

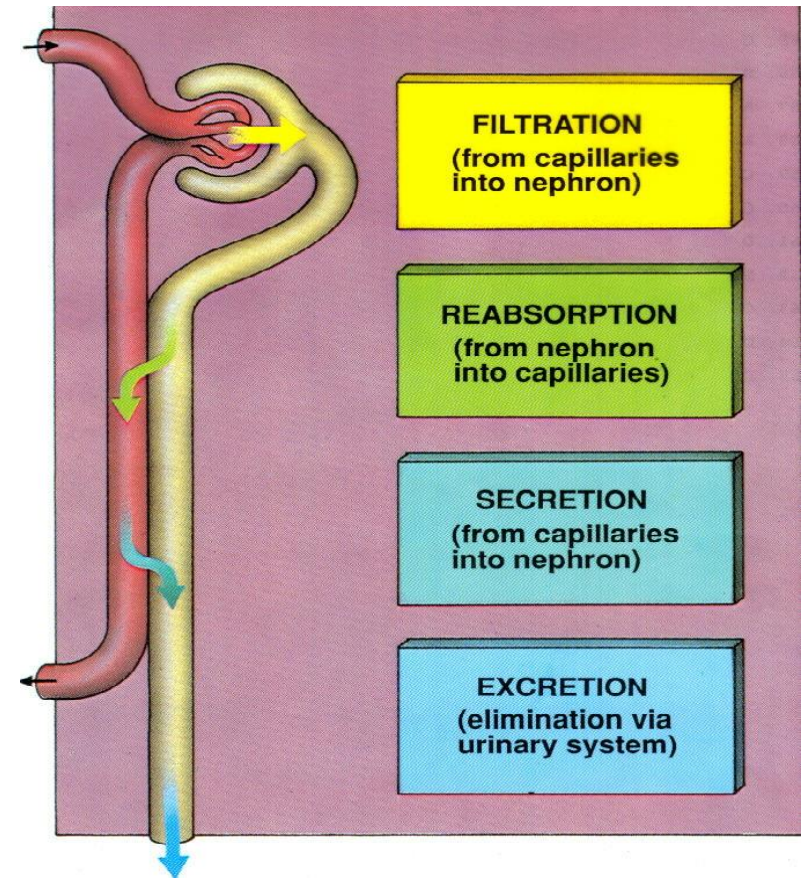
Močový systém

Aleš Hampl

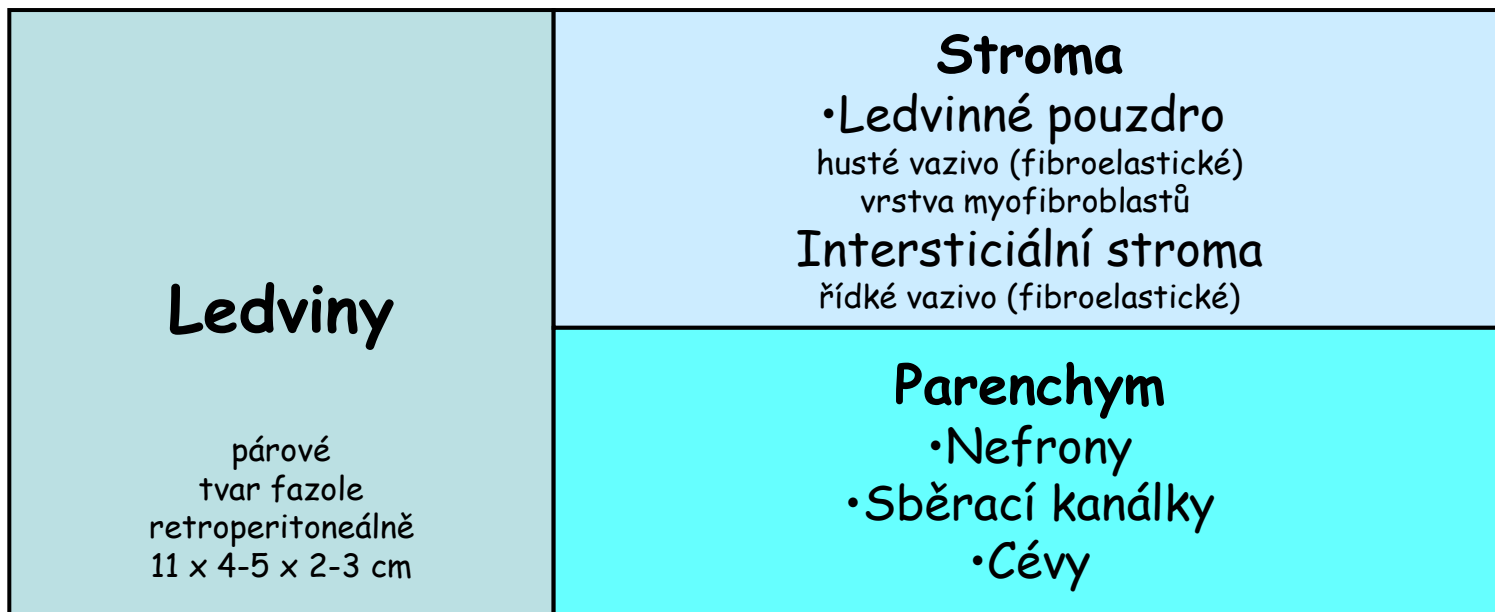
Říjen 2024

Funkce močového systému

- 1. Regulace objemu a tlaku krve
- 2. Regulace koncentrace sodíkových, draslíkových, chloridových a dalších iontů v krevní plazmě
- 3. Stabilizace pH krve
- 4. Zadržetí živin
- 5. Detoxifikace (spolu s játry)



Součásti močového systému



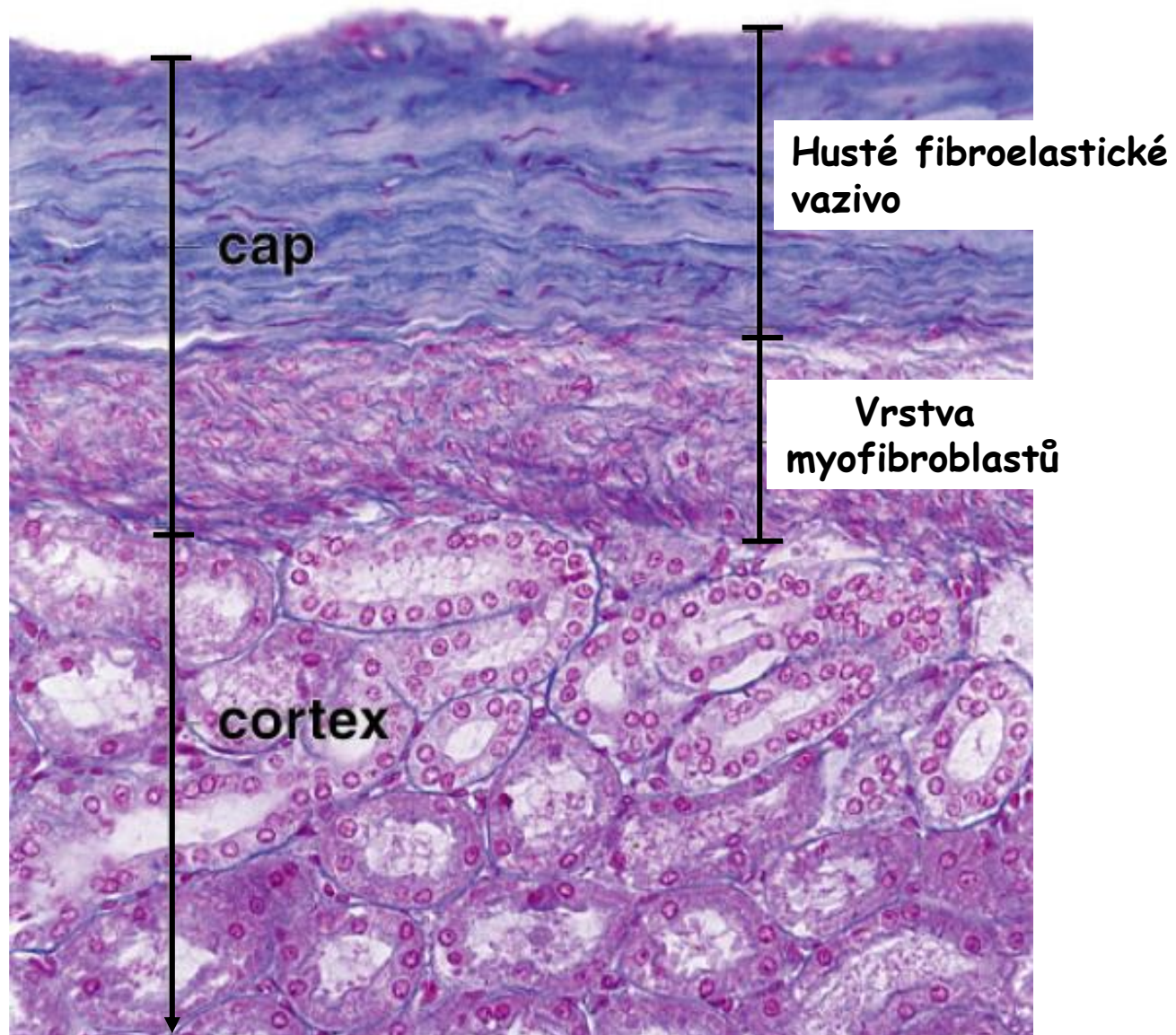
Močovody

Močový měchýř

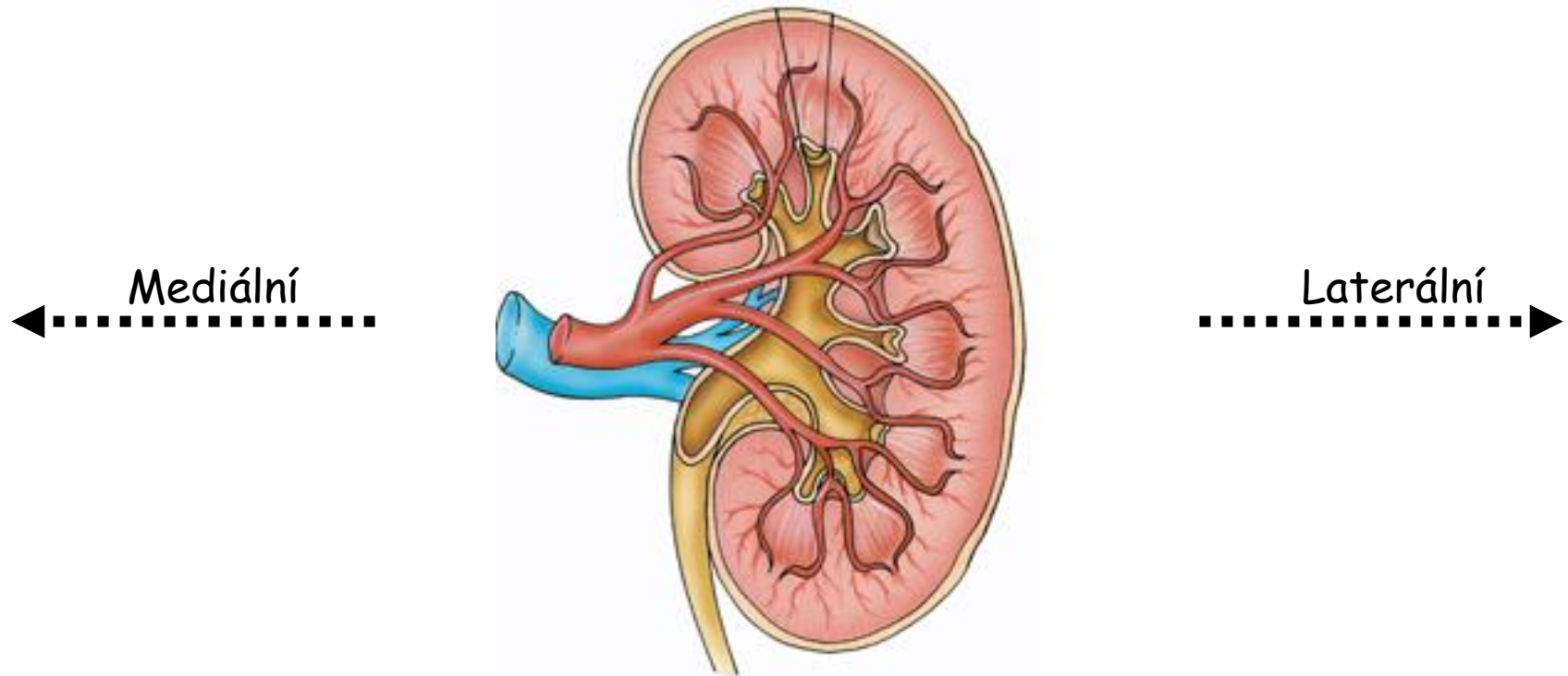
Močová trubice

Vývodné cesty

Ledvinné pouzdro



Celková organizace ledviny



Hilus - portál pro cévy, nervy a močovod

Ledvinný sinus - hlouběji od hilu

Ledvinná pánvička - expanze močovodu, navazují kalichy a kalíšky

Parenchym ledviny - dřeň + kůra

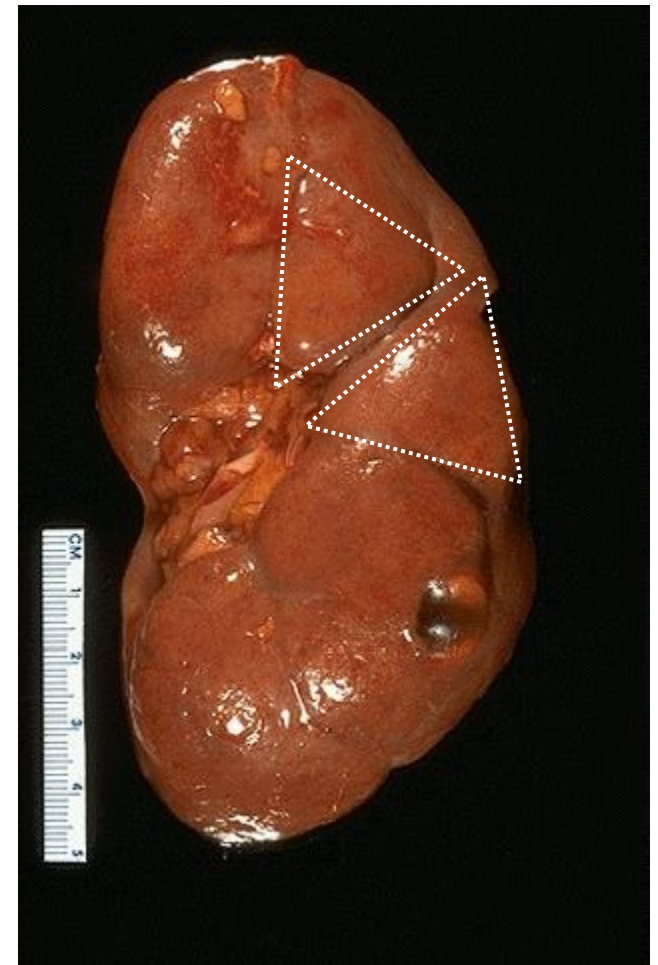
- **Kůra** (subst. cort.)
- **Dřeň** (subst. med.)

Lalok

Lobulární struktura ledviny

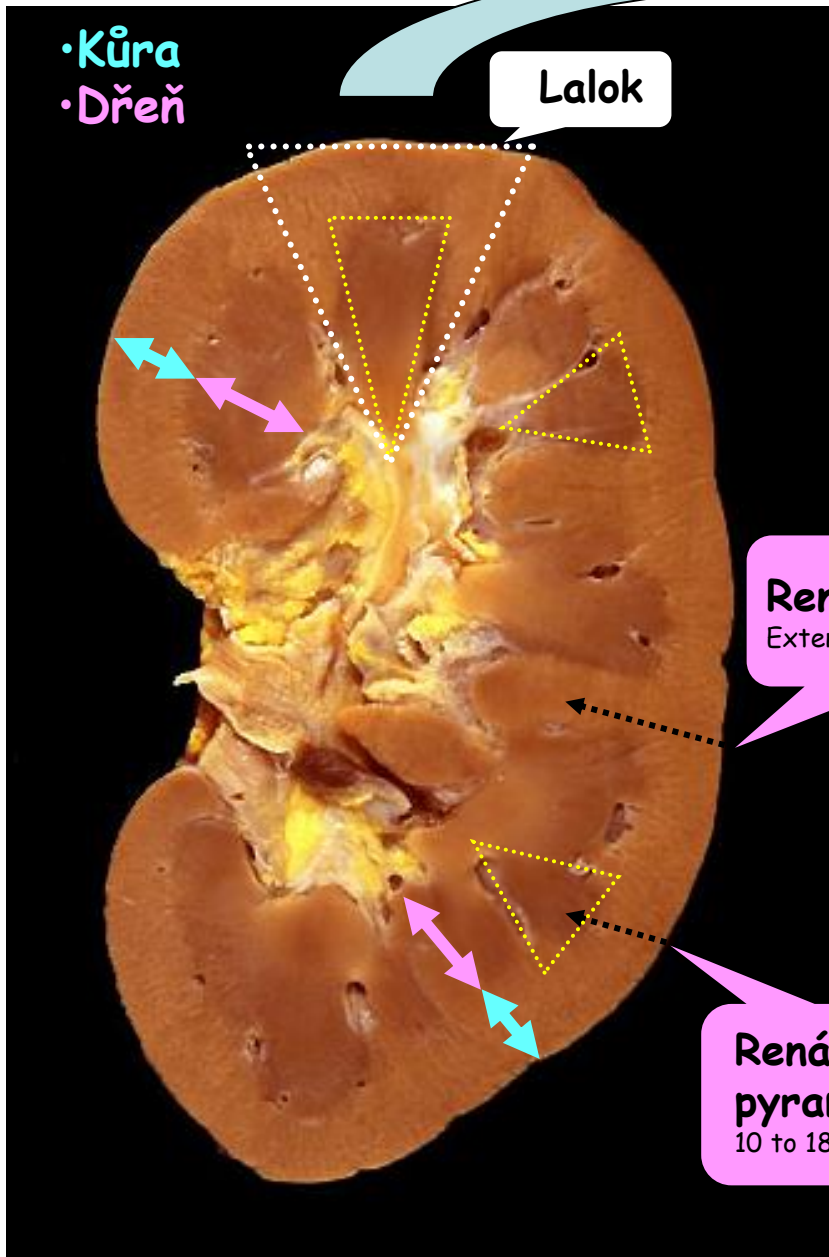
Renální sloupec (Bertini)
 Extenze kůry do dřene

Renální pyramida
 10 to 18 v ledvině



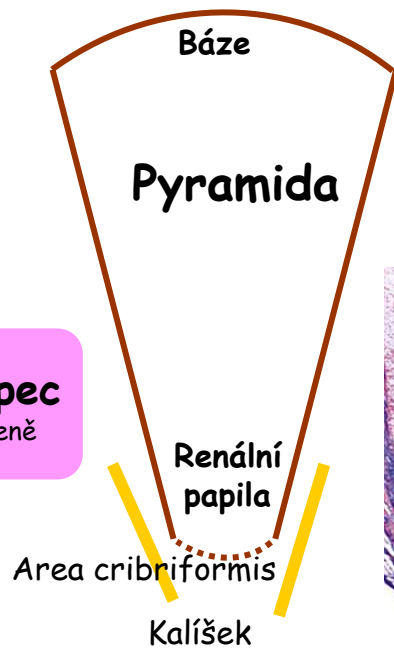
• Kůra
• Dřeň

Lalok

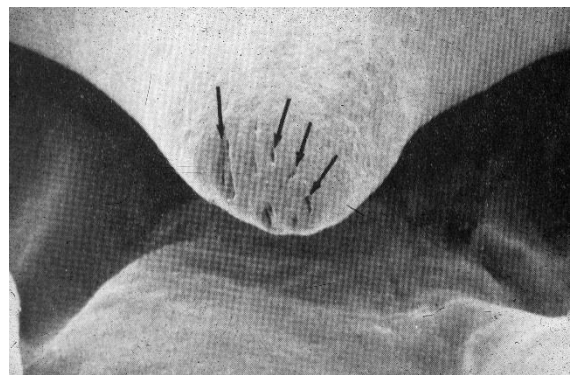
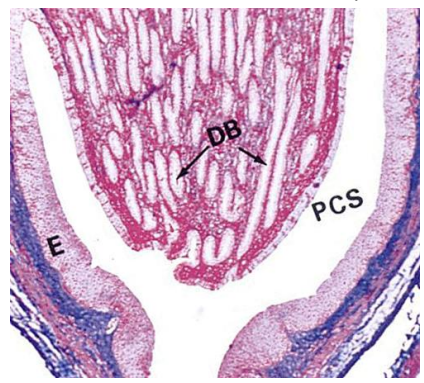


Renální sloupec
Extenze kůry do dřene

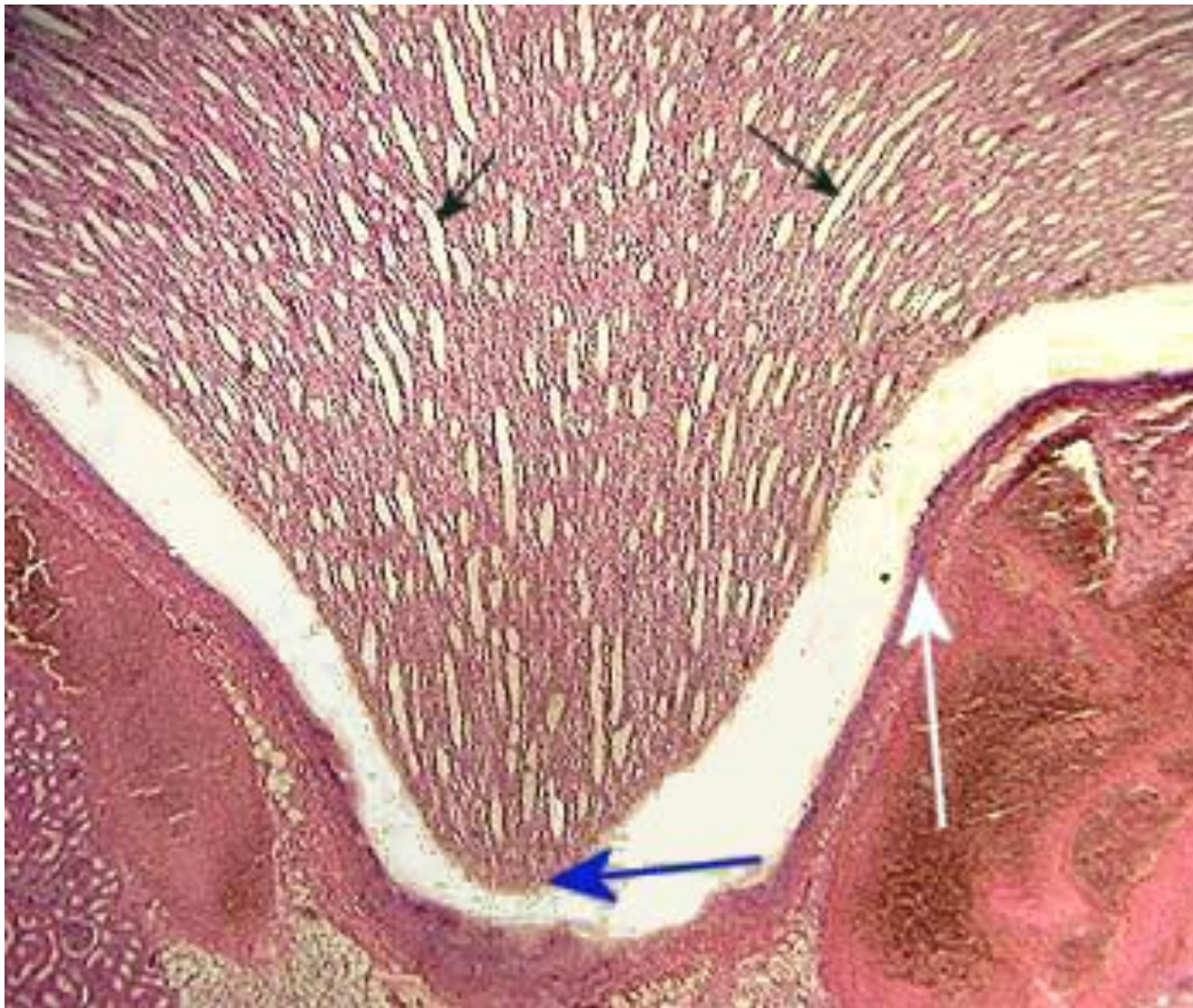
Renální pyramida
10 to 18 v ledvině



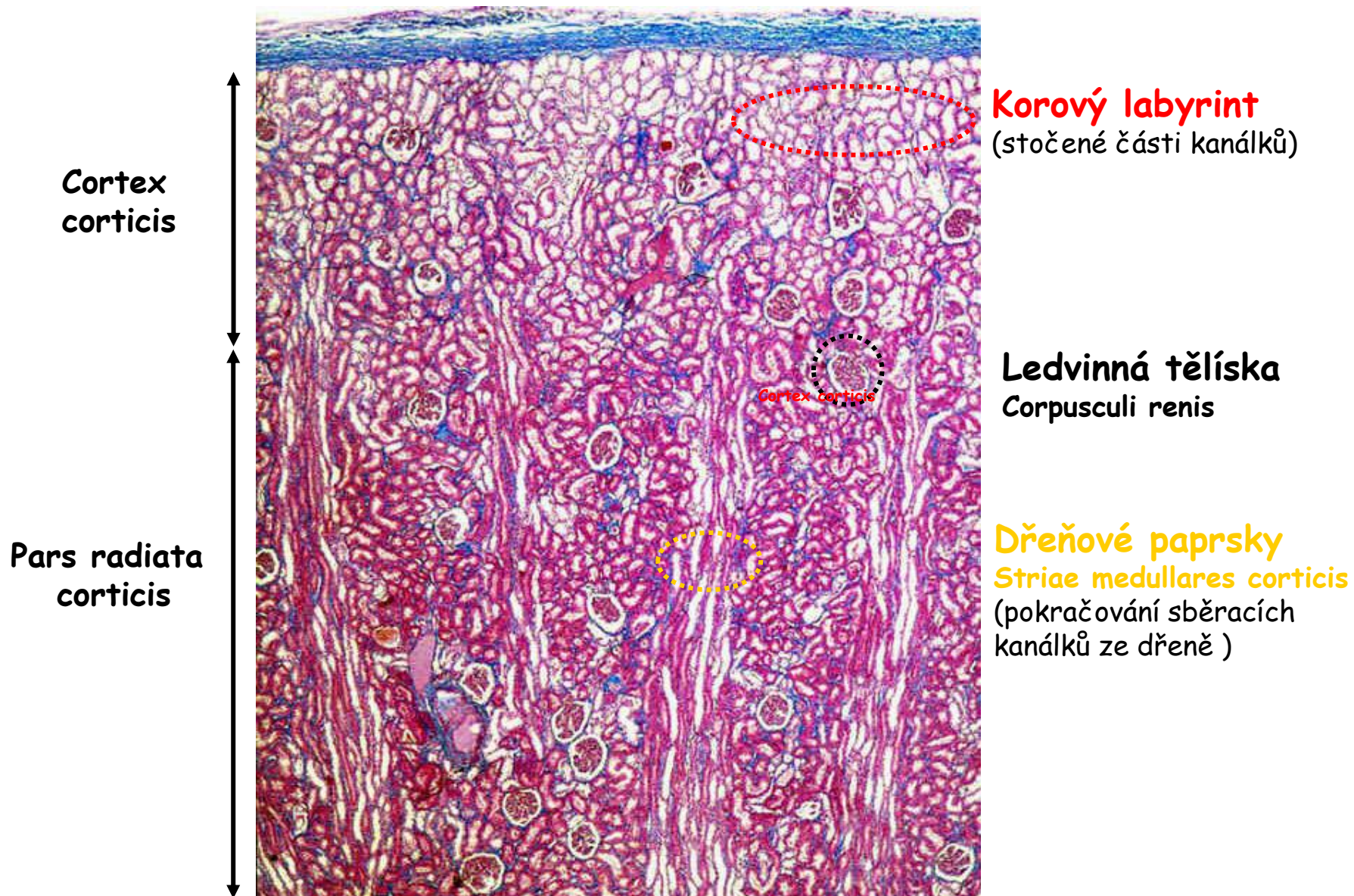
Belliniho kanálky



Dřeň ledviny



Kůra ledviny



Cortex
corticis

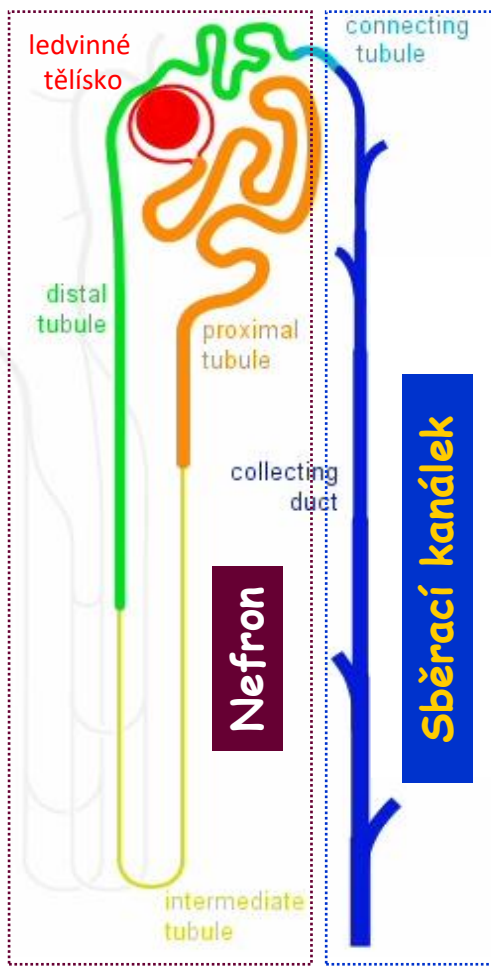
Pars radiata
corticis

Korový labyrint
(stočené části kanálků)

