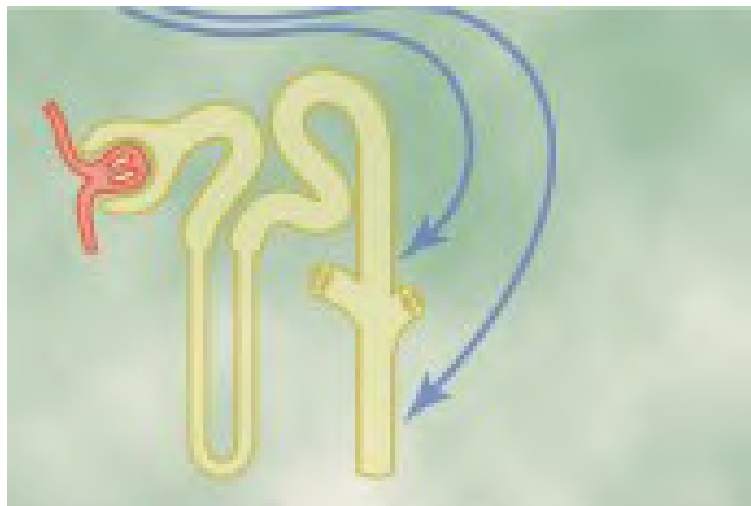




Fiziologija bubrga

Dr Ljubomir Jovanović, docent



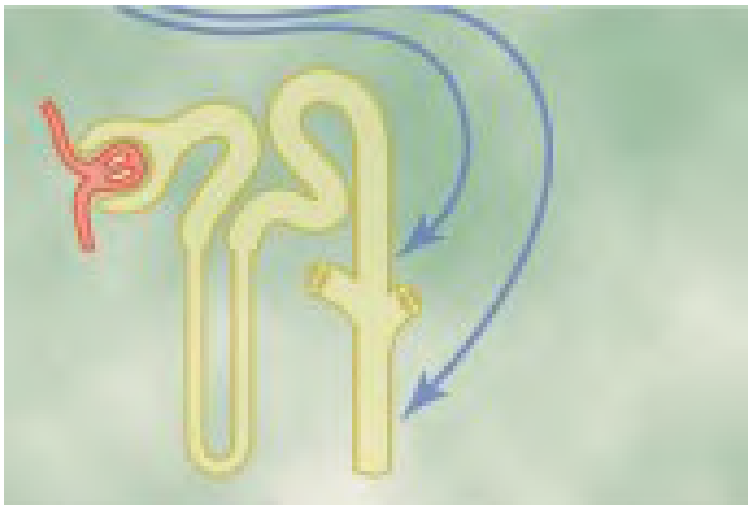
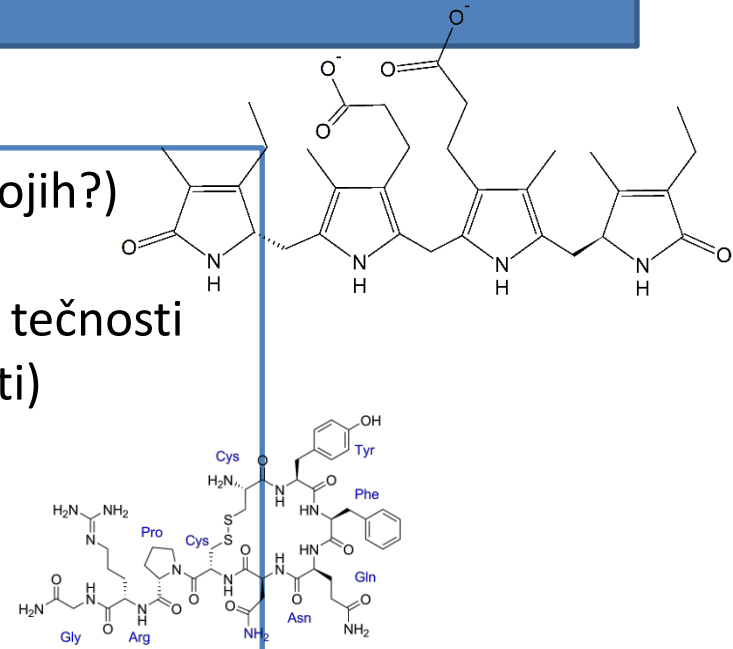
Uloge bubrega

Eskrecija (štetnih, nepotrebnih i materija u višku kojih?)

Održavanje osmolarnosti krvi i volumena telesnih tečnosti
(dugoročna kontrola TA-volumena telesnih tečnosti)

Održavanje acido-bazne ravnoteže

Endokrina uloga

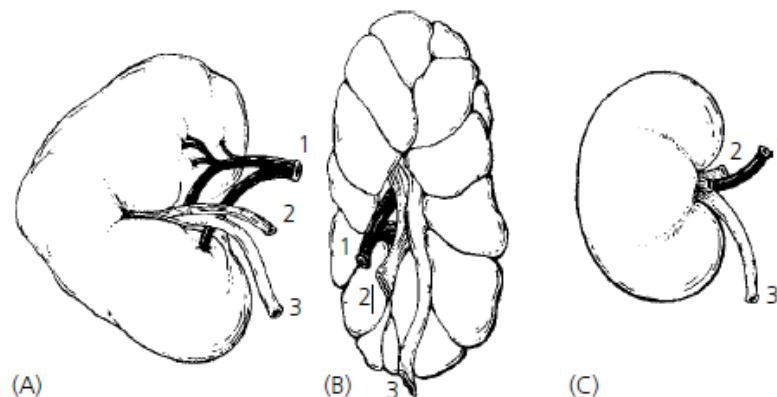


Funkcionalna anatomija bubrega

Parni organi, pasuljastog oblika
Smešteni su retroperitonealno (I do III lum.
pršljen)
Masno tkivo oko bubrega

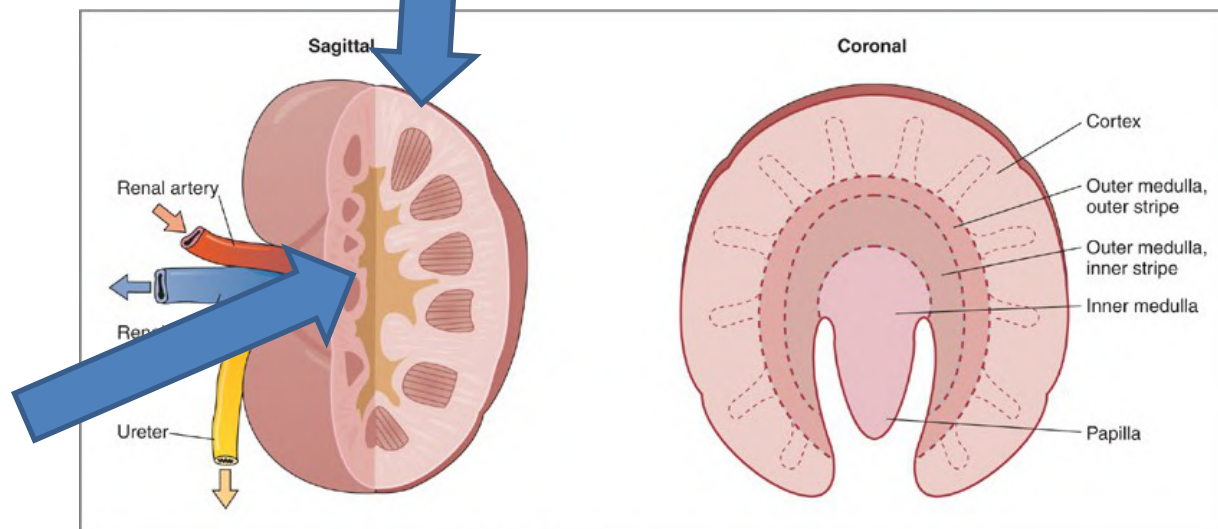
Na površini fibrozna opna, inervisana
površina bubrega – glatka, sem preživara-
režnjevita

U bubrežnu karlicu uliva se konačna mokaća

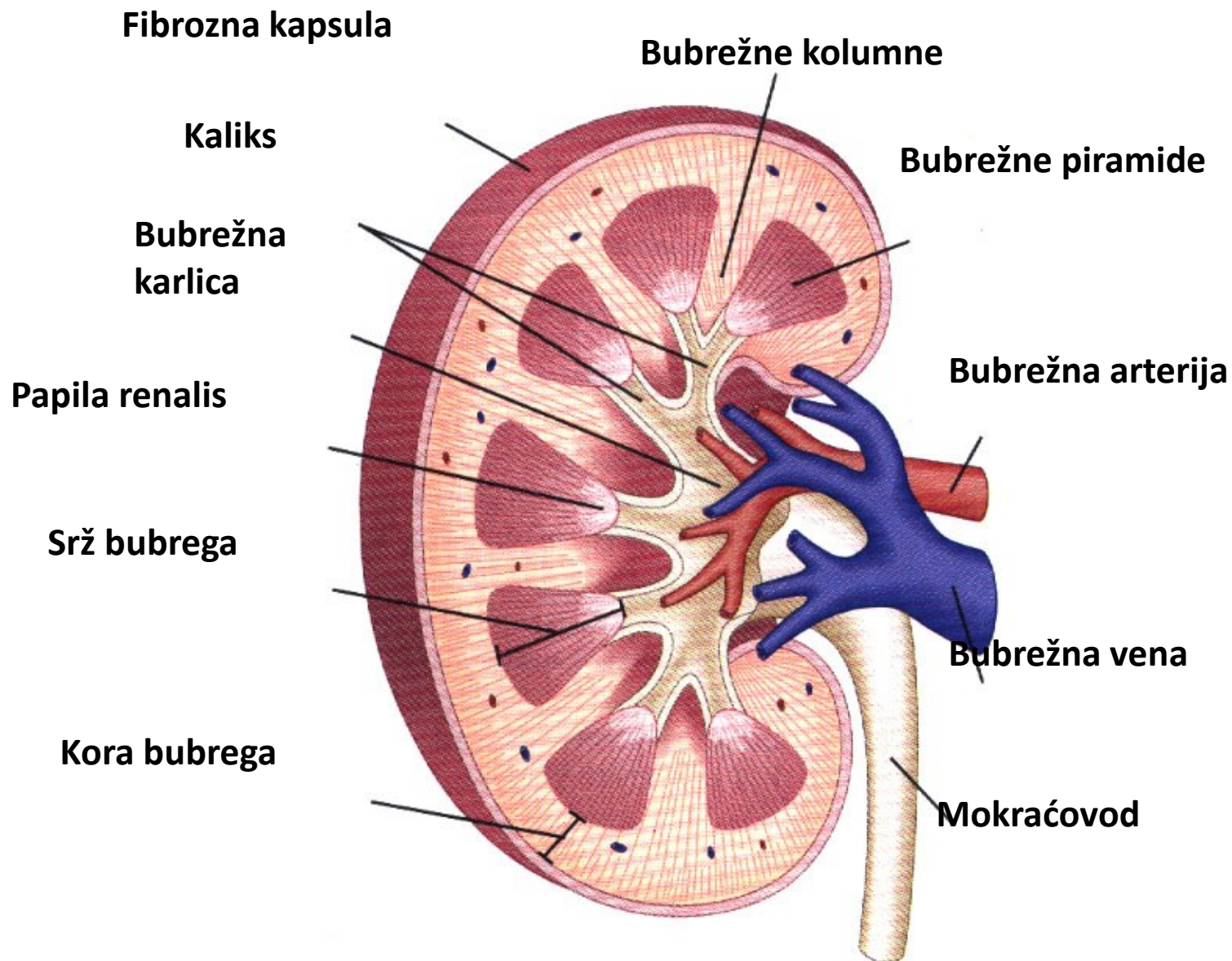


spoljašnji sloj - kora (cortex)

Unutrašnji sloj - srž (medulla)



