

**Kauno medicinos universiteto Fiziologijos katedra**

---

***Prof. Egidijus Kėvelaitis***

**Inkstų vaidmuo  
homeostazės palaikyme**

## *Inkstų funkcijos*

---

- Palaiko **organizmo vidaus terpės pastovumą – homeostazę**, keisdami šlapimo kiekį ir sudėtį;
- Reguliuoja **vandens ir mineralinių medžiagų** kiekį organizme ir palaiko jų **pusiausvyrą**;
- Dalyvauja palaikant **rūgščių ir šarmų (bazių) pusiausvyrą**;
- Išskiria **azoto turinčius** baltymų apykaitos produktus, pvz., **šlapalą, kreatiną**;
- Šalina organizmui **svetimas medžiagas**, pvz., vaistus, toksinus;
- Atlieka **endokrininę funkciją**, išskirdami vietinius (reninas, prostaglandinai) ir cirkuliuojančius hormonus (eritropoetinas, kalcitriolis – aktyvioji vit. D forma).

# *Inkstų endokrininės funkcijos*

---

- **Prostaglandinai** ( $\text{PGE}_2$ ) sukelia inkstuose vazodilataciją (kraujagyslių išsiplėtimą) ir didina inkstų šerdies kraujotaką, todėl padeda koncentruoti šlapimą;
- **Reninas** skatina angiotenzinogeno virimą angiotenzinu I, kuris virsta angiotenzinu II, sukeliančiu vazokonstrikciją ir aldosterono išsiskyrimą (**renino – angiotenzino – aldosterono sistema**). Ji reguliuoja arterinį kraujo spaudimą ir organizmo skysčių tūrį;
- **Eritropoetinas** skatina eritrocitų gamybą kaulų čiulpuose, pvz., nukraujavus, anemijos ir hipoksijos metu;
- **Kalcitriolis** skatina kalcio ir fosfatų reabsorbciją inkstų vamzdeliuose, skatina kalcio absorbciją plonojoje žarnoje ir skatina kaulų mineralizaciją ir augimą.

# *Inkstų funkcijos*

---

Struktūrinis ir funkcinis inkstų vienetas yra **nefronas**.

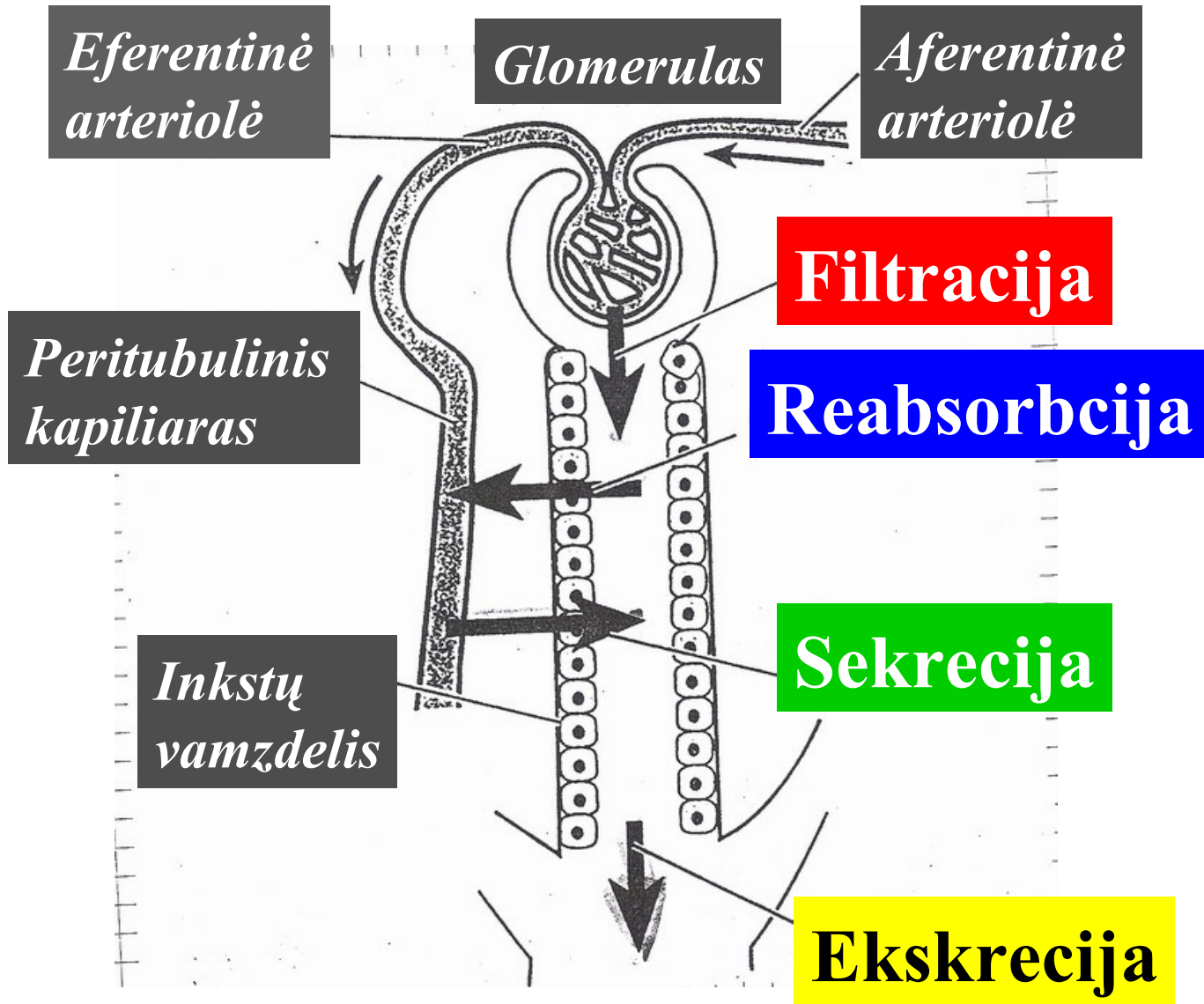
Jis susideda iš **inksto kūnelio** (*corpusculum renis*), kurį sudaro kapiliarų kamuolėlis (*glomerulus*) bei Baumano kapsulė, ir **vamzdelio** (*tubulus*) **sistemos**. Skiriami **žieviniai** (85%) ir **pašerdiniai** (15%), turintys ilgą Henlės kilpą ir svarbūs koncentruojant šlapimą, nefronai.

