

APARATUL URINAR

Aparatul urinar este format din totalitatea organelor care participă la formarea, colectarea și eliminarea urinei din organism. Prin urină se elimină cea mai mare parte a produșilor de catabolism, aparatul urinar participând la menținerea homeostaziei mediului intern.

Aparatul urinar este format din *rinichi* și *căile urinale extrarenale* (calice, bazinet, ureter, vezica urinară, uretra).

Dezvoltarea aparatului urinar

Aparatul urinar se dezvoltă de timpuriu (începând din săptămâna a III-a de la fecundare) din **mezodermul intermediar**, care formează **două cordoane nefrogene** de o parte și de alta a aortei primitive. Ele vor genera, în etape succesive, pronefrosul, mezonefrosul și metanefrosul.

Pronefrosul se dezvoltă în segmentele cervical și toracal al cordoanelor nefrogene ale embrionului. Maximum de dezvoltare al pronefrosului este la embrionul de 3 mm (între săpt. a III-a și a IV-a), după care involuează. Formațiunile pronefrotice nu prezintă funcție renală, dar au rol inductor, favorizând dezvoltarea mezonefrosului și metanefrosului.

Mezonefrosul apare în săptămâna a IV-a de viață intrauterină. El se întinde din segmentul cervical până în segmentul lombar al cordoanelor nefrogene. În structura parenchimului mezonefrotic se formează atât **glomeruli renali cât și tubi uriniferi**. Aceste structuri microscopice nu sunt funcționale.

Metanefrosul va genera rinichiul definitiv. El apare ca o masă uniformă situată în pelvis, fiind format din **mugurele ureteral al canalului mezonefrotic** (care va genera tot sistemul de tubi colectori, inclusiv piramidele renale) și **blastemul metanefrogen** (care va genera nefronii).

Pe măsură ce se edifică structural, rinichii suferă un **proces de ascensionare**, din regiunea pelvină în regiunea lombară. Deși sunt funcționali încă din luna a III-a de viață fetală, rinichii nu intră în funcțiune decât atunci când funcția excretorie a placentei este depășită.

Dezvoltarea și ascensionarea rinichilor nu **sunt încă terminate la naștere**.

RINICHII

Anatomie macroscopică

Rinichii sunt organe complexe cu rol fundamental:

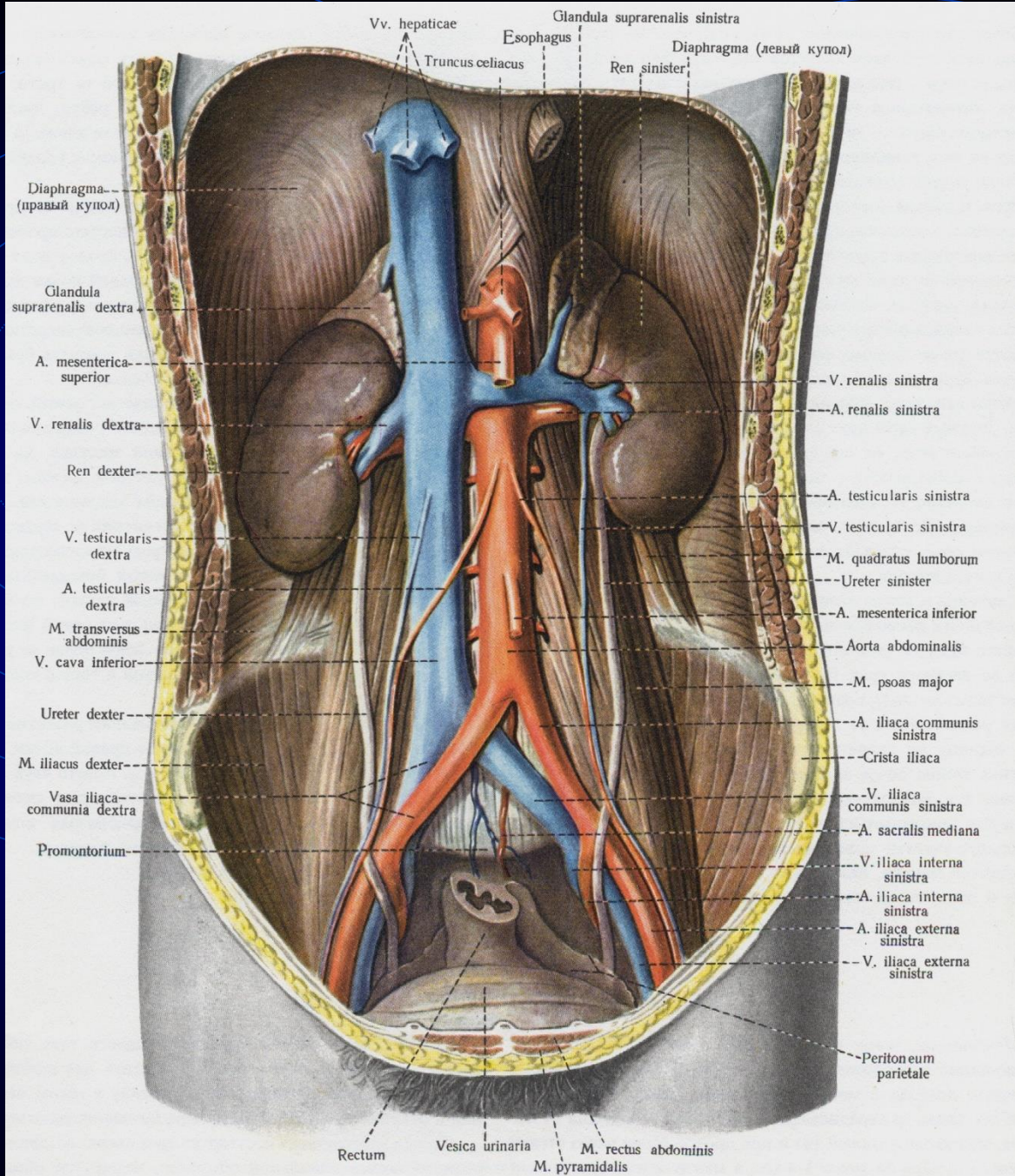
- în excreția a numeroși metaboliți,
- în reglarea balanței hidrice și electrolitice,
- în reglarea presiunii sanguine,
- în menținerea echilibrului acido-bazic și
- în secreția unor hormoni.

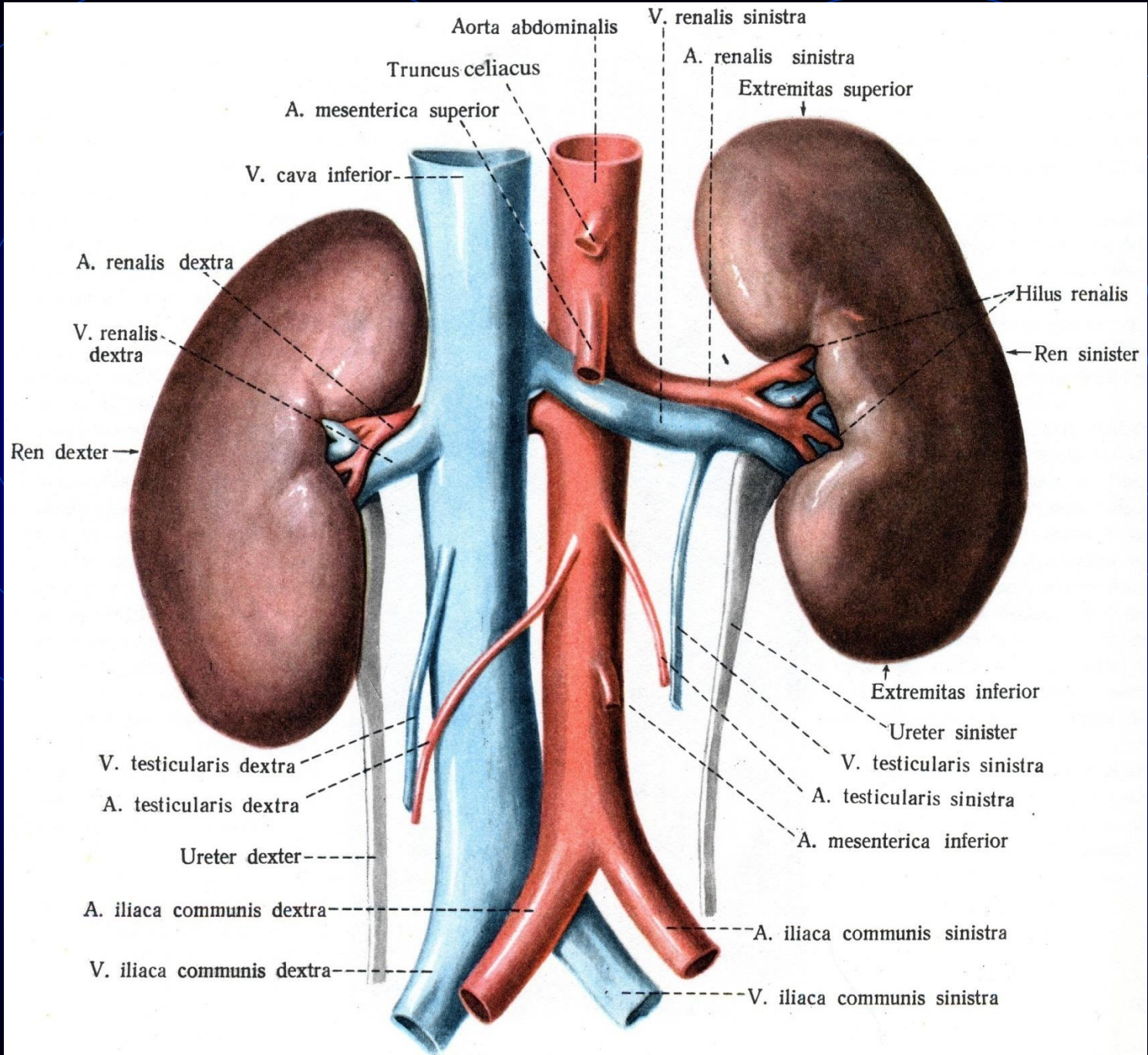
Sunt organe pereche, situate retroperitoneal, de-o parte și de alta a coloanei vertebrale, ocupând spațiul de la a XII-a vertebră toracală la cea de-a III-a vertebră lombară (loja renală).

La persoanele adulte fiecare rinichi are o greutate medie de 120-170 g la bărbați și 110-150 g la femei. Ei prezintă variații individuale nu numai în funcție de sex, ci și în funcție de vârstă și rasă, precum și de greutatea individului și suprafața sa corporală.

Fiecare rinichi prezintă în medie o lungime de 10-12 cm, lățimea de 5-7 cm și grosimea 2,5-3 cm. Rinichiul stâng poate fi mai subțire și cu conturul lateral ușor neregulat la 10% din indivizi, rezultat al compresiunii splinei.

Rinichii prezintă două fețe (anterioară și posterioară), două margini (medială și laterală) și doi poli (superior și inferior). Marginea medială, concavă, conține hilul renal în care se identifică artera și vena renală, calicele și pelvisul renal, nervii renali.





Rinichii sunt delimitați la exterior de o **capsulă fibroasă**, rezistentă, inextensibilă, formată din fibre de colagen cu dispunere ordonată. La nivelul hilului, din capsula renală se desprind septuri conjunctive fine care se răspândesc printre elementele parenchimului renal, în special perivascular, formând o stromă fină intrarenală, cu rol de suport pentru elementele parenchimului renal.

Pe o secțiune ce trece de la marginea externă spre marginea internă, pe suprafața rinichiului se observă două regiuni:

- o regiune mai palidă, de culoare brun-gălbuie, care formează **corticala renală**.
- o regiune mai închisă la culoare, care formează **medulară renală**.

În medulara renală există între 10 și 18 formațiuni piramidale, **piramidele Malpighi**, cu aspect striat longitudinal. Striația longitudinală este dată de orientarea anselor Henle și a tubilor colector. Baza fiecărei piramide renale este orientată spre corticală, iar vârful proemină în pelvisul renal formând o papilă renală.

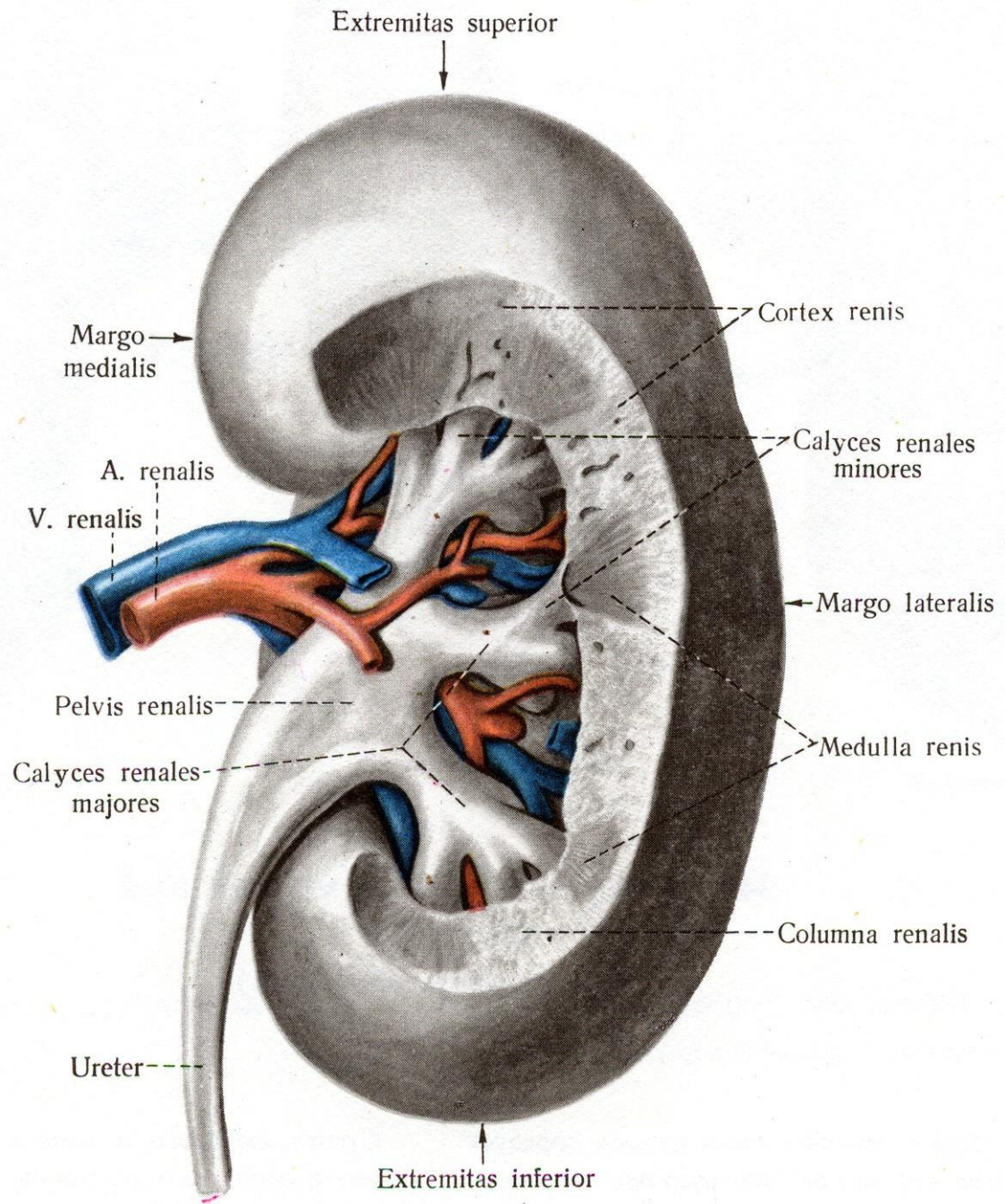
Fiecare papilă prezintă între 20 și 50 de orificii, **pori urinari**, reprezentând capătul terminal al căilor urinare intrarenale. Suprafața papilei renale, stăbănută de porii urinari, este cunoscută sub numele de "**aria cribrosa**". La acest nivel căile urinare intrarenale se continuă cu calicele minore (căilor urinare extrarenale).

