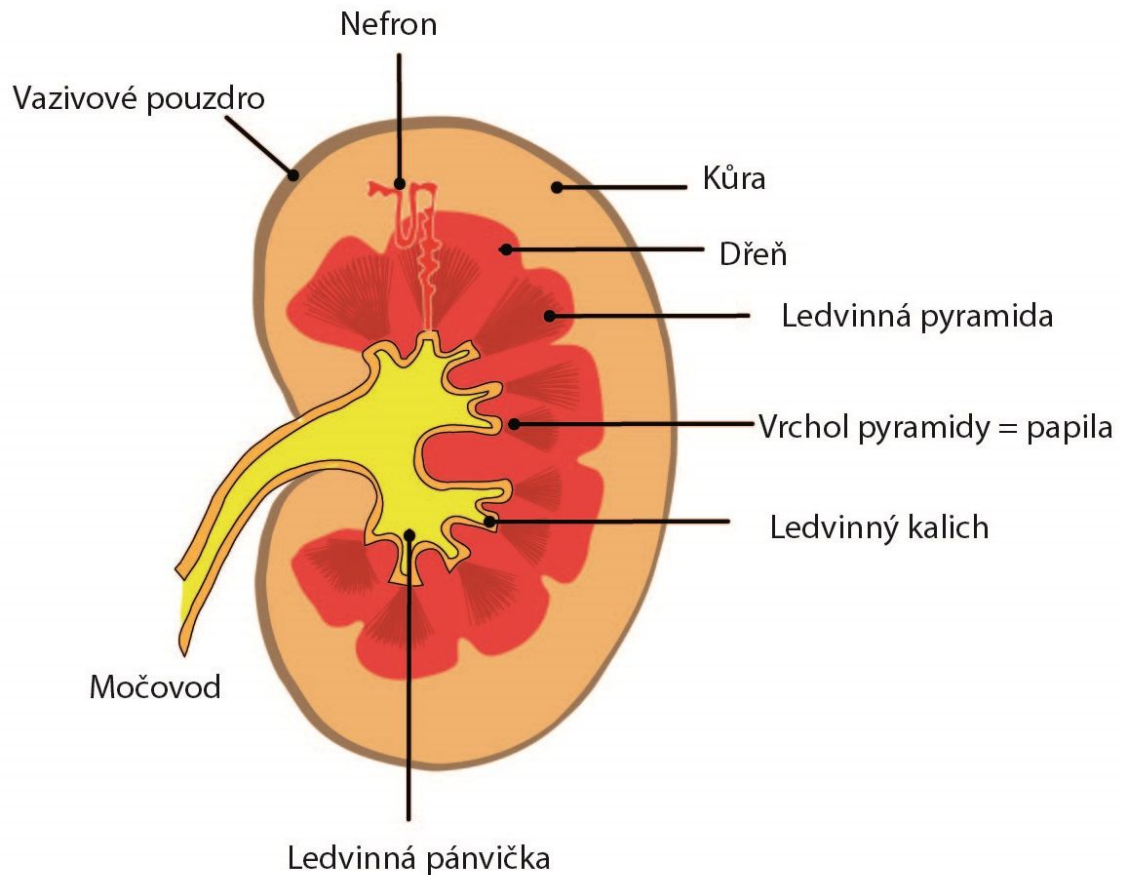