Ledvinná tělíska
Corpusculi renis

Dřeňové paprsky
Striae medullares corticis
(pokračování sběracích
kanálků ze dřeně)

Močotvorná složka = Funkční jednotka



Kůra

Dřeň

Ductus papillares Bellini

Area cribriformis
Kalíšek

1 to 1,4 milionů
nefronů
v jedné ledvině

Nefrony X Sběrací kanálky
Odlišný vývojový základ

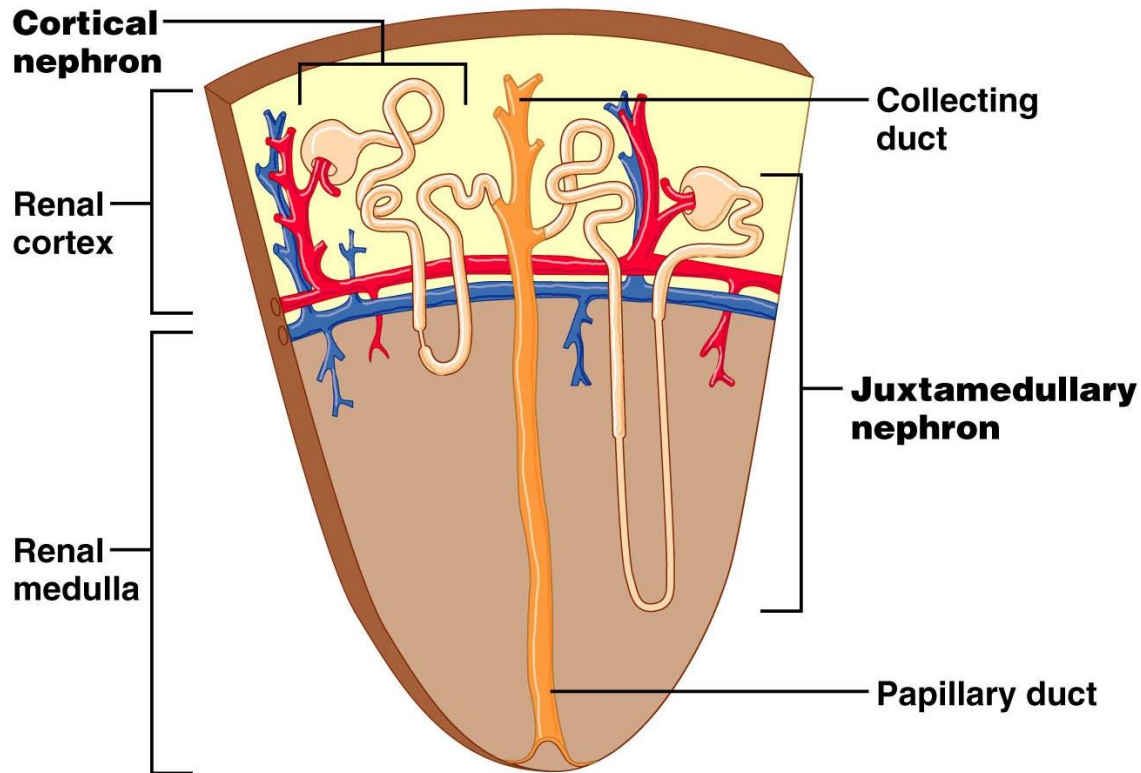
Nefron

Korové nefrony

85% of nefronů

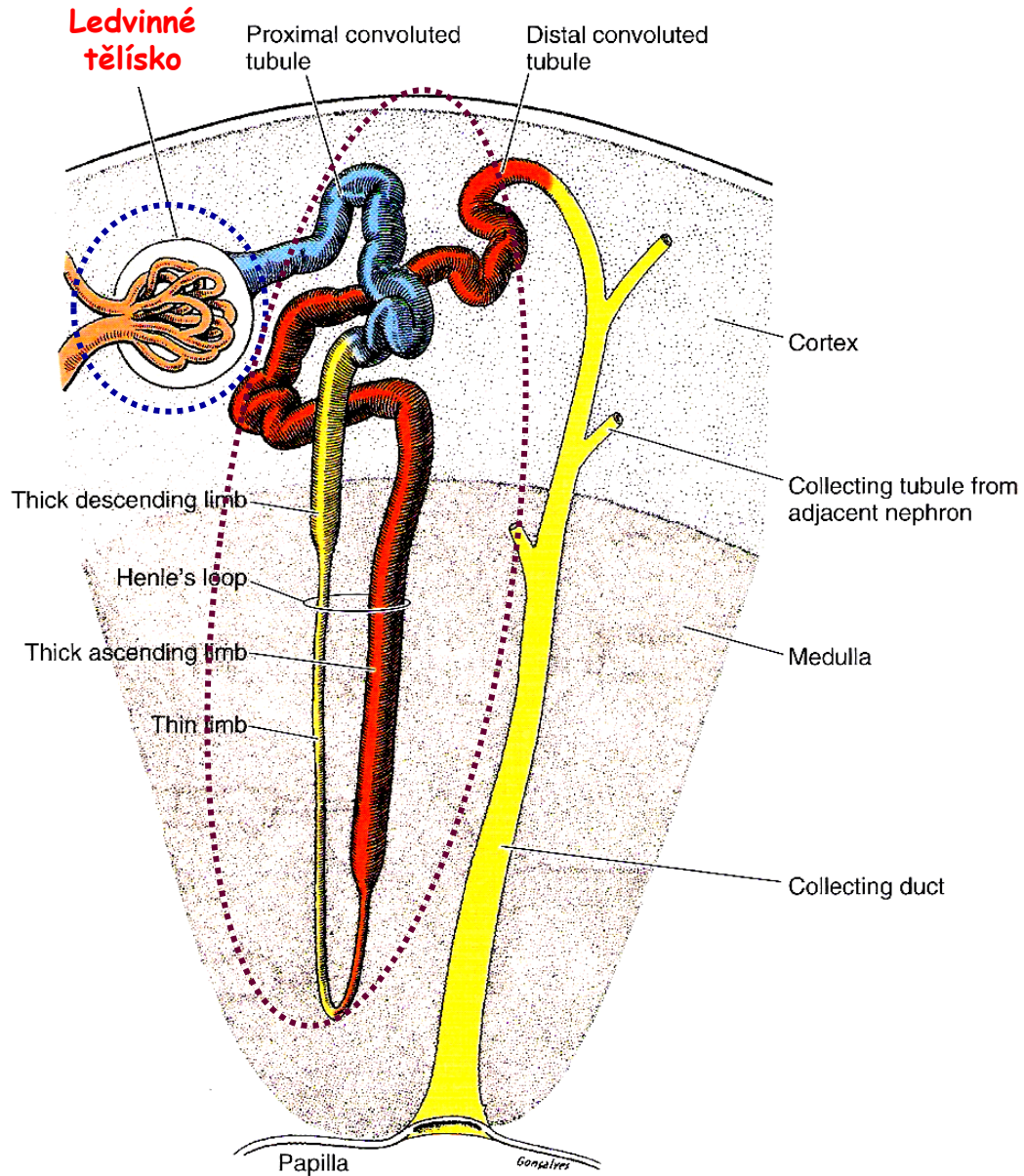
Juxtamedulární nefrony

15% of nefronů



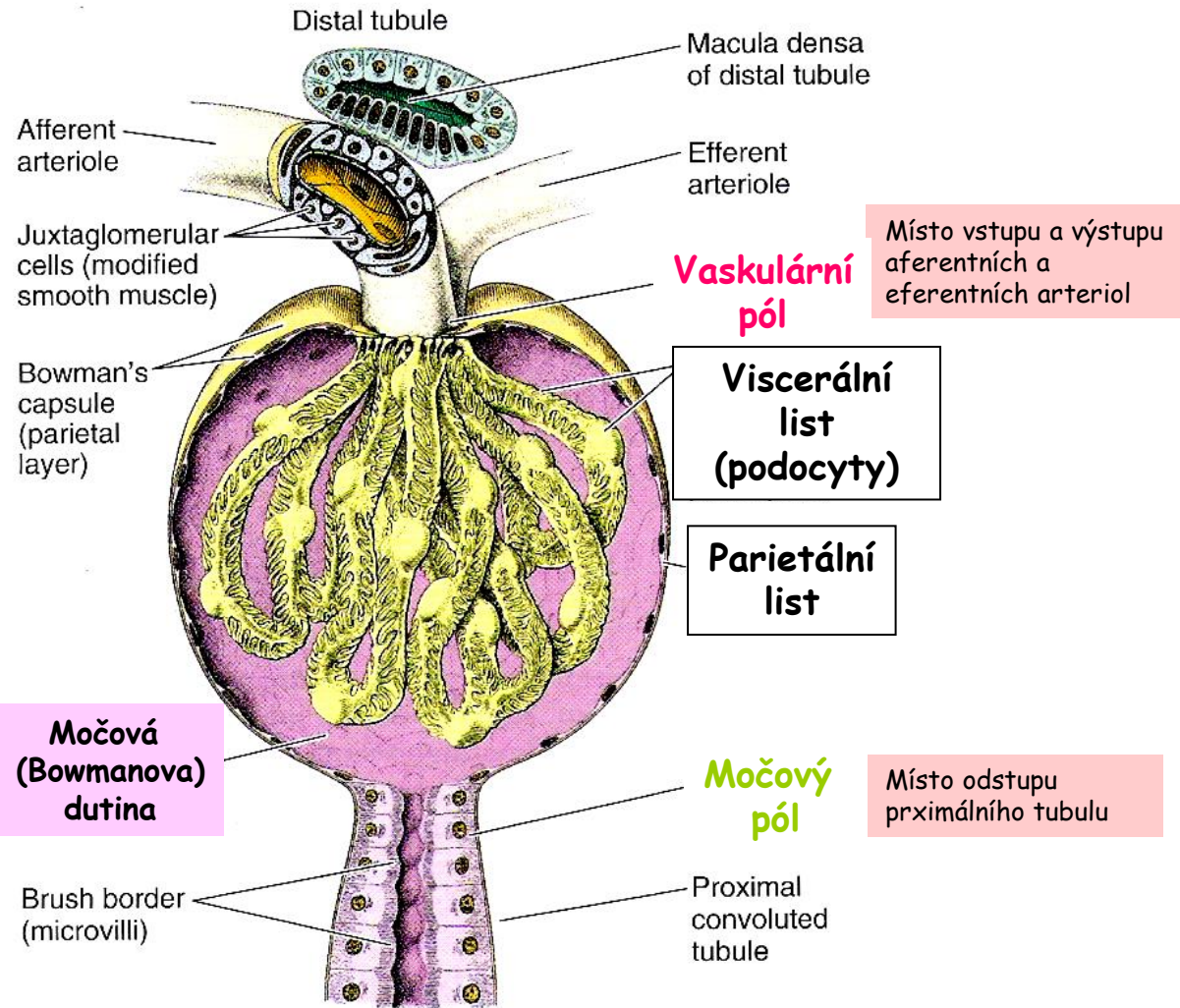
Asi 40 mm dlouhé

Nefron - Ledvinné tělísko (corpusculum renis)

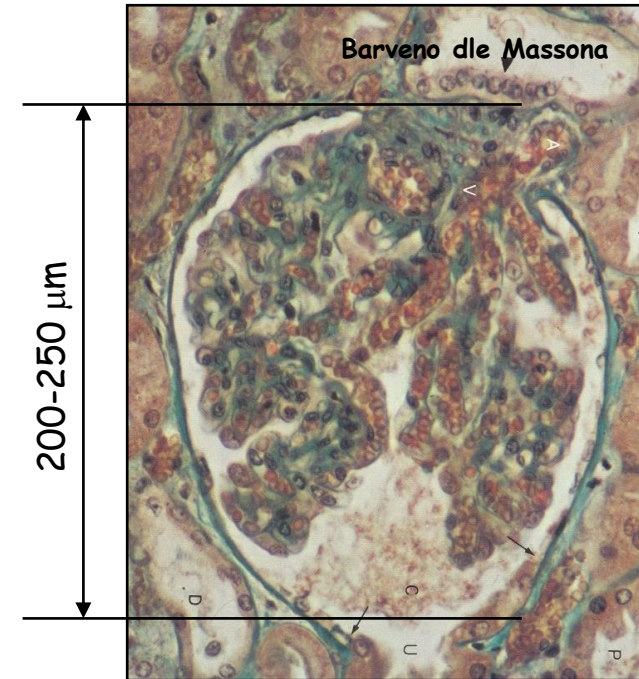


Nefron - Ledvinné tělíčko 1

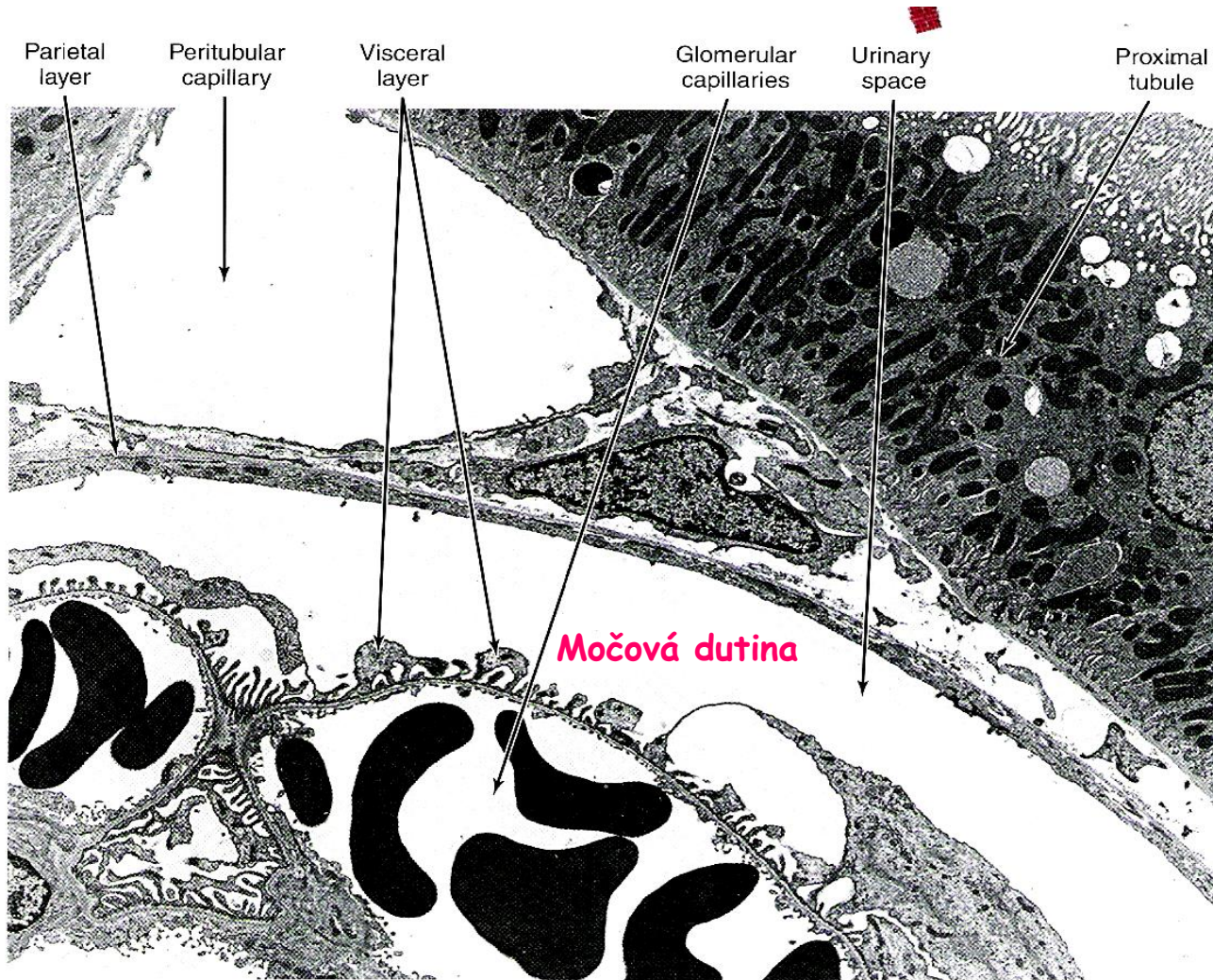
Glomerulus - klubíčko anastomózujících kapilár
Bowmanovo pouzdro (capsula glomeruli)



Místo vstupu a výstupu aferentních a eferentních arteriol

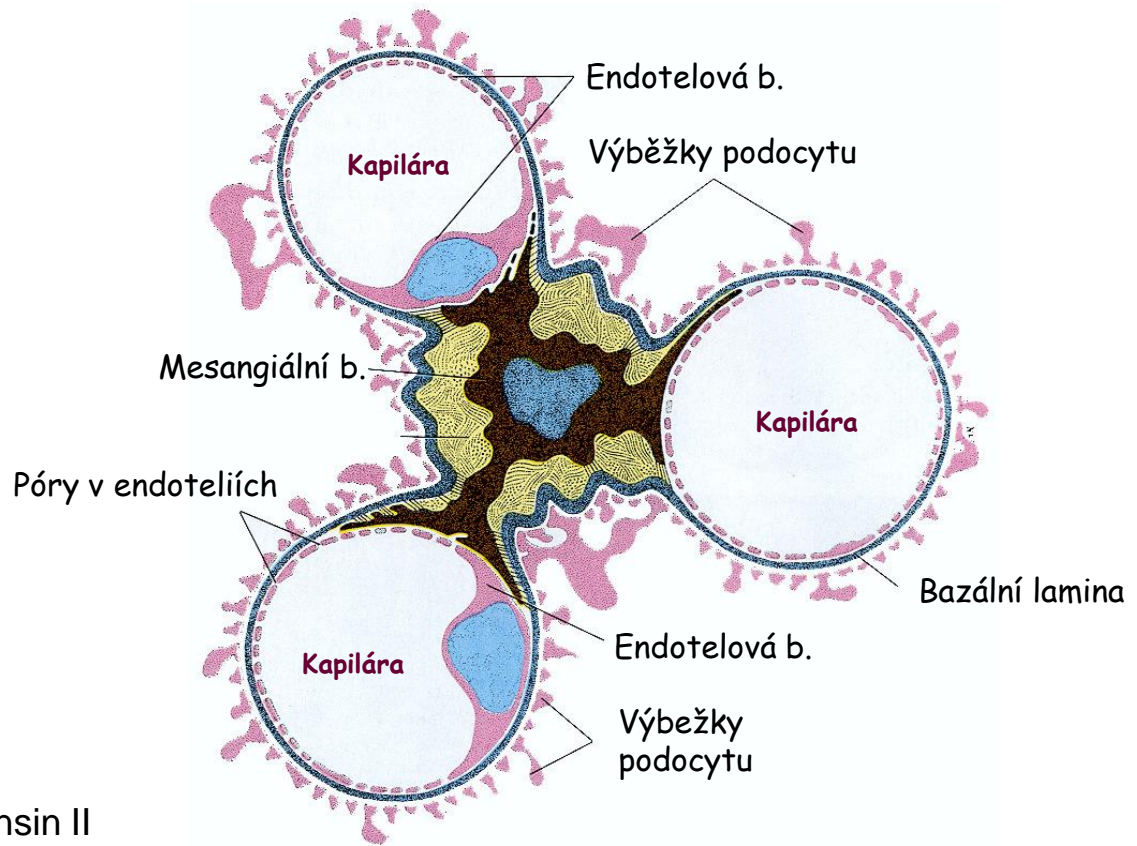
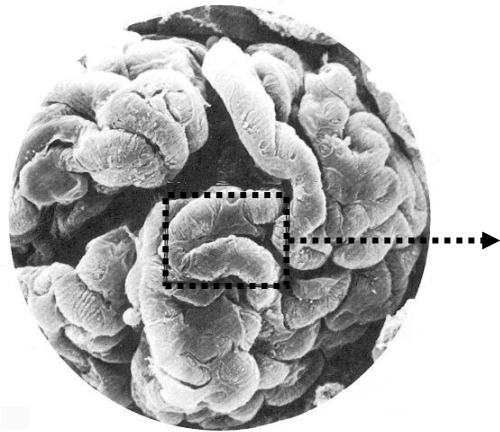
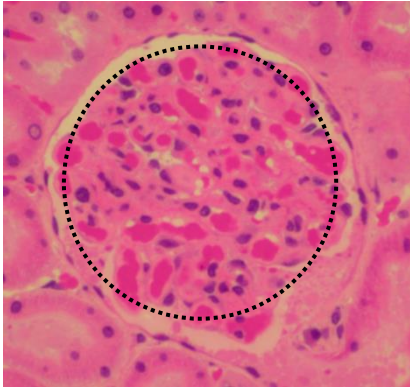


Nefron - Ledvinné tělíčko 2



Nefron - Glomerulus 1

Endotelie + Bazální membrána + Podocyty + Mesangiální buňky

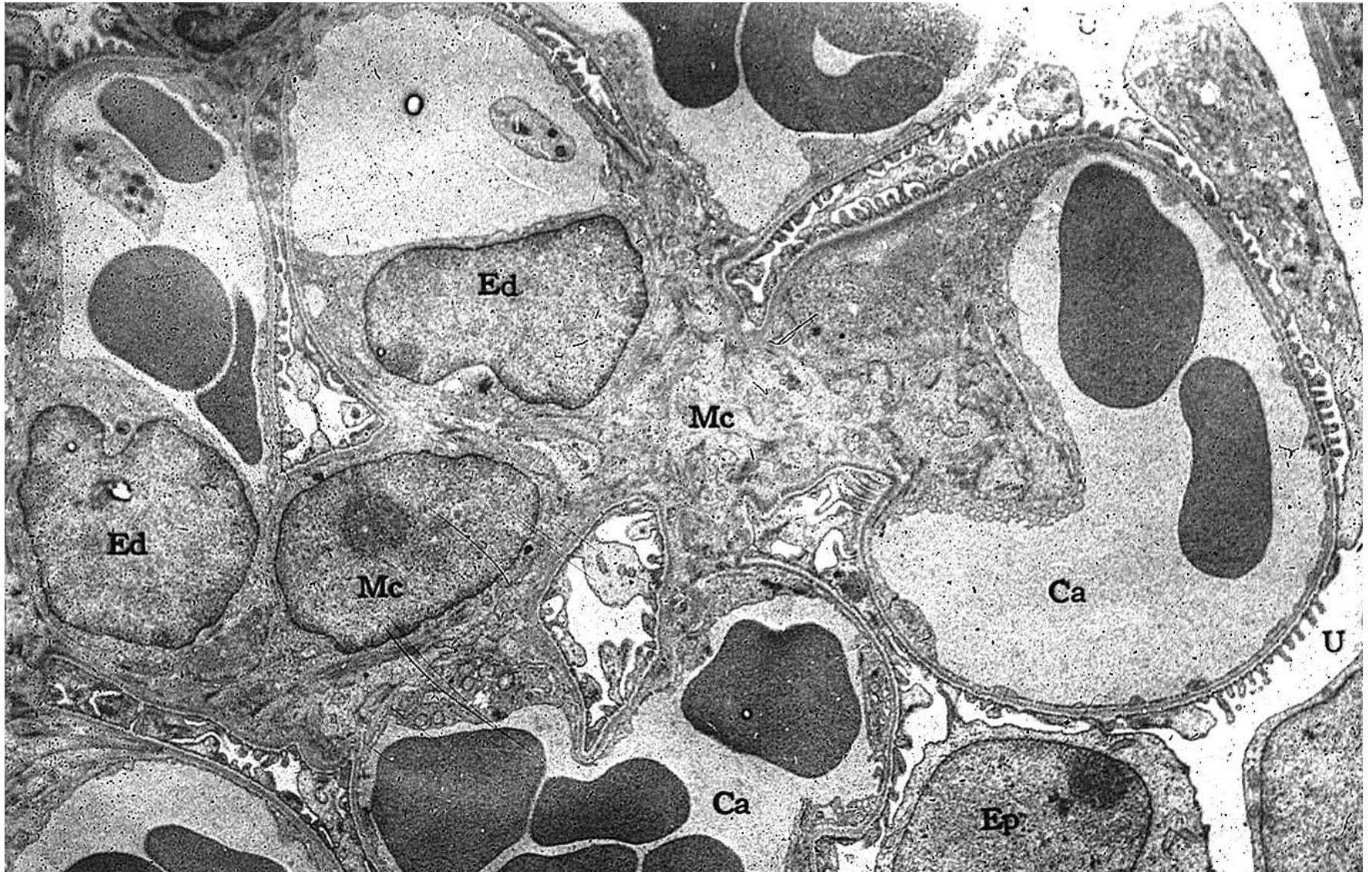


Mesangiální buňky

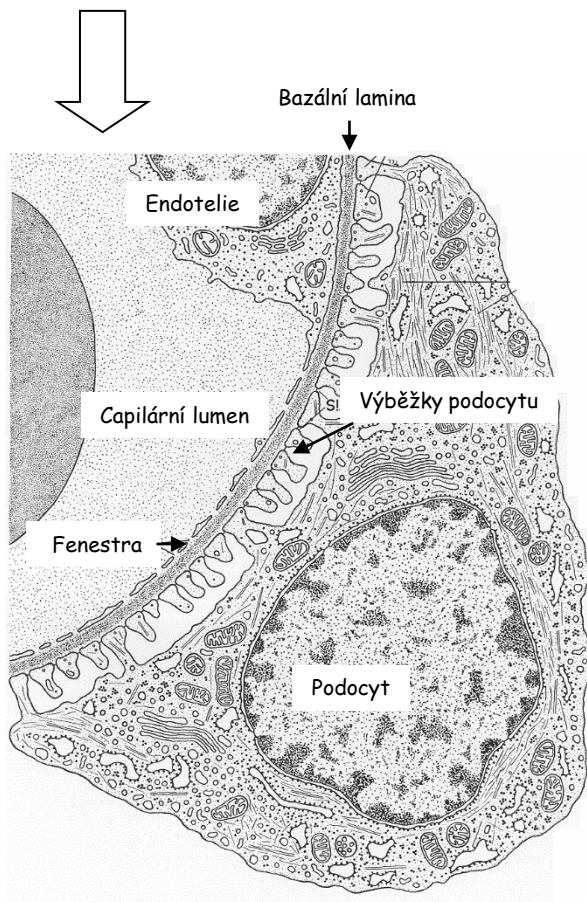
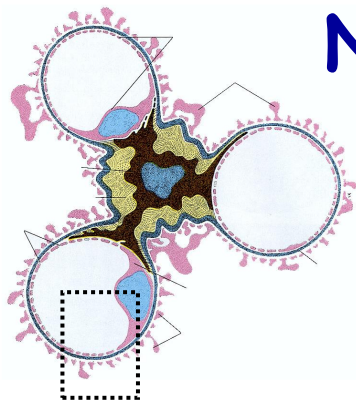
- Kontraktilní – receptory pro angiotensin II
- Mechanická podpora
- Fagocytóza
- Produkce chemických mediátorů (cytokiny, prostaglandiny, ...)