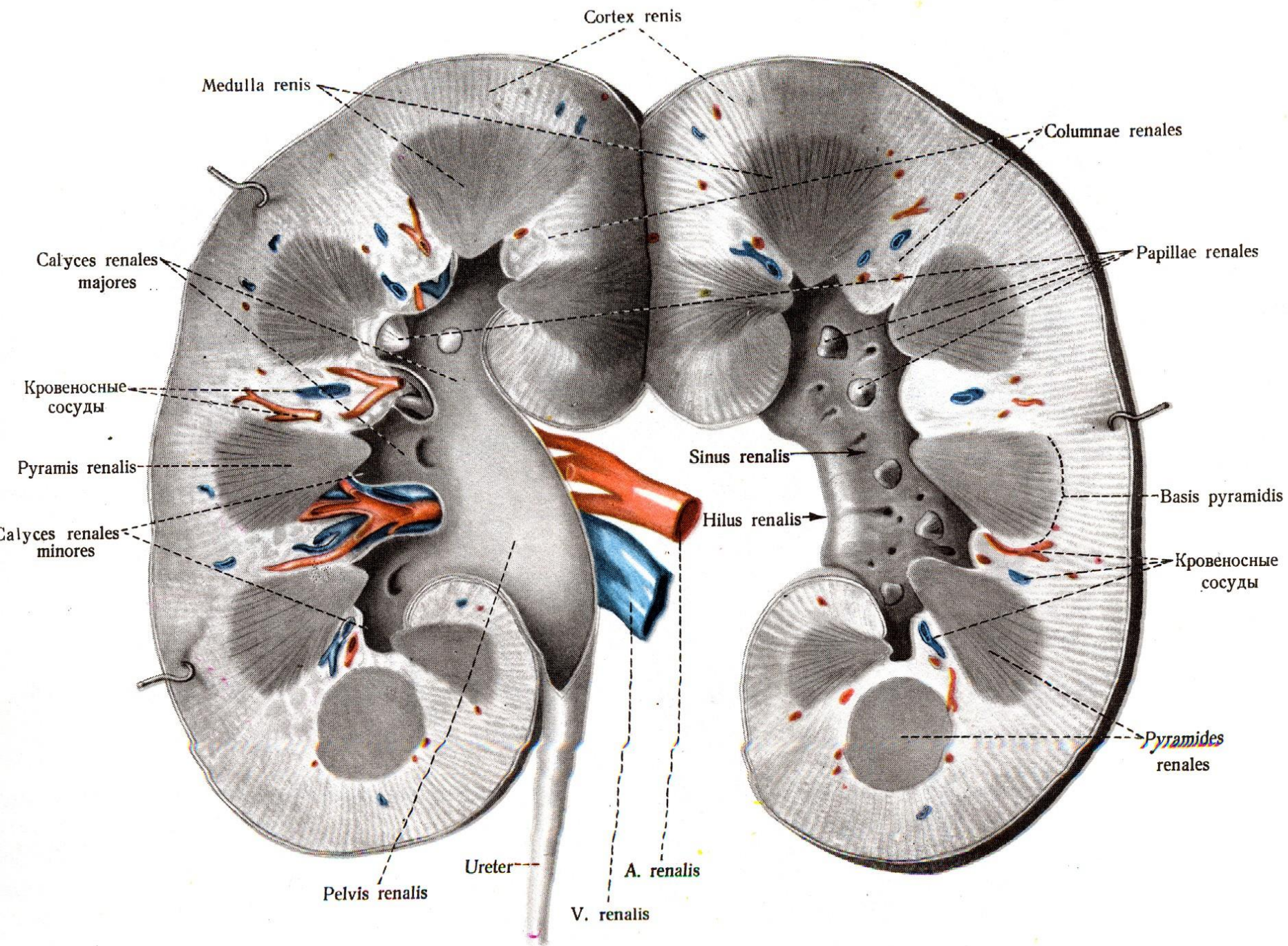
Corticala renală are o grosime de circa 1 cm, înconjoară baza fiecărei piramide Malpighi și se continuă printre piramide spre pelvisul renal cu **coloanele Bertin**.

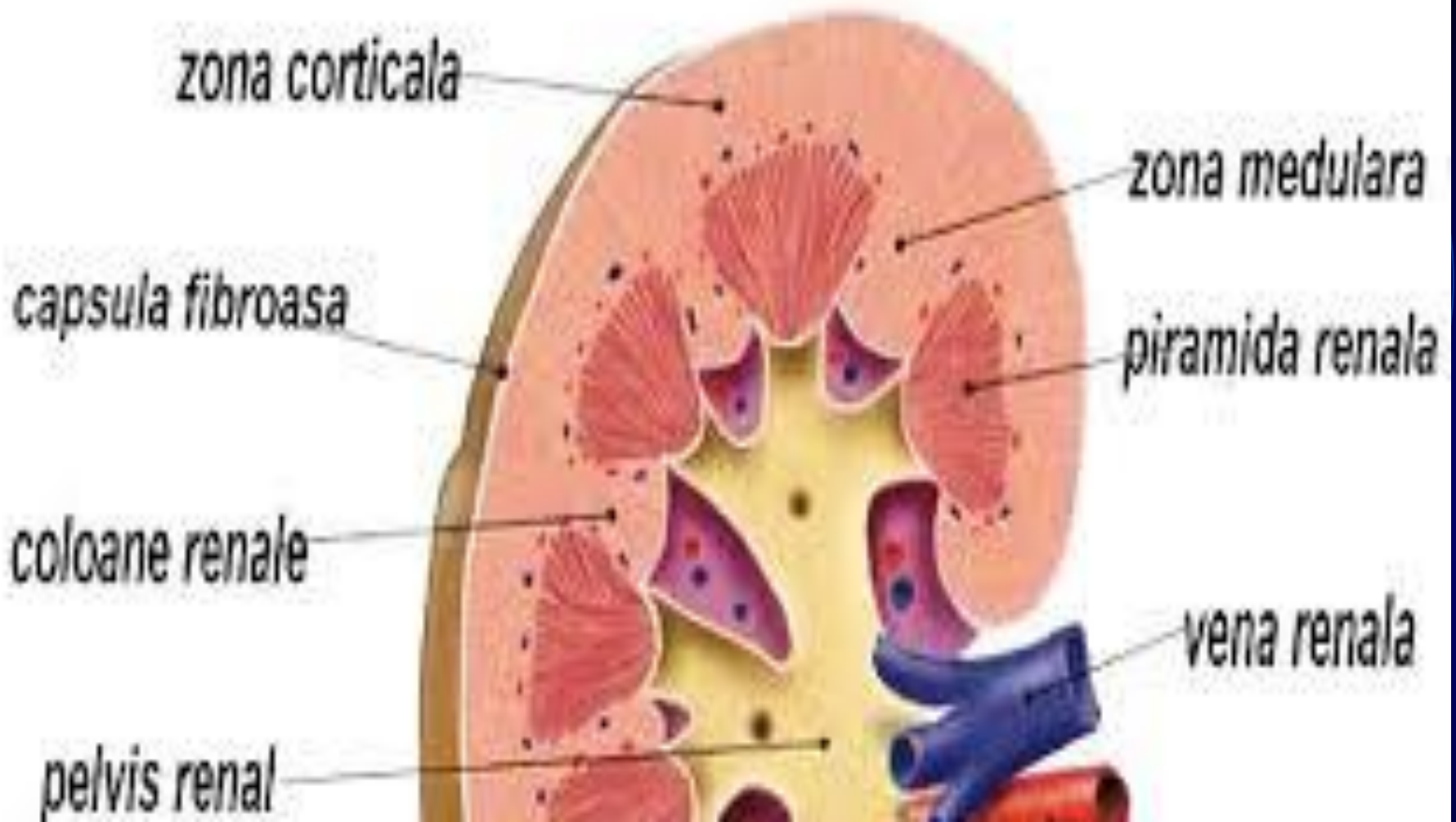
De la baza piramidelor Malpighi pornesc radiar spre capsula renală circa 400 de formațiuni conice, cu striație fină longitudinală, formând **radiațiile medulare ale lui Ludwig** sau **piramidele Ferrein**. Ele sunt formate dintr-o parte din tubii contorți proximali și din tubii colectori. Vârful piramidelor Ferrein se oprește la circa 1 mm de capsula renală. Această zonă de parenchim renal, dispusă între vârful piramidelor Ferrein și capsula renală, lipsită de glomeruli renali, este cunoscută sub numele de **cortex corticis**. Parenchimul renal care ocupă spațiul dintre piramidele Ferrein poartă numele de **labirint**.

O piramidă Malpighi, împreună cu parenchimul cortical din jurul său, inclusiv piramidele Ferrein aferente, formează un **lob renal**. Rinichiul uman are în medie 10-18 lobi. O piramidă Ferrein împreună cu parenchimul cortical înconjurător formează un **lobul renal**.

Din punct de vedere **histologic** noțiunile de medulară și corticală renală nu sunt identice cu cele anatomice. **Medulara renală este reprezentată de piramidele Malpighi și piramidele Ferrein, iar corticala renală este reprezentată de cortex corticis, labirintul renal și coloanele Bertin.**







VASCULARIZAȚIA RENALĂ

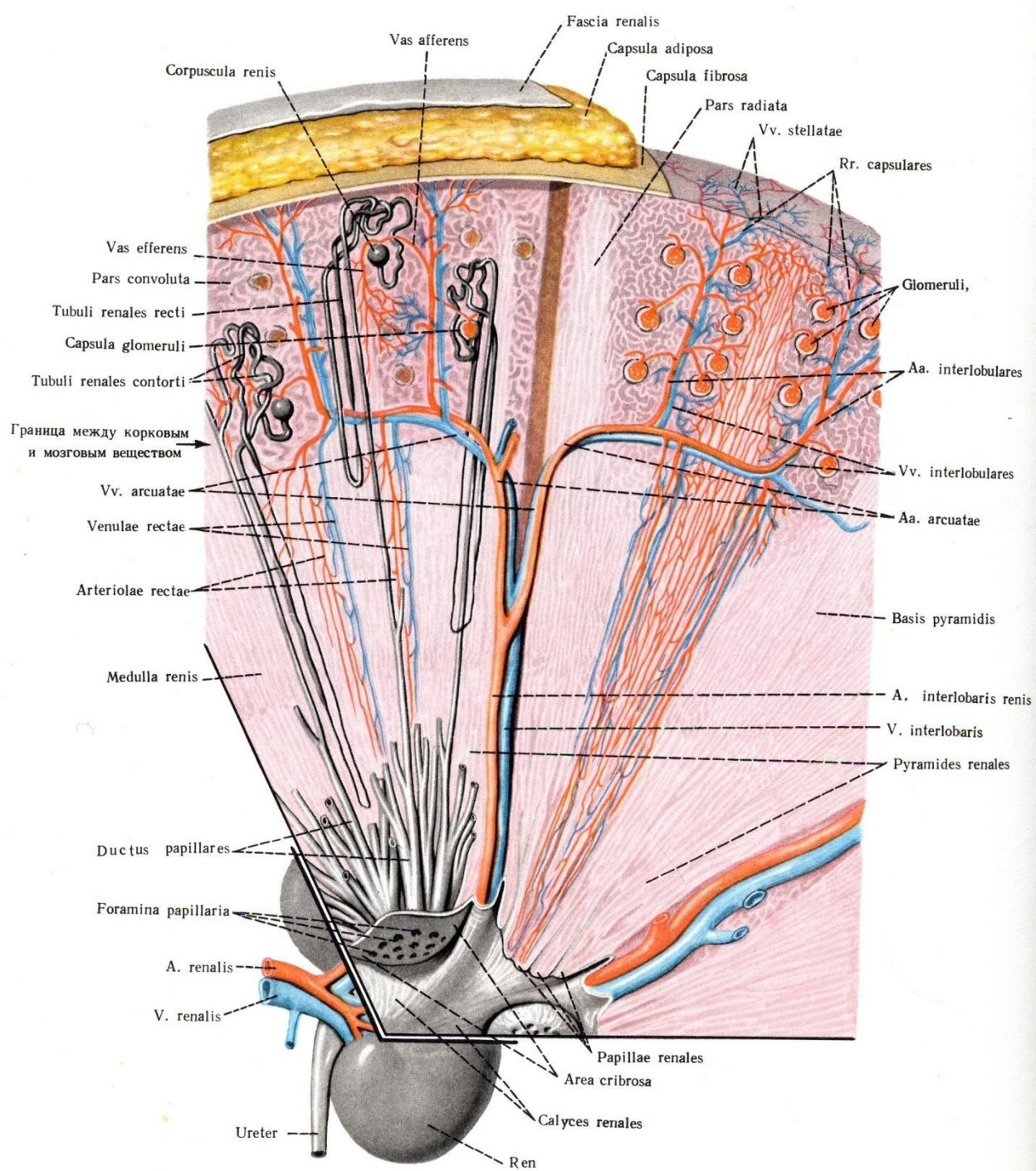
Rinichii sunt printre organele cele mai bine vascularizate. În repaus ei primesc circa **20-25% din debitul sistolic al cordului**.

Arterele renale (dreaptă și stângă) se desprind direct din aortă. Ajunse la nivelul hilului renal ele se divid în 4-5 ramuri, formând **arterele segmentare** (câte una pentru fiecare segment al rinichiului: apical, superior, mijlociu, inferior și posterior) din care majoritatea trec anterior de sinusul renal și numai una, maxim două, trec posterior de sinusul renal. Între arterele segmentare nu există anastomoze.