Funkcionalna anatomija bubrega



Nefron

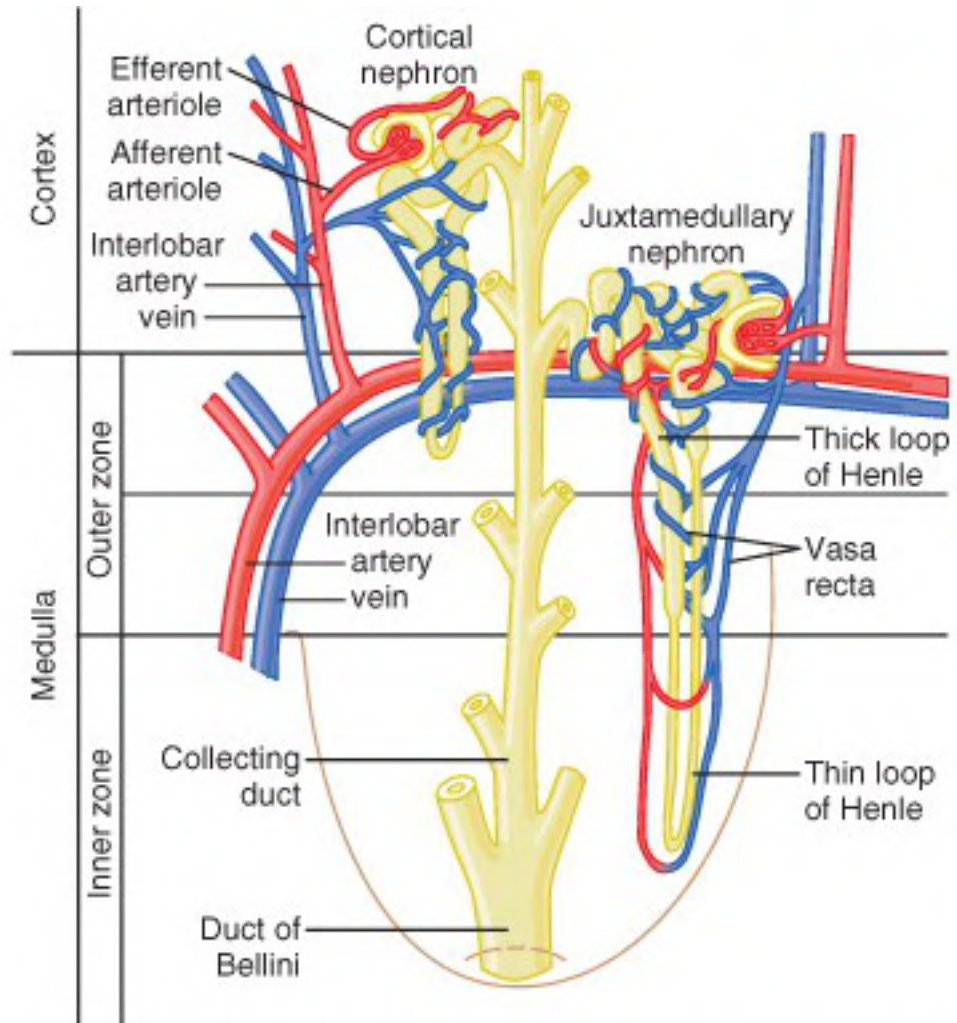
Čovek - 1 do 2 miliona **nefrona**

8-10 x više nefrona kod konja i govečeta

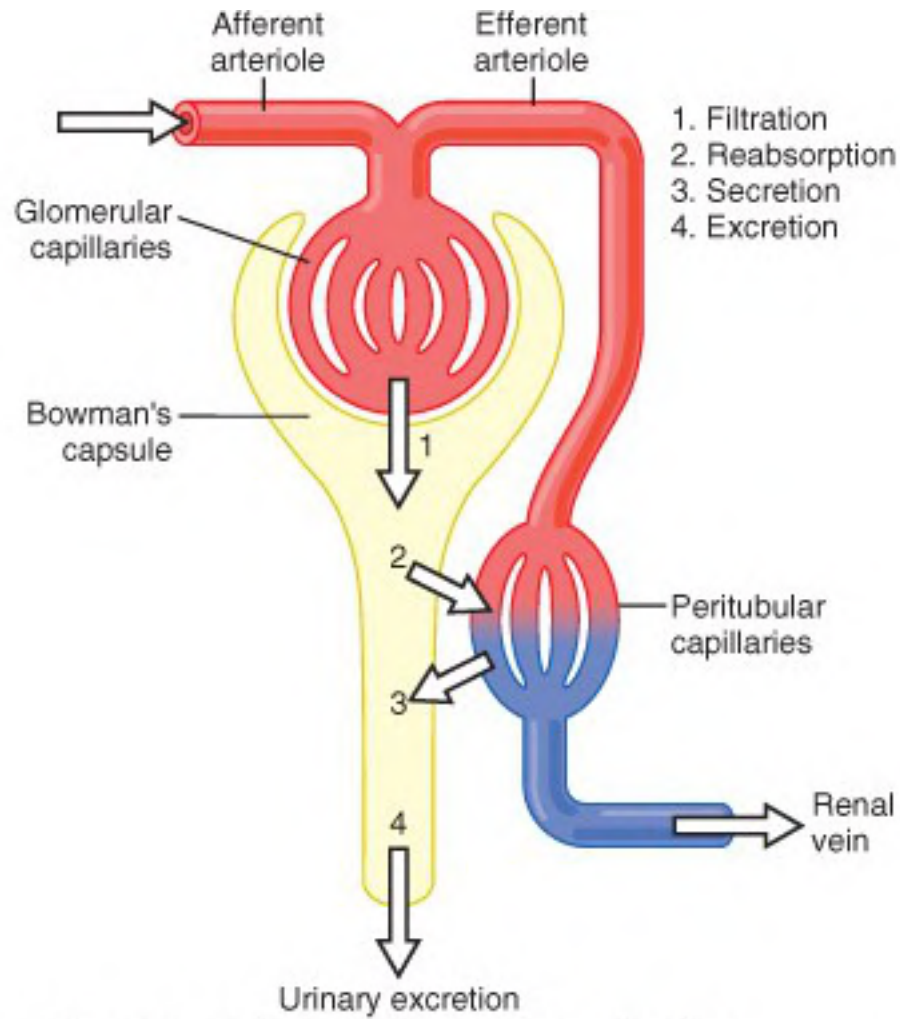
Nemaju sposobnost samoobnove

Kortikalni 80 %

Jukstamedularni 20%



Nefron



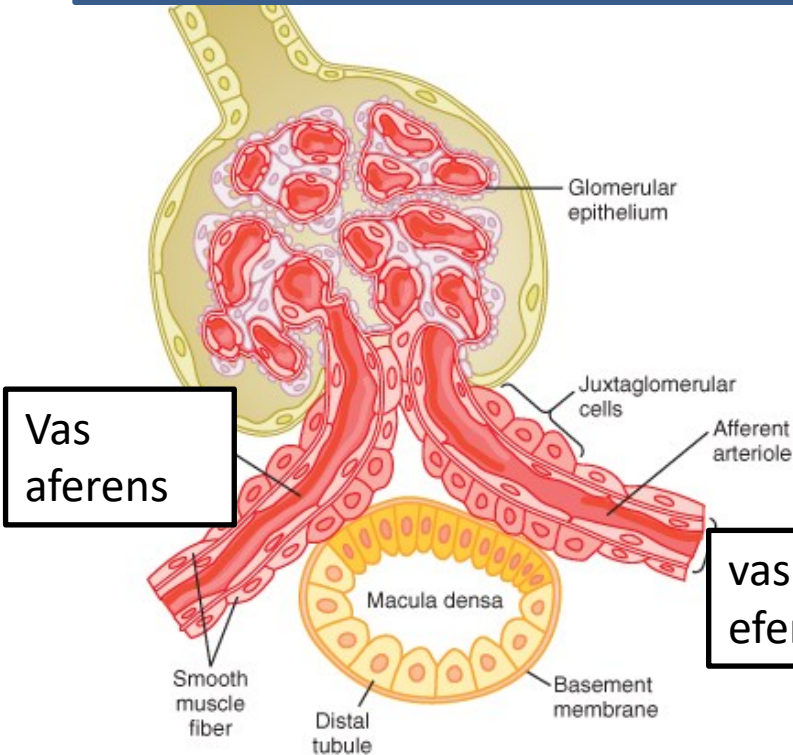
MALPIGIJEVO TELO

Glomerulus

Bowman-ova kapsula

$$\text{Excretion} = \text{Filtration} - \text{Reabsorption} + \text{Secretion}$$

Malpigijevo telo



© Elsevier. Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.studentconsult.com

GLOMERUL

Arterijski splet kapilara - čini **ga 20-40 kapilarnih petlji**

Grana se ponovo na kapilare u predelu tubula-peritubulatni kapilari

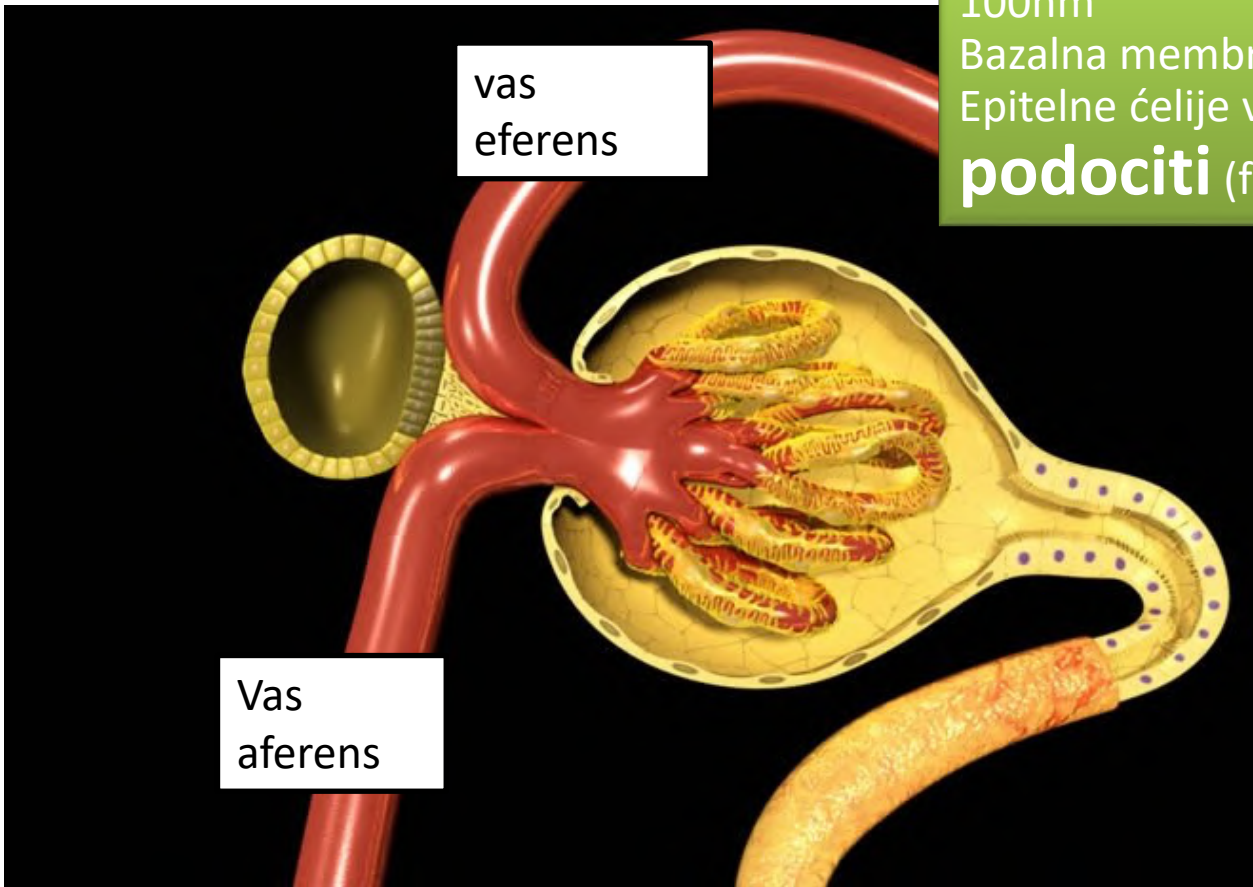
Vas aferens i vas eferens mogu aktivno da menjaju prečnik

