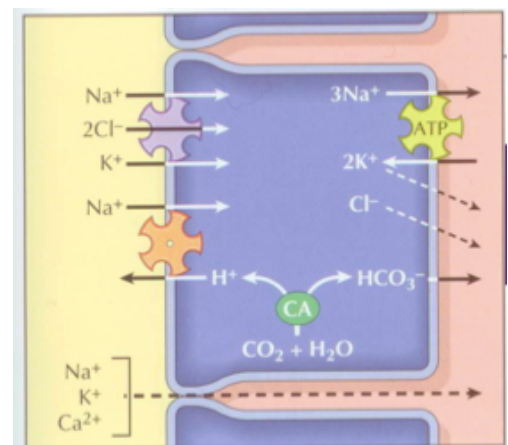
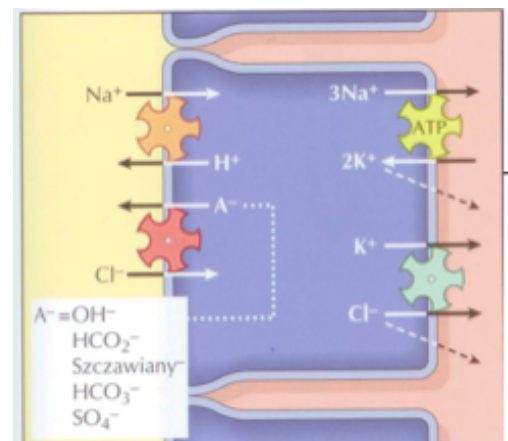
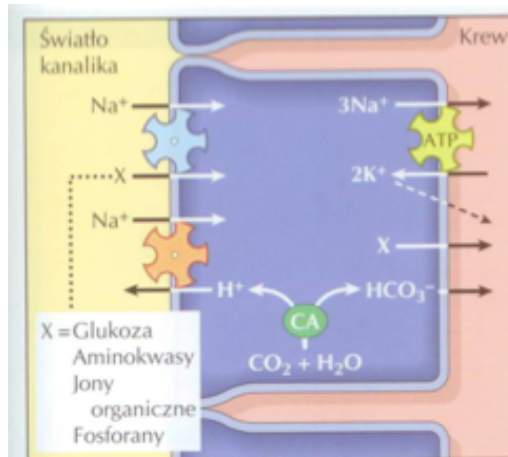


REABSORPCJA I SEKRECJA W KANALIKU I RZĘDU



- Filtracja kłębkowa produkuje płyn podobny do osocza bez białek
- PCT reabsorbuje 60-70% filtratu
 - Reabsorpcja większości składników odżywczych
 - Aktywna i pasywna reabsorpcja sodu i innych jonów
 - Reabsorpcja wody
- PCT- także wydzielanie

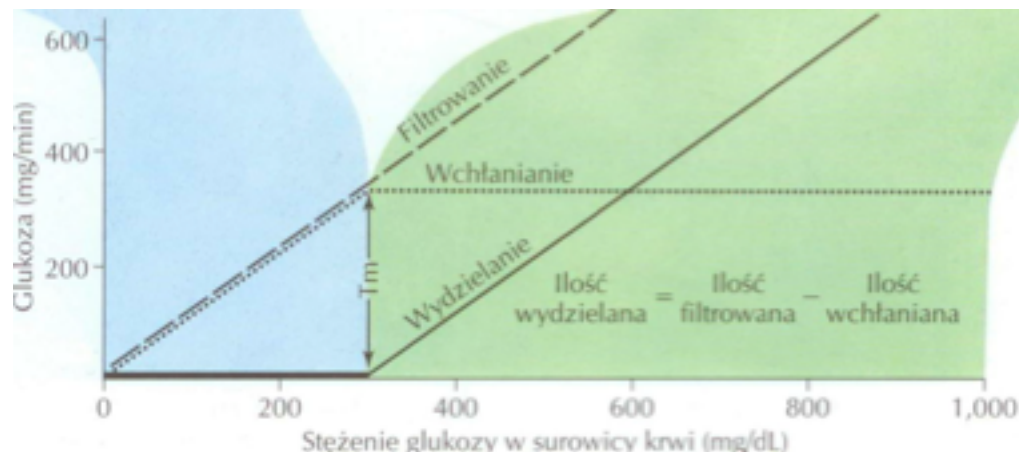
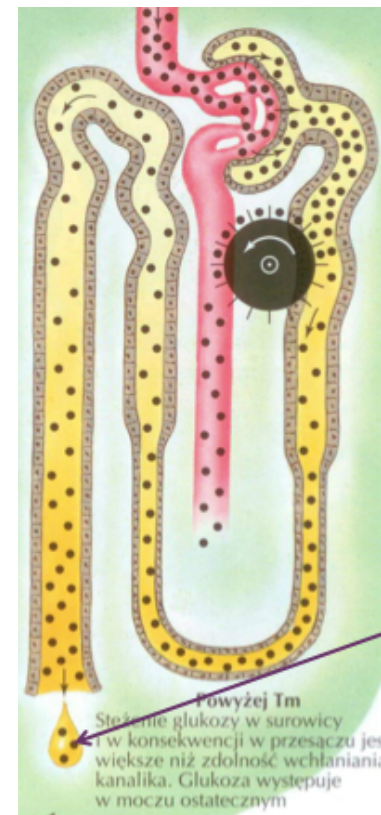
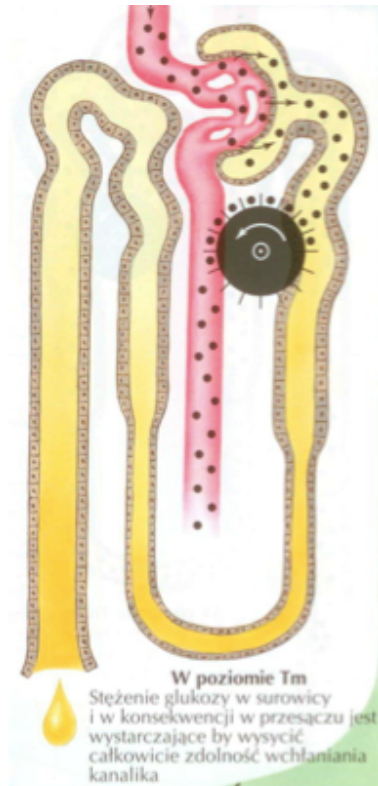
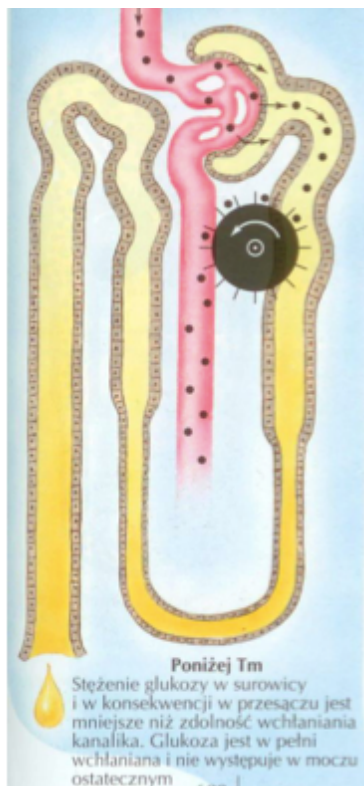




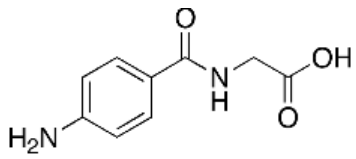
reabsorpcja sodu

	Wchłanianie substancji przefiltrowanych (%)
Kanalik bliższy	67
Pętla Henlego	25
Kanalik dalszy	~4
Kanalik zbiorczy	~3