Artere segmentare au un traiect scurt. Ele se divid dând naștere **arterelor interlobare** care pătrund în parenchimul renal, străbătând **cordoanele Bertin**, printre piramidele Malpighi adiacente pînă la joncțiunea dintre medulară și corticală. La acest nivel arterele interlobare se bifurcă dînd naștere **arterelor arciforme (arcuate)** care merg aproximativ paralel cu baza piramidelor renale. Din arterele arciforme se desprind, perpendicular, **arterele interlobulare (perilobulare)** care urcă prin corticala renală spre capsulă. Datorită faptului că lobulii renali sunt structuri imprecis delimitate, aceste artere sunt numite și **artere radiare corticale**. Tot din arterele arciforme se desprind artere descendente, numite **arterele "rectae verae"** care pătrund în piramidele Malpighi, îndreptându-se spre vârful acestora.

Din arterele interlobulare se desprind **arteriolele aferente** care, după un scurt traiect, pătrund în glomerulul renal (câte o arteră pentru fiecare glomerul renal) prin polul vascular al acestuia și se capilarizează. Capilarele glomerulare converg spre polul vascular al glomerulului, fuzionează și dau naștere **arteriolei eferente**. La rândul său arteriola eferentă se recapilarizează în jurul tubilor uriniferi.

Prin fuziunea capilarelor peritubulare se formează, mai ales în corticala superficială, dispozitive vasculare stelate, cunoscute sub numele de **stelele vasculare Verheyen**, care reprezintă începutul întoarcerii venoase. Din aceste dispozitive vasculare se formează **vene interlobulare** care drenează în **vene arciforme**. Venele arciforme primesc și **vene drepte ascendente** care aduc sângele venos din piramidele Malpighi. Venele arciforme se continuă cu **vene interlobulare** care formează în hilul renal, **vena renală**.



STRUCTURA HISTOLOGICĂ A RINICHIULUI

Microscopic, rinichii sunt alcătuiți din două componente :

- **parenchimul renal**, format din
 - **nefroni** și
 - **căile urinare intrarenale**
- **stroma renală.**

NEFRONUL

Unitatea structurală și funcțională a rinichiului este nefronul. El este format din **corpusculul renal** (glomerulul și capsula Bowmann) și **tubul urinifer** (alcătuit la rândul sau din: tubul contort proximal, ansa Henle și tubul contort distal).

Fiecare rinichi uman conține circa 800 000 - 1 200 000 de nefroni.

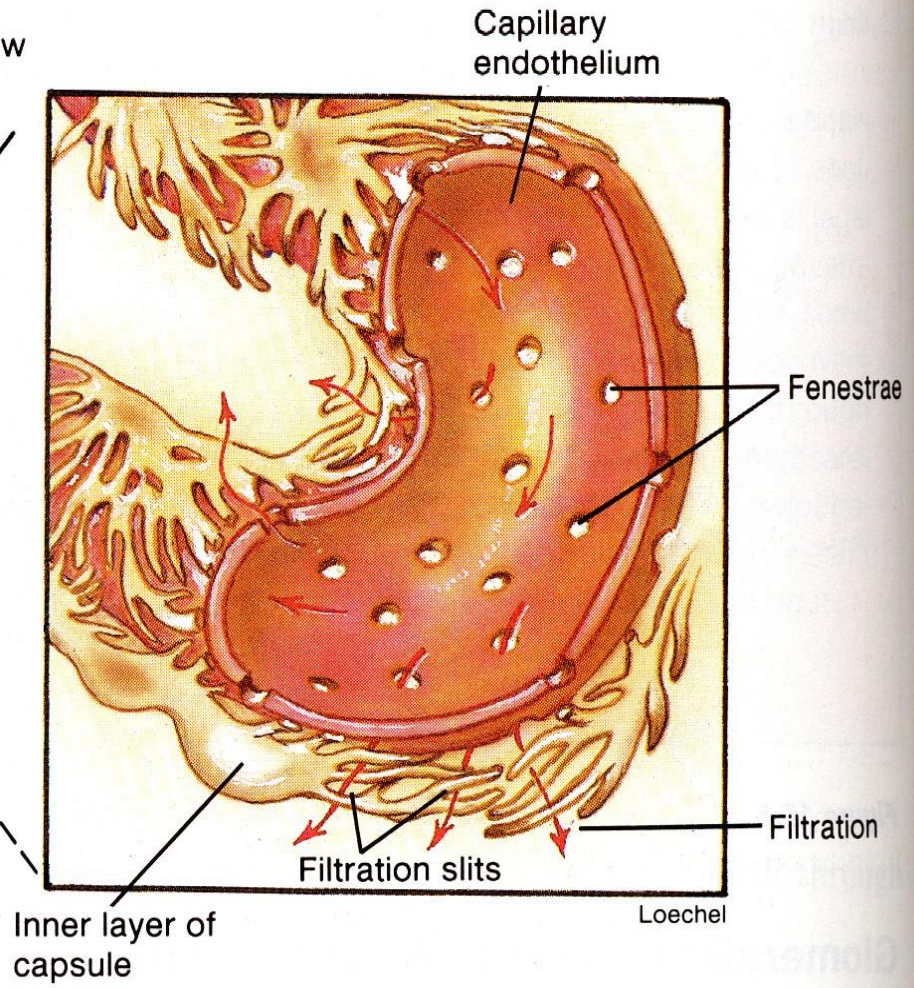
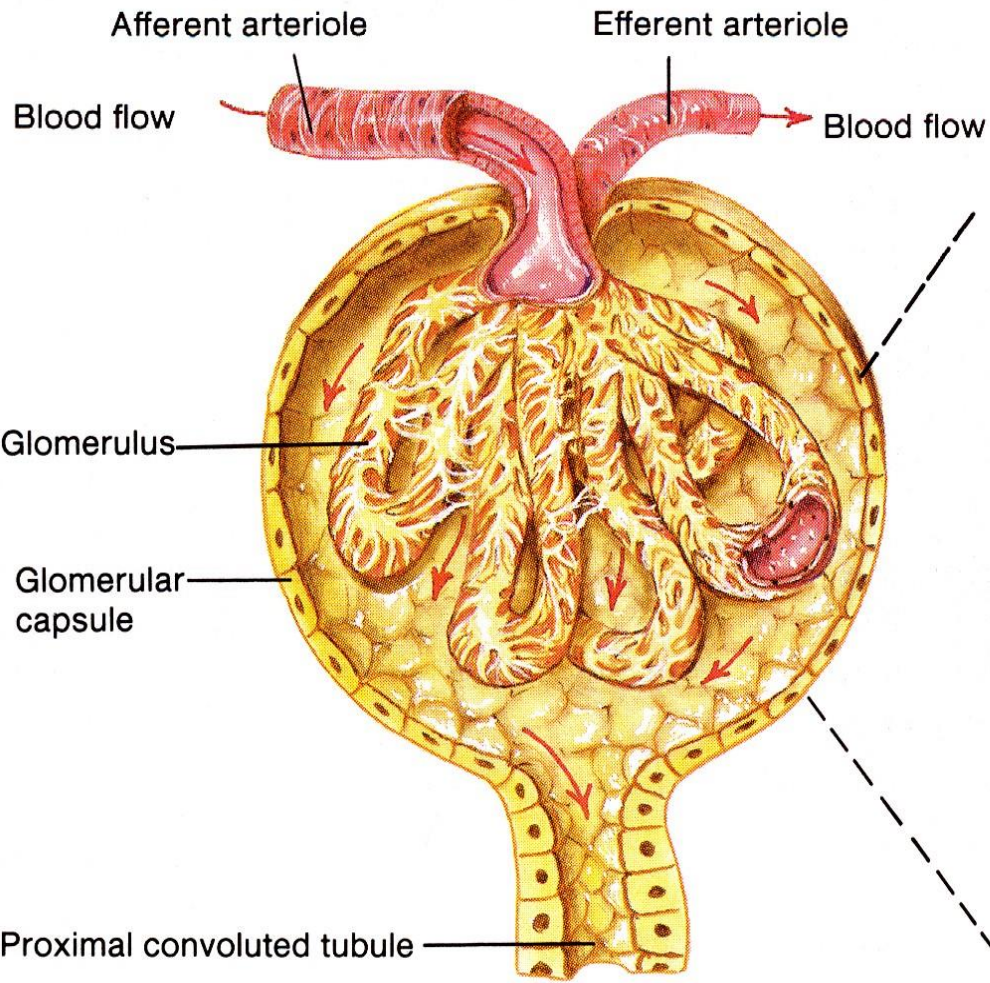
I. Corpusculul renal Malpighi are formă rotundă sau ovalară, culoare roșie deschisă și un diametru de circa 150-200 microni.

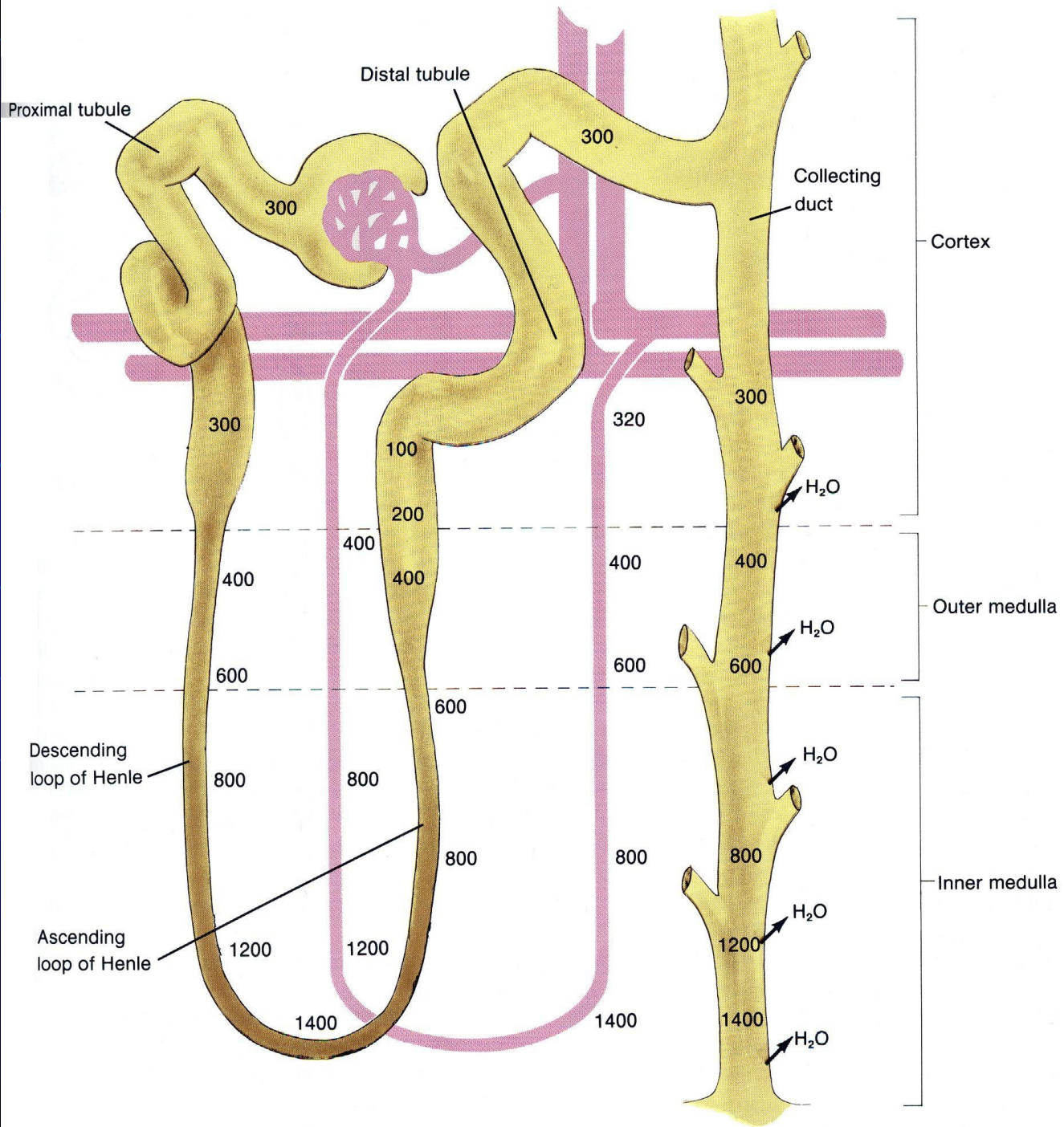
Corpusculii renali se găsesc răspândiți neomogen la nivelul corticalei renale și în partea superioară a cordoanelor Bertin; lipsesc în cortex corticis. Fiecare corpuscul renal este format dintr-un ghem de capilare - **glomerulul** înconjurat de o capsulă epitelială - **capsula Bowmann**, care îl delimitează de restul parenchimului renal

Corpusculul renal prezintă un **pol vascular** (locul prin care intră arteriola aferentă și iese arteriola eferentă) și un **pol urinar** (locul în care capsula Bowmann se continuă cu tubul urinifer).

Corpusculul renal este format din două componente:

- **componenta vasculară;**
- **componenta epitelială.**





Proximal tubule

Distal tubule

Collecting duct

Cortex

Outer medulla

Inner medulla

Descending loop of Henle

Ascending loop of Henle

H_2O

H_2O

H_2O

H_2O

H_2O

300

300

300

100

200

400

400

600

800

1200

1400

400

800

1200

320

400

600

800

1400

300

300

400

600

800

1200

1400

1. Componenta vasculară este formată din multiple capilare, anastomozate între ele, rezultate din capilarizarea arteriolei aferente.

Arteriola aferentă, cu un diametru mediu de circa 50 microni, pătrunde în corpusculul renal apoi se divide în 4-8 trunchiuri capilare cu diametrul de circa 25-30 microni care, la rândul lor se divid, rezultând **capilare secundare** cu diametrul de 5-15 microni. Între capilarele secundare ale aceluiași trunchi principal se realizează anastomoze capilare. Fiecare capilar se încurbează și, îndreptându-se spre polul vascular al glomerulului, se anastomozează cu celelalte, formând **arteriola eferentă**, care părăsește glomerulul prin aceeași zonă prin care pătrunde și arteriola aferentă (polul vascular).

Arteriola eferentă are un perete mai subțire și un lumen mai mic decât arteriola aferentă. Ea se va recapilariza în jurul tubilor uriniferi ai nefronilor sau în jurul tubilor colectori.

La nivelul glomerulului renal se realizează o **rețea capilară admirabilă de tip arterial** (arteriolă- capilare - arteriolă).

Capilarele glomerulare se dispun în jurul unui ax format de **mezangiu**.

Peretele fiecărui capilar prezintă două fețe: una care proemină în camera glomerulară (partea cea mai extinsă), iar altă aplicată pe mezangiu.

Peretele capilarelor glomerulare este format dintr-un endoteliu continuu, fenestrat, așezat pe o **membrană bazală continuă**. Capilarele glomerulului renal sunt **capilare atipice, lipsite de periteliu**. În zonele în care capilarul sanguin vine în contact cu foia viscerală a capsulei Bowmann, membranele bazale ale celor două structuri fuzionează, rezultând o **structură membranară unică**.