Učestvuju u regulaciji visine krvnog pritiska u glomerulu i protoka krvi

BOWMAN-OVA KAPSULA

Dva sloja: visceralni i parijetalni

Glomerulska membrana



vas
eferens

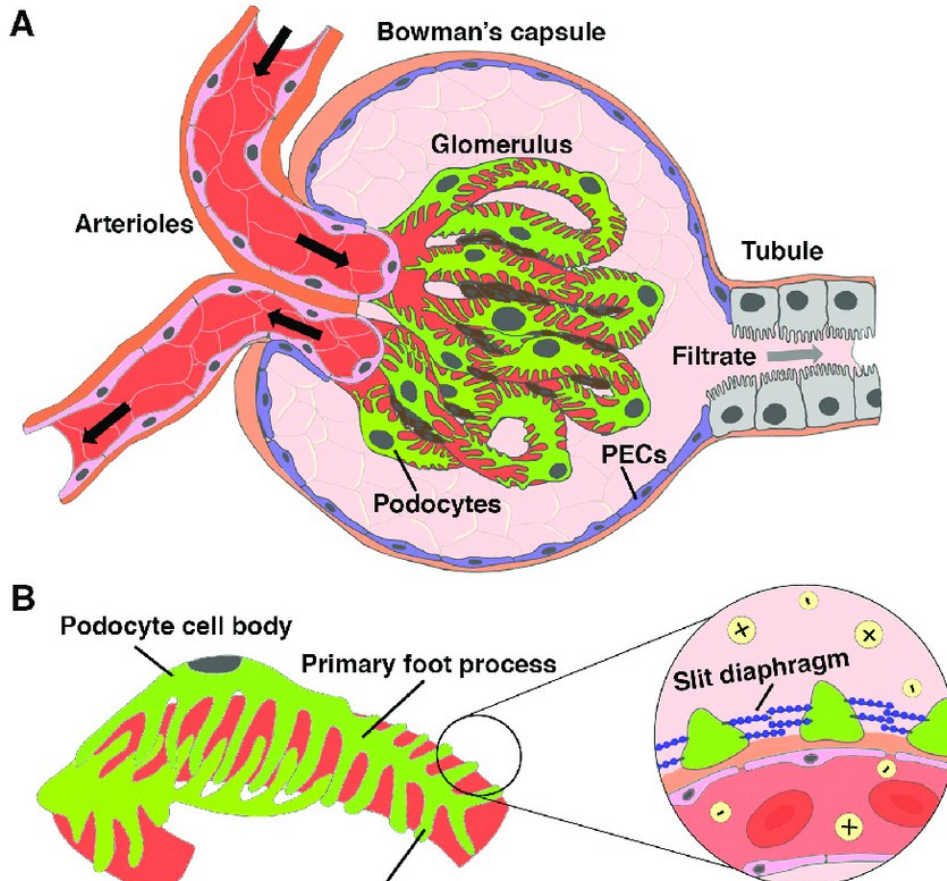
Vas
aferens

Endotel kapilara, prečnik otvora-fenestre do 100nm

Bazalna membrana-ima 3 sloja, prečnik 300nm
Epitelne ćelije visc.lista Bowman-ove capsule –

podociti (filtracione pore-30 do 40 nm)

Glomerulska membrana



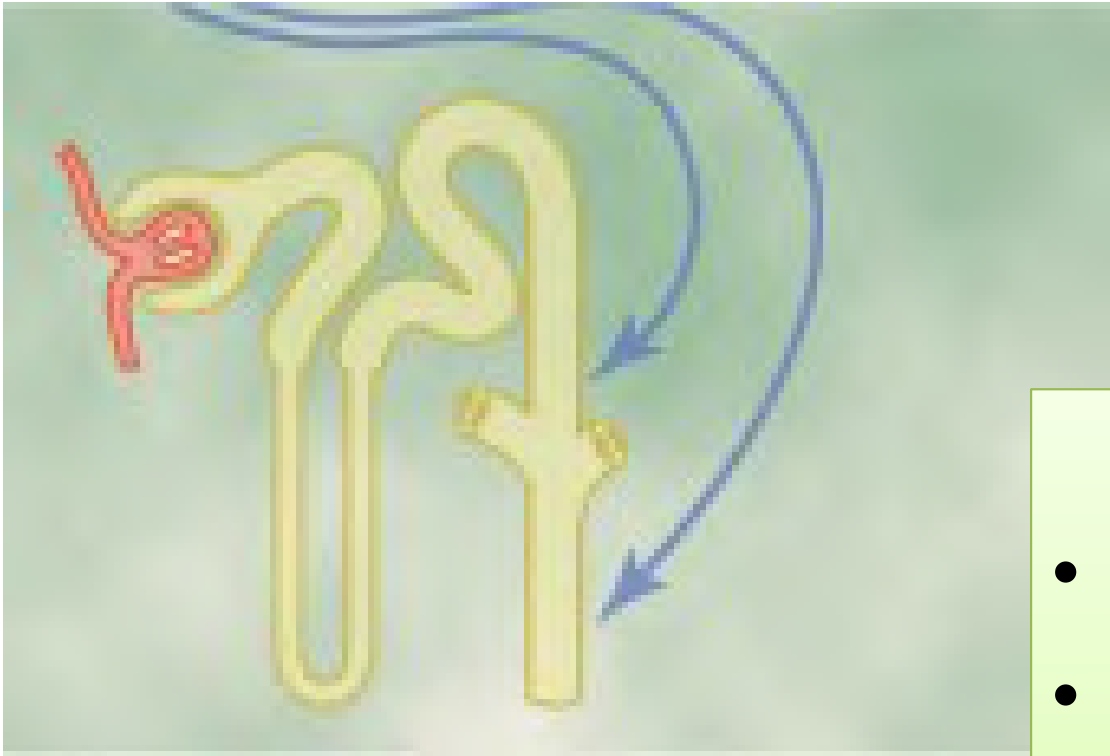
Propušta vodu u potpunosti

Jonizovane molekule zavisno od naelektrisanja i hidratisanosti

Makromolekule zavisno od molekulske mase, naelektrisanja, tercijarne structure

Granica propustljivosti makromolekula 67000 Da

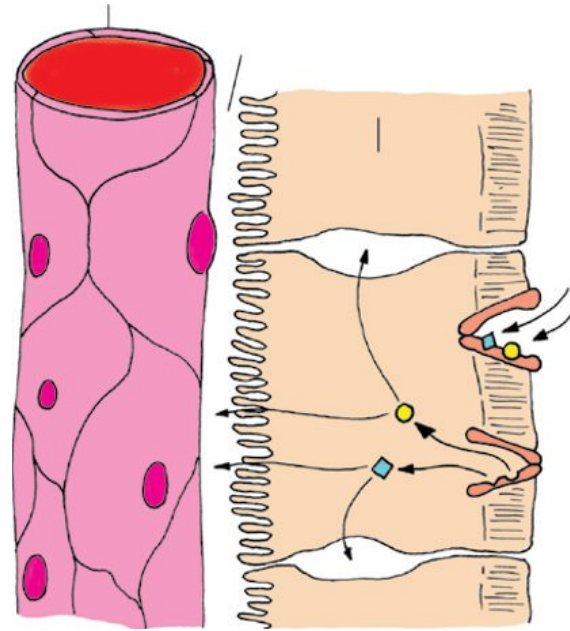
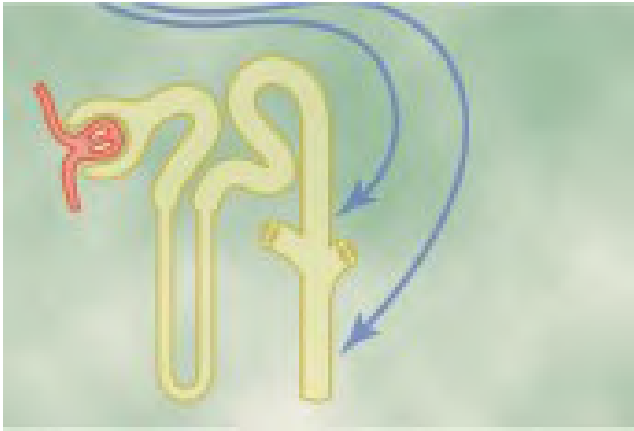
Nefron



SISTEM TUBULA

- Proksimalni tubuli
- Henleova petlja,
- Distalni tubuli
- Sabirni kanalići

TUBULSKI DEO NEFRONA



Proksimalni

srednje prizmatičan epitel

mного mitohondija, mikrovili-četkasta prevlaka

Distalni nisko prizmatičan epitel, manje mitohon.

Mokraća

Nastaje **ultrafiltracijom** krvne plazme u bubrezima



Primarna mokraća



Sekundarna mokraća



Faktori koji omogućavaju ultrafiltraciju

Struktura membrane (500 x propustljivija) u odnosu na druge kapilare sistemskog krvotoka

visok arterijski pritisak-filtracioni pritisak

$$F_p = H_p - (K_{op} + I_{Cp})$$

$$F_p = 9,3 \text{ kPa} - (4 \text{ kPa} + 1,9 \text{ kPa})$$

$$F_p = 3,4 \text{ kPa}$$

- Autoregulacija glomerulske filtracije



STVARANJE PRIMARNE MOKRAĆE

Nastaje u glomerulu-ultrafiltracija krvi

Glomerulski filtrat-primarna mokraća

Sadrži **sve sastojke krvne plazme u obliku pravih rastvora**

Ne sadrži proteine i ćelijske elemente krvi



(hemoglobin-hemoglobinurija)



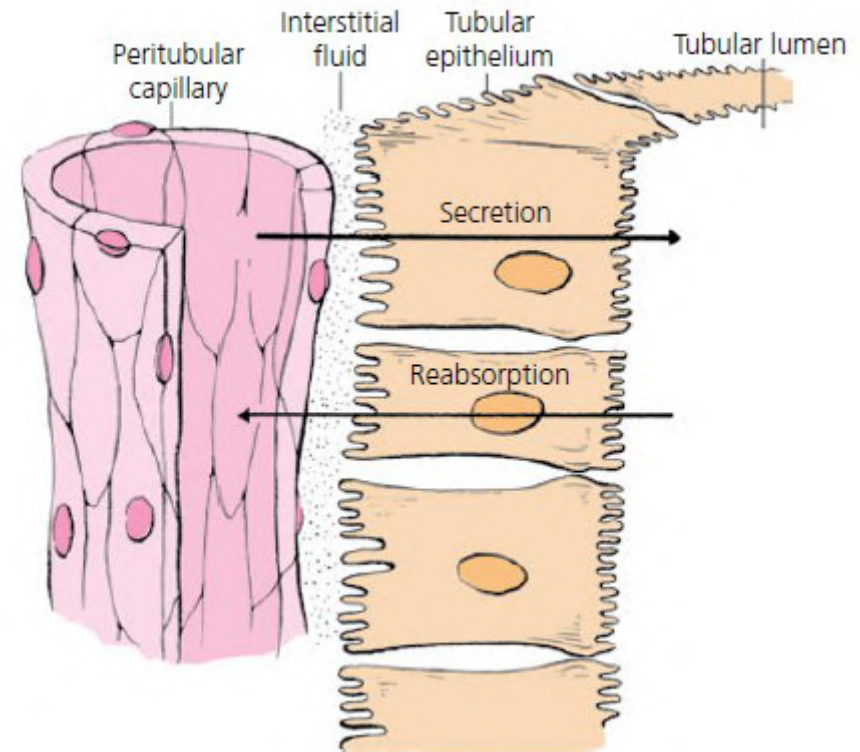
FUNKCIJA TUBULSKOG DELA NEFRONA

Stvaranje sekundarne mokraće

Za 24h stvori se 180 L čovek ; goveče-1000L;
pas-90L primarne mokaće
99% se reapsorbuje
1-1,5% izluči se kao konačna mokaća