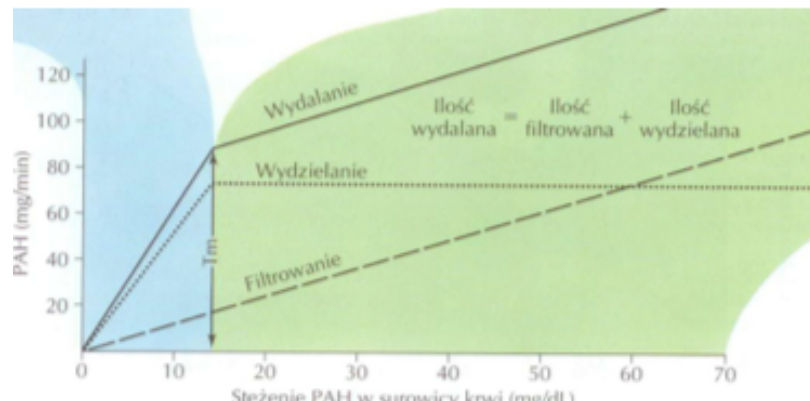
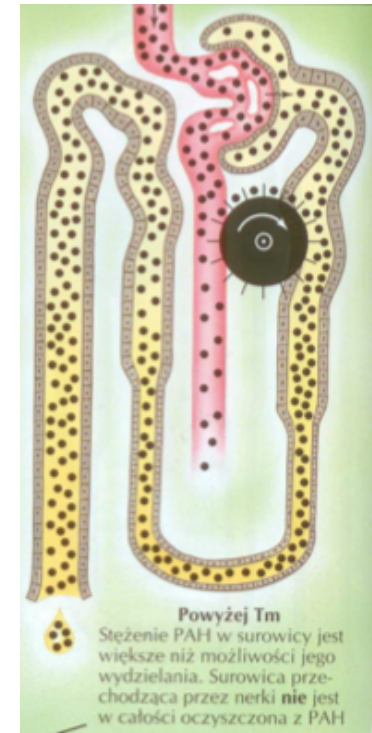
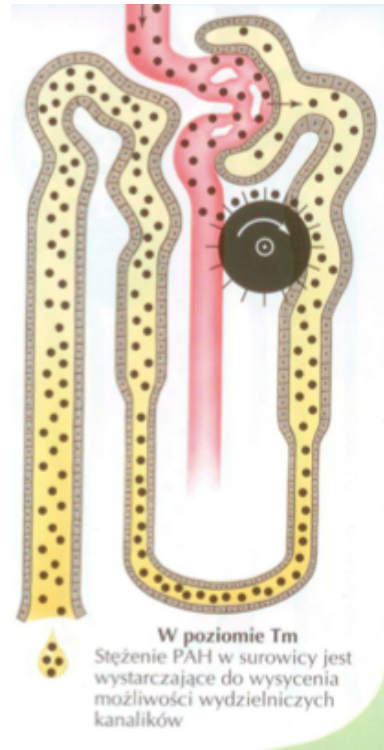
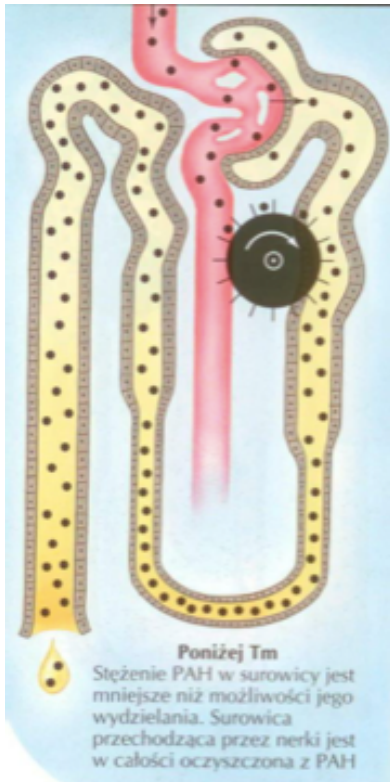
	Wchłanianie substancji przefiltrowanych (%)	Czynniki pobudzające wchłanianie	Czynniki hamujące wchłanianie
Kanalik bliższy	67	Angiotensyna II Nerwy sympatyczne	Dopamina
Pętla Henlego	25	Nerwy sympatyczne	
Kanalik dalszy	~4	Aldosteron	
Kanalik zbiorczy	~3	Aldosteron	Przedsionkowy czynnik natriuretyczny (ANP)



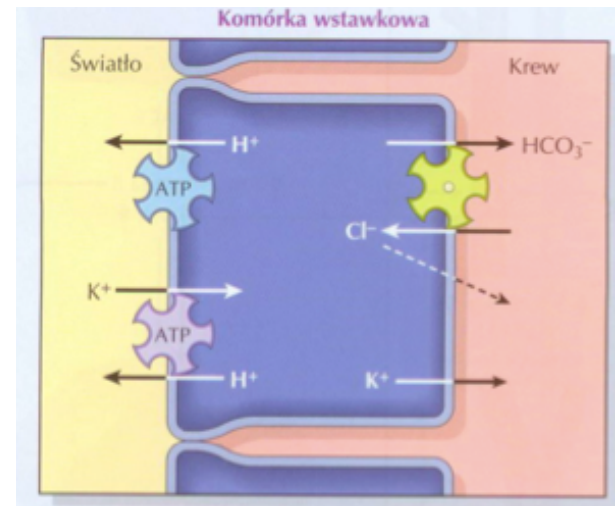
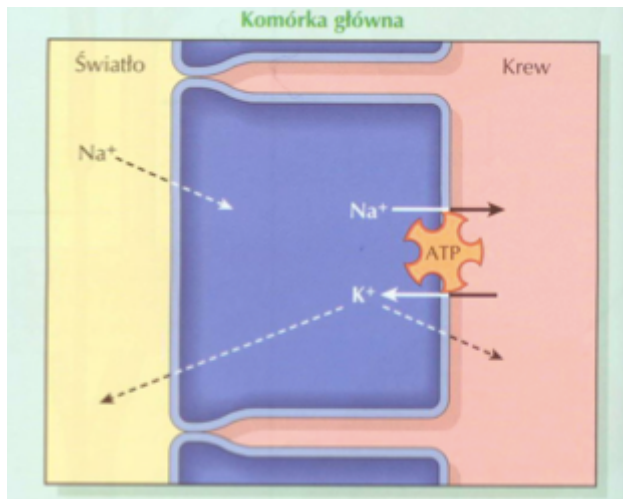
reabsorpcja glukozy
a zdolność wchłaniania
kanalika
(obecność w moczu
ostatecznym)



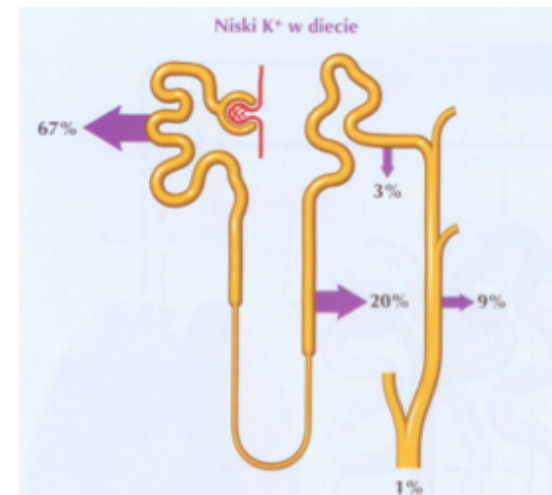
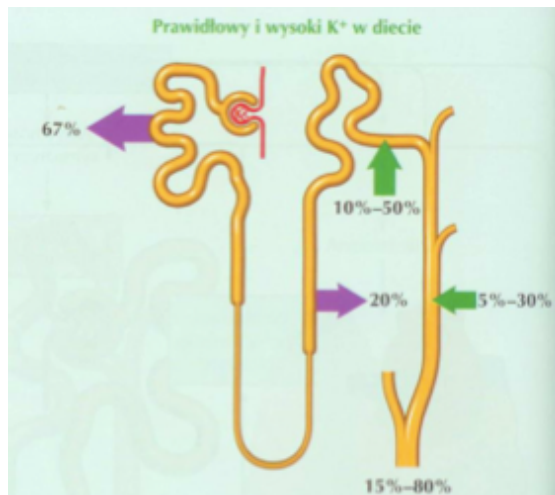
KWAS PARA-AMINOHIPUROWY