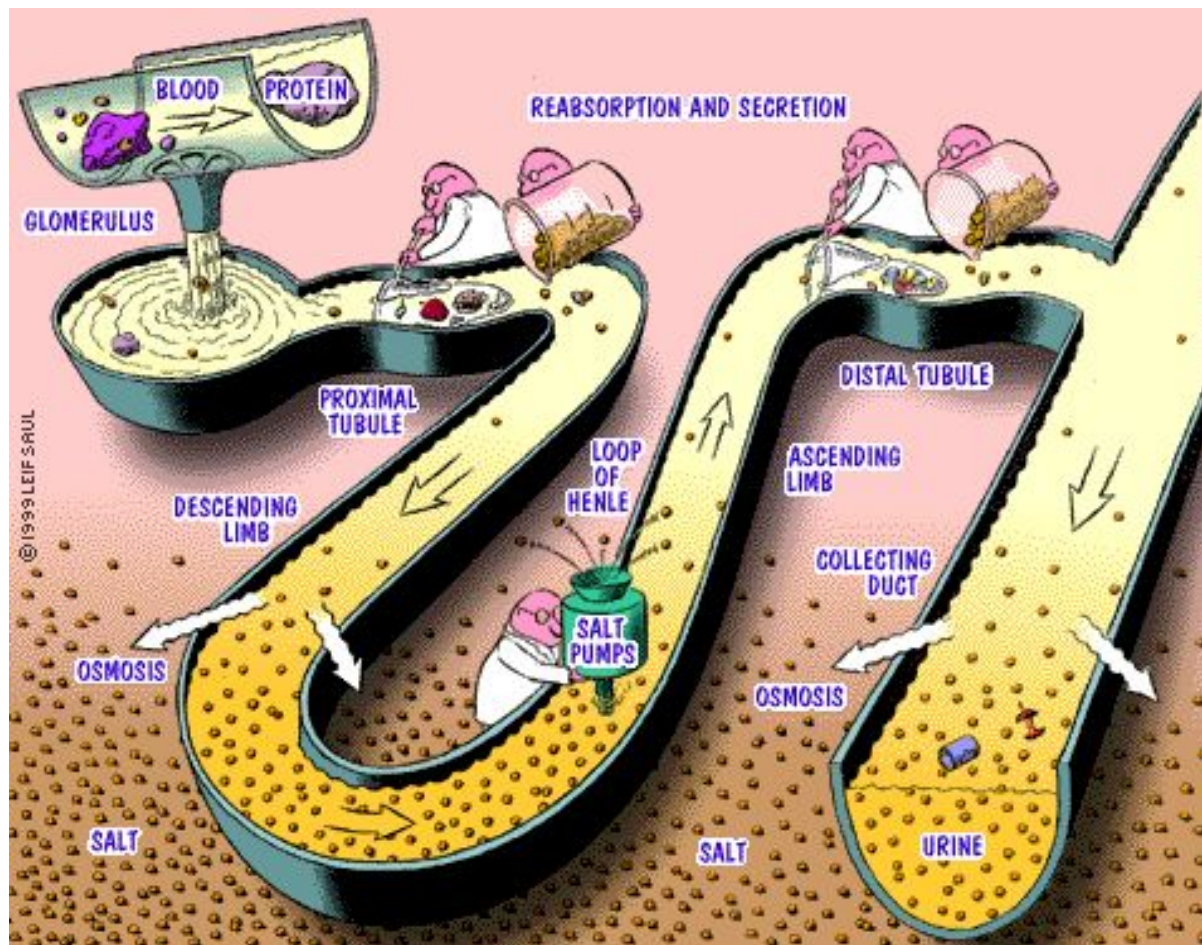