Primarna i konačna mok. se kvantitativno i
kvalitativno razlikuju

Reapsorbuju se sastojci potrebni organizmu
Koncentruju se štetni i nepotrebni
Sekretuju se pojedine materije



Prag reapsorpcije

Vrednost koncentracije za neku supstancu ispod koje se ona u potpunosti reapsorbuje iz primarne mokraće

Supstance **sa visokim pragom** (glukoza, amino kiseline, vitamini, Na, K, Ca, Mg)

sa niskim pragom (urea, mokraćna kis.,) fosfati

bez praga (kreatinin, sulfati, hipurna kis.)

prag reapsorpcije za **glukozu** = **8,5 mmol/L**

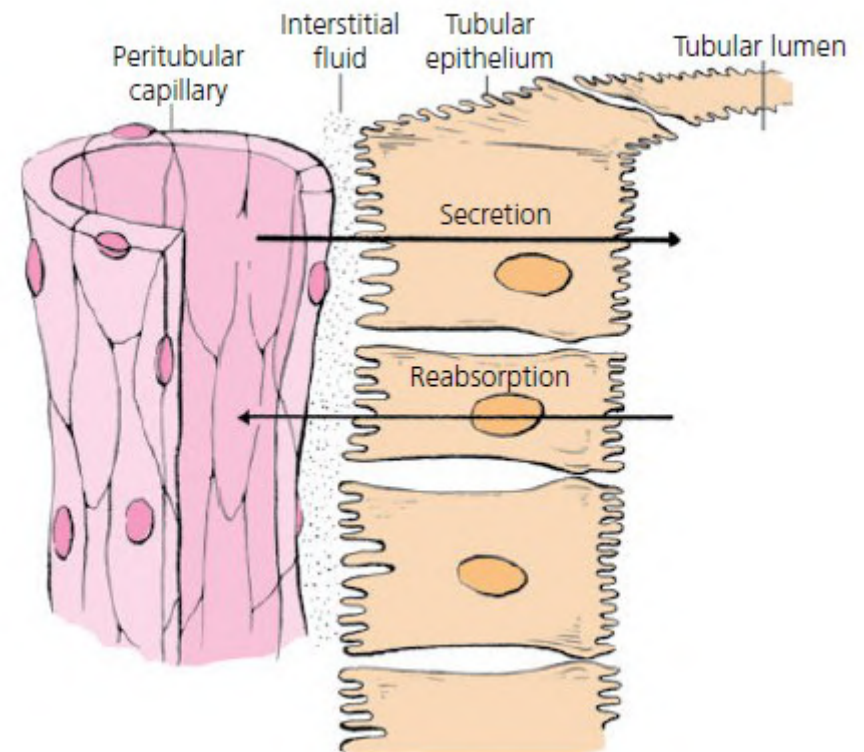


MEHANIZMI REAPSORPCIJE

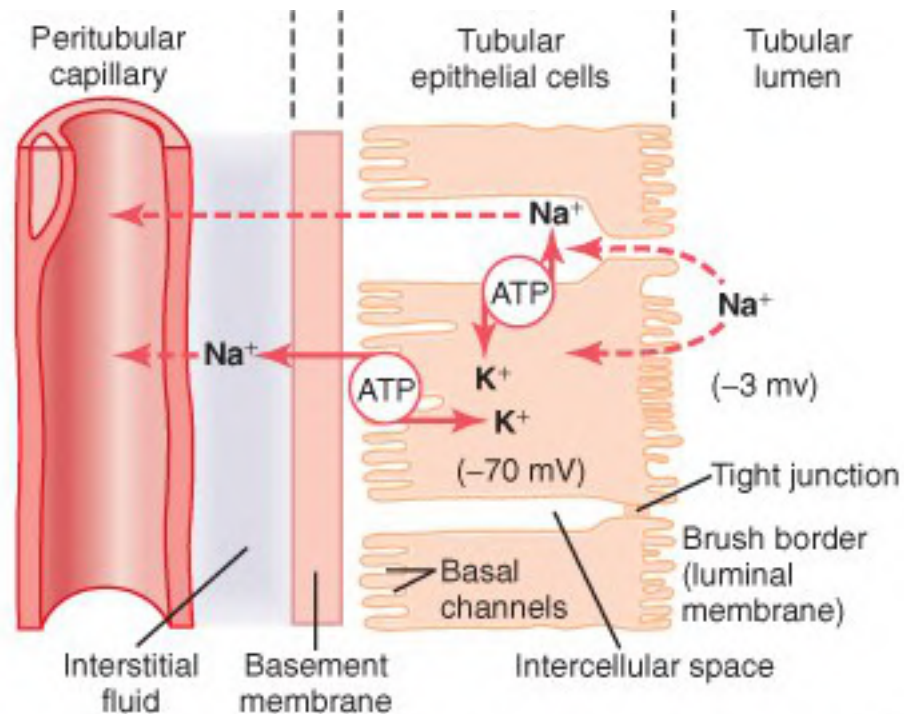
Aktivni transport (glukoza, amino. kis, vit, Na, K, Ca, Mg)

Pasivna transport -difuzija (voda, urea, hloridi, bikarbonati)

Pinocitoza (proteini)

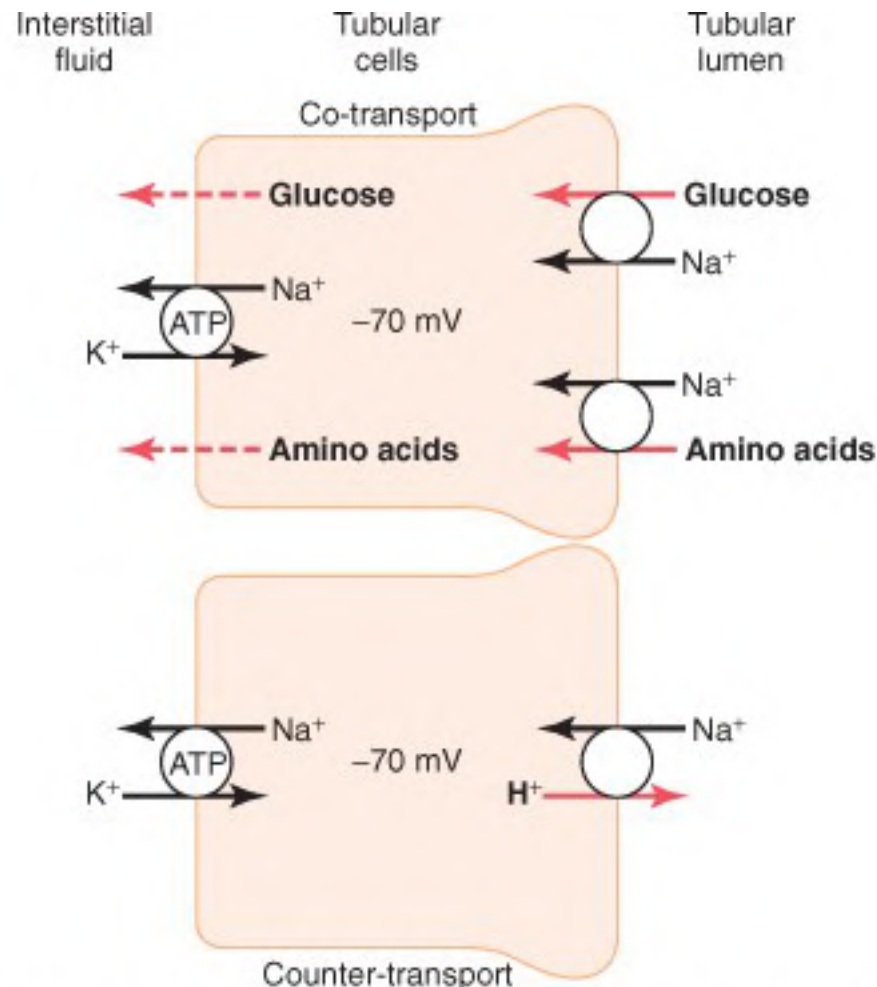


MEHANIZAM REAPSORPCIJE Na⁺



MEHANIZAM REAPSORPCIJE GLUKOZE I AMINOKISELINA

Sekundarni aktivni transport



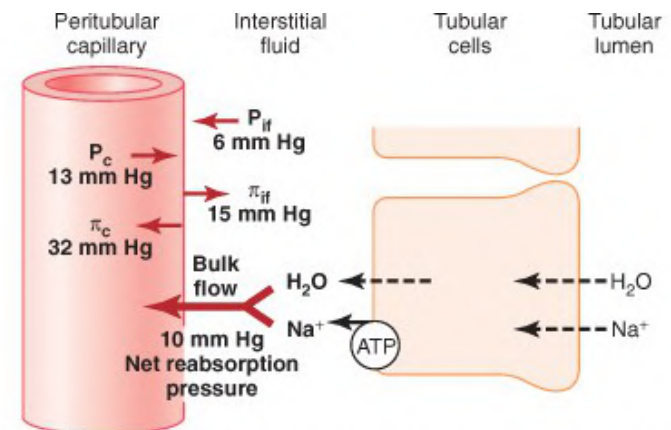
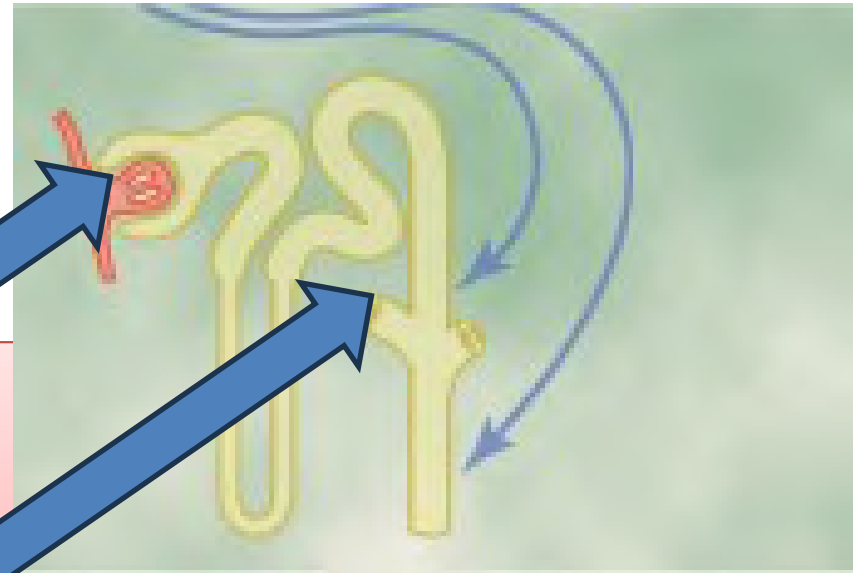
Glukozurija?
Fiziološka-patološka

MEHANIZAM REAPSORPCIJE VODE

Voda se reapsorbuje procesom osomoze

Obavezna-obligatorna reapsorpcija (80%) u proksimalnim tubulima

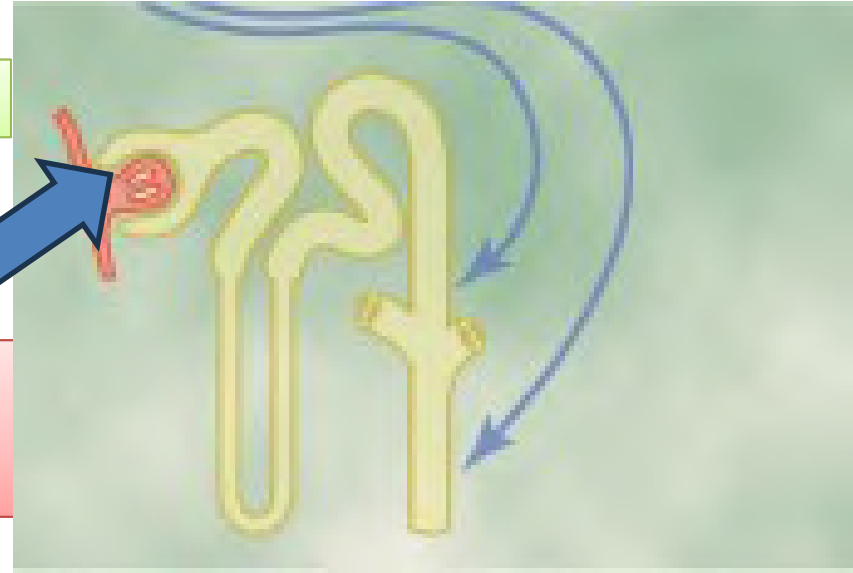
Neobavezna-fakultativna reapsorpcija (20%) U distalnim tubul. i sabirnim kanal.



