

***EKSKRETORNI
SISTEM***

Glavni otpadni produkti organizma većine životinjskih vrsta su ugljen-dioksid i azotne materije. Azotne materije se javljaju u obliku, za organizam veoma toksičnog, amonijaka i manje toksične mokraćne kiseline i uree.

Otpadni produkti metabolizma: višak vode, jona i toksične supstance odstranjuju se iz organizma većine *Metazoa*, preko posebno diferenciranih organa koji se nazivaju **ekskretorni ili urinarni organi**.

Ekskretorni organi imaju dve osnovne funkcije:

- eliminisanje otpadnih produkata uključujući i vodu
- održavanje ravnoteže tečnosti i elektrolita u granicama tolerancije organizma.

Ekskretorni organi kičmenjaka

Mokraćni kanalići obično skupljeni u manje-više kompaktne organe, **bubrege** (*ren*, lat. = bubreg; *nephros*, grč. = bubreg).

Bubrežni kanalići u najprimitivnijem obliku su u vezi sa sekundarnom telesnom dupljom, odakle primaju ekskrete.

Tokom evolucije, veza sa sekundarnom telesnom dupljom se prekida, a bubrežni kanalići stupaju u vezu sa krvnim sudovima iz kojih primaju produkte disimilacije, a zatim ih eliminišu iz organizma.

Bubrezi nisu jedini ekskretorni organi vertebrata.

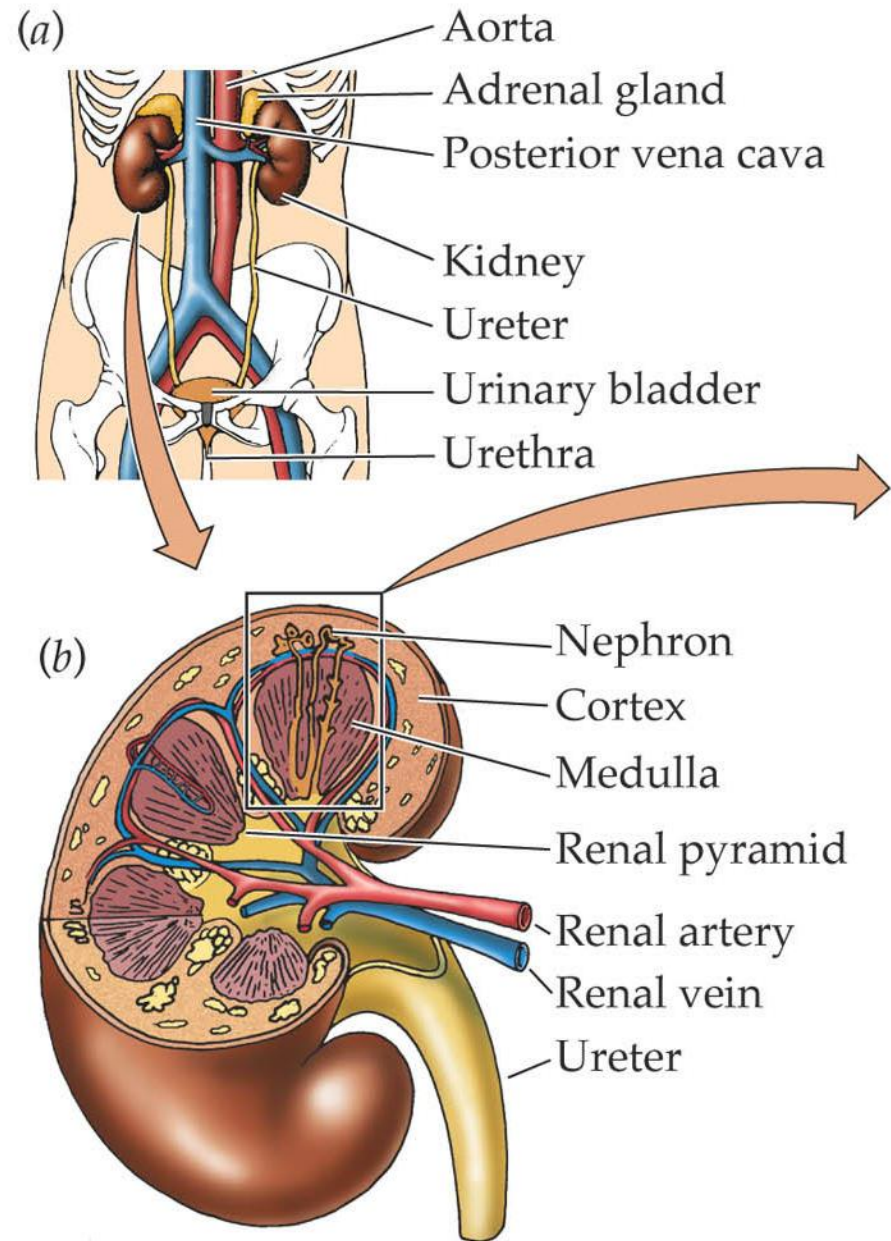
Ugljen-dioksid i izvesna količina vode odstranjuju se, kod suvozemnih organizama, i preko organa za disanje i preko žlezda kože.

Ekskretorni organi sisara

bubrezi i sistem izvodnih puteva: bubrežna karlica (*pelvis renalis*), mokraćovod (*ureter*), mokraćna bešika (*vesica urinaria*) i mokraćni izvodnik (*urethra*).

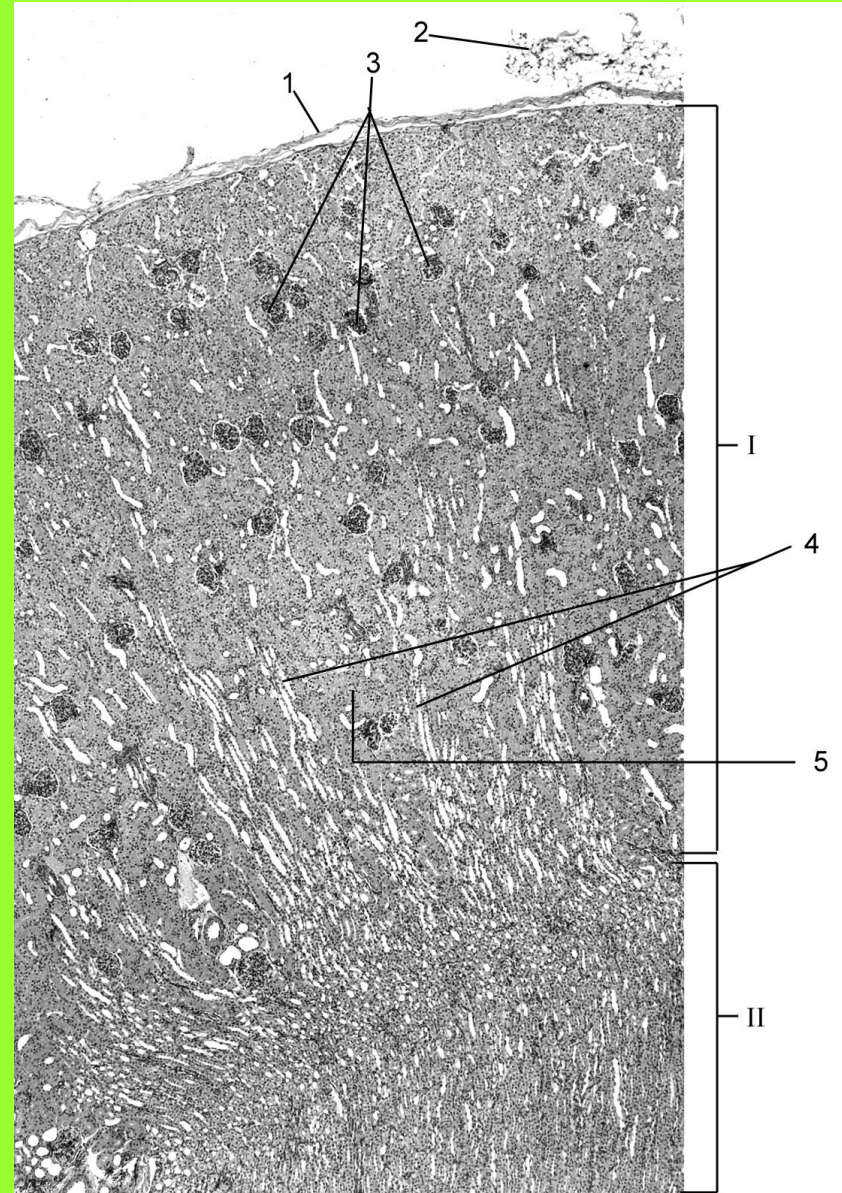
Bubreg sisara

parni organi u kaudalnom delu abdominalne duplje, ispod i sa obe strane kičmenog stuba. Ventralno su prekriveni peritoneumom. zaštićeni vezivnom kapsulom (*capsula fibrosa*) i naslagom masnog tkiva (*capsula adiposa*).

