

Kiválasztás

Homeosztázis

- Folytonos változások mellett az organizáció állandóságát létrehozó biológiai jelenség.
- A belső környezet szabályozott stabilitása.
- Megengedett minimális és maximális érték közötti ingadozás.

A belső környezet homeosztázisa magában foglalja a sejtek tápanyag és oxigén ellátását, végtermékként keletkező anyagok elszállítását továbbá a testfolyadékok mennyiségének, ozmotikus nyomásának, ionösszetételének, pH-jának dinamikus állandóságát.

Homeosztázis szabályozása:

A homeosztatikus működés a "normális érték" fenntartása.

Normális érték: egészséges emberek nagyobb csoportjából vett minta számtani átlagértéke.

Normális koncentráció tartomány: 95% valószínűséggel az adott intervallumba esik egy egészséges egyedben mért érték. Egészséges emberekben is csak meghatározott körülmények között.

Dinamikus egyensúly: a környezettel történő állandó anyagkicserélődés miatt az anyagok állandó koncentrációi úgy alakulnak ki, hogy bevitelük és keletkezésük összege megegyezik lebomlásuk és kiürítésük összegével.

Viszonylag hosszabb időszakra vonatkozik, percekre a feltételek nem adottak.

Hibajel: a szabályozandó érték eltér a kívánatostól,

Feladata: Kompenzációs reakció megindítása.

Módja: Negatív visszacsatolások

Negatív visszacsatolás kikapcsolása: stressz reakcióknál (vérnyomás, vércukorszint magas, kompenzáció mégsem indul meg, amíg a vészhelyzet el nem múlik)

Negatív visszacsatolás hibái:

Külső okok: külső környezet részéről szervezetre nehezedő terhelés nagy (vízhiány sivatagban, fizikai megterhelés melegben) kompenzáló mechanizmusok elégtelenek. Ha nem következnek be visszafordíthatatlan folyamatok (idegsejtek, szívizom elhalása) a fiziológiás állapot az extrém körülmények megszűnése után helyreáll.

Belső okok: veleszületett rendellenességek (1-es típusú cukorbetegség)
effektor szerv elégtelen működése

Ionális és ozmotikus egyensúly

- obligát ozmotikus kicserélődés:

fizikai faktoroktól függ, kevésbé szabályozható

bőr, légzőfelület, környezettel érintkező hám felszínén

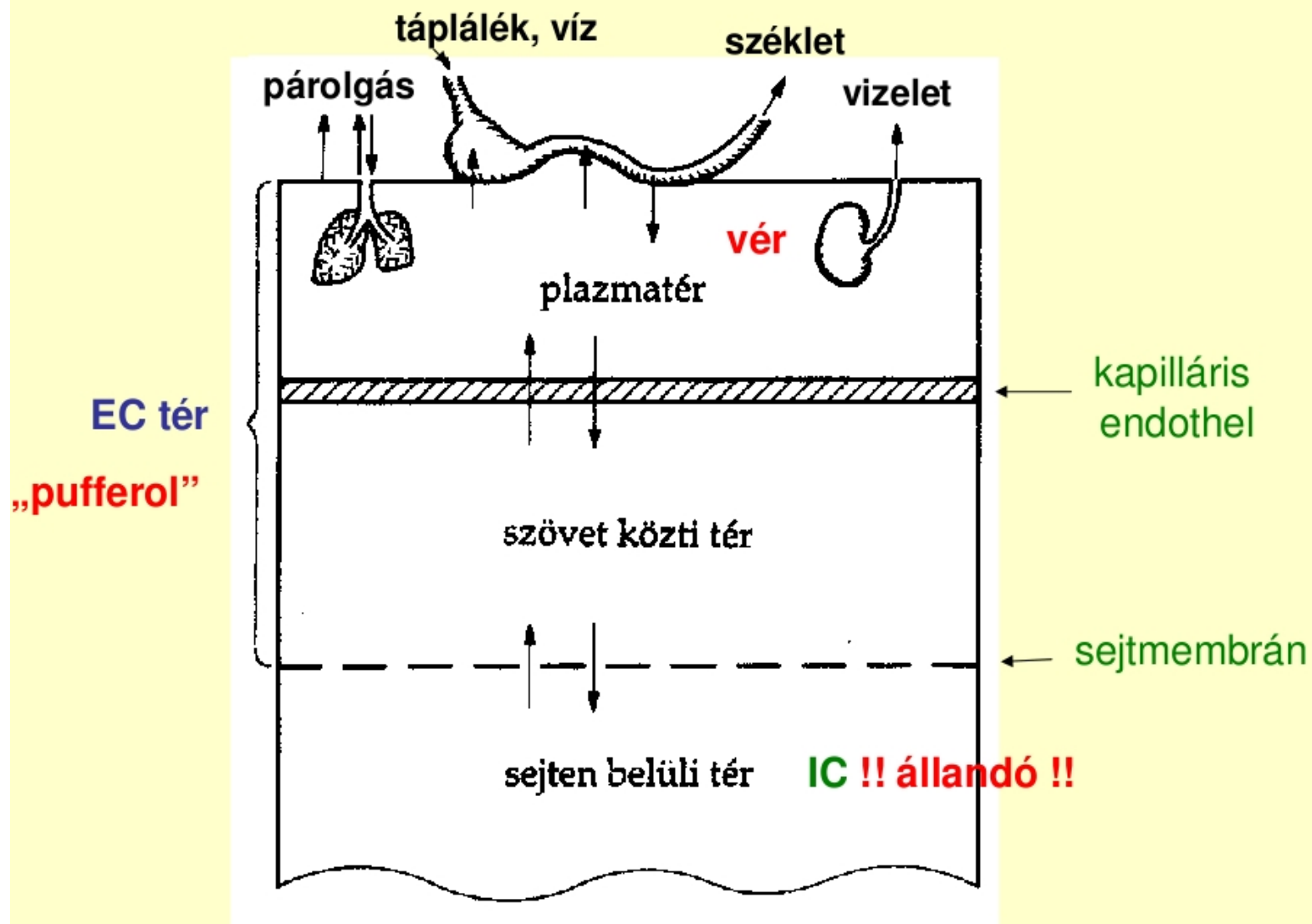
- gradiens
- térfogat/felület arány
- permeabilitás
- táplálkozás, metabolizmus, ürítés
- légzés
- hőmérséklet, munkavégzés

- szabályozott ozmotikus kicserélődés:

kompenzálja az obligát rendszer által okozott eltéréseket

vese

A szervezet folyadékterei



Szervezet folyadék terei:

1) intracelluláris tér:

protoplaszma 80% víz,

fehérje, szénhidrát, lipoid,

fő kationok: K^+ , Mg^{2+}

legtöbb sejtben alacsony Na^+ koncentráció, és igen alacsony szabad Ca^{2+} koncentráció

Ca^{2+} főleg kötött formában (fehérje komplexek)

fő anionok: szerves (ATP, ADP) és szervetlen foszfátok, (HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$)

proteinek

Intracelluláris ionkoncentrációk

Kationok

	<i>vvt</i>	<i>vázizom</i>
Na^+	19 mmol/l	12 mmol/l
K^+	136 mmol/l	150 mmol/l
Ca^{2+}	0,001 mmol/l	0,0001 mmol/l
Mg^{2+}	4 mmol/l	22 mmol/l

Anionok

	<i>vvt</i>	<i>vázizom</i>
Cl^-	78 mmol/l	4 mmol/l
HCO_3^-	18 mmol/l	12 mmol/l
$\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{HPO}_4^{2-}$	2 mmol/l	24 mmol/l

2) extracelluláris víztér:

Magas Na^+ , Cl^- és alacsony K^+ koncentráció, intracelluláris térhez képest magas Ca^{2+} koncentráció

3) **vérnyirok:** (nyílt keringésű állatok) illetve **vér** és **nyirok** (zárt keringésű állatok):

Alakos elemek és vérplazma:

Vérplazma összetétele:

Ionösszetétel hasonlít az extracelluláris térhez: magas Na^+ , Cl^- CO_3^{2-}

alacsony K^+ koncentráció,

magas Ca^{2+} koncentráció.

a felszívódott tápláléknak a szervezetbe való belépési pontja a megtermelt káros anyagcseretermékeknek a szervezetből történő eltávozási pontja

Az extracelluláris folyadéktér (vérplazma) összetétele

Kationok

Na^+ 136-146 mmol/l

K^+ 3,8-5,2 mmol/l

Ca^{2+} (össz) 2,5 mmol/l

Ca^{2+} (ionizált) 1,15-1,25 mmol/l

Mg^{2+} 0,8-1,2 mmol/l

Szerves összetevők

Glükóz 4-5,5 mmol/l

Urea 2,5-6,3 mmol/l

Fehérjék 60-80 g/l

ebből albumin 30-40 g/l

Bilirubin

Anionok

Cl^- 96-106 mmol/l

HCO_3^- 24-28 mmol/l

$\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{HPO}_4^{2-}$ 1-1,4 mmol/l

Cerebrospinalis folyadék:

Choroid plexus termeli

Nyirok funkcióját is ellátja az agyban

Potenciálisan mérgező anyagok eltávolításának legfontosabb módja

Agy mechanikai protekciója

Összetétel: vérplazmához hasonló: alacsonyabb protein, glükóz, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} tartalom,
azonos Na^+ ,
magasabb Cl^- .