Celulele endoteliale sunt celule aplatizate, cu prelungiri, jonctionate între ele prin zonule ocludens. Ele prezintă un nucleul turtit, situat central, de regulă pe partea opusă mezangiului; organitele citoplasmatică sunt reduse și dispuse în jurul nucleului. Citoplasma conține numeroase vezicule de pinocitoză. **Celulele endoteliale prezintă pori citoplasmatici** numeroși, cu diametrul de circa 50-100 nanometri, acoperiți sau nu de diafragme. Porii au un diametru suficient de larg pentru a permite trecerea oricărui constituent plasmatic până la membrana bazală. S-a apreciat că suprafața totală a porilor citoplasmatici reprezintă circa 30% din suprafața totală a celulei endoteliale.

Membrana bazală are o grosime de circa 250-400 nm. În tehnicile histologice clasice apare ca structură continuă, omogenă, PAS-positivă. Examinată la microscopul electronic, membrana bazală prezintă trei lamine:

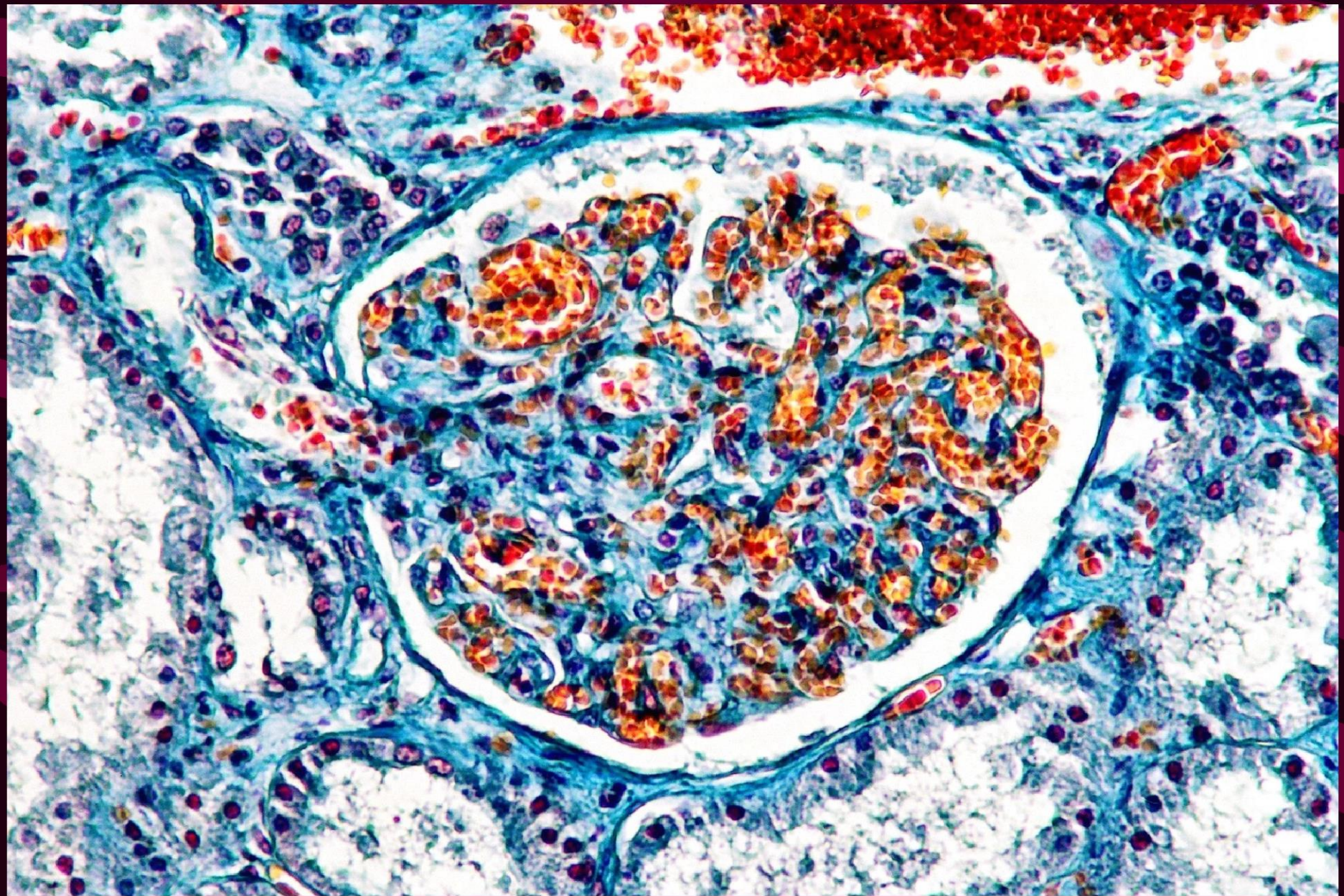
- **lamina rara internă**, dispusă imediat sub celulele endoteliale, cu densitate redusă la fluxul de electroni,
- **lamina densa** care ocupă treimea medie a membranei bazale, mai densă la fluxul de electroni, formată dintr-o rețea de fibre conjunctive, colagene cu diametrul de circa 2-5 nm;
- **lamina rara externă**, care ocupă treimea externă a membranei.

Mezangiul. Printre ansele capilare ale glomerulului se găsește un țesut conjunctiv numit mezangiu (**gr. mesos=mijlociu; angeion=vase**). El este format din celule și matrice conjunctivă. Celulele mezangiale sunt celule de dimensiuni medii, cu nucleul ovalar, normocrom, situat central. Celulele prezintă numeroase prelungiri citoplasmatică (unele din aceste prelungiri se inseră pe membrana bazală a capilarului), asemănător fibroblastelor. În citoplasmă se găsesc organite comune, bine reprezentate, capabile să sintetizeze elementele matricei mezangiale și proteine fibrilare (miofilamente de actină și miozină).

Matricea mezangială, în mod normal, este redusă cantitativ. Ea este formată din proteine fibrilare, în special collagen, proteoglicani și glicozaminoglicani. În procesele de involuție glomerulară, matricea mezangială crește, reducând numărul și volumul capilarelor glomerulare.

Originea mezangiului este încă subiect de discuții. Unii autori consideră că celulele mezangiale provin din celulele musculare netede ale arteriolei aferente; alți autori consideră ca aceste celule au originea în celulele mezenchimale fiind, de fapt, o formă particulară a pericitelor din structura peretelui capilarelor.

Mezangiu are rol de suport al anselor capilare glomerulare, reglează cantitatea de sânge intraglomerular și presiunea în ansele capilare și fagocitează resturile celulare și fibrilare rezultate din procesele de involuție ale glomerulului renal.



2. Componenta epitelială a glomerulului renal este reprezentată de capsula Bowmann. Capsula Bowmann este formată din două foițe:

- foițe externă sau parietală.
- foița internă sau viscerală;

Cele două foițe ale capsulei Bowmann se continuă una cu alta la nivelul polului vascular al glomerulului. Între cele două foițe se delimitază un spațiu numit **cameră glomerulară sau cavitatea corpusculului Malpighi**, în care se formează urina primară.

Foița externă a capsulei Bowmann delimitează, la periferie, corpusculul renal de restul parenchimului. Ea este formată dintr-un epiteliu pavimentos simplu, asezat pe o membrană bazală continuă, cu grosime apreciabilă.

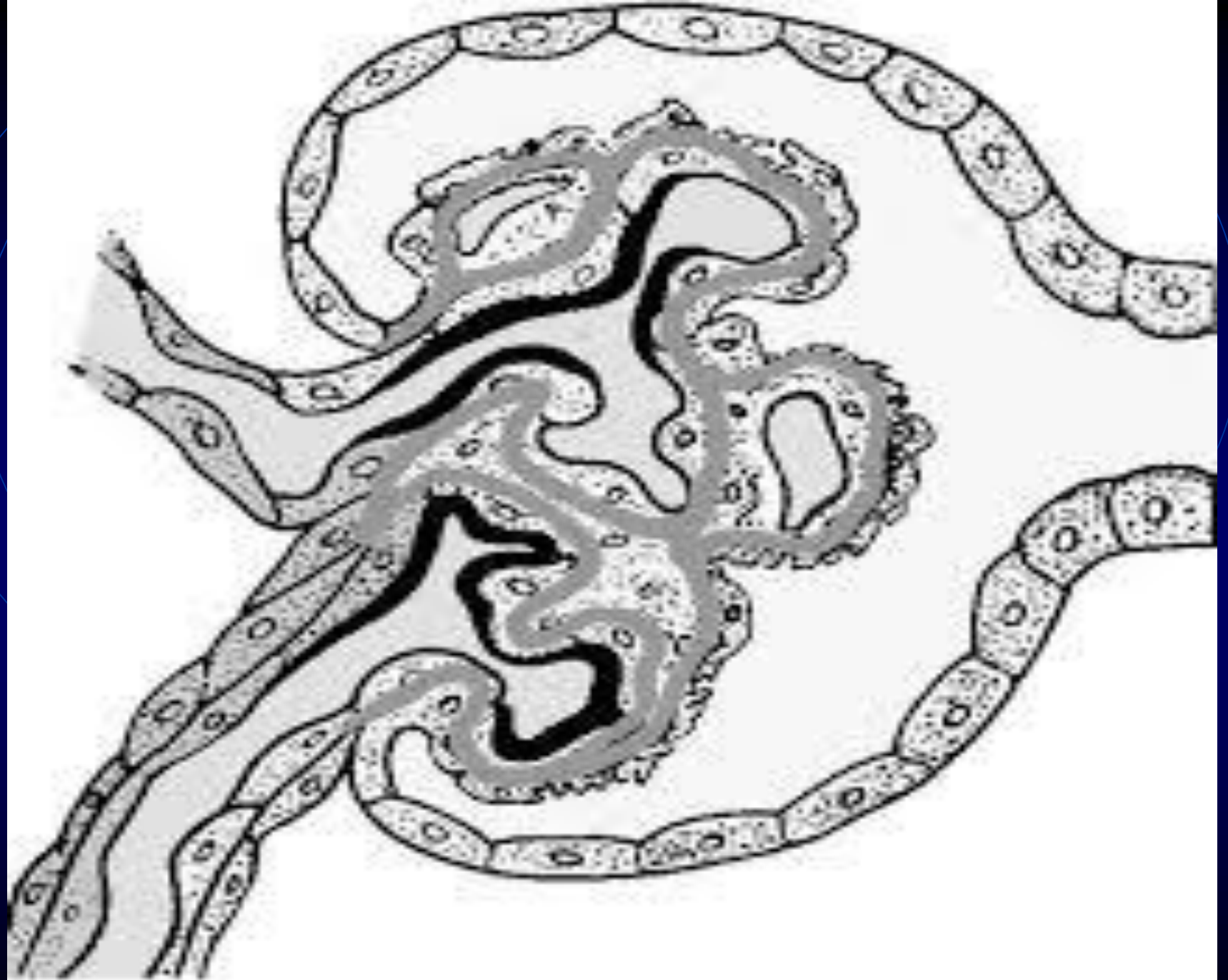
Foița externă (parietală) a capsulei se continuă la polul urinar cu tubul contort proximal al nefronului.

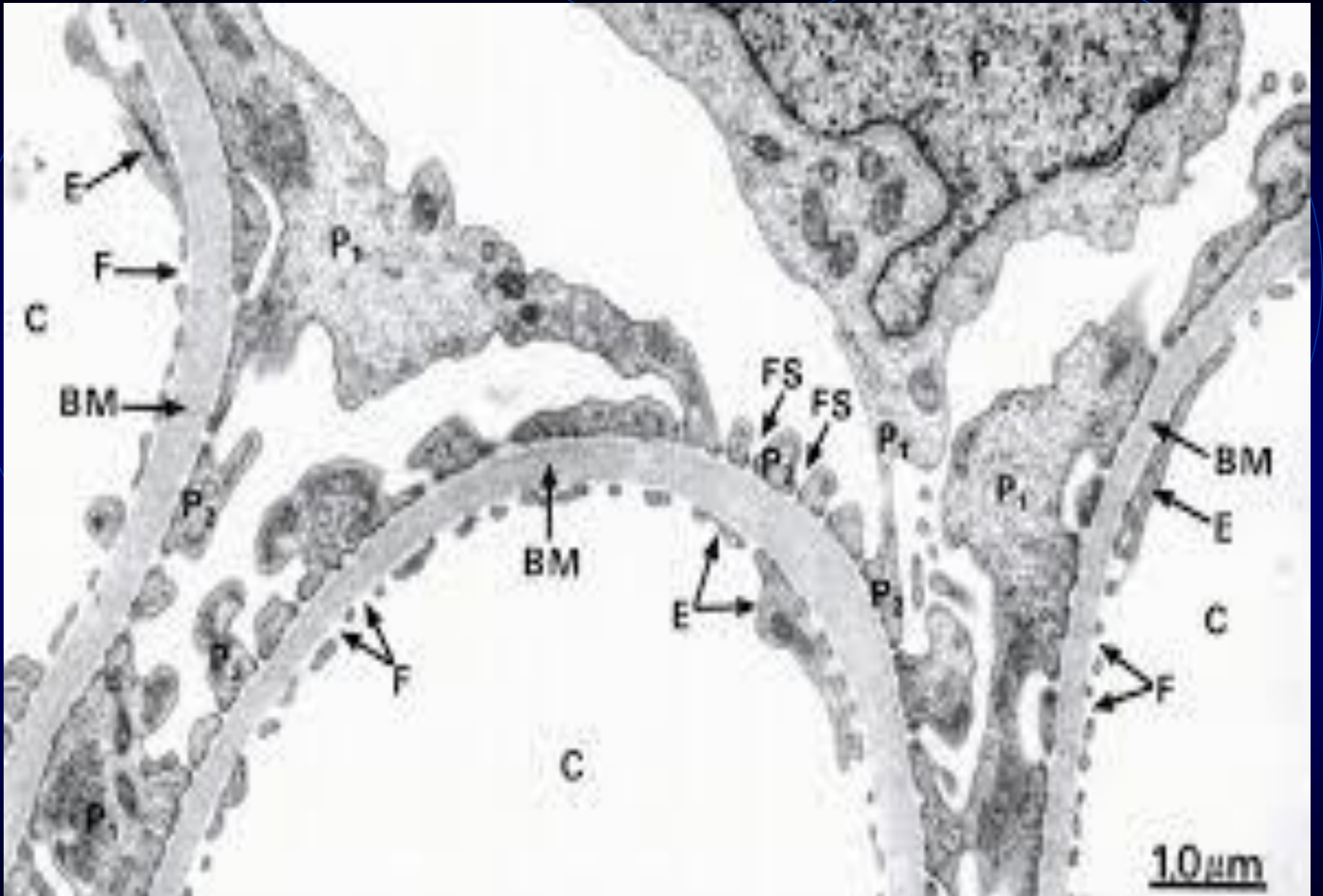
Foița viscerală a capsulei Bowmann învelește ghemul de capilare glomerulare. Ea este formată din celule numite **podocite**, așezate pe o membrană bazală continuă. Membrana bazală a foiței viscerale a capsulei Bowmann, în zonele în care vine în contact cu membrana bazală a capilarului glomerular, fuzionează, rezultând o membrană unică, care formează principalul component al **membranei filtrante a urinei primare**.