Glomeruluose **filtruojama** kraujo plazma ir susidaro pirminis šlapimas, kurio sudėtis atitinka kraujo plazmos, išskyrus baltymus, labai mažai praeinančius pro glomerulinį filtrą.

Daugiau kaip 99 proc. filtruoto skysčio ir druskų **reabsorbuojama** inkstų vamzdeliuose.

Inkstuose filtruojasi apie 170-180 l skysčio ir 1,5 kg druskų per parą, o su šlapimu išskiriama 1,5 l skysčio ir 10 g druskų.

Inkstų kraujotaka sudaro 20-25 % širdies minutinio tūrio.



## **Glomerulinę filtraciją lemia Starlingo jėgos:**

### **2) $P_K$ – hidrostatinis spaudimas glomerulo kapiliaruose**

Skatina filtraciją, 50-60 mmHg (2 kartus didesnis negu kitų organų ar audinių kapiliaruose).

### **2) $P_B$ – hidrostatinis spaudimas Baumano kapsulėje**

Priešinasi filtracijai, 12-14 mmHg.

### **3) $\pi_K$ - koloidų osmosinis slėgis glomerulo kapiliaruose**

Priešinasi filtracijai, priklauso nuo plazmos baltymų koncentracijos, 25 mmHg.

### **4) $\pi_B$ – koloidų osmosinis slėgis Baumano kapsulėje**

Skatina filtraciją, priklauso nuo baltymų koncentracijos Baumano kapsulėje, tačiau fiziologinėse sąlygose = 0.

## ***Glomerulinės filtracijos greitis (GFR)***

---

$$GFR = K_f \times P_{ef}$$

**$K_f$**  – filtracijos koeficientas (priklauso nuo glomerulinio filtro)

**$P_{ef}$**  – efektyvus filtracinis spaudimas

$$P_{ef} = P_K - P_B - \pi_K + \pi_B$$

**$P_K$**  – hidrostatinis spaudimas glomerulo kapiliaruose

**$P_B$**  – hidrostatinis spaudimas Baumano kapsulėje

**$\pi_K$**  - koloidų osmosinis slėgis glomerulo kapiliaruose

**$\pi_B$**  – koloidų osmosinis slėgis Baumano kapsulėje

# Glomerulinės filtracijos greičio matavimas

**Norma:**

$$GFR = 120 \text{ ml/min.}$$

Matuojamas **klirensas** (angl. *Clear*) – **C**

$$C = U \times V / P$$

**U** – medžiagos koncentracija šlapime

**V** – minutinis šlapimo tūris (ml/min.)

**P** – medžiagos koncentracija kraujo plazmoje

**C** – **klirensas**, kuris rodo plazmos tūrį, išvalomą nuo medžiagos per laiko vienetą. GFR tiriamosios medžiagos: **inulinas** (augalinis polisacharidas), **kreatininas** (medžiagų apykaitos produktas).