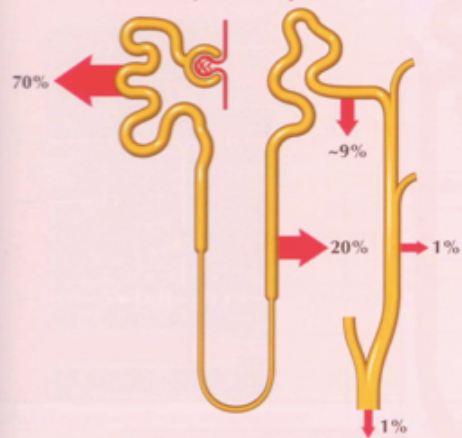
wydzielanie PAH
a zdolność wydzielania
kanalika
(obecność w moczu
ostatecznym)



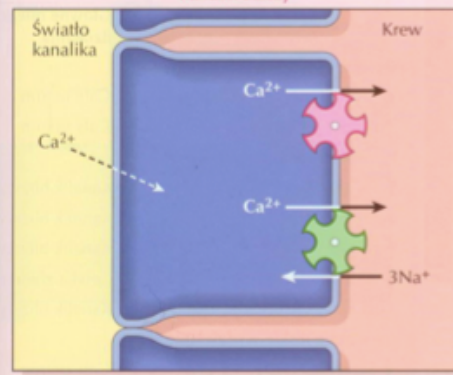
- Czynniki fizjologiczne: pobudzające wchłanianie K^+ (dieta niskopotasowa)
 - Czynniki fizjologiczne: pobudzająca wydzielania K^+ (aldosteron, wysoki poziom K^+)
 - Czynniki pobudzające wydalanie K^+ (wzrost przepływu moczu, ostra i chroniczna kamica, chroniczna kwasica)
- Czynniki hamujące wydalanie potasu (ostra kwasica)



Wydalenie wapnia



Kanalik dalszy

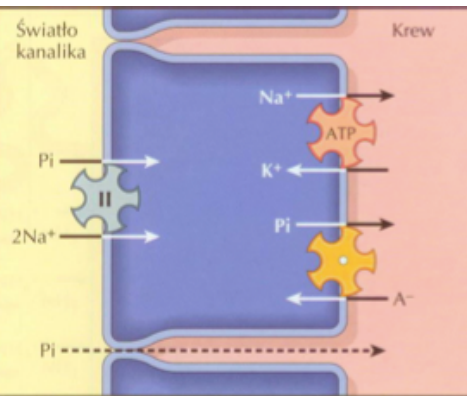
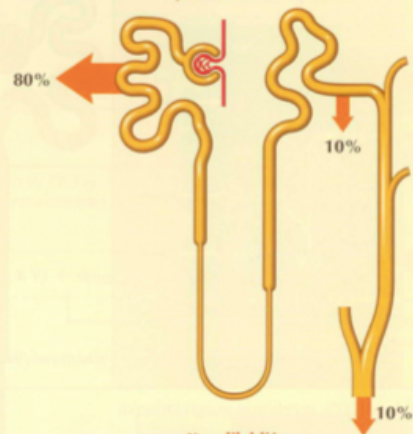


Regulacja transportu Ca^{2+}
(zmniejszenie wydalania)

Parathormon
ECF extracellular fluid
Kanalik dalszy

Czynnik	Część nefronu	Mechanizm
↑ PTH	Cewka zbiorcza	Aktywacja kanałów Ca^{2+}
↓ ECF	Kanalik bliższy	Przemieszczanie za wodą
↑ Przyjmowanie fosforanów	Cewka zbiorcza	↑ Wydzielanie PTH

Wydalenie fosforanów

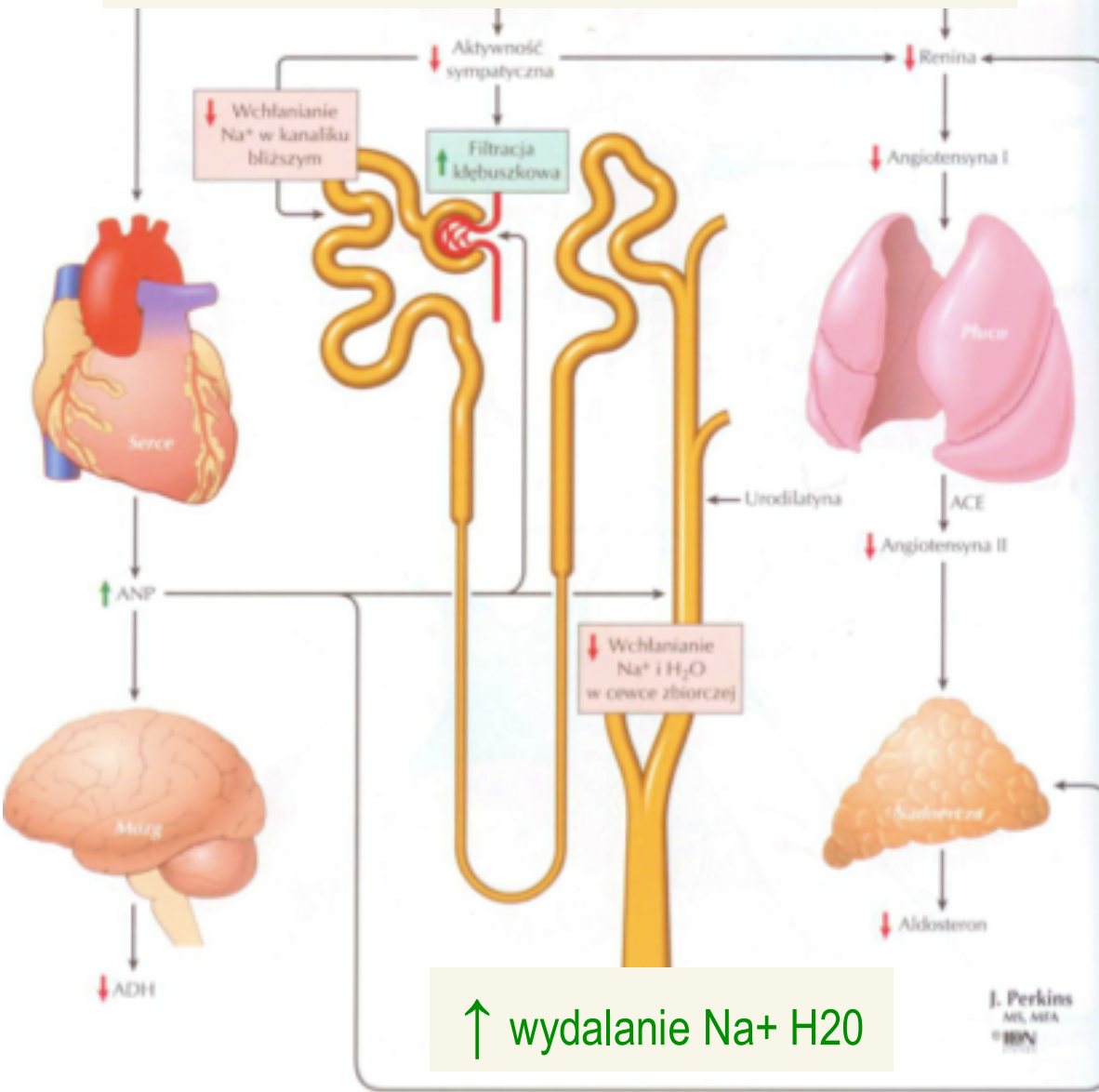


Regulacja transportu fosforanów (Pi)
(wzrost wydalania)