Podocitele sunt celule voluminoase care proemină în camera glomerulară. Ele prezintă un corp celular ovalar sau ușor turtit, cu un nucleu rotund, voluminos, normocrom, nucleolat, situat central. Podocitele emit spre membrana bazală câteva prelungiri ca niște piciorușe (de aici și numele celulelor: podos=picioruș), numite **procese primare** sau **pedicule**; fiecare proces primar se ramifică și dă naștere la numeroase prelungiri numite **procese secundare** sau **pedicele**.

Corpul podocitelor și procesele primare ale celulei nu vin în contact cu capilarul, în timp ce procesele secundare se aplică pe membrana bazală formând un manșon discontinuu în jurul capilarelor glomerulare. Prelungirile podocitare ale unei celule se întrepătrund cu prelungirile podocitelor vecine de-a lungul aceluiași capilar. Între procesele secundare care învelesc membrana bazală, rămâne un spațiu de circa 25 nm numit "**fanta de filtrare**" prin care se filtrează urina primară din capilarul glomerular.

Un podocit trimite prelungiri și ia contact cu mai multe capilare învecinate. Între corpul podocitelor, prelungirile podocitare și membrana bazală a capilarului se formează un spațiu denumit **spațiu subpodocitar sau labirint subpodocitar** prin care trece urina primară. Din spațiul labirintic subpodocitar, urina primară trece în camera glomerulară, iar de aici în tubul nefronului.



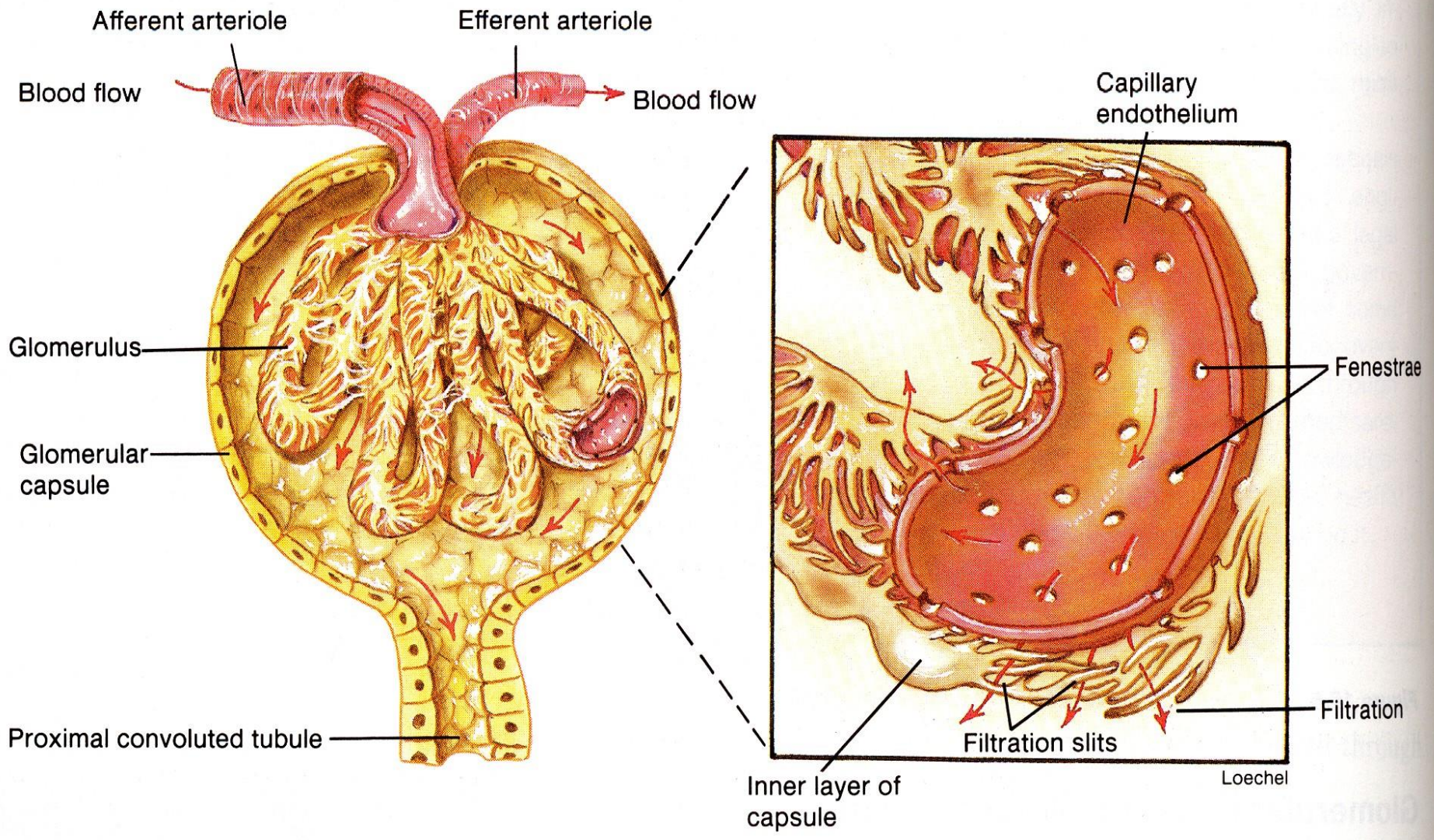


Membrana filtrantă a urinei primare

La nivelul corpusculului renal Malpighi se formează urina primară, care reprezintă un ultrafiltrat plasmatic. În 24 de ore se produc aproximativ 180 de litri de urină primară. Plasma sanguină, pentru a forma urina primară prezentă în camera glomerulară, va străbate următoarele structuri histologice, care formează membrana filtrantă a urinei primare:

- endoteliul fenestrat al capilarului glomerular;
- membrana bazală a capilarului fuzionată cu membrana bazală a foiței interne a capsulei Bowmann;
- fantele de filtrare dintre prelungirile podocitare;
- spațiul labirintic subpodocitar.

Principala structură filtrantă a plasmei este formată de membranele bazale fuzionate.



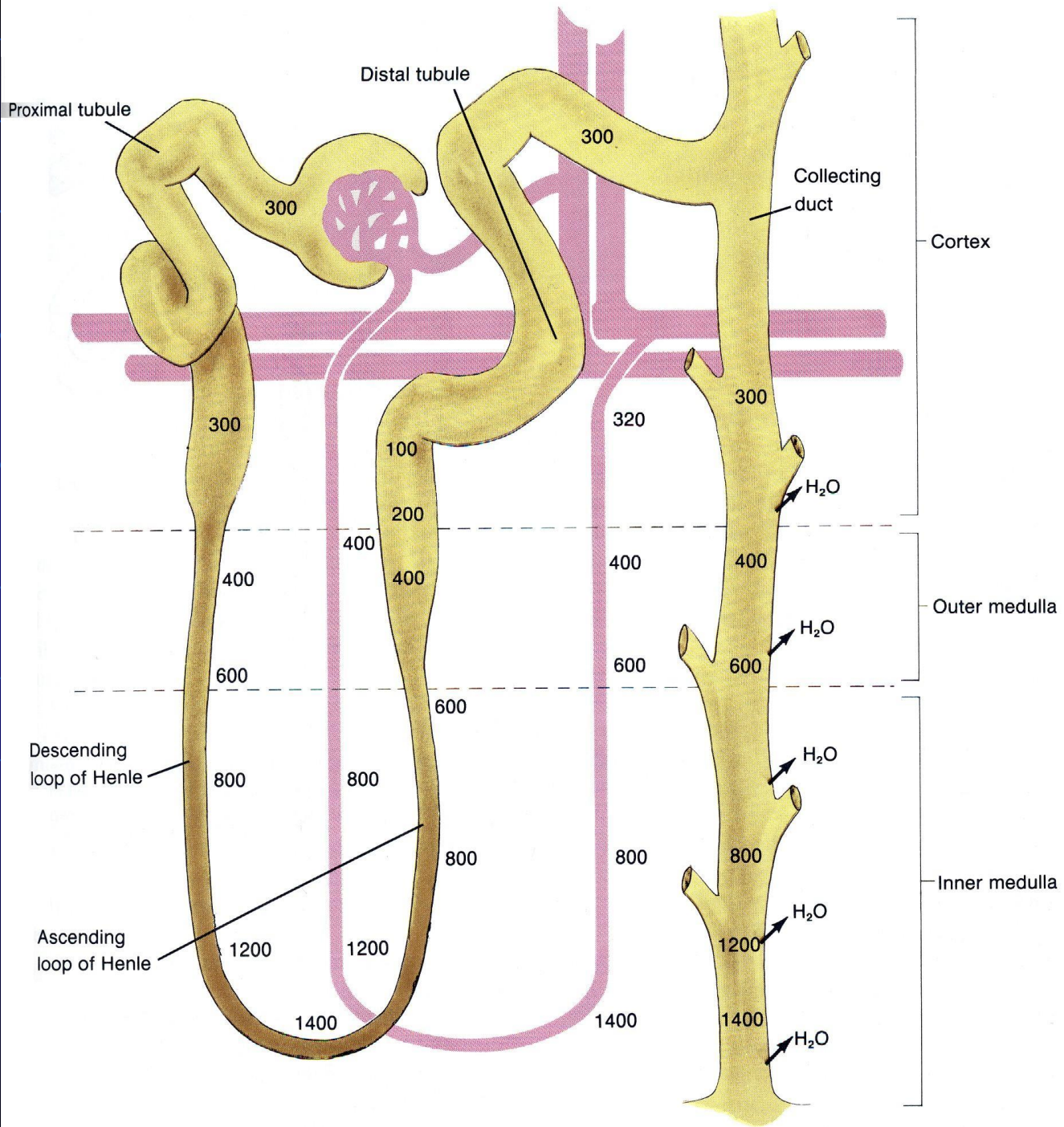
II. Tubul urinifer continuă corpusul renal și este format din trei segmente:

- tubul contort proximal;
- ansa lui Henle;
- tubul contort distal.

Tubul contort proximal continuă foiața externă a capsulei Bowmann; el începe la polul urinar al corpusculului Malpighi și prezintă trei porțiuni sau segmente: S_1 ; S_2 ; S_3 .

Segmentul S_1 prezintă un traiect foarte sinuos (partea conturnată) și se dispune în jurul corpusculului renal Malpighi; segmentul S_2 reprezintă porțiune terminală a părții conturnate, iar segmentul S_3 (tubul lui Schachowa) reprezintă porțiunea rectilie a tubului contort proximal și face legătura cu ansa lui Henle.

Tubul contort proximal are o lungime de circa 12-14 mm și un diametru de 50-65 μm . El este alcătuit dintr-un singur rând de celule piramidale, numite **nefrocite**, de circa 20 μm înălțime, care delimitează un lumen îngust și stelat.



Nefrocitele sunt dispuse pe o membrană bazală continuă care reprezintă o prelungire a membranei bazale a foii externe a capsulei Bowman. Ele posedă diferențieri citoplasmice apicale, laterale și bazale, care le conferă caractere particulare. La polul apical celulele prezintă **microvilozități** lungi de circa 1-1,5 μm și cu grosimea de circa 40-80 nm constituind "**marginea în perie**", evidentă în microscopia optică. Fețele laterale ale nefrocitelor prezintă numeroase interdigitații care-i conferă celulei un contur festonat în secțiune transversală. Tot pe fețele laterale nefrocitele prezintă numeroase complexe joncționale: zonule ocludens, zonule adherens și desmozomi, care asigură coeziunea celulelor și impermeabilitatea epiteliului. La polul bazal membrana nefrocitelor prezintă invaginații profunde și neregulate, care se intrică cu ale celulelor vecine, alcătuind "**labirintul bazal**" al lui **Ruska**.

Nefrocitele au citoplasma abundentă, acidofilă, bogată în organite citoplasmice și sisteme enzimatic. Mitocondriile sunt organitele citoplasmice cele mai numeroase; ele sunt răspândite neuniform în citoplasmă. La polul bazal al celulei există mitocondrii voluminoase, alungite, dispuse în axul lung al celulei, printre repliurile plasmalemei, constituind ceea ce s-a descris în microscopia optică sub numele de "**bastonașele lui Heidenhaim**". Aparatul reticular Golgi este bine dezvoltat și este dispus supranuclear. Reticulul endoplasmic neted și rugos, ribozomii, lizozomii și peroxizomii nu au o repartitie preferențială în celulă. În citoplasmă s-au evidențiat numeroase vezicule și vacuole, mai numeroase spre polul apical al celulei, reprezentând substanțe proteice endocitate de celulă, incluzii de glicogen și vacuole cu lipide.