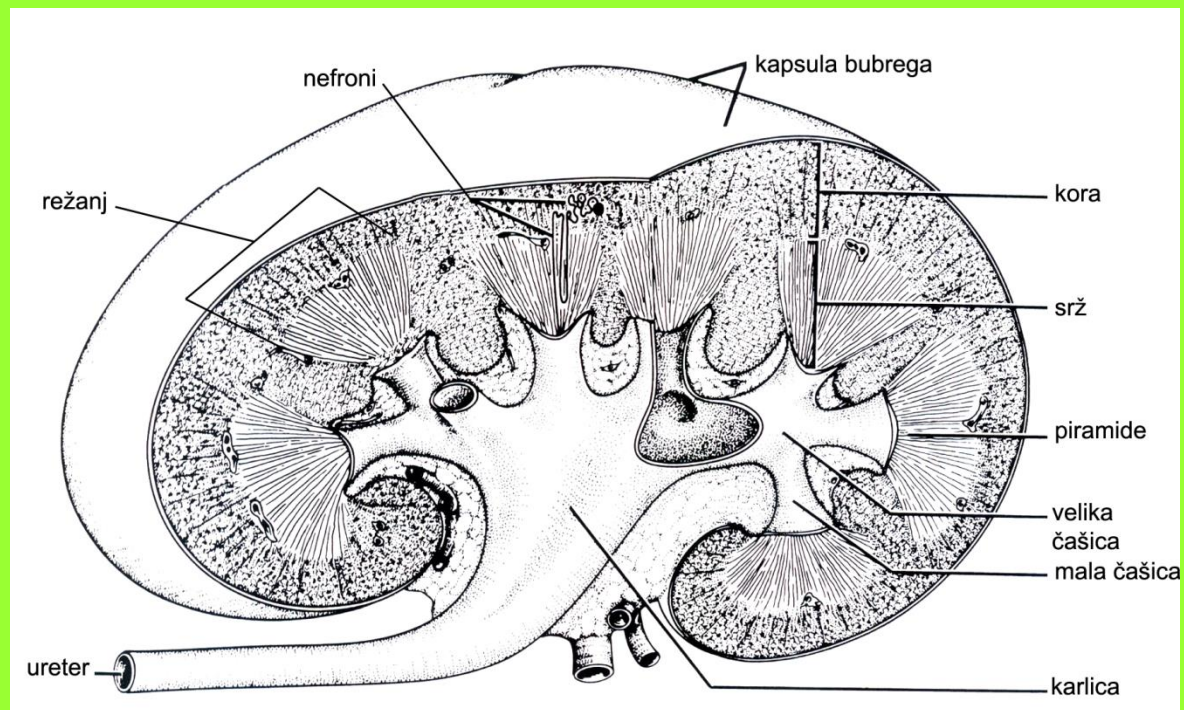


Na preseku bubrega:
periferni, tamni deo je
kora (*cortex*) a
dublji, svetliji je
srž (*medulla*).

Srž je u obliku piramida
(*pyramides renales Malpighi*) sa
bazama okrenutim prema kori a
sa vrhovima (papile) prema
bubrežnoj čašici.



Između piramida kora se utiskuje u srž **Bertinijevim kupama** (*columnae renales Bertini*). Od baze piramida srž se mestimično produžava u koru - **Ferajnovi produžeci** ili medularni zraci (*processus medullares Ferreini*)

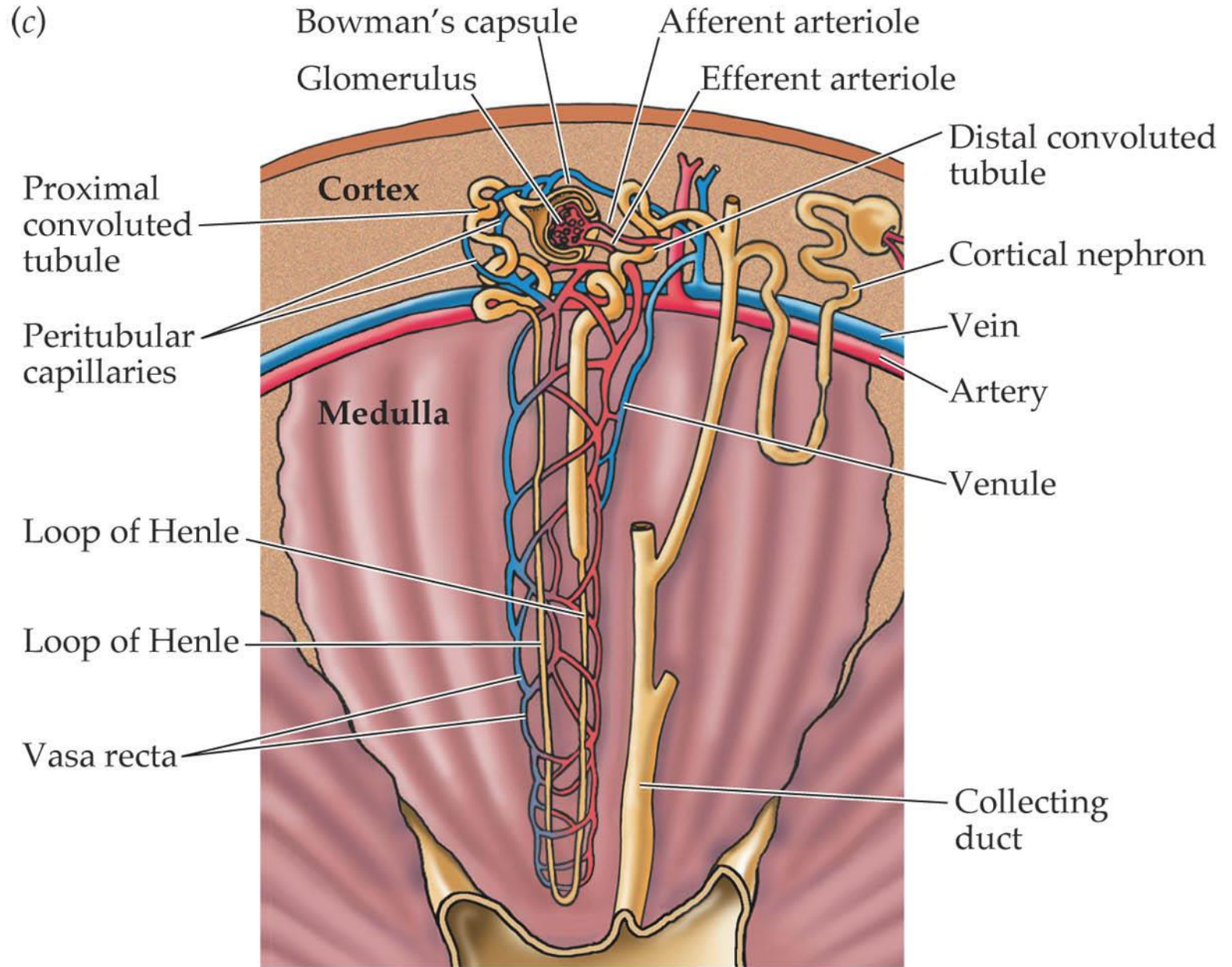


Bubreg je složena cevasta žleza koja se sastoji iz velikog broja bubrežnih kanalića.

Kanalići imaju dva osnovna dela: sekretorni i sabirni.

Sekretorni deo kanalića je **nefron**. U tom delu se stvara mokraća a **sabirni kanalići** dostavljaju produkte nefrona (mokraću) do bubrežne karlice.

Sabirni kanali se razlikuju od nefrona i po svom poreklu.

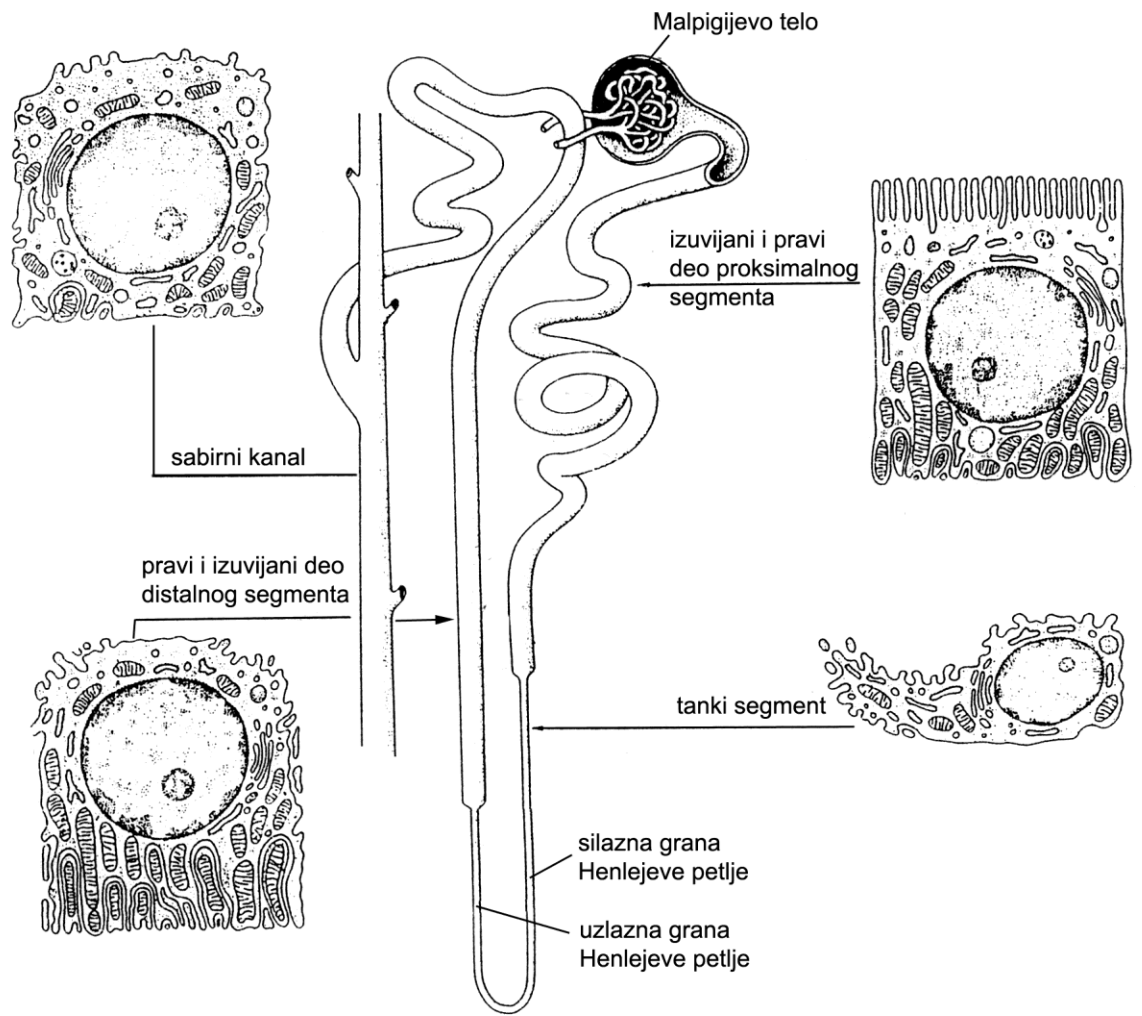


Bubrežni kanalić - nefron

-funkcionalna jedinica građe bubrega. Počinje bubrežnim telašcem a završava se proksimalnim delovima sabirnih kanalića.