09. Ledviny

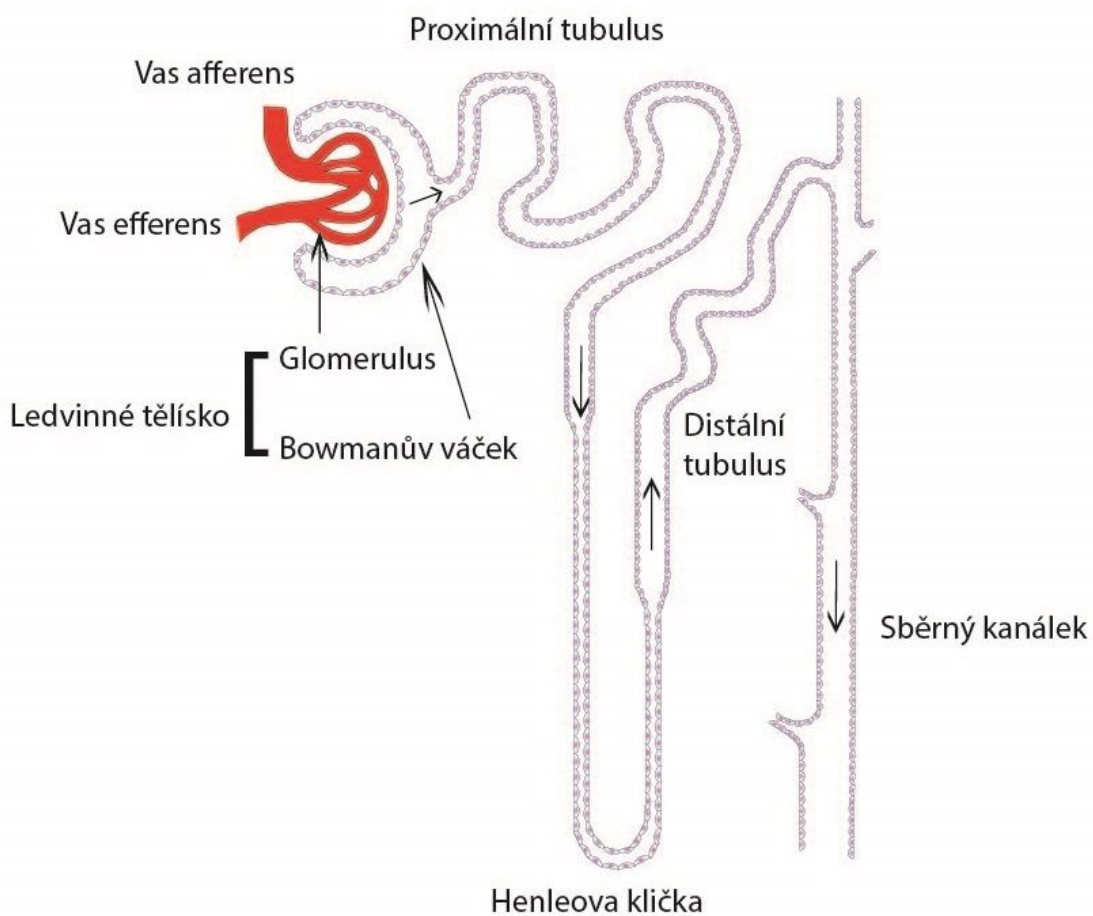


Hlavní funkce ledvin

1. **Homeostatické** - udržování stálosti vnitřního prostředí
 - a. vodní hospodářství
 - b. elektrolytové hospodářství
 - c. pH
 - d. osmotické poměry
2. **Hlavní cesta eliminace**
 - a. produktů metabolismu
 - b. toxických látek, katabolitů, farmak
3. **Regulace krevního tlaku**
4. **Endokrinní funkce**
 - a. renin - objevuje se při poklesu krevního tlaku
 - b. **erythropoetin** - objevuje se při nedostatku kyslíku → stimuluje kostní dřeň k produkci většího množství červených krvinek
 - c. kalcitriol - podílí se na regulaci hladiny vápníku v těle



Nefron



= nejmenší a zároveň **základní morfologická a funkční jednotka** ledvin

Dva pro nás důležité typy

- **juxtamedulární nefron** - uvedený výše na obrázku
 - leží v hlubokých vrstvách kůry
 - Henleovy kličky zasahují hluboko do vnitřní zóny dřeň
- **korový nefron** - velmi podobný juxtamedulárnímu, jen má velmi krátkou či téměř žádnou Henleovu kličku
 - uložen blízko povrchu kůry
- intermediární - pro nás nevýznamný

Glomerulus

= ledvinové tělísko o velikosti cca 200µm, které je složeno klubíčkem z 20 - 40 kapilárních kliček uzavřeným do slepě počínajícího váčkovitě vchlípeného začátku nefronu -

Bowmanova pouzdra

Bowmanovo pouzdro

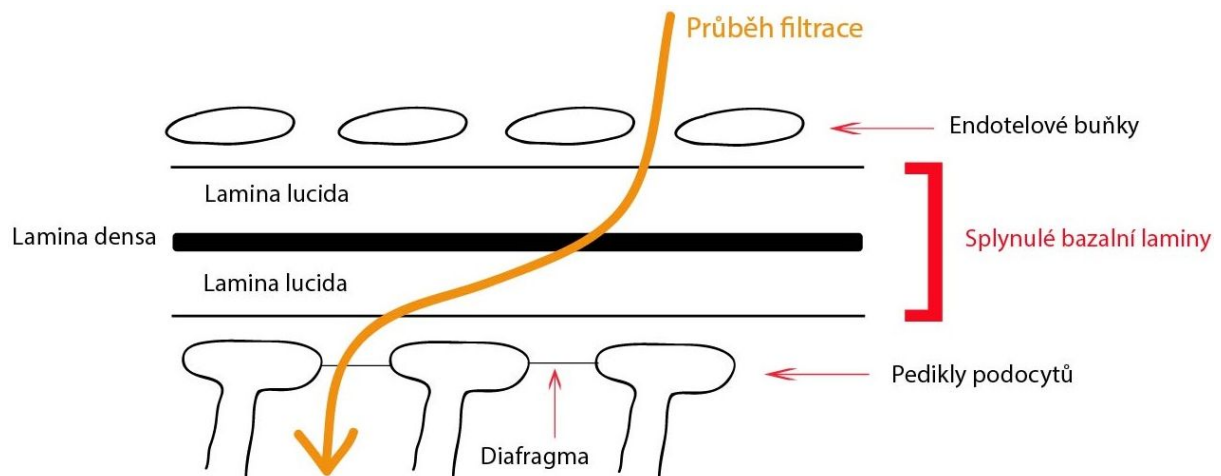
= slepý konec renálního tubulu, do kterého je vložený glomerulus

