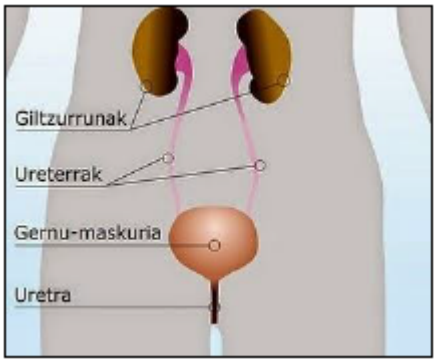
6. GAIA: Iraizte-sistema / Gernu-sistema



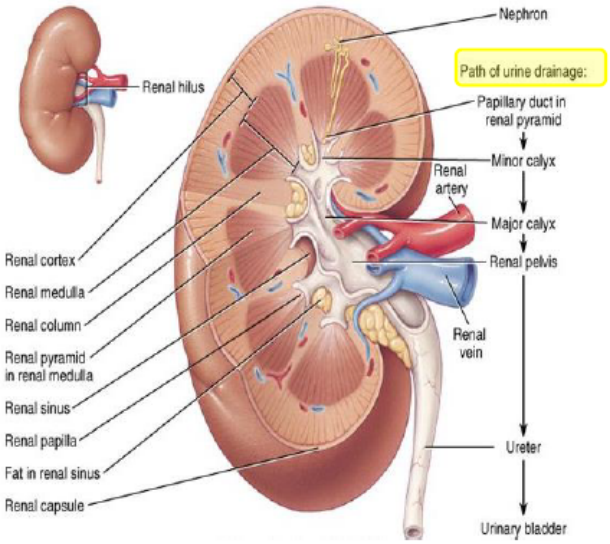
Gernu-sistemak lau atal ditu: giltzurrunak, ureterrak, puxika eta uretra. Funtzioei dagokionez, nagusia hondakinak eta toxinak kanporatzea eta beharrezkoak odolera bueltatzean datza. Baina, horrez gain, Beste hainbat funtzio betetzen ditu:

- Odoleko ur eta elektrolito kontzentrazioen erregulazio homeostatikoa egiten du
    - Osmolaritatea erregulatu
    - Ioien oreka mantendu
    - pH-aren erregulazio homeostatikoa burutu
- Ioien oreka mantendu
- pH-aren erregulazio homeostatikoa burutu
- Zelulaz kanpoko likidoaren bolumena eta odol-presioa erregulatu
- Hormonen ekoizpena (eritropoietina, eritrozitoen ekoizpena estimulatu)
- Entzimen ekoizpena (renina, odol-presioa eta giltzurrunaren funtzioa erregulatu)
- Glukoneogenesia (Glc sortu) denbora asko jan gabe gaudenean
- Bitamina D aktiboa metabolizatu

Giltzurrunak

Anatomia

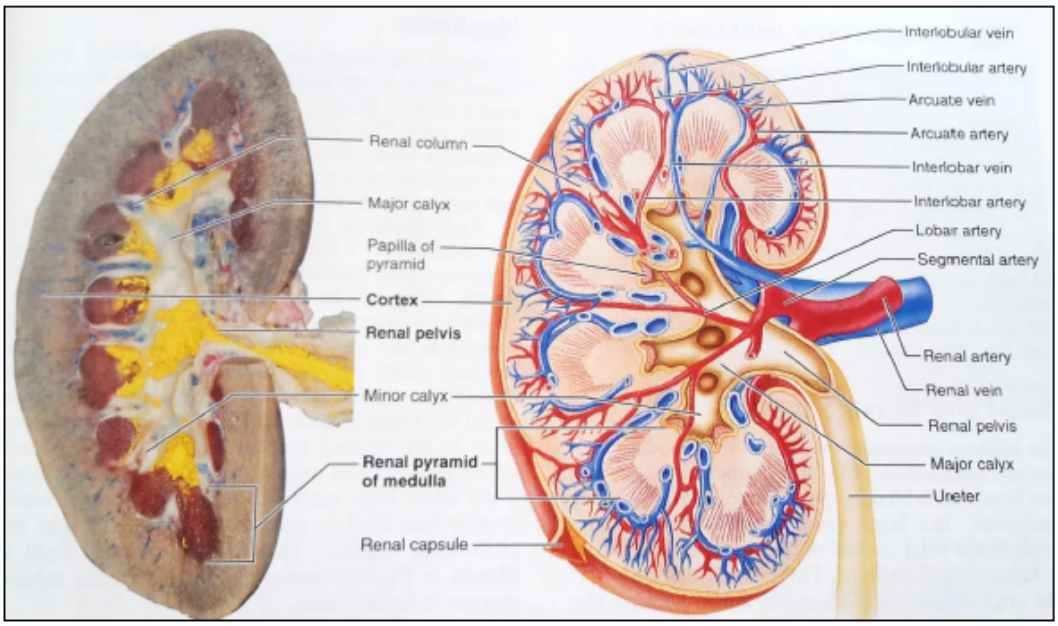
Bi giltzurrun daude, ezkerrean eta eskuinean, gorputzaren atzeko aldean eta kutxa torazikoaren barnean. Babarrun itxura hartzen dute, retroperitonealak dira eta helduetan 150 g eta 12 cm x 6 cm x 3 cm-ko dimentsioak dituzte.



Giltzurrun bakoitzaren gainean **guruin adrenala edo suprarrenala** dago, zein guruin endokrinoa den eta funtzio aldetik ez dauka zerikusirik giltzurrunekin.

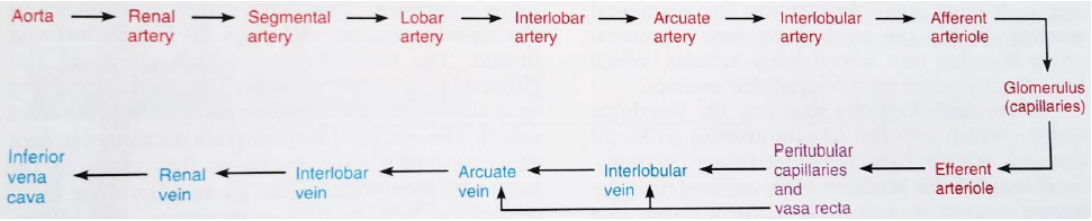
Giltzurrunak hiru geruza ditu: **gainazala**, **muina** eta **pelbisa**. Lehena argia eta granularra da, bigarrena, aldiz, iluna eta piramide egituraduna. Gainera, zati iluna marraduna bezala ikusten da eta hodi biltzaileek sortzen dute egitura hori. Bukatzeko, pelbisa hodi laua da, abaniko itxuraduna. Inbutu itxura hartze du eta kalizean bukatzen da, non, gernua pilatu egiten den odnoren kanporatu ahal izateko.

Gernua nefronetan sortzen da, hodi biltzaileetatik pelbiseraino doa eta ureterrera heltzean puxikarekin kontaktuan jarri eta kanporatuko da



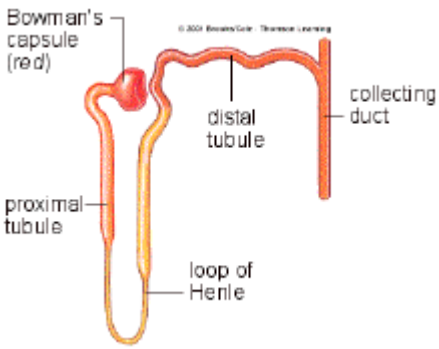
Oxigenoaren kontsumoaren ehuneko 25a suposatzen dute atsedenean gaudenean, nahiz eta oso txikiak izan oso aktiboak direlako. Odol asko iristen da giltzurrunetara (1.200 mL/min) arterietatik eta barruan sakabanatuko da, kapilareetan zehar. Giltzurrun arteria hiloan sartu eta banatzen hasten da ibilbide hau jarraituz:

- Lobuluetako arteriak
- Arteria klatziformeak
- Lobuluxkarteko arteriak (erradialak)
- Arteriola aferenteak
- Kapilare gomerularrak
- Arteriola eferenteak: Nefronara iristen den odol hodia eta bertatik ateratzen dena biak arteriak dira, hau da, ez da bat arteria kapilarea eta gero zaina, biak arteriak dira.
- Kapilare peritubularrak
- Zainak



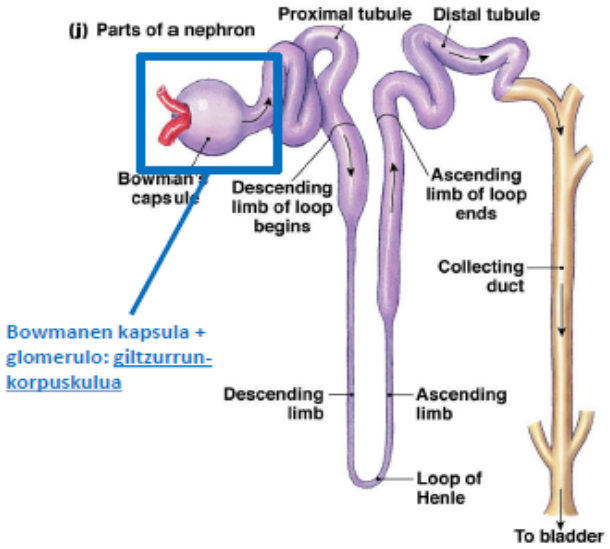
Nefronak

Giltzurrunaren unitate funtzionala da, odola heltzen denean hori filtratu, iragazkina sortu eta hortik gernua eratorriko da. Giltzurrun bakoitzean milioi bat - 1.2 milioi nefrona artean daude. Bakoitza hodi biltzaile batekin lotuko da eta hodi bakoitzak nefrona ezberdinetatik jasotzen du gernua. Horrek ematen du marradun itxura hori muinean. Atalak:



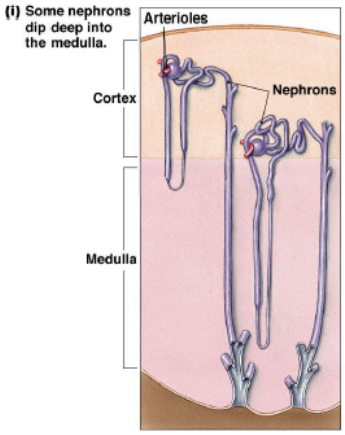
- Giltzurrun korpuskulua: glomerulua

- Hodia: 3 zati → Tubulu hurbila, Henleren lakioa eta urruneko tubulua.
- Hodi biltzailea EZ da nefronaren zatia



Odola iristen denean **Bowman korpuskulura** sartzen da, barrera bat pasatu ondoren iragazkina bertan gordeko da, eta hortik aurrera prozesu ezberdinak jarraituko ditu nefronan zehar doan heinean.

Endotetio glomerularra porotsua da, ondorioz, odola bertatik igarotzen denean Bowman kapsulan sartzen den fluidoak solutu txiki ugari izango ditu. Hori dela eta, nefronara sartzen den odola ez da odol-hodietako berdina. Desberdintasun da odol zelulak eta proteinak ez direla pasatzen, ez baititugu horiek galdu nahi.

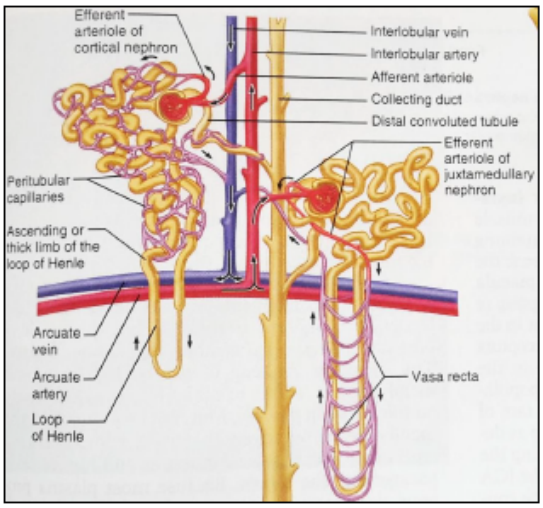


Nefrona gehienak (%85) gainazalean daude (**nefrona kortikalak**) baina beste batzuek korpuskulua muinaren eta gainazalaren artean dute kokatuta eta horiek muinean asko jaisten dira hodiekin (**nefrona justamedularrak**). Azken hauek funtzio oso garrantzitsua dute gernu kontzentratua sortzerakoan.

Bi arteriola eta bi kapilare sare daude nefrona bakoitzean. Odola giltzurrunera heltzen denean, lehenengo **kapilare**-sarea osatzen du **glomeruluak**. Hemendik, ateratzen dena **arteriola eferentea** da. **Arteriola eferentea**, aldiz, bigarren kapilare sarean banatzen da, **kapilar peritubularrak**. Hauek oso nahastuta egongo dira nefronaren atal guztietan zehar eta beharrezkoak dira tubuluetan zeharreko prozesu guztiak ahalbidetzeko (birxurgapena eta jariapena).

Beraz, nefronan zehar dagoen odola arteriala da eta hortik behin irteten denean, orduan zaina izango da.

Hori horrela, glomeruluan kapilarrak paraleloki doaz eta iragazketa da haien funtzio nagusia. Esan bezala, denak dira arteria: aferentea sartu eta elikatu egiten da eta eferentea atera eta drainatu. Bien jatorria lobuluetako artea da, baina presioa aldatzen da batetik bestera; ondorioz, arteriola aferenteak diametro handiagoa dauka. Iragazki gehiena odolera itzultzen da kapilar peritubularretan, zeintzuek presio gutxiko kapilar porotsuak diren, ura eta solutuak erraz xurgatu ahal izateko.



Nefrona justamedularrek, aldiz, ez dauzkate bi kapilar sare. Lehenengoa badaukateen arren, arteriola eferentea glomerulutik irtetean ez da kapilar peritubularretan banatzen, lakioarekiko paraleloa den egitura osatzen du, eta hori ***vasa recta*** da eta bere funtzioa gernu kontzentratua sortzea da. Kapilarrak dira Henleren lakioan zehar kokatzen direnak

LABURBILDUZ: Glomeruluak iragazkina sortzen du eta kapilar peritubularrak iragazkin hori birxurgatzen du

Odol presioa

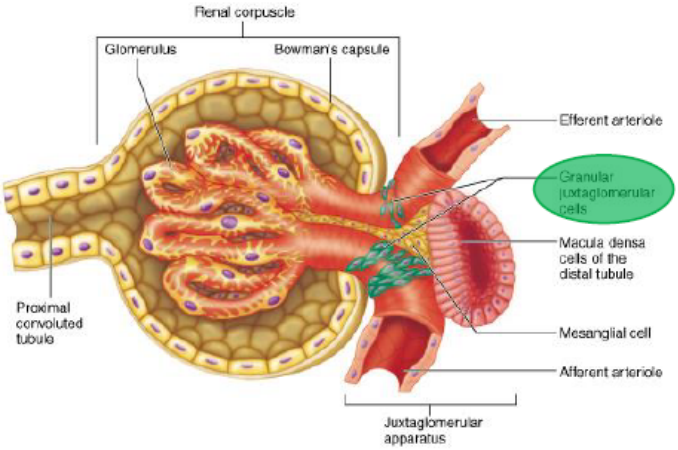
Giltzurrunera iristen den odolak presio handia topatzen du arteriola aferente eta eferenteen odnorioz. Giltzurrunetik pasatu aurretik esta ostean presioa konparatuz gero, jaitsiera nabarmena dago, 95 mmHg-tik 8 mmHg-ra igaroz.