Czynnik	Część nefronu	Mechanizm
↑ PTH	Kanalik bliższy	Symport przyszczytowy
↓ ECF	Kanalik bliższy	Przemieszczanie za wodą
↑ Przyjmowanie fosforanów	Kanalik bliższy	Symport przyszczytowy

EFEKT OBJĘTOŚCI PŁYNU ZEWNĄTRZKOMÓRKOWEGO NA WYDALANIE SODU I WODY

Wzrost objętości płynu zewnątrzkomórkowego (ECF)



↓ aktywność sympatyczna

↓ wchłaniania Na^+ w
kanaliku bliższym

↑ filtracja kłębuszkowa

↓ wchłaniania Na^+ H_2O w
cewce zbiorczej

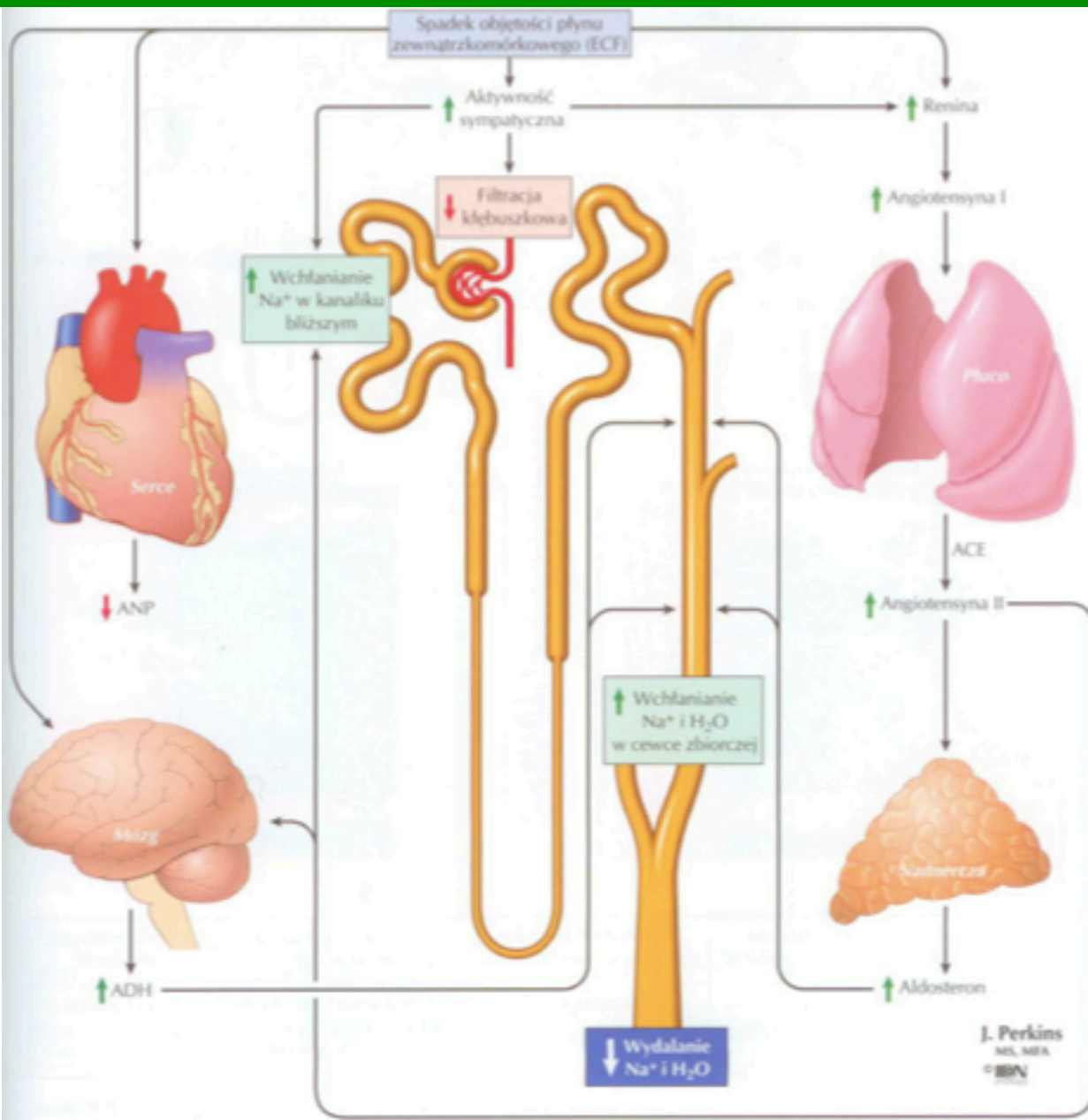
↓ renina

↓ Angiotensyna I

↓ Angiotensyna II

↓ Aldosteron

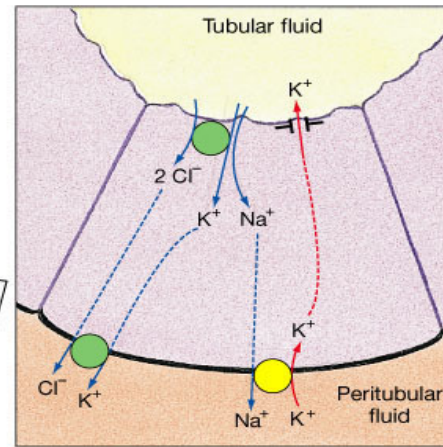
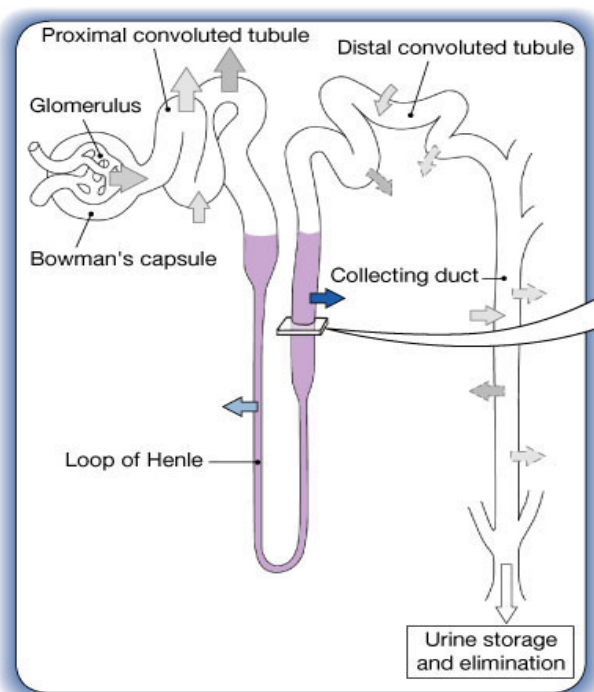
EFEKT OBJĘTOŚCI PŁYNU ZEWNĄTRZKOMÓRKOWEGO NA WYDALANIE SODU I WODY



The loop of Henle and countercurrent multiplication

■ Countercurrent multiplication

- Pomiedzy ramie zstępujacy a wschodzacy
- Genrowanie gradientu cišnienia osmotycznego w rdzeniu
- Pobudza reabsorpcję wody i substancji przed DCT
- Umożliwia pasywną absorpcję wody z płynu kanalikowego



(a) The mechanism of sodium and chloride ion transport involves $\text{Na}^+\text{-K}^+/2 \text{Cl}^-$ carrier at the apical surface and two carriers at the basal surface of the tubular cell: a potassium-chloride cotransport pump and a sodium-potassium exchange pump. The net result is the transport of sodium and chloride ions into the peritubular fluid.