MEHANIZAM REAPSORPCIJE PROTEINA

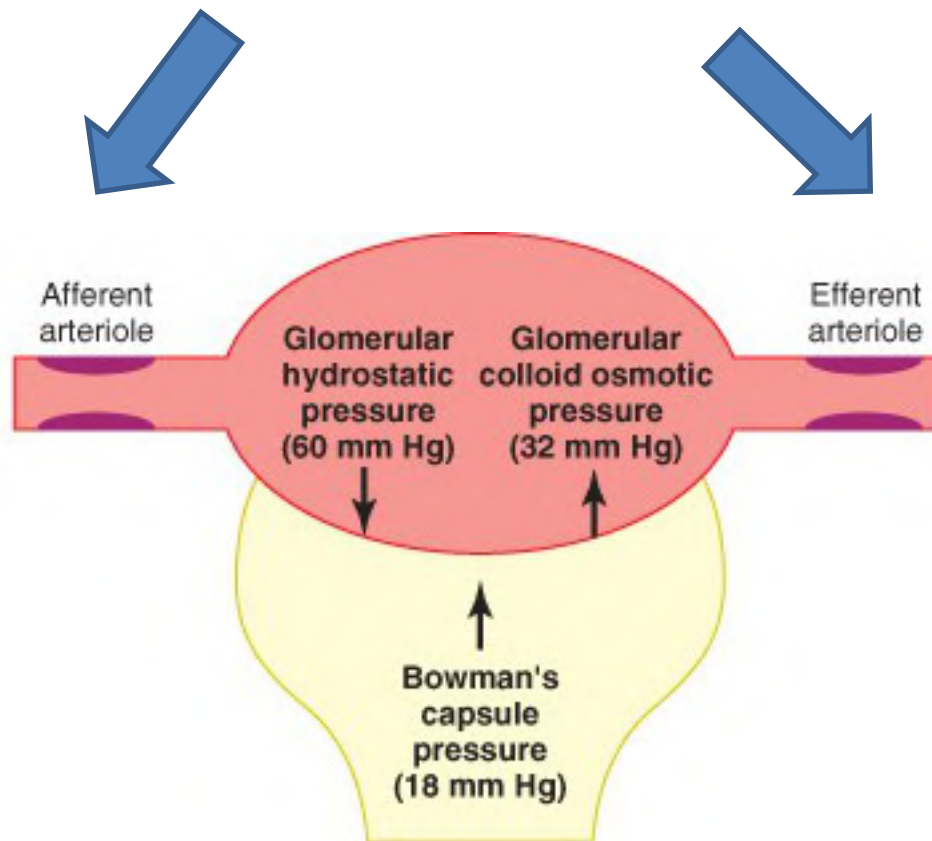
Proteini se reapsorbuju procesom pinocitoze 0,3 g/L

Transportuju se dalje
nepromenjeni u peritubularnu tečnost



Fiziološka proteinurija

Regulisanje glomerulske filtracije



$$\begin{array}{rclcl} \text{Net filtration} & & & & \\ \text{pressure} & = & \text{Glomerular} & - & \text{Bowman's} & - & \text{Glomerular} \\ (10 \text{ mm Hg}) & & \text{hydrostatic} & & \text{capsule} & & \text{oncotic} \\ & & \text{pressure} & & \text{pressure} & & \text{pressure} \\ & & (60 \text{ mm Hg}) & & (18 \text{ mm Hg}) & & (32 \text{ mm Hg}) \end{array}$$

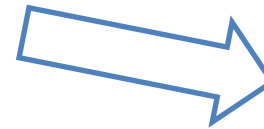
Koncentraciona i diluciona sposobnost bubrega

Diureza

↓
Oligurija

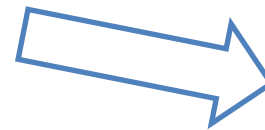
Poliurija
↑

Koncentraciona sposobnost-
Izlučivanje manje količine koncentrovane morkaće

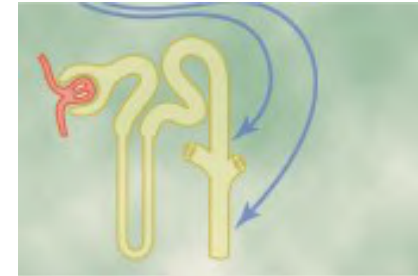


Kada?

Diluciona sposobnost-
Izlučivanje veće količine razređene morkaće



Kada?



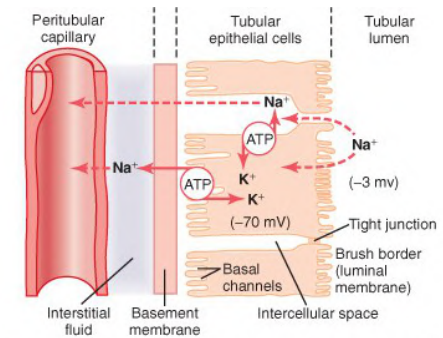
Koncentraciona i diluciona sposobnost bubrega

Ključni faktori

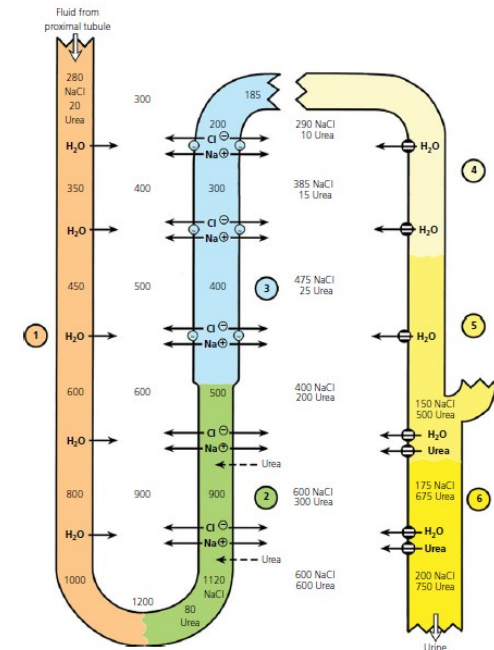
Heterogenost u propustljivosti tubulocita različitih delova tubula

Visoka osmolarnost medule

Osetljivost tubulocita na ADH i fakultativna reapsorbcija vode u distalnim i sabirnim kanalčićima



© Elsevier, Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.studentconsult.com



Šta omogućava visoku osmolarnost medule

Henleova petlja junksta medlarnih nefrona kao protivstrujni umnoživač

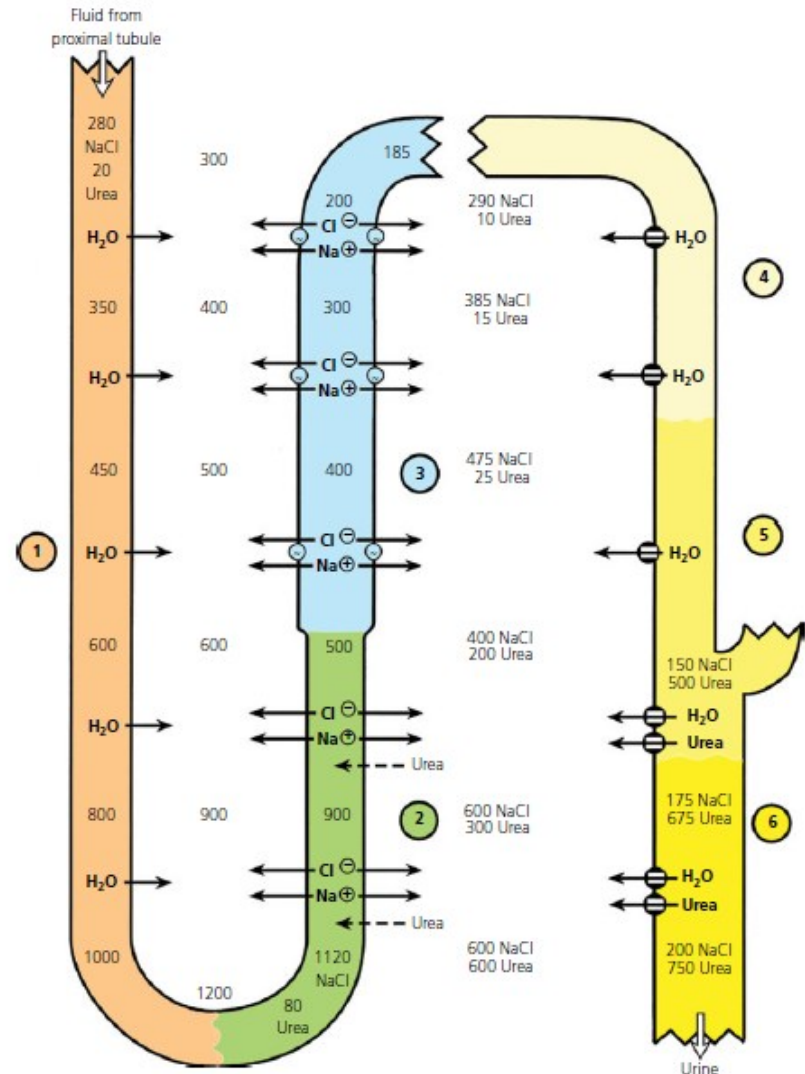
Nizlazni krak

- propustljiv za H₂O
- Nepropustljiv za soli
- Osmotska konc. tubulske teč. raste (1200mmol/l na vrhu)

Uzlazni krak - nepropustljiv za vodu

- Visoka sposobnost transporta Na (visoku koncent. K-Na-ATP-aze)
- Na za sobom povlači i Cl
- Pada osmotska koncentracija (150mmol/L na ulasku u distalni tubul)