Aparatu juxtaglomerularra

Zelula oso garrantzitsuak daude hemen, izan ere, gune batean urruneko tubuluarekin eta arterila aferentearekin jartzen da kontaktuan. Behin iragazkina sortu dela, hodi biltzailera joan baino lehen, nefronak zer detektatzen duenaren arabera, aparatu juxtaglomerularrak arteriola eferenteak hartzen duena erregulatu dezake. Hau da, segun zer daukagun gernunan erregulatu daiteke zer jariatu eta birxurgatu.

Horrela, arteriola aferentea aparatu juxtaglomerularrarekin kontaktu zuzena sortzen du, zeinek muskulu leuneko zelula luzeak diren. Horietan mekanohartzaileak daude, presioa nabaritzen dutenak eta nabaritutakoaren arabera erreninaren erantzun sistema erregulatuko dute.

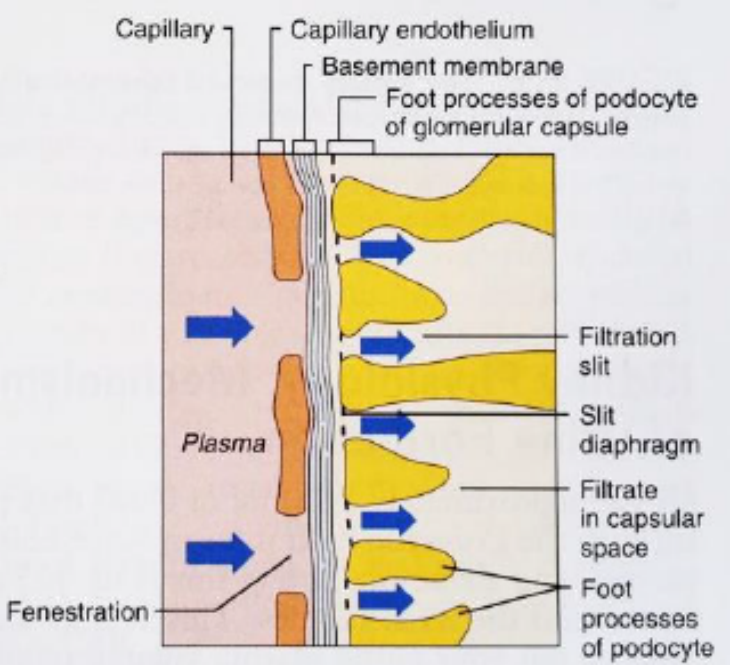
Urruneko tubuluan, aldiz, paretetan ***macula densa*** dago, zeinek zelula juxtaglomerularrekin sortzen duen kontaktua. Hauetan, mekanohartzaileak egon beharrean, kimiohartzaileak daude eta haien funtzioa iragazkinaren solutuen kopurua aztertzea eta aldaketa horiei erantzutea da. Horretarako arteriola aferentearen diametroa modulatzeko seinale parakrinoak sortzen dituzte.



Beraz, bi zelula mota hauek bi funtzio garrantzitsu betetzen dituzte: iragazkina tasa erregulatu eta odol presioa orekan mantendu.

Iragazketa mintza

Odol guztiak ez du barrera hau pasatzen. Mintza porotsua da eta ura eta solutu txikiak igarotzen uzten du. Hiru geruza ditu.



1. **Geruza: endotelio fenestratua** edo porotsua (tokia uzten du gauzak pasatzeko), odol zelulak pasatu ez arren proteina txikiak pasa daitezke.

2. **Geruza: mintz basala** da. Mintzeko glikoproteinek karga negatiboa daukate eta aldarapena sortzen dute proteinekiko, ondorioz soilik tamaina oso txikiko osagaiak igaroko dira.

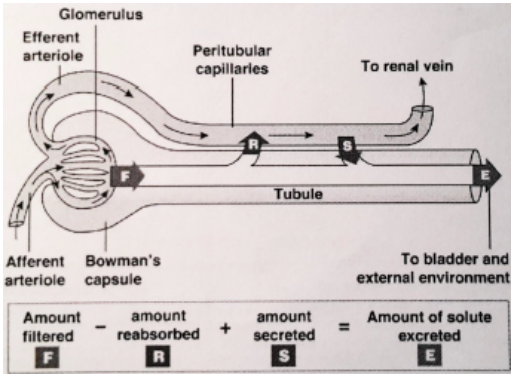
3. **Geruza: podozitoak**. Bowman

kapsularen errai geruza da.

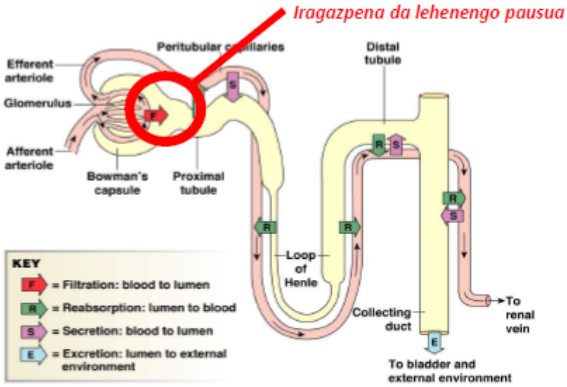
Giltzurrunen fisiologia

Gernu eraketa

Giltzurrunetatik minuturo 1-1,2 L odol pasatzen da, beraz, egunero, plasma osoa iragazten da gutxi gorabehera 60 aldiz. Glomeruan egiten den lehenengo iragazpena ez da ondoren gernuan aurkituko dugunaren berdina; izan ere, iragazkina odol plasma da proteinak eta zelulak kenduta eta gernua, aldiz, iragazkinari ur gehiena, nutrienteak eta ioiak kentzean geratzen den jariakina da; hau da, hondakinak eta beharrezkoak ez diren substantziak. Hori horrela, nahiz eta giltzurrunetatik 180 L igaro, soilik 1,8 L gernu sortzen dira eginean.



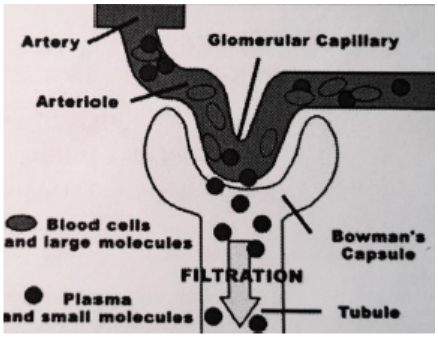
Gernuaren eraketarako funtzio nefritikoa hiru prozesutan banatzen da: Iragazpen glomerularra, birxurgapen tubularra eta jariapen tubularra. Era berean, iraitzitako substantzia horren kantitatea hiru giltzurrun prozesuen intentsitate erlatiboen araberakoa izango da.

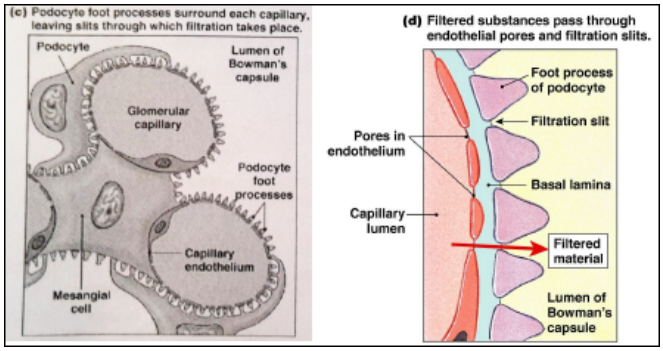


Iragazpen glomerularra

Bowman kapsulara iristen den bolumen guztia ezin da nefrona barrura sartu aldi berean, ondorioz, heltzen den %20a sartzen da eta gainontzekoa arteriola eferentera doa jarraian, kapilar peritubularretatik. Iragazkina plasma -proteinak izango da.

Zergatik behar dugu plasma osoa hainbestetan pasatzea nefronetatik? Giltzurrunek gorputz odolaren bolumena eta konposaketa erregulatzen dutenez, zenbat eta gehiagotan pasa hobeto erregulatuko da, modu kosntantean egiten delako. Horrek ahalbidetzen du uneoro giltzurrunak plasmaren konposaketa ezagutzea, nahiz eta gero gehiena birxurgatuko den. Gainera, iragazpena eta birxurgapena pasiboa denez, ez du energia gasturik eskatzen.





Aipatu bezala, giltzurrun korpuskuluak hiru iragazpen barrera dauzka. Lehenengoan jada zelulak ezin dira pasatu, eta proteina batzuk igaro arren lehenengo geruzan zehar, mintz basalak pasoa ekiditen diete. Proteinak ez pasatzea odol glomerularraren presioa mantzentzea ahalbidetzen du, bestela, proteinak ere pasatzeko ahalmena balute, odoleko ur guztia pasatuko litzateke giltzurrun hodira oreka osmotikoa mantentzeko.

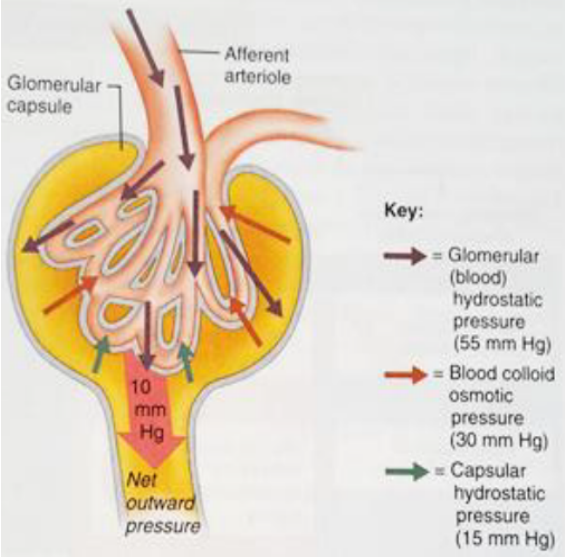
*Zenbat eta txikiagoak izan geroz eta erraztasun handiagoz igaroko dira hesietan zehar

Iragazpen presio netoa (P_I)= 10 mmHg-koa da, baina hori hiru presioren menpe dago.

- **Kapilarretako odolaren presio hidrostatikoa (P_H):** odolak egiten duen presioa nefronan sartzeko. Likidoa endotelio iragazkorrean zehar bultzatzen du, iragazpena erraztuz. Glomeruloetako kapilarraren presio balorea du (55 mmHg)

- **Kapilarretako presio koloidosmotikoa (π):** Kapilarrerantz likidoa itzultzea eragiten du. Hau nefrona barrukoa da eta honek kanporantz egiten du indarra. Presio osmotiko bat da pasatu ezin diren proteinek sortua. Desoreka osmotiko horrek eragingo du likidoa odolerantz ateratzeko joera (30 mm Hg)

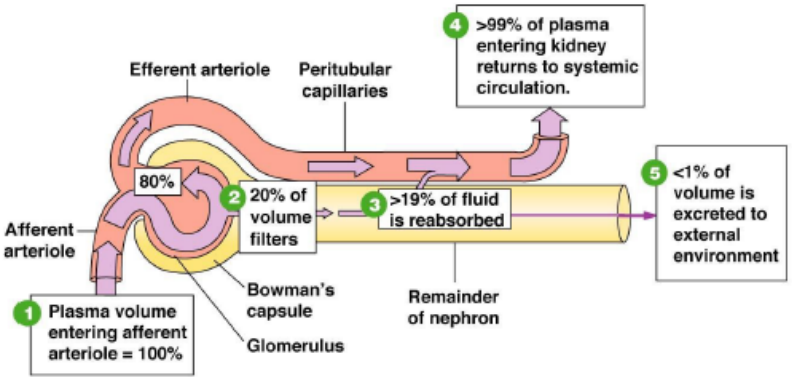
- **Likidoaren presio hidrostatikoa (P_{fluido}):** Bowmanen kapsulan sortzen da eta presio hidrostatikoaren aurka doa. (15 mmHg)



Kontrako noranzkoa dute baina hiruren batuketak norabide bakar bateko mugimendu netoa sortzen du, horregatik barrurantz sartzen da (mugimendu netoa barrura). Beraz, presioaren alde pasatu arren odola nefronarantz, hiru indarrek hartzen dute parte mugimendu horretan, nahiz eta netoa barruranzkoa izan.

Iragazpen glomerularraren tasa (IGT): denbora unitateko Bowmanen kapsulan iragazten den likido bolumena. Gutxi gorabehera 125 mL/min edo 180 mL/min.

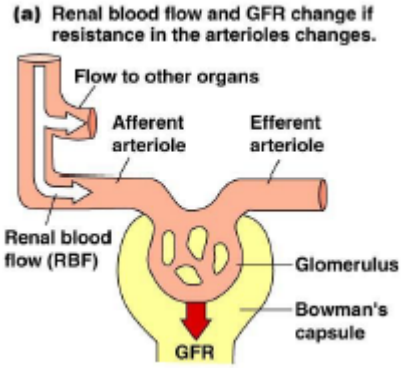
Iragazpen frakzioa: odoletik giltzurrun hodira iragazitako ehunekoa (%15-20). Heltzen den odolaren %20a soilik iragazten da Bowmanen kapsulan, eta behin nefronaren hodira sartu denean %19a birxurgatu egiten da zirkulaziora bueltatzeko. Azkenik soilik %1a da jariatzen dena gernu moduan.



Erregulazioa

Iragazpen glomerularraren tasa (IGT) konstante mantentzea garrantzitsua da. Hori izango da glomeruluetan iragazten den bolumena denbora unitatearekiko. Oso garrantzitsua da konstante mantentzea, adibidez, iragazki gehiegi badago odol fluxua oso azkarra izango delako. Kasu horretan, berxurgatu beharreko substantzia guztiak ez dira berreskuratuko, eta gernuan galduko dira. Aldiz, tasa baxuegia bada, odol-fluxua mantsoegia izango da, eta berreskuratu behar ez diren substantziak hartuko dira. Ez dira hondakin guztiak ezabatuko.

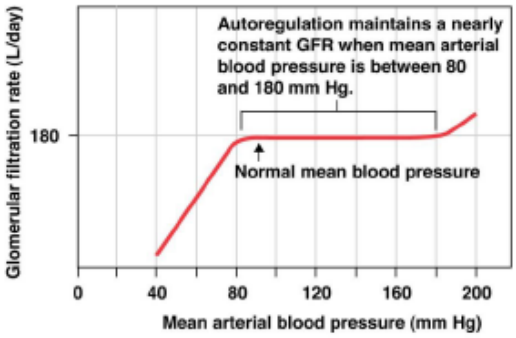
Esan dugun moduan, IGT-a giltzurrun arterioletako odol-fluxuaren menpekoa izango da, eta era berean, odol-fluxua odol-hodian sortutako presio gradientearen eta arteriolen erresistentziaren menpekoa izango da. Gainera, erresistentzia diametroaren menpekoa izango da. Guzti hori kontuan izanda, IGT-a konstante mantentzeko 2 mekanismo mota egongo dira: **Barne-mekanismoak** (giltzurrunen autoerregulazioa) eta **kanpo-mekanismoak** (erregulazio neurala eta hormonala). Horiek bien bitartez giltzurruneko odol-fluxua kontrolatu daiteke, IGT konstante mantentzeko.