Szűrlet

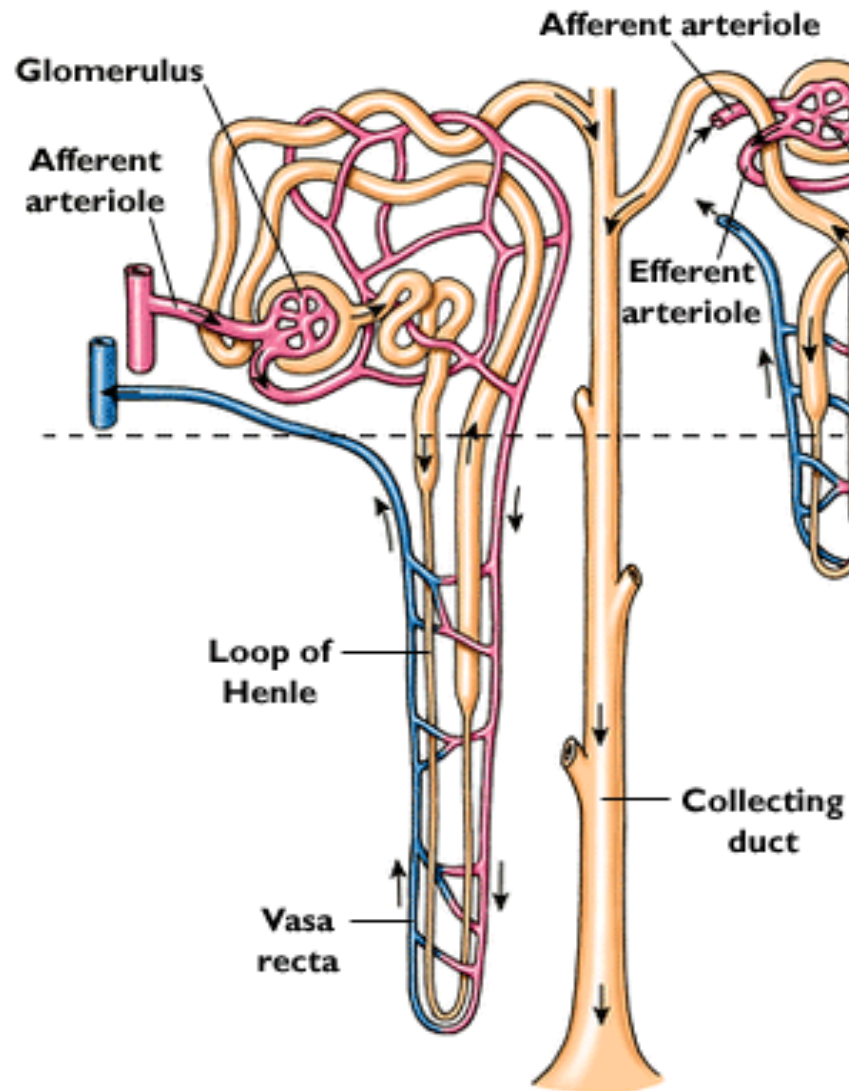
Vizelet

Vese

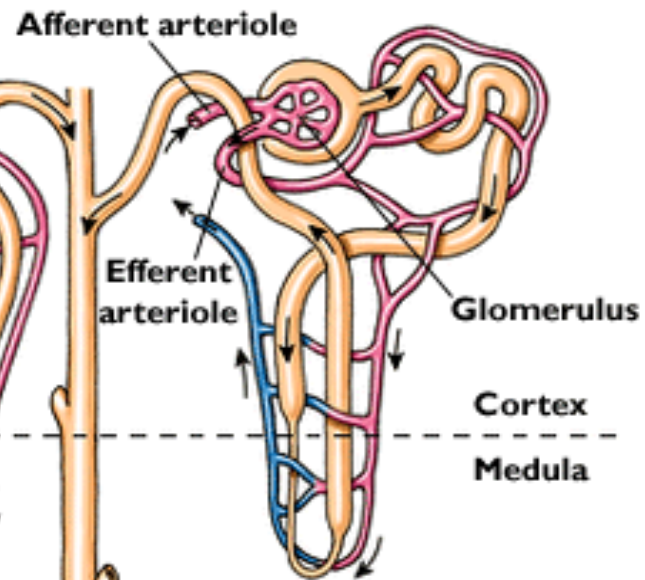
Kéregállomány: Malpighi testek,
tubulusok kezdeti és végszakasza
kéregállomány kapilláris hálózata

Velőállomány: Henle kacs,
gyűjtőcsatornák terminális része
vasa recta rendszer (juxtamedulláris nefronok hosszú
Henle kacsát követő erek)