Urea



Šta omogućava visoku osmolarnost medule

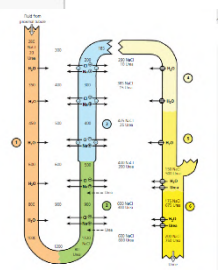
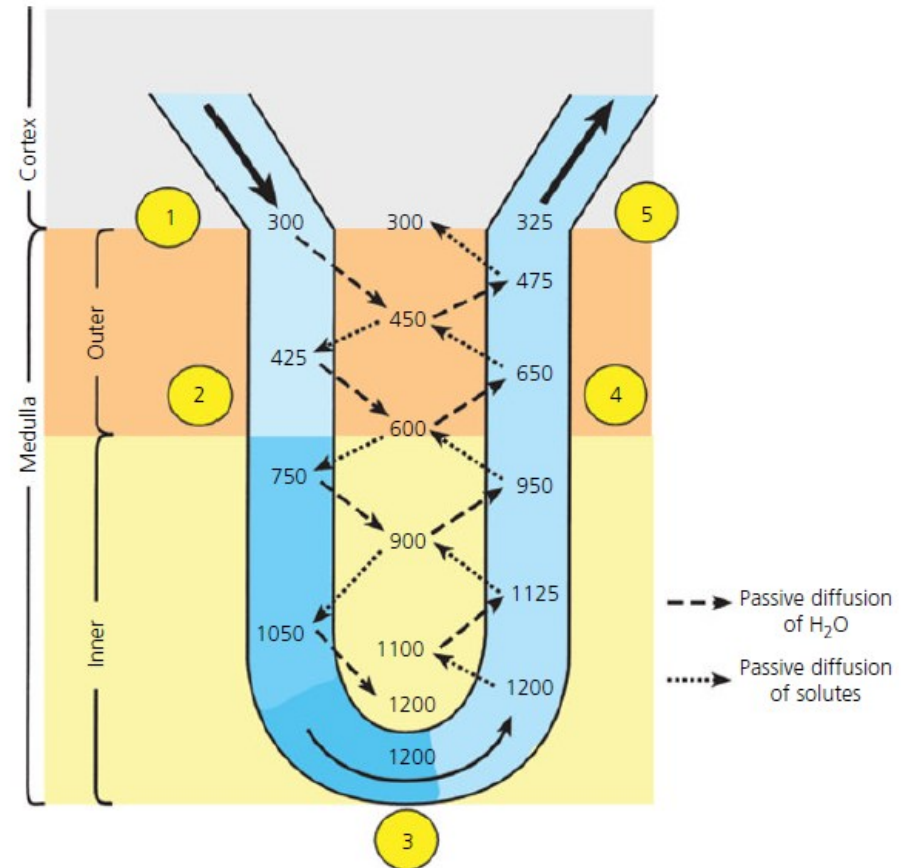
Vasa recta kao protivstrujni izmednjivač

Nizlazni krak

sol i urea difunduju u krv
voda izlazi
osmotska konc. krvi raste (izjednačava se kao u nizlaznom kraku HP)

Uzlazni krak

obrnut tok vode i soli
na izlazu neznatno veća osmot. konc. od krvi koja je ušla
NaCl i urea recirkulišu u meduli, voda se odvodi



Zašto je bitna visoka osmolarnost medule?

Osmoreceptori u
hipotalamusu

Povećanje
osmolarnosti-
gubitak vode

ADH (vazopresin)

Guanin-nukleotid regulišući protein

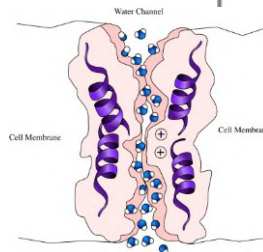
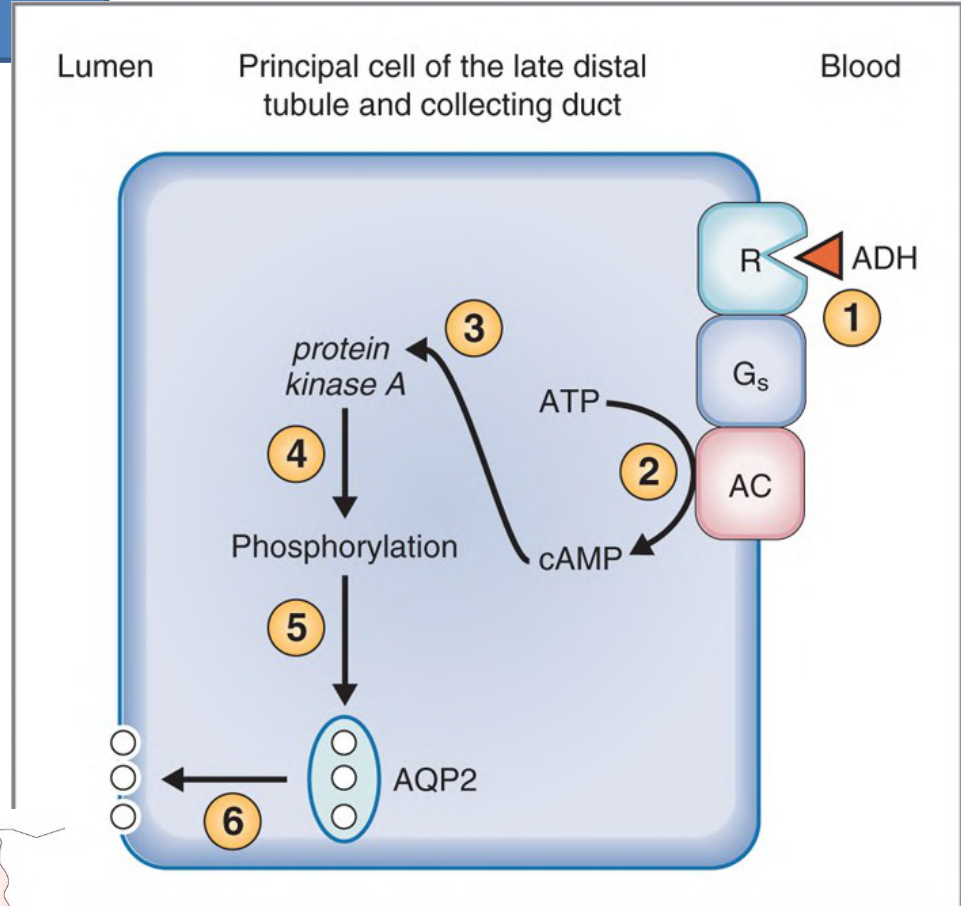
$GDP \rightarrow GTP$

Adenil ciklaza

cAMP

Protein kinaza A

Akvaporin 2 protein



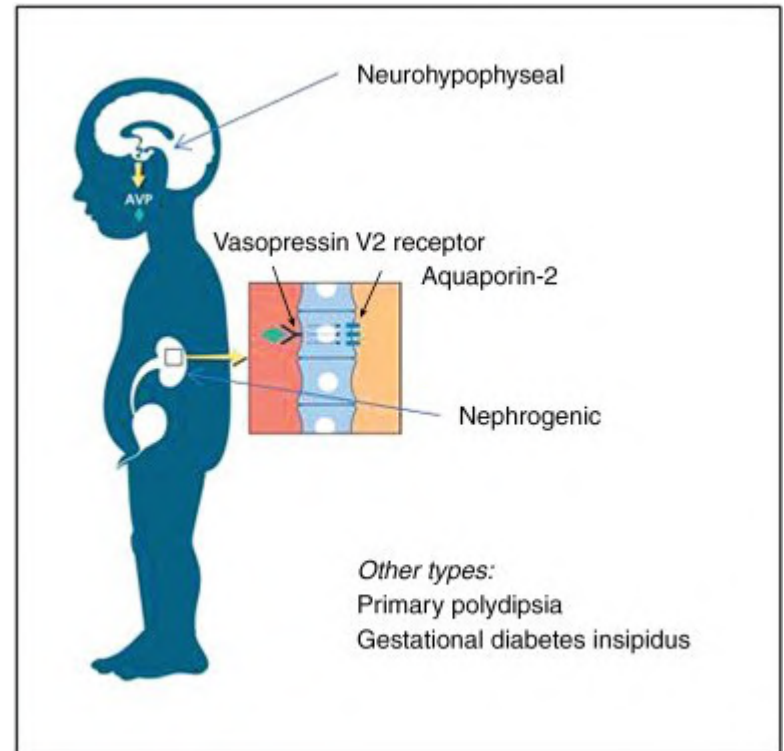
Zašto je bitna visoka osmolarnost medule?