-Broj nefrona je veliki. Kod čoveka u jednom bubregu ima od 1-4 miliona bubrežnih kanalića, a kod govečeta oko 8 miliona.

Duž nefrona - morfološki jasno izdvojeni segmenti sa specifičnim epitelom i funkcijom u formiranju urina. Smešteni su u različitim delovima kore i srži



Bubrežno telašće (*corpusculum renis Malpighi*)



Proksimalni segment (*pars proximalis*)



Tanki segment (*portio conducens*)



Distalni segment (*pars distalis*)

capsula glomeruli Bowmani glomerul Malpighi

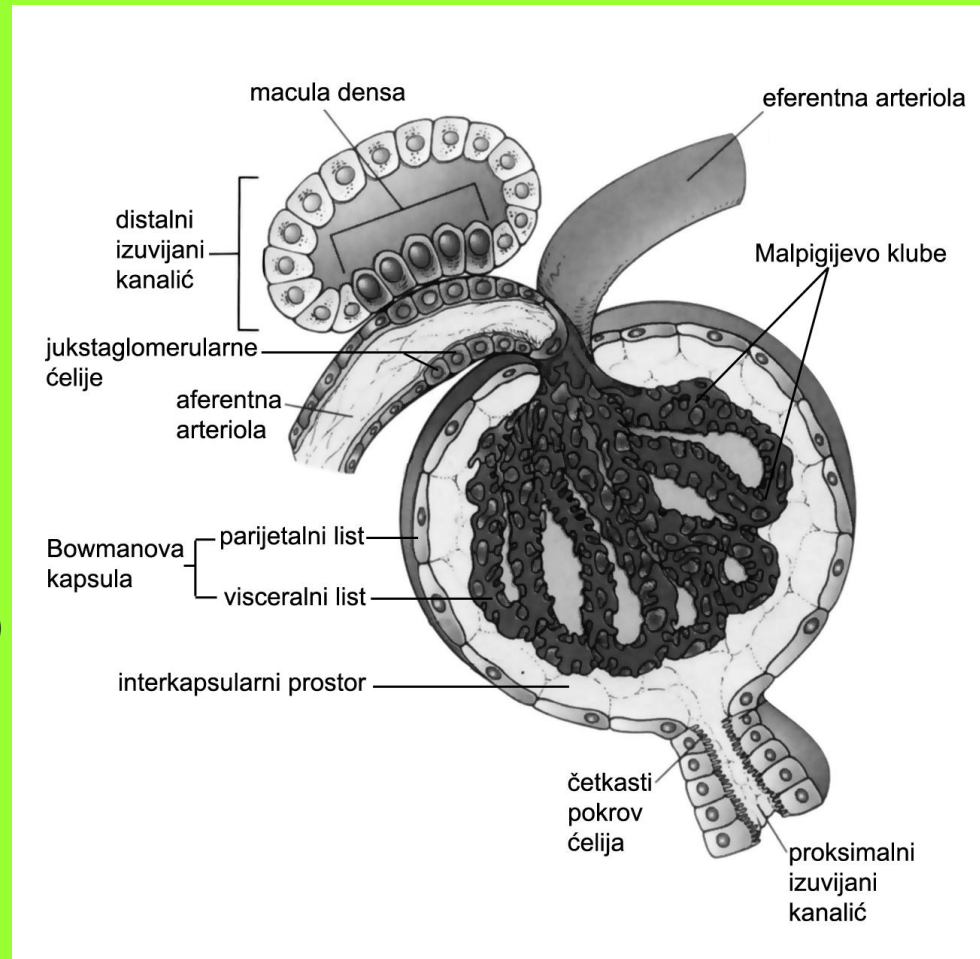
pars convoluta prima i pars proximalis recta

crus descendens i crus ascendens

pars distalis recta i pars convoluta secunda

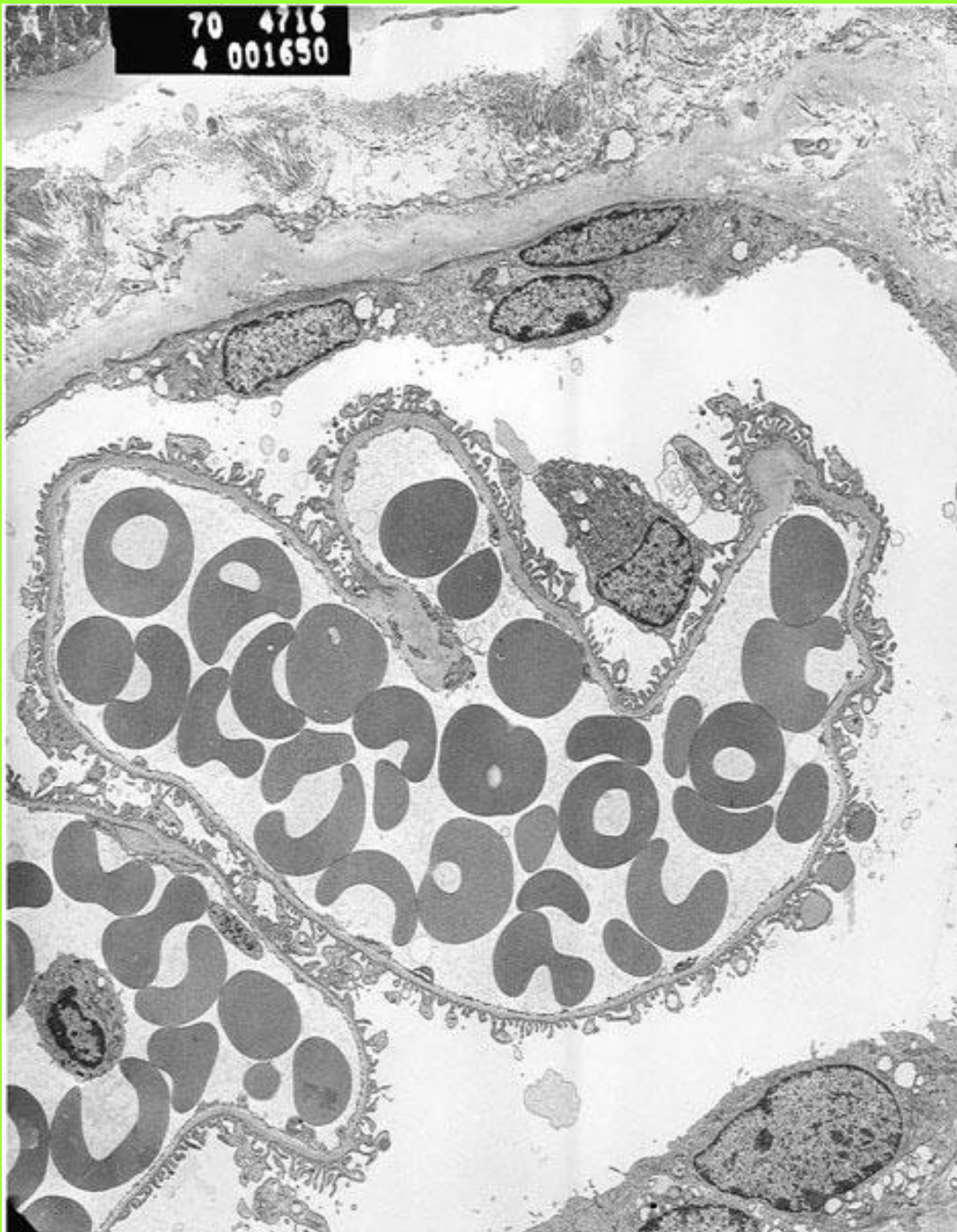
Bowman-ova čaura je u vidu pehara sa dvojnim zidom: spoljašnji – parijetalni, obložen jednoslojnim pločastim epitelom koji leži na bazalnoj membrani. Unutrašnji - visceralni list je sa posebno diferenciranim ćelijama – **podociti** Između visceralnog i parijetalnog lista - šupljina - *cavum intercapsulare* ili Bowman-ov prostor se nastavlja u šupljinu proksimalnog segmenta nefrona.

Malpigijevo klube - splet kapilara smešten u Bowman-ovoj čauri, ima dovodni (aferentni) i odvodni (eferentni) krvni sud (grane interlobularne arterije). Kapilari su sa fenestriranim endotelom. Pore kapilara, prečnika 50 - 100 nm, otvorene su i bez dijafragme. Endotel leži na kontinuiranoj bazalnoj membrani.