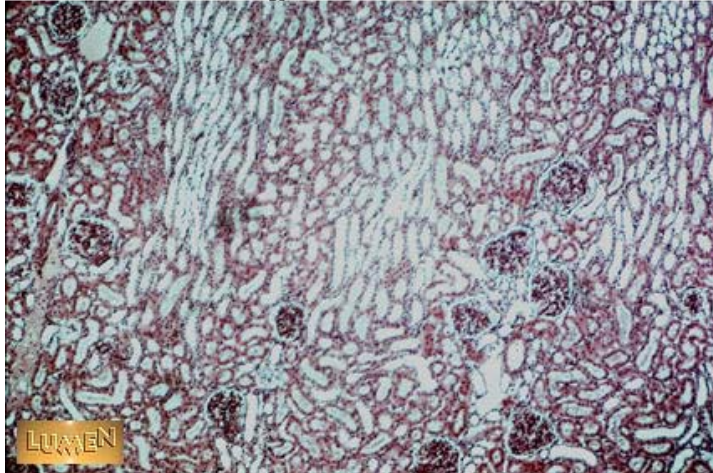
A Juxtamedullary nephron



B Cortical nephron

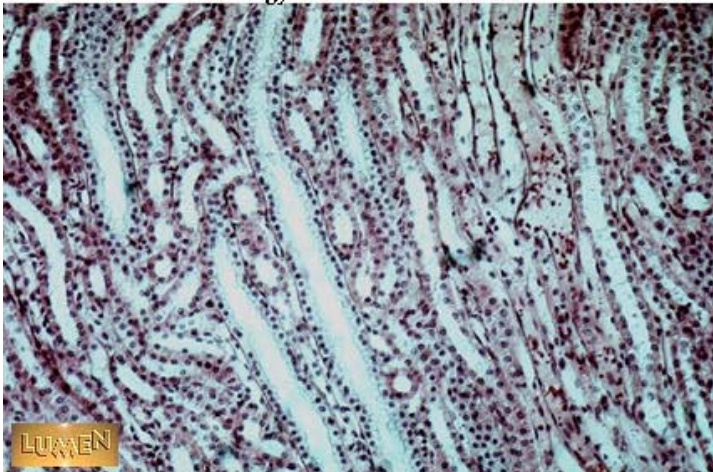


Histology Lab Part 16: Slide 51

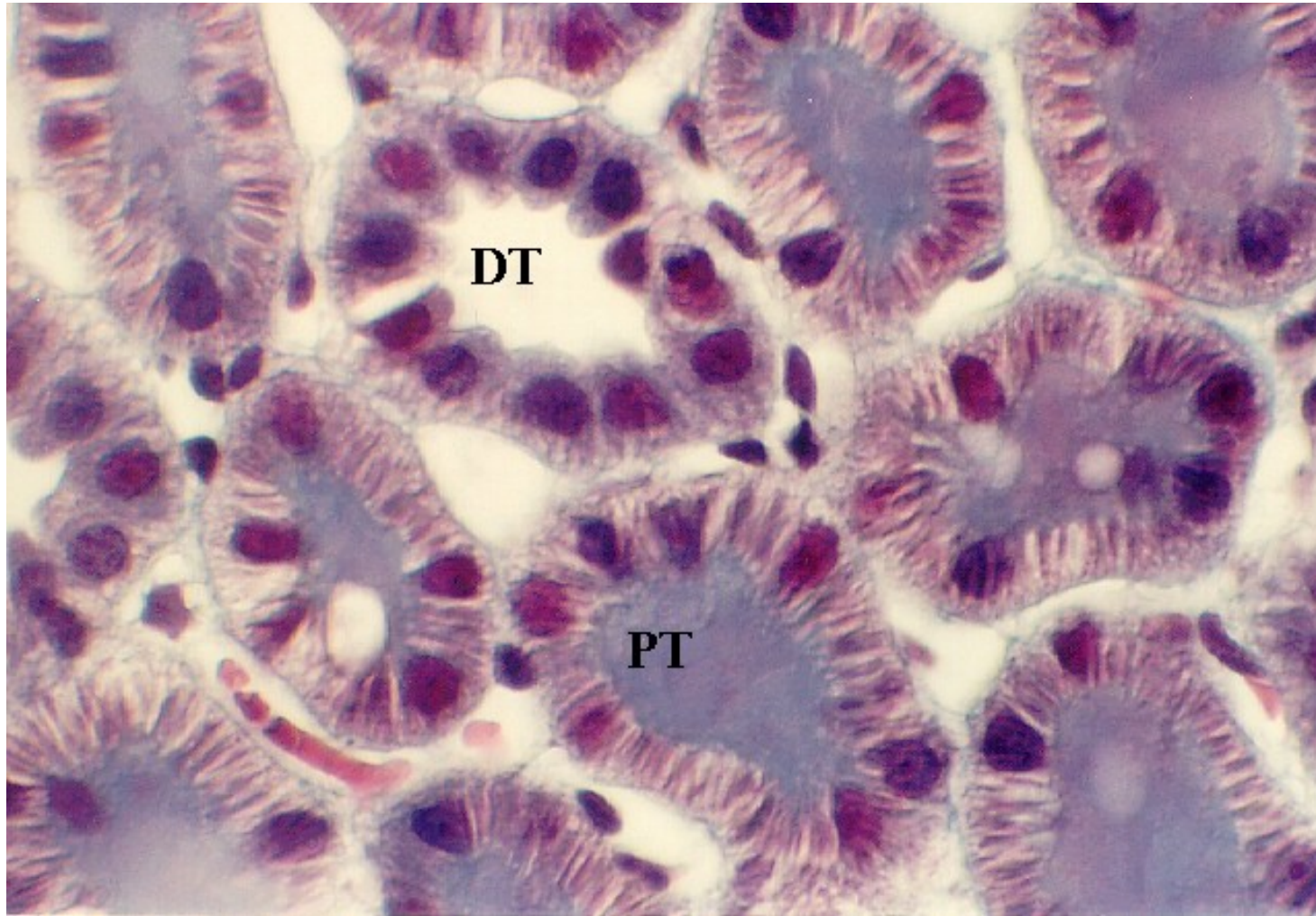


Vesekéreg:
Malpighi edények,
proximális és disztális tubulusok

Histology Lab Part 16: Slide 60

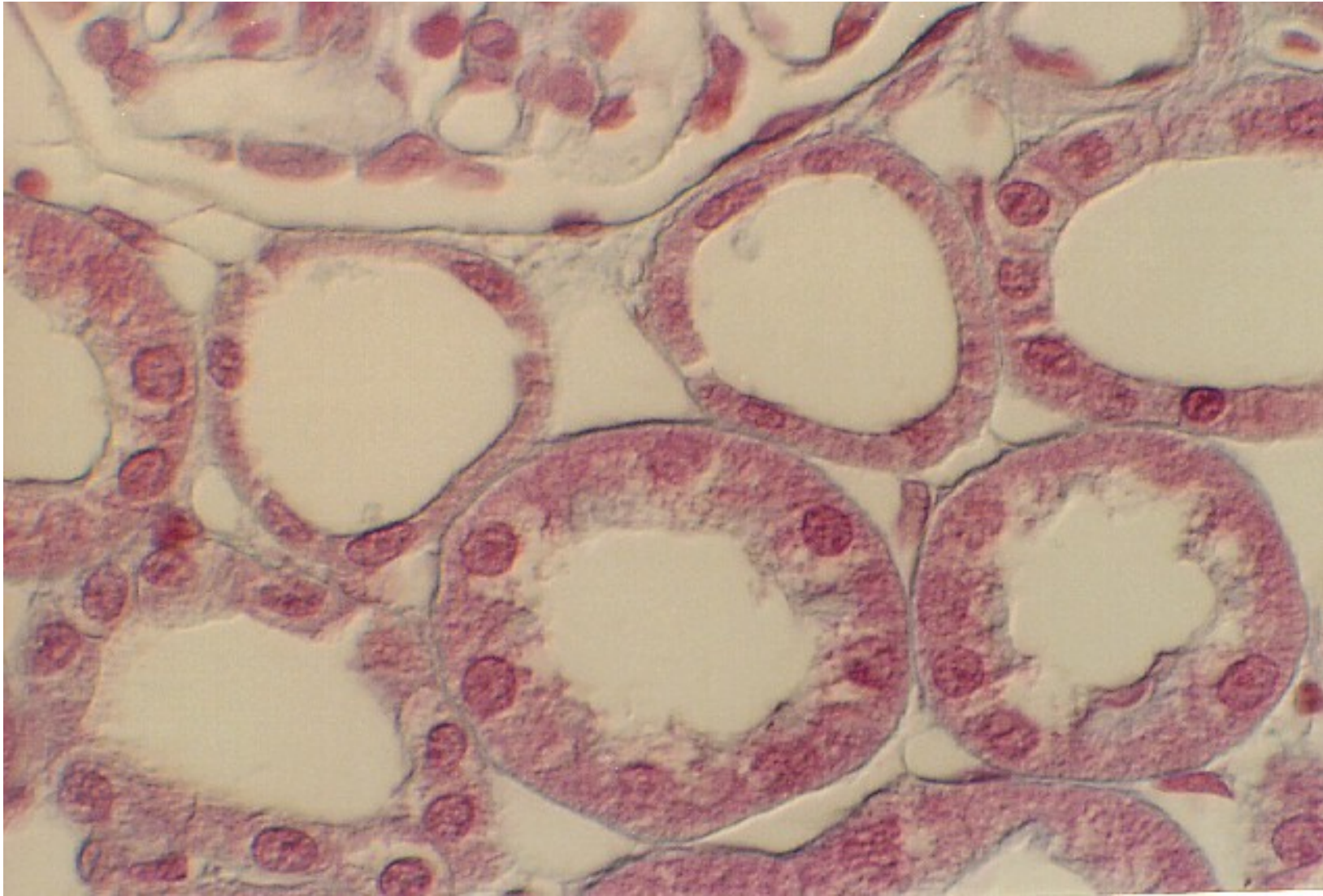


Vesevelő:
Henle kacs,
Gyűjtőcsatornák
Vasa recta



Proximális tubulusok: redőzött bazális felszínű köbhámsejtek határolják.

Disztális tubulusok: sima bazális felszínű köbhámsejtek határolják.



Henle kacs: laphámsejtek határolják

A vese fő funkciói

1. kiválasztó működés

- filtráció - reabszorpció - szekréció
- állandóan tartja a szervezet
 - folyadéktartalmát (izovolémia)
 - elektrolit-összetételét (izoionia)
 - ozmotikus koncentrációját (izozmózia)
- N-tartalmú végtermékek kiválasztása

2. vérnyomás, keringésszabályozás

- extracelluláris folyadéktérfogát (vértérfogat) szabályozása
- renin szekréció (angiotenzin)

3. pH szabályozás, sav-bázis egyensúly

4. endokrin funkció

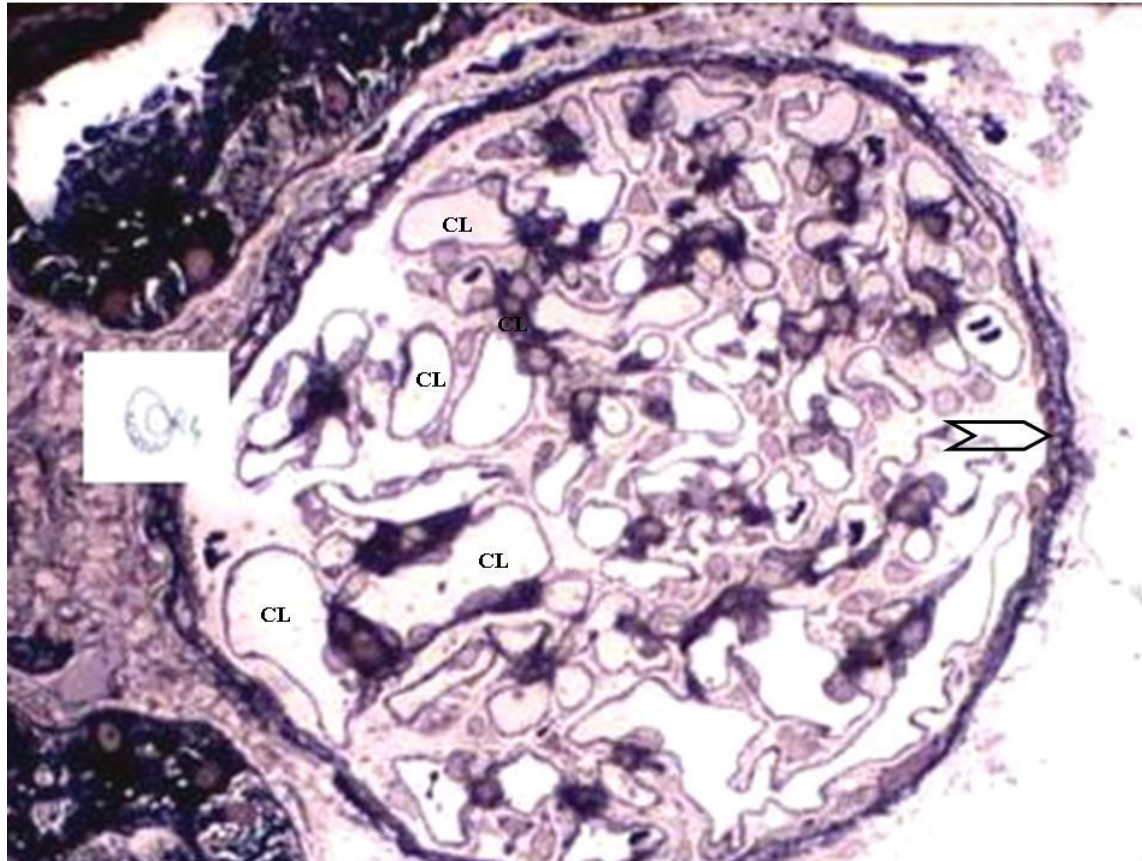
- eritropoetin szekréció 90%-a
- kalcitriol (dihidroxi-kolekalciferol, D3 vitaminból) szintézis