Arteriola aferentean eta eferentean eragina dute, diametroa aldatuz presio hidrostatikoan eragiteko, eta ondorioz, IGT-m. Presio kolodosmotikoak aldaketak izaten ditu horrela ere.

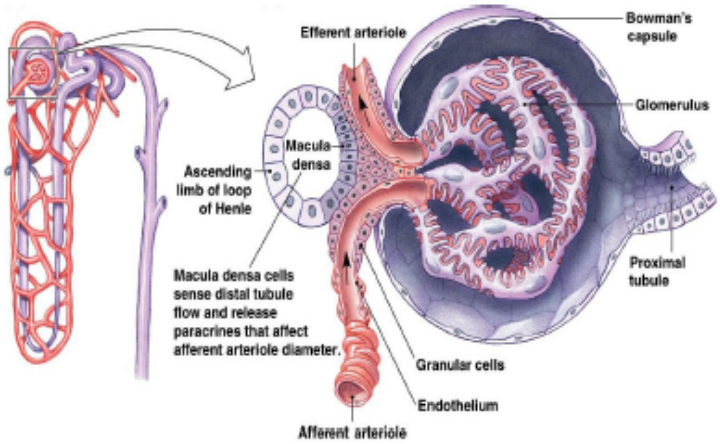
- **Giltzurunen autoerregulazioa (Barne mekanismoak)**

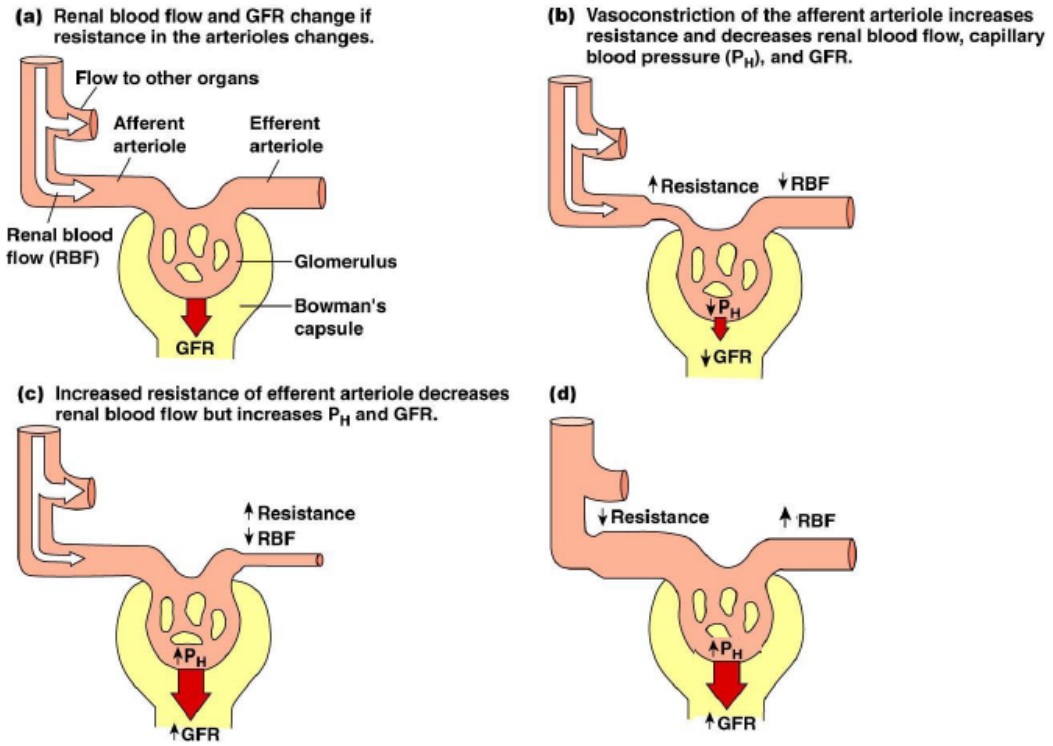
Metodo honetan prozesu lokalak ematen dira. Helburua IGT-a ia konstante mantentzea da nahiz eta odol sistemikoan presio aldaketak egon. Noski, presio arteriala 80-160 mmHg tartean mantendu behar da, bertatik kanpo autoerregulazioa oker ematen delako. Bertan, bi metodo desberdin daude: erantzun miogenikoa eta atzeraelikadura tubuloglomerularra.



Erantzun miogenikoa odoleko muskulu leunak duten joera da, luzatzen direnean automatikoki uzkurtzekoa. Izan ere, presio hidrostatikoa igotzen denean, arteriolen hormak luzatzen dira, haien muskulu zelulekin batera. Horren ondorioz uzkurketarekin erantzuten dute, erresistentzia igotzeko, eta ondorioz fluxua eta presio hidrostatikoa murriztuz glomeruluetan, Aldiz, odol sistemikoaren presio hidrostatikoa murrizten denean, arteriolen erantzuna dilatatzea izango da. Horrela glomeruluen barneko odol-fluxua handituko du, presio hidrostatikoa ere handituz. Bi adibide horietan erantzun miogenioaren bidez IGT-a normala mantentzen da.

Atzeraelikadura glomerularrean, aparatu juxtaglomerularreko *macula densa*-ko zelulek fluxu tubularra detektatzen dute. Bertan, NaCl bilatu eta arteriola aferentearen uzkurdura eragiten duen seinale parakrinoa jariatzen dute. NaCl-ri erreparatzen zaio osmolaritatearen adierazle delako, gernuaren kontzentrazioarena. Horrela, osmolaritatearen jaitsiera detektatzen bada odol-fluxua oso mantso doala esan nahiko du. Ondorioz, arteriola aferenteak dilatatu egingo dira, glomerulura heltzen den odol-fluxua handituz, eta ondorioz, IGT-a ere bai. Aldiz, osmolaritatearen handipena detektatzen bada, iragazkia oso azkar doala esan nahiko du eta guztiz kontrakoa gertatuko da, arteriola aferenteak uzkurtuz. Laburbilduz, *macula densa*-ko zelulek aparatu juxtaglomerularrekoak aktibatuko dute errenina-angiotentsina mekanismoa aktibatuz.





Goiko irudi honetan arteriola aferente edo eferenteetan egondako diametro adaketak izan ahal duten eragina agertzen da. Adibidez, B eta C konparatuz ikus daiteke nola uzkurtzen den arteriolaren arabera, nahiz eta lokalki bakoitzak eragin bera izan, IGT-an duten eragina kontrakoa da, glomeruluak pasarazten duen odol fluxuan eragina ere kontrakoa izango delako. Gainera, B eta D konparatuz, arteriola bera uzkurtzeak edo dilatatzeak IGT-an kontrako ondorioa dutela ikus daiteke.

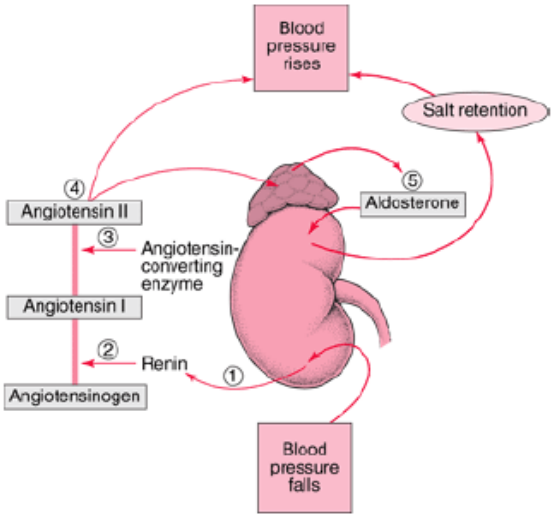
- **Erregulazio neurala eta hormonala (kanpo-mekanismoak)**

Gerta daiteke azaldutako erregulazio mekanismoak ez izatea nahiko, eta kasu horretan, gorputzak presio arterial sistemikoan eragiten saiatuko da. Horretarako, bi aukera izango ditu: Nerbio-sistema sinpatikoa edo Errenina-Angiotensina-Aldosterona sistema.

Nerbio-sistema sinpatikoak gorputz osoa hartzen du kontuan. Egoera fisiologiko normalean, giltzurrunen odol odiak dilatatuak egongo dira eta autoerregulatuko dira. Aldiz, estresa edo larrialdia ematen bada, gerta daiteke beste organo batera odola bideratu behar izana, erregulazio neuralaren bidez burutzen dena. Zintz sinpatikoak norepinefrina jariatu eta muin adrenalak epinefrina kanporatuko dute. Seinale horiek odolaren muskulu leunean eragingo dute arteriola aferenteak ukurtuz, eta ondorioz glomeruluetatik pasatzen den odol-fluxua eta iragazkina murriztuz. Horrela, errenina-angiotentsina mekanismoa aktibatuko da, zelula juxtaglomerularren seinaleen ondorioz,

Errenina-angiotensina mekanismoa, jadanik esan dugun moduan, zelula juxtaglomerularren bidez aktibatzen da, hauek errenina jariatze dutenean. Odol.presioa jaisterakoan, bertako mekanohartzaileak aktibatu egiten dira, makula densa aktibatu egiten da, eta nerbio-sistema sinpatikoa zuzenean aktibatzen da. Errenina molekula izanda, hori angiotentsinogeno bihurtu egiten da, eta azken horrek era berean angiotentsina I eta ondoren angiotentsina II bihurtzen da. Angiotentsina II da aktiboa dena, funtzio konstriktoreduna. Arteriolak uzkurtu eta presioa handituko du puntu horretan, glomeruluena murriztuz. Horrela,

odol fluxua askoz motelagoa izango da eta galtzen ari ziren gatzak ondo birxurgatu ahalko dira, haien artean NaCl (prozesu honetan ere angiotentsina II-k zuzenean lagunduko du, giltzurrun hodiko hartzaileetara lotuz). NaCl-aren eragina gorputzean presio arteriala igotzea da. Gainera, guruin adrenala estimulatuko du, aldosteronaren jariapena eraginez, gatzen birxurgapena are gehiago emendatuko duena. Aldosteronarekiko dauden hartzaile kopuruak molekularen eragina modulatuko du puntu desberdinetan. Hori dela eta, arteriola aferenteak eferenteak baino hartzaile gehiago izango ditu, presio hidrostatikoa igo ahal izateko eta ondorioz IGT-a normalizatzeko.



Berxurgapen tubularra

Egunero iragazten diren 180l plasmatik % 99a baino gehiago berd¡xurgatu egiten dira nefronetan. Berxurgapen handiena tubulu hurbilean ematen da, eta txikiagoa eta selektiboagoa urruneko tubuluan eta hodi biltzailean. Baina, iragazki gehiena gero birxurgatu behar bada, zertarako iragazi guzti hori? Hori xenobiotikoen kanporaketa bermatzeko egin behar da. Izan ere, berxurgatzen diren substantziak gorputzak behar dituena da, ezagunak, eta horientzako hartzaileak daude. Aldiz, dena iragazi eta birxurgatu beharrean hondakinentzako hartzaileak bazeuden, selektiboki kanporatzeko, kutsatzaile ezezagunak gorputzaren barruan geratuko litzateke. Gainera, prosezu honen bidez gorputzak substantzien kontzetrazioak baloratzen ditu, horrela, osmolaritatea baxua edo altua dagoen jakin ahalko du.

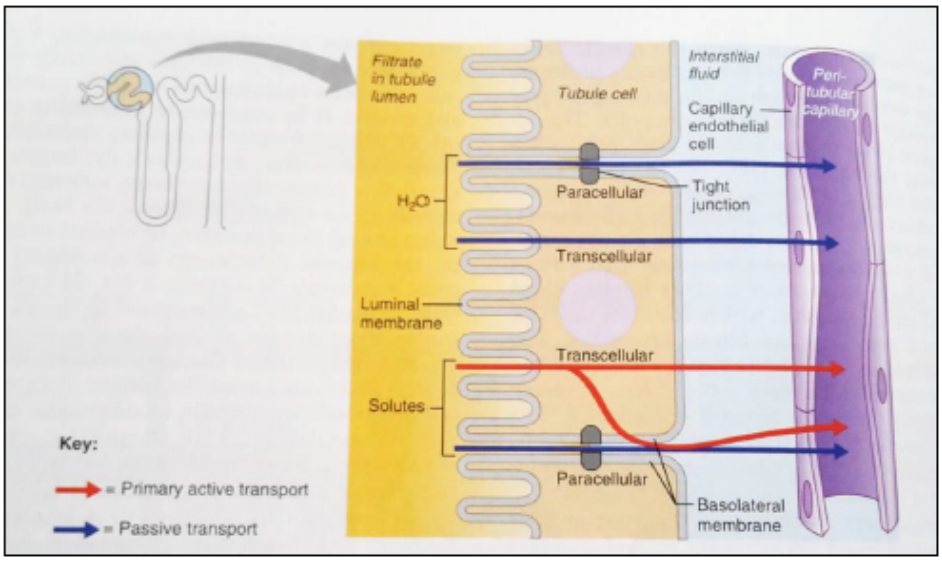
Garraioa prozesu pasiboa edo aktiboa izan daiteke, energia gastuaren arabera. Hori kontuan izanda, berxurgatutako molekulek bi bide jarraitu ahal dituzte:

- **Garraio transepiteliala:**

zelula epitelialetan mintz apikala eta basolaterala zeharkatu egiten da. Gradientearen alde edo kontra izan daiteke hori, eta azken kasuan energia gastua suposatuko du.

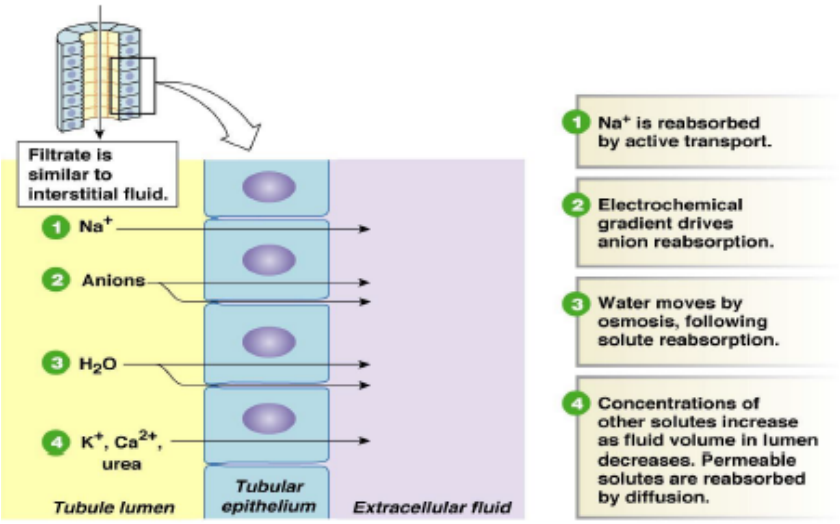
- **Bide parazelularra:**

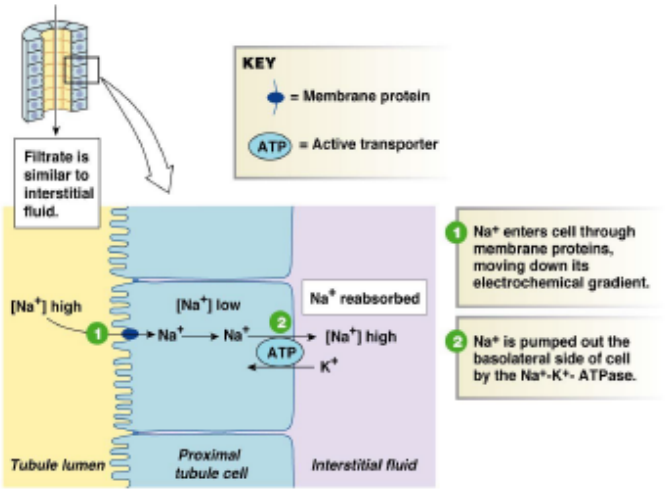
zelulen artetik pasa daitezke substantziak, beti gradientearen alde.