Lamina Rara - contain fibronectin (bind them to cells) - **physical barrier**
Lamina Densa - meshwork of Type IV collagen and laminin in a matrix contg (-) charged heparan sulfate that restricts passage of cationic molecules - **charge barrier**

Nefron - Glomerulus 2

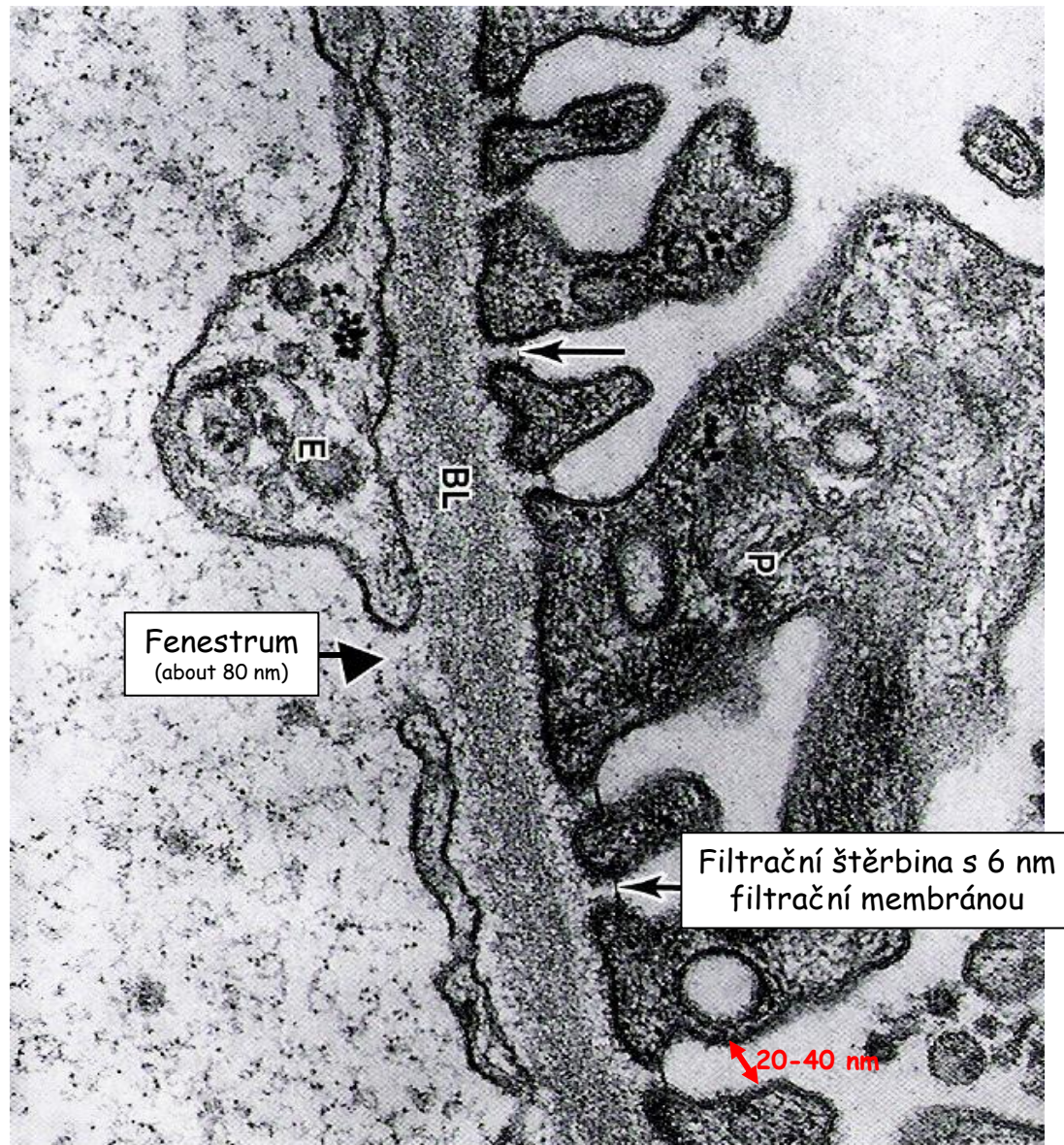


Nefron - Glomerulus 3

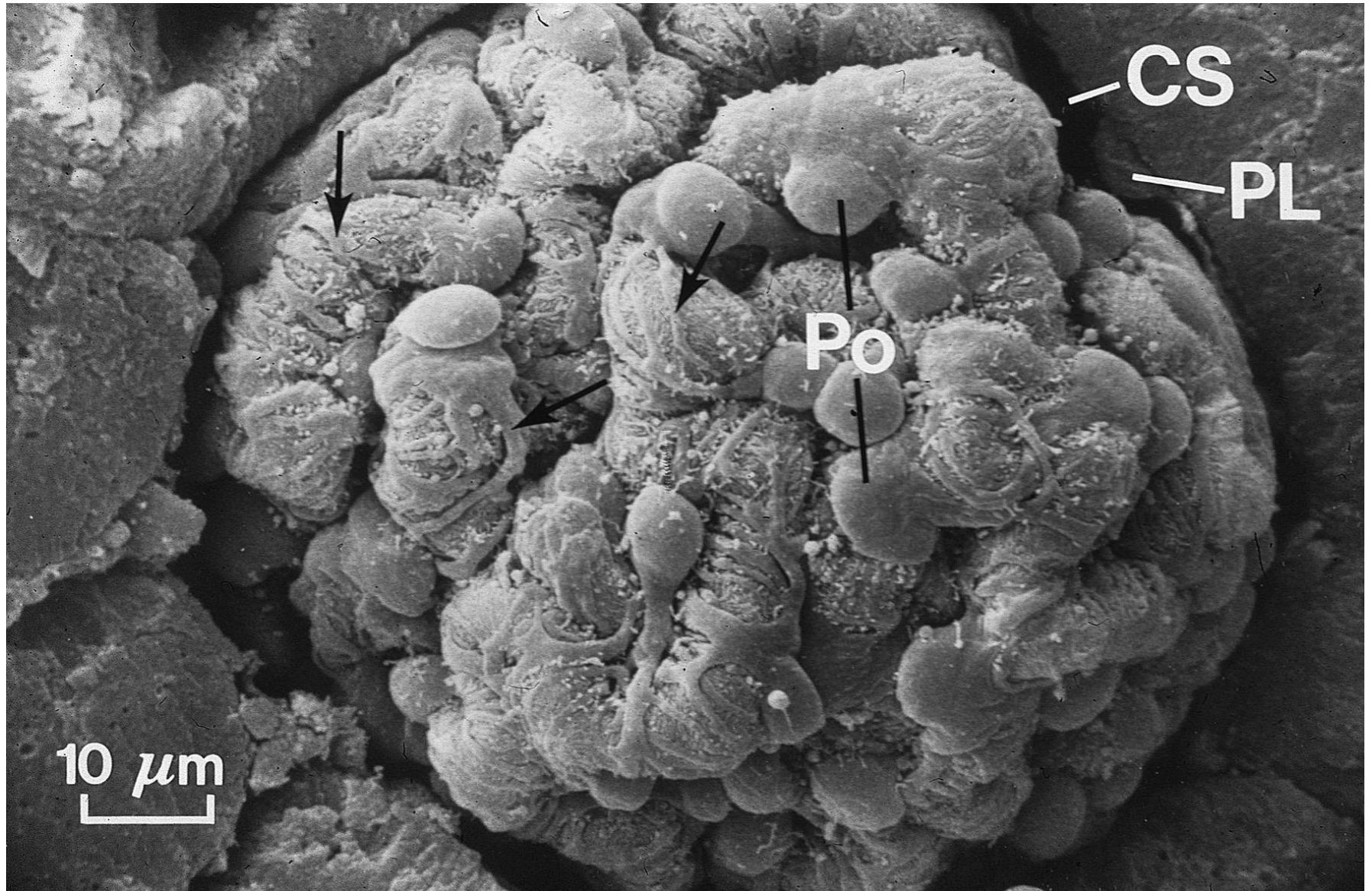


Fenestra: 70 - 90 nm

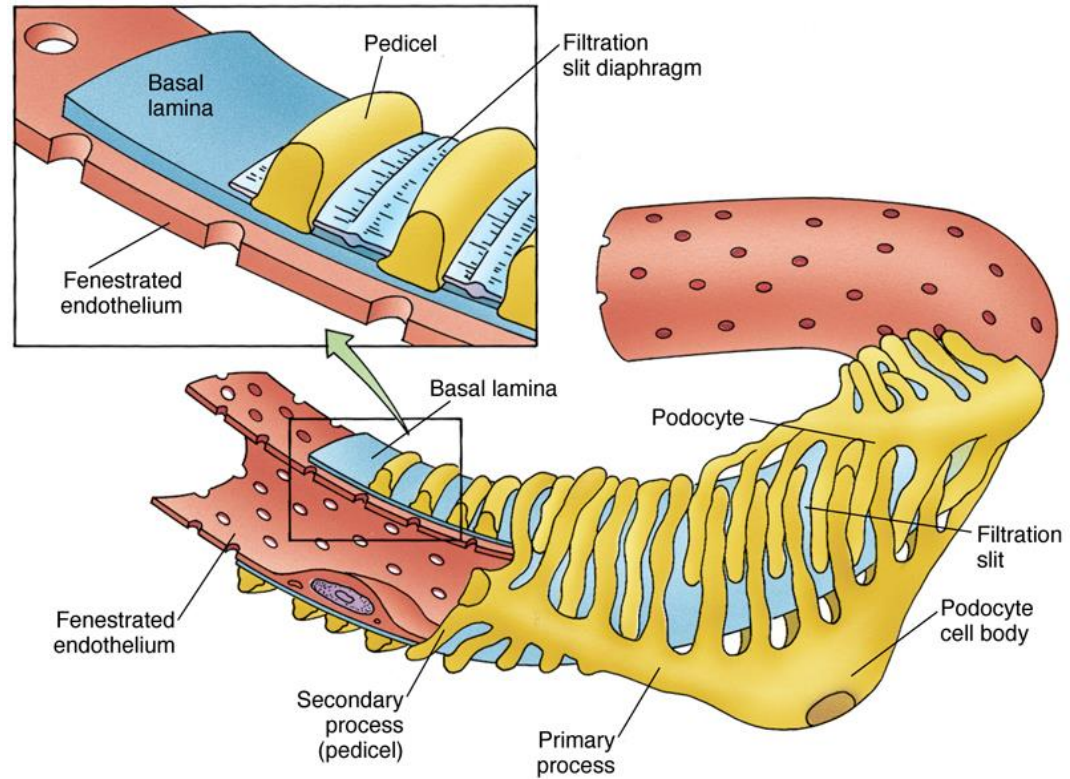
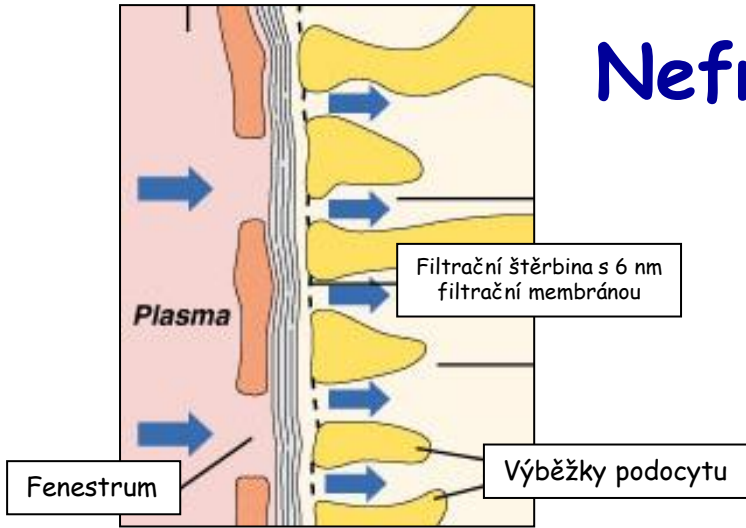
Lamina rara externa
Lamina densa
Lamina rara interna



Nefron - Glomerulus - Podocyt 1

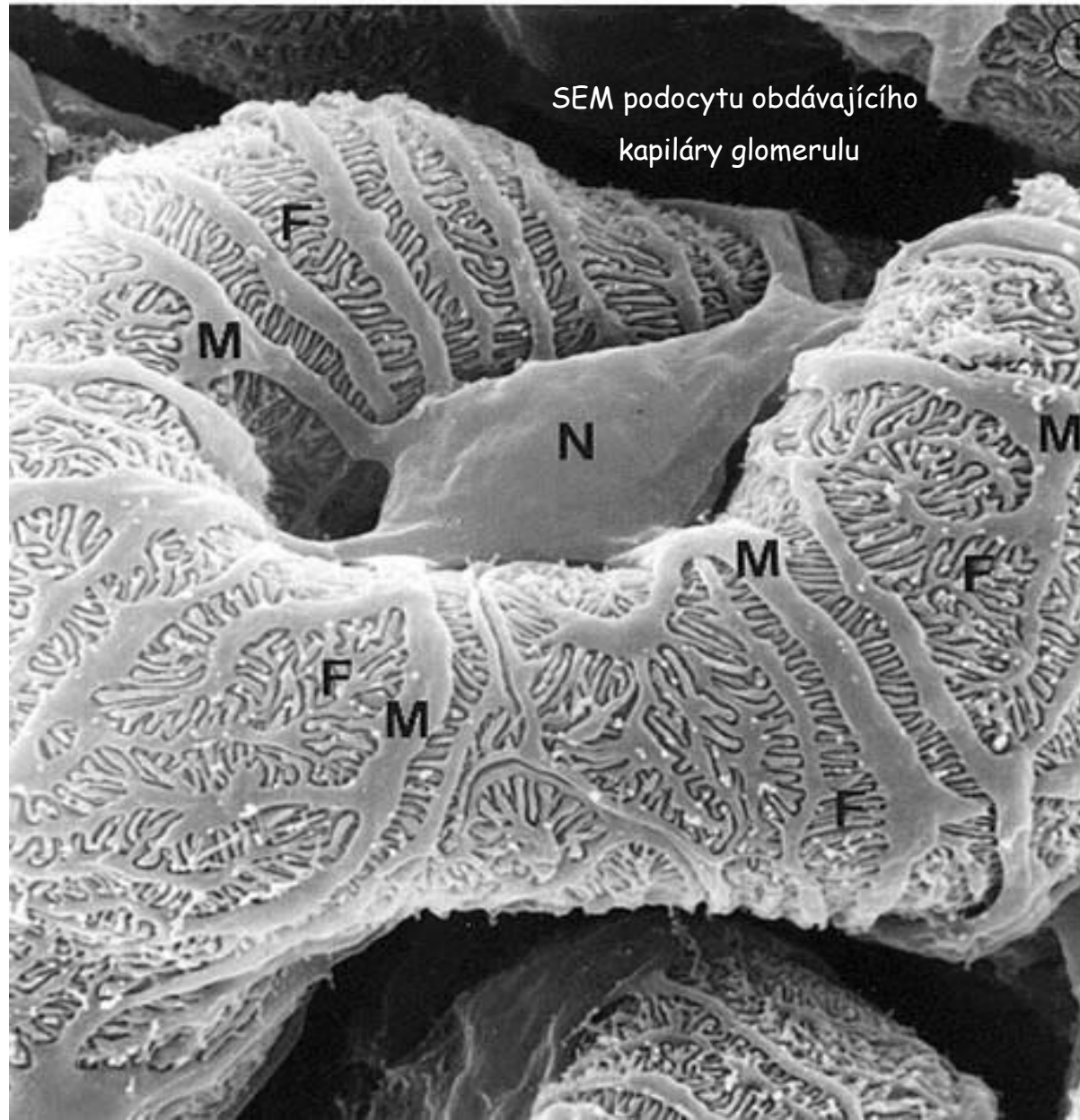


Nefron - Glomerulus - Podocyt 2



Primární výběžky
X
Sekundární výběžky

Nefron - Glomerulus - Podocyt 3

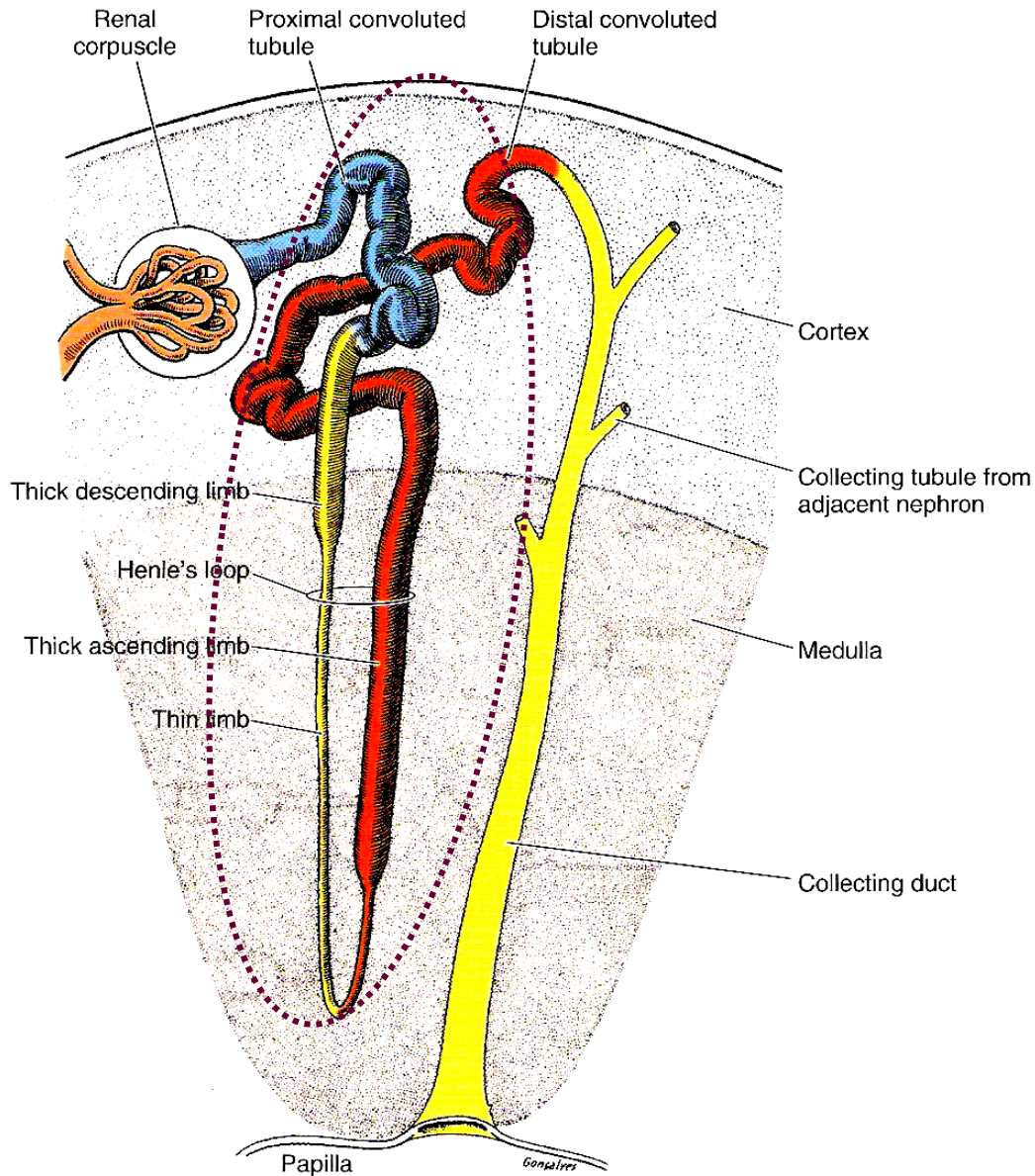


Nefron - Glomerulus - Podocyt 4

Vzhled „chobotnice“



Nefron - Tubulární část 1



Proximální tubulus

- Pars convoluta
- Pars recta

Henleova klička

(ansa nephroni)

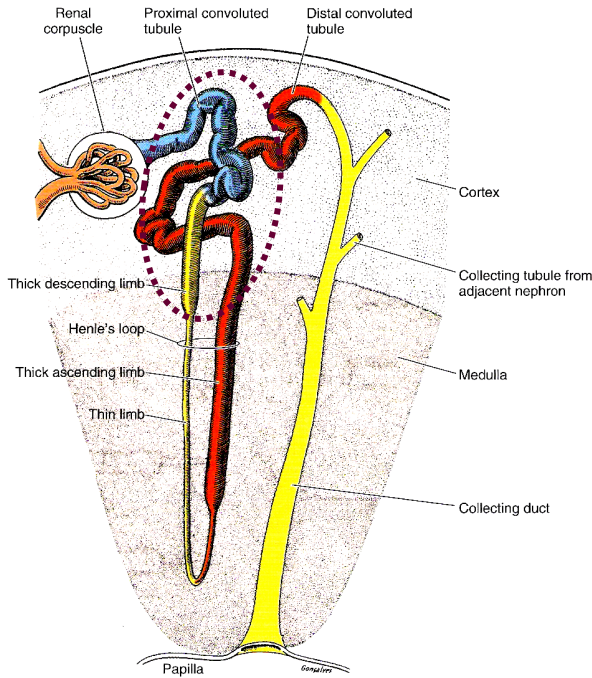
- Tenký segment
- Tlustý segment

Distální tubulus

- Pars recta
- Pars convoluta

Nefron - Tubulární část 2

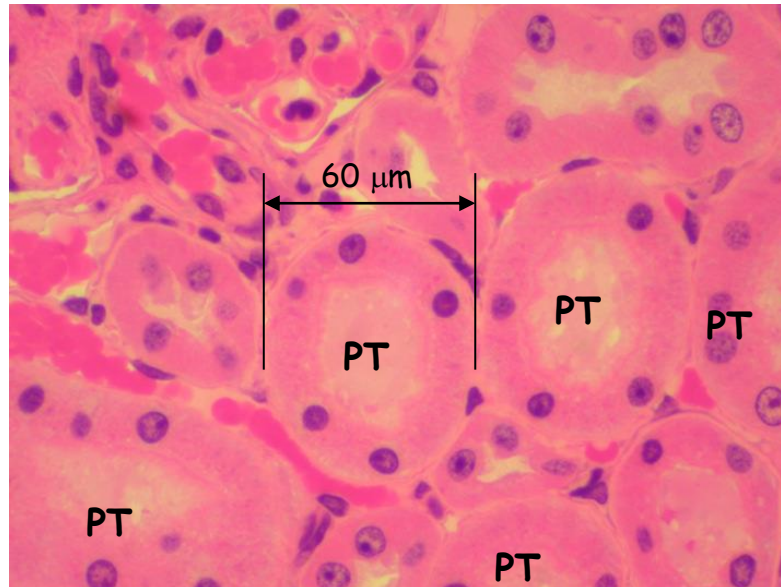
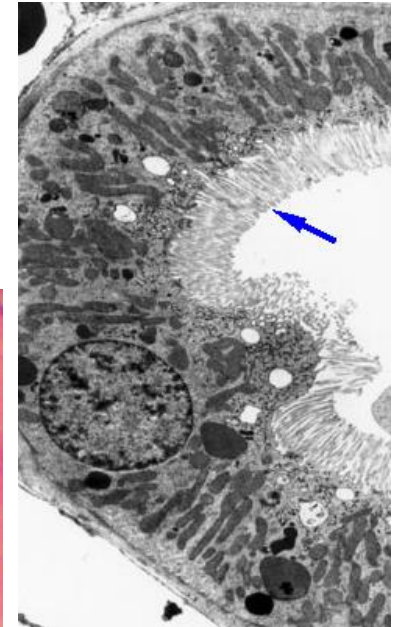
Proximální tubulus - pars convoluta + recta
= délka asi 14 mm