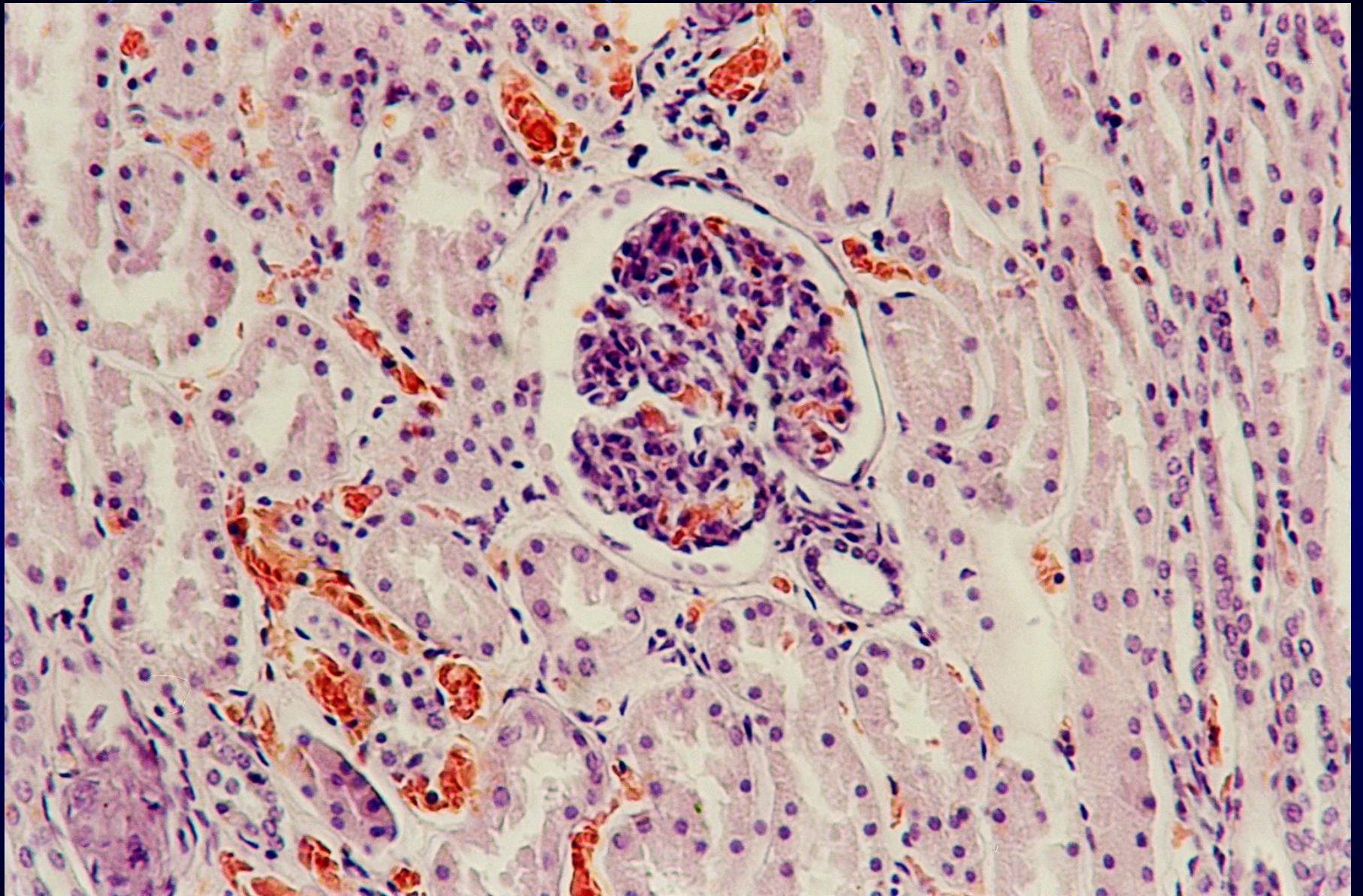
Ansa Henle continuă brusc tubul contort proximal. Ea este formată din două porțiuni (ramuri, brațe), **descendentă** și, respectiv, **ascendentă**, de lungimi diferite, după poziția corpusculului Malpighi în corticală. Astfel, nefronii care au corpusculul Malpighi situat juxta-medular prezintă o ansă Henle lungă care coboară la diferite niveluri în medulara renală (piramidele Malpighi), pe când corpusculi Malpighi situați în corticala profundă sau superficială prezintă o ansă Henle scurtă, care nu pătrunde în medulara renală.

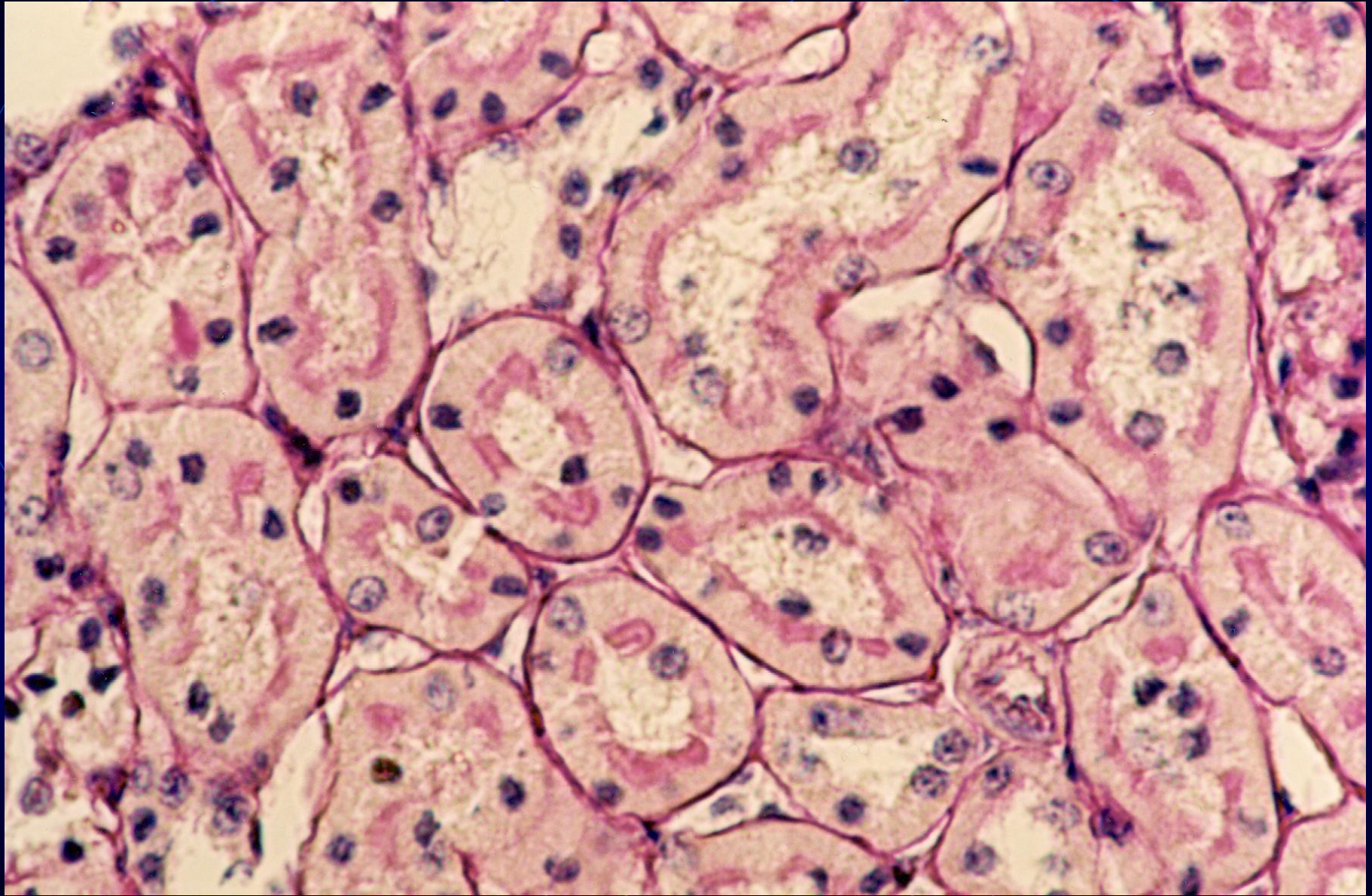
Porțiunea descendentă a ansei Henle prezintă un diametru redus (15 μm), iar peretele este format din celule aplatizate, endoteliforme așezate pe o membrană bazală. Celulele epiteliale prezintă un nucleu ovalar, citoplasmă redusă și puține organite intracitoplasmatiche. Celulele se ancorează între ele prin complexe joncționale și prin interdigitații.

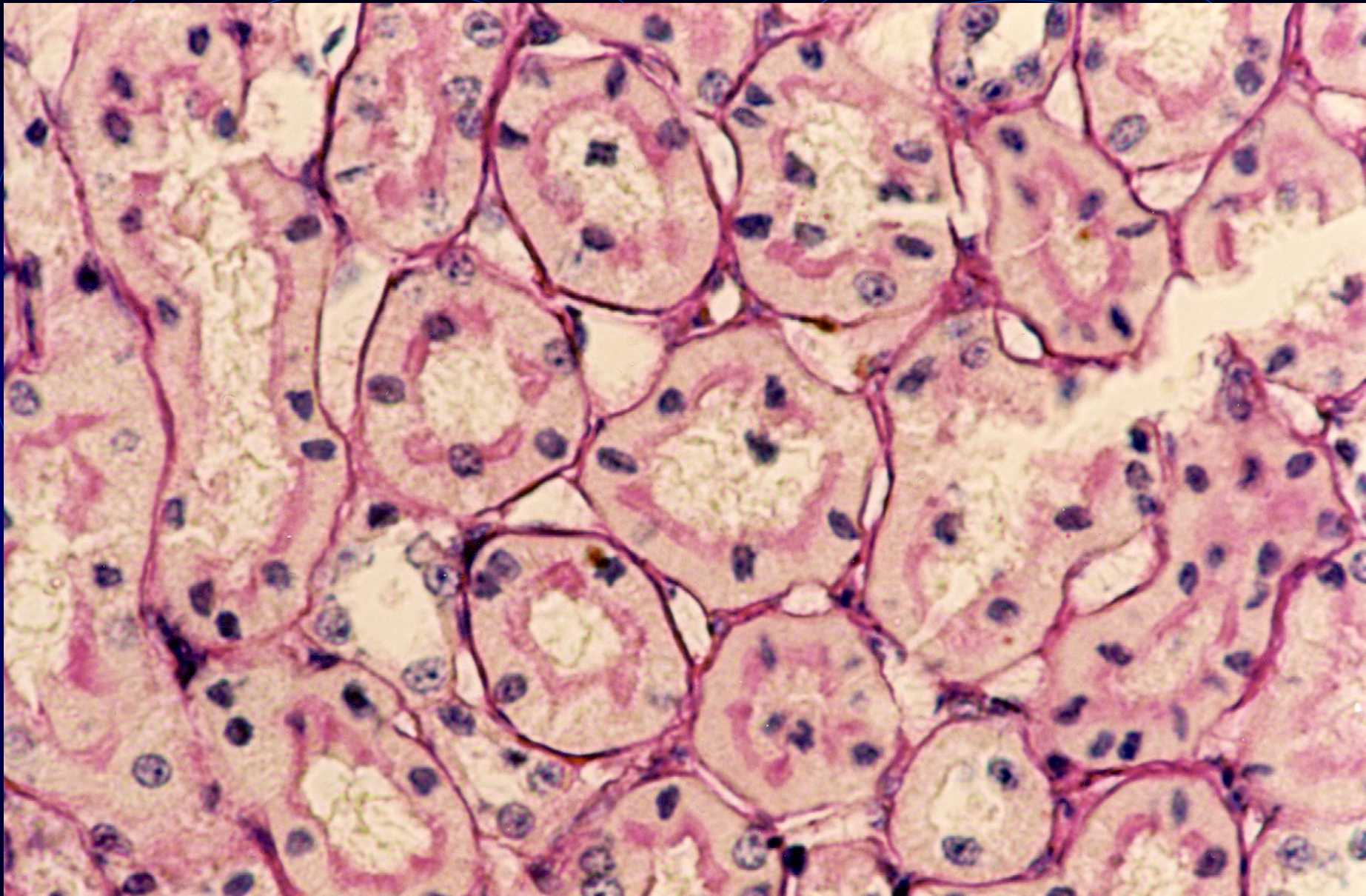
Porțiunea ascendentă, mai scurtă, prezintă un lumen mai larg (30 μm), iar peretele său este format din celule cubice așezate pe o membrană bazală. Celulele prezintă pe fețele laterale numeroase interdigitații și complexe joncționale. Polul apical este lipsit de microvili. Citoplasma este abundentă, acidofilă, iar nucleul este rotund, normocrom situat central.

Tubul contort distal continuă, în corticala renală, partea ascendentă a ansei Henle. El prezintă un diametru mediu de circa 40 μm și un traiect sinuos în jurul corpusculului Malpighi propriu, după care se îndreptă spre tubul colector al unei piramide Ferrein. Tubul contort distal este mai scurt decât tubul contort proximal, iar peretele său este format dintr-un singur rând de celule cubice sau cubico-cilindrice jonctionate între ele prin interdigitații și complexe jonctionale. Lumenul său este mult mai larg decât al tubului contort proximal.

Celulele epitelului din tubul contort distal prezintă o citoplasmă abundentă, acidofilă, dar mai săracă în organite decât celulele tubului contort proximal, ceea ce-i conferă un aspect mai clar în colorațiile histologice uzuale. Celulele prezintă la polul apical **microvili scurți și rari**. Plasmalema polului bazal prezintă numeroase invaginații și prelungiri pseudopodice spre membrana bazală, care se intrică cu prelungirile celulelor vecine creând un spațiu labirintic între plasmalemă și membrana bazală.







CLASIFICAREA NEFRONILOR

Nefronii sunt situați în diferite zone ale corticalei renale. Dacă corpusculul renal Malpighi prezintă aceleași dimensiuni, în schimb, ansa Henle poate fi mai lungă sau mai scurtă. După lungimea ansei Henle există două tipuri de nefroni:

- **nefroni cu ansa Henle scurtă;**
- **nefroni cu ansă Henle lungă.**

Nefronii cu ansă Henle scurtă au glomerulul situat în 2/3 externe ale corticalei renale. Ansa Henle este scurtă și pătrunde în piramida Ferrein. Capacitatea lor de reabsorbție a apei și sodiului este redusă, motiv pentru care se mai numesc și "nefroni care pierd sarea".

Nefronii cu ansă lungă au glomerulul situat în corticala profundă, juxtamedular. Ansa Henle este lungă, ea coborând la diverse niveluri în structura piramidelor Malpighi. Datorită capacității crescute de a reabsorbi sodiul, acești nefroni se mai numesc și "nefroni care rețin sarea"

De fapt, există numeroase variante între cele două tipuri principale de anse Henle. Se pare că nefronii cu ansă scurtă sunt de 7 ori mai numeroși decât nefronii cu ansă lungă.

TUBII COLECTORI

Tubii contorți distali, segmentele terminale ale nefronilor, sunt racordați la un sistem tubular, cunoscut sub numele de tubii colectori, care reprezintă **căile urinare intrarenale**. Aceste căi urinare conduc "urina definitivă" de la nefroni la căile urinare extrarenale.