Szűrlet keletkezése:

ultrafiltrátum (elsődleges szűrlet):

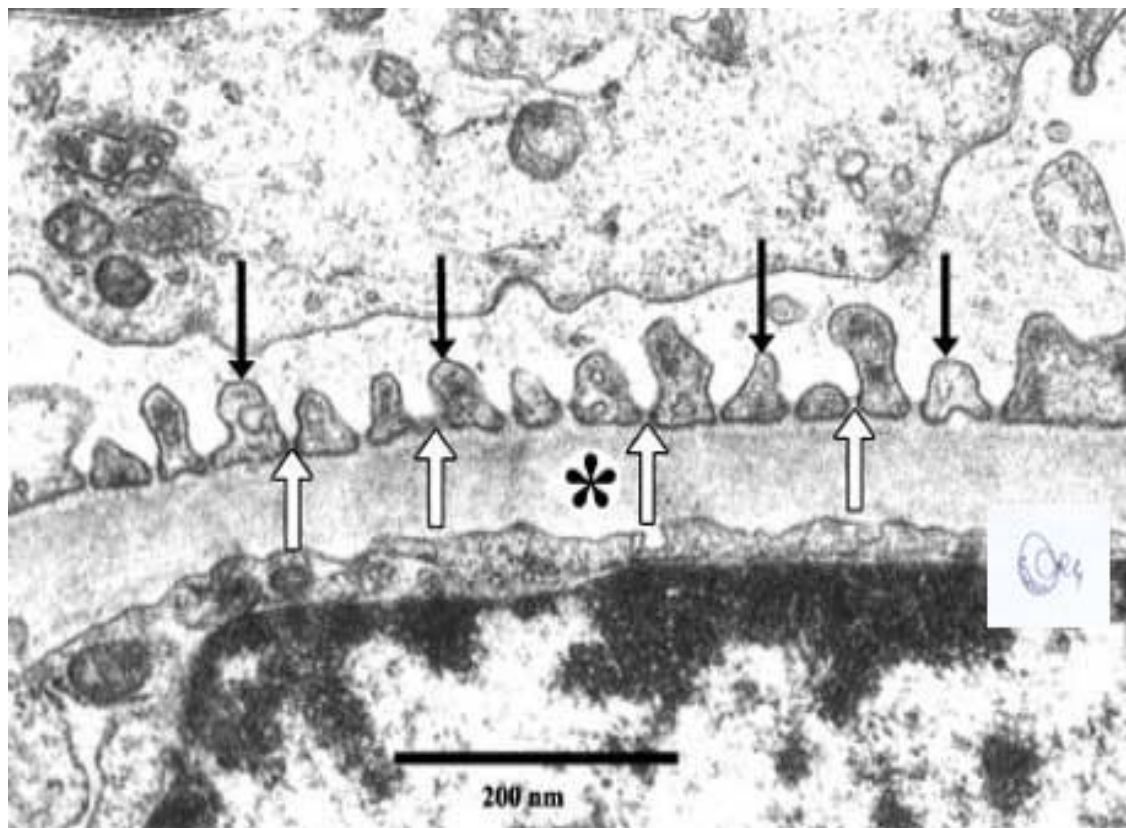
- fenesztrált kapilláris endotélium, 70-90 nm pórusok
- filtrációs rések: podocita lábak között, 25 nm (slit membrán),
- bazális membrán töltés és méret szerint permeábilis
 - kollagén és negatív töltésű glikoproteinek alkotják
 - 4 nm (65 kDa) alatt szabadon átereszt
 - negatív töltésű anyagokat kevésbé enged át
- szűrlet: gyakorlatilag fehérje- és vérsejtmentes folyadék, de a vérplazma diffuzibilis (kis molekulájú szerves anyagok, ionok) összetevőit tartalmazza
- normál érték 125 ml/min (férfi), azaz 180L/nap
- 4x teljes víztérfogat, 15xECF térfogat, 60x plazma térfogat
- a szűrlet ~99%-a visszaszívódik!

<http://medicine2.aok.pte.hu/patolog/egeszsegesvese.htm>



Egészséges vese fénymikroszkópos képe
Jones féle ezüstözéssel.

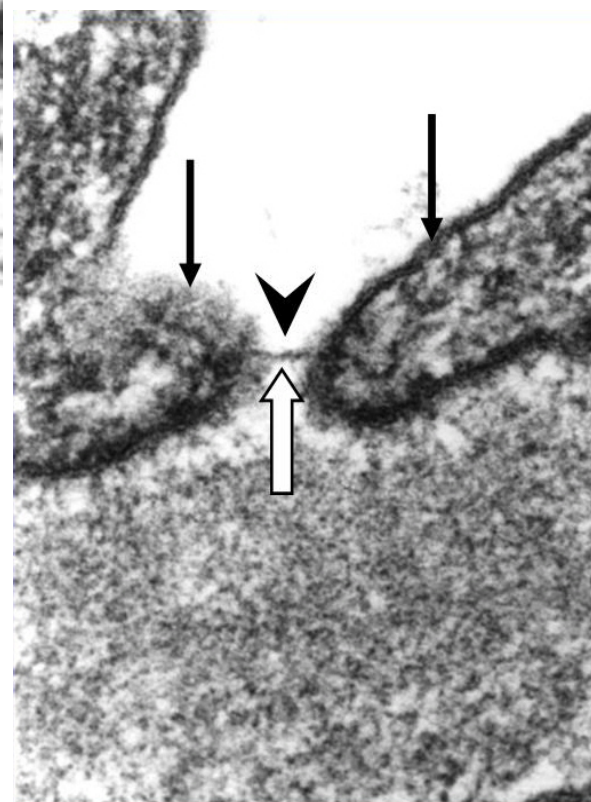
(CL= capillaris lumen, nyíl=
glomeruláris bazális membrán,
nyílhegy= Bowman tok)



Egészséges vese glomeruláris bazális membránjának elektronmikroszkópos képe nagy nagyítással. (csillag= glomeruláris bazális membrán, fekete nyilak= podocyt lábnyújtványok, fehér nyilak= podocyt lábnyújtványok közötti rés).

Egészséges vese glomeruláris bazális membránjának elektronmikroszkópos képe nagy nagyítással.

fekete nyilak= podocyt lábnyújtványok,
fehér nyíl= podocyt lábnyújtványok közötti rés,
nyílhegy= slit membrán



Ultrafiltráció függ:

a kapilláris és a Bowman tok lumene közötti hidrosztatikai nyomástól : $55-15 = 40$ Hgmm

a vér kolloid ozmotikus nyomásától: 30 Hgmm - az effektív filtrációs nyomás $40-30 = 10$ Hgmm

a szűrő hidraulikus permeabilitásától : fenesztrált kapillárisok, alaphártya (kollagén+negatív glikoproteinek), podociták nyúlványaik között hosszúkás rések

a bőséges vérellátás a viszonylag alacsony ellenállásnak köszönhető - afferens arteriola vastag és rövid - magas nyomás a glomerulusban

Clearance

egy anyag clearance-e az a plazma mennyiség, amely “megtisztul” az adott anyagtól a vesében

$$CP = VU \quad \text{azaz} \quad C = \frac{VU}{P}$$

C - clearance,

P - plazma koncentráció,

V - a vizelet mennyisége 1 perc alatt,

U - az anyag koncentrációja a vizeletben

$$CP = VU \quad \text{azaz} \quad C = \frac{VU}{P}$$

ha olyan anyagot nézünk, ami nem szívódik vissza és nem szekretálódik (pl. inulin), akkor megkapjuk az 1 perc alatt képződő szűrlet mennyiségét : GFR

ha olyan anyagot nézünk, ami teljes egészében szekretálódik (pl. PAH), akkor megkapjuk a vesén 1 perc alatt átáramló plazma (RPF) mennyiségét, illetve kiszámíthatjuk az RBF -t

Szekréció:

plazmában koncentráció nő

Főleg disztális tubulusban K^+ , H^+ , egyes gyógyszerek

Reabszorpció:

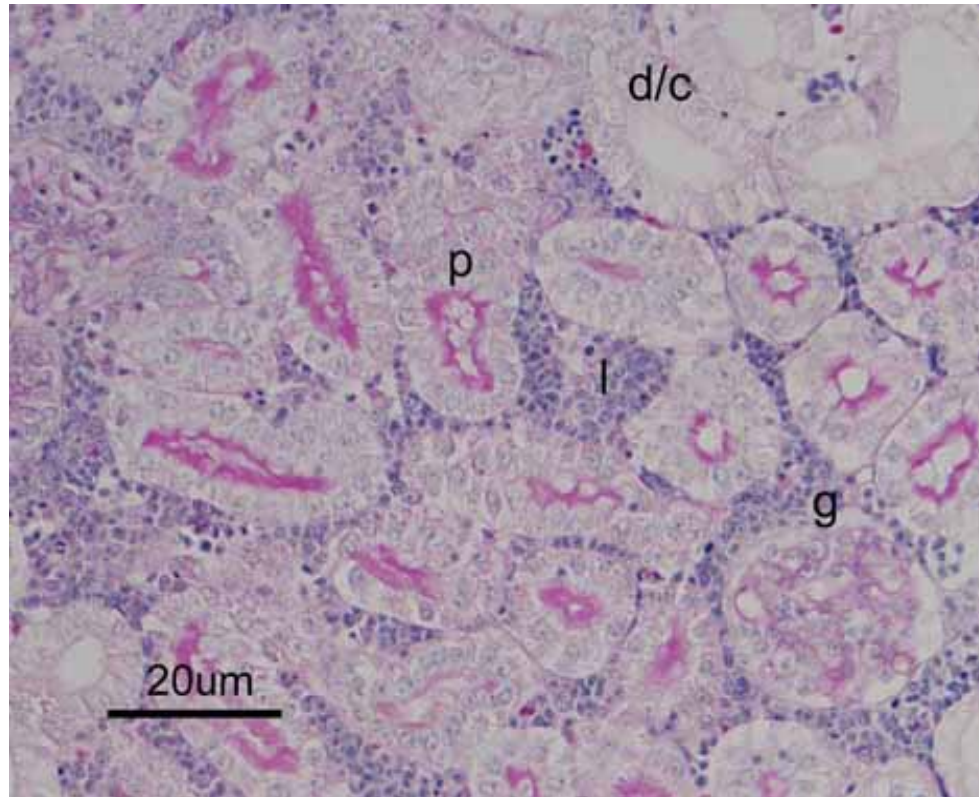
plazmában koncentráció csökken vagy teljesen eltávolítja:

főleg proximális tubulusban: Na^+ , glükóz, aminosavak

Tubuláris rendszer transzportfolyamatai

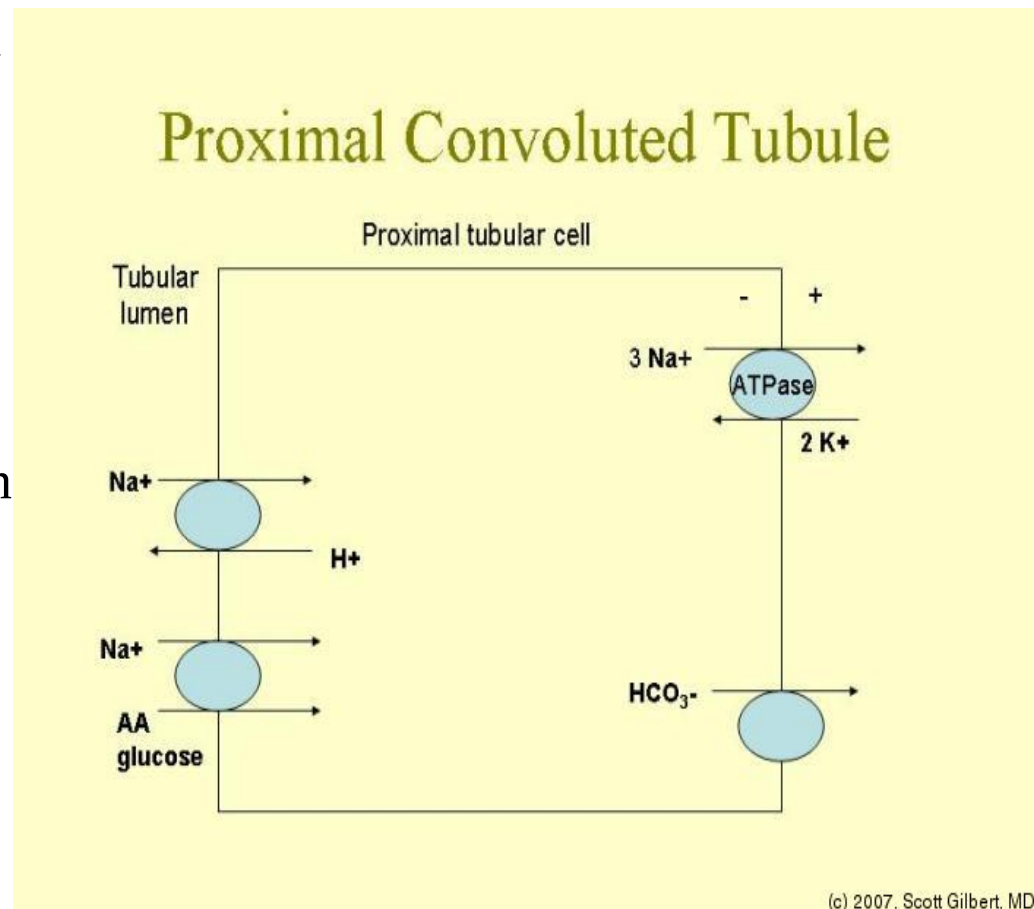
proximális kanyarulatos csatornák

- 15 mm hossz, 55 μm átmérő
- nagy celluláris, paracelluláris permeabilitás
- felület-növelő kefeszegély; laterális intercelluláris tér



- Na^+ 70%-a másodlagosan kapcsolt aktív transzporttal
visszaszívódik (bazolaterális K-Na pumpa) - H^+ szekréció;
- szénsav-anhidráz: intra- és extracelluláris; 85% HCO_3^- abszorpció (pH 6,5)
bazolaterális oldal
- nagy vízpermeabilitás (aquaporin-1): víz passzív abszorpció
- ozmotikus kiegyenlítődés: izozmotikus szűrlet, de a vissza nem szívott anyagok
koncentrációja négyszeres
- Cl^- passzív para/transzcelluláris transzport
- reabszorpció az aktív Na^+ transzport miatti elektromos potenciálkülönbség miatt
- urea 60%-a diffúzióval, passzívan visszaszívódik
- (víz visszaszívódás $\rightarrow$ urea tubulusból ECF- be, majd a kapilláris vérplazmába vándorol)

- Na^+ -hoz kapcsolt kotranszporterek: Na^+ - glükóz; Na^+ -aminosav; Na^+ -foszfát szinport transzport, a Na^+ gradiens segítségével
- a szűrletbe került minimális albumin endocitózissal felvételre kerül (limitált)
- Ca^{++} , foszfát (parathormon gátolja), elektrolitok szükségletnek megfelelően szívódnak vissza
- normálisan teljes, de maximált glükóz-reabszorpció



Ozmotikus diurézis:

a nem visszaszívott, ozmotikusan aktív anyag csökkenti a NaCl és a víz- visszaszívást reabszorpciót

- > tubularis terhelés nő (túl sok glükóz a szűrletben - cukorbetegség első jele)
- a víz és az elektrolitok reabszorpciója is ↓
- disztálisan nő a folyadékterhelés és a folyadékáramlás
- csökken a cortico-medulláris koncentráció gradiens

Henle kacs

- vékony szakasz: nincs aktív transzport (nincs kefeszegély, kevés mitokondrium)
 - leszálló szakasz: magas víz, alacsony NaCl és urea permeabilitás – hiperozmotikus szakasz
 - vékony felszálló szakasz (juxtamedulláris nefron!): magas NaCl, alacsony víz és urea permeabilitás -> vizeletkoncentráció
- vastag szakasz: aktív Na^+ visszaszívás (30-35%),
 - Na^+ - K^+ - 2Cl^- kotranszporter a lumenális felszínen (K^+ csatorna mindkét felszínen - K^+ visszaszívódik) alacsony víz permeabilitás
 - urea-tartalma magasabb, Na^+ -koncentrációja kisebb: hipozmotikus tubuláris folyadék ("hígító szegmens")

disztális kanyarultatos csatornák

- aktív Na^+ visszaszívás (5%) - hormonális szabályozás!