Bazální labyrint →



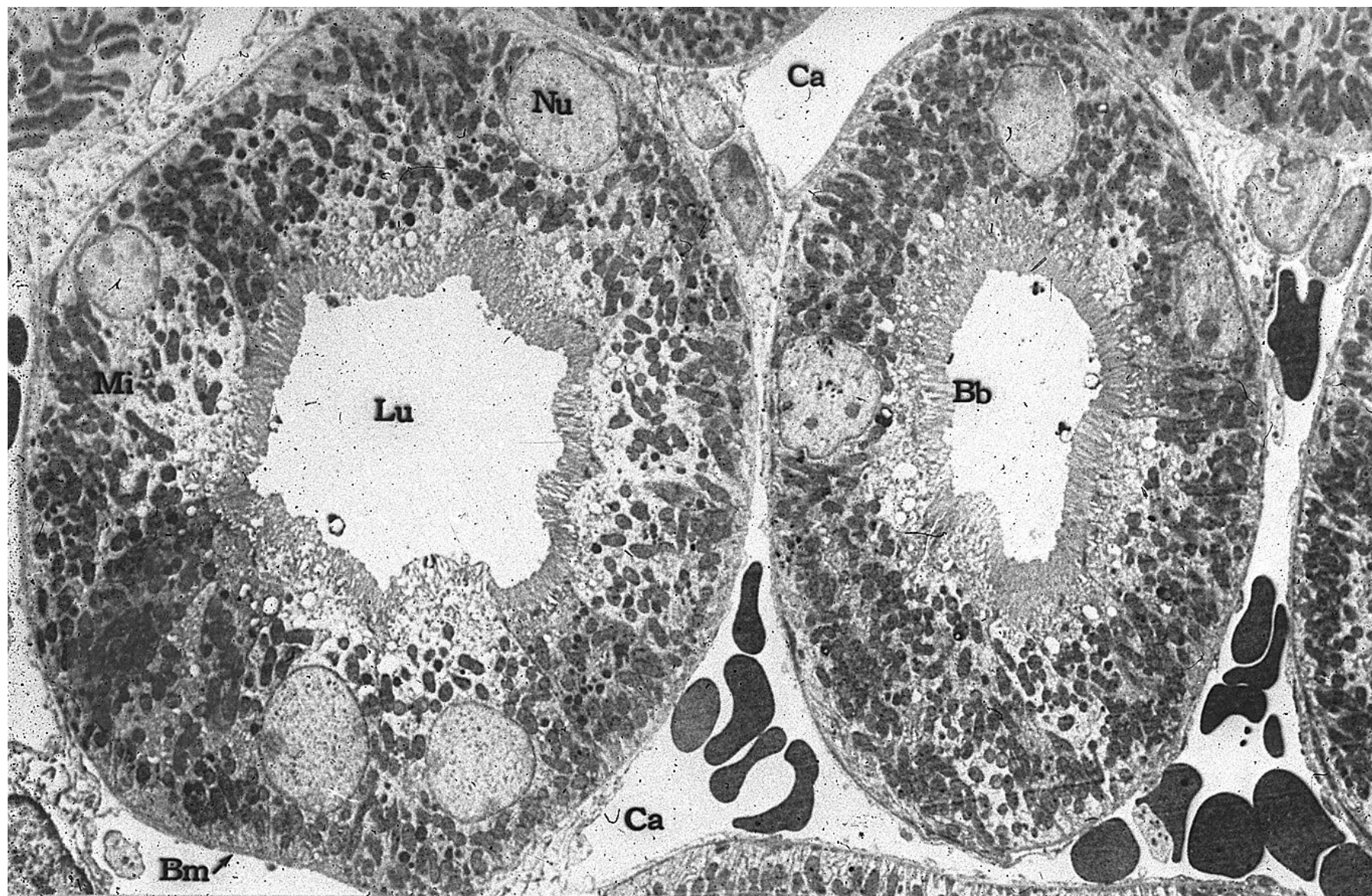
← Kartáčový lem (mikrolky)



Reabsorpce

$\frac{3}{4}$ Na, K, H₂O,
aminokyseliny, proteiny

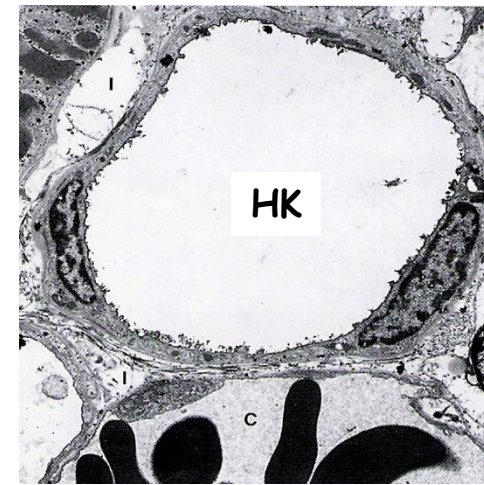
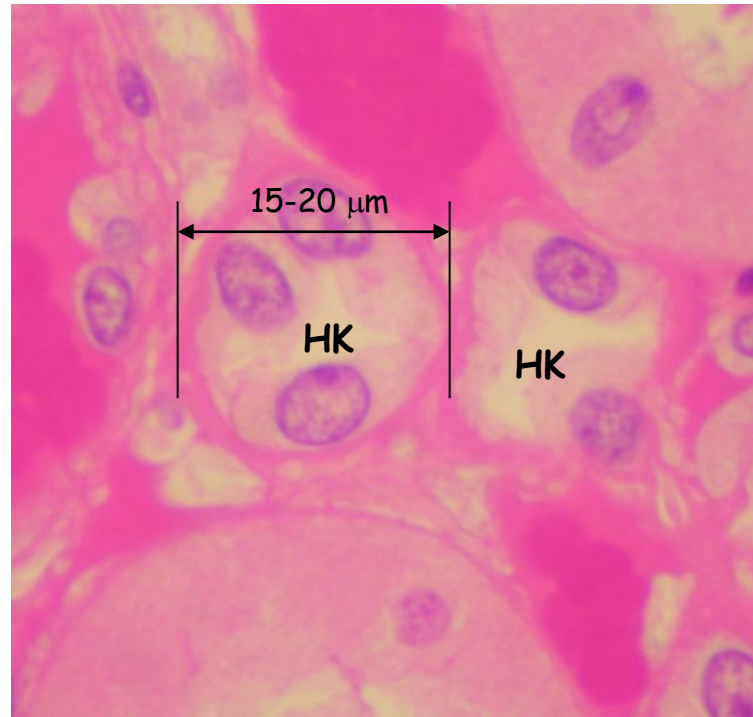
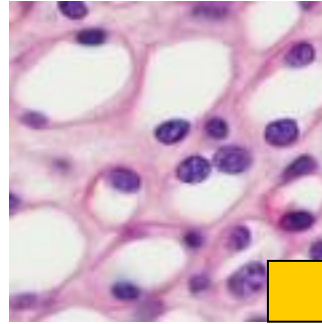
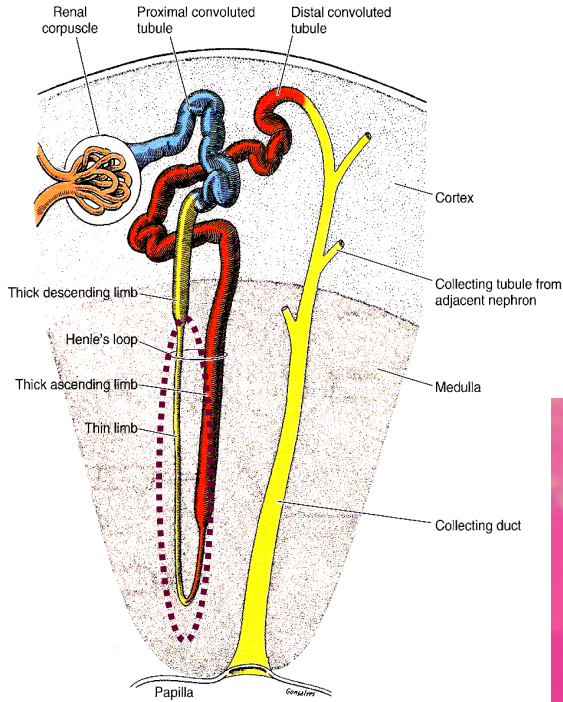
Proximální tubulus



Nefron - Tubulární část 3

Henleova klička - Tenký segment

tloušťka asi 15 μm

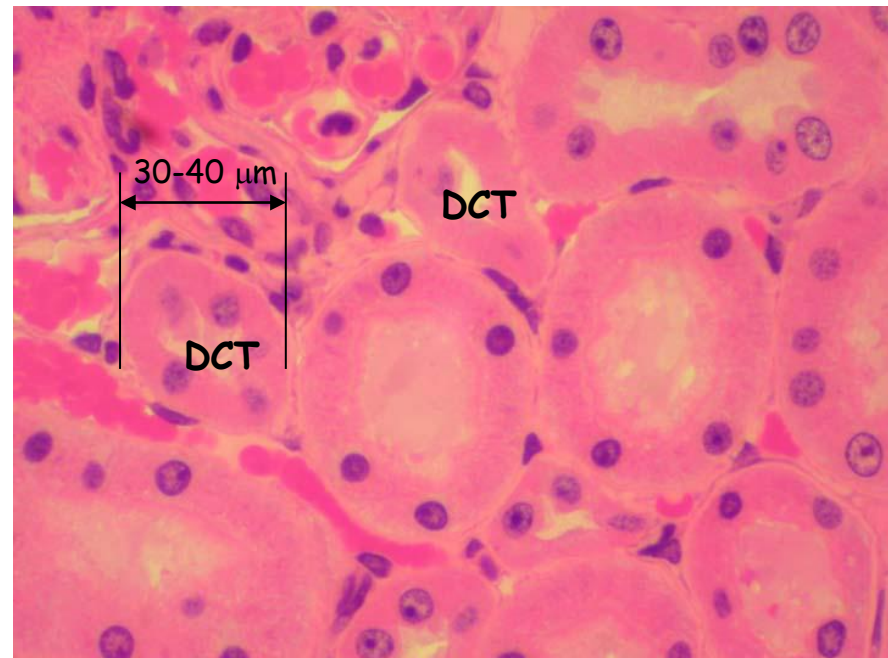
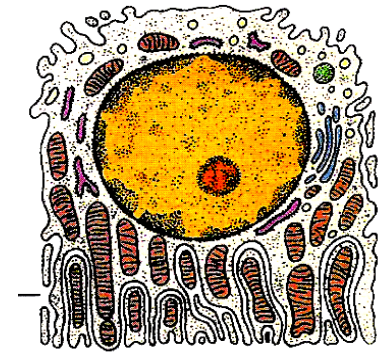
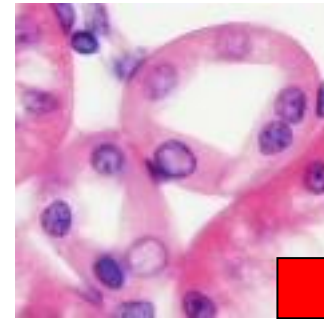
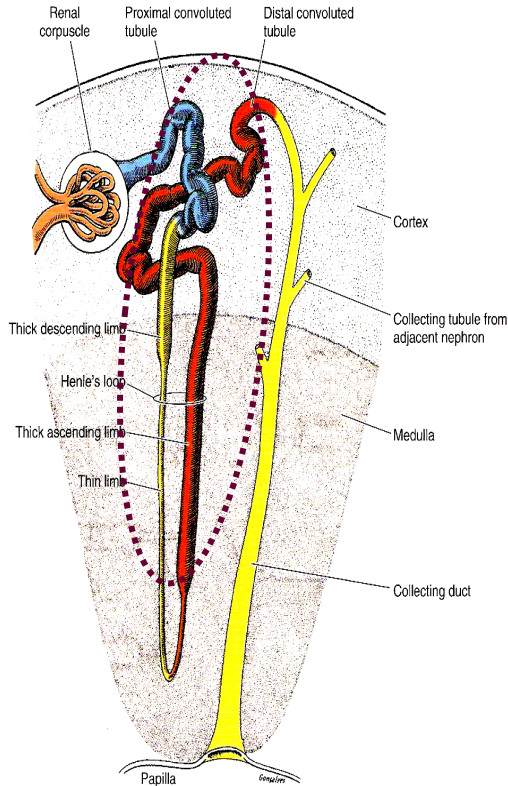


Reabsorpce
 H_2O

Nefron - Tubulární část 4

Henleova klička - Tlustý segment + Proximální tubulus - pars convoluta + recta

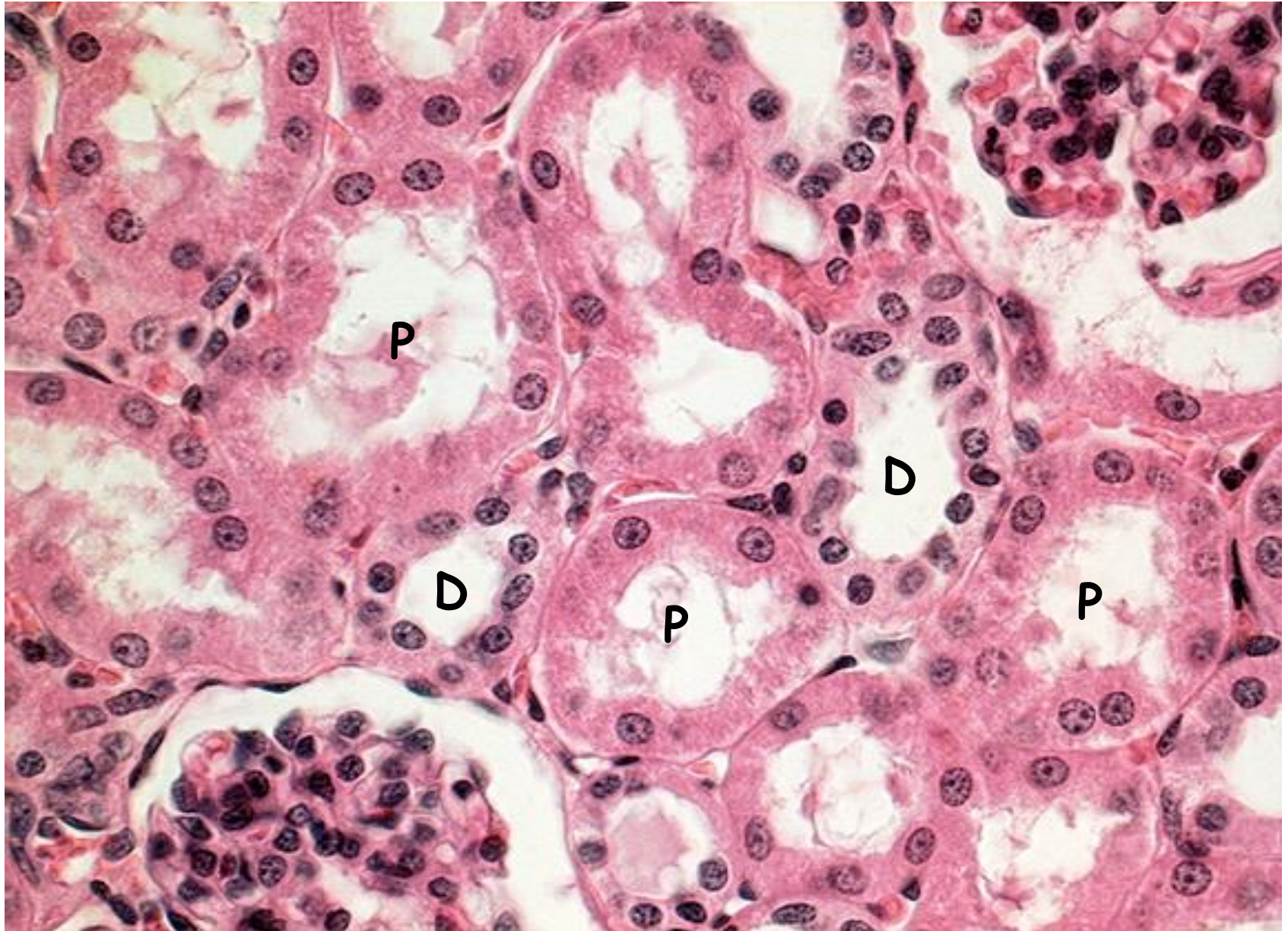
tloušťka asi 30 μm



Reabsorpce

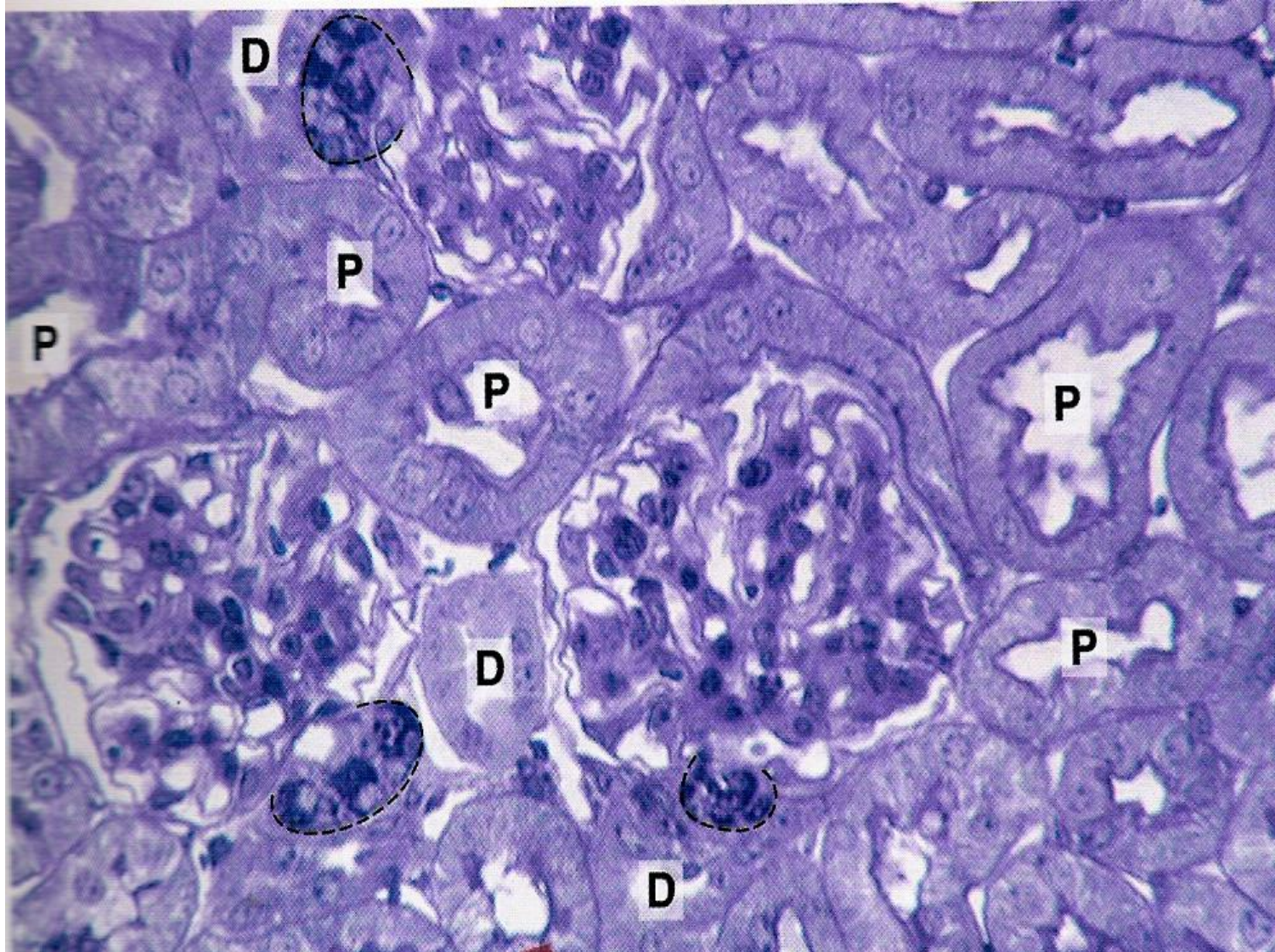
Na, K, Cl

Proximální a distální tubuly

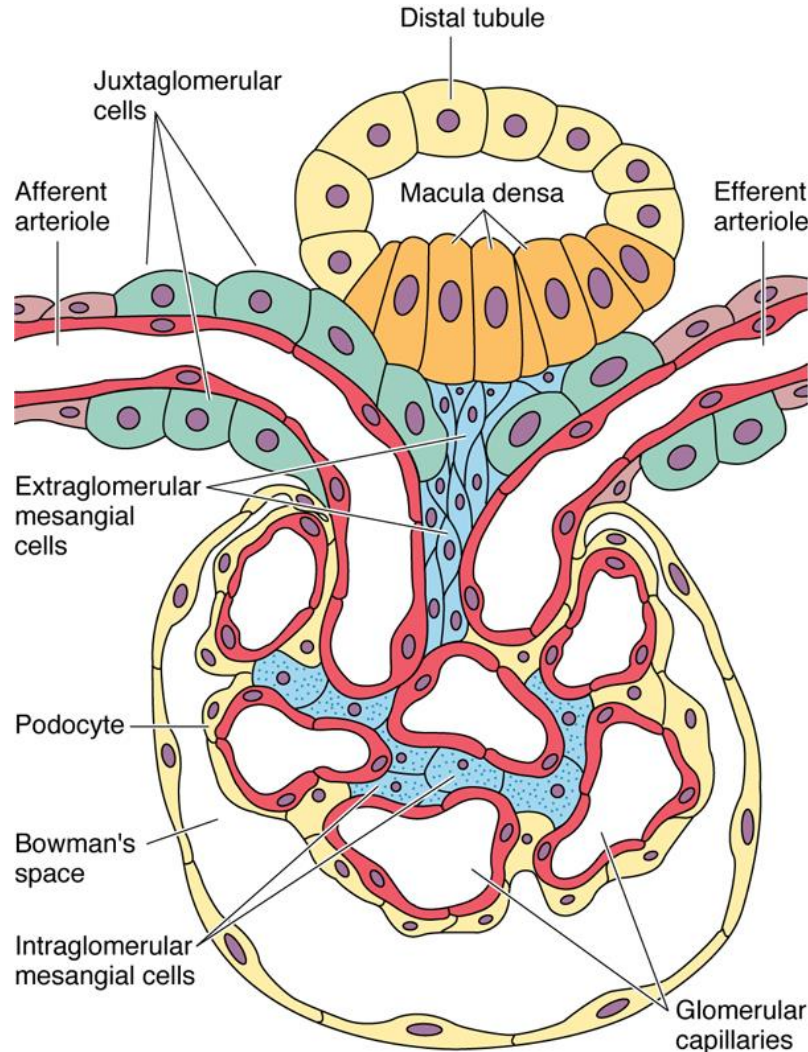


Kůra

Proximální X Distální tubuly (7:1)



Nefron - Tubulární část - Juxtaglomerulární aparát 1



Macula densa

Monitoruje osmotický tlak tekutin v nefronu a vysílá „signály“ k Juxta buňkám

Juxtaglomerulární buňky

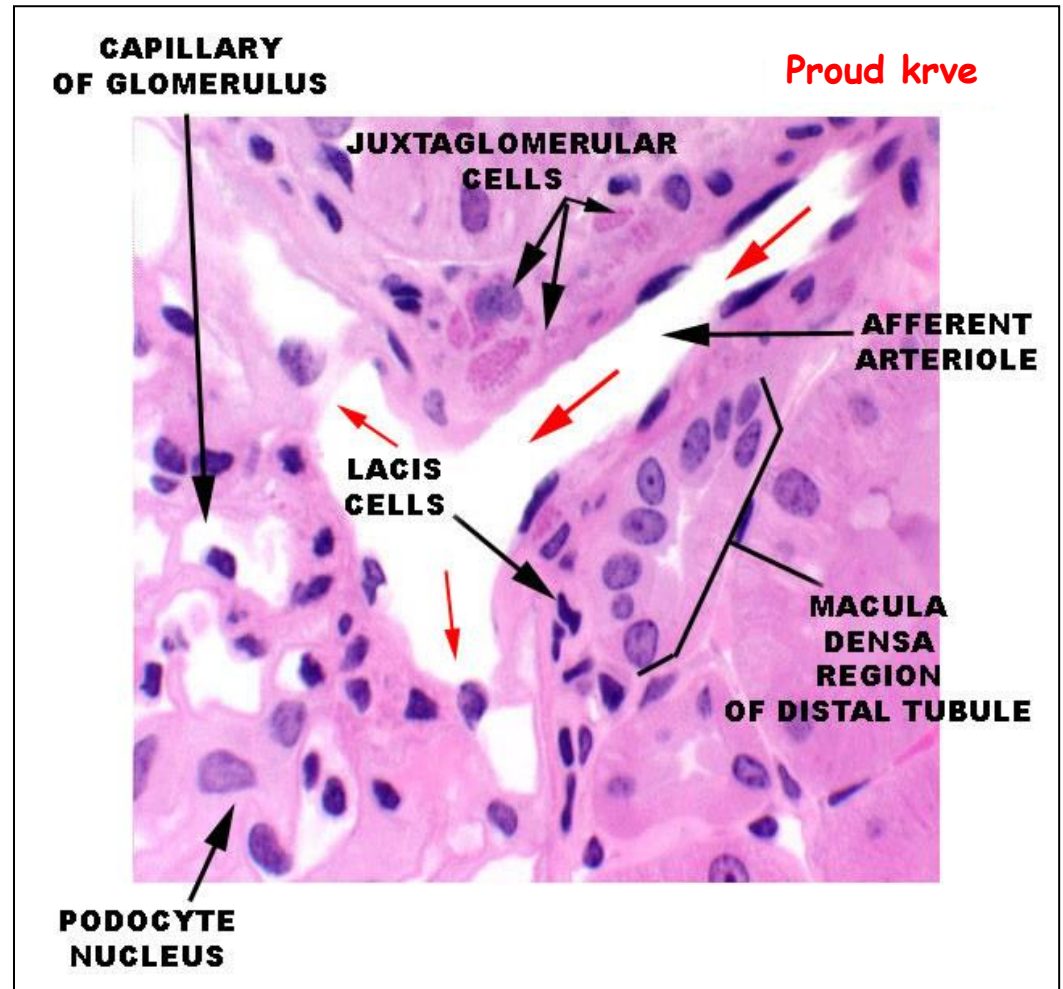
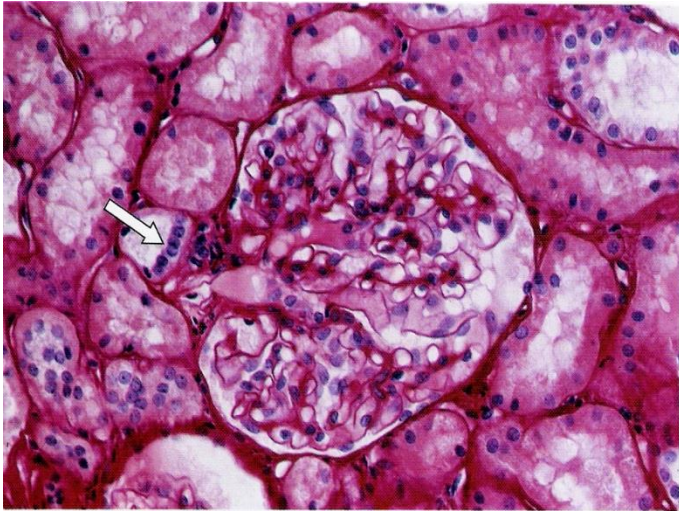
Monitorují krevní tlak v afferentní arteriole a sekretují **renin**. Renin konvertuje angiotensin na ang I, který je dále v plicích měněn na ang II. **Angiotensin II** vyvolává vazokonstrikci a tím zvýšení krevního tlaku.