Molekula bakoitzak jarraituko duen bidea bere iragazkortasunaren araberakoa izango da.

Anioi gehienak gradiente elektrokimikoen alde mugitzen dira eta ura osmosiaren bidez. Dena den, sodioaren kasua desberdina da. Bestelako molekulak birxurgatu ahal izateko ezinbestekoa da. Izan ere, garraio sekundarioaren bidez tubuluetatik ateratzen da, kontzentrazio gradiente bat sortuz. Horren ondorioz, uraren mugimendua ematen da ere tubuluetatik kanpo. Horrek eragiten du iragazkiaren kontzentrazioaren emendaketa, eta horri esker, solutu askok sortu den gradientearen alde birxurgatu ahalko dira.

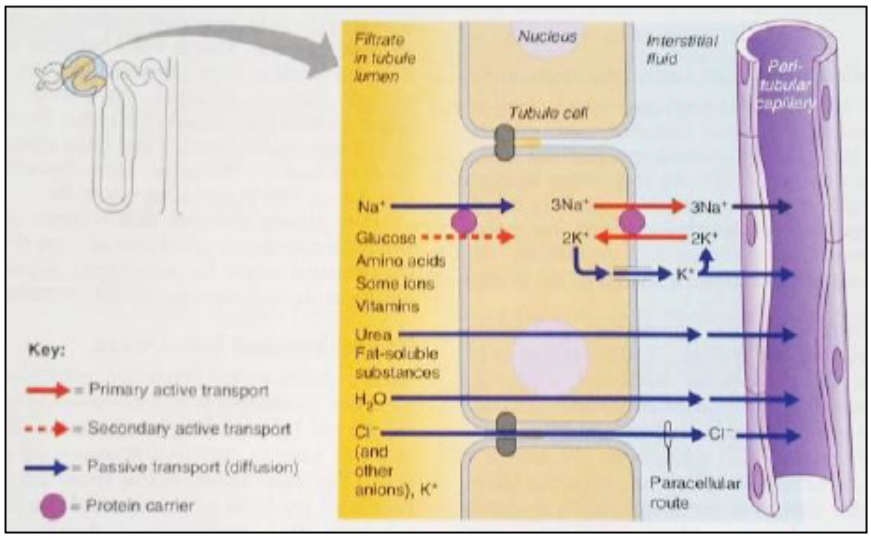




Sodioaren garraio aktiboa, beraz, berxurgapen nefritikoaren indar eragile garrantzitsuena da. Izan ere, aipa dugun moduan, iragazkian dagoen katioi ugariena da. Garraio aktiboan erabiltzen den energiaren %80a sodioaren birxurgapenean erabiltzen da, garraio transepitelialean. Bertan prozesu desberdinak daude: lehendabizi, sodioa zelula lubularretan sartu eta ondoren sodio/potasio antiporte baten bidez zelulen arteko fluidora doa. Bertatik, kapilarretara doa difusioaren bidez. Sodioaren garraio aktiboak gradiente bat sortzen du, beste solutuak birxurgatzeko erabili daitekeena.

Garraio aktibo sekundarioaren bidez, sodio barneraketari akoplatutako substantzia asko xurgatu egiten dira gradientearen kontra. Birxurgapen tubular pasiboak gradientea jarraitzen duena da, ATP gasturik gabe. Sodio ioiak ezarritako gradiente elektrikoek anioien xurgapen pasiboa eragiten dute, eta gradiente osmotikoa dela-eta, ura garraiatzen da.

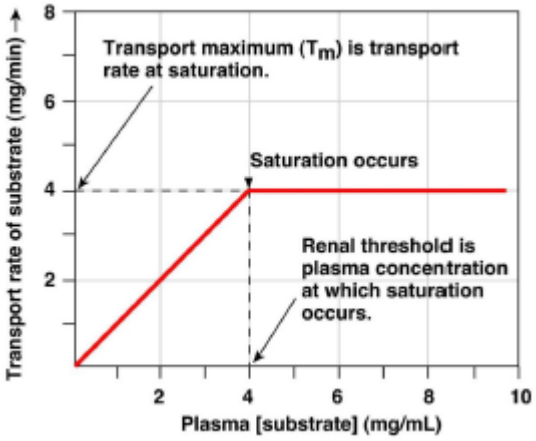
Bertatik ura ateratzen denean, solutu kontzentrazioa igo eta sodioa kontzentrazio gradientea jarraituko du odolerantz. Prozesu honen bidez burutzen diren garraioak aktibo sekundarioak dira, adibidez Glc, aa, laktatoa etab-en garraioak. Ia kasu guztietan hartzaile bakar batekin sodioarekin abtera garraiatu daitezkeenak dira.



Baina sodioaren garraio sekundarioaren ondorioz birxurgapen pasiboa ere eman daiteke, urearena, adibidez. Izan ere, tubulu hurbilean ez dago horrentzako garraiatzaile aktiborik. Beraz, difusio erraztuz zeharka dezake epitelioa, kontzentrazio-gradientea egon behar delarik. Gradiente hori sodioaren garraioaren ondorioz sortzen den kontzentrazioaren gradientea izango da (ura birxurgatu ondoren).

Glomeruluetan ez dira proteinak iragazten. Handiegiak badira kanal bidez berxurgatzeko, hartzaile bidezko endozitosia burutuko da, eta behin barneratutak, zitoplasman degradatuko dira edo tranzitosia beteko dute beste alderaino. Horren salbuespenak hormona eta entzima txiki batzuk izango dira, iragazpen-barrerak igaro ditzaketenak.

Hatzaileak dauden bitartean birxurgapena emango da, baina gerta daiteke horiek saturatzea, guztiak lanpetutak badaude. Saturazio-puntutik behera garraio-tasa substrato-kontzentrazioarekiko proportzionala da, baina bertatik gora garraio maximoan mantenduko da (Tm). Saturazio-puntutik gora egonda, solutu kontzentrazioa igotzen bada ez du eraginik izango, eta gernuarekin batera kanporatuko da. Honek azaltzen du, adibidez, diabetikoen gernuan glukosa kontzentrazio altuak egotea.

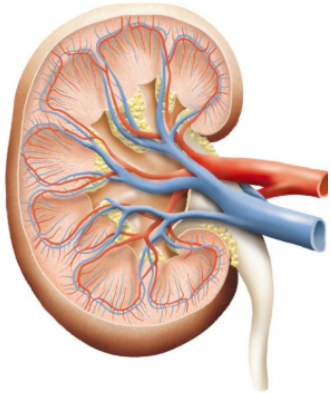


Jariapen tubularra

Zelularteko likidoko molekulak nefronaren lumenera jaria daitezke, mintzeko garraio-sistemen bidez. Bertako prozesu garrantzitsu bat potasio eta protoien jariapena da. Horiek erregulazio homeostatikorako ezinbestekoak dira, pH-a erregulatzen baitute. Gainera, jariapen tubularraren bidez konposatu organiko ugarien iraizketa ahalbidetzen da, bai metabolito propioak (urea) bai xenobiotikoak. Jariapen hori aktiboa da beti, gradientearen kontrakoa (gehienetan sekundarioa).

Gernuaren kontzentrazio eta bolumenaren kontrola

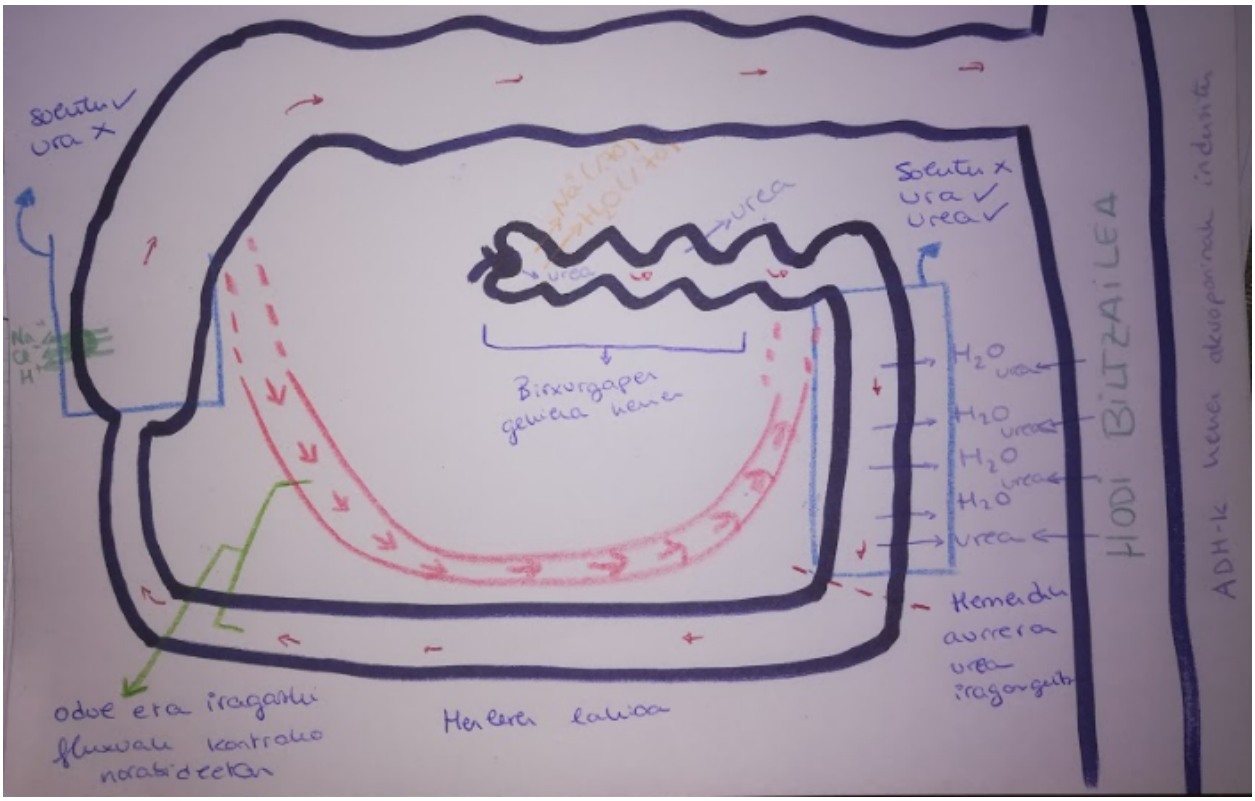
Osmolaritatearen unitateak solutu partikula/ur litro (1000 g) adierazten du. Gorputzeko fluidoetan, miliosmol moduan erabiltzen da (mOsm). Horrekin erlazionatuz, giltzurruneko funtzio bat fluidoen solutu kopurua konstante mantentzea da 300 mOsm inguru. Horrela, odol plasmaren kontzentrazio osmotikoa mantentzen da. Baina, nola egiten da hori? gernuaren kontzentrazioa kontrolatuz. Izan ere, iragazkiaren osmolaritatea plasmaren osmolaritatearen antzekoa izango da.



Izan ere, kontzentrazio prozesu hori espazialki banatuta dago. Henleren lakioan iragazkina isosmotikoa da, baina giltzurrunaren gainazaletik muin sakonera igarotzerakoan 1200 mOsm-etara hel daiteke. Hori nefrona justamedularren bidez lor daiteke. Aipatzekoa da goi-muga hori gure tamaina dela-eta dela. Izan ere, beste animalia batzuen giltzurrunak handiagoak dira eta barrunbean lor daitezkeen osmolaritate baloreak askoz handiagoak dira.

Kontzentrazioaren kontrola

3 faktore hartu behar dira kontuan: Henleren lakioaren lehenengo zatia iragazgaitza da solutuentzat, baina iragazkorra urarentzat. Azken zatian kontrakoa gertatzen da, iragazkorra dela solutuentzat baina ez urarentzat. Amaitzeko, hodi biltzaileak daude muin sakonean, ura pasarazten dutenak.



1. **Henleren lakioaren lehenengo zatia iragazgaitza da solutuentzat eta iragazkorra urarentzat.**

Muinaren likido interstizialaren osmolaritatea Henleren lehenengo zatian handituz doa. Ondorioz, ura kanporatu egiten da, eta beheraino iristerakoan iragazkinaren osmolaritate maximoa 1200 mOsm-takoa da.

2. **Henleren lakioaren azken zatia iragazkorra da solutuentzat eta iragazgaitza urarentzat.**

Iragazkortasun aldaketa selektiboa da. Bertan, Na^+, K^+ eta Cl^- ioientzako kogarraiatzaileak agertzen dira.Hori dela eta, urruneko tubuluan 100 mOsm-etako balioak egoten dira, Henleren lakioan 200 mOsm daudelarik. Aldaketa horrek atzeraelikadura positiboa eragiten du, osmolaritatearen igoera eraginez.

3. **Hodi biltzaileak iragazkorrak dira urearentzat.**

Giltzurrun hodian urea kontzentrazioa igoz doa, eta hodi biltzailea iragazkorra izanda, kanporatuko da kontzentrazioak berdindu arte. Hori berziklapen prozesu txiki bat da.

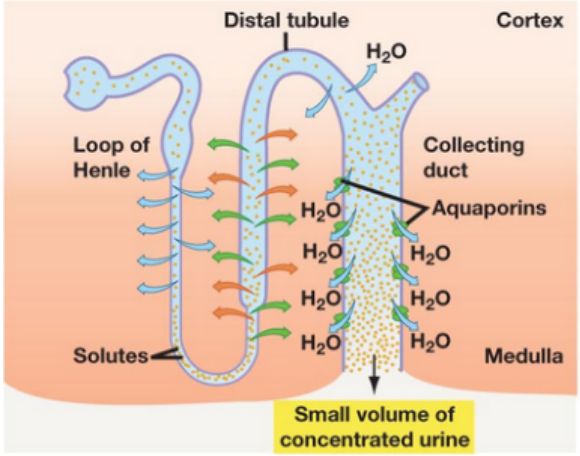
***Vasa recta*ren funtzioa** NaCl zikloak ezarritako gradiente osmotikoa mantentzea da, eta bertako zeluletara odola eramatea. Odol fluxua mantsoa bada, urarekiko eta NaCl-rekiko iragazkorra denez, oreka lortuko da. Dena dela, muin sakonerantz joaterakoan, ura galdu egiten da eta NaCl irabazi, eta gainazalerantz joaterakoan kontrakoa gertatuko da.