(aldoszteron)

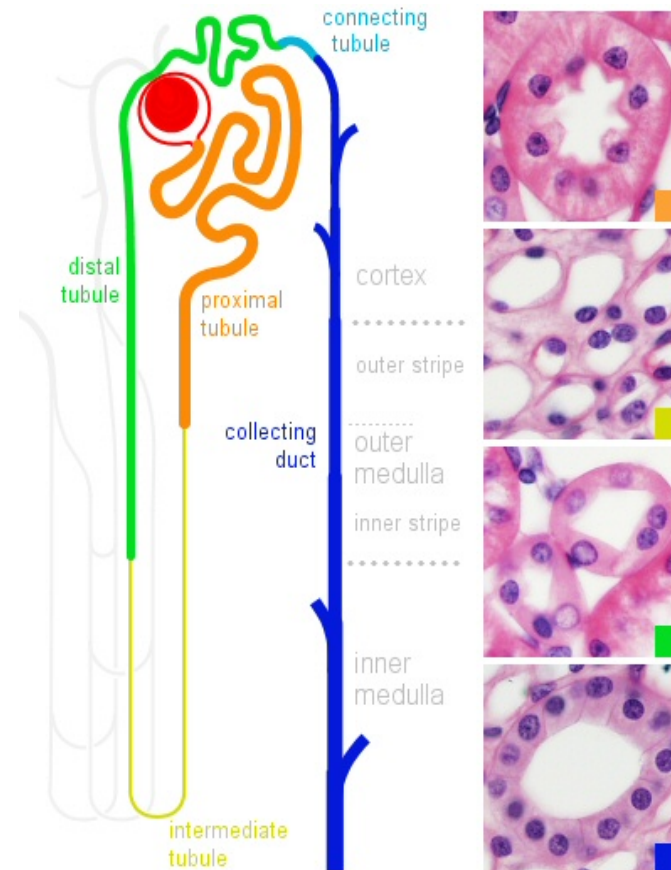
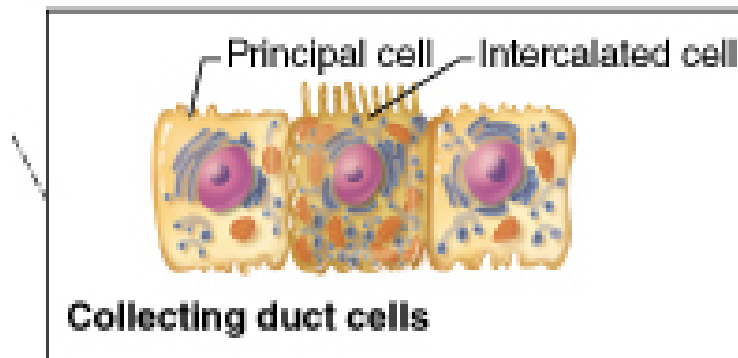
- Na^+ - Cl^- kotranszporter
- passzív vízvisszaszívás
- pH szabályozás: K^+ , H^+ és NH_3 transzport
- szabályozott Ca^{2+} reabszorpció igények szerint (luminális Ca^{2+} csatorna; bazolaterálisan aktív Ca^{2+} transzport)

gyűjtőcsatornák

- hormonális szabályozás nagyrészt itt érvényesül
- vizelet végső összetételének (ozmolaritás, urea- tartalom, sav-bázis, K^+) beállítása
- Na^+ transzport: kis hányad (5%), de ez szabályozódik leginkább (mineralokortikoidok)
- vízpermeabilitás: ADH hatására fokozódik -> vizeletkoncentráció
- magas urea permeabilitás -> vizeletkoncentráció

Felépítés:

- kortikális - külső medulláris - belső medulláris szakaszok
- principális és köztes (interkaláris) sejtek



- kortikális szakasz: mineralokortikoidok;
 - reabszorpció
 - elektrogén aktív transzport
 - K^+ transzport szekréció a Na^+ reabszorpcióhoz kapcsol
- belső velő: ANP receptorok (atrial natriuretic peptide) ér dilatációt vált ki
 - Na^+ ürítés $\uparrow$
- vízpermeabilitás:
 - AVP (arginin vasopressin receptor) V2 receptorok: aquaporin-2 lumináris membránba transzlokálódik -> víz ozmotikus gradiens szerint a sejtekbe, majd aquaporin1-en keresztül az intersticiális folyadékba kerül -> vizelet- koncentrálás

- H^+ transzport: közbeékelte sejtek (ld. még pH szabályozása)

- acidózis alatt aktiválódó:

luminális elektrogén H^+ pumpa;

szénsav-anhidráz;

bazolaterális Cl^-/HCO_3^- transzporter;

Cl^- recirkuláció bazolaterális csatornán keresztül

- alkalózis alatt aktiválódó:

bazolaterális elektroneutrális H-K-ATPáz;

szénsav-anhidráz;

luminális Cl^-/HCO_3^- transzporter : HCO_3^- szekréció lumen felé (akár pH8,5!)

- hipokalémia alatt aktiválódó:

luminális elektroneutrális H-K-ATPáz;

H^+ leadás mellett K^+ felvétel – metabolikus alkalózis

Vizeletkoncentráció folyamata

- Henle kacs minél hosszabb (juxtamedulláris nefron!), annál hiperozmotikusabb a vizelet (290 -> 1200 mOsm/l)
- vizelet mennyisége 0,5 - 20 L/nap között
- ellenáramú sokszorozódás: a belső velőállomány hiper- ozmotikus kompartmentjei vizet vonnak el a gyűjtőcsatornából
- Na^+ , Cl^- és karbamid (urea) adja az ozmotikus koncentráció nagyját

Vese sajátosságai amelyek a koncentrációt lehetővé teszik

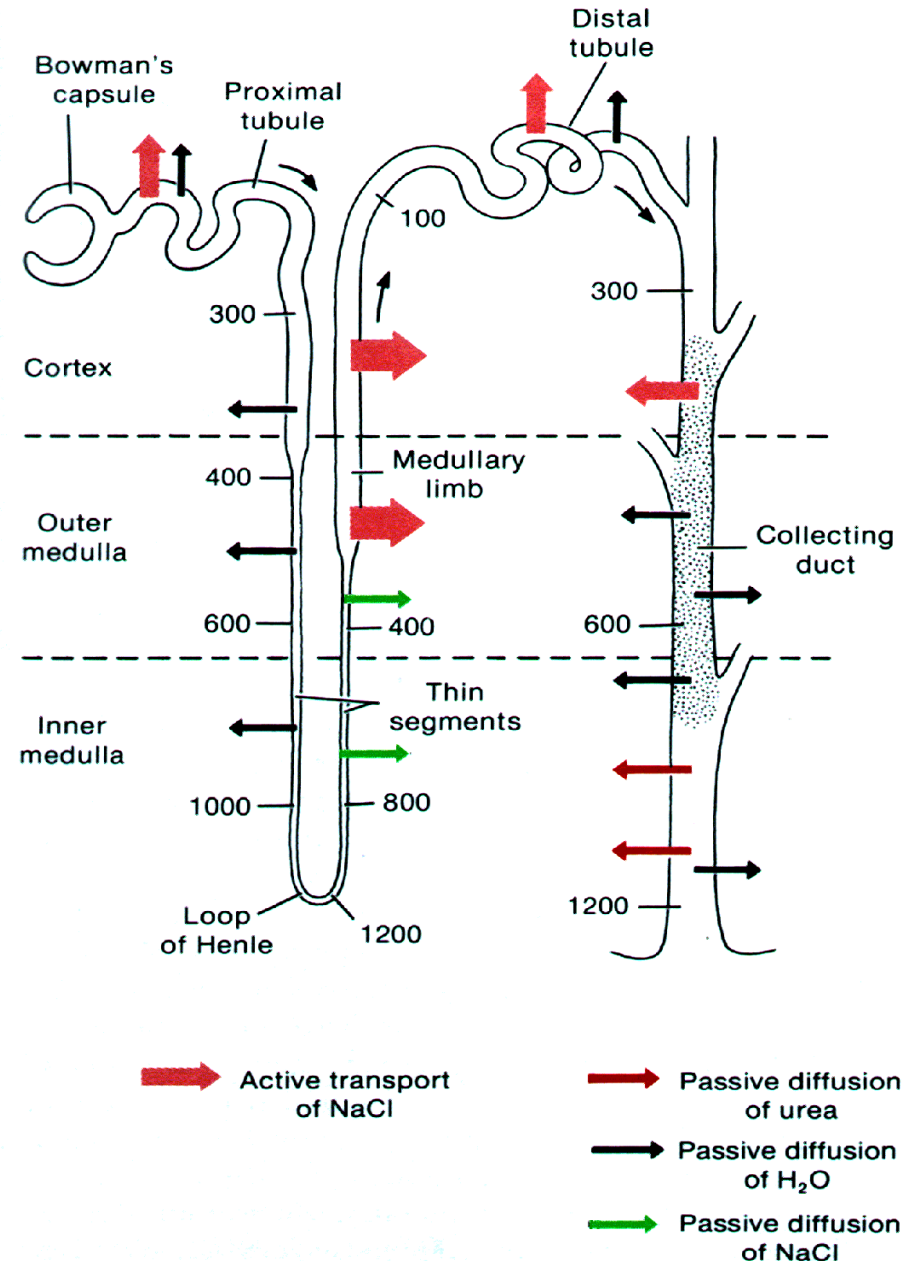
- Henle kacs vastag felszálló ágában aktív Na^+ és Cl^- reabszorpció, de vízre nem permeábilis
- párhuzamos elrendeződés Henle-kacs, gyűjtőcsatorna, vasa recta között :
párhuzamos csatornaszakaszok között NaCl és karbamid-körforgás;
folyamatos folyadékáramlás
- a csatorna hossz tengelyében nagyobb koncentráció- különbség alakul ki, mint a le/felszálló ág között
- a két ág között aszimmetria

Ellenáram elve:

A vesepiramisokban az ozmolaritás folyamatosan nő. A gradienst a Henle kacs ellenáram elve alapján működő két ága és a vasa recta erei mint ellenáramú cserélők tartják fenn.