Extraglomerulární mesangiální b. (Lacis buňky)

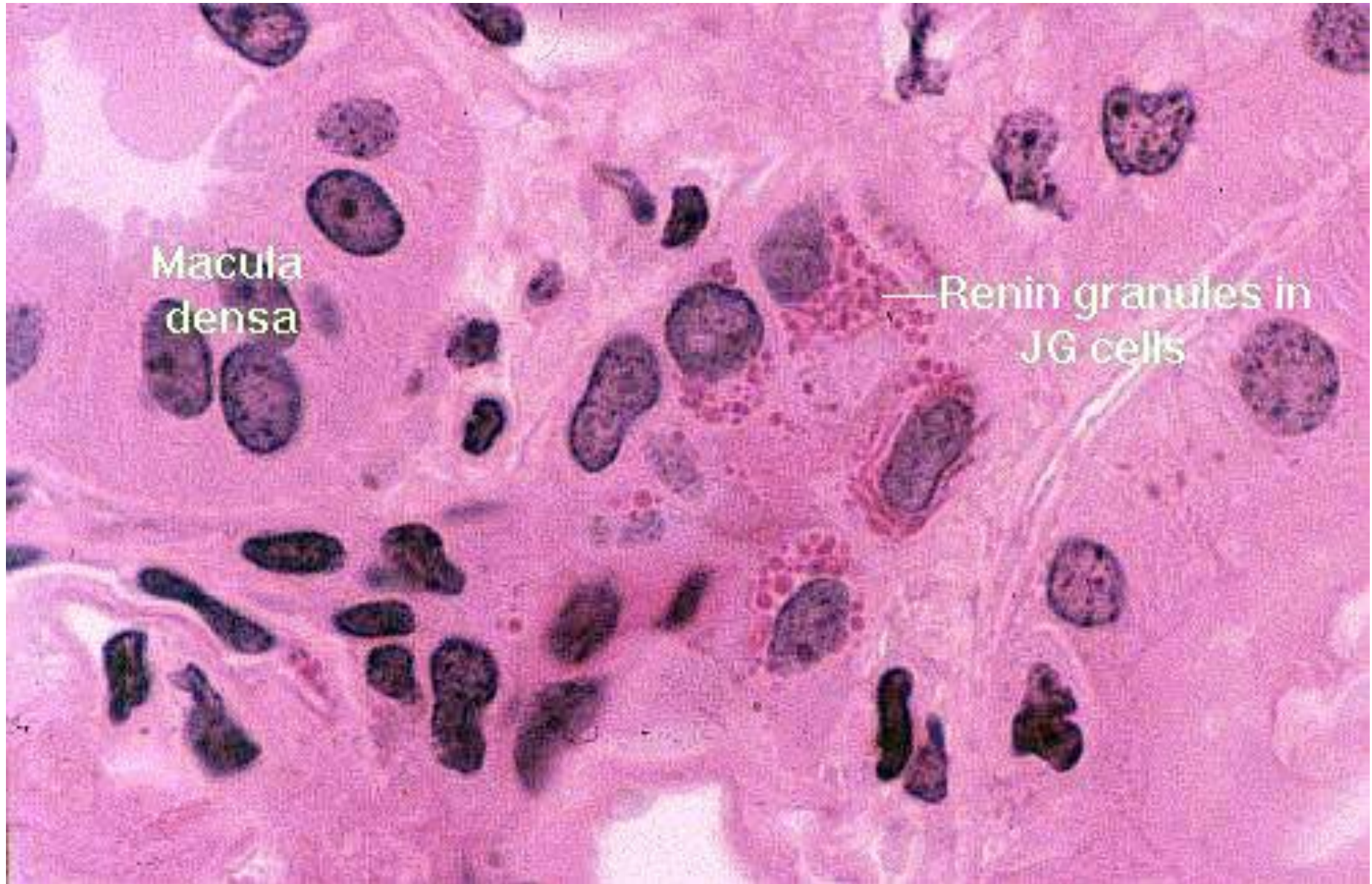
Nefron - Tubulární část - Juxtaglomerulární aparát 2

Macula densa

Modifikovaný DT v blízkosti vaskulární pólu



Juxtaglomerulární buňky

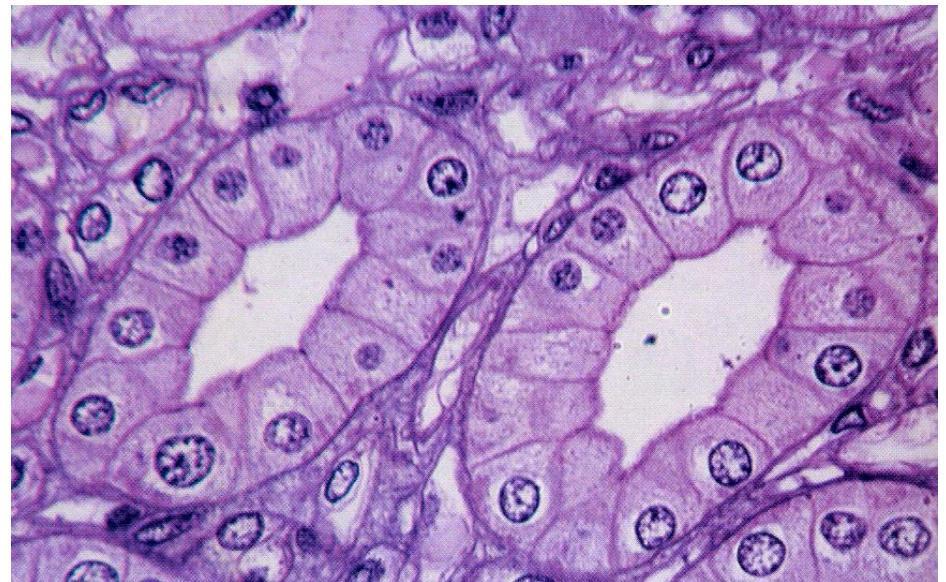
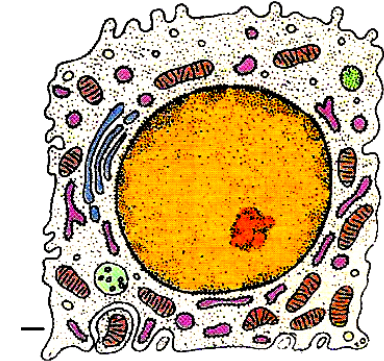
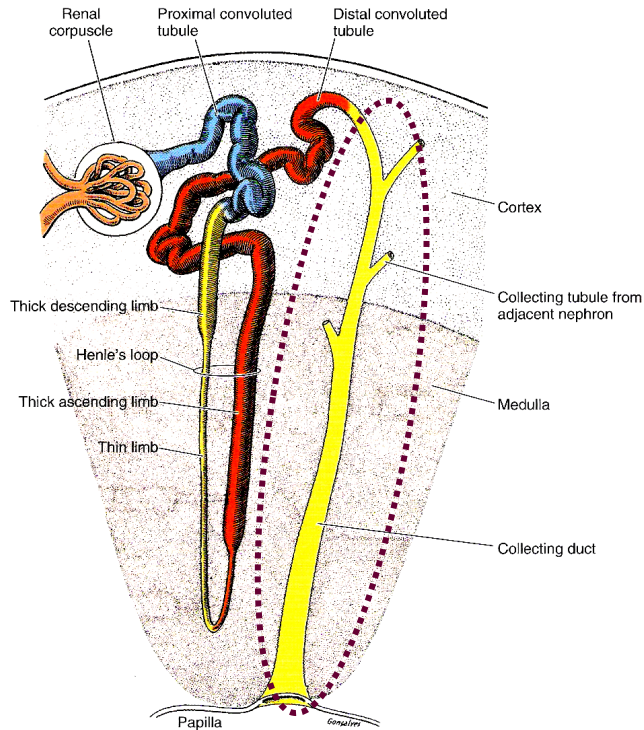


Sběrací kanálky a vývody

Cortical + Medullary + Papillary = délka celkem asi 20 mm

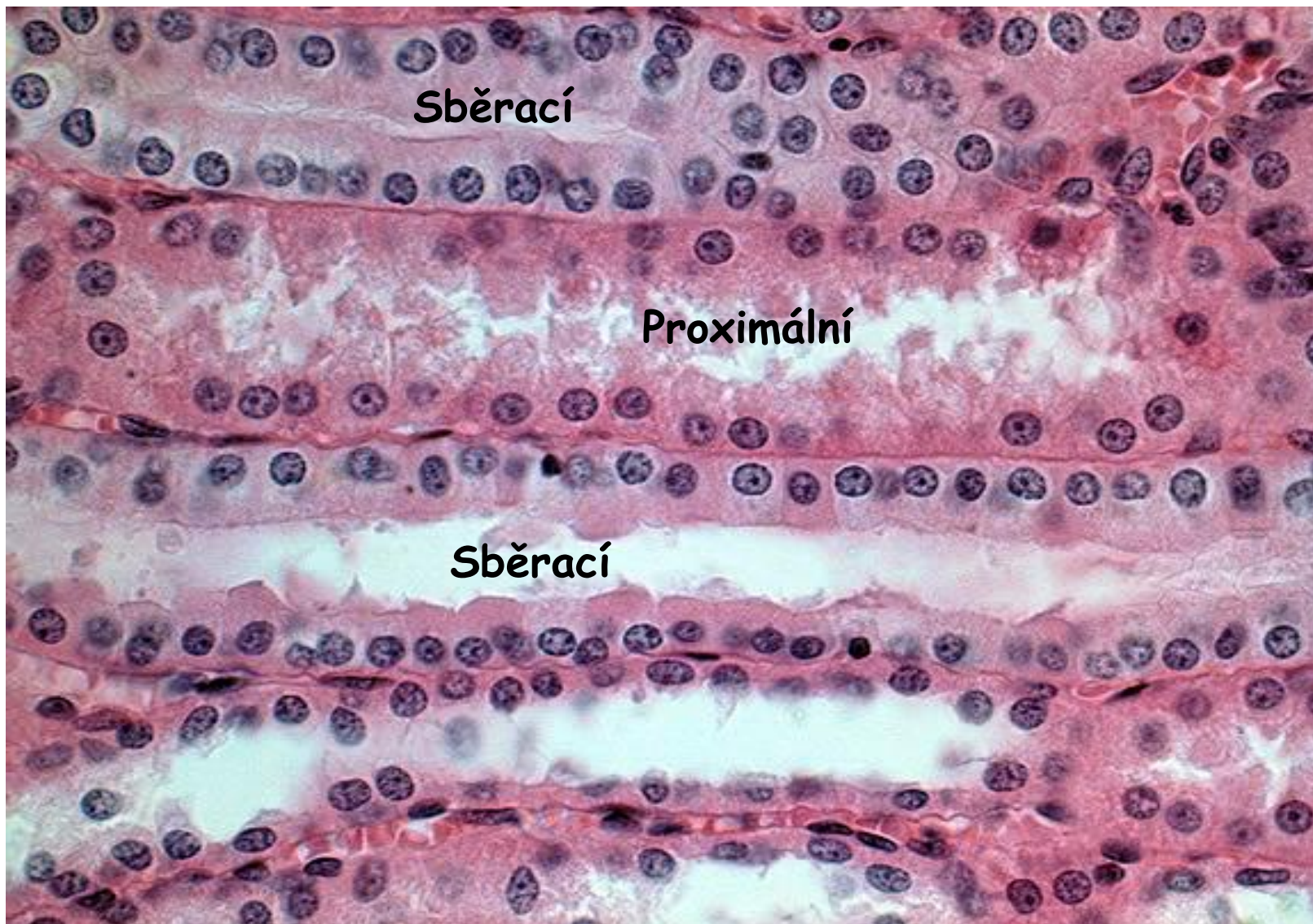
40 μm

200 - 300 μm

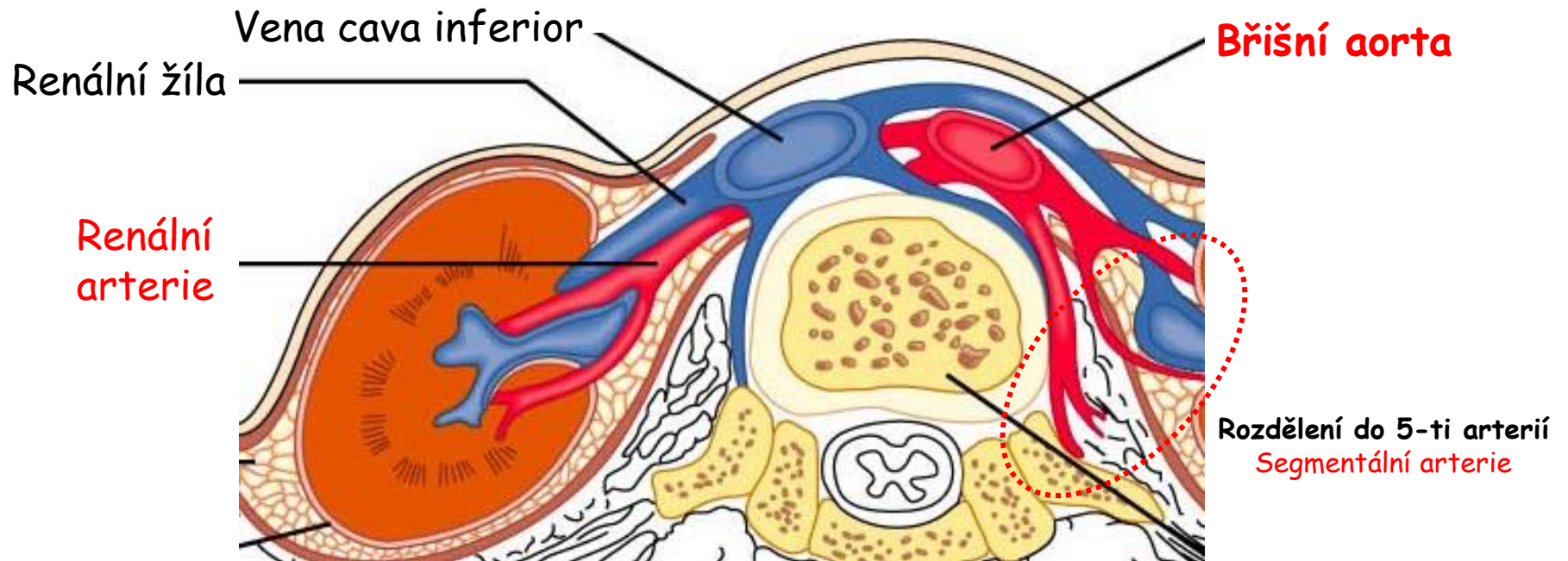


- Brání ztrátám vody
- Reagují na **ADH** (antidiuretický hormon) hypofýzy
- ADH zvyšuje permeabilitu pro vodu a tím její reabsorpci
- Celkový objem moči tak klesá
- Alkohol inhibuje produkci ADH – méně vody je reabsorbováno - dehydratace

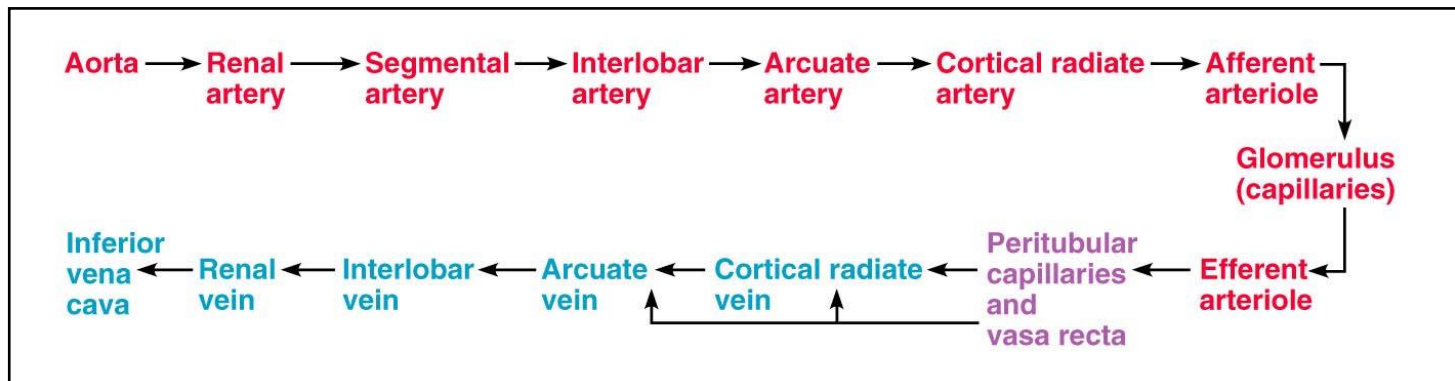
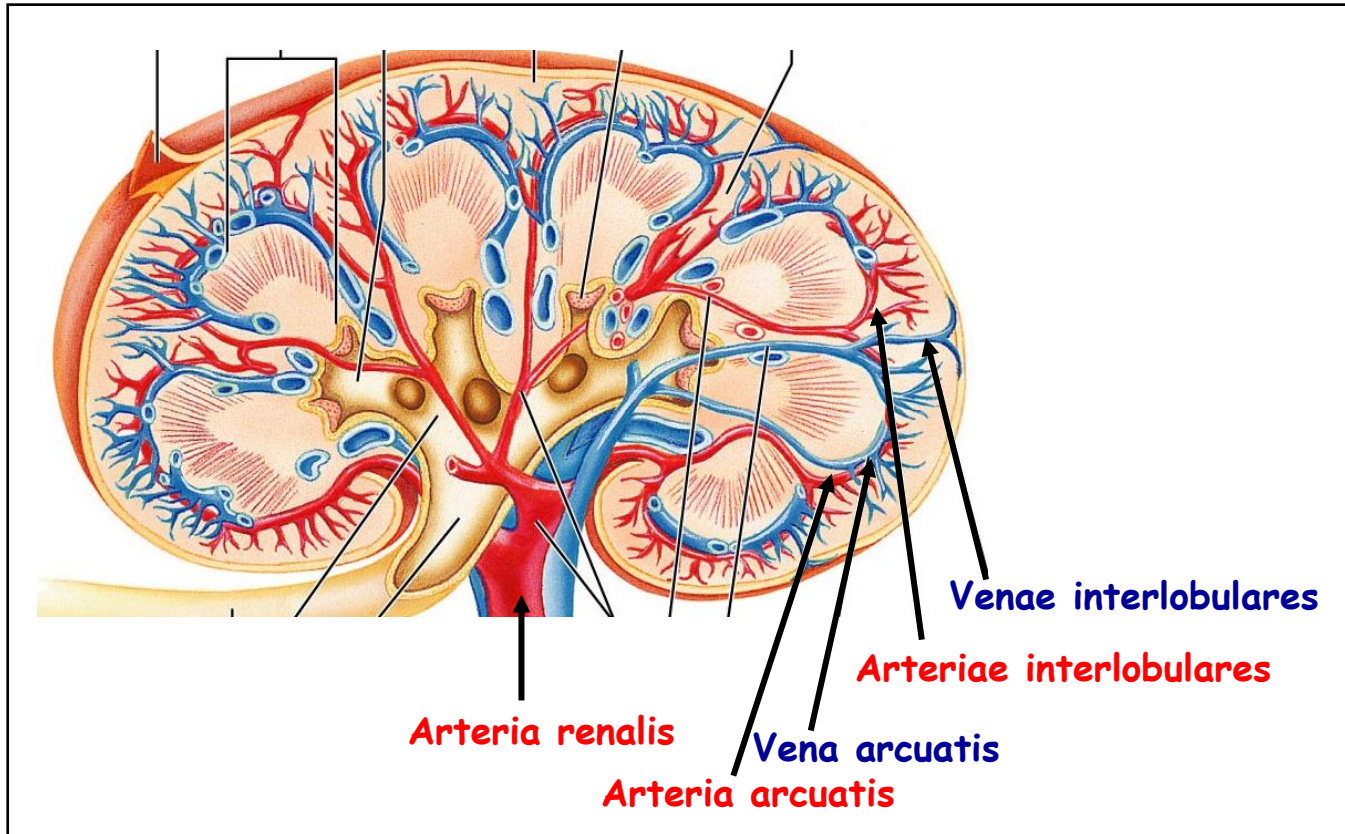
Podélný řez sběracími a proximálními kanálky