Bolumenaren kontrola

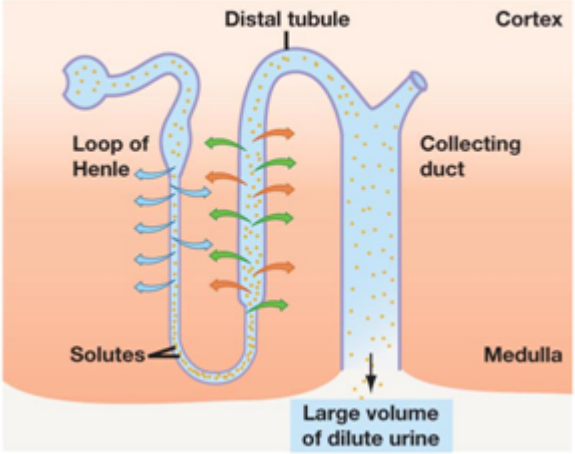
Gernua diluitu edo kontzentratu daiteke. Nahiz eta bi prozesu horiek modu desberdinetan egoera fisiologiko normalean eman, ez-ohiko egoerei aurre egiteko ere modulatu daitezke. Bi prozesu horien modulazioa gorputzaren ur-beharraren araberakoa izango da. Orain bi egoera fisiologiko desberdin planteatuko ditugu: ura behar dugunean, eta ur nahiko edan ostean:

- **Ura behar dugu:**
  Odol plasmatikoaren kontzentrazioa handituko da, eta ondorioz gorputzean edateko seinalea sortuko da. Aldi berean, estimulatuko du hipofisi-hipotalamo ardatza hormona antidiuretikoa ekoizteko (ADH). ADH-k hodi biltzailean akuoporina kantitatea handitu egingo du, uraren birxurgapena emendatuz. Ondorioz, gernuaren kontzentrazioa igoko da, eta odol plasmatikoaren kontzentrazioa berriro jaitsiko da, normalera bueltatuz.

(a) ADH present: Collecting duct is highly permeable to water.



(b) No ADH present: Collecting duct is not permeable to water.



- **Ura edaterakoan:**

  Kasu horretan, odol plasmatikoaren kontzentrazioa jaitsi egingo da, eta ez da edateko seinalerik emango. Horren ondorioz, ADH-ren ekoizpena inhibituta egongo da eta hodi biltzaileko mintzaren akuoporina kantitatea jaitsiko da. Beraz, ura ez da birxurgatuko, eta gernuarekin batera kanporatuko da, hori diluituz. Horrela, odolaren kontzentrazio plasmatikoa berriro igotzen da egoera normalera bueltatuz.

Beraz, gernuaren kontzentrazio/diluzio prozesua ADH hormonaren menpekoa da, eta horren ekoizpena egoera fisiologikoaren bidez inhibitu edo aktibatu daiteke. Atal bakoitzean aipatzen den moduan, ADH ekoizpena odoleko osmolaritatearen bidez modulatzen da (osmolaritatea jaisten denean ez da ADH-rik ekoizten). Patologia askok horren erregulazioan eragin dezakete. Adibidez, izerditan gaudenean, ura galtzen dugunez, ADH ekoizpena emendatzen da. Gauza bera gertatzen da beherakoa dugunean, edo odol bolumen edo presioa jaisten denean.

ADH ekoizpena inhibitu eta gernuaren diluzioa eragiten duten konposatuak **diuretikoak** dira. Mota ezberdinetakoak izan daitezke:

- Diuretiko osmotikoak: ura berarekin eramaten duen eta berxurgatzen ez den solutua da. Horren adibidea fiabetikoen gernuarekin doan glukosa dago.
- Alkohola: diuresia aktibatzen du, ADH jariapena inhibituz.
- Sodio ioien birxurgapenaren inhibitzaileak: kafeina, hipertentsiorako erabiltzen diren zenbait farmako…

Gernua

Ezaugarri fisikoak

Gernua toxinak edo gorputzak nahi ez dituen solutuak kanporatzeko erabiltzen da. Hala, gernua = Plasma - (proteinak + gorputzari interesatzen zaiona) izango da.

Honen ezaugarri fisikoei dagokienez, likido urtsu, garden eta horixka da. Hori kolorea urokromoak ematen dio, hemoglobina apurtzean sortutako pigmentuak. Kolore horren intentsitatea urokromoaren kontzentrazioarekiko proportzionala da; hau da, zenbat eta kolore ilunagoa izan, molekularen kontzentrazioa are handiagoa izango da.

Patologien ondorioz (zelulak, globulu gorriak, odola… ager daitezke) edo jandakoaren ondorioz (erremolatxak kolore morea ematen dio, adibidez), gernuak kolore arraroa izan dezake: marroia, arroxa… Azpimarratu beharrekoa da intentsitateak ez duela gaixotasuna adierazten, kontzentrazioa baizik.

Normalean usain gutxi izaten duen arren, luzaro metatzen bada amoniako usaina hartzen du, bakterioek urea metabolizatzen dutelako. Gainera, janariak eta gaixotasun batzuek gernuaren usaina aldarazi dezakete; *diabetes mellitus*-a dutenen kasuan, esaterako, gernuak fruta usaina izaten du, azetona ugari duelako.

Honez gain, gernua normalean azidoa izatean da (pH 6). Hala ere, dietaren arabera pH-a aldatzen da: proteina ugari jaten badira, azidifikatu egingo da eta barazki ugari janez gero, alkalinizatu.

Ezaugarri kimikoak

Gernuaren osagairik ugariena ura (%95) den arren, solutuak (%5) ere badaude. Honakoak dira solutu garrantzitsuenak:

-**Urea:** aminoazidoak desegitean sortzen da. Honen zati bat nefronaren hurbileko tubuluan xurgatzen den arren, arrazoia ez dago oso argi.

-**Azido urikoa:** azido nukleikoen base nitrogenatuak metabolizatzean sortzen den hondakina.

-**Kreatinina:** kreatina fosfatoaren metabolitoa, ATPren birsorkuntzarako energia metatzen du.

Gernuan duten kontzentrazioaren arabera, handienetik txikienera, hauek dira gernuan agertzen diren solutuak: urea, Na^+, K^+, PO_4^{3-}, SO_4^{2-}, kreatinina, azido urikoa eta askoz kontzentrazio baxuagoetan Ca^{2+}, Mg^{2+} eta HCO_3^-.

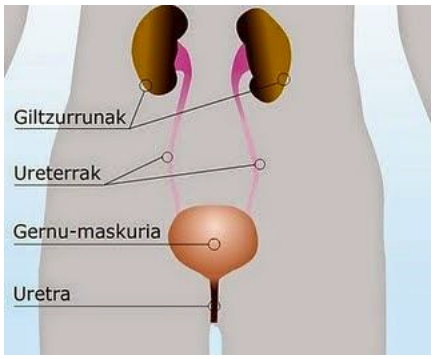
Bestelako solutuen agerpena gernuan zenbait patologiaren adierazle izan daitezke, eta hori dela eta, gernu analisia klinikan asko erabiltzen da.

Abnormal Urine Constituents

Substance	Name of Condition	Possible Causes
Glucose	Glucosuria	Excess sugary intake; diabetes mellitus
Proteins	Proteinuria	Physical exertion, pregnancy; glomerulonephritis, hypertension
Pus (WBCs and bacteria)	Pyuria	Urinary tract infection
RBCs	Hematuria	Bleeding in the urinary tract
Hemoglobin	Hemoglobinuria	Various: transfusion reaction, hemolytic anemia
Bile pigments	Bilirubinuria	Liver disease (hepatitis)

Egitura laguntzaileak

Giltzurrunez gain, gernu-sisteman ureterrak, puxika (gernu-maskuria) eta uretra daude.



Ureterrak

Giltzurrunetatik bi hodi irteten dira, maskuriarekin konektatzen dituztenak. Hauek ureterrak dira eta gernua giltzurrunetatik puxikara eramaten dute, garraio aktibo bidez. Giltzurrunen atala den pelbisaren jarraipen bezala hasten dira.

Funtzioa eta erregulazioa

Gernua ureterretan zehar garraiatzen da puxikara garraio aktiboaren bidez, ez grabitatearen ondorioz. Mugimendu peristaltikoen bidez eramaten da eta hauen indarra eta maiztasuna gernuaren eraketaren araberakoa izango da.

Bi erregulazio maila izango ditu:

- **Erregulazio lokala:** erantzun muskularra emango da. Gernua sartzerakoan ureterren paretak luzatzen dira eta hori muskulu geruza uzkurtzeko seinalea izango da. Uzkurdura hauen bidez gernuaren propultsioa egingo da, hau da, beherantz eramango da.
- **Erregulazio neurala:** bi ureterrak zuntz sinaptikoak eta parasinpatikoek inerbatu
  - **Nerbio-sistema parasinpatikoa** menderatzailea da atsedenean edo lasai gaudenean eta ureterrei dagokienez, gernuaren garraioa aktibatzen dute.
  - **Nerbio-sistema sinpatikoa** menderatzailea da estres egoeretan eta ureterrei dagokienez, gernuaren garraioa inhibitzen dute (egoera horietan txiza egiteko gogoa kentzen da).

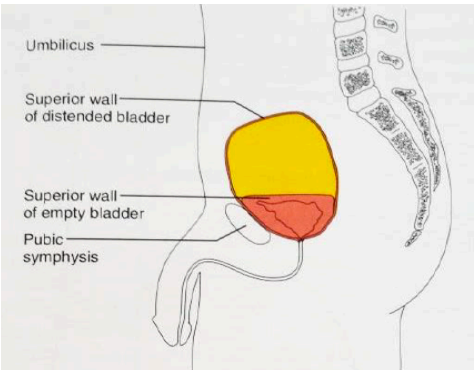
Puxika/Gernu-maskuria

Muskulu leunezko poltsa da (muskulu detrusorea) batez ere, baina honen gainean dagoen mukosaren epitelioaren tolesdurak garrantzitsuak izango dira luzapenerako. Bere funtzioa gernua metatzea da.

Anatomia

Hiru atal ditu: gorputza, lepoa eta trigonoa.

- **Gorputza:** zati nagusia da.
- **Lepoa:** uretrarekin lotuta dago.
- **Trigonoa:** ureterrek eta uretrak mugatzen dute. Infekzioak normalean atal honetan ematen dira.



Normalean txikia den arren, urdailaren antzera hau ere asko luzatu daiteke. Hutsik dagoenean forma piramidala izaten du, paretak lodiak dira eta mukosaren epitelioak ruga deritzen tolesdurak ditu. Luzatzen denean 500 mL-ko bolumena har dezake eta 1L baino handiagoa, behar izatekotan.

Erregulazioa

Puxikaren erregulazioa funtsezkoa da gernuaren metaketa eta mikziorako.

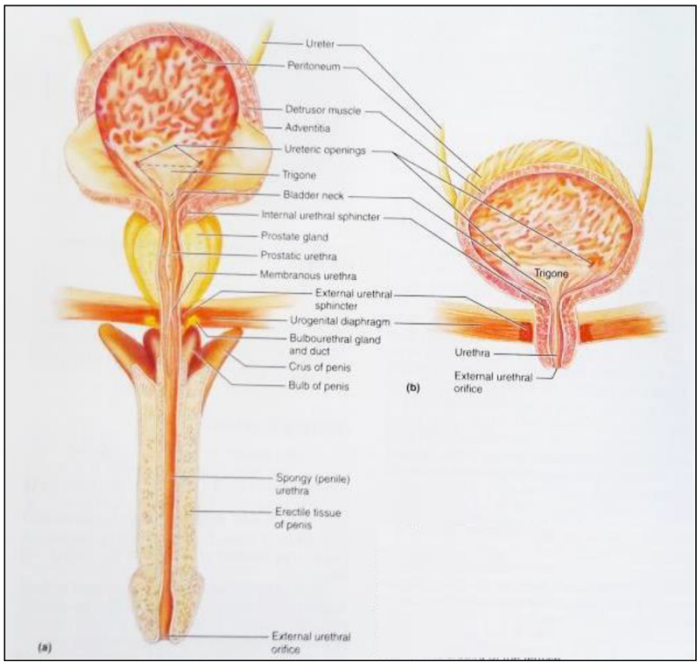
Erregulazioa gernuaren sarrerak paretak luzatzerakoan aktibatzen da eta hartzaileek honen inguruko seinaleak bidaltzen dituzte bizkarrezur muinera. Puxika bete bitartean, muskulu detrusorea erlaxatuta egongo da. Hala ere, gernua kanporatzeko orduan, neurona parasinpatikoek muskulu detrusorea estimulatzen dute mikzio uzkurdurak aktibatuz. Izan ere, geroago aipatu bezala, muskulu destrusorearen uzkurketa beharrezkoa da mikzio emateko.

Uretra

Pareta fineko hodi muskularra da, gernua kanporatzeaz arduratzen dena. Aurreko ataletan ikusi bezala, giltzurrunetik atera eta atalik nagusiena muskulu geruza da, izan ere, giltzurrunetatik aurrera gernua muskuluen bidez eraman eta kanporatzen dela esan daiteke.

Uretran bi esfinter daude:

- **Barneko esfinterra:** nahigabekoa. Muskulu leunaz osatuta dago eta ez dugu guk kontrolatzen.
- **Kanpoko esfinterra:** boluntarioa. Muskulu eskeletikoaz osatuta dago eta guk kontrolatzen dugu. Hau da, gernua kanporatzeko seinalea iristen da eta erabaki daiteke kanporatuko den edo ez. Seinale hau periodikoki iristen denez, momentu bat helduko da zeinetan ezingo den gehiago kontrolatu eta gernua kanporatuko den.



♂ ~20 zm ♀ 3-4 zm
Ugalketa sistema

Gizonezkoetan, uretra handiagoa da, ugalketa sistema ere baita. Gutxi gora-behera 20 zentimetroko tamaina izango du. Emakumeetan txikiagoa da, 3-4 zentimetroko tamaina dauka. Honek eragina izango du infekzioetan.

Gernu-sisteman infekzio desberdinak ematen dira eta hauen arteko desberdintasuna infekzioaren maila da (anatomikoki behetik gora ordenatuta):

- **Uretritisa:** uretrako infekzioa. Mukosa jarraia denez, maskurira igo daiteke.
- **Zistitisa:** puxikako infekzioa. Infekzioa hemendik are gorago joan daiteke, giltzurrunetara arte.
- **Pielitisa/Pielonefritisa:** giltzurrunetako infekzioa.

Infekzio gehienak uzkitik ateratzen diren bakterioengatik ematen dira. Horregatik, emakumeetan uzkia eta uretraren zuloa hurbil egonda eta kanalaren tamaina txikia izanda, oso

ohikoa izaten da zistitisa pairatzea. Honez gain, pardela duten neska txikietan ere sarritan ematen da.

Galdera: *Gaixotasun hauek hezetasunarekin erlazionatuta daude?*

Mikzioa

Gernua hustea edo kanporatzea da mikzioa.