KEY			
	= Cotransport		= Diffusion
	= Exchange pump		= Reabsorption
	= Leak channel		= Secretion

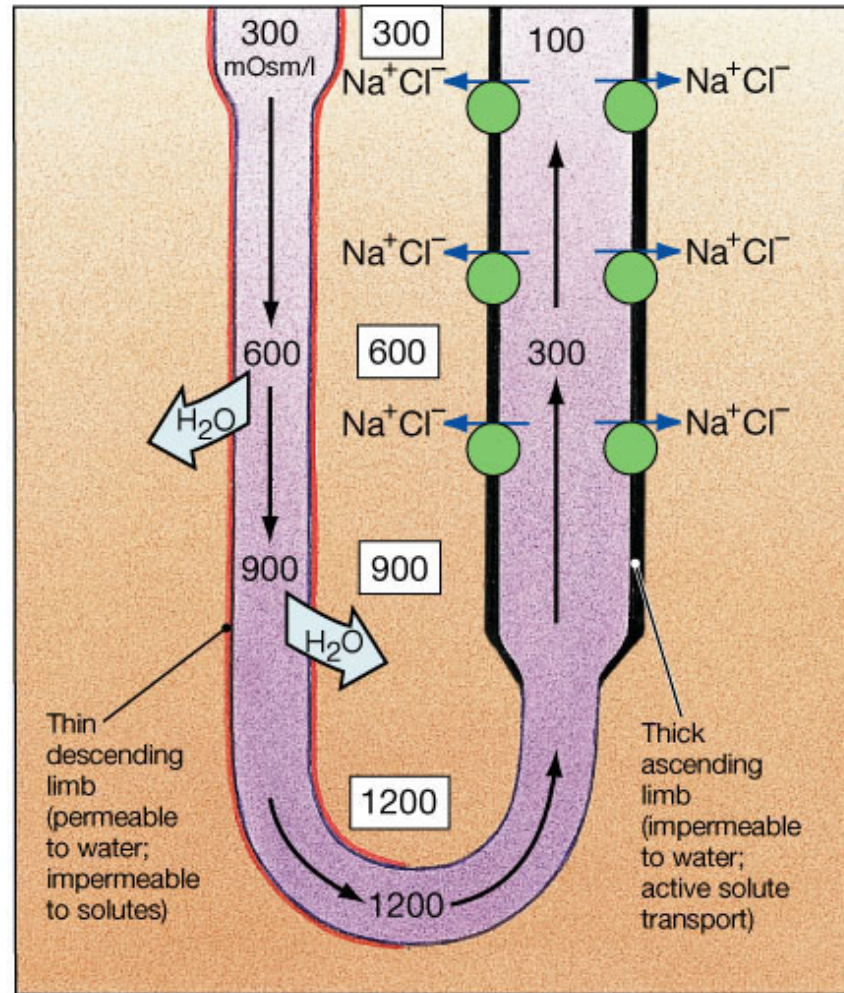
światło kanalka

K^+

Na^+
 K^+
 Cl^-

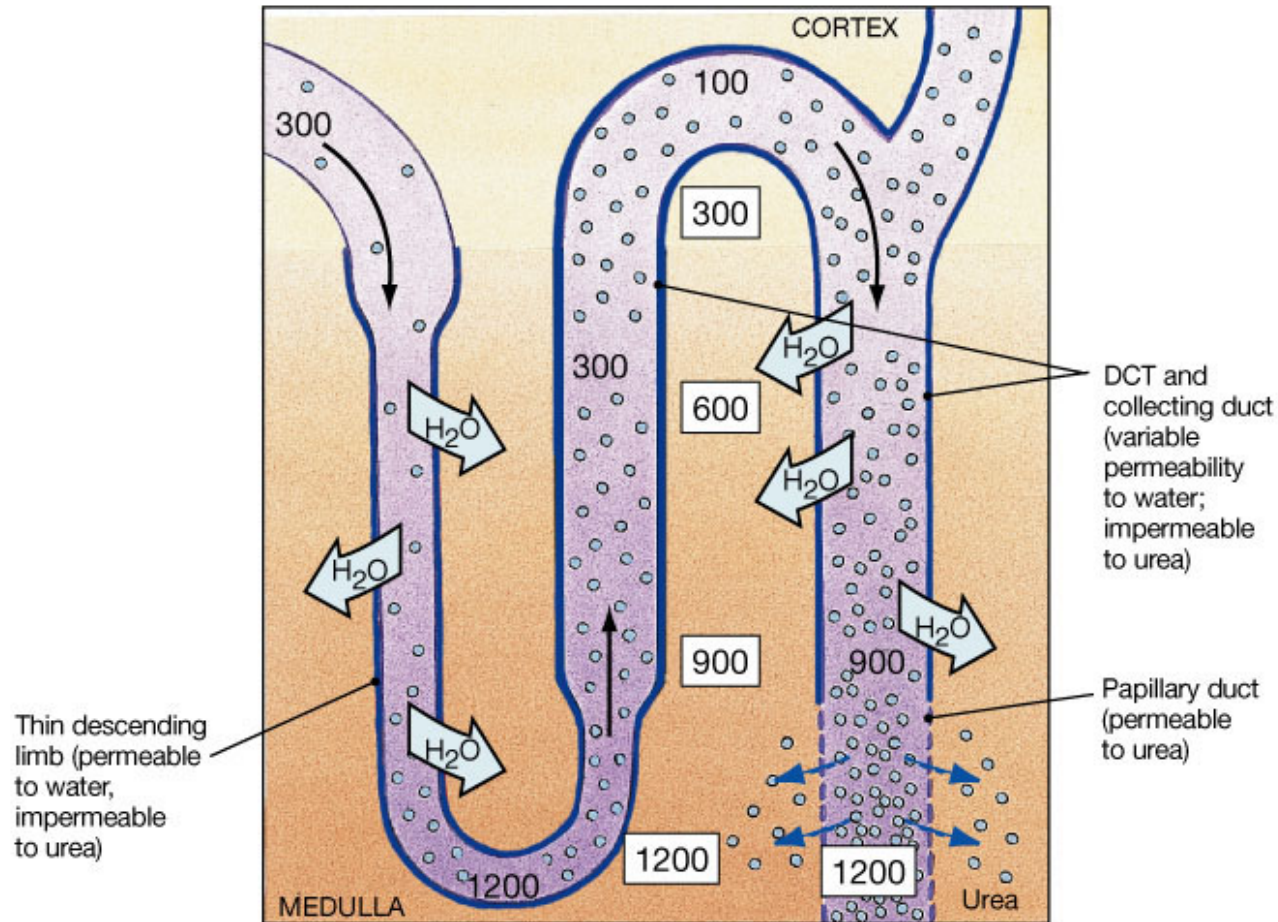
krew

Countercurrent Multiplication and Concentration of Urine



(b) Active transport of $NaCl$ along the ascending thick limb results in the movement of water from the descending limb.