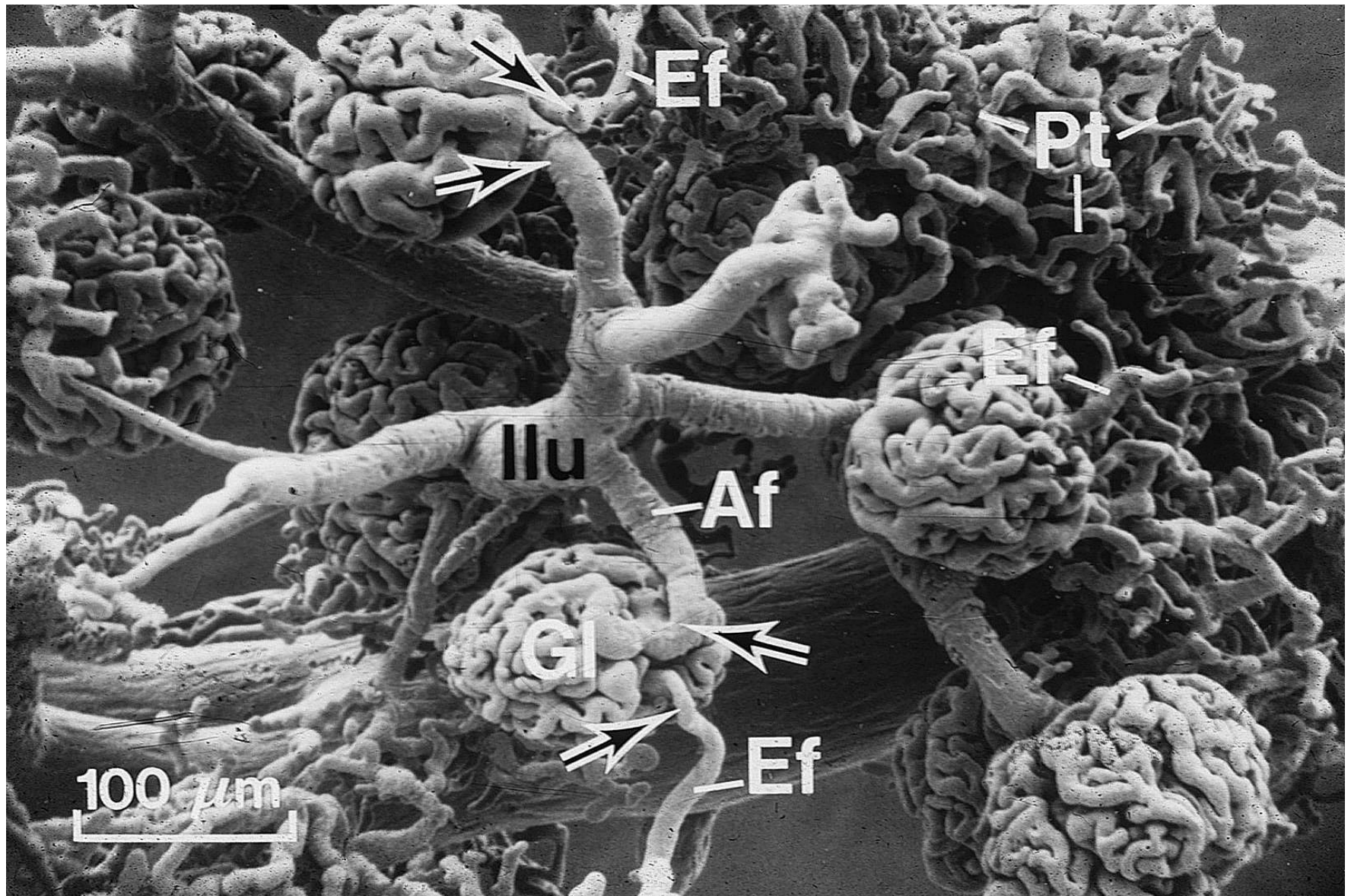
Krevní oběh ledviny



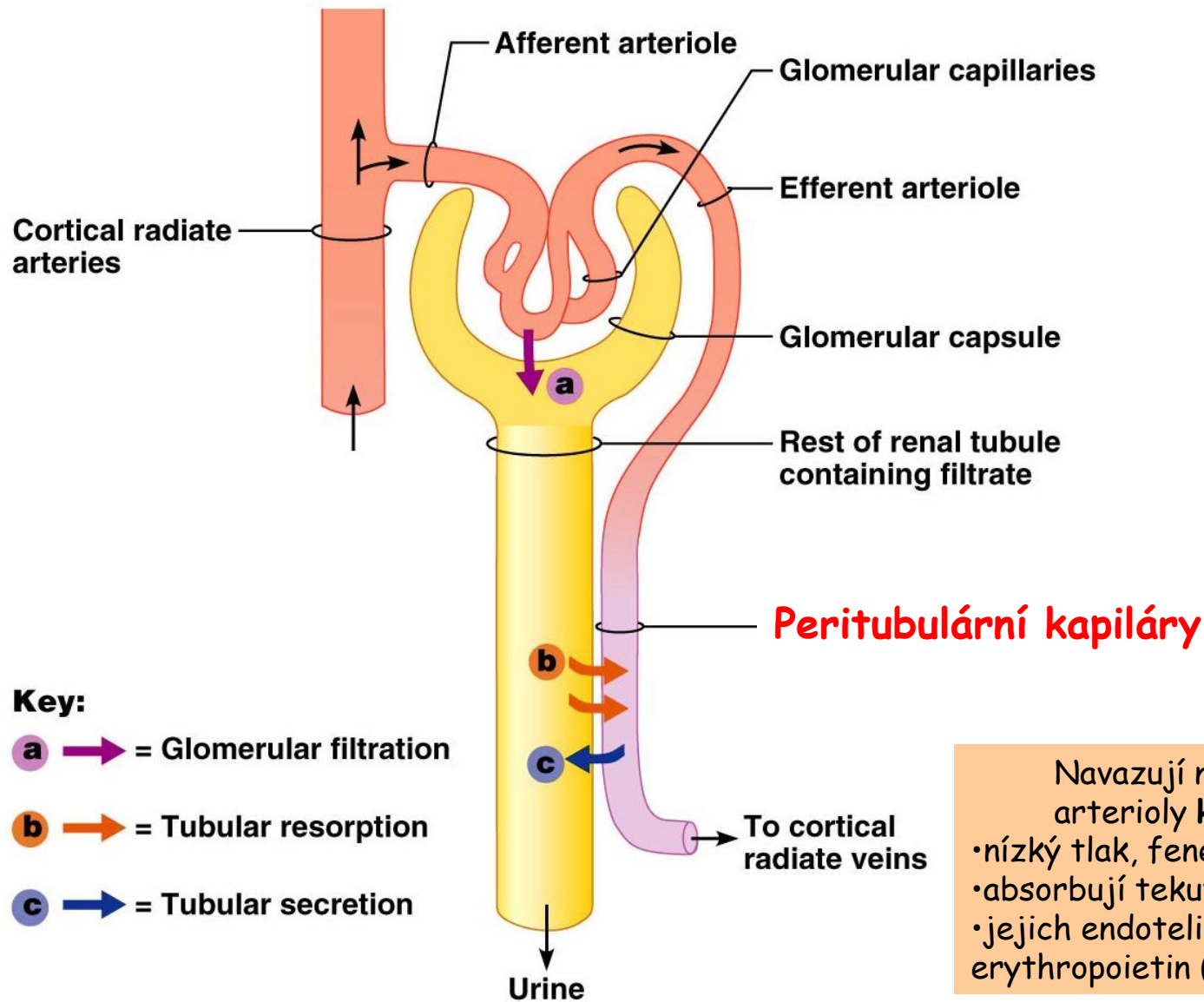
Krevní oběh ledviny



Krevní oběh - Aferentní + eferentní arterioly



Krevní oběh - Peritubulární kapiláry

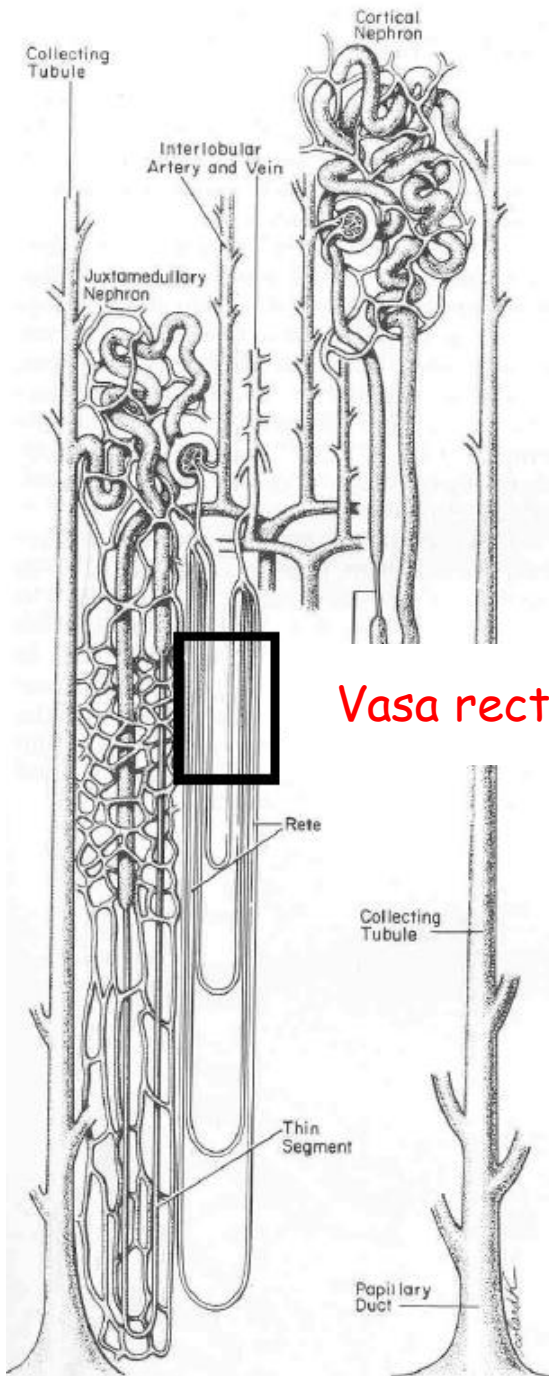


Navazují na eferentní arterioly kortikálních nefronů

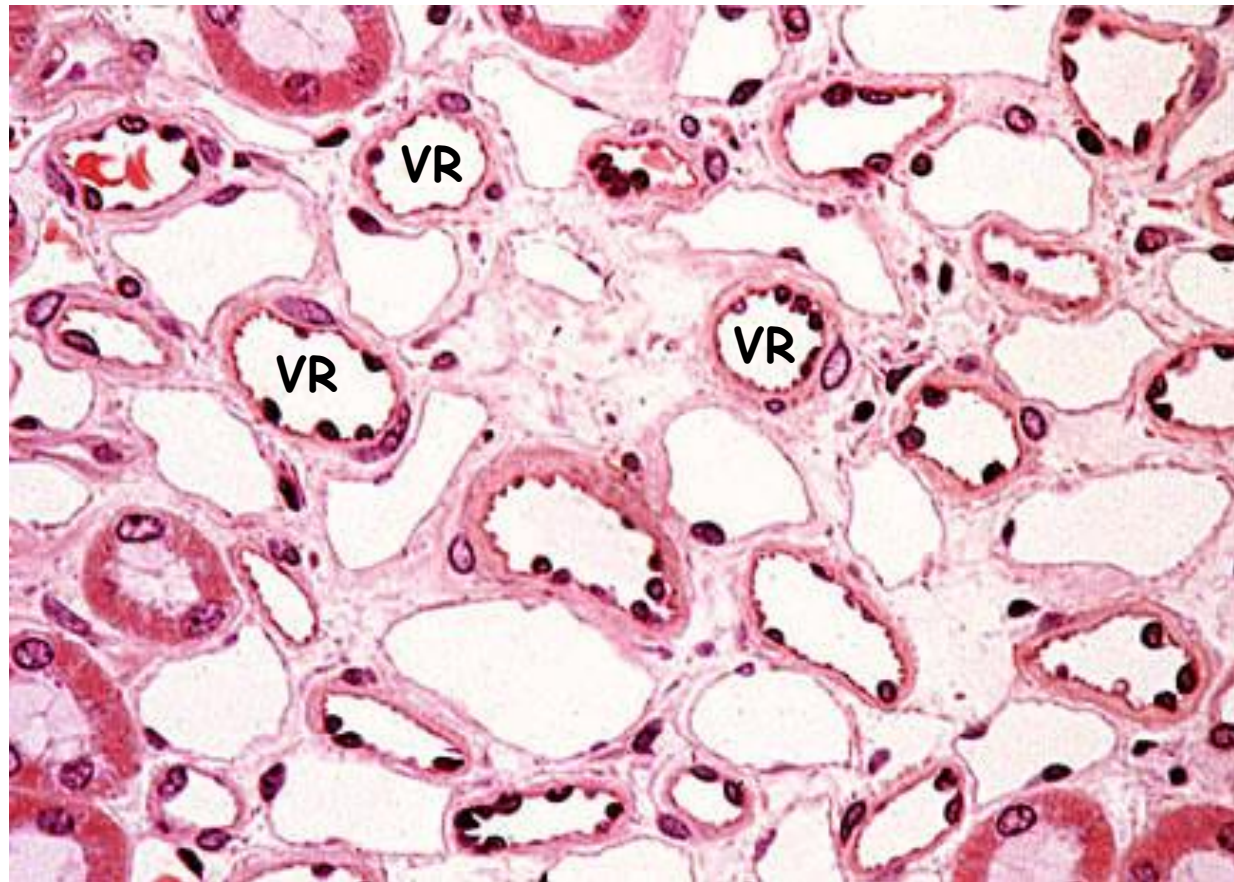
- nízký tlak, fenestrace
- absorbují tekutiny
- jejich endotelie produkuje erythropoietin (?)

Krevní oběh - *Vasa recta*

- navazují na eferentní arterioly **juxtamedullary nephron**
- tenkostěnné cévy s kličkou
- délka 10-25 mm
- části koncentračního systému ledviny



Vasa recta



Vývodné cesty

- Ledvinné kalichy (malé a velké)
- Ledvinná pánvička
- Močovody
- Močový měchýř
- Močová trubice

Společná organizace

(kalichy, pánvička, močovody, měchýř)

• Sliznice (Mucosa)

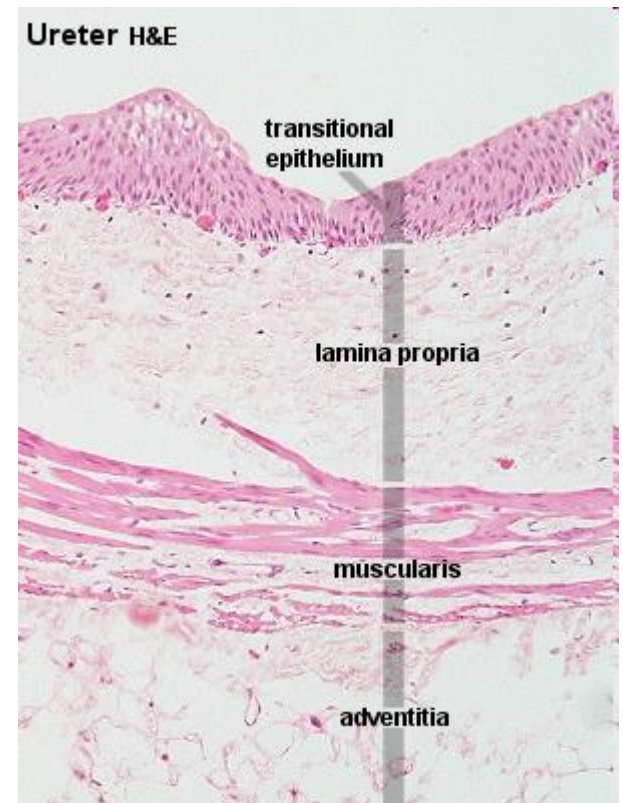
Epitel (přechodní)

Bazální membrána

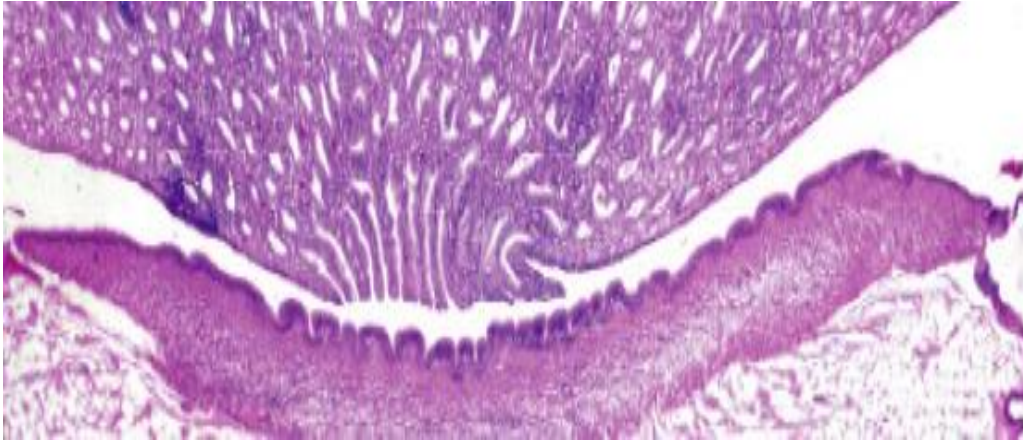
Lamina propria/submucosa

• Tunica muscularis (hladká svalovina)

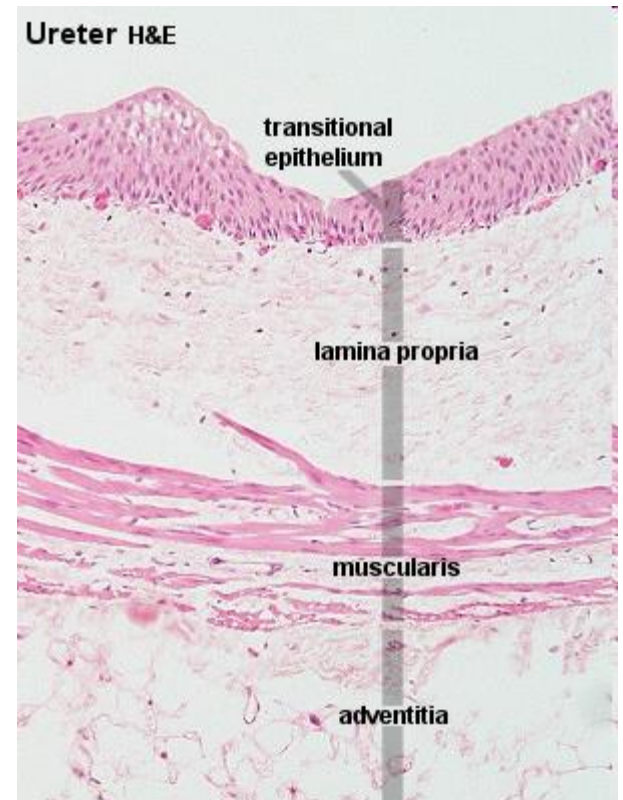
• Tunica adventitia/serosa



Ledvinné kalichy a pánvička

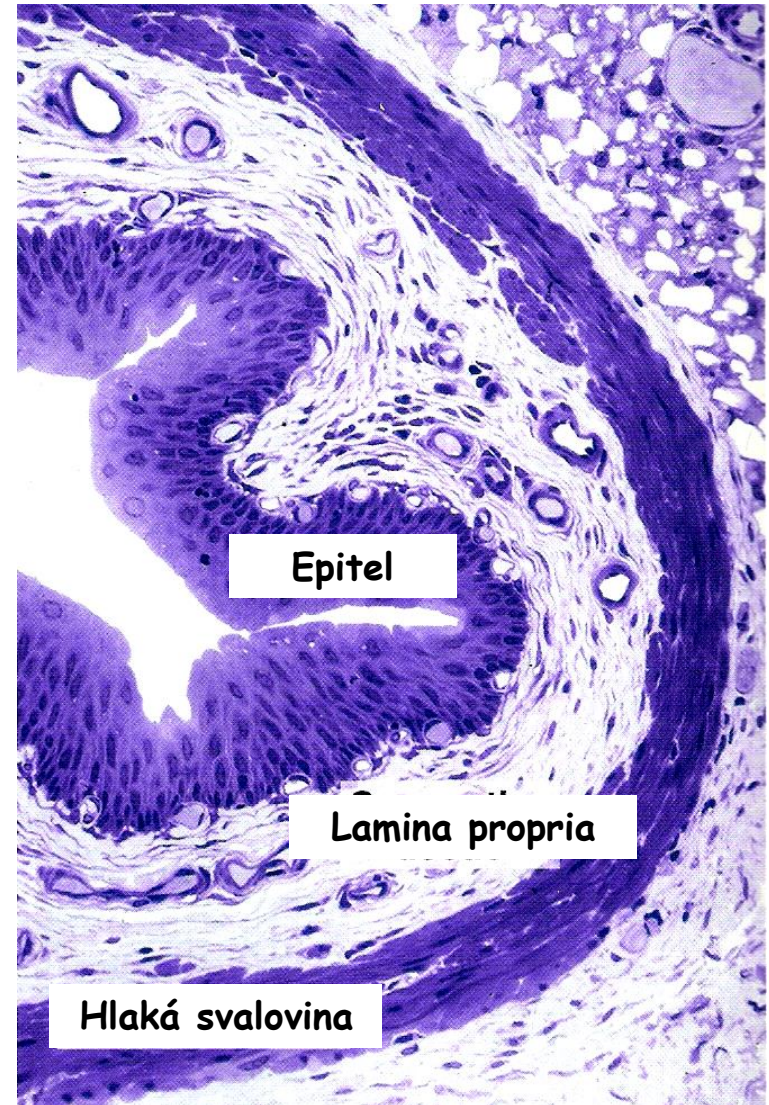
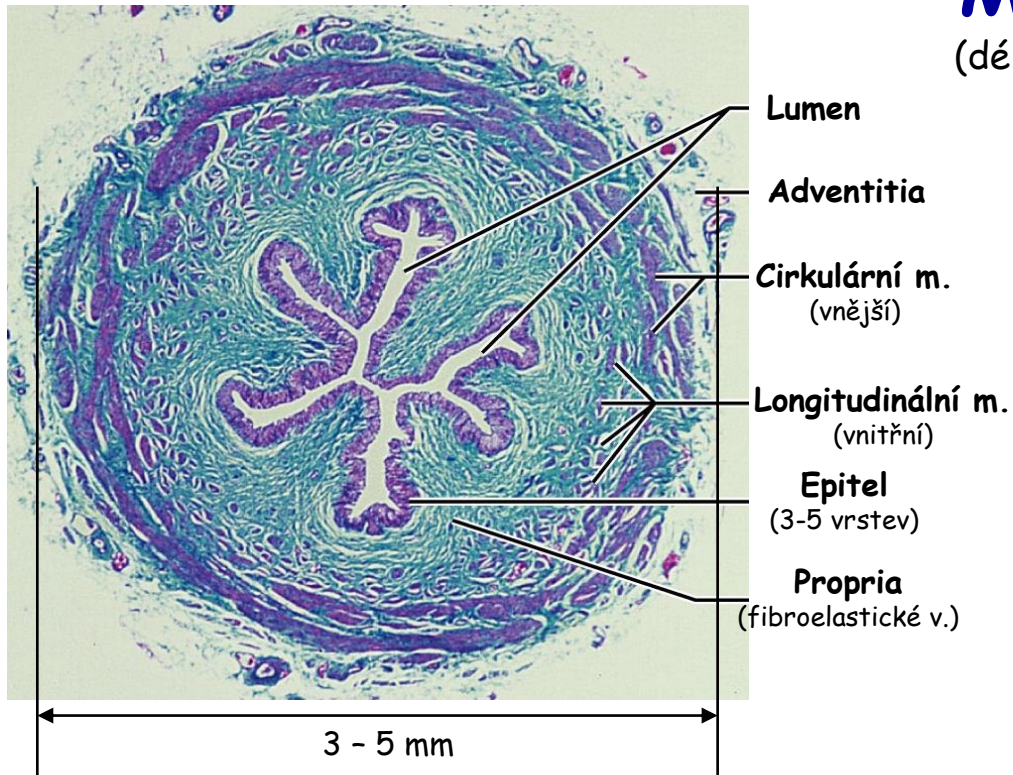


- Minimální lamina propria/submucosa
- Tenká tunica muscularis
- Tunica adventitia - mísí se s tukovou tkání renálního sinu



Močovody

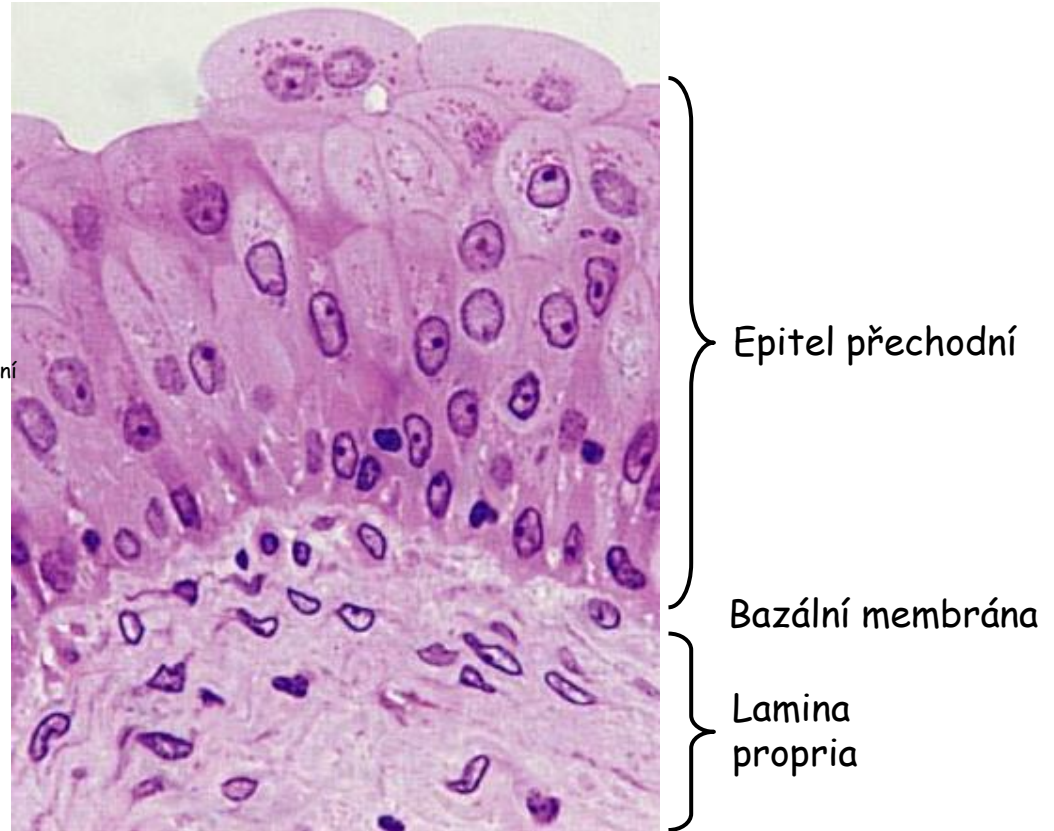
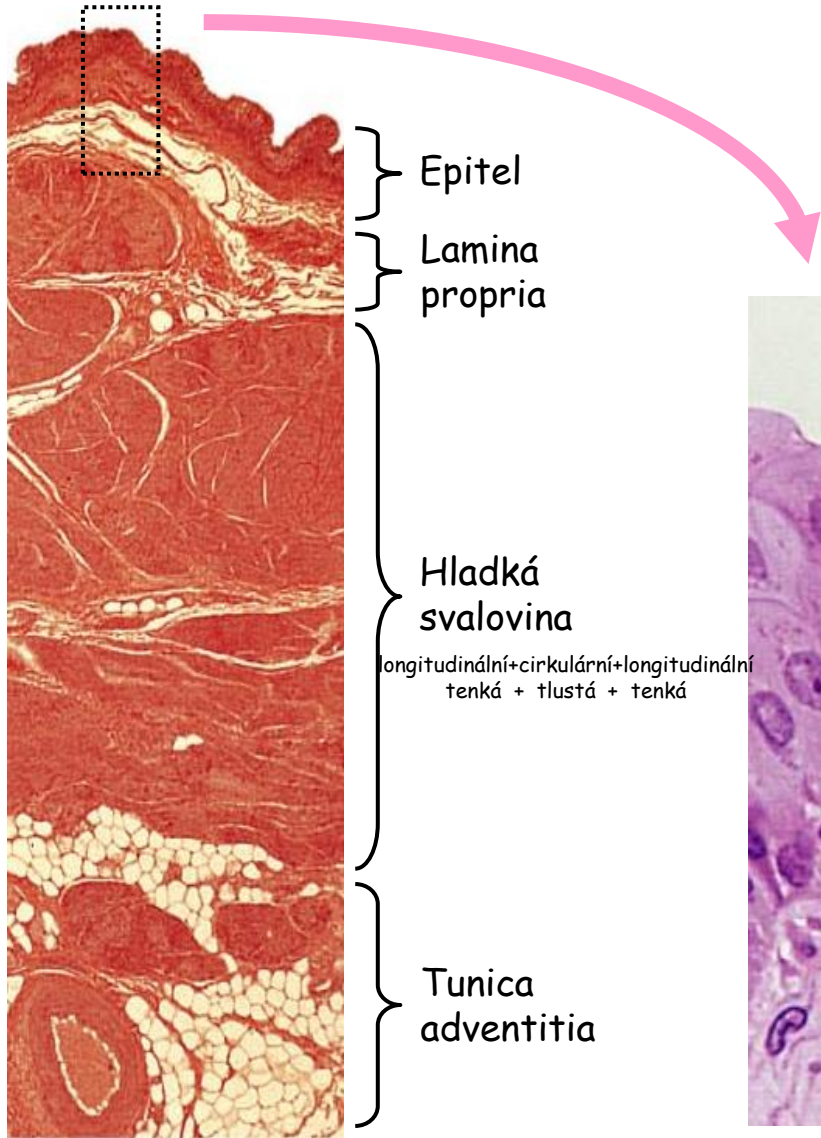
(délka asi 25-30 cm)



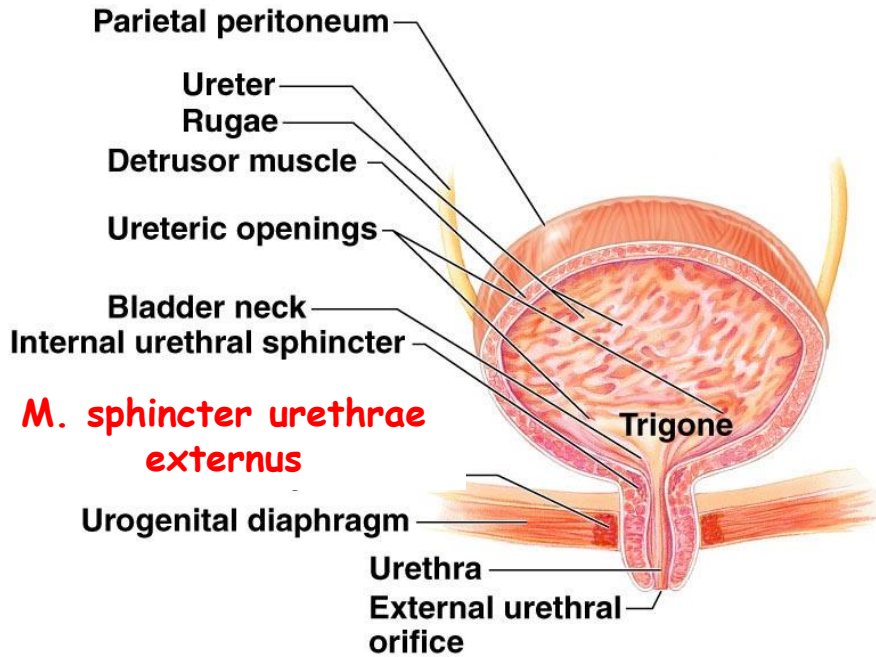
- Moč z pánvičky do měchýře
- Stěny jako pánvička
- Stěna se ztlušťuje směrem k měchýři
- Peristaltika

Močový měchýř

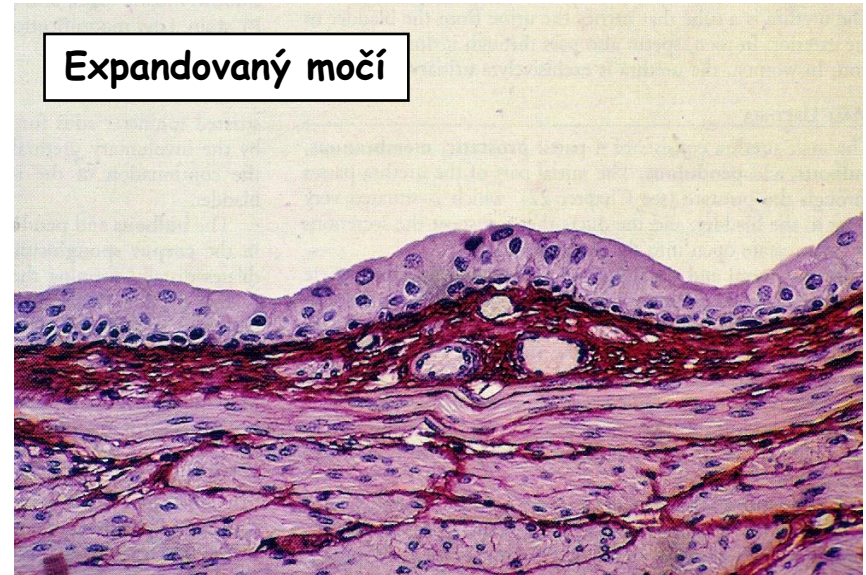
Silná tunica muscularis - při orificium urethrae int. → **m. sphincter vesicae**.