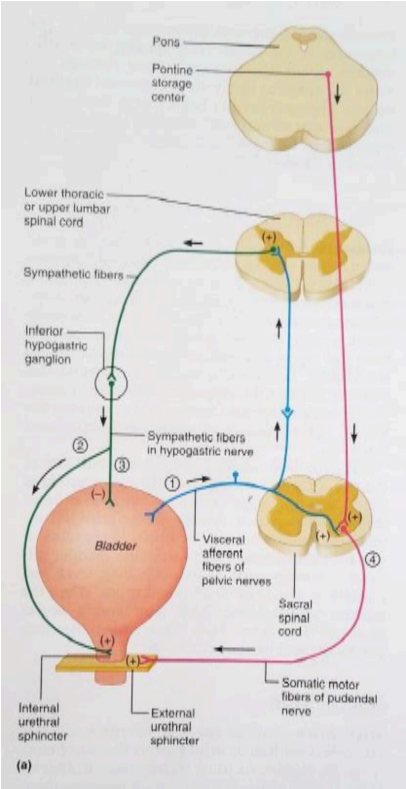
Bi erreflexu mota ematen dira gernu-sisteman:

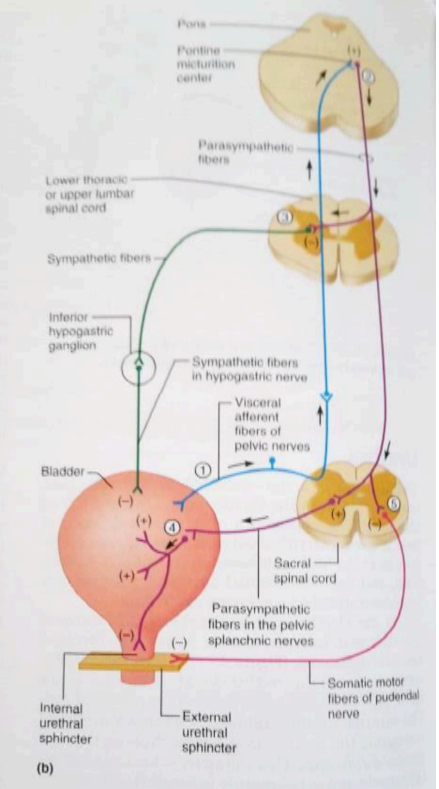
- Metaketa erreflexuak: gernua puxikara iristen denean hasten da erreflexua, puxika betetzen hasten denean. Seinale honek esfinterren uzkurdurak aktibatzen ditu. Barne (sinpatikoak) zein kanpo (parasinpatikoak) esfinterrak uzkurtzen dira eta kanporatzeko bidea ixten da. Aldiz berean, puxikaren muskulu detrusorea erlaxatzen da, hau da, honen uzkurdurak inhibitzen dira (sinpatikoa). Laburbilduz, metaketa erreflexuan puxika lasai eta esfinterrak uzkurtuta eta itxirik egongo dira.

- Mikzio erreflexuak: kanporaketarako erreflexua da. Nerbio-sistema parasinpatikoak muskulu detrusorearen uzkurdura aktibatu eta barne esfinterraren uzkurdura inhibitzen du (nerbio-sistema sinpatikoa inhibitu). Hala ere, kanpo esfinterraren gaineko kontrola kontzientea izango denez, gernua puxikara iritsi (200 mL) eta garunera mikzio-seinalea iristean, guk erabakiko dugu kanporatu edo ez. Puxika are gehiago betetzean (+200 mL), berriro ere seinalea iritsiko da eta erabakia gure esku egongo da. Betetze puntu zehatz batera iristen denean, aldiz, ezingo da gehiago kontrolatu eta mikzioa emango da.

Puxikan 200 mL daudenean, garunera mikziorako seinalea iristen da. Honek, kontrakzioen abiadura eta intentsitatea handitzen ditu. Ondorioz, neurona parasinpatikoak muskulu detrusorea uzkurtu eta esfinterrak erlaxatzen ditu. Beste 200-300 mL gernu iristean, prozesua berriro hasten da, mikzioa eman arte.

Irudietan + uzkurdura da eta - erlaxazioa.





Fisiopatologiak

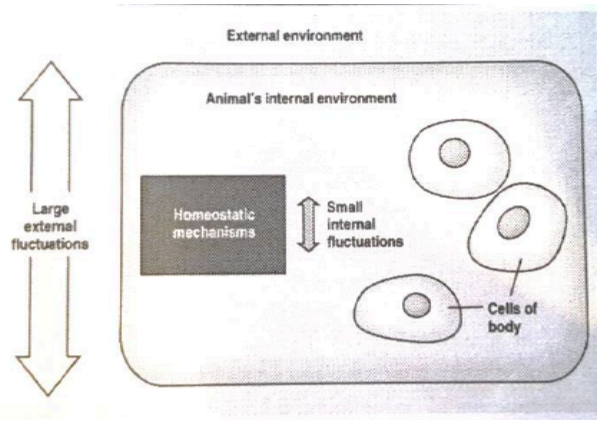
- Inkontinentzia: kanpo esfinterraren gaineko kontrola galtzen da, arazo emozionalen, haurdunaldiko presio fisikoaren edo nerbio-sistemako arazoen ondorioz. Azken honetan, nerbio-sistema parasinpatiko eta sinpatikoak ez dute ondo erregulatzen muskulua.

- Estres inkontinentzia: bat-bateko presio igoera ematen da, intrabdominala

- Gernu-atxikipena: Egoera honetan, puxikak ezin du gernua kanporatu. Ohikoa izaten da nerbio-sistemaren gaineko kontrola asaldatzea anestesia eta gero. Gizonezkoetan prostataren hipertrofia ematen da. Asko irauten badu, emakumezko zein gizonezkoetan beharrezkoa da kateterra jartzea puxikaren mina ekiditeko.

Oreka hidroelektrikoa

Ura eta ioiak etengabe sartu eta irteten dira gorputzetik. Sarrera dietaren bidez ematen da. Irteera bideka, berriz, anitzak dira: gernua (bide nagusia), gorotzak, izerdia eta birikak.



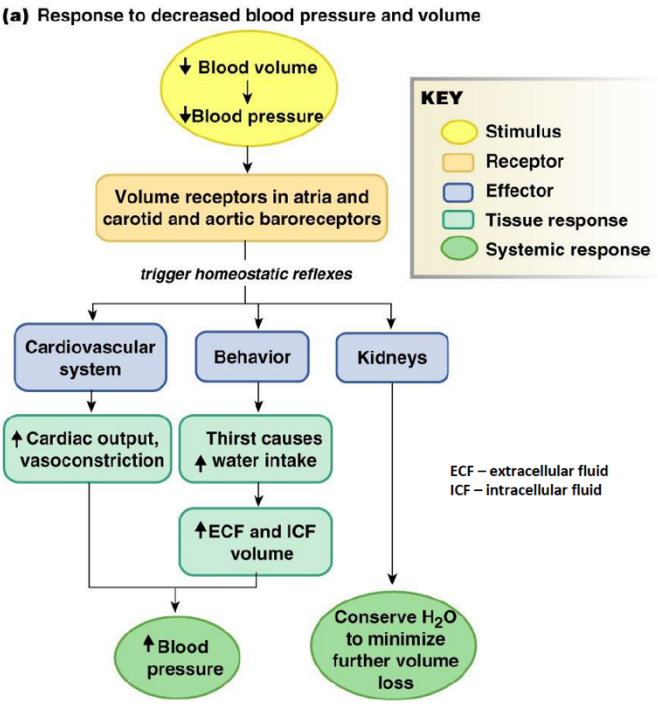
Gorputzean beharrezkoa da ur eta elektrolito kontzentrazioak tarte baten barruan konstante mantentzea, hau da oreka hidroelektrikoa egotea, oreka honek determinatuko baitu gorputz osoko oreka. Izan ere, urak bolumenean, presioan… eragina izango du eta elektrolitoek ekintza potentzialean, pH-an… eragingo dute. Horretarako garrantzitsuak dira mekanismo homeostatikoak.

Homeostasia mantendu beharraren arrazoiak ondorengoak dira:

- Na^+ eta H_2O: zelulaz kanpoko likidoen osmolaritatea, zelulen bolumena… kontrolatu.
- K^+: zelula kitzikagarrien mintzeko potentzialean garrantzitsua. Hau aldatuz gero sistema osoaren funtzionamenduan eragin dezake
- Ca^{2+}: prozesu ugaritan ezinbestekoa- exozitosia, uzkurdura muskularra, hezurren sormena, hemostasia…
- H^+ eta HCO_3^-: gorputzaren pH-a mantentzeko eta entzimen funtzionamendu egokirako garantzitsuak.

Oreka hauek mantentzeko sistema ezberdinak integratzen dira.

Presio arteriala, odol bolumena eta likido estrazelularraren osmolaritatea kontrol sare batek mantentzen du, hau da, sistema desberdinek hartzen dute parte oreka hidroelektrikoaren mantenuan. Sare honetan giltzurrunen funtzioa ezinbestekoa da. Hauek odola filtratu eta iragazkin honetatik birxurgapen eta kanporaketa prozesuak emango dira, organismoaren momentuko beharren arabera.



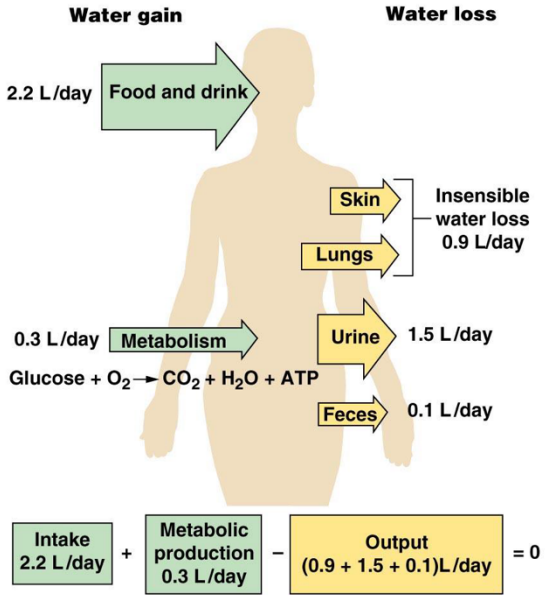
Uraren oreka

Gorputzeko likidorik ugariena da. . 70 kg-ko pertsona batek ~40 L ur ditu: 28 L zelulen barruan (2/3), 3 L plasman eta 11 L zelularteko fluidoan. Bolumenak mantentzeko oreka egon beharra dago ur sarrera (organismora sartu + organismoan sortzen dena) eta ur galeraren artean.

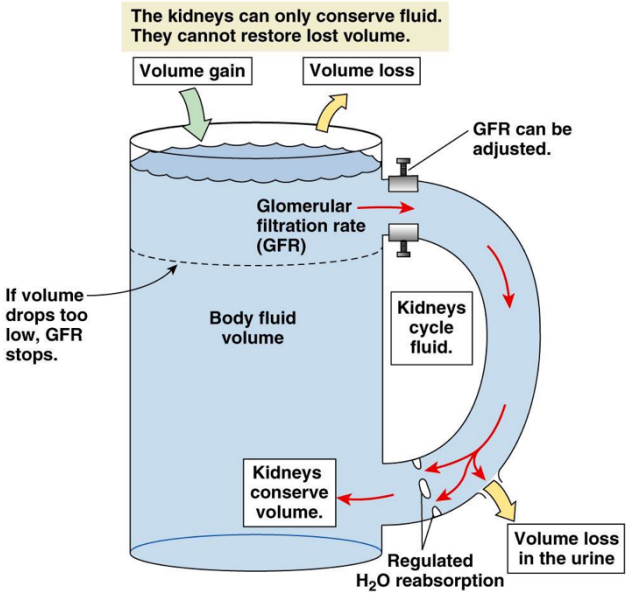
Giltzurrunek H_2O gorde edo berreskuratu dezakete, baina ez galdutakoa berrezarri edo sortu. Horretarako, gernuaren kontzentrazioa erregulatzen da: ura behar bada, gernua kontzentratuko du giltzurrunak eta ura galdu behar bada, gernu diluitua sortzen da.

Hau da, gernuaren osmolaritateak giltzurrunek iraitzitako ur kantitatea islatzen du:

- Ura eliminatu behar denean (diuresia): kontzentrazio baxuko gernua (50 mOsM)
- Ura kontserbatu behar denean: kontzentrazio altuko gernua (1200 mOsM)



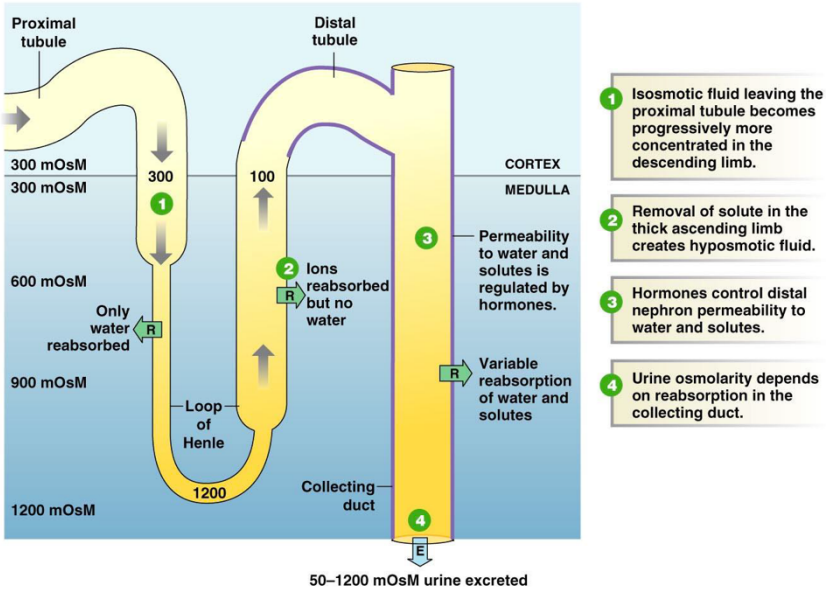
Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Nola lor daitezke horren kontzentrazio ezberdinetako gernuak?

Iragazkina sortu eta tubulu proximalean birxurgapen ia guztia gertatu ostean, Henleren lakioan sortutako gradiente osmotikoarekin ura edo solutuak aterako dira. Horren ondorioz, azken atalera, tubulu distalera iristen den gernuak kontzentrazio baxuagoa izango du (gernu normala ez da oso kontzentratua). Gernua kontzentratu nahi izatekotan, ura berreskuratzeko, hormona antidiuretikoaren (ADH) bidez normalean iragazgaitza den mintza iragazkor bihurtzen da solutu txiki batzuentzako, urarentzako adibidez (uraren proteina garraiatzaileak jartzen dira mintzean).



Aldez aurretik aipatu bezala, gernuaren amaierako kontzentrazioa ura gordetzeko edo kanporatzeko beharraren arabera aldatuko da.