Skládá se ze dvou listů

- **zevní list** (perietální) - přechází ve stěnu proximálního tubulu
- **vnitřní list** (viscerální) - kryje glomerulární kapiláry a těsně na ně přiléhá
 - je složený ze speciálních buněk - **podocytů**

Mezi oběma listy je prostor, kam je filtrována primární moč

Filtrační membrána



= membrána, přes kterou se filtruje primární moč do močového prostoru

Tekutina, která je filtrována z krve do dutiny Bowmanova pouzdra musí projít třemi strukturami:

- **endotelem kapiláry** - bohatě fenestrovaný **hrubý filtr**
 - nepropustí žádné formované elementy krve
 - propustí však většinu bílkovin plazmy
- **bazální membránou** - je silná asi 300µm; **filtr velkých molekul**
 - nepropustí molekuly jako je fibrinogen a globulin
- **podocyty** - epiteliální buňky vnitřního listu Bowmanova pouzdra; **filtr středních molekul**
 - nepropustí většinu albuminů, transferit...
 - svými dlouhými, vzájemně propletenými cytoplazmatickými výběžky nasedají na bazální membránu

Filtrem ve výsledku **projdou** látky do velikosti **4nm**; naopak látky větší než **8nm** filtrem rozhodně **nepojdou**; to co je **mezi** závisí na **fyziologických faktorech**, **velikosti a tvaru** látky

Proximální tubulus

= 15mm dlouhý tunel (nejdelší) s průměrem 50μm

- je odpovědný za resorpci největšího podílu glomerulárního filtrátu

Henleova klička

= pokračování proximálního tubulu

Je složena ze dvou ramének

- **descendentní raménko** - míří směrem k papile
- **ascendentní raménko** - jde paralelně směrem ke kůře

Velmi dlouhé kličky tvoří jen asi 15-20% nefronů

- intenzivně odebírá vodu z tekutiny, která proudí kličkou tak, že vstřebává sodné ionty v descendentní části, které za sebou vodu tahají
- tím vzniká mezi raménkem a extracelulární tekutinou vysoký osmotický tlak, který donutí vodu odejít

Distální tubulus

= propojuje henleovu kličku a sběrný kanálek

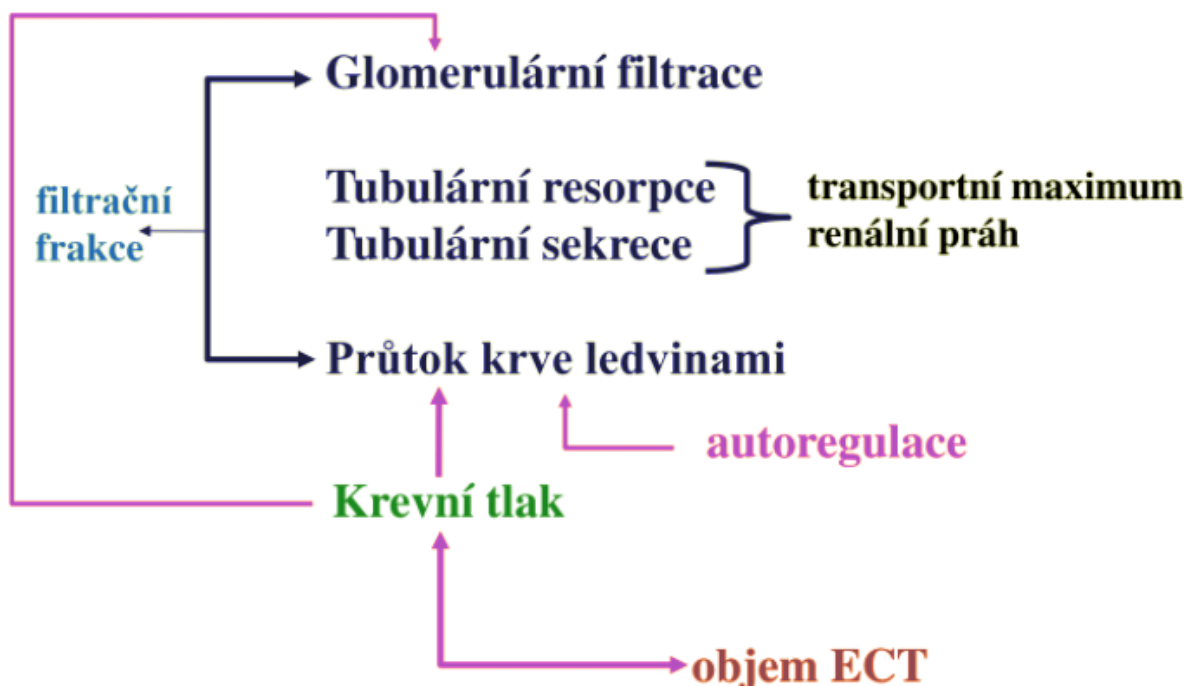
- je tvořen podobnými buňkami jako proximální tubulus, ale obsahuje méně mikrovlků
- moč procházející tímto úsekem je hypotonická, proto dochází k reabsorpci iontů (hlavně Ca^{2+})