Leszálló ág: permeábilis vízre

Felszálló ág: ionok aktív transzportja.

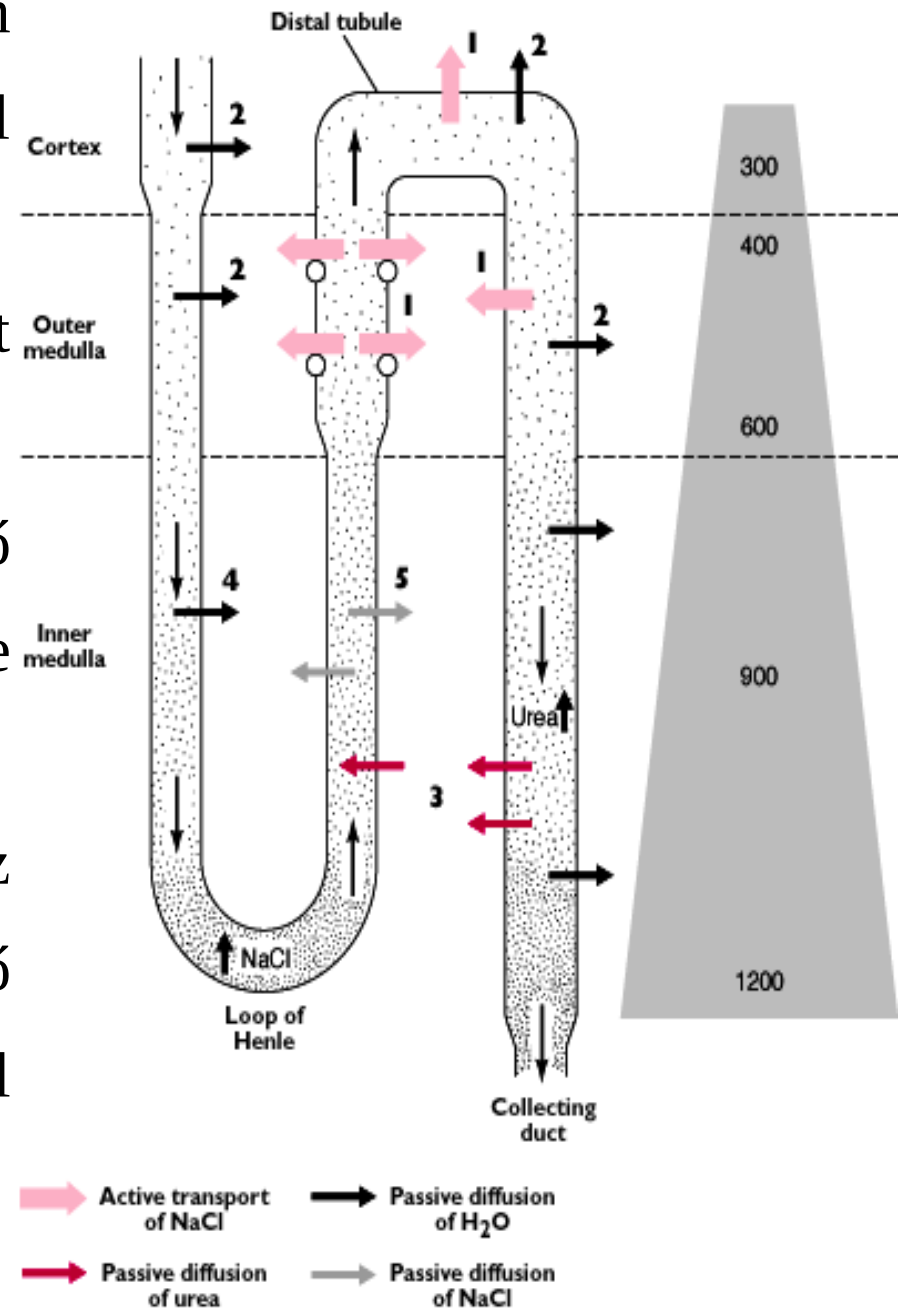


A kialakult ozmotikus gradiens nem tartana sokáig, ha az interstitiális térből a Na^+ és húgysav távozna.

Ellenáram elvén működő erek miatt maradnak a vesepiramisokban.

Az oldott anyagok a kéreg felé menő erekből kidiffundálnak az erekbe amelyek a vesepiramisba mennek.

A víz a leszálló erekből kidiffundál az ablakos epitheliummal rendelkező felszállóba a gyűjtőcsatornákból reabszorbált vízzel együtt.



Húgysav szerepe:

A vesepiramisokban levő ozmotikus gradiens kialakításában vesz részt.

Transzport: karrierekkel facilitált diffúzióval.

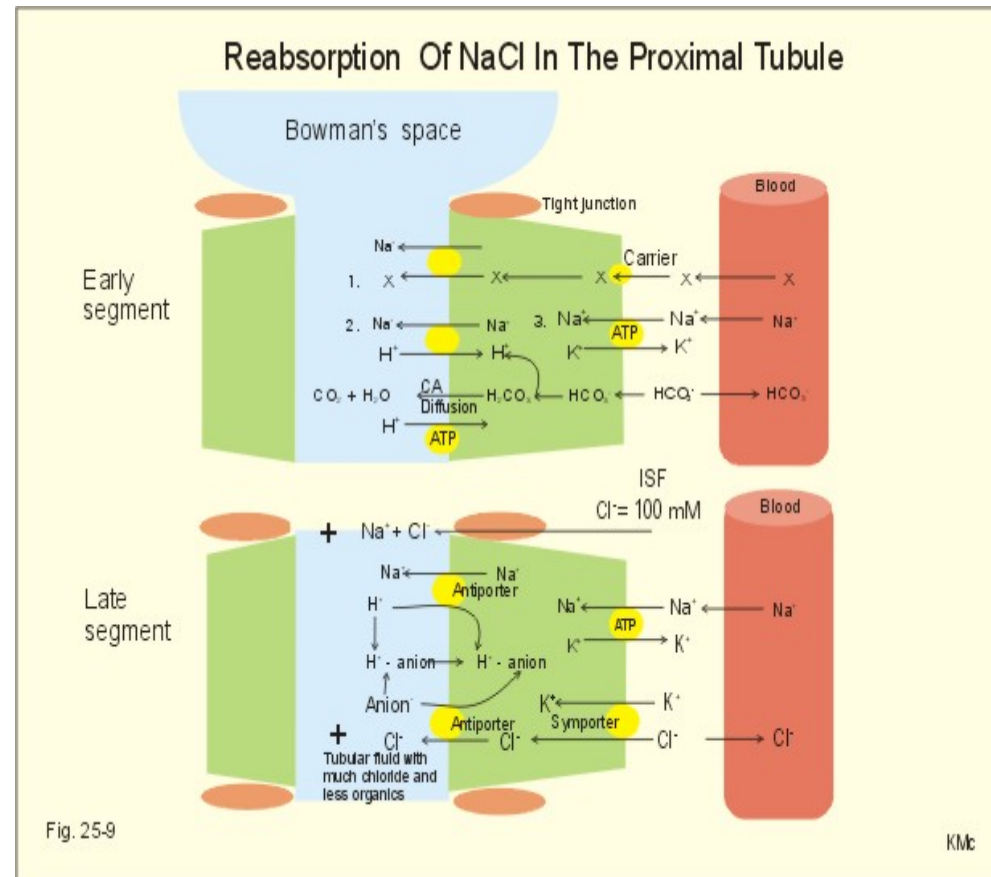
Húgysav mennyisége a filtrátumban plazma húgysav szintjétől.

Aminosav beviteltől függ. magas protein tartalmú diéta vizelet nagyfokú koncentrációját teszi lehetővé.

Na⁺ reabszorpció:

Na⁺ passzív transzporttal
jut a tubulusok üregéből
az endothel sejtekbe.