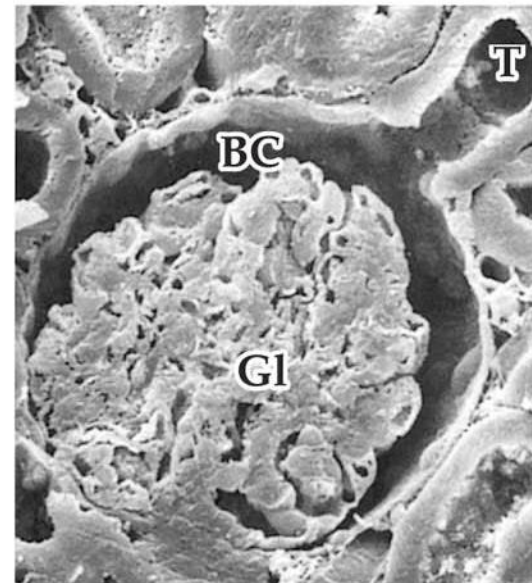
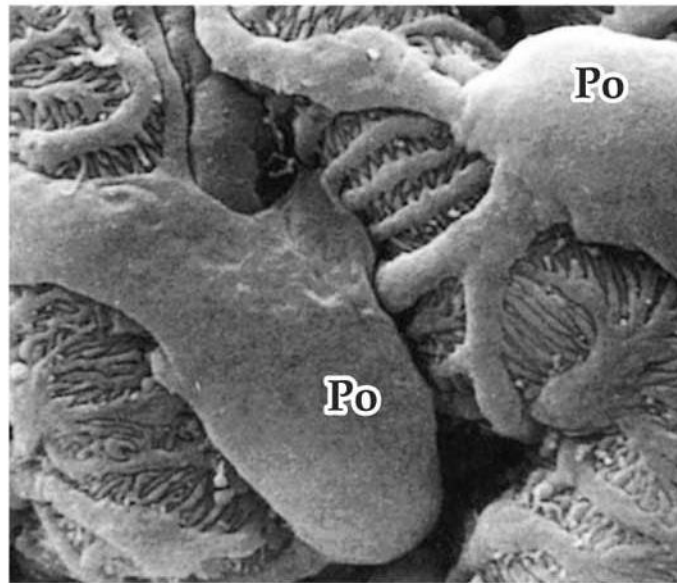
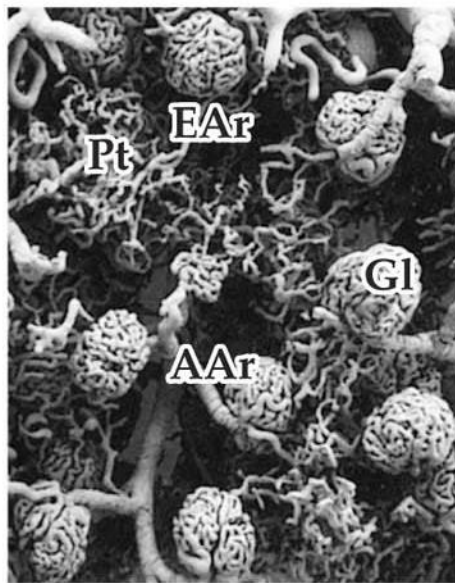


Fuzionisanjem bazalne membrane endotela kapilara i bazalne membrane podocita nastaje membrana debljine oko 0,1 μ m smeštena između endotela kapilara i podocita.





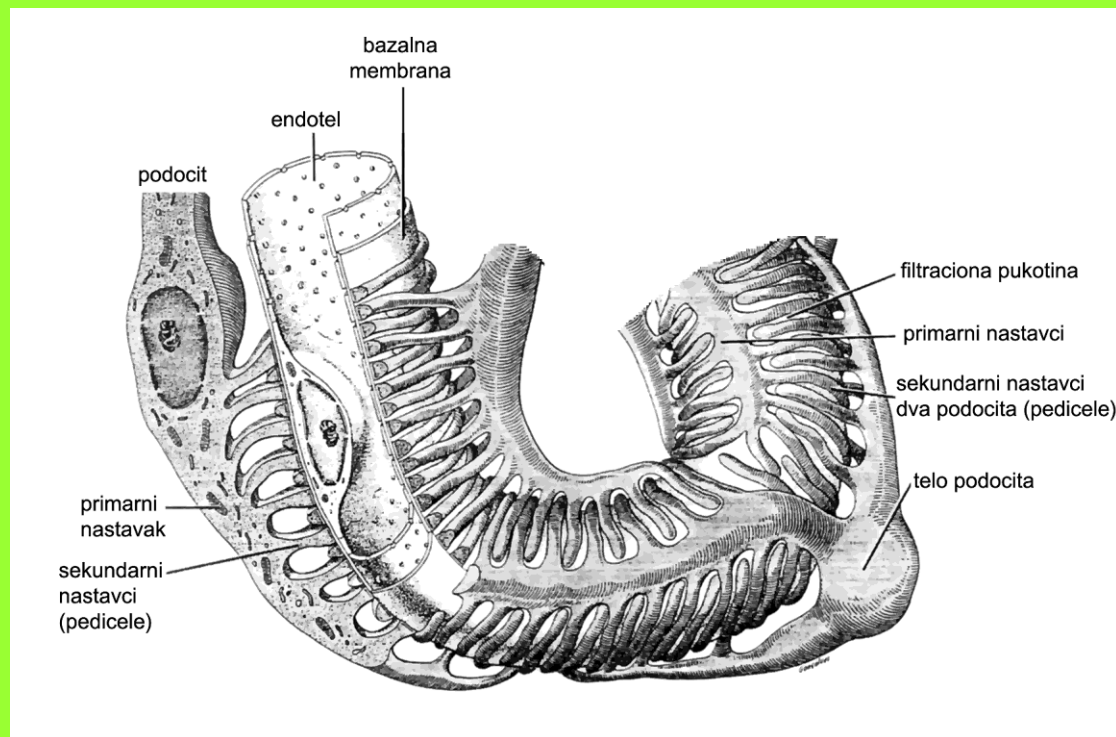
TEM glomerulosa

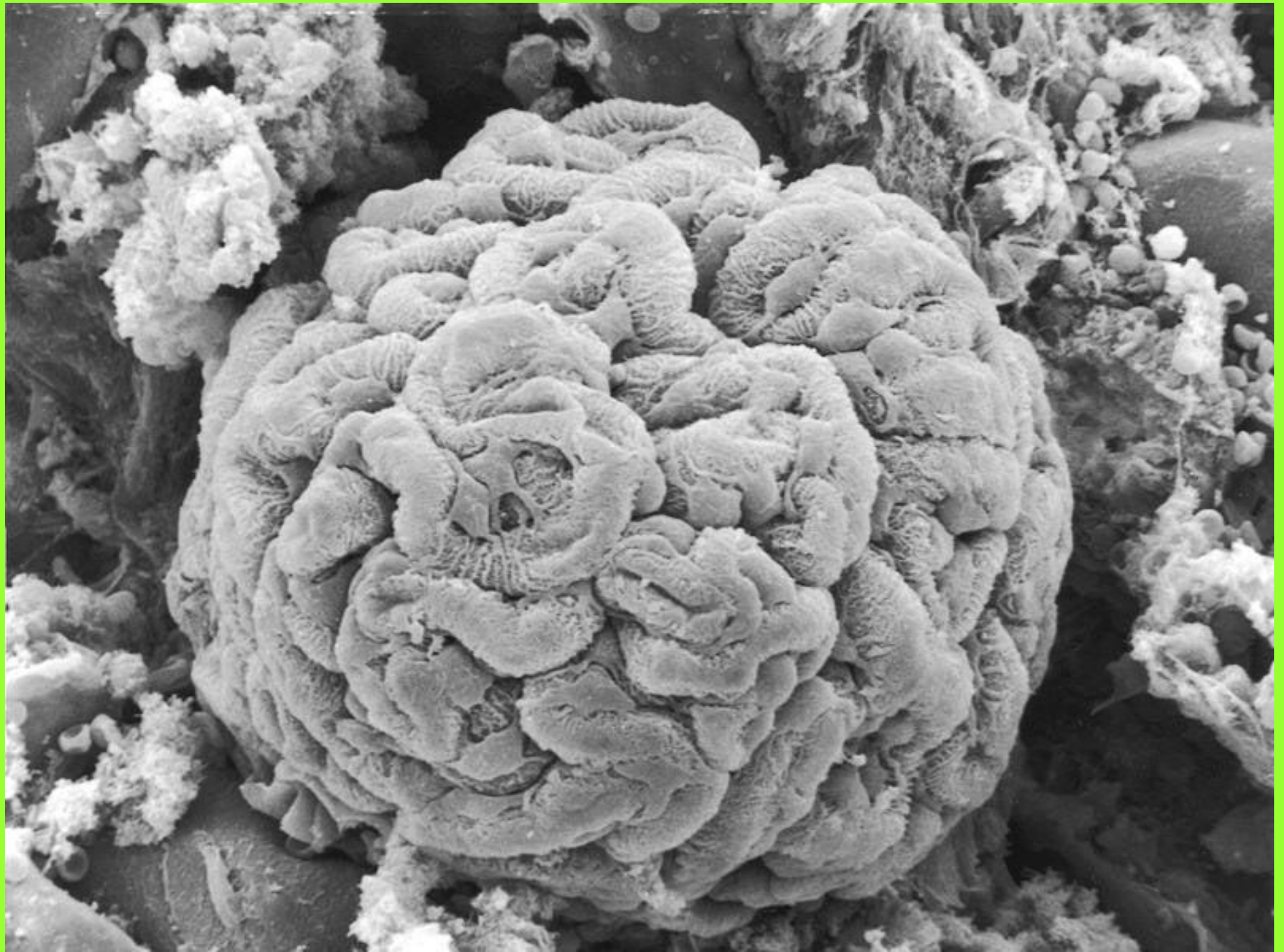


Podociti imaju krupno jedro i užu zonu citoplazme oko jedra. Telo se produžava u primarne nastavke na kojima se nalaze brojni prstoliki sekundarni nastavci - **pedicele** koje omotavaju kapilare.