Sběrný kanálek

= ústí distálních tubulů, které směřuje z kůry do dřeně

- do korové části sběracího kanálku přitéká moč asi z 10 distálních výstupů
- ve vnitřní zóně se postupně spojují v papilární vývody
- moč přitékající do ledvinové pánvičky jedním papilárním vývodem pochází celkem asi z 2700 nefronů

Základní renální funkce



Glomerulární filtrace

= první děj v procesu tvorby moči

- závisí na tlaku a průtoku krve ledvinami
- ultra filtrace plazmy → voda + elektrolyty se vyfiltrují z plazmy

Tlakové poměry určující glomerulární filtraci

T_k ... tlak v glomerulárních kapilárách ... +8kPa

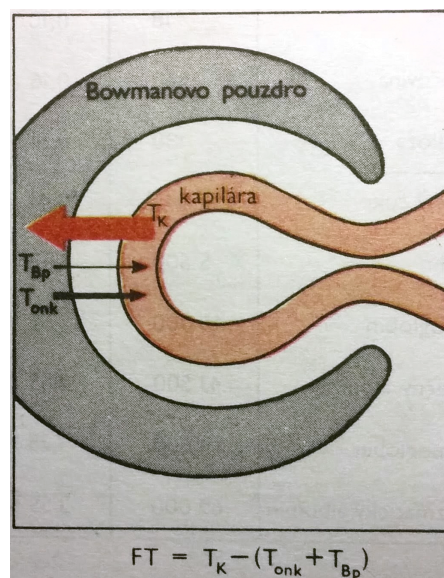
T_{Bp} ... tlak v bowmanovo pouzdře ... -2,39kPa

T_{onk} ... koloidně osmotický tlak krevní plazmy ... -3,3kPa

FT ... efektivní filtrační tlak $\approx 2 - 2,3$ kPa

Faktory určující velikost glomerulární filtrace

- změny systémového krevního tlaku
- tlak v glomerulárních kapilárách
- stupeň vazokonstrikce (vasodilatace) ve vas afferens et efferens
- inervace hladké cévní svaloviny v ledvinách
- hydrostatický tlak v Bowmanově pouzdře



Clearance - C_x

= **virtuální (zdánlivé) množství plasmy, které se zcela očistí od určité látky**

$$P_x \times C_x = U_x \times V$$

P_x ... plasmatická koncentrace dané látky [mmol/l]

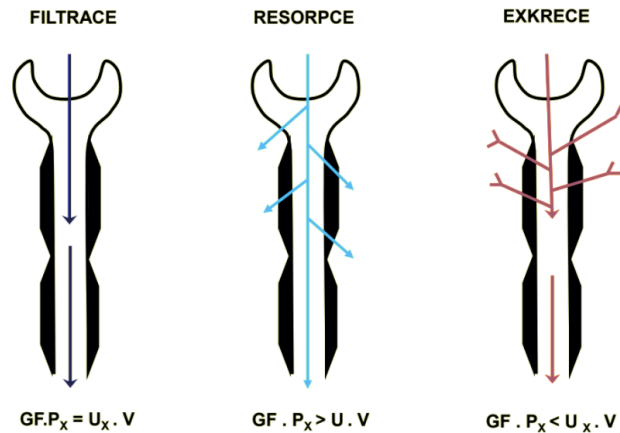
V ... objem moči za zvolenou časovou jednotku

U_x ... koncentrace měřené látky v moči

GF ... glomerulární filtrace

Ke zjištění GF musíme užít látky, které splňují všechny tyto podmínky:

1. koncentrace látky v plazmě a GF je totožná
2. látka sama intenzitu procesu GF neovlivňuje
3. látka není toxická
4. látka **nepodléhá procesům tubulární sekrece, nebo tubulární resorpce**; do nefronu vstupuje jen GF
5. plasmatická koncentrace této látky je konstantní

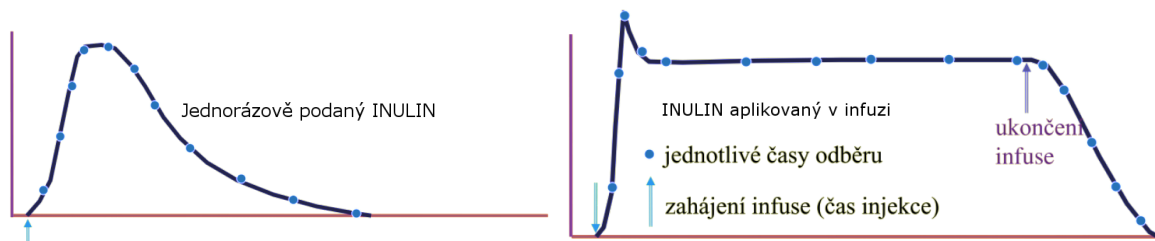


Inulin

Clearance inulinu (C_{in}) je důležitá, protože umožňuje posuzovat způsob vyloučení jiných látek

Podle hodnoty clearance vyšetřované rozlišujeme:

- vyšetřovaná látka má **menší clearance, než C_{in}** - látka je po filtraci v glomerulech více, nebo méně **resorbována v tubulech** zpět do krve
- vyšetřovaná látka má **větší clearance, než C_{in}** - látka je po filtraci v glomerulech více, nebo méně **exkreována do tubulů** z krve

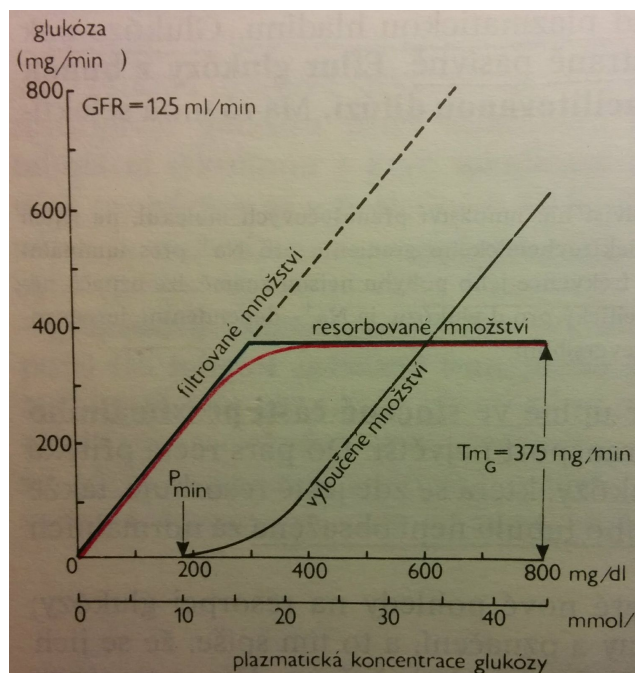


Rozdíl mezi endogenním kreatininem a Inulinem spočívá v tom, že hladina kreatininu je v čase poměrně stálá, zatímco - pokud má být měření přesné - je nezbytné, aby plasmatická hladina Inulinu byla uměle udržována na definované úrovni (např. pomocí infuze)

Tubulární resorpce

= zpětné vstřebání látek z primární moči

- transport z lumen tubulu skrz epiteliální membrány do intersticia a následně do peritubulárních kapilár
- tento transport probíhá nám již dobře známou **Na⁺/K⁺ATPázou**
- tímto mechanismem je opracovávána např. **glukosa**, která bezbarierově proniká do dutiny Bowmanova pouzdra
- některé malé látky se vrátí zpět do organismu



Tubulární sekrece

= aktivní transport látek z krve skrz epiteliální membrány do lumen tubulů

- tímto způsobem jsou odstraňovány látky ovlivňující pH, nebo kreatinin
- slouží jako doplněk glomerulární filtrace
- někdy však může být jediným způsobem vyloučení látky z těla