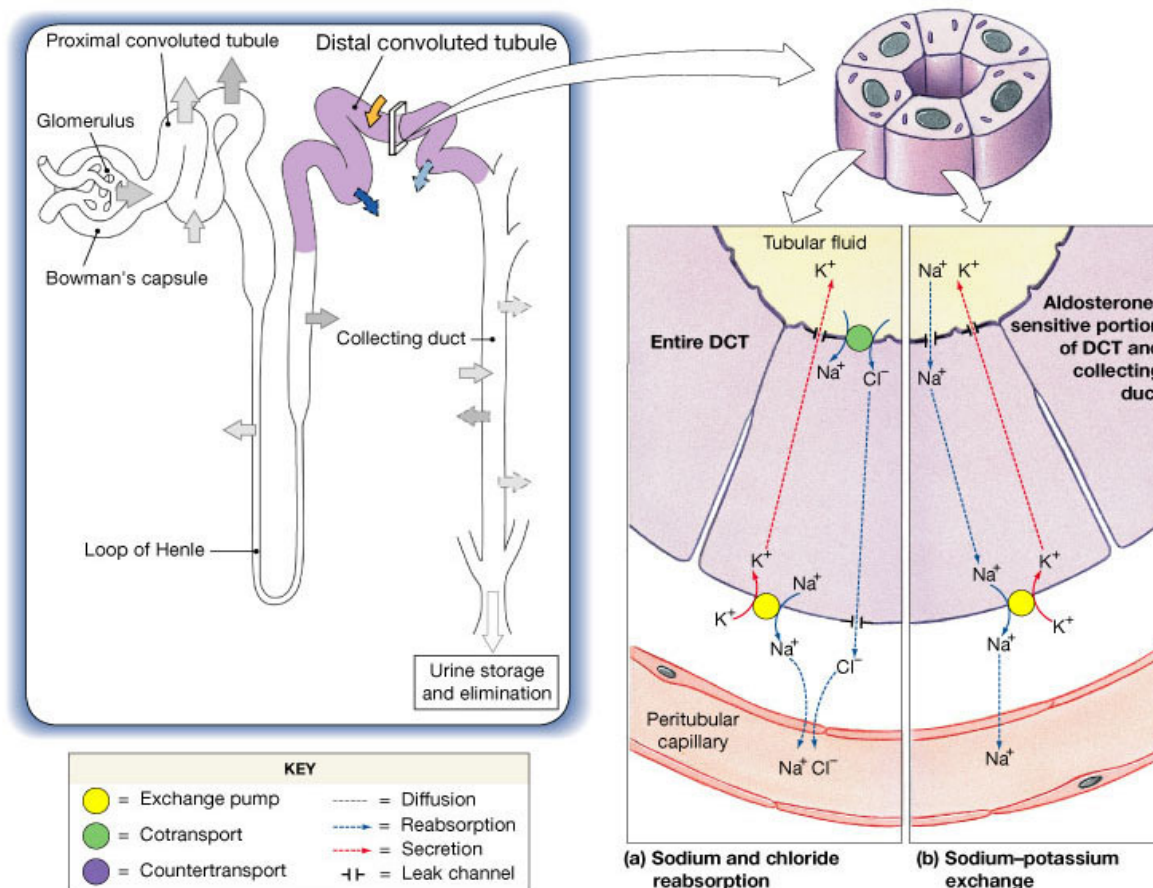
Countercurrent Multiplication and Concentration of Urine



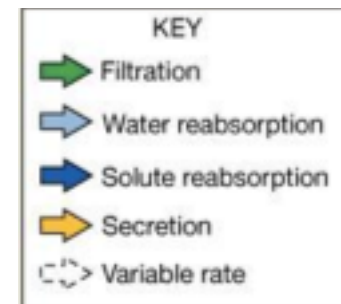
(c) The permeability characteristics of both the loop and the collecting duct tend to concentrate urea in the tubular fluid and in the medulla. The loop of Henle, DCT, and collecting duct are impermeable to urea. As water reabsorption occurs, the urea concentration rises. The papillary ducts' permeability to urea accounts for roughly one-third of the solutes in the deepest portions of the medulla.

Reabsorpcja i sekrecja w kanalikule II rzędu (dystalnym) DCT

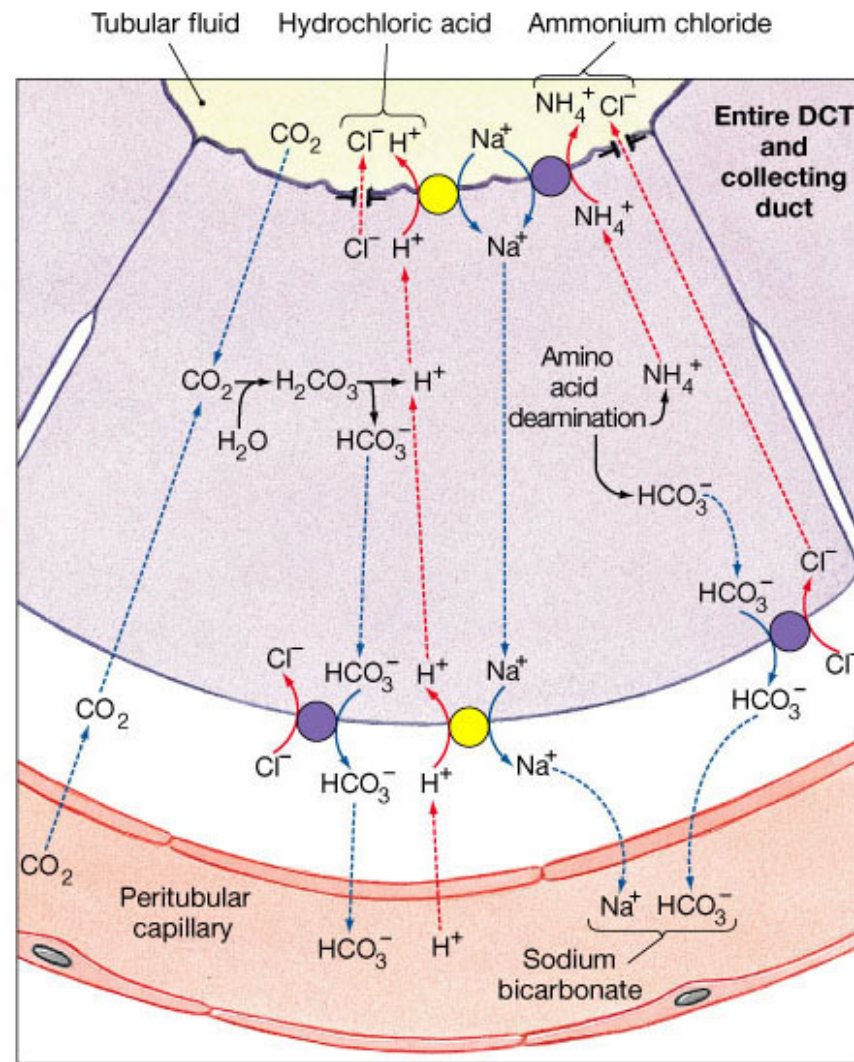
- DCT przeprowadza mocz do finalnego składu
 - Aktywna sekrecja i reabsorpcja
- Absorpcja
 - Aktywne wchłanianie Na^+ and Cl^-
 - W zamian za potas i wodór (wydzielane)



TUBULAR SECRETION AND SOLUTE REABSORPTION AT THE DCT



Tubular Secretion and Solute Reabsorption at the DCT



(c) H^+ secretion and HCO_3^- reabsorption

reabsorbcja i wydalanie wzdłuż kanalika zbiorczego

- strata wody i roztworów kontrolowana jest przez aldosteron i ADH
- Rebsorbcja
 - Na^+ , HCO_3^- , i mocznik są wtórnie wchłaniane
- Wydalanie
 - pH jest kontrolowane przez wydalanie H^+ lub HCO_3^-