Dijabetes insipidus

Centralni

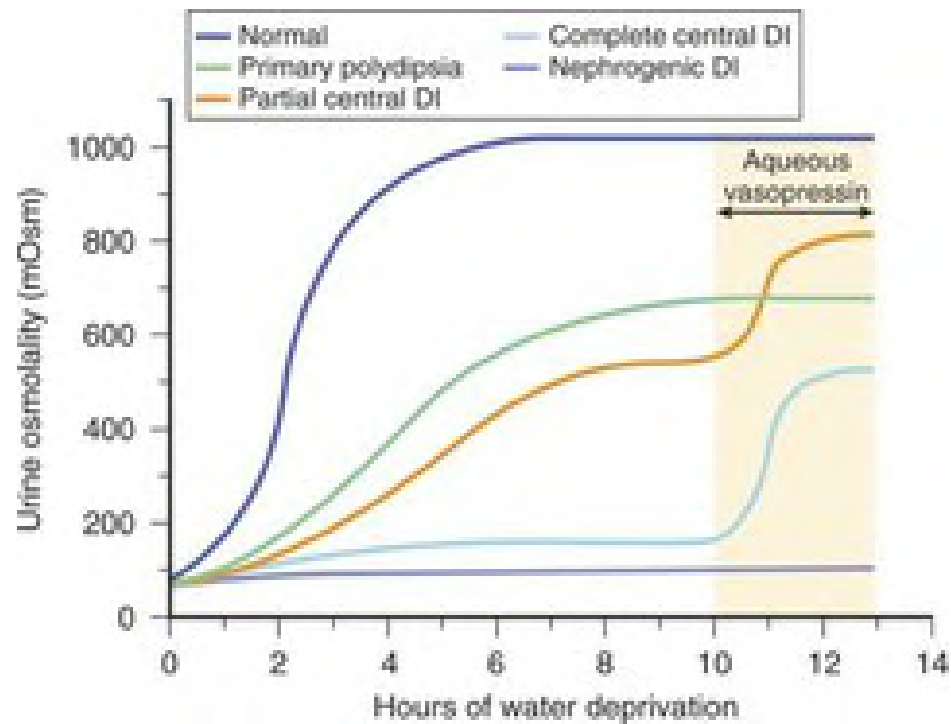
Nefrogeni

Poliurija-
polidipsija
sindrom



Test uskraćivanja vode

Pacijent iz ovog KS 1.007



Razlike izmedju žvotinjskih vrsta

Osmolarnost
medule čoveka
1200 mmol/l

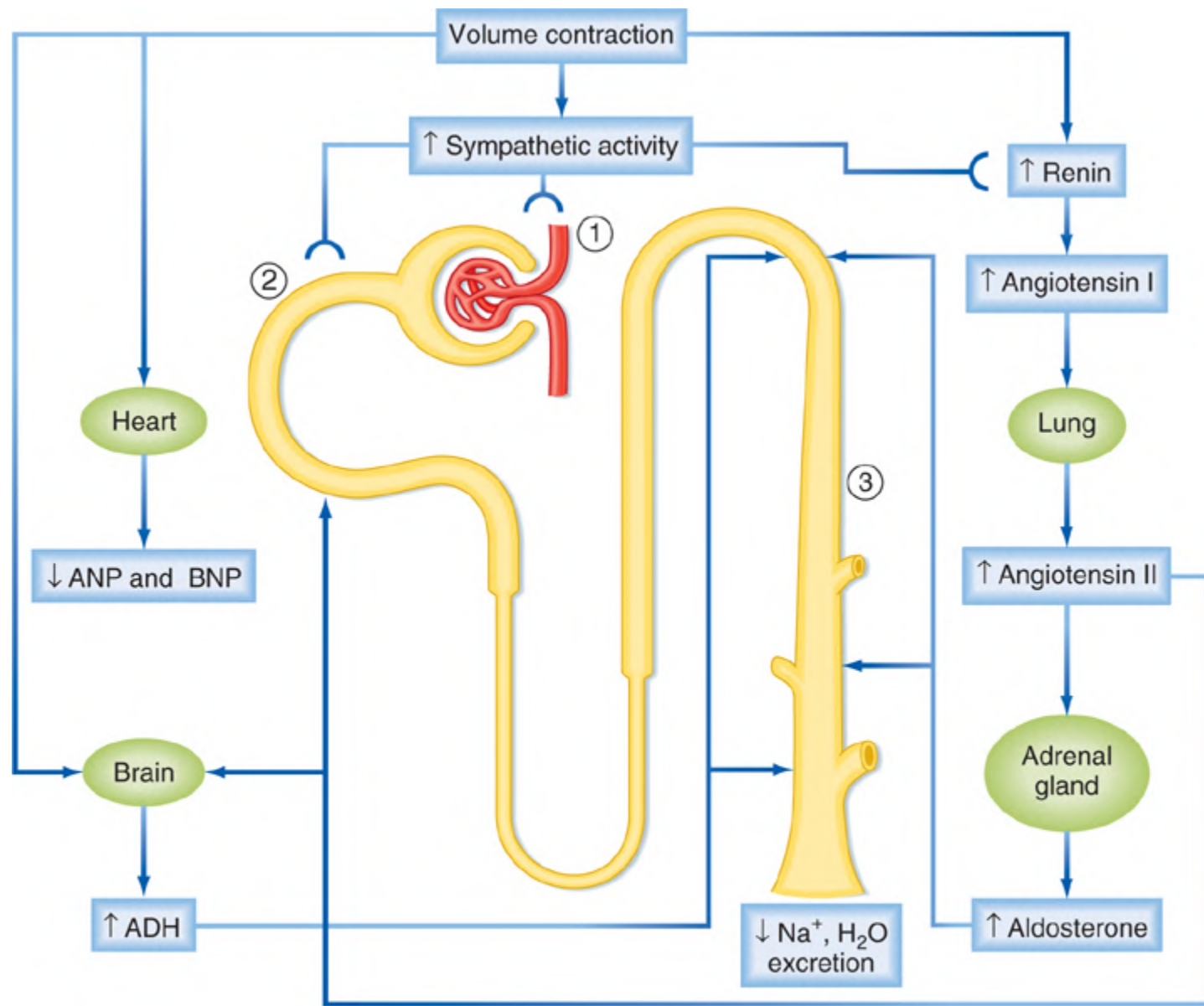


Osmolarnost
medule pustinskih
miševa 5000
mmol/l

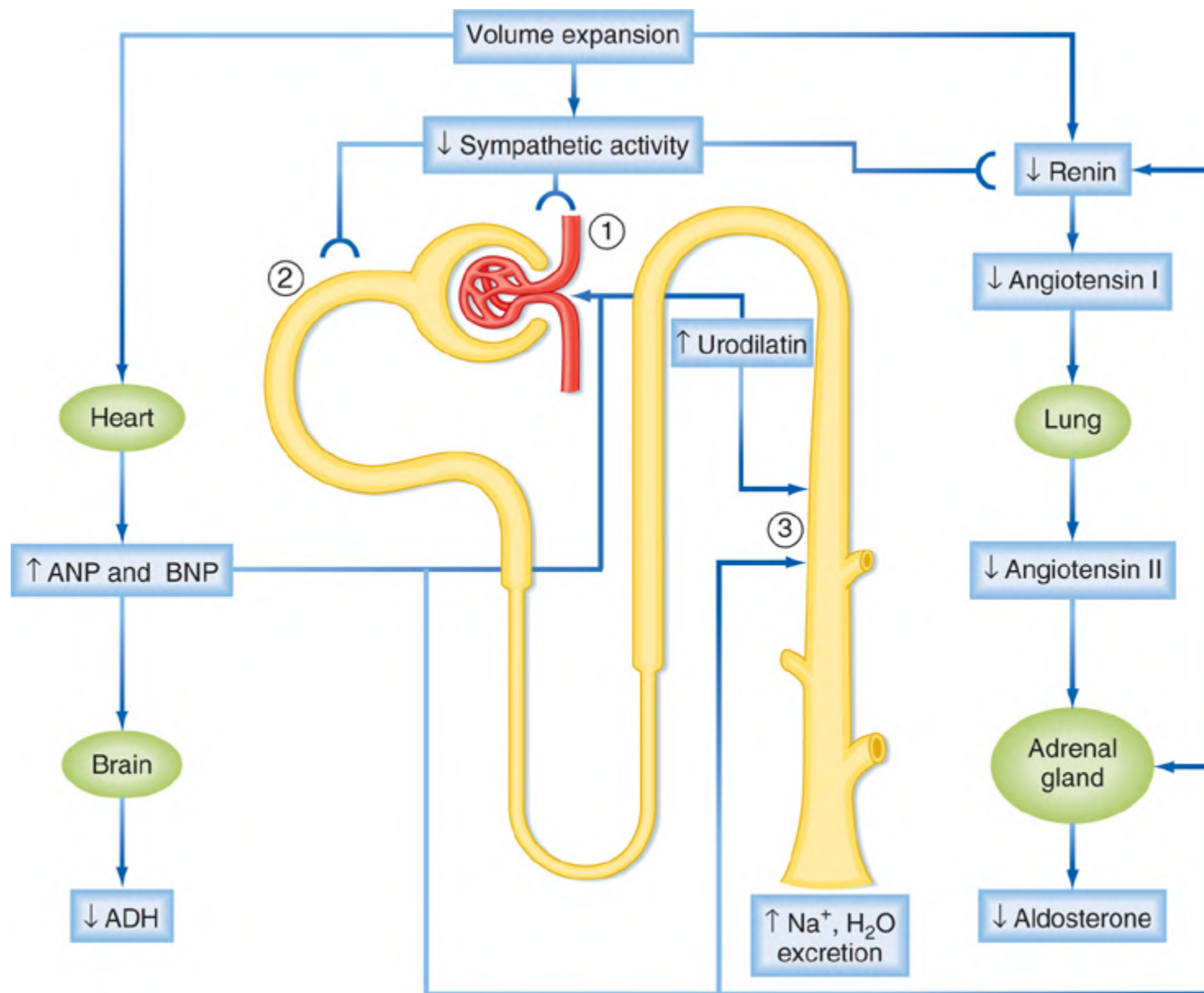


Osmolarnost
medule riba 100
mmol/l





$$\downarrow U_{Na^+} \dot{V} = \downarrow GFR \times P_{Na^+} - \uparrow R$$



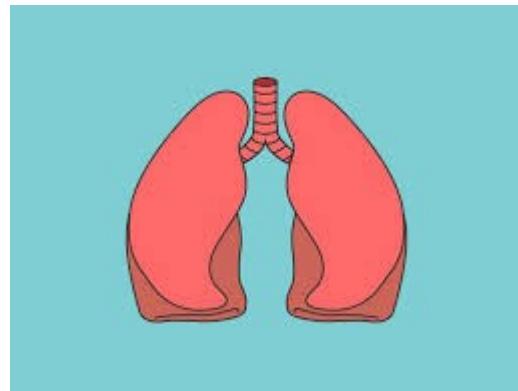
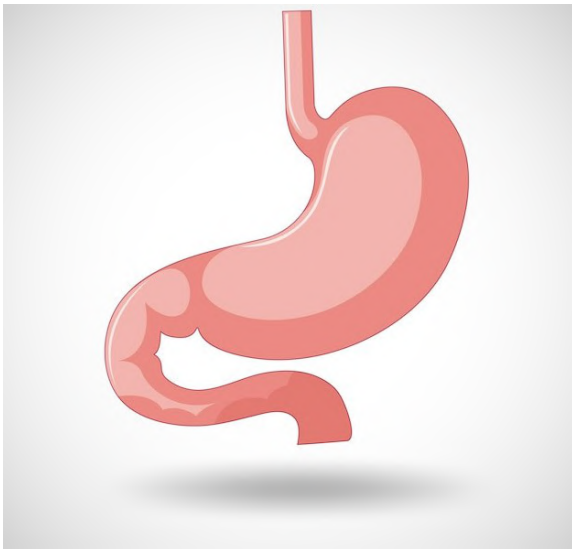
$$\uparrow U_{\text{Na}^+} \dot{V} = \uparrow \text{GFR} \times P_{\text{Na}^+} - \downarrow R$$

ULOGA BUBREGA U ODRŽAVANJU ACIDOBAZNE RAVNOTEŽE

pH krvi?

Acidoza -alkaloza

Organi značajni za održavanje acidobazne ravnoteže?



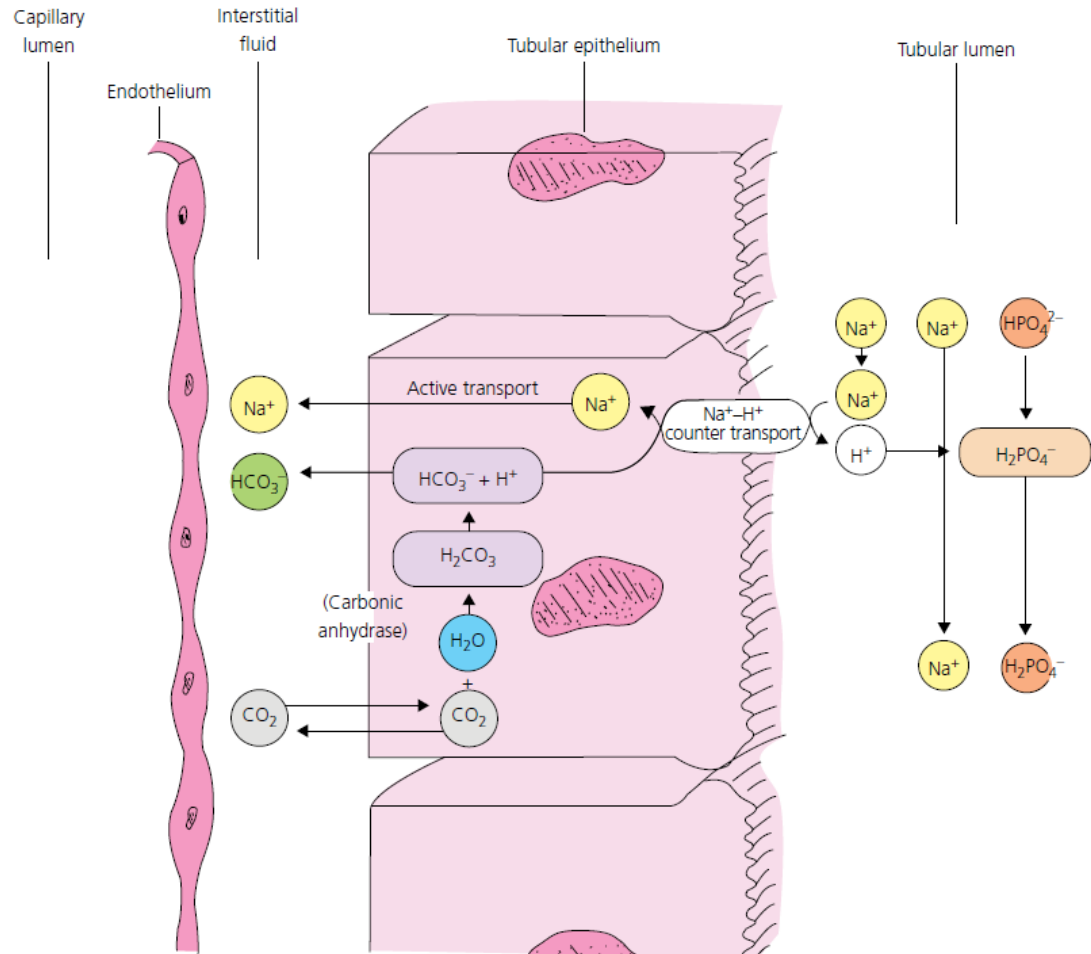
ULOGA BUBREGA U ODRŽAVANJU ACIDOBAZNE RAVNOTEŽE