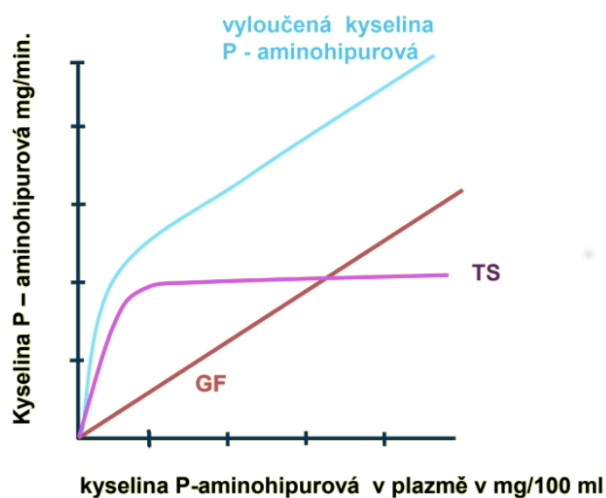
Kyselina para-aminohippurová (PAH)

= kyselina, která se používala k měření efektivního průtoku plazmy ledvinami (dnes se již **nepoužívá**)

- tato kyselina se volně filtruje v glomerulech
- navíc je vylučována z krve do tubulů tubulární exkrecí
- podává se v malém množství
- **není toxická** a v ledvinách **není metabolizována**

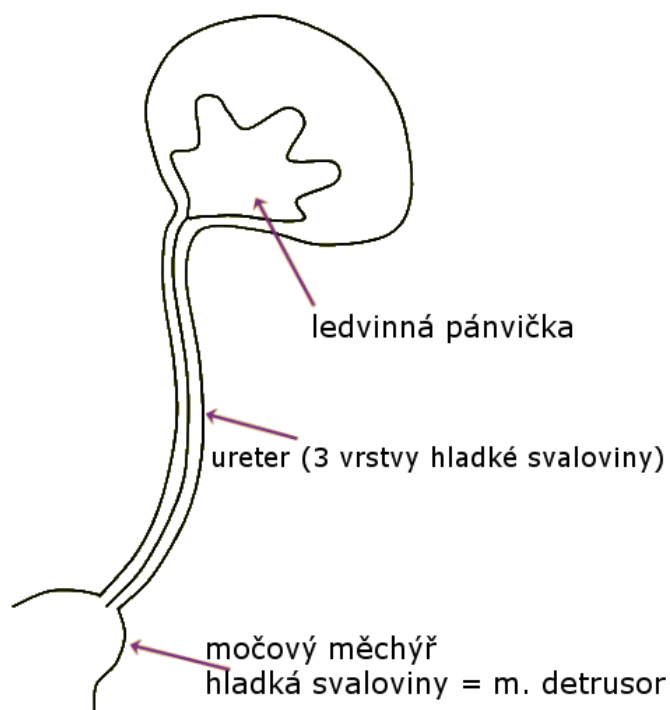
C_{PAH} u dospělého člověka je cca 600-800 ml/min

Dříve se myslelo, že veškerý objem, který vstoupí do filtrace se objeví v moči. Dnes víme, že cca 10% přestupuje do venózního systému ledvin