# ***Klirensų sąvoka***

---

- Visų tiriamųjų medžiagų **klirensas** matuojamas tais pačiais matavimo vienetais (**ml/min.**) ir rodo inkstų funkciją;
- Klirensas nepriklauso nuo momentinės medžiagos koncentracijos kraujo plazmoje, o **priklauso nuo** medžiagos koncentracijos šlapime ir kraujo plazmoje **santykio**:
- Jeigu tiriamoji medžiaga, pvz., **inulinas**, nereabsorbuojama iš inkstų vamzdelių atgal į kraują, o tik filtruojama glomeruluose, jos klirensas atitinka  **$GFR = 120 \text{ ml/min.} = C_{\text{inulinas}}$** ;
- Jeigu tiriamoji medžiaga, pvz., **paraaminohipuratas (PAH)**, ne tik filtruojama glomeruluose, bet ir sekretuojama, tačiau nereabsorbuojama inkstų vamzdeliuose, jos klirensas naudojamas kraujo plazmos tėkmei inkstuose matuoti:  
 **$C_{\text{PAH}} = 630 \text{ ml/min.}$**

# Reabsorbcija inkstų vamzdeliuose

- **Artimuosiuose (proksimaliuosiuose) inkstų vamzdeliuose** visiškai reabsorbuojami (iki 100 proc.) filtruota **gliukozė** ir **aminorūgštys**, iki 92 proc. **bikarbonatų** ( $\text{HCO}_3^-$ ), 65-70 proc.  **$\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , vandens**, 60 proc.  **$\text{Ca}^{2+}$** , 30 proc.  **$\text{Mg}^{2+}$** .
- **Henlės kilpoje** reabsorbuojama apie 20 proc. filtrato. Kylančioji storoji Henlės kilpos dalis nepralaidi vandeniui, o  **$\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$**  aktyviai reabsorbuojami, todėl skystis šioje vamzdelių sistemos dalyje visada būna **hipotoninis**.
- **Tolimuosiuose (distaliuosiuose) ir surenkamuosiuose vamzdeliuose** hormonai (aldosteronas, antidiurezinis hormonas - ADH (vazopresinas), prieširdžių natriurezinis peptidas) reguliuoja  **$\text{Na}^+$  ir/ar vandens reabsorbciją**.

# ***Hormonų poveikiai inkstams***

---

- Antinksčių žievės hormonas **aldosteronas** didina  $\text{Na}^+$  ir vandens reabsorbciją bei  $\text{K}^+$  sekreciją;
- **Prieširdžių natriurezinis peptidas (atriopeptinas)** mažina  $\text{Na}^+$  ir vandens reabsorbciją, todėl didina jų išsiskyrimą su šlapimu (natriurezę);
- **Antidiurezinis hormonas (vazopresinas)** didina vandens reabsorbciją, todėl skatina **šlapimo koncentravimą** ir didina jo osmosinį slėgį, tačiau mažina tūrį. Neišsiskiriant iš neurohipofizės vazopresinui, inkstų surenkamieji vamzdeliai tampa nepralaidūs vandeniui, todėl vyksta **šlapimo praskiedimas**, nes mažėjo jo osmosinis slėgis ir didėja tūris.

# *Inkstai ir rūgščių-šarmų (bazių) pusiausvyrą*

Organizmo rūgščių ir šarmų (bazių) pusiausvyrą inkstai palaiko įvairių **kompensacinių mechanizmų** būdu:

- Išskiria (alkalozės metu) arba reabsorbuoja (acidozės metu) **bikarbonatus** ( $\text{HCO}_3^-$ );
- Išskiria acidozės metu **amonio jonus** ( $\text{NH}_4^+$ );
- Išskiria acidozės metu **protonus** ( $\text{H}^+$ ).