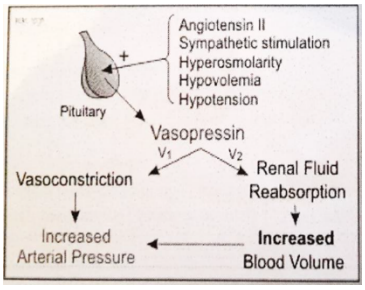
Iragazitako bolumena eta osmolaritatearen aldaketak nefronan zehar (ez ikasi):

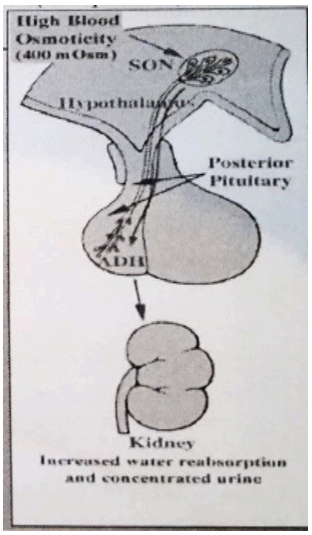
TABLE 19-1 Changes in Filtrate Volume and Osmolarity Along the Nephron

LOCATION IN NEPHRON	VOLUME OF FLUID	OSMOLARITY OF FLUID
Bowman's capsule	180 L/day	300 mOsM
End of proximal tubule	54 L/day	300 mOsM
End of loop of Henle	18 L/day	100 mOsM
End of collecting duct (final urine)	1.5 L/day (average)	50–1200 mOsM

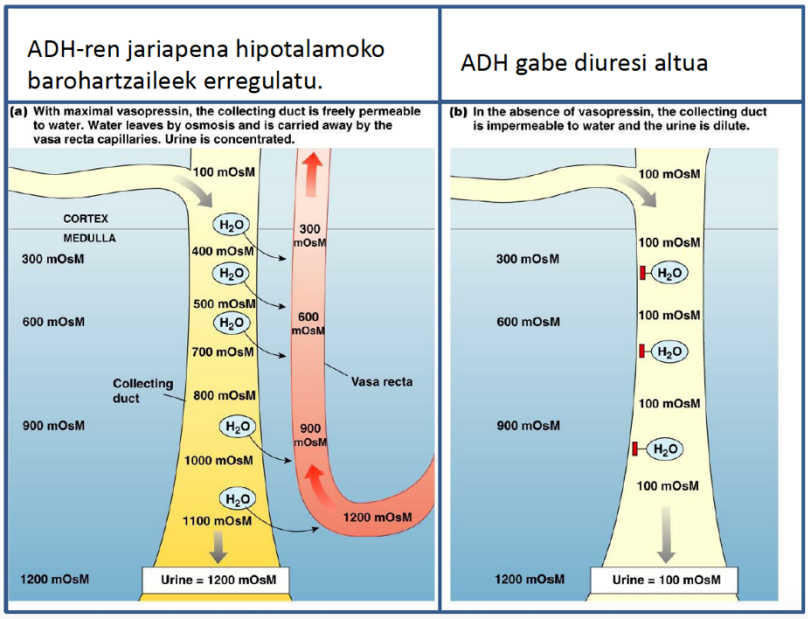
Hormona antidiuretikoa (ADH) hipotalamoan sortzen da eta hodi biltzaileak duen urarekiko iragazkortausna kontrolatzen du, gernuaren kontzentrazioa erregulatuz.

Likido extrazelularraren osmolaritatea igotzeak (osmohartzaile hipotalamikoak) edota bolemia (odol bolumena) eta presio arterialaren murrizketak (barohartzaileak gorputz karotideo, aortiko eta aurikuletan) neurohipofisian ADH askapena estimulatzen dute. ADH-ak hodi biltzaileetako zelulen mintz apikalean ur poroak (akuaporinak) atxikitzea eragiten du. Ura osmosi bitartez tubulutik irten dadin, hodiaren azken atalean Na^+ birxurgapena edo kanporaketa estimulatzen du eta hau orekatzeko asmotan, ura ere noranzko berean garraiatzen da akuaporinetan zehar.

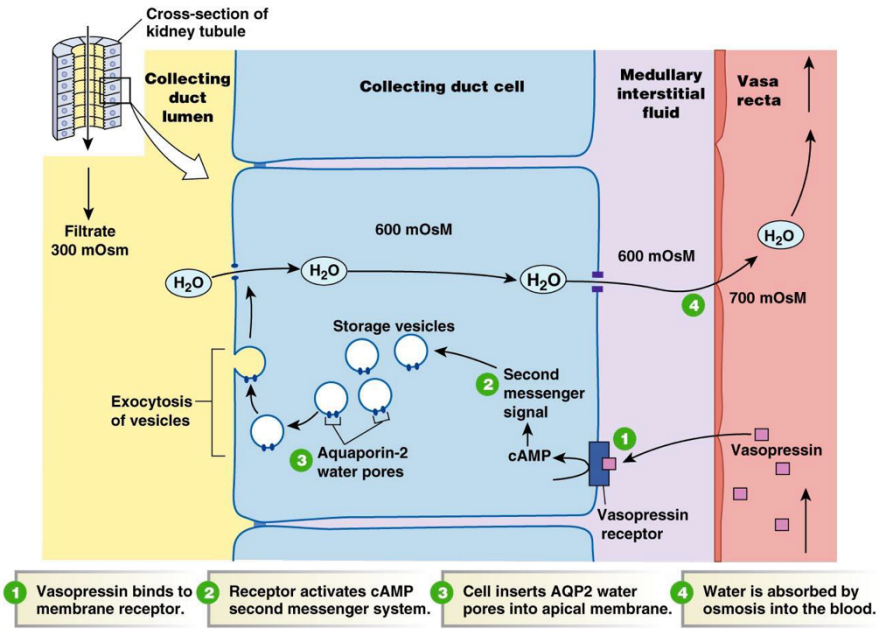




Nola erregulatzen da hodi biltzailearen urarekiko iragazkortasuna? Hormonalki: ADH. Ez badago ADH gernua diluitua izango da eta aldiz, hau dagoenean kontzentratu daiteke, maximoa 1200 mOsm izanik.



ADH-k akuaporinak epitelioko zelulen mintz apikalean txertatzea eragiten du. Basopresina= ADH, hodi biltzaileetako zeluletara iristean, ur-jauzi seinaleztapena aktibatzen da. Seinalea iristen denean, zeluletako besikuletan gordeta dauden akuaporinak tubuluaren argiko mintzera bideratuko dira. Hor urarentzako kanalak sortuko dira.



Sodioaren oreka

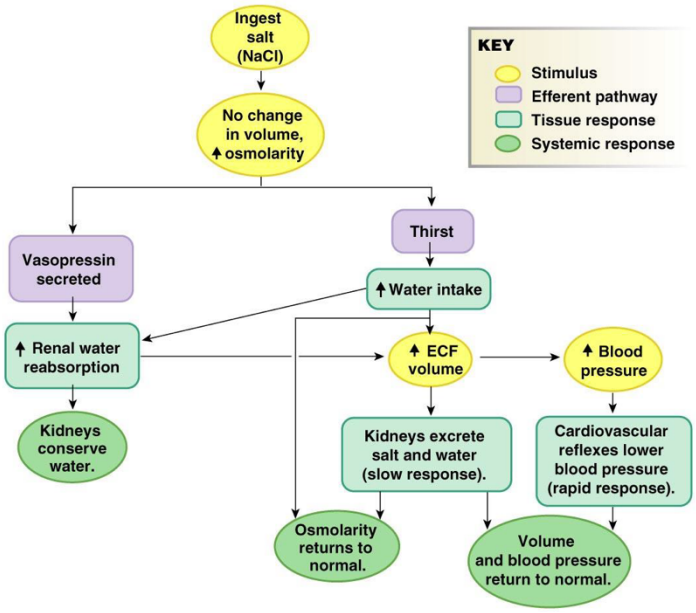
Sodioaren kontzentrazioa plasman 135-145 mOsM-koa da normalean eta, alde batetik bestera difusioz erraz pasatzen denez, [Na^+] berdina da bai plasman bai likido estrazelular osoan.

[Na^+] murriztea

Sodio kontzentrazioa altua denean, dietatik gehiegi jaso delako adibidez, hau murriztu beharko da. Izan ere, dietak [Na^+] izugarri emendatzen du, egun batean %8 handitu beharko litzatekeelarik gure bolumena hau konpentsatzeko. Hau ezin denez gertatu, giltzurrunetan Na^+-en iraizketa emateko mekanismoak daude.

Odolean Na^+-ek eragindako osmolaritatearen handipenak bi erantzun aktibatzen ditu:

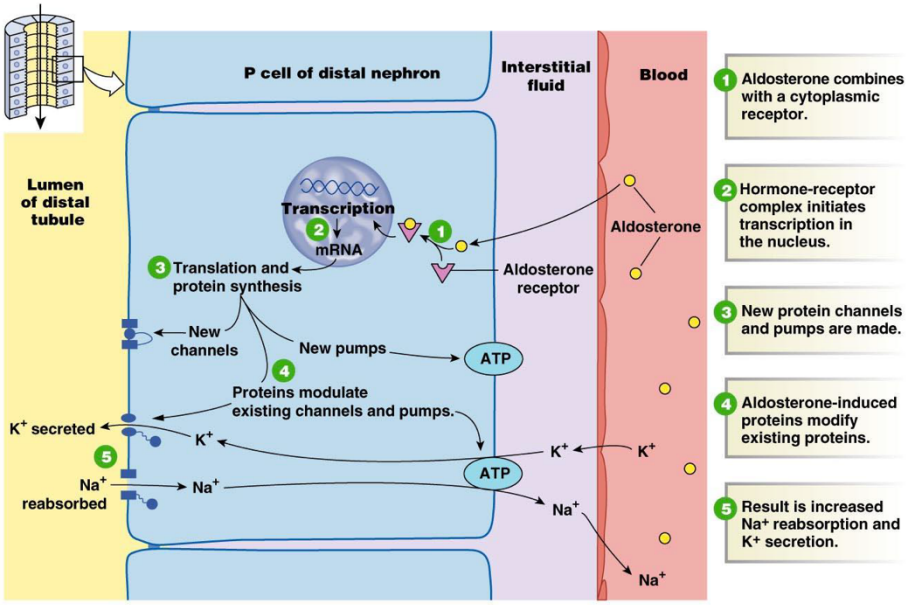
- **ADH-ren jariapenaren** bidez, giltzurrunek H_2O kontserbatu edo birxurgatuko dute eta odolera pasako da, gernu hiperosmotikoa sortuz eta odolaren osmolaritatea jeitsiz
- **Egarria sentitzean**, ura edango da eta honek odolaren osmolaritatea jaitsiko du.



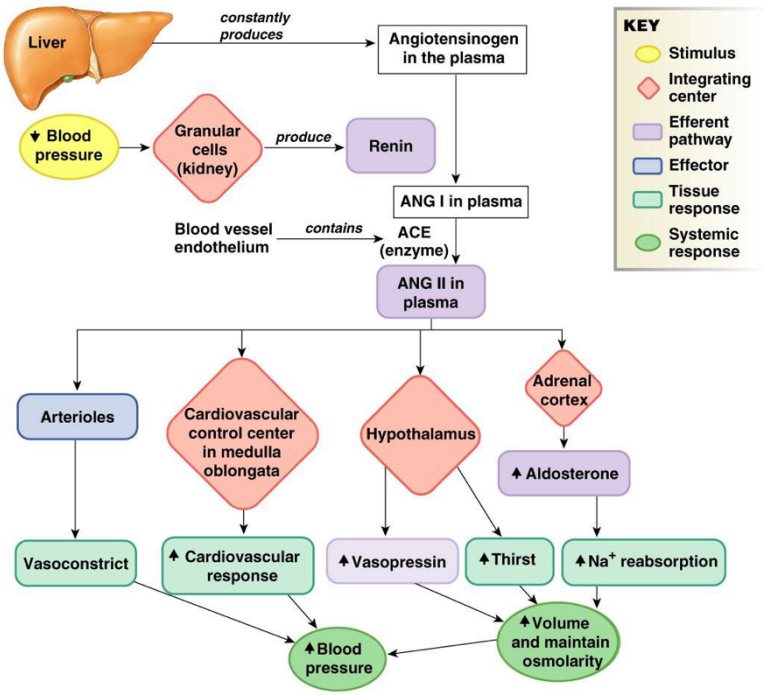
Irudia. *Gatza jaten denean plasmaren osmolaritatea asko handitzen da eta honen erregulazioan parte hartzen duten mekanismoak osmolaritatea orekatzeko dira: ADH jariatzea eta egarria sentitzea.*

[Na+] emendatzea: Errenina-angiotentsina-aldosterona sistema

Sodio gutxi dagoenean, erregulazio hormonala ematen da: aldosteronaren jariapena. Hormona esteroideoa da, guruin adrenalean sortzen dena. Honek Na^+-ren berxurgapena (odoleko $[Na^+]$ handitu) eta K^+-ren jariapena eragiten ditu.



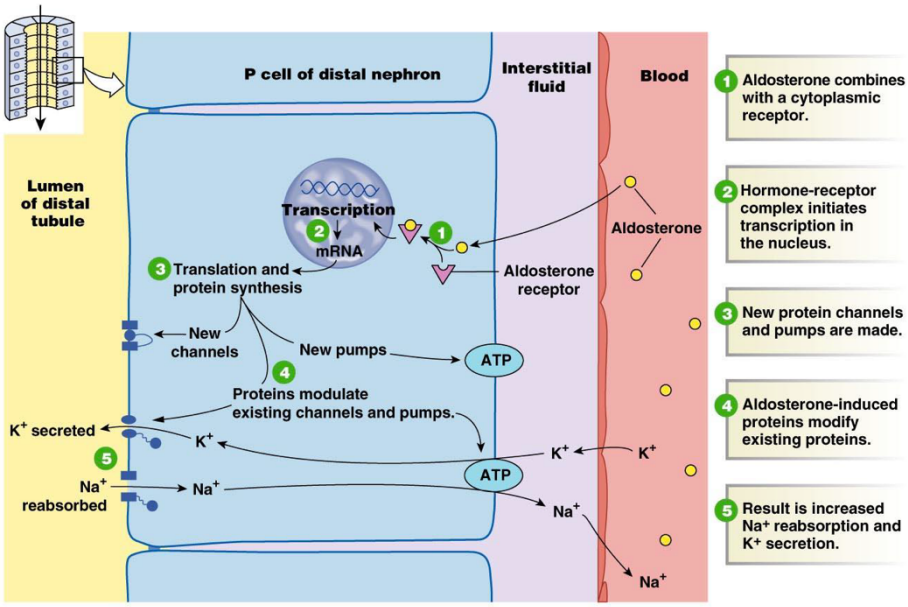
Aldosteronaren jariapena sistema konplexu batek kontrolatzen du. Aparatu juxtaglomerularreko zelulek sintetizatutako errenina entzima eta angiotentsina II hormonak ere parte hartzen dute. Hala ere, horiek ez dira **angiotentsina II**-k dauzkan efektu bakarrak. Barne mekanismoak eta mekanismo neuronal eta hormonala bereizten dira. Adibidez, arterioletan eragin dezake fluxua erregulatuz.