CONTROL OF URINE VOLUME AND OSMOTIC CONCENTRATION

- Urine volume and osmotic concentration are regulated by controlling water reabsorption
- Precise control allowed via facultative water reabsorption

ADH - hormon antydiuretyczny

The Effects of ADH on the DCT and Collecting Ducts

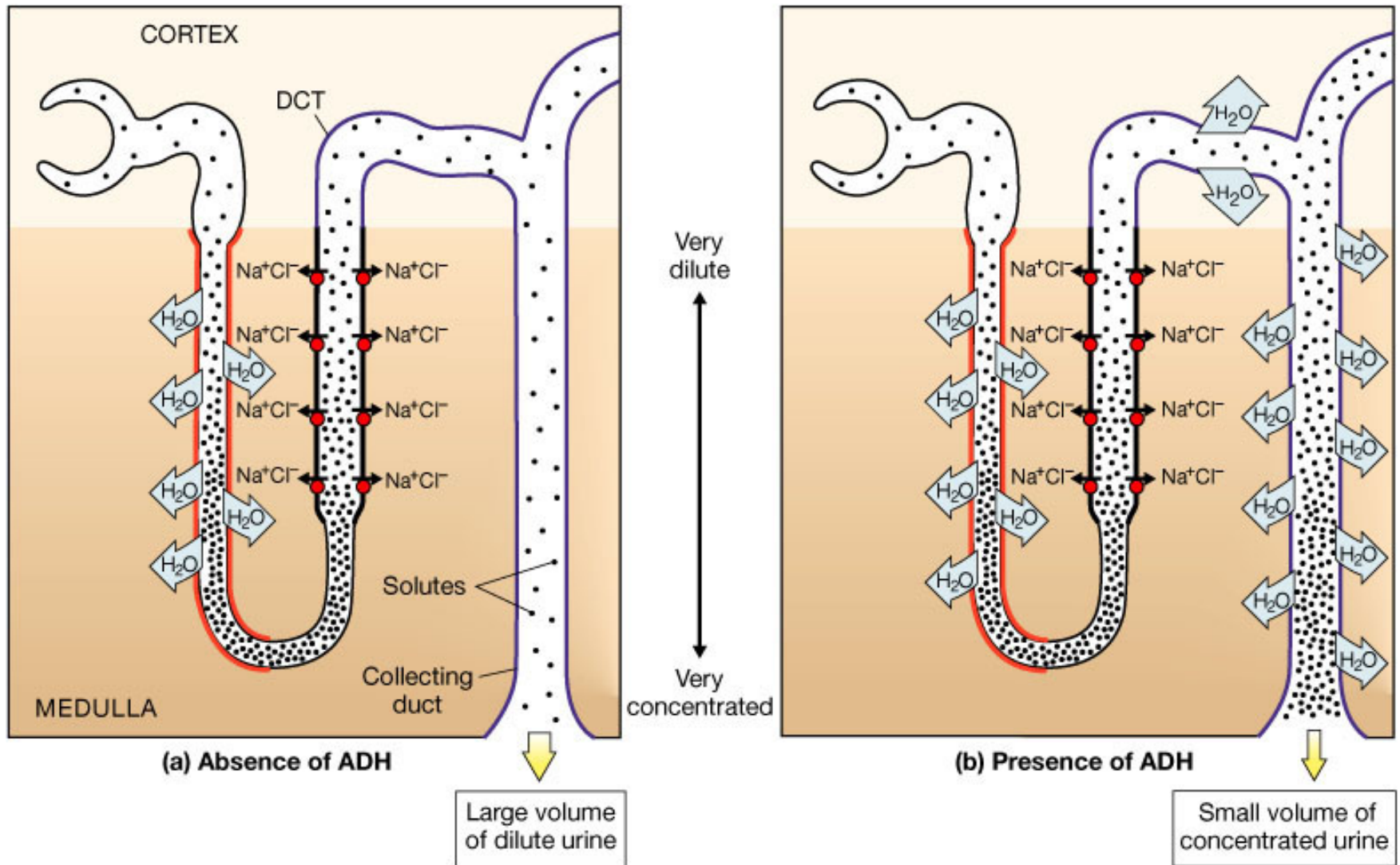
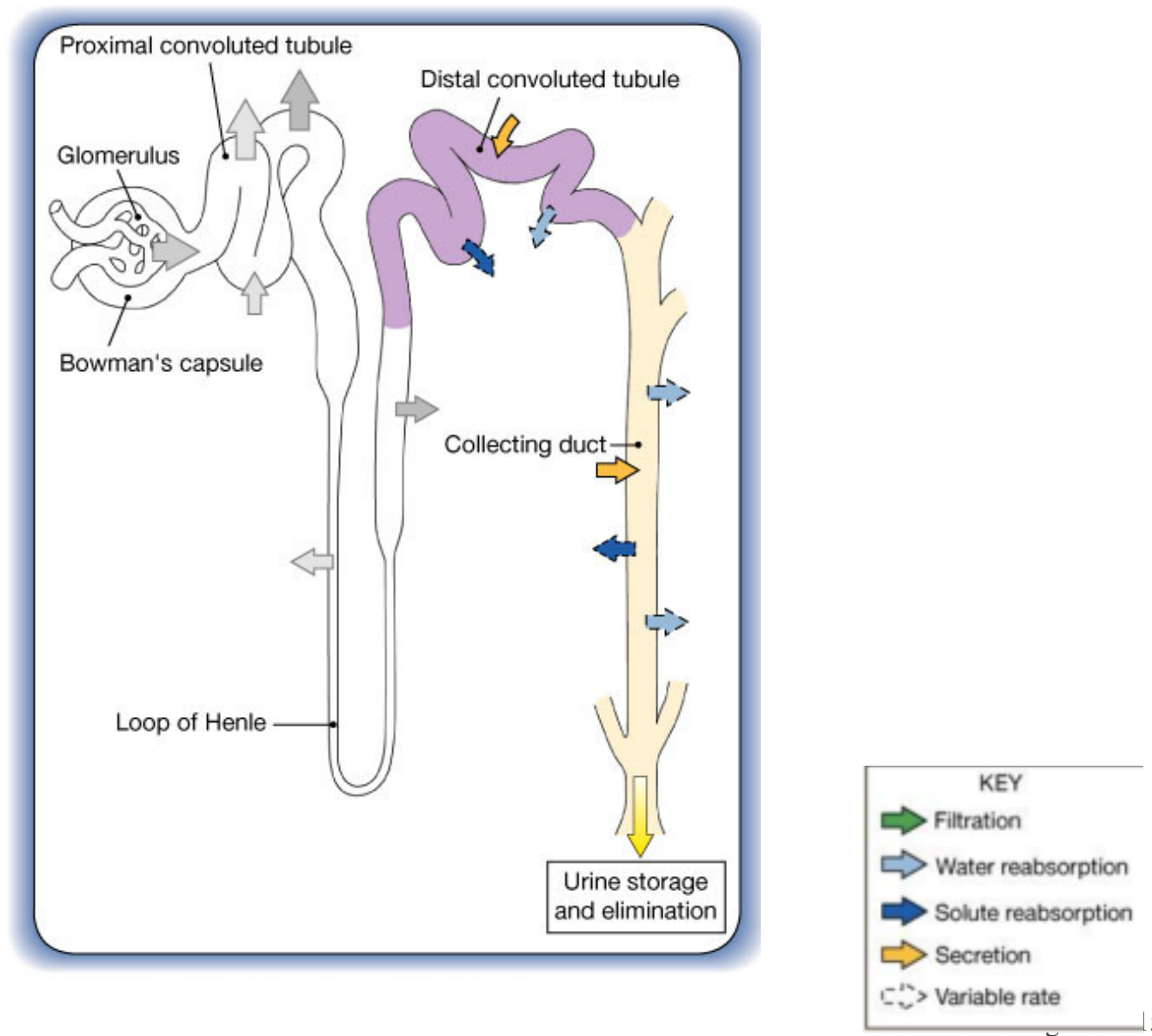