Onnan aktív
transzporttal az
intersticiális térbe (Na⁺-
K⁺ pumpa)



Proximal tubulus:

Na^+/H^+ kotranszporter 70%

Na^+ -glucose cotranszporter

$\text{Na}^+ - \text{P}_i$

Na^+ -aminosav

Na^+ -tejsav

Henle kacs vastag felszálló ága:

Na^+/H^+ kotranszporter

$\text{Na}^+ - \text{K}^+ - 2\text{Cl}^-$ kotranszporter

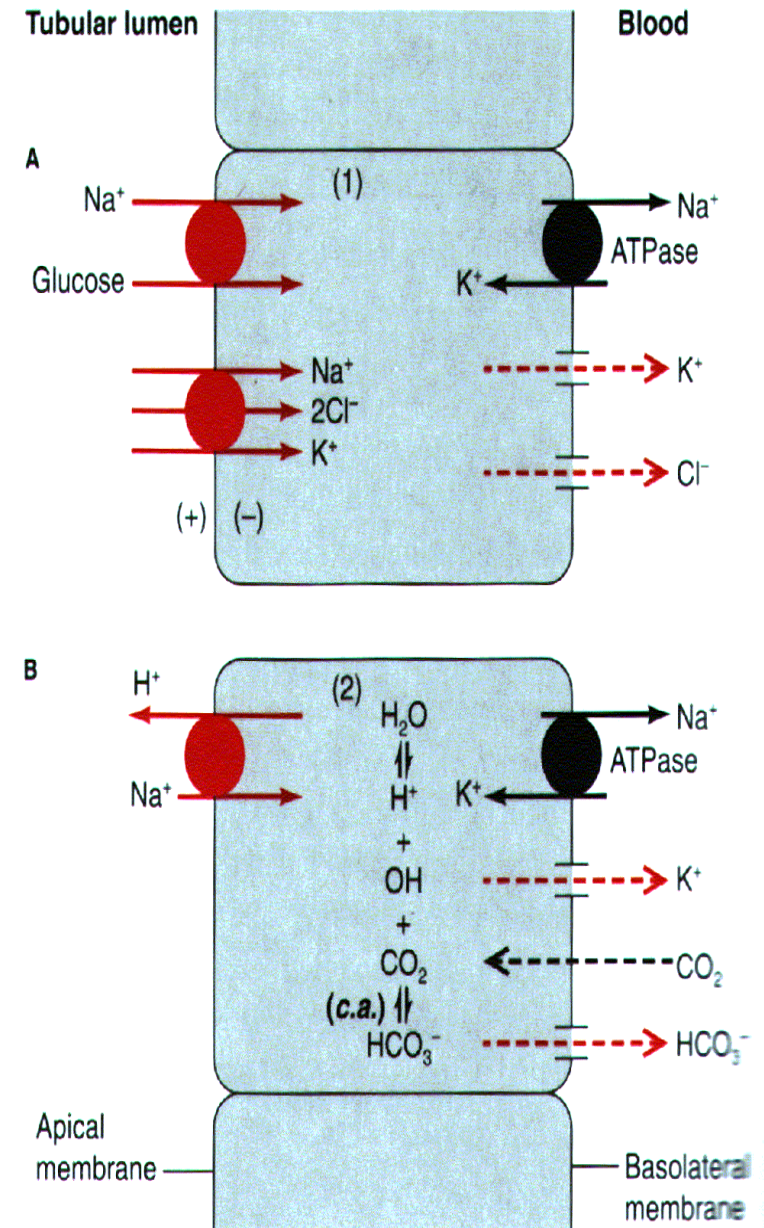
K^+ channels

Disztális tubulus:

NaCl kotranszporter

Gyűjtőcsatorna:

Na^+ csatorna



Na⁺ kiválasztás szabályozása:

90%-a a filterált Na⁺-nak abszorbeálódik (ozmotikus nyomásfenntartása, extracelluláris tér fő összetevője)

Na⁺ konzerválás jó, gyakorlatilag az étkezési Na⁺-t ürítjük ki.

Adrenokortikális szteroidok:

Aldoszteron: Na⁺ felszívás növelése K⁺-mal, H⁺-nel és Cl⁻-dal együtt.

Gyűjtőcsatornában hat, DNS szintézis aktiválása,

membrán-mediált hatás nem ismert.

Na⁺ csatornák számát növeli.

Angiotensin II: proximális tubulusban Na⁺ és HCO₃⁻ visszaszívás növelése

Glükóz reabszorpció:

Proximális tubulusban főleg.

Aktív transzport: Na^+ -mal együtt endothél sejtekbe

Facilitált diffúzió: GLUT 2 karrierrel interstitiumba.

Glükóz teljes mennyisége felszívódik biz. koncentráció értékig.

Transzport maximum:

plazma glükóz szint x glomerulus filtrációs rátája

(GFR) = 300 mg/min nőknél és 375 mg/min férfiaknál.

Vese küszöbérték glükózra: 200 mg/dl az artériás vérplazmában
vagy 180 mg/dl a vénás vérplazmában;
a plazma glükóz szint annyira magas, hogy megjelenik a cukor a
normális értéknél nagyobb mennyiségben a vizeletben.
Vese küszöbértéke alacsonyabb mint a számított érték, az eltérés
fordítottan arányos a glükóz karrier kötési állandójával.

Egyéb anyagok reabszorpciója:

a) Aminosavak: Glükózhoz hasonlóan endothél sejtekbe Na^+ -mal együtt.

Interstitiális folyadékba passzív vagy facilitált diffúzióval (Na^+ független)

b) Cl^- : Henle kacs vastag felszálló ága: Na^+ - K^+ - 2Cl^- kotranszporter

Disztális tubulus: NaCl kotranszporter

PAH (p-aminohippursav) transzport:

Szekréción modellje:

A filterelt PAH mennyisége lineárisan nő a PAH plazma szintjével.

PAH szekréción viszont csak a maximális szekrécións rátáig nő.

Szekretált anyagok:

5-hydroxyindolecetsav: szerotonin bomlásterméke

Szulfát éterek

egyes szteroidok

glucoronidok

Tubuloglomeruláris visszacsatolás:

elővizelet mennyisége nő a Henle kacs felszálló ágában, glomeruláris filtráció ugyanabban a nephronban csökken ill. vica versa

Macula densa sejtjei váltják ki ezt a választ.

Na^+ és Cl^- a $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - 2\text{Cl}^-$ kotranszporterén keresztül bejut a Macula densa sejtjeibe.

Megnövekedett Na^+ koncentráció megnövekedett $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ pumpa aktivitáshoz, ATP hidrolízishez és Adenozin képződéshez vezet.

Adenosin aztán A_1R -on keresztül Ca^{2+} felszabaduláshoz és kontrakcióhoz vezet a Macula densa körüli afferens arteriák izmában.

Szomszédos juxtacelluláris sejtekben csökken a renin termelés.

Glomerotubuláris egyensúly:

GFR növekedése növeli az oldott anyagok és a víz reabszorpcióját is, vagyis a reabszorbált oldott anyag %-os aránya konstans.

Víz visszaszívás:

A plazmából kiszűrődött víz kb 87%-át a vese reabszorbálja. A víz visszaszívás független az oldott anyagok reabszorpciójától.

Víz visszaszívás folyamata:

diffúzió aquaporinokon keresztül:

4 típus: aquaporin-1, aquaporin-2, aquaporin-5 , aquaporin-9.

Vesében aquaporin-1 és aquaporin-2.

Proximális tubulus

Víz passzívan követi a felszívott oldott anyagokat.

Plazma és tubuláris filtrátum izotóniás marad.

Aquaporin-1 főleg, nélküle dehidratációra érzékeny lesz az ember.

Henle kacs:

Henle kacs leszálló ága permeabilis a víz számára, felszálló ága nem.
A henle kacs leszálló ágában Na^+ , K^+ , and Cl^- transzportálódik kifelé,
ezért a leszálló ág hypertónikussá válik ahogy a víz távozik a
hypertónikus interstitiumba.

Disztális tubulus:

Nem átjárható víz számára.

Víz követi az oldott anyagok transzportját.

Gyűjtőcsatorna:

Vazopresszin szabályozza a víz és oldott anyag visszaszívását.

Aquaporin-2 található itt.

Vezikulákban raktározódik és vazopresszin hatására szabadul fel.

Vazopresszin hiányában a gyűjtőcsatorna falán keresztül csak minimális mennyiségű víz szívódik fel az abszorbált ionokkal.

Vazopresszin jelenlétében az aquaporinokon keresztül víz áramlik a hypertónikus interstitiumba.

Extracelluláris folyadék összetételének és mennyiségének szabályozása:

Ozmolaritás szabályozása:

Plazma ozmolaritása nő, vazopresszin szekréció nő, és szomjúságérzet alakul ki.

Ha a plazma ozmolaritás csökken vazopresszin szekréció gátlódik.

Térfogat szabályozása:

Na^+ mennyiséget kontrolláló mechanizmusok vesznek részt benne
főleg + térfogat kontroll:

plazma térfogat nő, vazopresszin szekréció csökken,
plazma térfogat csökken vazopresszin szintézis nő.

Angiotensin II: aldoszteron és vazopresszin szintézis stimulálása,
szomjúság érzés kiváltása,
erek összehúzódása:
szervezett válasza az extracelluláris folyadék
csökkenésére.

Vesében termelődő egyéb hormonok

eritropoetin

- vörösvértest képződés fokozása
- termelődését hipoxia váltja ki

prosztaglandin E2

- értágító hatás, gyulladásmediátor
- angiotenzinnel ellentétes hatás

kallikrein

- bradikinin termelése
- értágító hatás, vesekeringés fokozása