Močový měchýř



(b)



Ženská močová trubice

(délka 4-5 cm)



Přechodní epitel

- **Přechodní + vrstevnatý dlaždicový ep.**
- **Zřasená mucosa** (fibroelastická propria)
- **Dvouvrstvá tun. muscularis**
- **Littreovy žlázy**

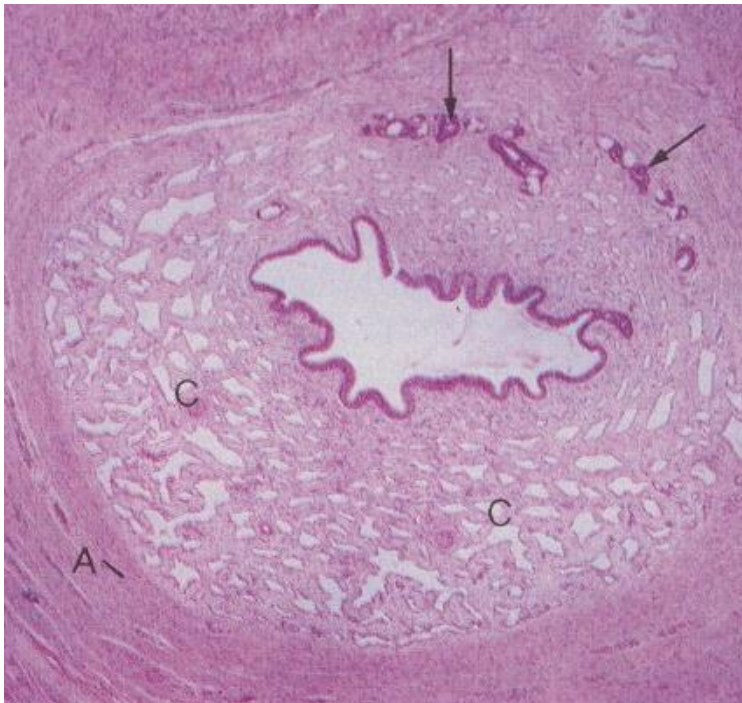
Mužská močová trubice

(délka 15-20 cm)

Pars prostatica - přechodní ep., vývody prostaty

Pars diaphragmatica - vrstevnatý cylindrický ep., M. sphincter urethrae externus

Pars cavernosa et bulbaris - víceřadý cylindrický + vrstevnantý dlaždicový ep.



Spongy - penile

A - Tunica albuginea

C - Corpus spongiosum (topořivé)

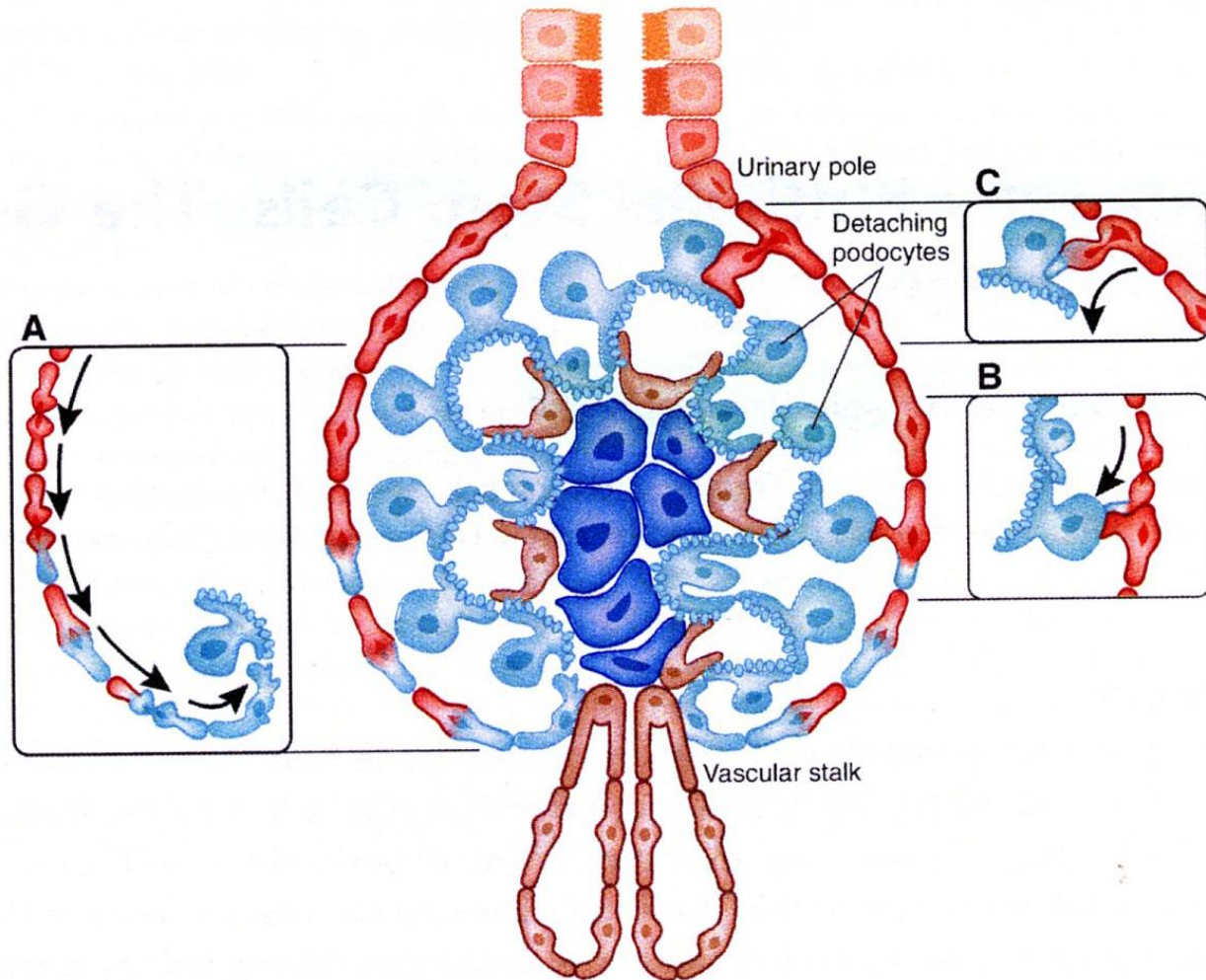
Šipky - Littreovy žlázy



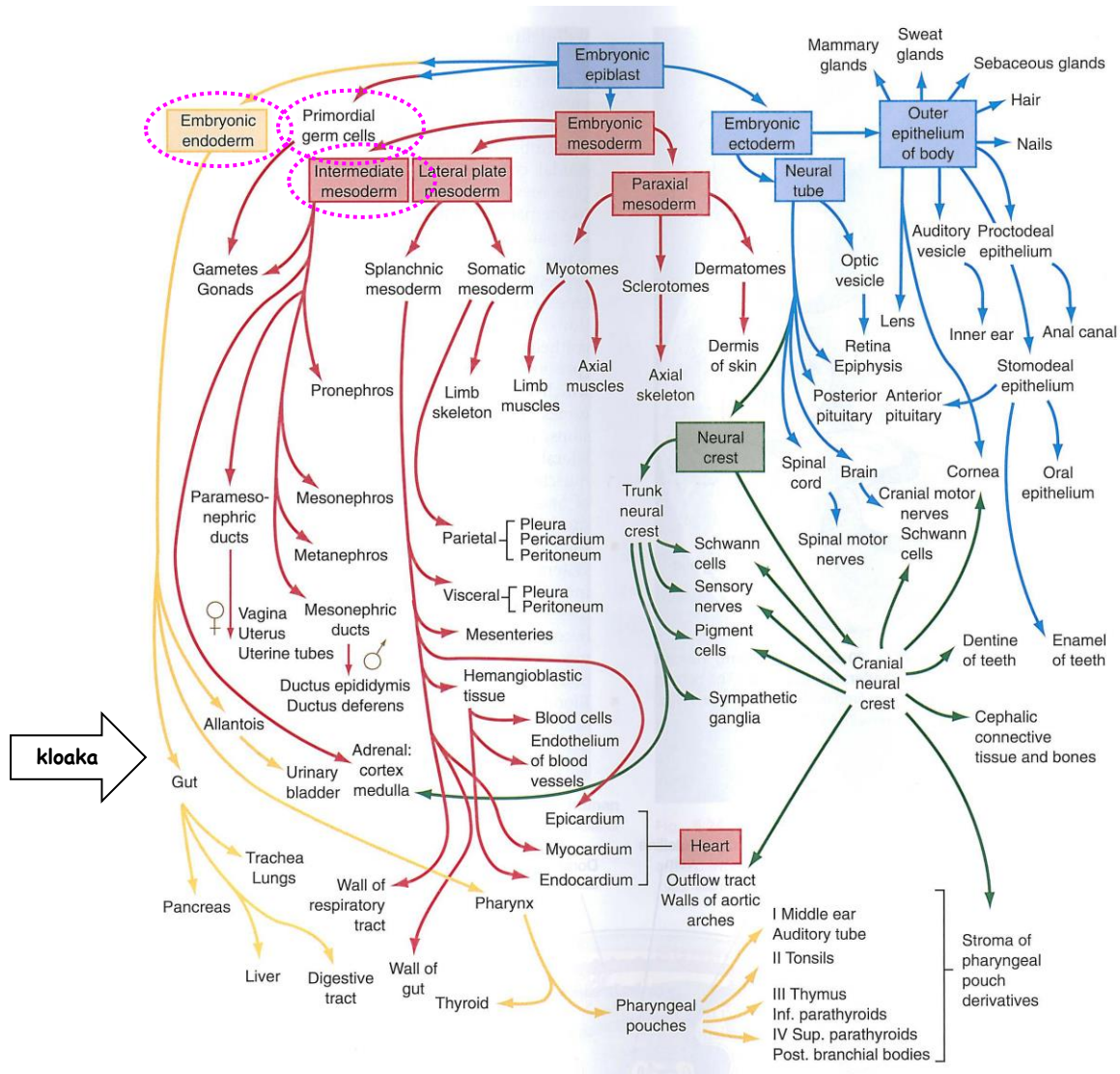
Fossa navicularis

Vrstevnatý dlaždicový epitel

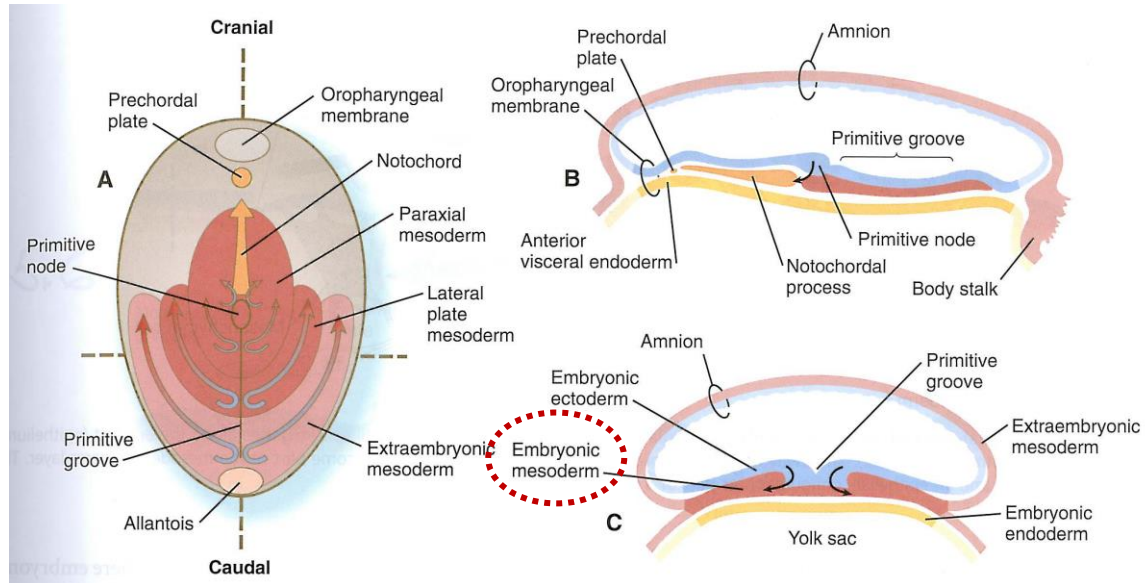
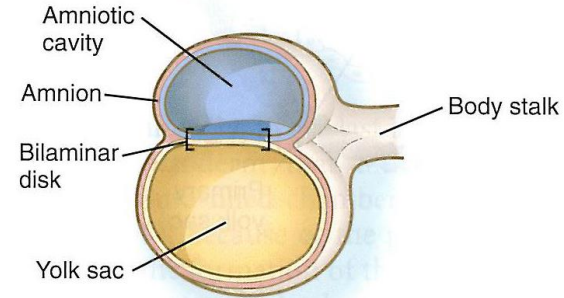
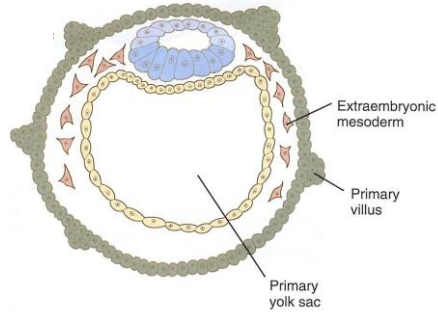
Dialýza x Transplantace ledviny x Regenerace ?



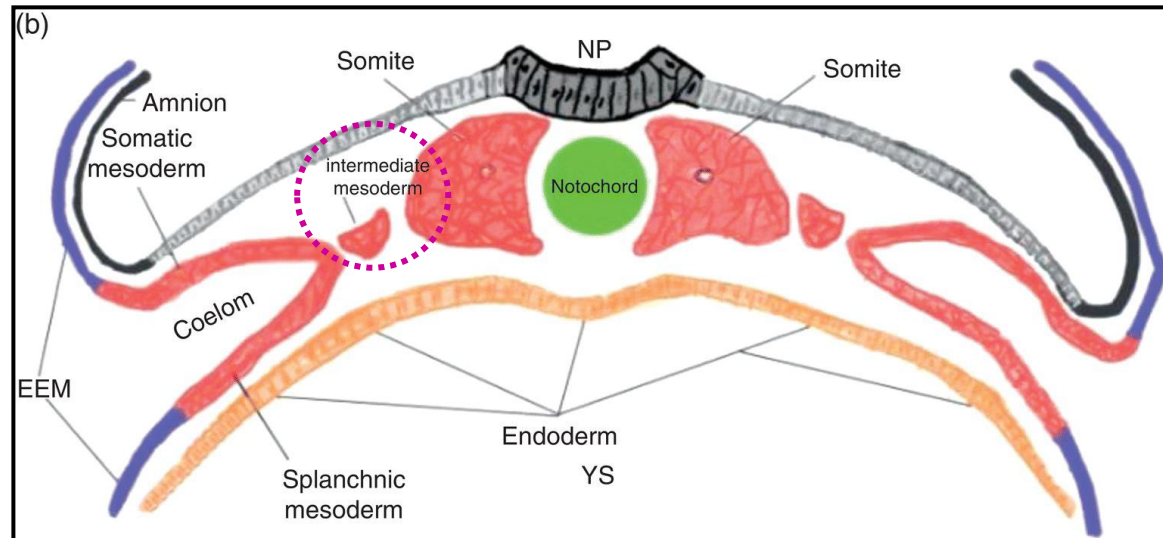
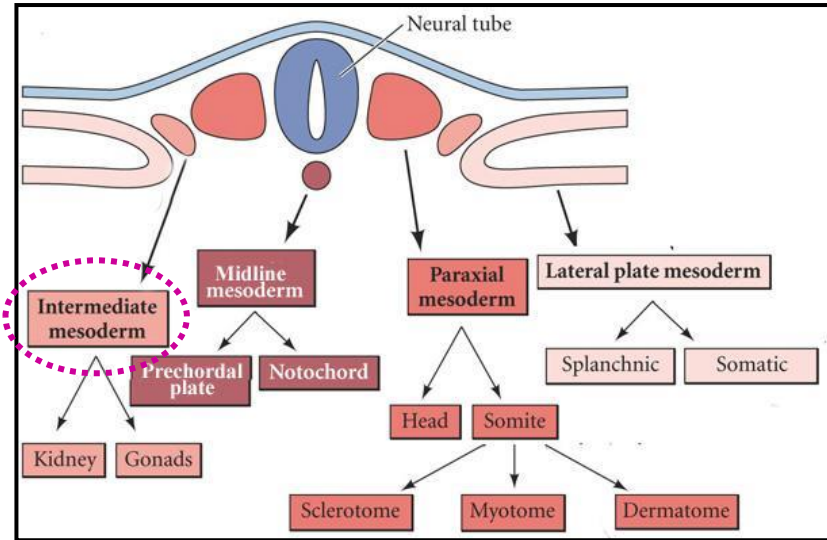
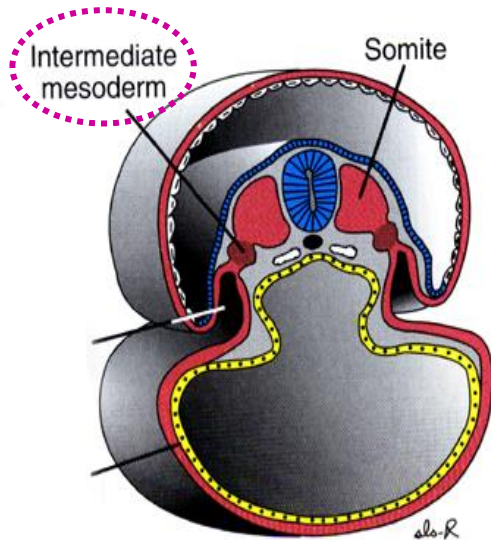
Močopohlavní systém - Celkový obraz



Močopohlavní systém - Připomenutí



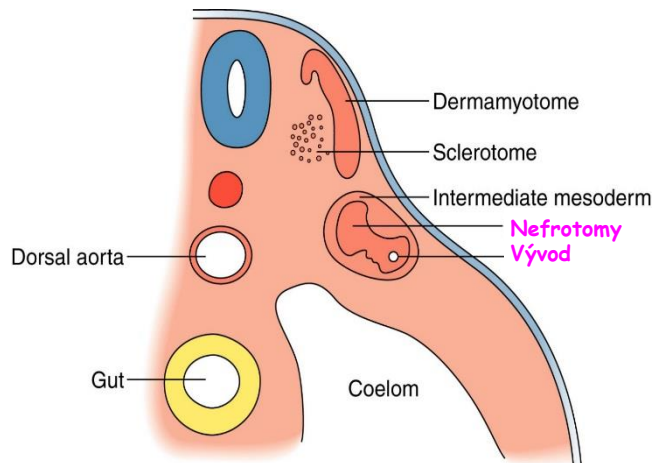
Močopohlavní systém - **Intermediární mesoderm**



Močopohlavní systém - Časné formy ledvin- Pronephros

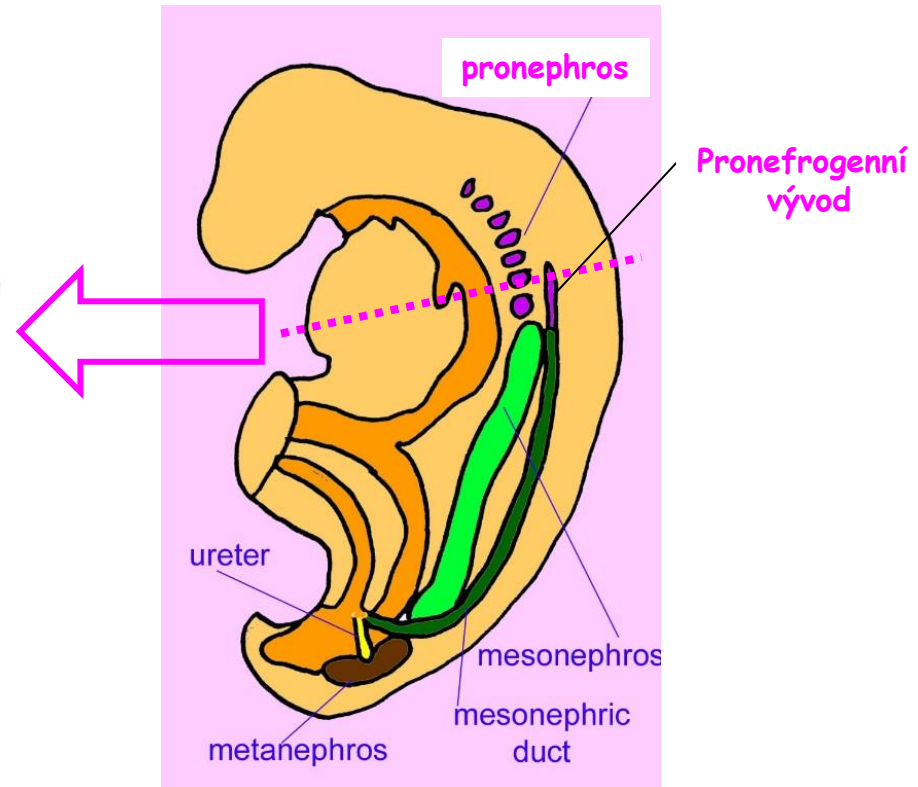
Rekapitulace tří evolučních stádií vývoje ledvin v kraniokaudální sekvenci:

- pronephros
- mesonephros
- metanephros



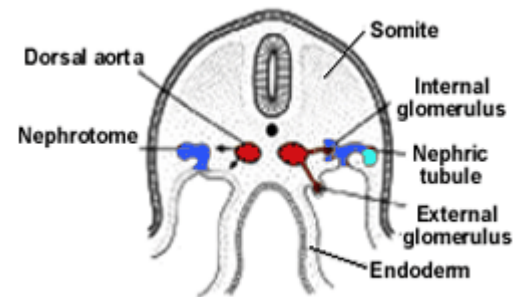
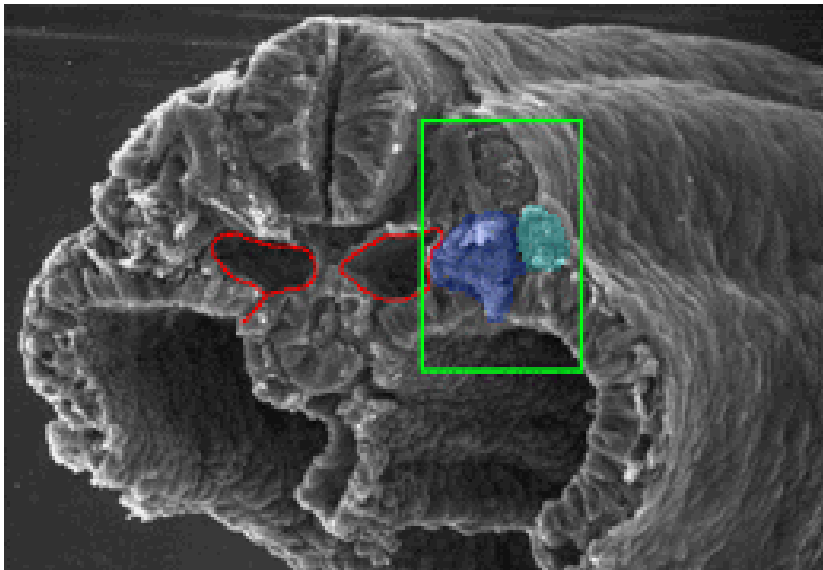
Nefrotomy

- ve dne 22 v cervikální oblasti nefrogenní lišty
- skupiny 7 až 10-ti epiteliálních buněk
- napojeny na pronefrogenní vývod
- nefunkční
- mizí do 28. dne



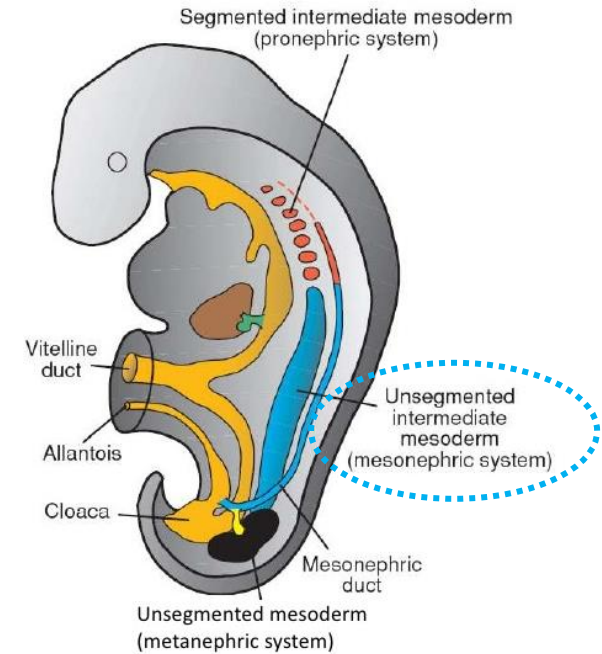
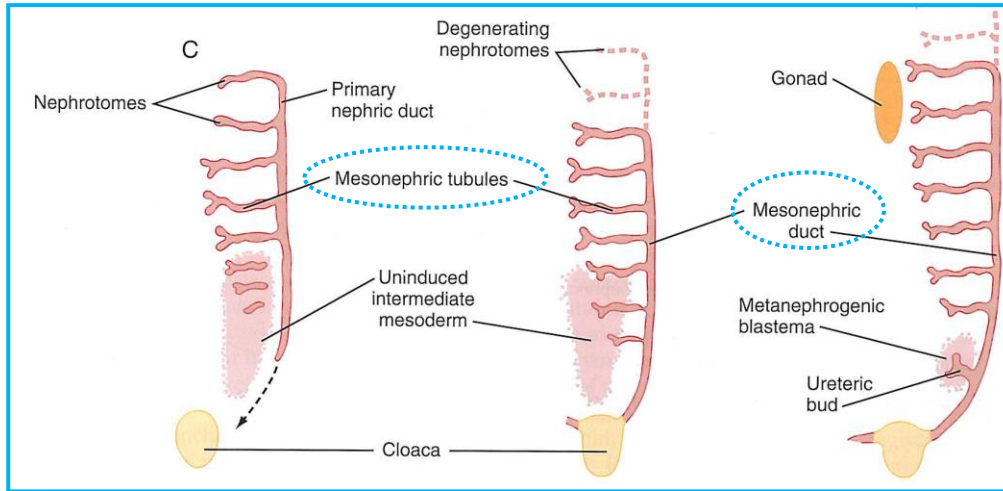
Močopohlavní systém - Časné formy ledvin- Pronephros

Myš D9 - ekvivalent D27 člověka



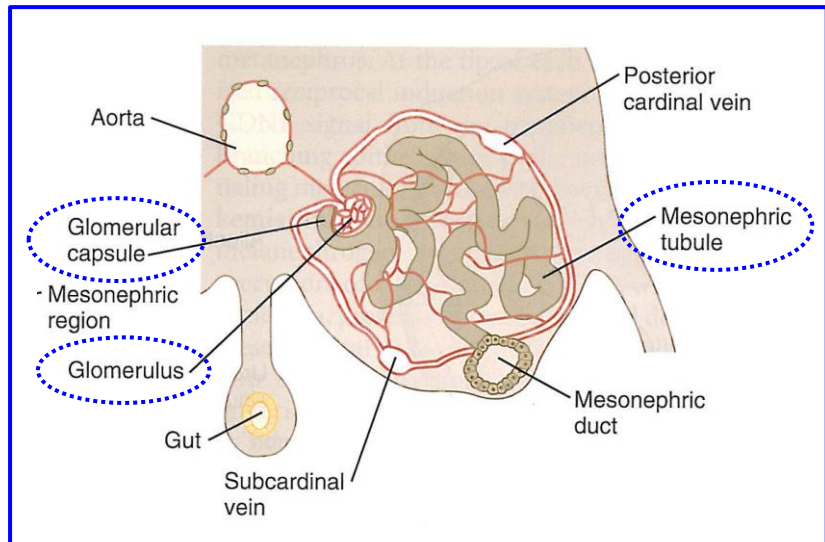
The lumen of each **nephrotome** opens into the **pronephric duct** as well as into the body cavity. Glomeruli form as small vessels extend from the **dorsal aortae**.