Figure 26.15a, b

The Effects of ADH on the DCT and Collecting Ducts



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

Osmolarność krwi i jej objętość modyfikowana przyjmowaniem płynów (droga jelitowa i pozajelitowa); wymiana elektrolitowa w obrębie tkanek, w warunkach normalnych i patologicznych (obrzęk); utrata przez przewód pokarmowy (wymioty, biegunka); utrata do jam ciała (wysiek); niezwykła utrata (krwawienie, żyłaki)

Przysadka mózgowa

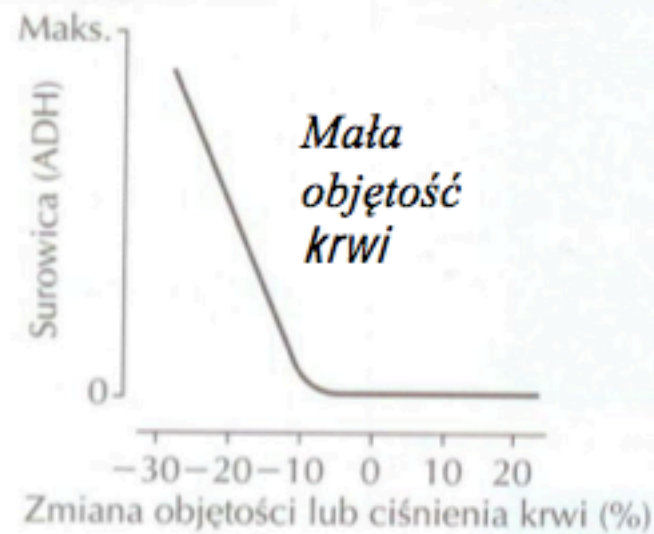
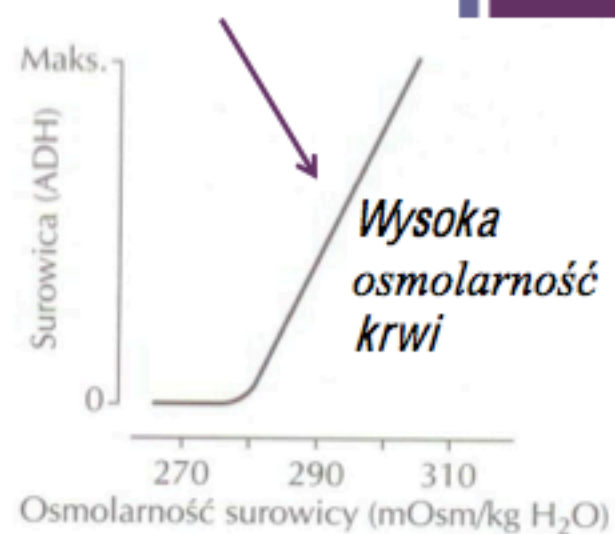
Wysoka osmolarność krwi

Wzrost przepuszczalności dla wody

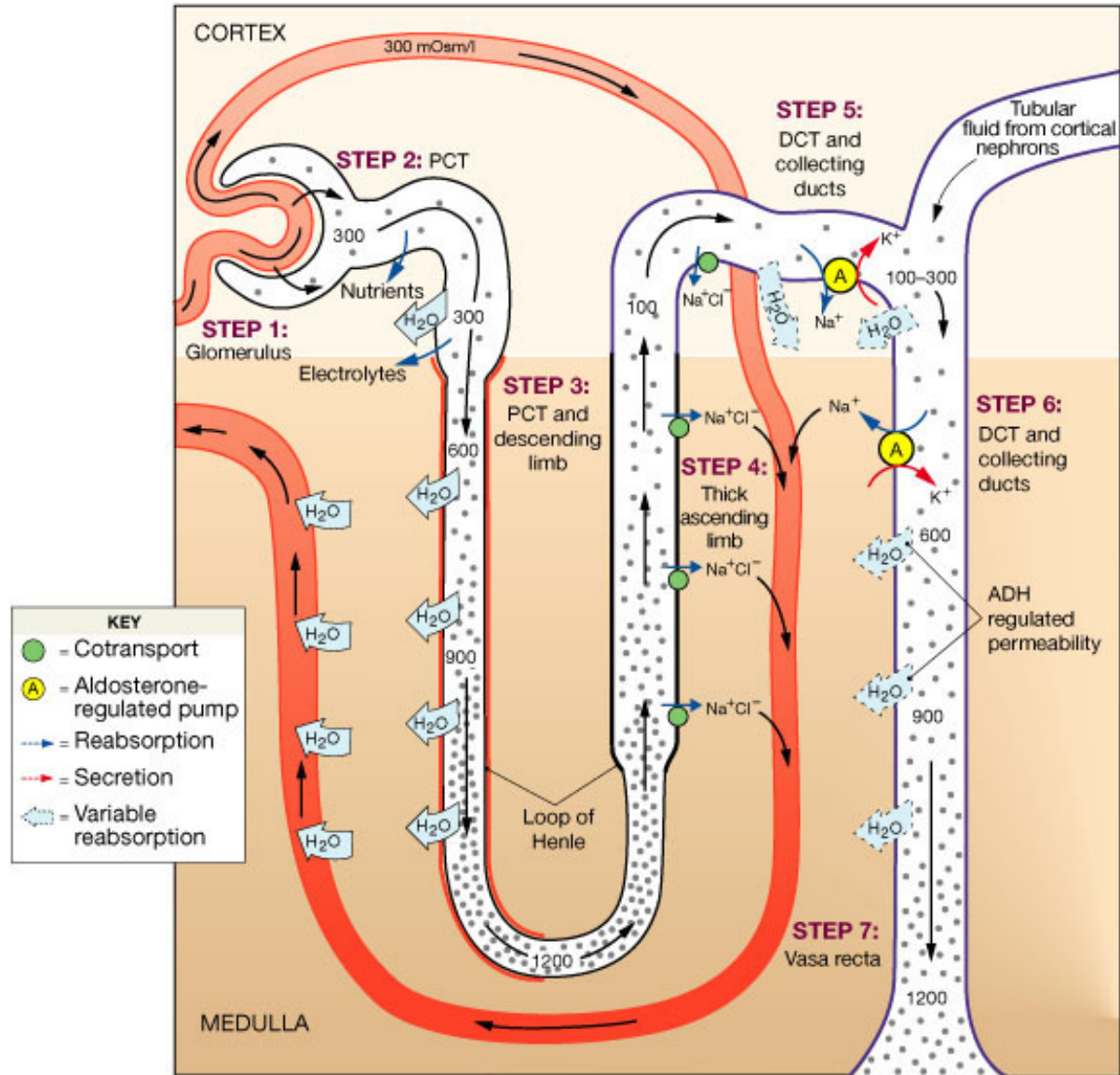
Uwalnianie ADH jest pobudzone wysoką osmolalnością krwi wpływającą na osmoreceptory podwzgórza. Przez spadek objętości krwi krążącej dochodzi do pobudzenia baroreceptorów łuku aorty i tętnic szyjnych. Niska osmolarność i duża objętość krwi

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 zagęszczonego moczu ostatecznego



Mechanizm działania hormonu antydiuretycznego na regulację objętości moczu i jego stężenie



(a)