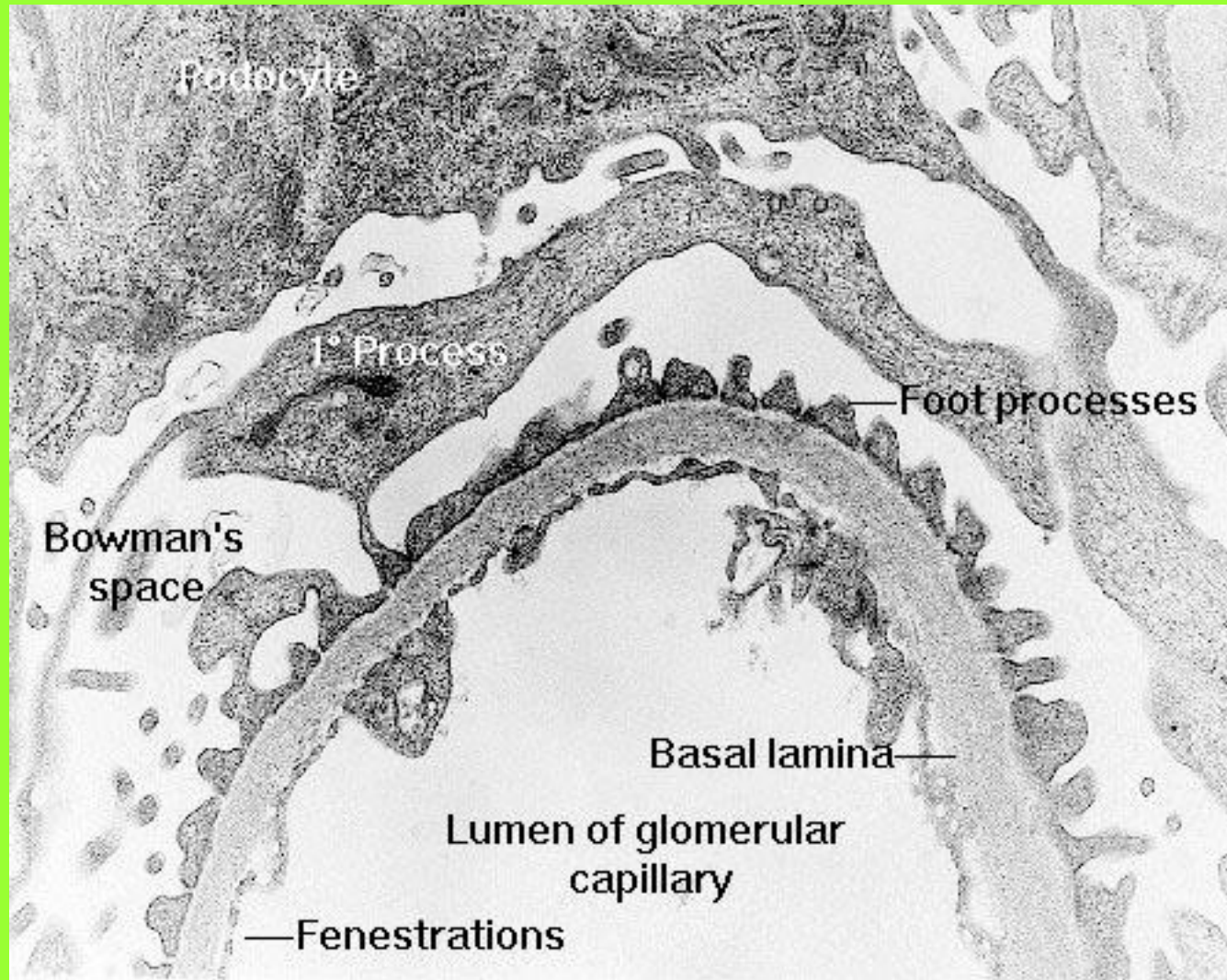
Visceralni list Bowman-ove čaure je u bliskom kontaktu sa kapilarima Malpigijevog klubeta.

Pukotine između susednih pedicela se nazivaju **filtracione pukotine** ili pukotinaste pore.



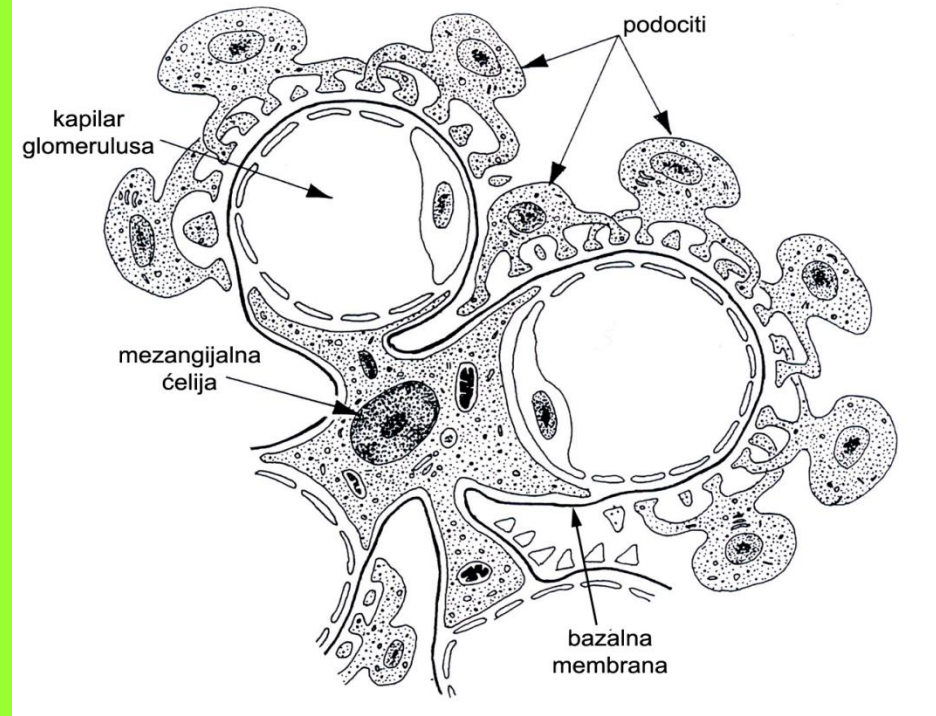


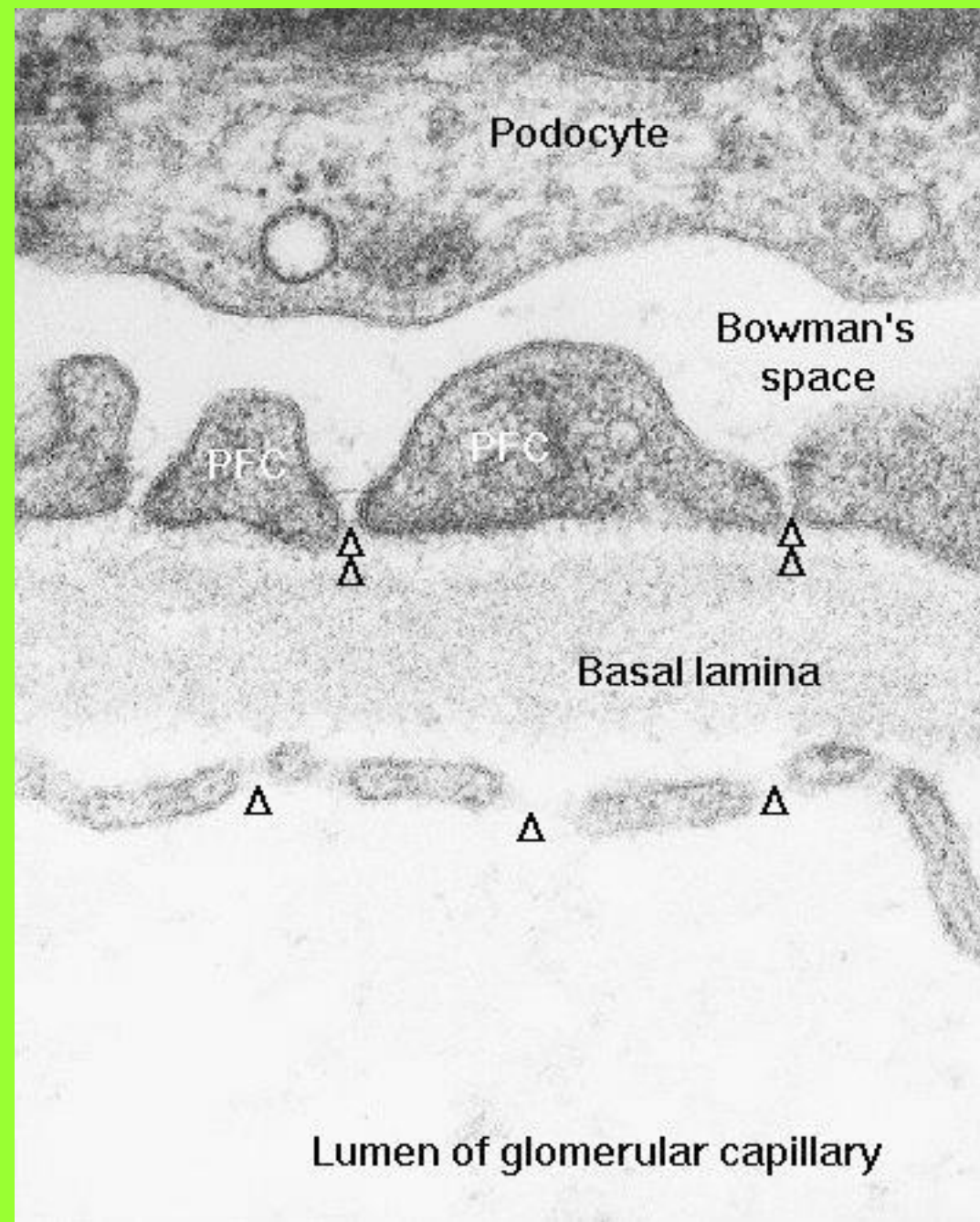




Endotel kapilara, fuzionisane bazalne membrane i sekundarni nastavci podocita čine filtracionu barijeru koja propušta krvnu plazmu.