Močopohlavní systém - Časné formy ledvin- Mesonephros

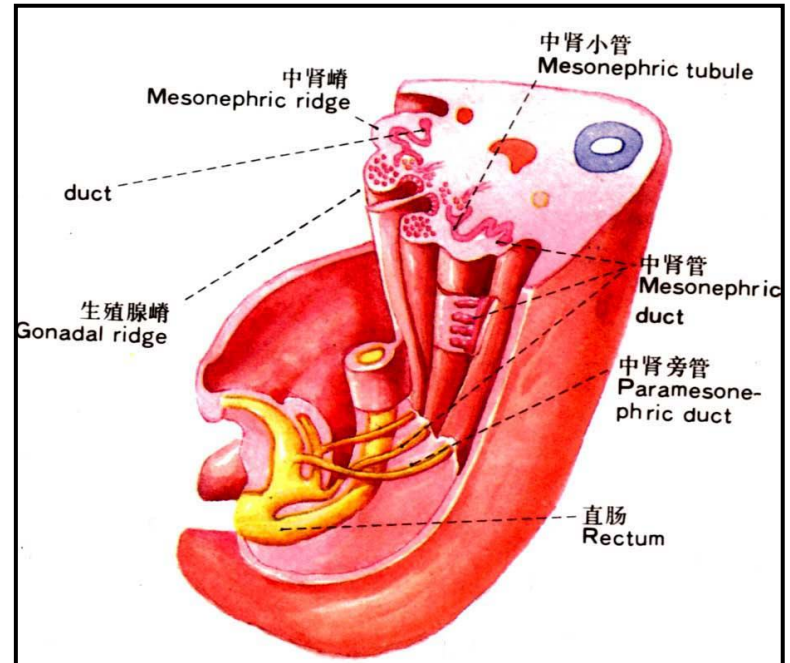
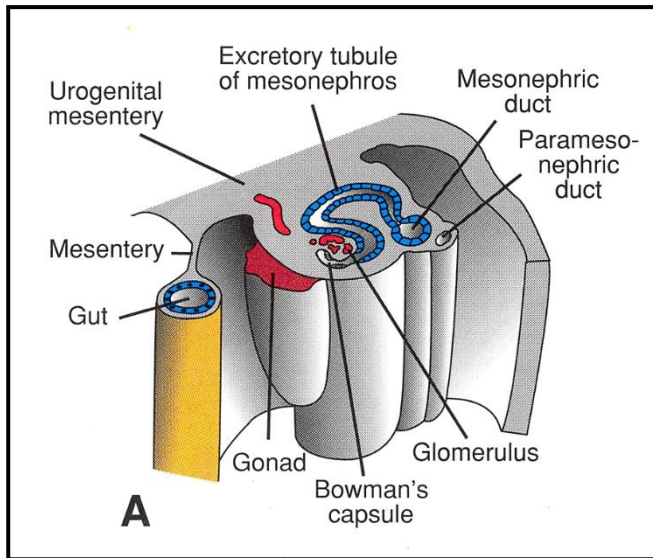


Mesonephros

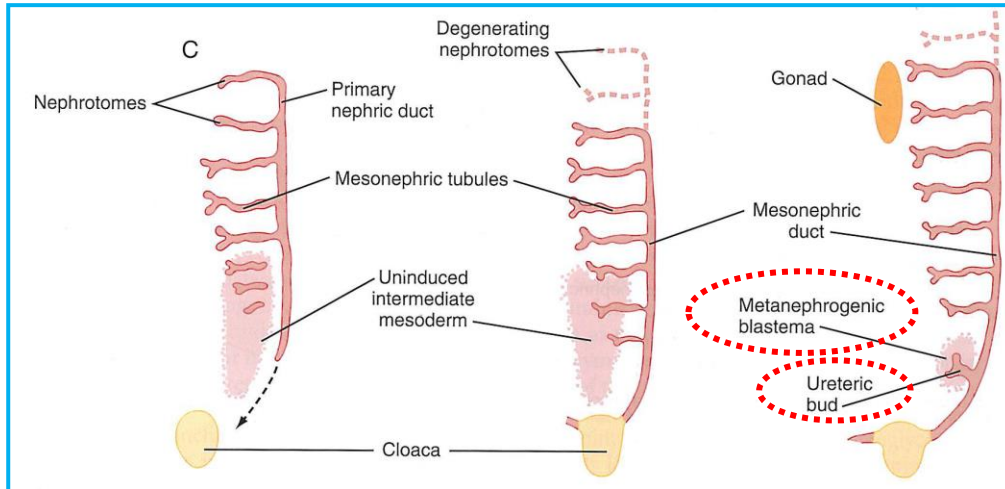
- kaudální pokračování **nefrogenní lišty**
- thorakolumbární oblast
- nesegmentovaný intermediární mesoderm
- **Ductus mesonephricus** (párový) - **Wolfův kanálek**
- **exkretční kanálky** - individuálně do D. mesonephricus
- 36 to 40 tubulů na každé straně
- Filtrační funkce - **mesonephrická jednotka** →
- mesonephros is most prominent when metanephros start to shape
- then they disappear fast
- D. mesonephrici přetrvávají u samců



Močopohlavní systém - Mesonephros - Další pohled



Močopohlavní systém - Definitivní ledviny - Metanephros



Vyvíjí se od pátého týdne

Ureterový pupen

+

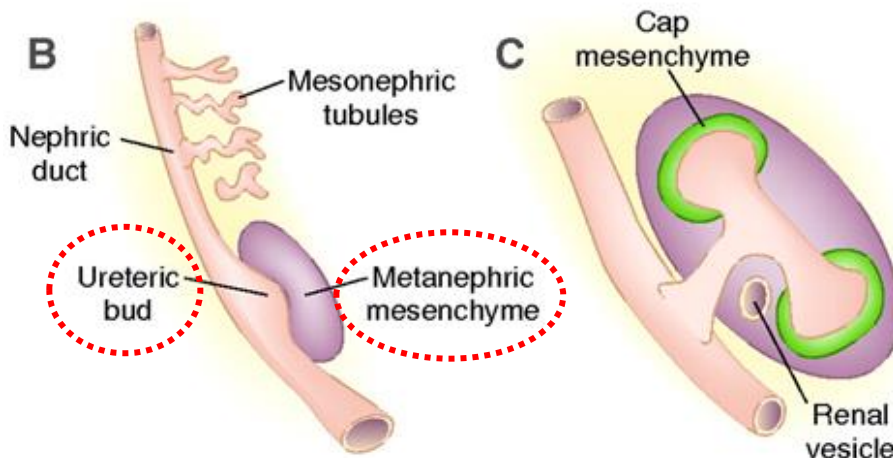
Metanephrogenní blastém
(mezenchym)

Větvení

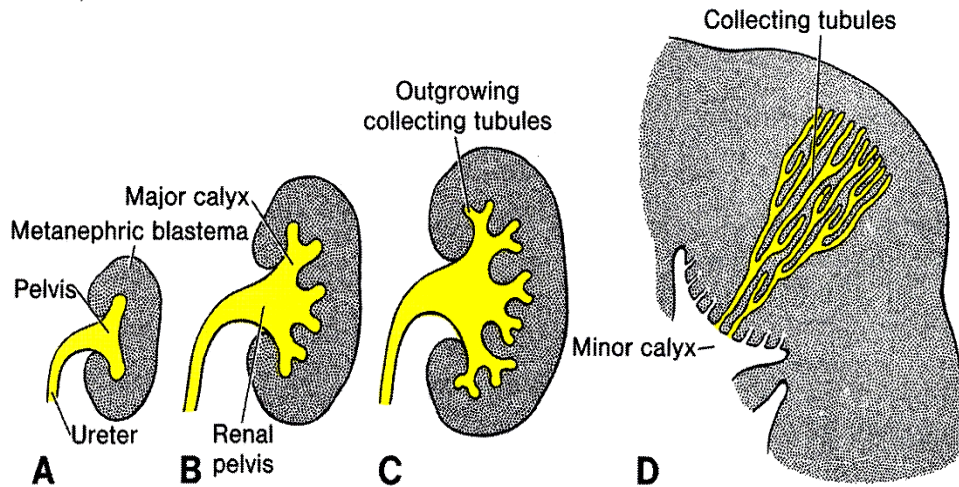
a

prodlužování

14 to 15 x



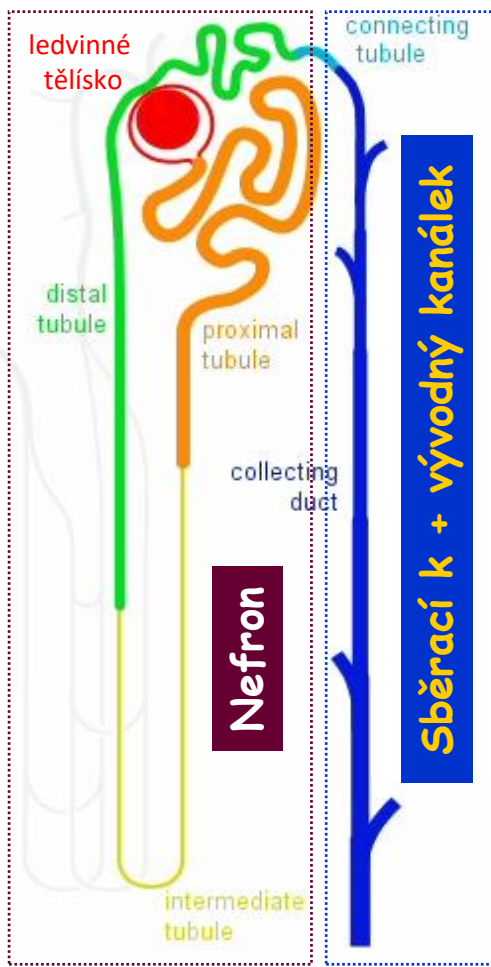
Močopohlavní systém - Definitivní ledviny - Metanephros



Opakované větvení ureterového pupenu:

- ureter
- pánvička
- kalichy a kalíšky
- sběrací a vývodné kanálky (1 až 3 miliony)

Močotvorná složka = Funkční jednotka



Kůra

Dřeň

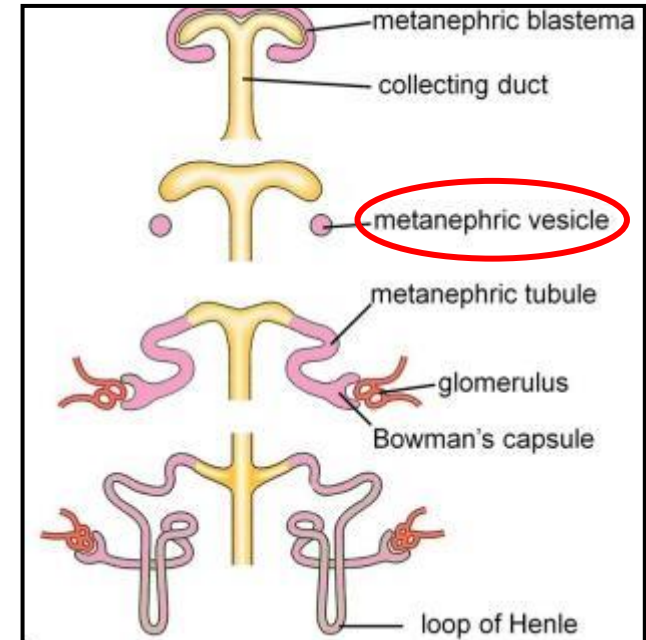
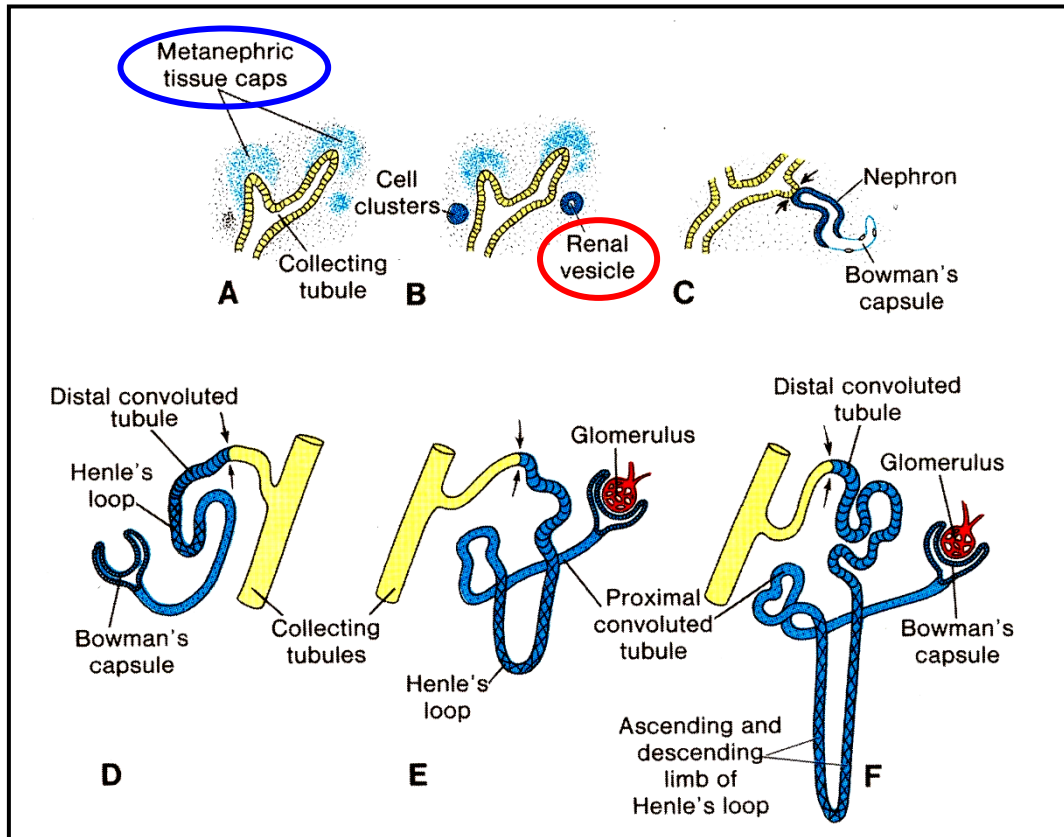
Ductus papillares Bellini

Area cribriformis
Kalíšek

Nefrony X Sběrací k. + vývodný kanálek
Odlišný vývojový základ

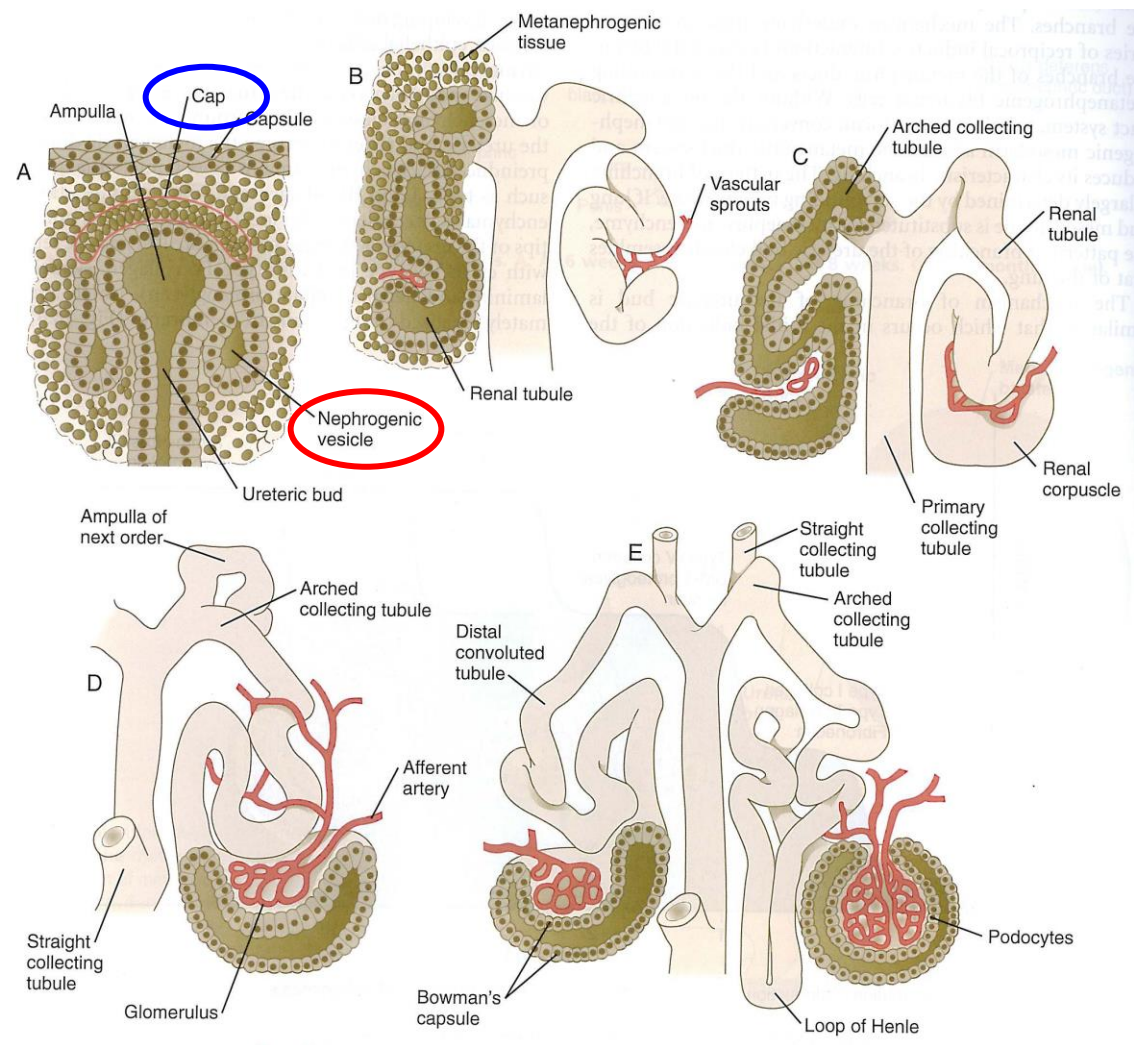
1 to 1,4 milionů
nefronů
v jedné ledvině

Močopohlavní systém - Metanephros - Nefrony



- zakončení ureterových pupenů (sběrací kanálky) - „čepičky“ kondenzovaného mezenchymu
- část čepičky se diferencuje do **nephrogenního vaku**
- vaku se prodlužují
- vaku se na jedné straně otevírají do sběracích kanálků
- vaku se prodlužují a polarizují - **lumen and bazální lamina**
- do oblasti vrůstají prekursori endotelií - **glomerulus**
- endotelie se spojují s větvením dorzální aorty - **glomerulární cirkulace**
- moč se začíná tvořit v týdnu 10

Močopohlavní systém - Metanephros - Nefrony



Močopohlavní systém - Metanephros - Nefrony



- asi 15 po sobě následujících populací nefronů směřujících periferně
- nejperifernější nefrony jsou méně zralé

Močopohlavní systém - Definitivní ledviny - Metanephros

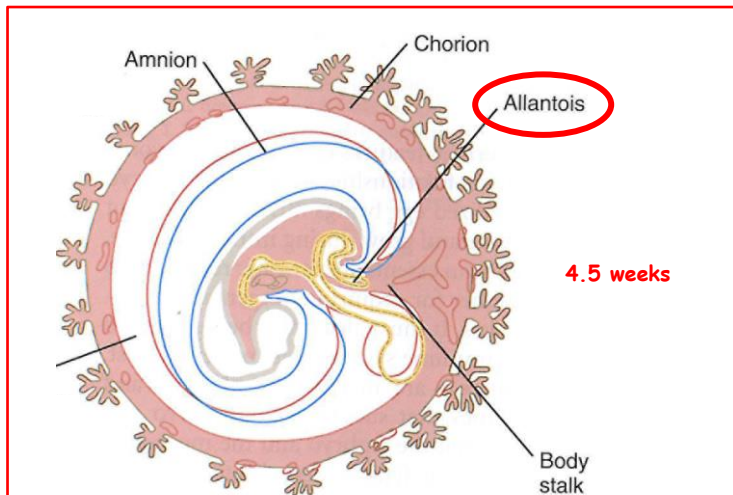


Močový systém - Měchýř

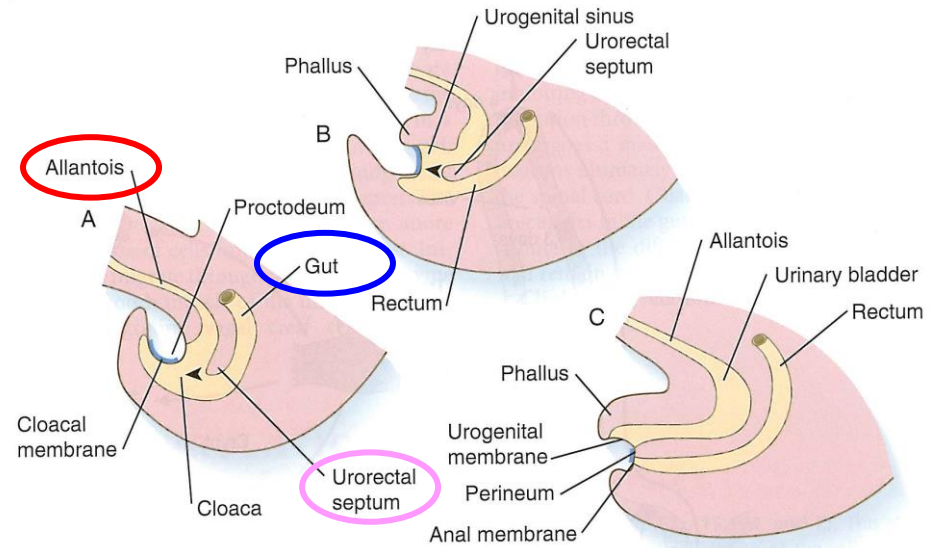
Kloaka

=

Terminální část **zadního střeva** + **allantois**



- ventrální výchlípka zadního střeva
- váčkovitá struktura (respirace)
- v pupečnickovém provazci
- proximální část - **URACHUS** - navazuje na moč. měchýř
- URACHUS - obliteruje - **Lig. umbilicale medianum**



5 týdnů

6 týdnů

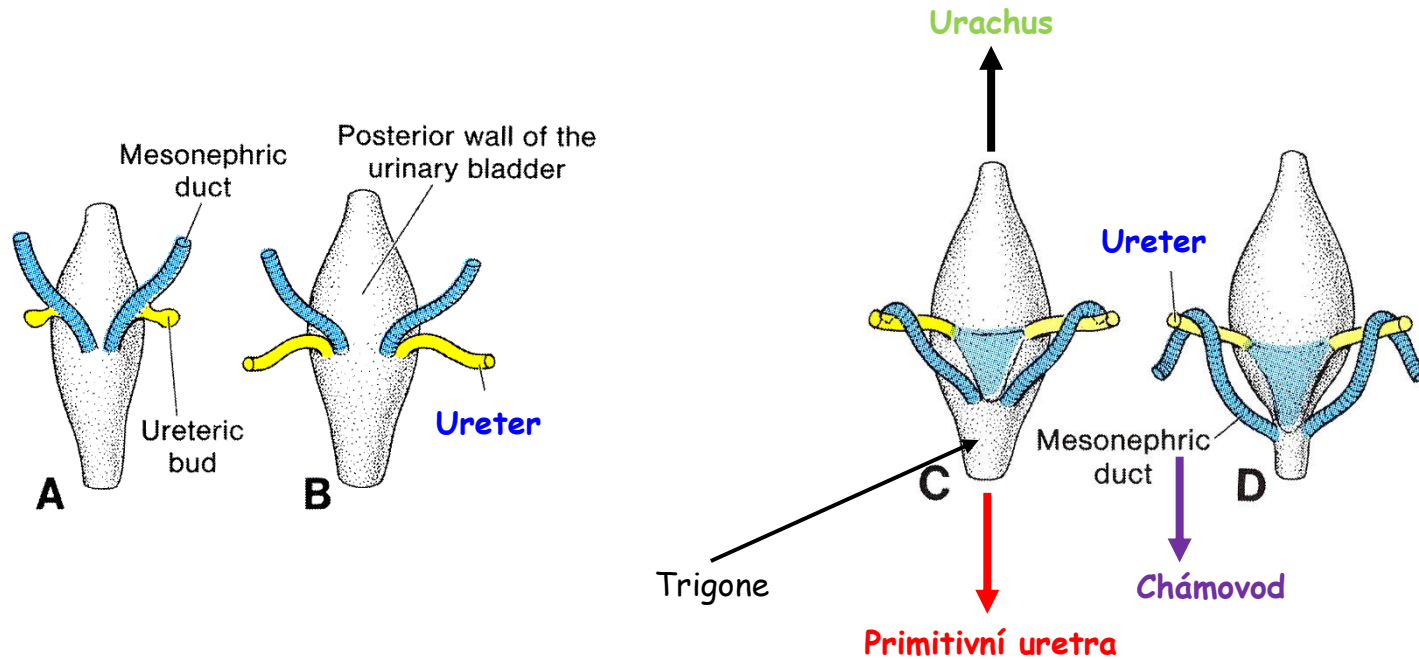
8 týdnů

Kloaka

Simus urogenitalis	Membr. urogenitalis
Septum urogenitale	Perineum
Canalis analis	Membrana analis

Močový systém - Měchýř + Uretery + Uretra

Zadní pohled



- alantois se rozšiřuje - močový měchýř
- urachus - **Lig. umbilicale medianum**
- kaudální části D. mesonephricus se zanořují do stěny měchýře - oddělují se - **uretery** + **chámovody**

Močový systém - **Vrozené anomálie**

1. Ageneze
2. Duplikace
3. Anomálie tvaru
4. Abnormální pozice
5. Vrozená polycystická ledvina

Podkovovitá ledvina



Děkuji za pozornost !

Dotazy a komentáře na:
ahampl@med.muni.cz