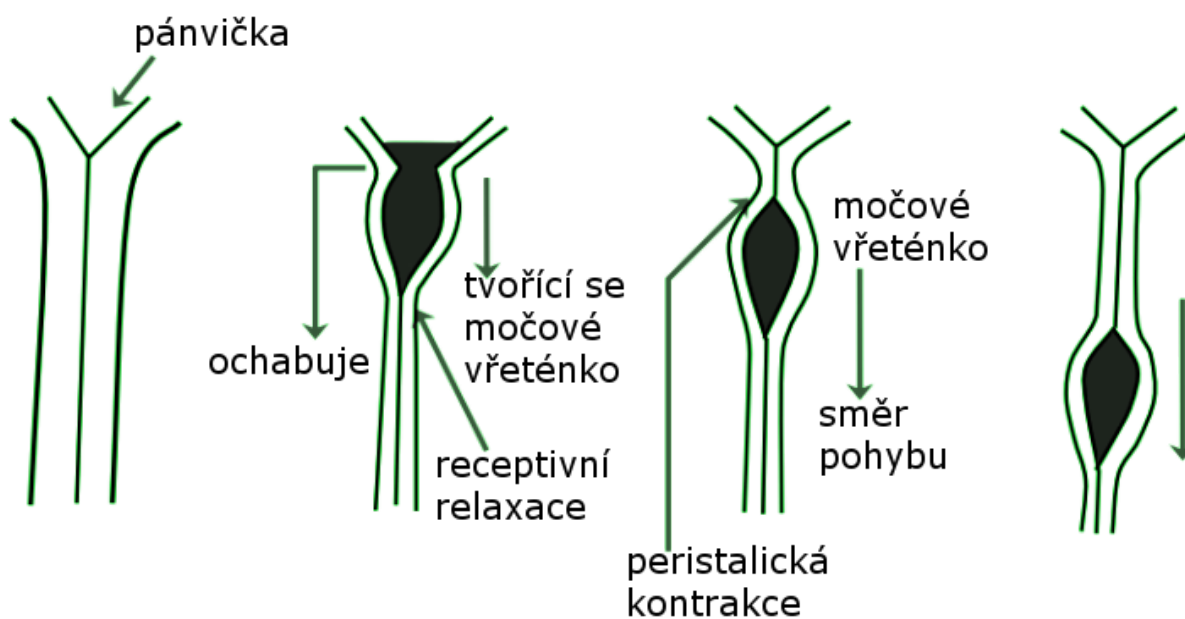


Funkce vývodových cest močových a mikce

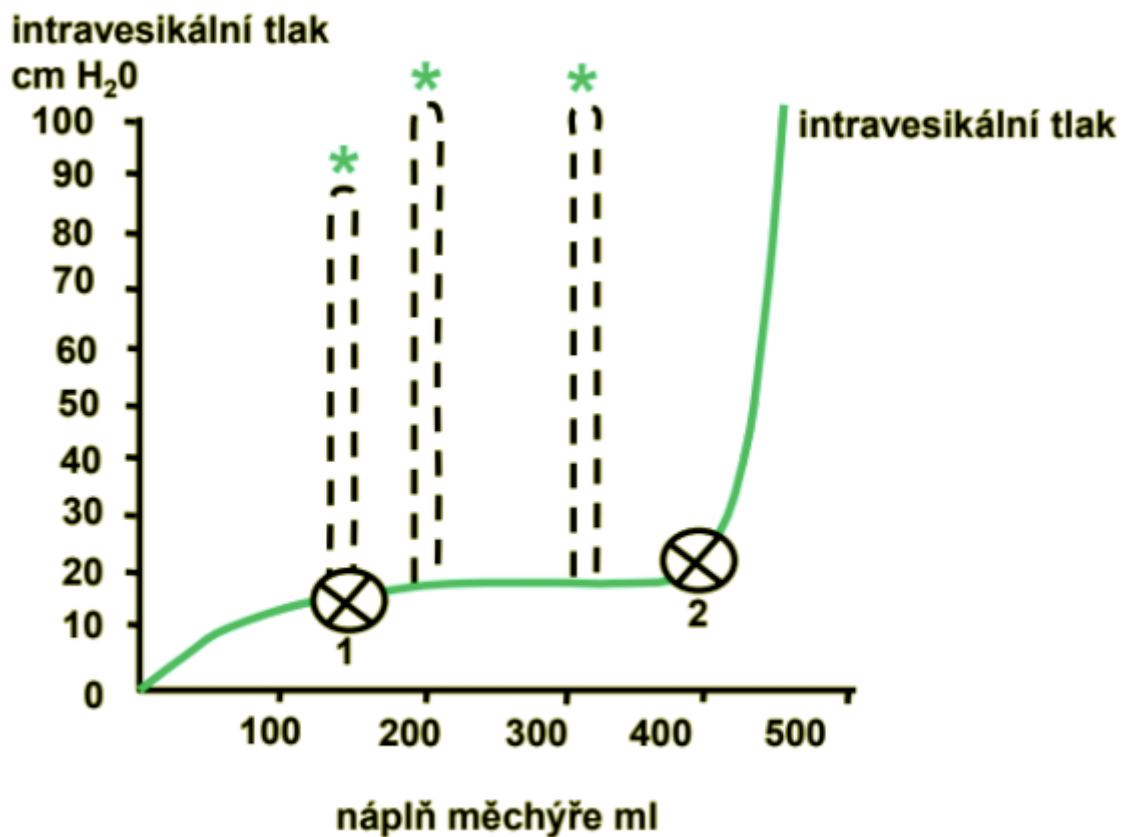
Extrarenální močové cesty



Vizualizace přítoku moči do močového měchýře



Naplnění měchýře



V grafu jsou vidět dva důležité body:

1. první pocit, že si budu muset odskočit
 - a. mezi prvním a posledním je ještě pár bodů, kdy se tělo ozývá
 - b. malé děti a psi učíme, aby první bod překousli, a ještě počkaly
2. takový ten šílený pocit, kdy už fakt musíš, ale záchod nikde :D

Mikce