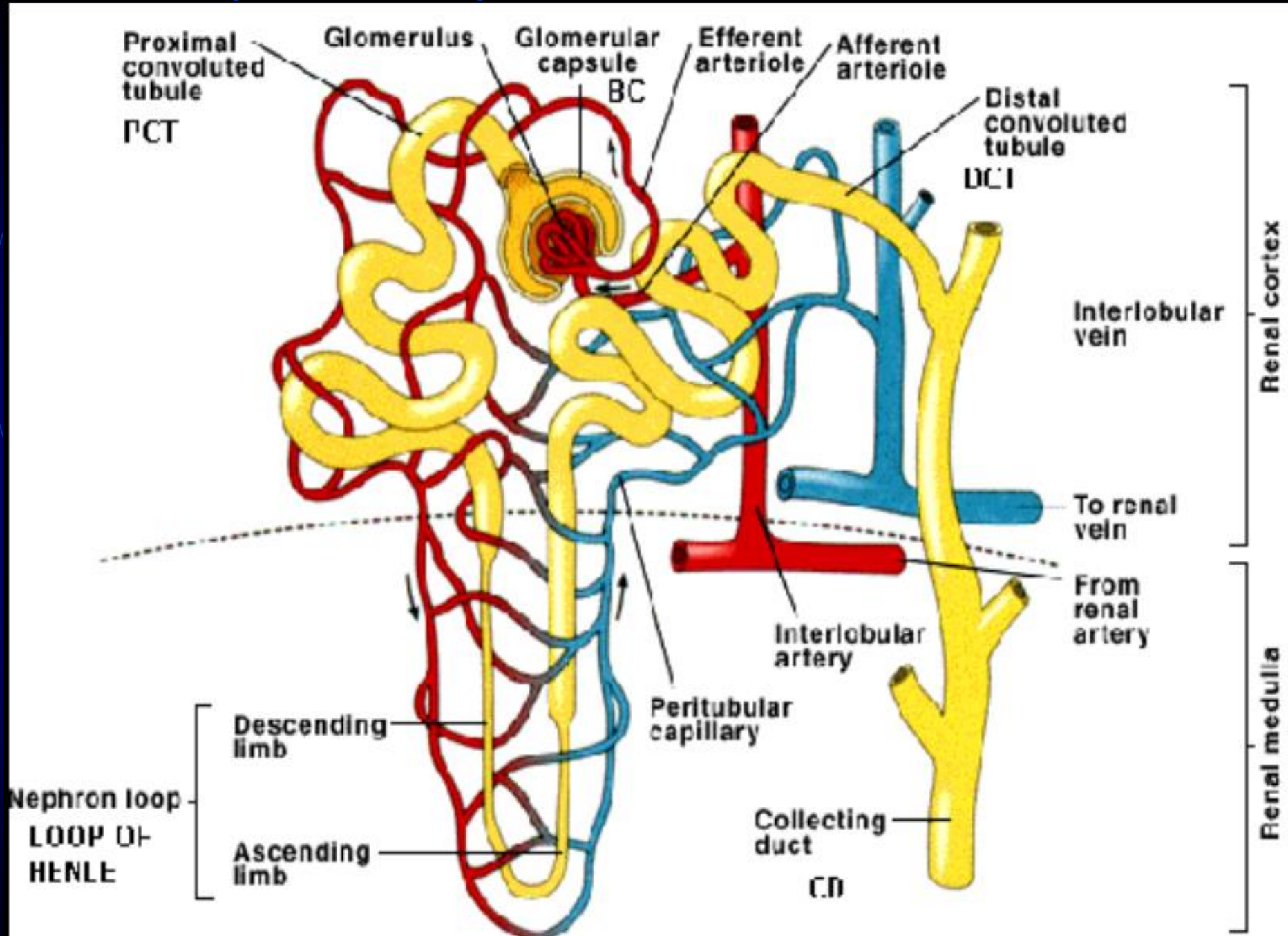
Tubii colectori sunt reprezentați de:

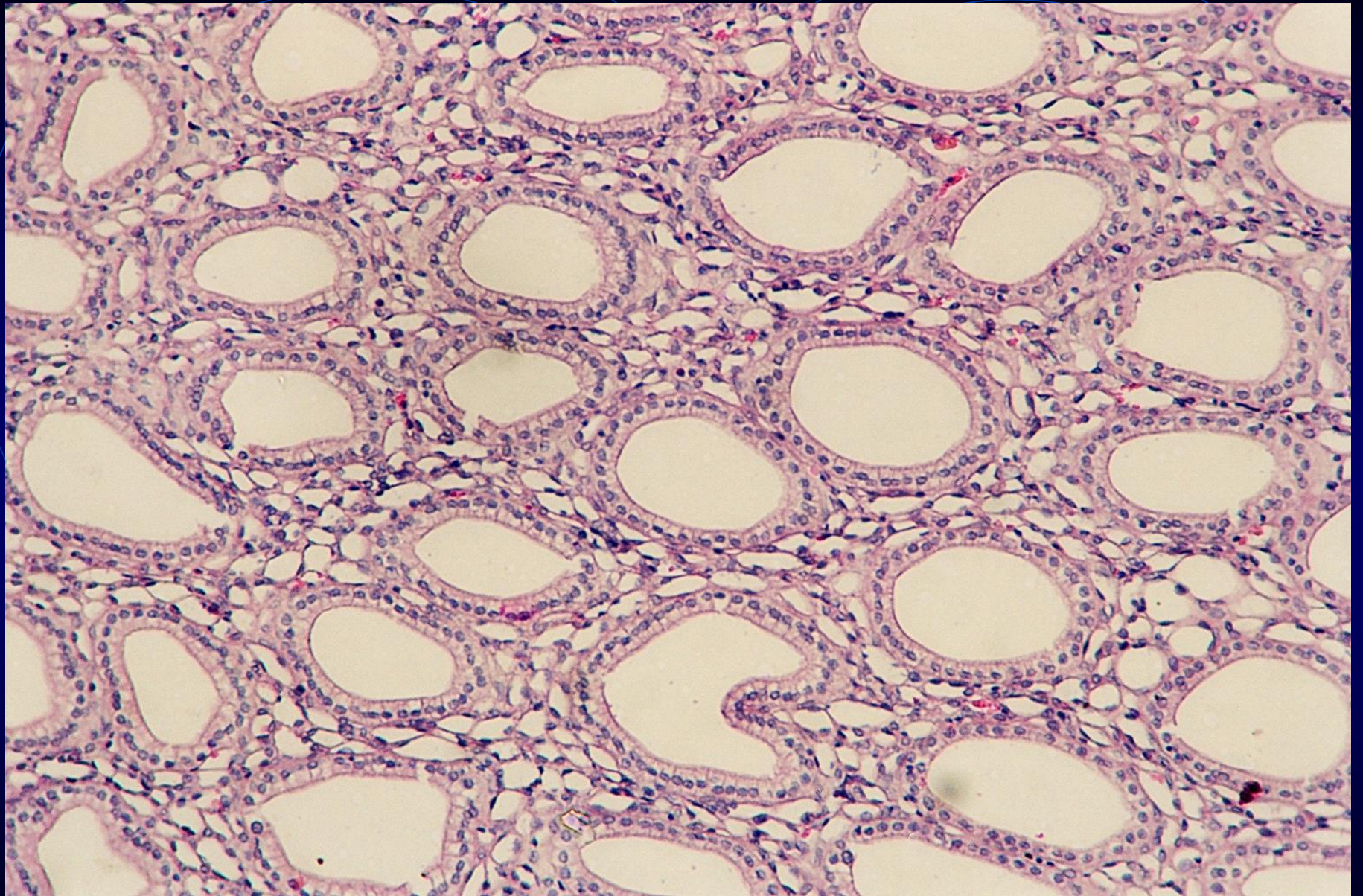
- canalele colectoare;
- tubii dreți Bellini;
- canalele papilare.

Canalele colectoare sunt situate la nivelul piramidelor Ferrein. Fiecare canal colector primește urina de la mai mulți nefroni, prin tubii contorți distali. Ele au un triect rectiliniu și convergent spre piramidele renale Malpighi, unde se continuă cu tubii dreți Bellini, iar acestea cu canalele papilare ce se deschid în calicele minore, la nivelul ariei ciuruite a papilelor renale.

Tubii colectori, pe măsură ce se îndreptă spre papilele renale, confluează, rezultând tubi de calibru din ce în ce mai mare. Astfel, canalele colectoare au diametru de circa 30-50 μm și lungimea variabilă de la câteva sute de microni la câțiva mm; **tubii dreți Bellini** au un diametru de circa 80-100 μm , iar **canalele papilare** ajung la un diametru de aproximativ 150 - 200 μm . Dacă la baza unei piramide renale Malpighi există între 4000 și 6000 de canale colectoare, la vârful piramidei există numai 15-20 de canale papilare.

Peretele tubilor colectori este structurat dintr-un epiteliu cubic simplu, asezat pe o membrană bazală continuă. Celulele prezintă o citoplasmă slab acidofilă, cu nucleul rotund situat central, normocrom. Organitele citoplasmatiche sunt reduse cantitativ. La polul apical pot exista vacuole de endocitoză. Plasmalema polului apical poate prezenta câțiva microvili scurți, iar plasmalema polului bazal prezintă numeroase repliuri de dimensiuni reduse. Celulele se ancorează între ele prin numeroase complexe jonționale.





APARATUL JUXTAGLOMERULAR

Aparatul juxtaglomerular, prezent în apropierea polului vascular al corpusculului renal Malpighi, este format din celule prezente în tunica medie a arteriolei aferente (**celule granulare**), în peretele tubului contort distal (**macula densa**) și în triunghiul format de arteriola aferentă, arteriola eferentă și tubul contort distal (**lacisul**). Aceste structuri histologice conțin celule care au căpătat proprietăți secretorii prezentând în citoplasmă numeroase **granule de secreție**.

Celulele granulare. În apropierea glomerulului renal, arteriola aferentă pierde limitanta elastică internă, iar celulele musculare (miocitele) din tunica medie capătă un aspect rotunjit. Aceste celule, numite **celulele mioepiteloide** ale lui Ruyters, prezintă atât caractere contractile cât și caractere secretorii. Ele sunt separate de endoteliul arteriolar numai de membrana bazală a acestuia. Citoplama este abundentă și conține cantități mari de organele celulare precum și **granule de secreție** de natură glicoproteică, PAS-pozitive, rotunde sau ovalare, cu diametrul de circa 10-40 nm, înconjurată de o membrană. Granulele de secreție conțin **renină**, substanță organică implicată în menținerea presiunii sanguine și a volumului plasmatic. Scăderea presiunii sanguine în arteriola aferentă este urmată de eliberarea în plasmă a reninei care acționează asupra angiotensinogenului plasmatic, pe care-l transformă în angiotensină I; angiotensina I este convertită enzimatic (mai ales la nivelul celulelor endoteliale din plămân) în angiotensină II, care produce creșterea presiunii sanguine prin contracția fibrelor musculare netede din pereții arteriolelor. De asemenea, angiotensina II stimulează secreția de aldosteron la nivelul corticosuprarenalei.

Macula densa este formată de o parte din celulele tubului contort distal. În apropierea polului vascular al glomerulului, pe o distanță de circa 50 μm , celulele tubului contort distal, în contact cu peretele arteriolei aferente, devin înalte, cilindrice, cu dispunere palisadică. În citoplasmă se găsesc numeroase organite comune (în special ARG dispus spre polul bazal), microfilamente și granule de secreție. Aceste granule conțin **renină**. Celulele din macula densa sunt sensibile la concentrația ionului de Na^+ din lumenul tubului contort distal. Scăderea presiunii sanguine determină reducerea ratei de filtrare glomerulară și deci, o cantitate mai mică de sodiu la nivelul tubului contort distal. Această stare determină sinteza și eliberarea în plasmă a unor cantități crescute de renină de către celulele din macula densa care, prin creșterea presiunii vasculare, va determina o creștere a ratei de filtrare la nivelul glomerulului renal.

Lacisul este format din celule dispuse în triunghiul format de arteriola aferentă, arteriola eferentă și tubul contort distal. Aceste celule comunică cu celulele mezangiale la nivelul polului vascular al corpusculului renal Malpighi. Sunt celule alungite, cu prelungiri, dispuse în grămezi, înconjurată de o membrană bazală. Citoplasma este săracă în organite, conține microfilamente și granule de secreție. Nucleul este ovalar situat central. Celulele sunt legate între ele, dar și cu unele celule mezangiale intraglomerulare prin numeroase joncțiuni de tip "gap".

Celulele lacisului secretă **renină** și **eritropoietină**. Reducerea cantității de oxigen din arteriola aferentă determină producerea și eliberare în plasmă a eritropoietinei care stimulează eritropoieza la nivelul maduvei hematogene.

Studii de imunohistochimie din ultimii ani au demonstrat ca celulele aparatului juxtaglomerular sunt capabile să sintetizeze **prostaglandine** și **kalikreină** (cu rol vasoactiv și natriuretic).

Repartizarea topografică a elementelor parenchimului renal

Elementele parenchimului renal sunt distribuite neuniform atât în corticală cât și în medulară.

- în cortex corticis se nu se găsesc decât tubi contorți distali;
- în labirint și coloanele Bertin se găsesc corpusculi renali Malpighi, tubi contorți proximali și tubi contorți distali.
- în piramidele Ferrein se găsesc anse Henle (porțiune descendentă și ascendentă) și unele canale colectoare.
- în piramidele Malpighi se găsesc anse Henle (porțiune descendentă și ascendentă), canale colectoare, tubii Belinii și canalele papilare.

STROMA RINICHIULUI

Rinichiul este învelit la exterior de o capsulă conjunctivă fină, formată din țesut conjunctiv dens fibros. Din capsula renală se desprind septuri conjunctive fine care se distribuie printre elementele parenchimului renal. La nivelul hilului renal acest țesut conjunctiv este mai abundent. Pe această cale pătrund la nivelul hilului vasele de sânge care iriga rinichiul, precum și nervii acestuia.

Printre elementele parenchimului se găsește o cantitate mică de țesut conjunctiv lax interstițial, perivascular și peritubular. Acest țesut interstițial este ceva mai abundent la nivelul medularei renale.

Căile urinare extrarenale

Sunt formate din: calice, bazinet, ureter, vezică urinară și uretră.

Căile urinare extrarenale sunt organe tubulare care prezintă un plan de organizare comun. Pornind de la interior spre exterior, peretele lor este format din trei structuri histologice: **mucoasa**, **musculara** și **adventicea**.

Mucoasa urinară este formată dintr-un epiteliu stratificat de tip paramalpighian, așezat pe o membrană bazală subțire și un corion.

Epiteliul care tapetează căile urinare extrarenale este un epiteliu cu o structură specială, numit **uroteliu** sau **epiteliu de tranziție**. El este un epiteliu pavimentos stratificat alcătuit din trei straturi: bazal, intermediar, superficial.

Stratul bazal, în contact cu membrana bazală, este alcătuit dintr-un singur rând de celule cubice sau cubico-cilindrice. Celulele stratului bazal prezintă o cantitate redusă de citoplasmă, iar nucleul este rotund, normocrom, situat central.

Stratul intermediar, variabil ca grosime în funcție de starea de tensiune a mucoasei, este format din câteva rânduri de celule polimorfe (rotunde, alungite, poliedrice, cubice, în rachetă de tenis etc.). De aceea stratul intermediar este numit și stratul polimorf.

Stratul superficial este format dintr-un singur rând de celule voluminoase, lățite, cu unul sau doi nuclei hipocromi, cu citoplasma bine reprezentată, mai clară, celule care acoperă două sau trei celule din stratul subjacent, motiv pentru care se numesc celule **umbeliforme**. Celulele stratului superficial prezintă o îngroșare a membranei celulare denumită **cuticulă**, cu rol de barieră, care împiedică trecerea unor substanțe nocive din lumenul căilor urinare în țesutul conjunctiv subjacent și, de aici, în sânge.

(Autorii francezi susțin că uroteliul este un epiteliu **pseudostratificat polimorf**, deoarece toate celulele prezintă prelungiri fine prin care se ancorează în structura membranei bazale)

Corionul mucoasei urinare este un corion aglandular; el este format din țesut conjunctiv bogat în vase sanguine, vase limfatice și filete nervoase. Fibrele colagene și elastice sunt astfel aranjate și organizate încât conferă o mare elasticitate și plasticitate mucoasei.

Musculara este formată din fibre musculare netede organizate în straturi sau fascicule. Această structură este bine dezvoltată în porțiunea terminală a căilor urinare extrarenale.