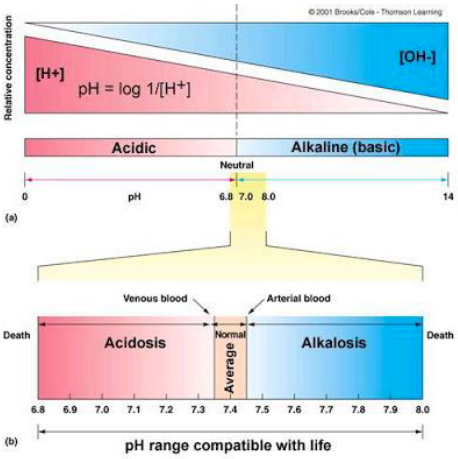
Potasioaren oreka

Aldosterona hormona oso garrantzitsua da hemen ere, baina ez da errenina-angiotentsina sistema behar. Aldosterona bakarrik jariatuko da zuzenean plasmako $[K^+]$ handipenari erantzuteko.

Dietan hartutako eta iraitzitako K^+ orekan mantendu behar dira. Dietan kantitate handian hartzen bada, plasmako kontzentrazioa asko handituko da eta, ondorioz, aldosterona jariatuko da. Garrantzitsua da K^+ mailak orekan mantentzea hiper- eta hipokalemiak zelula kitzikagarrien kitzikagarritasuna aldarazten dutelako.



Azido-Base oreka

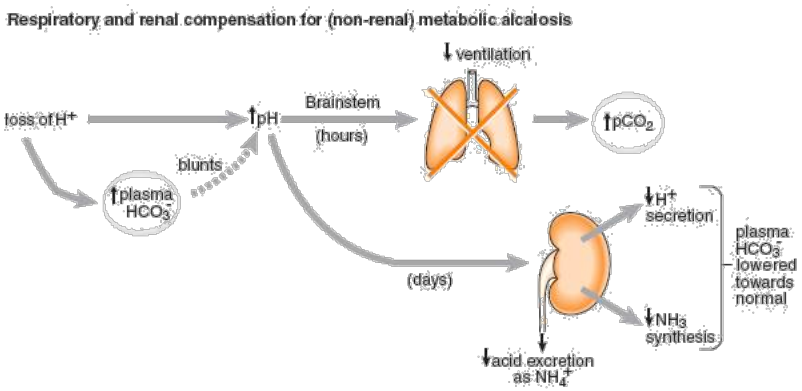


Gure plasmako pH fisiologikoa (= likido interstizialena) konstante mantentzen den arren (pH = 7,37-7,42), gainontzeko likidoen kasuan aldagarria da. Adibidez, gernuaren pH-a 4,5-8 artean egon daiteke. Gainera, proteinak pH aldaketekiko oso sentikorrak dira.

Orokorrean, gure gorputzean azido gehiago dago baseak baino, H^+ dietatik (aa, gantz azidoak…) zein metabolismotik (CO_2, azido laktikoa…) lortzen baitugu.

Azido-base oreka mantentzeko mekanismoak hiru dira:

- **Sistema indargetzaile organikoak** (segundoak): HCO_3^-, PO_4^{3-} eta proteinak
- **Arnas aparatua** (minutuak)
- **Giltzurrunak** (orduak-egunak)



Sistema indargetzaile organikoak

Erantzun oso azkarrekoak dira. Orekatzeko lehen baliabide bezala hartzen dute parte. Protoiak hartu edo askatzeko joera dute erreakzioak alde batera eta bestera bultzatuz, baina ez dute arazoa konponduko.

- HCO_3^- sistema: Sistema extrazelularra, oso garrantzitsua.

$$CO_2 + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$$

- PO_4^{-3}sistema: Sistema intrazelularra

$$H_3PO_4 \leftrightarrow H^+ + H_2PO_4^- \leftrightarrow H^+ + HPO_4^{-2} \leftrightarrow H^+ + PO_4^{-3}$$

- Proteinak: Sistema intrazelular nagusia

$$HProt \leftrightarrow H^+ + Prot^-$$

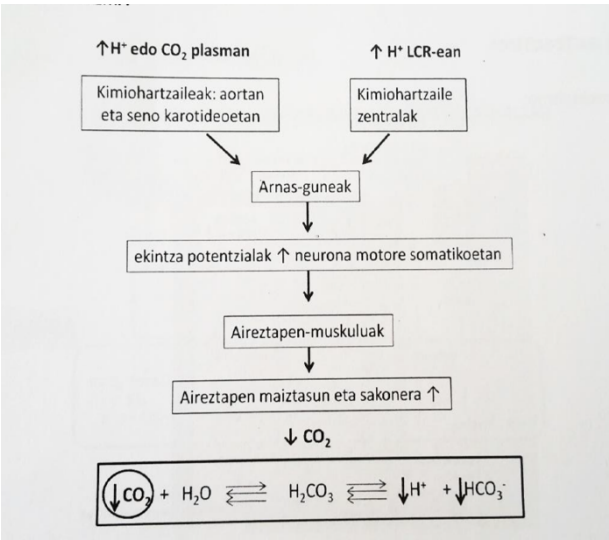
Arnas sistema

Erantzuna minututan ematen du, hau da, mantsoago du eragina. Nahiz eta pH-a ia neurri fisiologikoetara hurbildu, orekara eta, beraz, pH fisiologiko zehatzera hurbiltzeko giltzurrunak behar dira. Hala ere, arnas-aparatua azkarragoa denez, hau lehenago jarriko da martxan.

Erregulazio hau bikarbonatoari lotuta dago:

$$CO_2 + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$$

Arnas-maiztasuna erregulatuz, CO_2 kantitatea kontrolatzen da. Hau da, 15 aldiz azkarrago edo mantsoago arnastu dezakegu eta honen bidez pH-a erregulatzen da. Adibidez, hiperbentilatzean, sintetizatzen dena baino CO_2 gehiago kanporatzen da, horrek [CO_2] jaistea eragiten duelarik eta horregatik, erreakzioa ezkerrerantz bultzatzen da, [H^+] gutxitu eta arnas alkalosia eraginez.

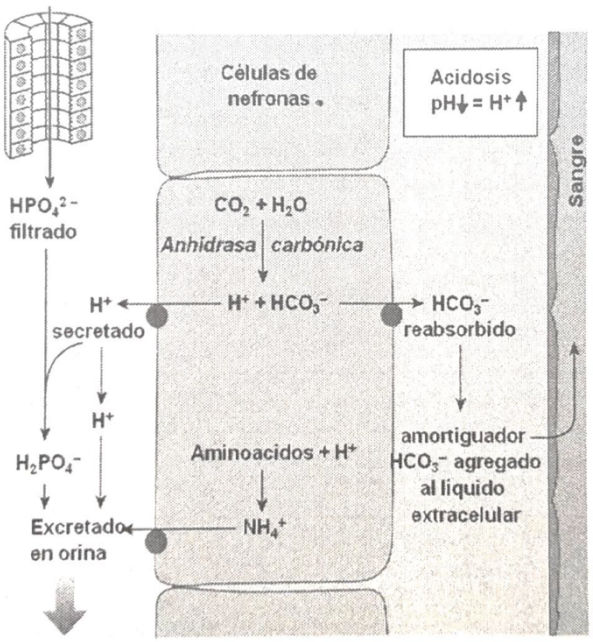


Nahiko azkar ematen du erantzuna eta indargetzaileak baino hobea da, izan ere, pH-a neurri fisiologikora hurbiltzen du. Hala ere, giltzurruna izango da mekanismo hoberena: arnas-sistemaren erantzunak, giltzurrunek eragin arte funtzionatzen dute, giltzurrun mekanismoa oso mantsoa delako.

Giltzurrunak

Erantzun mantsoa (orduak, egunak) ematen dute, baina oso indartsu eta eraginkorrak dira. Azido-base oreka lortzeko hiru mekanismo baliatzen dituzte:

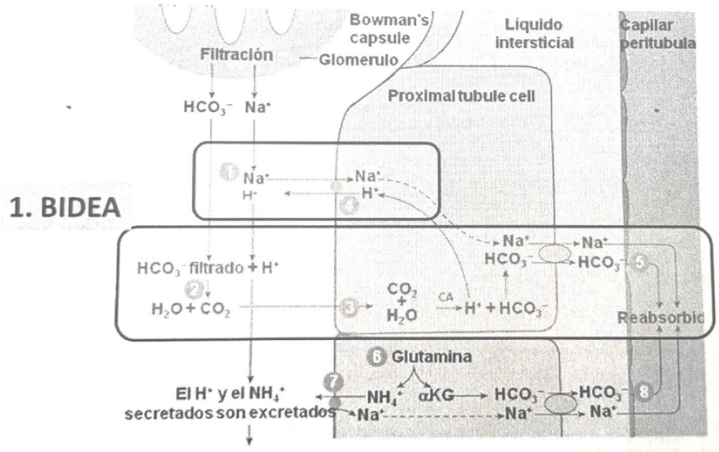
- **H^+ jariatu**
- **HCO_3^- birxurgatu**
- **HCO_3^- berria sortu:** protoiak jariatu eta bikarbonatoa birxurgatzearen ondorioz, bikarbonato berria sortu daiteke.

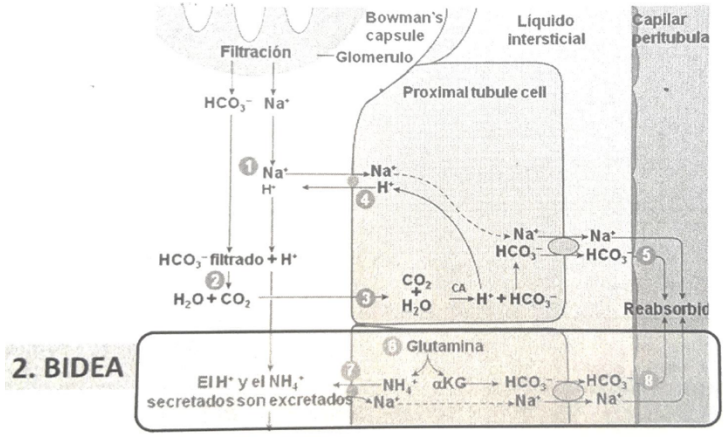


H^+ jariapena eta HCO_3^- birxurgapena hodi hurbilean (%85)

Lehenengo bidean, protoiak argira askatzen ditu sodioa sartuz; izan ere, bat ateratzeko bestea sartu behar da. Behin protoiak lumenean daudela, bikarbonatoarekin bat egin eta ura eta CO_2 sortzen dira. Hauek zelularen mintza zeharka dezakete. Zelulan H^+ galdu eta kanporatu egingo da sodioa sartuz. Erreakzio berean sintetizatu den HCO_3^- odolera aterako da, sartu den sodioaren kogarraioari esker.

Bigarren bidea glutaminaren metabolismoa da. Hemendik, amoniakoa eta α-zetoglutaratoa sortzen dira. Amoniakoa protoiarekin elkartu eta amonioa kanporatzen da sodioa barneratuz. α-zetoglutaratoa HCO_3^- sortzeko erabiltzen da eta hau eta amonio ioia ateratzen sartu den sodioa odolera bideratuko dira kogarraio bidez. Hau da, protoi bat kanporatu eta bikarbonato molekula bat sortzen da.





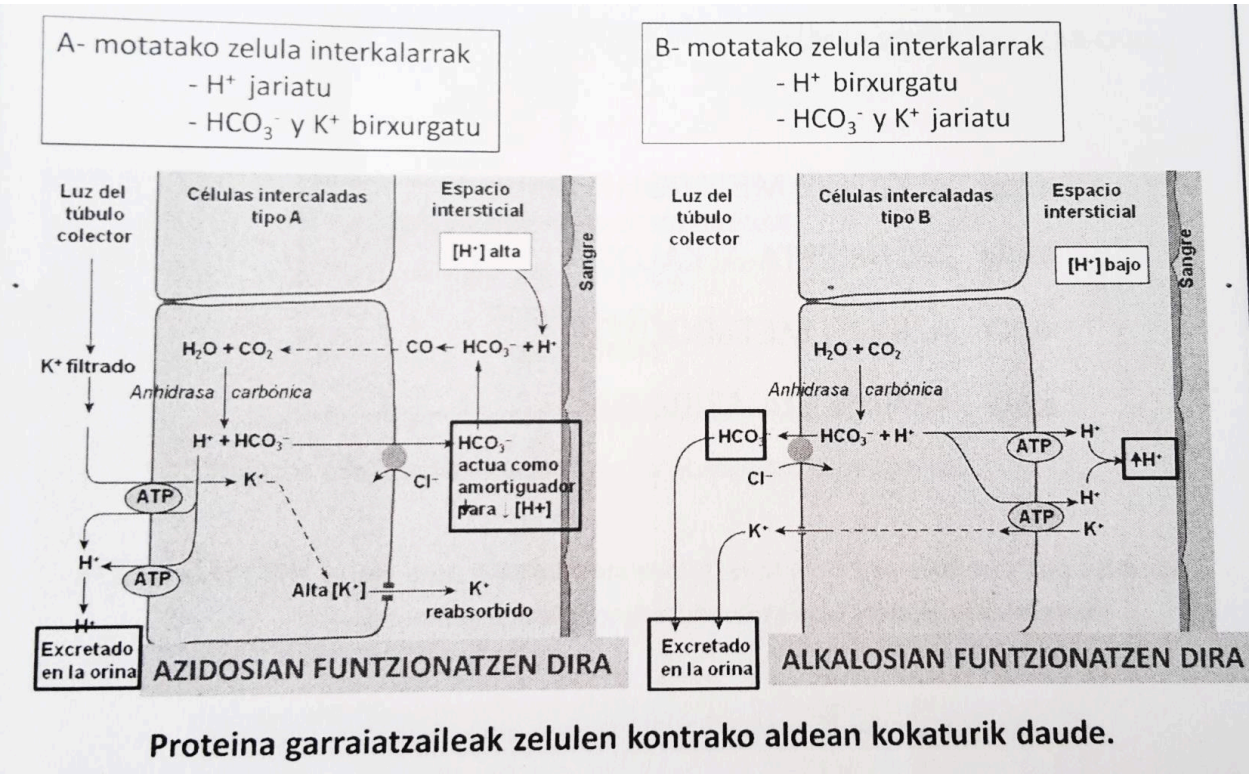
Urruneko tubuloan. Zelula interkalatuak

Hemen zelula interkalatuak daude eta bi motatakoak dira: berdinak baina kontrakoak.

A motakoak protoiak jariatu eta bikarbonatoa eta potasioa birxurgatuko dute eta B motakoak alderantziz, protoiak birxurgatu eta bikarbonatoa eta potasioa jariatu. Zelulak berdinak dira baina proteina garraiatzaileak kontrako mintzean dituzte: batek argi aldean eta besteak

basolateralean. Azidosian protoiak jariatuko dira A zelulen bitartez baina alkalosian B motako zelulek protoiak birxurgatuko dituzte.

Giltzurrun hodiaren tubulu hurbilean beti protoiak kanporatu eta bikarbonatoa barneratuko da. Mekanismo honek ez du beti funtzionatuko. Horregatik, urruneko tubulua selektiboagoa da, zelula bat edo beste aktibatuko da pH-aren arabera. Adibidez, alkalosian tubulu hurbileko mekanismoa ez da baliagarria eta urruneko tubuluan, berriz, B motako zelulak aktibatuko dira.



Proteina garraiatzaileak zelulen kontrako aldean kokaturik daude.