Mezangijal ćelije, specijalizovani periciti sa karakteristikama glatkomišićnih ćelija. Dugi nastavci tih ćelija su u vrlo bliskoj vezi sa bazalnom membranom. Grčenje i opuštanje tih ćelija lokalno utiče na glomerularnu filtraciju.





Kroz filtracionu barijeru prolaze: glukoza, urea, mokraćna kiselina, aminokiseline, fosfati i drugi mali molekuli. Kroz filtracionu površinu, međutim, ne mogu proći: eritrociti, leukociti, trombociti i belančevine čija je molekulska masa veća od 70 000.

Profiltrirana krvna plazma bez krvnih elemenata i makromolekula belančevina je primarna mokraća ili filtrat plazme.

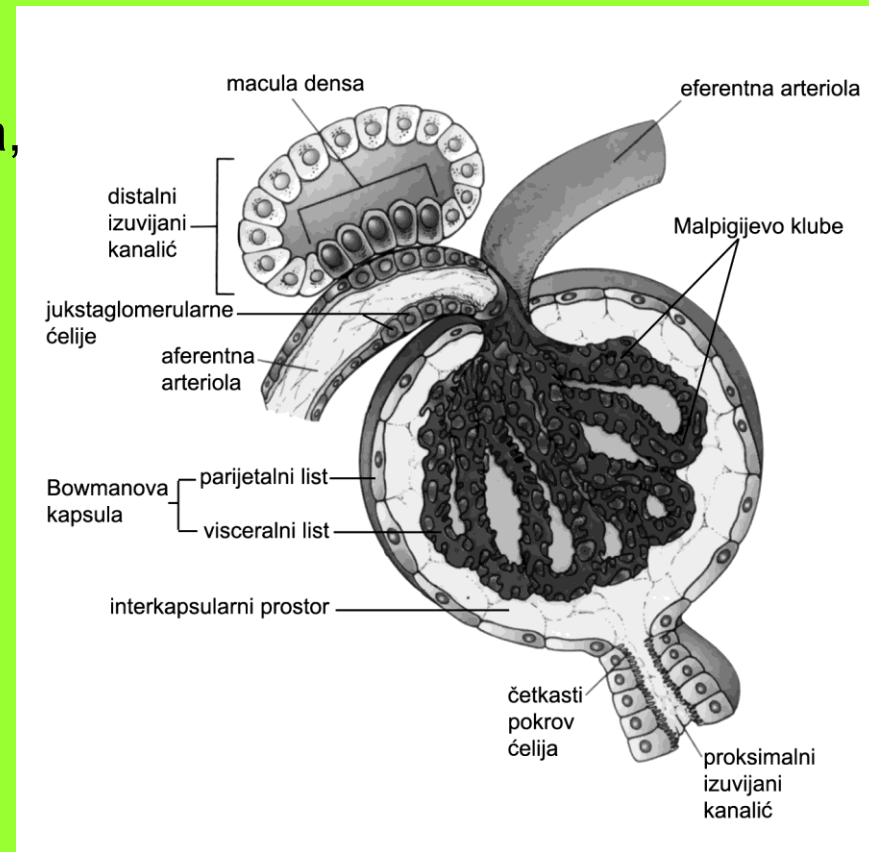
Izuvijani delovi distalnog segmenta su blizu Malpigijevog tela i dodiruje zid aferentnog krvnog suda glomerula. Na tom mestu se stvara zadebljanje sa izmenjenim epitelom zida - **macula densa**.

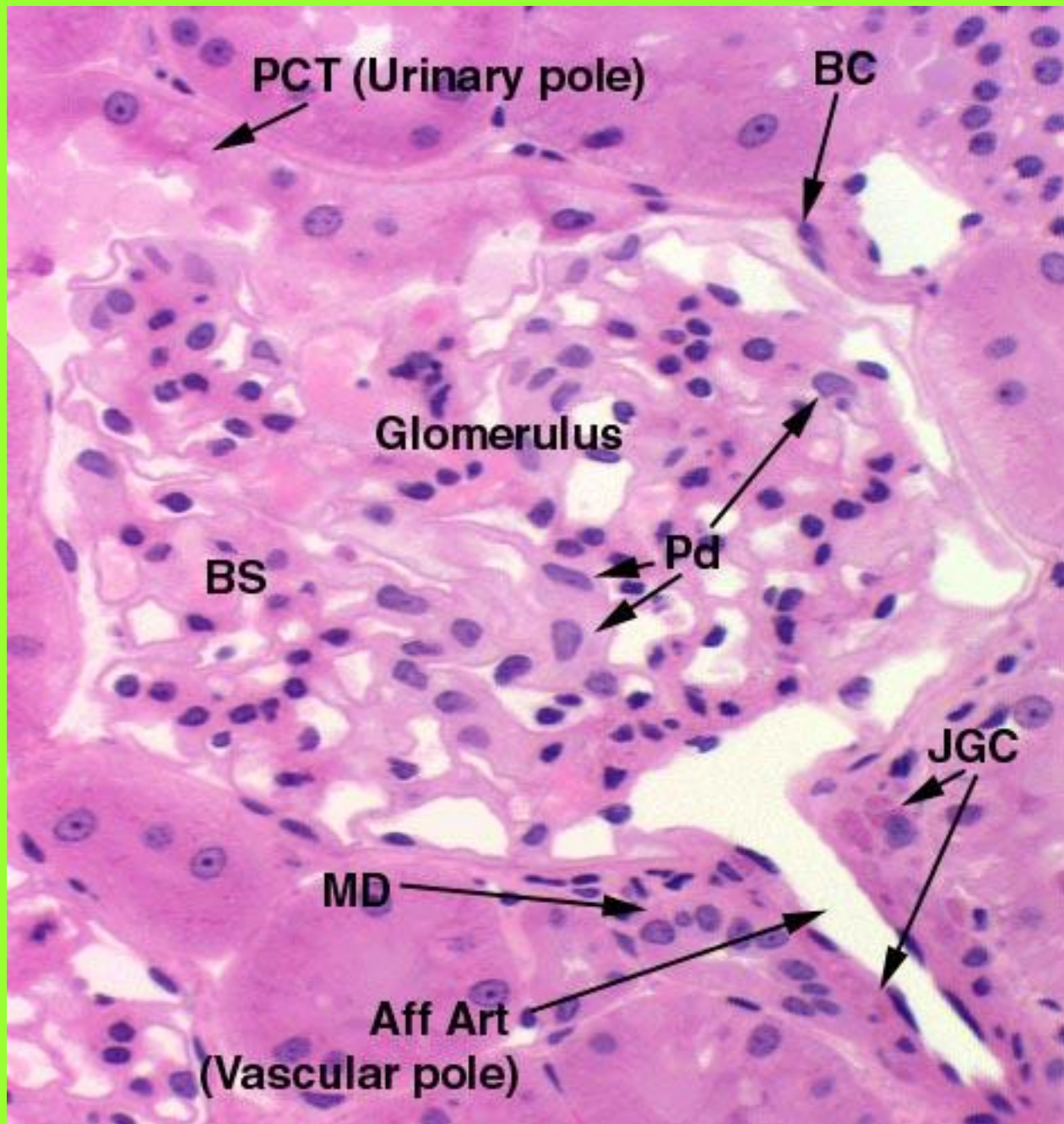
U blizini *macula densa* je posebna grupa ćelija, neposredno ispod endotela kapilara, u srednjem sloju zida aferentnog krvnog suda. Ove ćelije nastaju na račun glatko mišićnih ćelija zida krvnog suda, a nose naziv **jukstaglomerularne ćelije**,

biosintetišu hormone: **eritropoetin** koji stimuliše sazrevanje eritrocita u koštanoj srži i **renin** koji igra ulogu u regulaciji krvnog pritiska.

Regulacija protoka krvi kroz kapilarnu mrežu glomerula, a time se reguliše i glomerularna filtracija.

Ove dve grupe ćelija označavaju se kao **jukstaglomerularni kompleks (aparat)**.