Adventicea este formată din țesut conjunctiv lax, bogat în fibre elastice și de reticulină. La persoanele adulte sau supraponderale în adventice se găsesc numeroase adipocite organizate în lobuli adipoși. De asemenea adventicea conține numeroase vase de sânge, vase limfatice și filete nervoase.

Pe lângă aceste caractere comune, fiecare organ prezintă particularități structurale în raport cu funcțiile pe care le îndeplinește.

Calicele și bazinetul au o mucoasă subțire. Corionul este format din țesut conjunctiv dens neordonat în care se găsesc rare infiltrații limfoide. Tunica musculară conține fibre musculare netede cu orientare preponderent circulară și fibre conjunctive (elastice și de colagen) răspândite printre fibrele musculare. Adventicea este subțire și se continuă cu țesutul conjunctiv prezent în hilul rinichiului.

Fiecare piramidă renală Malpighi se deschide într-un calice minor. Calicele minore sunt cavități conice cu baza spre periferie și vârful spre hilul renal. Ele se deschid în 2-3 calice majore care prin confluare formează bazinetul.

Ureterul este un conduct lung de 25-30 cm ce coboară pe peretele posterior al abdomenului, retroperitoneal, spre vezica urinară. Lumenul său este stelat datorită prezenței a patru pliuri longitudinale care-i reduc lumenul. Mucoasa are un uroteliu mai gros decât la calice și bazinet, dar mai subțire decât la vezica urinară. Corionul este format din țesut conjunctiv lax cu numeroase infiltrații limfoide.

Tunica musculară este mai dezvoltată decât la calice fiind formată din fibre musculare aranjate în două planuri (intern longitudinal și extern transversal) în 1/3 superioară și trei planuri (longitudinal extern și intern și un plan mijlociu cu fibre circulare) în 2/3 inferioare. Printre fibrele musculare se găsesc numeroase fibre elastice și fibre de colagen.

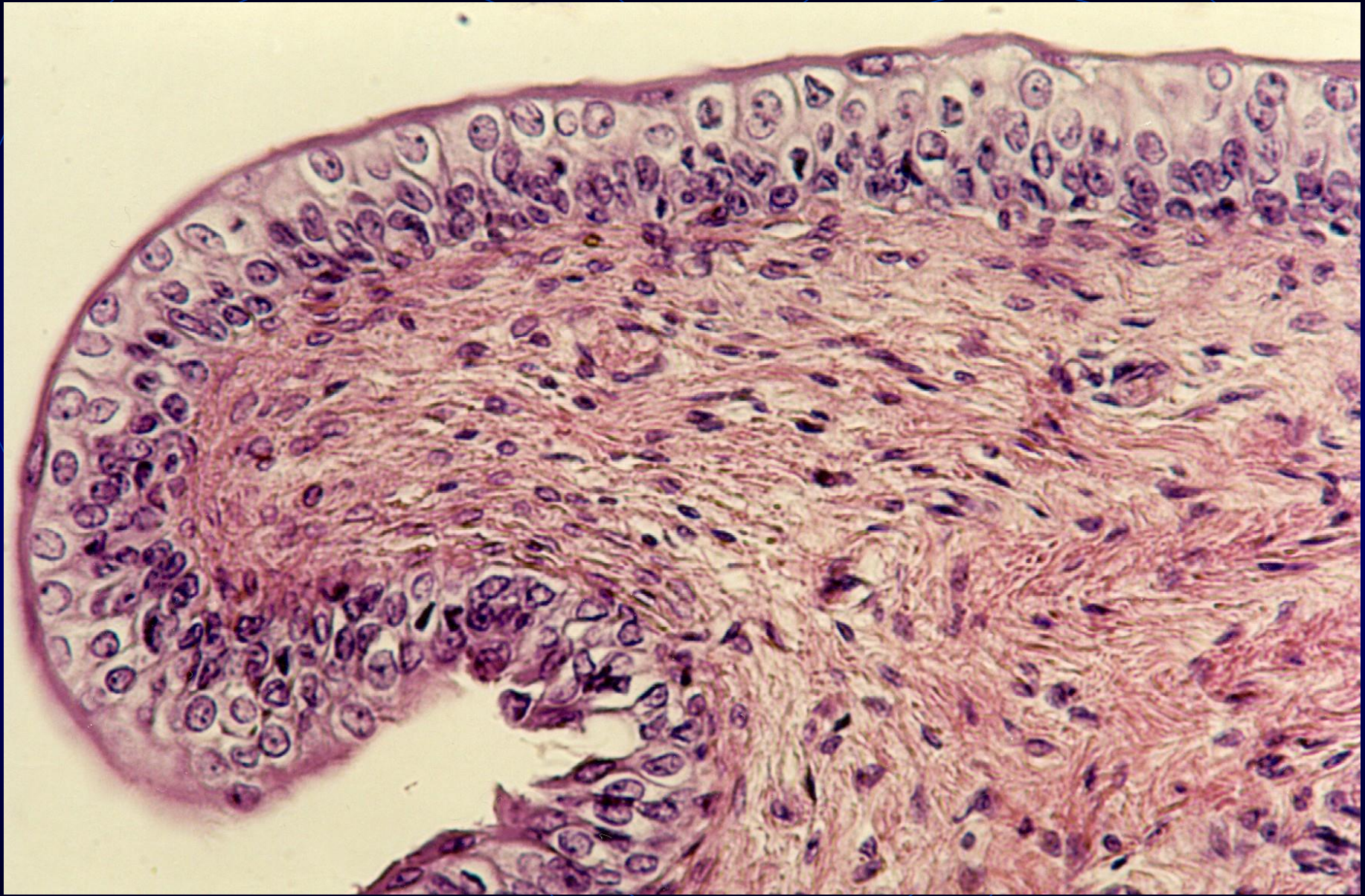
Adventicea este formată din țesut conjunctiv lax care fixează ureterul de peritoneu și planul posterior al abdomenului.

Vezica urinară prezintă o mucoasă groasă cu numeroase pliuri și depresiuni, când organul este în stare de vacuitate. La nivelul trigonului vezical (zonă delimitată de orificiile de deschidere a ureterelor și uretră), mucoasa vezicii urinare este netedă. Corionul mucoasei este bine dezvoltat, bogat în fibre elastice și de colagen cu dispunere neordonată, formând un "corion de rezistență". Cu excepția trigonului vezical unde pot fi găsite câteva glande, corionul este și la acest nivel aglandular. Tunica musculară este foarte groasă. Ea este formată din fibre musculare netede dispuse în fascicule. După orientarea de ansamblu a fasciculelor se disting trei straturi:

- stratul intern cu dispunere longitudinală;
- stratul mijlociu, cel mai dezvoltat cu dispunere plexiformă;
- stratul extern cu dispunere longitudinală.

Între fasciculele de fibre musculare se găsește o cantitate variabilă de țesut conjunctiv, bogat în fibre elastice, fibre de colagen și vase sanguine. De asemenea, în structura mușchiului vezical există numeroase terminații nervoase simpatice și parasimpatice, cu efect antagonic asupra musculaturii.

Adventicea este constituită din țesut conjunctiv lax în care se găsesc numeroase adipocite. Pe fața superioară a vezicii adventicea este înlocuită de seroasa peritoneală.



Uretra prezintă particularități structurale în funcție de sex.

Uretra masculină are o funcție dublă: este cale pentru eliminare urinii și, în același timp, o cale pentru vehicularea lichidului spermatic. Ea este formată din trei segmente:

- **uretra prostatică** - prima porțiune cu lungimea de circa 3 cm; străbate glanda prostatică;
- **uretra membranoasă** - cu lungimea de circa 1 cm situată în grosimea perineului;
- **uretra spongioasă** - cu lungimea de 12-13 cm situată în grosimea corpului spongios al penisului.

Mucoasa uretrei este formată dintr-un epiteliu de tip paramalpighian în porțiunile prostatică și membranoasă și dintr-un epiteliu cilindric stratificat în porțiunea spongioasă. La nivelul meatului urinar epiteliul cilindric stratificat este înlocuit progresiv cu un epiteliu de tip pavimentos stratificat fără keratinizare.

Mucoasa, în ansamblul său, este neregulată prezentând numeroase depresiuni cunoscute sub numele de **lacunele lui Morgagni** și mici glande mucoase intraepiteliale sau extraepiteliale. Glandele extraepiteliale, numite **glandele lui Littre**, sunt glande tubulare ramificate, muco-seroase.

Musculara este formată din două straturi de fibre musculare netede: unul intern cu dispoziție longitudinală și altul extern, cu dispoziție circulară.

Uretra feminină este rectilinie și are o lungime de circa 4 cm. Mucoasa uretrei este formată dintr-un epiteliu de tranziție în porțiunea inițială și de tip malpighian nekeratinizat în rest. Corionul este redus cantitativ și nu conține glande. În afara mucoasei uretra prezintă o tunică musculară formată din fibre musculare netede dispuse în două planuri: un plan longitudinal - intern și un plan circular - extern. Adventicea se continuă cu țesutul conjunctiv periuretral.

HISTOFIZIOLOGIE.

Urina este un mediu lichidian prin care organismul elimină un mare număr de "deșeuri" metabolice. De asemenea, prin eliminarea unor metaboliți prin urină, rinichiul participă la menținerea echilibrului hidro-electrolitic și acidobazic al organismului.

La **formarea urinei** participă trei procese renale:

- filtrarea glomerulară;
- reabsorbția tubulară;
- secreția tubulară.

Filtrarea glomerulară are loc la nivelul corpusculului reanal Malpighi, unde, o parte din plasma sanguină străbate membrana filtrantă a urinei primare (endoteliul capilar fenestrat, membranele bazale fuzionate, fantele de filtrare și labirinctul subpodocitar) și ajunge în cavitatea corpusculului Malpighi formând urina primară. În 24 de ore în rinichi se formează circa 180 l de urină primară.

Filtrarea glomerulară este un fenomen pasiv și depinde în mare parte de compoziția chimică a plasmii și de starea membranei filtrante. În mod normal, urina primară are o compoziție biochimică asemănătoare plasmii, dar lipsesc proteinele cu greutatea moleculară mai mare de 68.000 de daltoni care nu străbat membrana filtrantă. Urmare a procesului de filtrare, urina primară conține glucoză, aminoacizi, peptide, acizi grași liberi, ioni, uree, creatinină, acid uric, etc.

Reabsorbția tubulară are loc la nivelul tubului nefronului. Ea se desfășoară sub control hormonal și este însoțită de fenomene de secreție tubulară, ceea ce face ca eliminările urinare să fie adaptate permanent la nevoile organismului.

La nivelul tubului contort proximal se reabsorb cele mai multe substanțe datorită prezenței microvililor la polul apical și a invaginațiilor membranei plasmatică de la polul bazal, elemente ultrastructurale care măresc foarte mult suprafațele de schimb. Astfel, la nivelul tubului contort proximal se absoarbe pasiv circa **85% din apa și Na⁺ filtrat**, datorită diferențelor de gradient electrochimic dintre sodiul intratubular și cel extratubular. Alți ioni sunt, de asemenea, reabsorbiți într-un procent foarte mare: **K⁺ 90%, Ca²⁺ 98%, Mg²⁺ 95%, ionul fosfat 85-90%, ionul bicarbonat 80-85% etc. Tot aici se reabsorb: aminoacizi 99%, glucoză 100%, proteine, acidul uric, etc.**

La nivelul ansei Henle există mai multe procese fiziologice de reabsorbție care crează un **gradient de presiune osmotică cortico-medular**, ce va permite formarea unei urini mai mult sau mai puțin hipertone, în funcție de starea de hidratare a organismului. Ramul descent al ansei Henle este permeabil pentru **apă și Na^+** ; acestea difuzează pasiv din lumenul ansei spre țesutul conjunctiv interstițial. Trecerea apei și ionului de Na^+ este facilitată de prezența în membrana celulară a unor proteine particulare numite **aquaporine** care constituie adevărate canale pentru apă. **(Contribuții importante la descrierea aquaporinelor a avut Prof. univ. dr. Gh. BENGA, UMF. Iuliu Hațieganu Cluj Napoca)**. Ramul ascendent este impermeabil pentru apă, celulele sale fiind lipsite de aquaporine. În schimb, celulele posedă o pompă ionică care absoarbe sodiul din urină și-l elimină în țesutul conjunctiv interstițial. Ca urmare a resorbției ionului de Na^+ , în ramul ascendent al ansei Henle, urina devine hipotonă, în timp ce mediul interstițial este hipertonic (1 200 mOsm/l).

La nivelul tubului contort distal, **aldosteronul** secretat de corticosuprarenală, acționează asupra unei pompe de $\text{Na}^+\text{-K}^+$ determinând absorbția ionului de Na^+ și excreția ionului de K^+ . (Acțiunea aldosteronului este reglată de sistemul renină-angiotensină-aldosteron).

Tubii colectori și tubii Bellini sunt în relație directă cu mediul interstițial hipertonic. Permeabilitatea lor pentru apă este asigurată de prezența aquaporinelor, precum și de acțiunea hormonului antidiuretic (**ADH-ul hipotalamo-hipofizar**). Prezența acestui hormon va determina creșterea permeabilității celulelor pentru apă, rezultând o urină hipertonică; absența ADH-ului va duce la eliminarea unor cantități mari de urină hipotonă (specifică diabetului insipid).

Secreția tubulară are loc la nivelul tubului contort proximal și distal. Tubul contort proximal participă și la detoxifierea organismului secretând în lumenul tubului o serie de substanțe medicamentoase, substanțe toxice introduse accidental în organism, săruri biliare, acizi grași, creatinină, acid uric, prostaglandine, catecolamine etc.

La nivelul tubului contort distal se excretă K^+ , H^+ și amoniac, contribuind astfel la menținerea echilibrului acido-bazic.

Secreția endocrină a rinichiului.

Pe lângă funcția excretorie, rinichiul elaborează mai multe substanțe care acționează similar hormonilor elaborați de glandele endocrine. Cea mai cunoscută dintre acestea este **renina**. Ea este sintetizată de celulele mioepiteliale din arteriola aferentă atunci când presiunea sanguină în arteriola aferentă scade. Renina transformă angiotensinogenul sintetizat de ficat în angiotensină I, care, ulterior este transformată enzimatic în angiotensină II, substanță cu efect vasoconstrictor. În plus, renina stimulează eliberarea de aldosteron din celulele corticosuprarenalei, crescând reabsorbția tubulară la nivelul tubului contor distal și tubilor colectori. În acest fel se menține relativ constantă presiunea de filtrare de la nivelul glomerulului renal și presiunea sanguină în ansamblu.

Rinichiul mai sintetizează **eritropoietină** și **prostaglandine** care stimulează procesul de eritropoieză la nivelul măduvei osoase roșii, **kalicreină** care transformă kininogenul în kinine cu rol vasoactiv și natriuretic și **hidroxilează vit. D₃** în 1,25-dihidroxycholecalciferol (forma activă a vit. D), participând la reglarea metabolismului fosfocalcic.