Uloga bubrega

Regulacija koncentracije HCO_3^- u plazimi

Ekskrecija fiksnih metaboličkih kiselina
Amonijum jon i fosforna kiselina

Chapter 13: Fundamentals of Acid–Base Balance

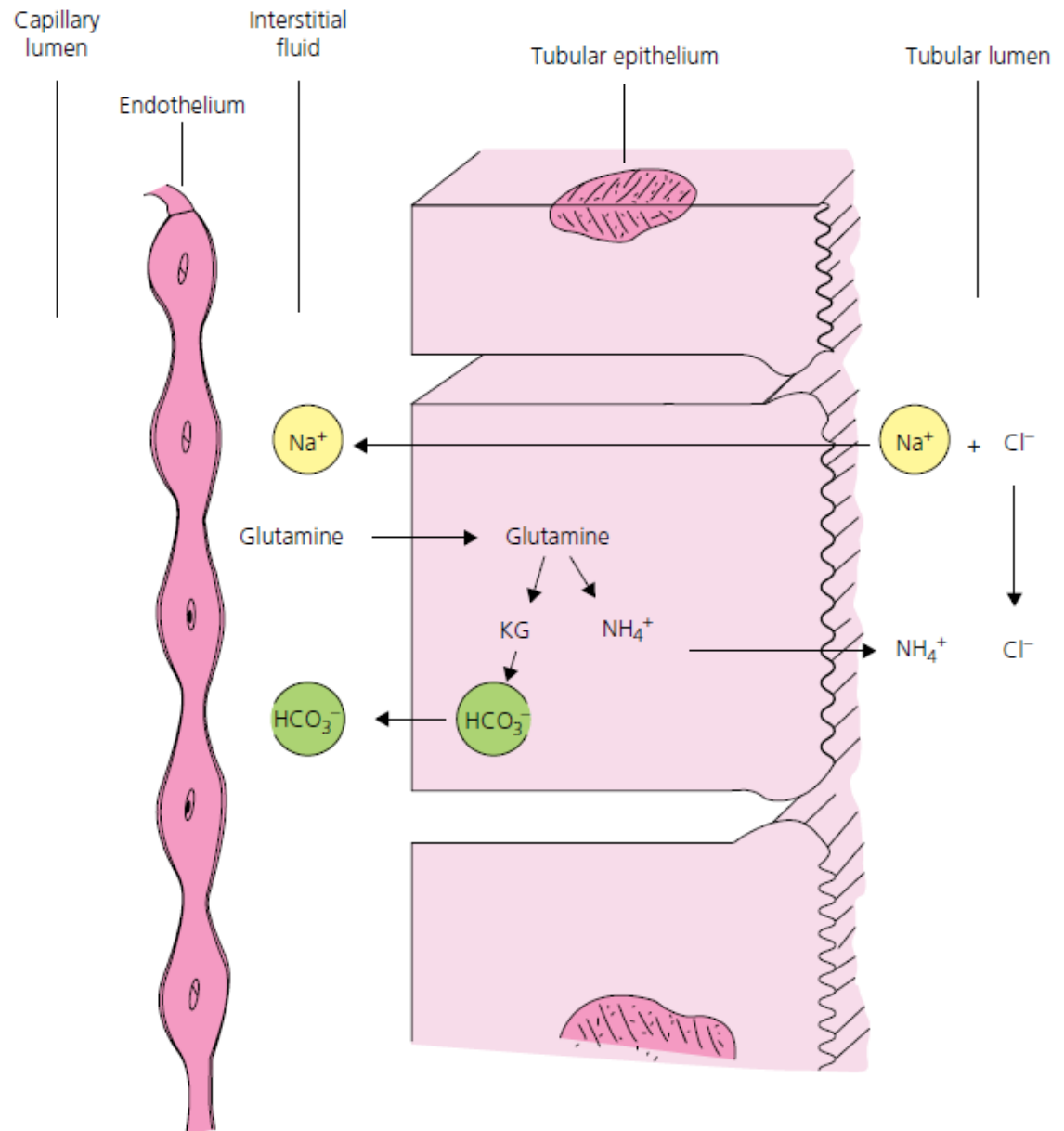


ULOGA BUBREGA U ODRŽAVANJU ACIDOBAZNE RAVNOTEŽE

Uloga bubrega

Regulacija koncentracije HCO_3^- u plazimi

Ekskrecija fiksnih metaboličkih kiselina
Amonijum jon i fosforna kiselina



FUNKCIONALNO ISPITIVANJE BUBREGA



klinički pregled mokraće

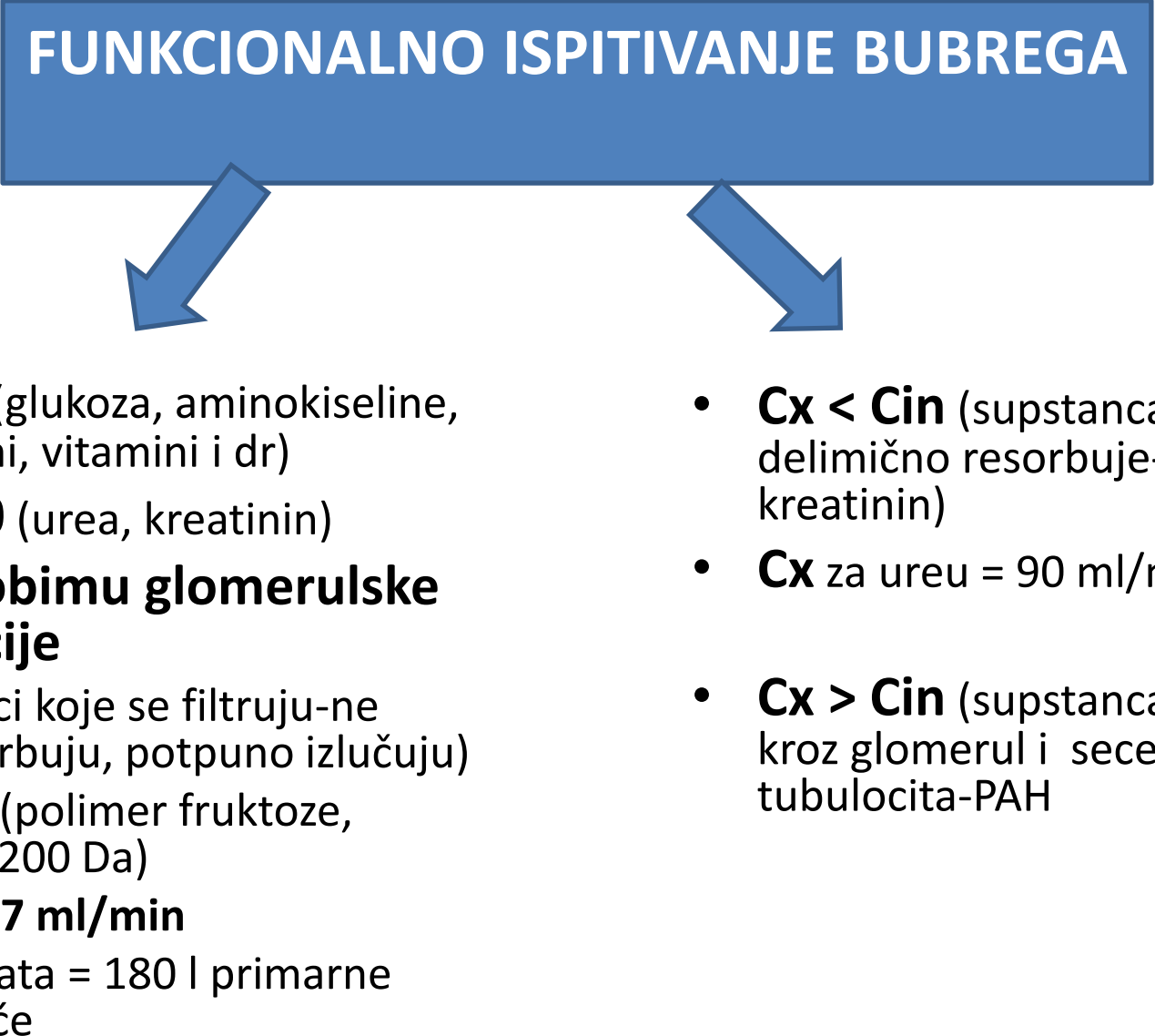
klirens krvne plazme
(clearance)

$C_u \text{ (mg/ml)} \times V_u \text{ (ml/min)}$

$C_x \text{ (ml/min)} = \text{-----}$

$C_p \text{ (mg/ml)}$

FUNKCIONALNO ISPITIVANJE BUBREGA



- **$C_x=0$** (glukoza, aminokiseline, proteini, vitamini i dr)
- **$C_x > 0$** (urea, kreatinin)
- **$C_x =$ obimu glomerulske filtracije**

(sastojci koje se filtruju-ne reapsorbuju, potpuno izlučuju)
-inulin (polimer fruktoze, MW=5200 Da)

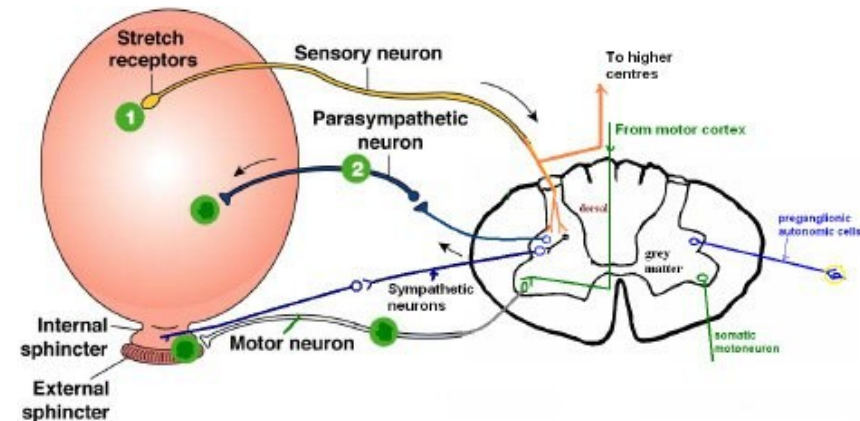
$C_{in}=127 \text{ ml/min}$

za 24 sata = 180 l primarne mokraće

- **$C_x < C_{in}$** (supstanca se delimično resorbuje-urea, kreatinin)
- **C_x za ureu = 90 ml/min**
- **$C_x > C_{in}$** (supstanca se fultruje kroz glomerul i secernira preko tubulocita-PAH)

Fiziologija mokraćne bešike

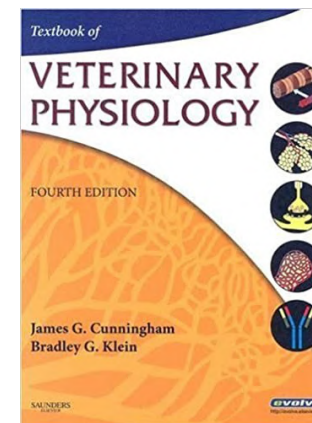
- Refleksni čin
- Receptori u zidu bešike
- Aferentni put - vlakna parasimpatikusa
- Centar (centrum vesico spinale)- sakralni deo (S2-S4)
- Eferentni put- motorna vlakna parasimpatikusa
- Efekat- mikcija
 - kontrakcija zida mokraćne bešike
 - inhibicija tonusa unutrašnjeg sfinktera
 - spoljašnji sfinkter- relaksiran



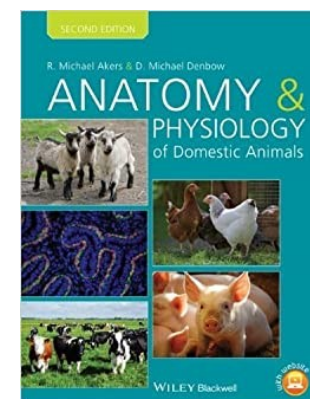
- Viši centri mikcije- pons, kora velikog mozga

Preporučena literatura

Cunningham, James G., and Bradley G. Klein. Veterinary physiology. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2007.
Str. 193-211



Akers, R. Michael, and D. Michael Denbow.
Anatomy and physiology of domestic animals.
John Wiley & Sons, 2013.
Str. 386-404



Za sve dodatne informacije i pomoć oko literature :

ljubomir.jovanovic@gmail.com ili ljubomir.jovanovic@vet.bg.ac.rs

Hvala na pažnji