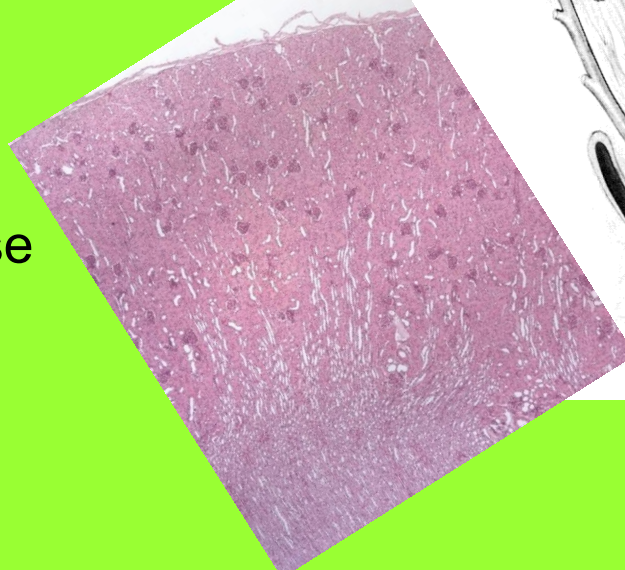
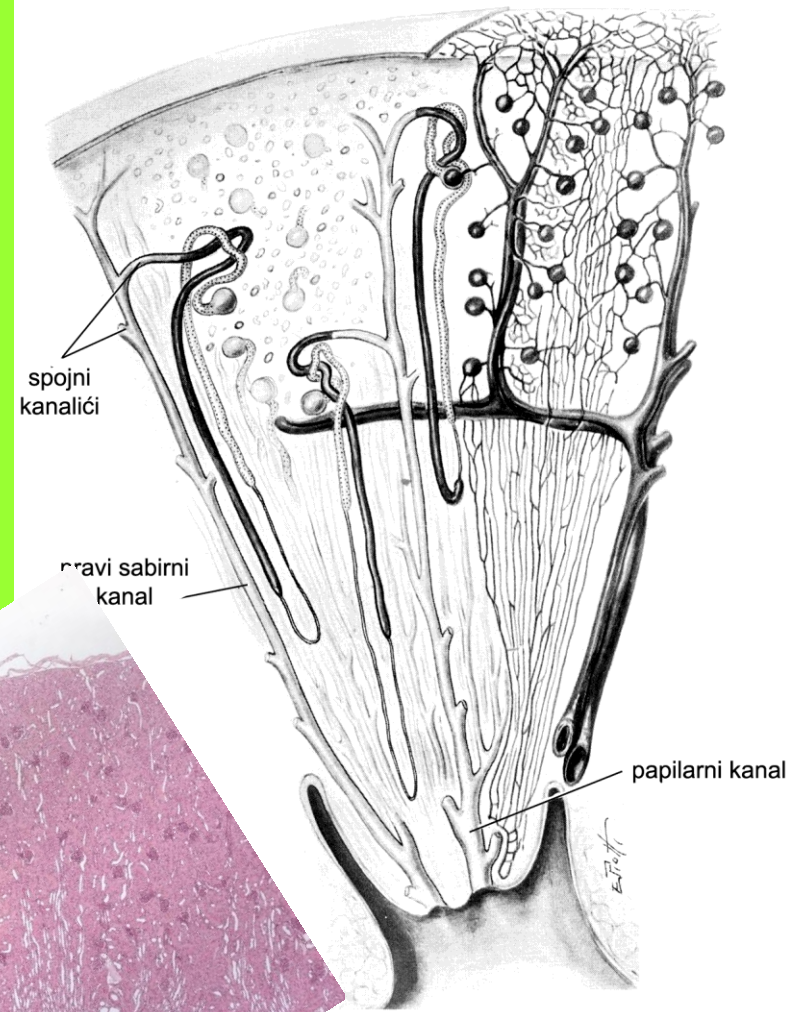


Sabirni kanalići i kanali

Iz distalnog dela izuvijenog kanalića nefrona - oformljena mokraća se preko kratkog spojnog kanalića uliva u pravi sabirni kanal u nivou medularnih produžetaka.

Dublje u srži, spajanjem više sabirnih kanala nastaje široki papilarni kanal koji se otvara na vrhu papila porama. Više (10-12) pora na vrhu papile formiraju rešetkasto polje (*area cribrosa*).

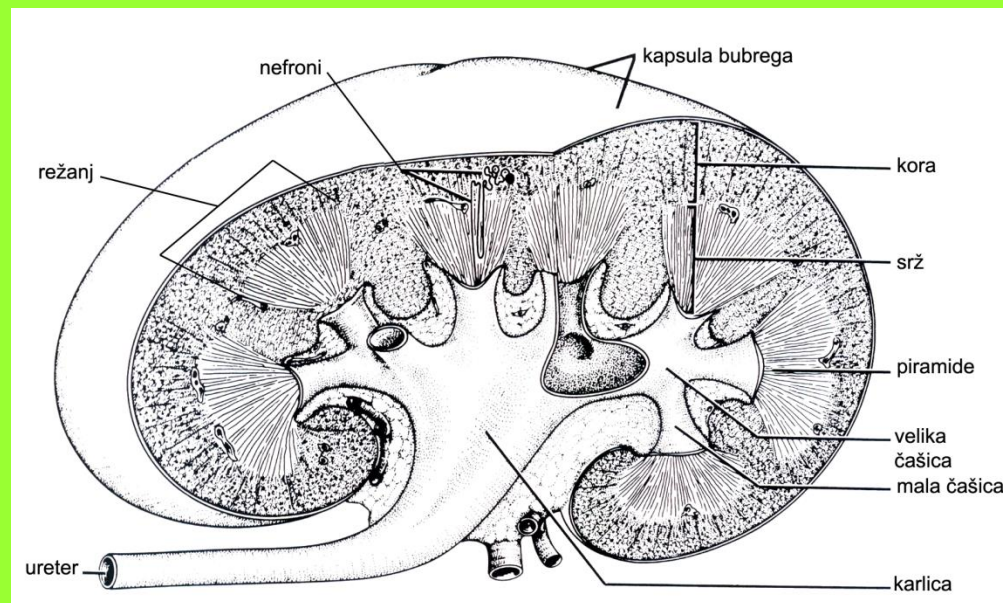
Spojni kanalići i sabirni kanali su obloženi niskoprizmatičnim epitelom. Visine epitelnih ćelija se u sabirnim kanalima postepeno povećava, da bi u papilarnim kanalima epitel postao visokoprizmatičan.



Bubrežni kanalići - nefroni koji su opisani čine oko 60% ukupne mase bubrega. Ostatak od 40% mase bubrega je intersticijum (*interstitium*).

Mokraćni izvodni putevi sisara

1. bubrežna karlica,
2. mokraćovod,
3. mokraćna bešika i
4. mokraćni izvodnik.



Bubrežna karlica (*pelvis renalis*)

levkasto prošireni početni deo mokraćovoda. U bubrežnu karlicu dospeva mokraća iz papilarnih kanala preko bubrežne čašice.

Zid bubrežne karlice je troslojne građe:

Sluzokoža oblaže lumen.

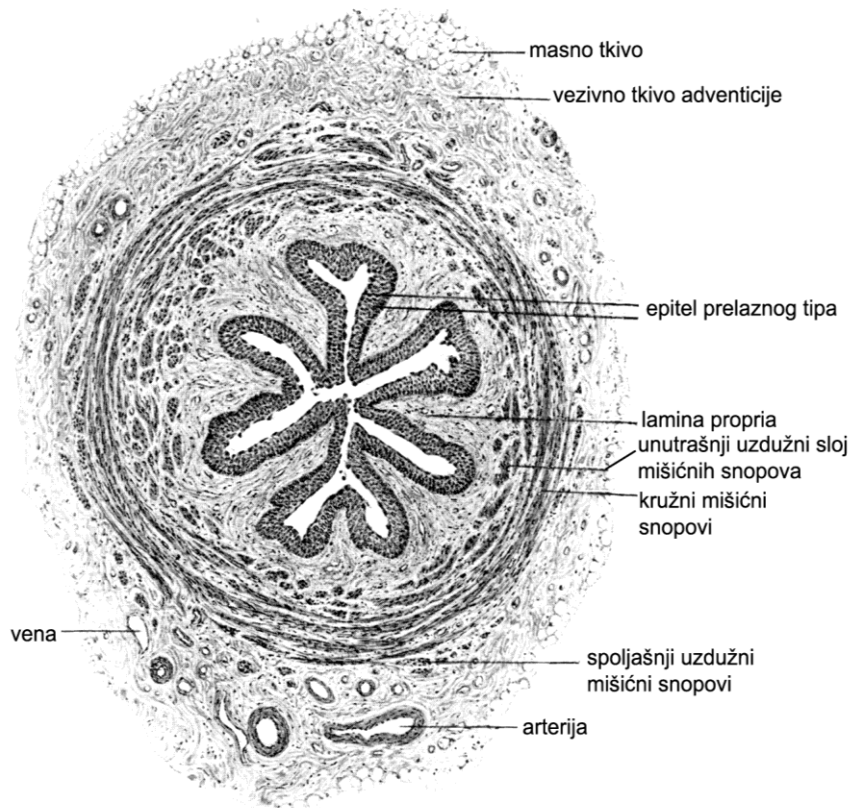
Epitelni list sluzokože je epitel prelaznog tipa.

Krzno je vezivne prirode. Kod kopitara u krznu sluzokože se nalaze tubulo-alveolarne sluzne žlezde.

Mišićni omotač se sastoji od glatko mišićnih ćelija kružno raspoređenih.

Kod krupnih domaćih životinja (konj, goveče) jasno su izdiferencirani unutrašnji uzdužni i cirkularni sloj.

Spoljašnji omotač je tunica adventitia - rastresito vezivno tkivo sa dosta masnog tkiva i krvnim sudovima i nervima.



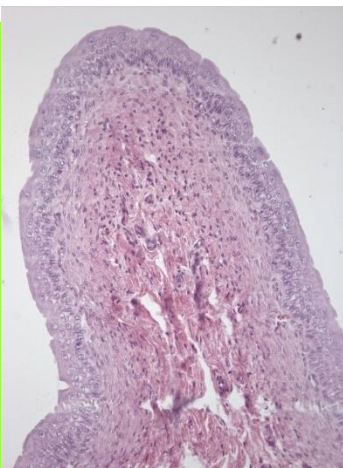
Mokračovod (*ureter*)

Nastavlja se na bubrežnu karlicu i sprovodi mokraću do mokraćne bešike. Zid grade tri omotača: *tunica mucosa*, *t. muscularis* i *t. adventitia*.

Tunica mucosa gradi uzdužne nabore i daju zjapu organa zvezdast izgled. Epitelni list sluzokože - epitel prelaznog tipa. Krzno je rastresito vezivno tkivo. U početnim delovima - višecelijske tubulo-alveolarne mukozne žlezde samo kod kopitara. Podsluzokoža nije razvijena.

Mišićni omotač - dva sloja glatko mišićnih ćelija. Unutrašnji, uzdužni sloj (*stratum longitudinale internum*) i kružni sloj (*stratum circulare*), a u distalnim delovima organa i spoljašnji uzdužni sloj *stratum longitudinale externum*.

Povrh mišićnog omotača dobro je razvijeno vezivno tkivo - **adventitia**. Ovaj spoljašnji omotač je bogat krvnim sudovima, nervima i masnim tkivom.



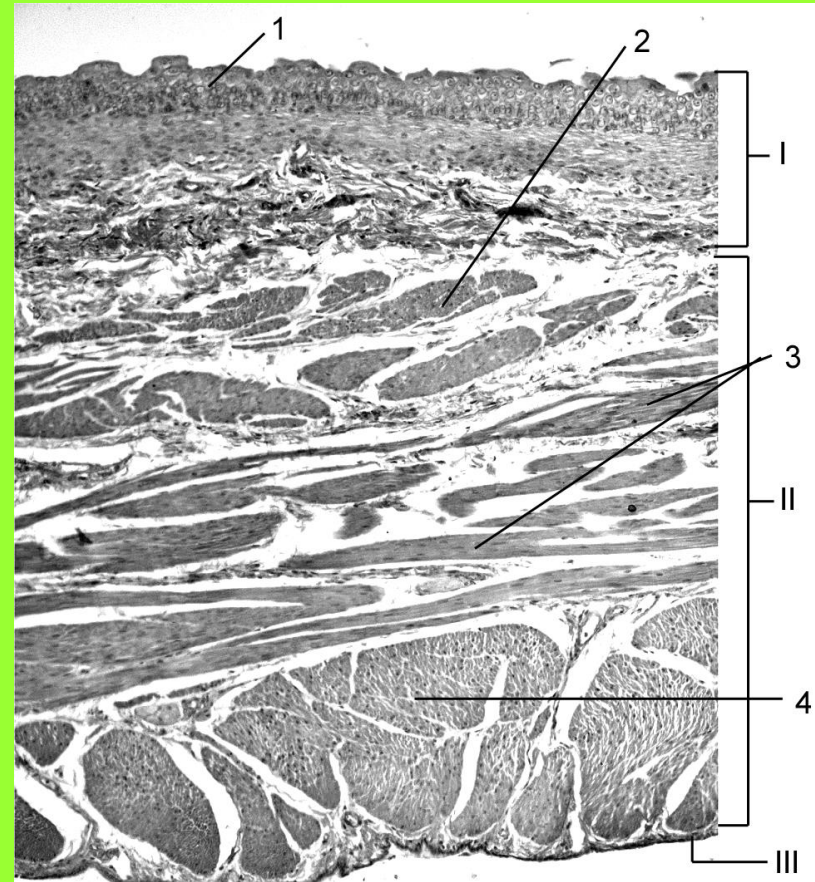


Poprečni presek uretera mačke

Mokraćna bešika (*vesica urinaria*)

Prošireni deo mokraćnih izvodnih puteva u kome se skuplja mokraća. Mokraćna bešika je slične histološke građe kao ureter. Zid bešike građe: sluzokoža, mišićni omotač i *adventitia*.

Epitel **sluzokože** je epitel prelaznog tipa. Krzno sluzokože je dobro razvijeno, bogato je elastičnim vlaknima i krvnim sudovima. Sluzokoža prazne bešike je nabrana. **Mišićni omotač** - glatko mišićne ćelije su orijentisane u tri sloja: *stratum longitudinale internum*, *stratum circulare* i *stratum longitudinale externum*. Preko mišićnog omotača je razvijen vezivni omotač - **adventitia**. Ovaj omotač obiluje elastičnim vlaknima. Velike površine vezivnog omotača prepokrivene su peritoneumom. Za ta mesta se kaže da, pored adventicije, bešika poseduje i **serozni omotač**.

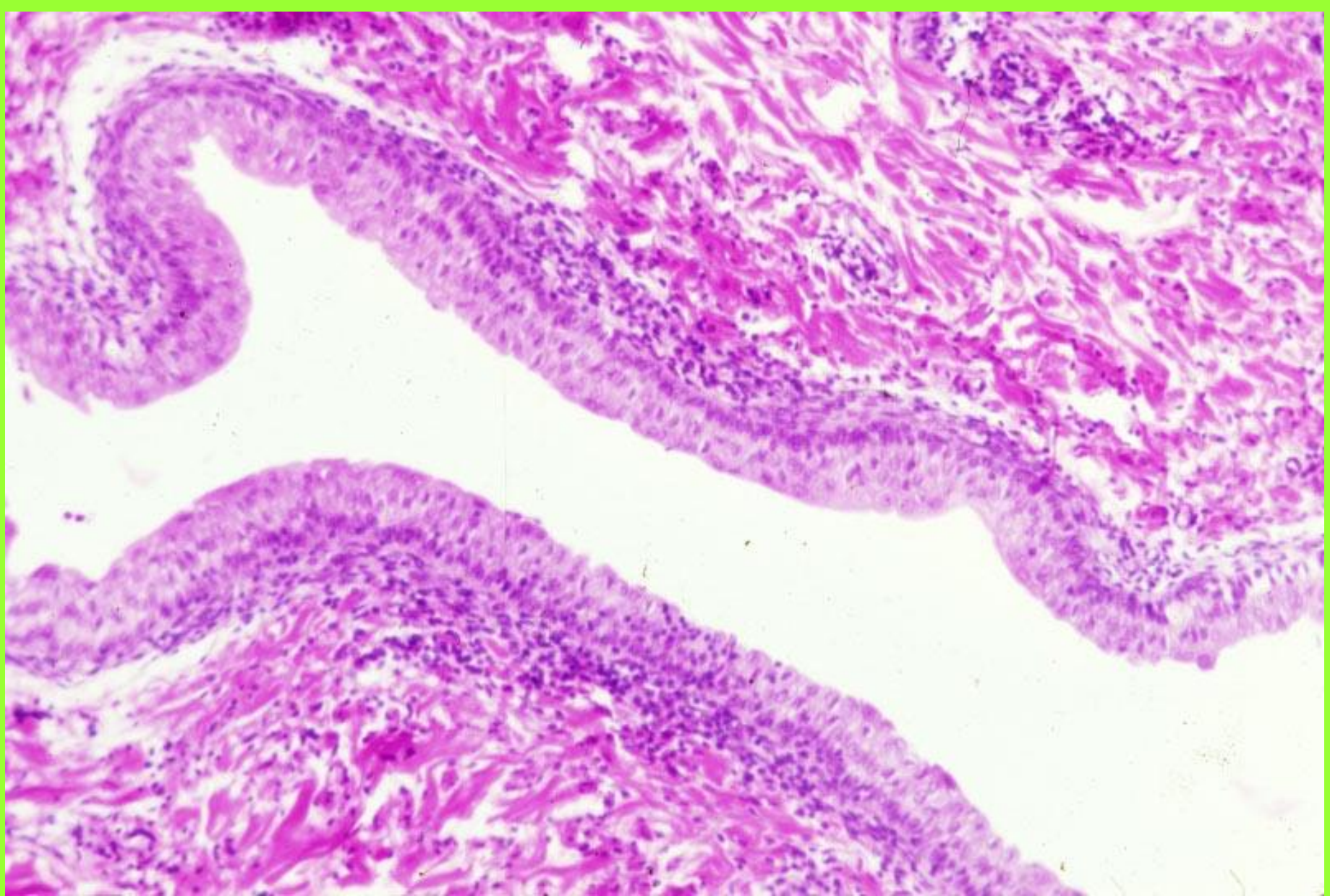


Lumen of
bladder



Tunica
muscularis

Serosa



Deo zida prazne beške

Mokraćni izvodnik (*urethra*)

kaudalni nastavak vrata mokraćne bešike.

U ženki, mokraćni izvodnik je kratka cev (u kobile 5,0 - 7,5 cm) preko koje se mokraća dostavlja iz bešike u predvorje vagine, u urogenitalni sinus. Epitel sluzokože je pločast slojevit, u nekim slučajevima pseudostratifikovan. Epitel mestimično invaginiše formirajući na taj način žlezde.

U mužjaka je urogenitalni kanal (kroz ovaj kanal prolazi i sperma) koji je smešten, većim delom, u kopulatornom organu i znatno je veće dužine od mokraćnog izvodnika ženke. Na uretri mužjaka mogu se izdvojiti tri dela: *pars prostatica*, *pars membranacea* i *pars cavernosa*.

Pars prostatica je deo uretre opkoljen tkivom prostate. U ovom delu uretre su otvori ejakulatornih kanala, kao i brojni otvori prostatičnih žlezda.

Na prostatični deo se nadovezuje **pars membranacea** koji je kratak i nastavlja se u **pars cavernosa** koji je najduži deo mokraćnog izvodnika i prolazi kroz spongiozno tkivo tela kopulatornog organa (*corpus cavernosum urethrae*).

Zid uretre čine:

1. sluzokoža,
2. mišićni omotač i
3. adventicija.

U uretri mužjaka:

Epitel pars prostatica je prelaznog tipa, epitel pars membranacea je prizmatičan slojevit ili pseudostratifikovao, a epitel pars cavernosa je pločast slojevit.

Krzno je rastresito vezivo bogato elastičnim vlaknima, krvnim sudovima i nervnim završecima. Invaginacije epitela u krznu formiraju cevaste mukozne žlezde.

Grupe glatko mišićnih ćelija su orijentisane uzdužno i kružno formirajući *stratum longitudinale* i *stratum circulare*. U predelu *pars membranacea* se nalazi i poprečno-prugasto mišićno tkivo.

