

O APARATO EXCRETOR

1.- CONCEPTOS BÁSICOS

A excreción é o proceso mediante o cal o organismo elimina os produtos de refugallo procedentes das reaccións metabólicas que teñen lugar nas células. Estes residuos, cando alcanzan certa concentración, poden resultar tóxicos para as propias células, polo que deben ser expulsados fóra do organismo para que a composición do medio interno se manteña dentro duns límites tolerables. No proceso de excreción participan os seguintes órganos:

- **Riles:** Son os nosos principais órganos excretores e desempeñan un papel fundamental no mantemento da homeostase do medio interno, xa que regulan non só o seu volume, senón tamén a concentración de moitos compostos. O principal produto expulsado polos riles é a **urea** (producida no fígado), que está contida nos ouriños.
- **Pulmóns:** Expulsan ao exterior os gases producidos na respiración celular, é dicir, o **dióxido de carbono** e o **vapor de auga**.
- **Glándulas sudoríparas:** Verten ao exterior a **suor**, un líquido de composición semellante aos ouriños, aínda que máis diluído. A suor, ademais de ser un produto de excreción, ten misión termorreguladora, pois ao evaporarse sobre a pel absorbe calor desta, facendo diminuír a súa temperatura.
- **Fígado.** Ademais das súas importantes funcións metabólicas, actúa como órgano de excreción dalgúns substancias, como os **pigmentos biliares** (procedentes da destrución da hemoglobina), o **ácido úrico** e determinados **fármacos**, que se excretan coa **bile**.

Hai que distinguir excreción, secreción e defecación:

- **Excreción:** É o proceso mediante o cal o organismo elimina os produtos de refugallo procedentes das reaccións metabólicas que teñen lugar nas células.
- **Secreción:** É a produción polo metabolismo celular de substancias útiles ao organismo, como poden ser as enzimas ou as hormonas.
- **Defecación:** Tamén denominada exestión, consiste na expulsión do corpo das substancias que non foron dixeridas, é dicir, as materiais fecais. Estas materias fecais nunca chegan a pasar polas células, así que non son un produto do metabolismo.

Órganos implicados en la excreción en los vertebrados

Producto eliminado	Origen del producto	Órgano productor	Órgano excretor	Medio de excreción
Urea	Degradación de aminoácidos	Hígado	Riñones	Orina
Ácido úrico	Degradación de purinas	Hígado	Hígado	Orina
Pigmentos biliares	Degradación de hemoglobina	Hígado	Aparato digestivo	Heces
Agua	Respiración celular	Todas las células	Riñones Piel Pulmones	Orina Sudor Vapor de agua
CO ₂	Respiración celular	Todas las células	Pulmones	Aire espirado

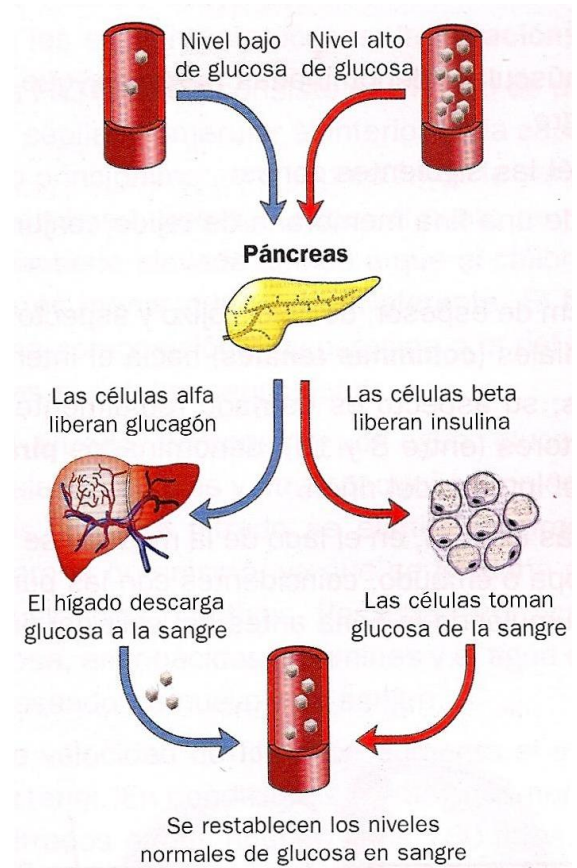
2.- HOMEOSTASE

Para que o medio interno (sangue, linfa e líquido intersticial) estea en condicións adecuadas para a vida das células, as súas características (concentración de diversas substancias, temperatura, pH, etc.) han de manterse constantes, dentro de límites moi estreitos; se experimentan variacións, son inmediatamente corrixidas mediante mecanismos reguladores.

O conxunto de condicións fisicoquímicas do medio interno que deben manterse estables denomínase **homeostase**. Practicamente todos os órganos realizan funcións que contribúen a manter o equilibrio homeostático. Especial importancia teñen neste equilibrio homeostático a pel, o fígado, os riles e os pulmóns.

Os mecanismos homeostáticos manteñen o medio interno (a concentración de determinados compoñentes, a temperatura, o pH, o contido en auga, etc.) nunhas condicións relativamente constantes, a pesar das continuas variacións que experimenta o medio externo.

Entre os mecanismos homeostáticos, destacamos a glucemia, que debe manterse ao redor dun gramo de glicosa por litro de sangue; a temperatura corporal, próxima aos 36,5°C, ou o pH do plasma sanguíneo, cuxo valor debe permanecer próximo a 7,41. Os mecanismos homeostáticos detectan pequenos desequilibrios no valor destes parámetros e desencadean respostas que tenden a corrixilo.

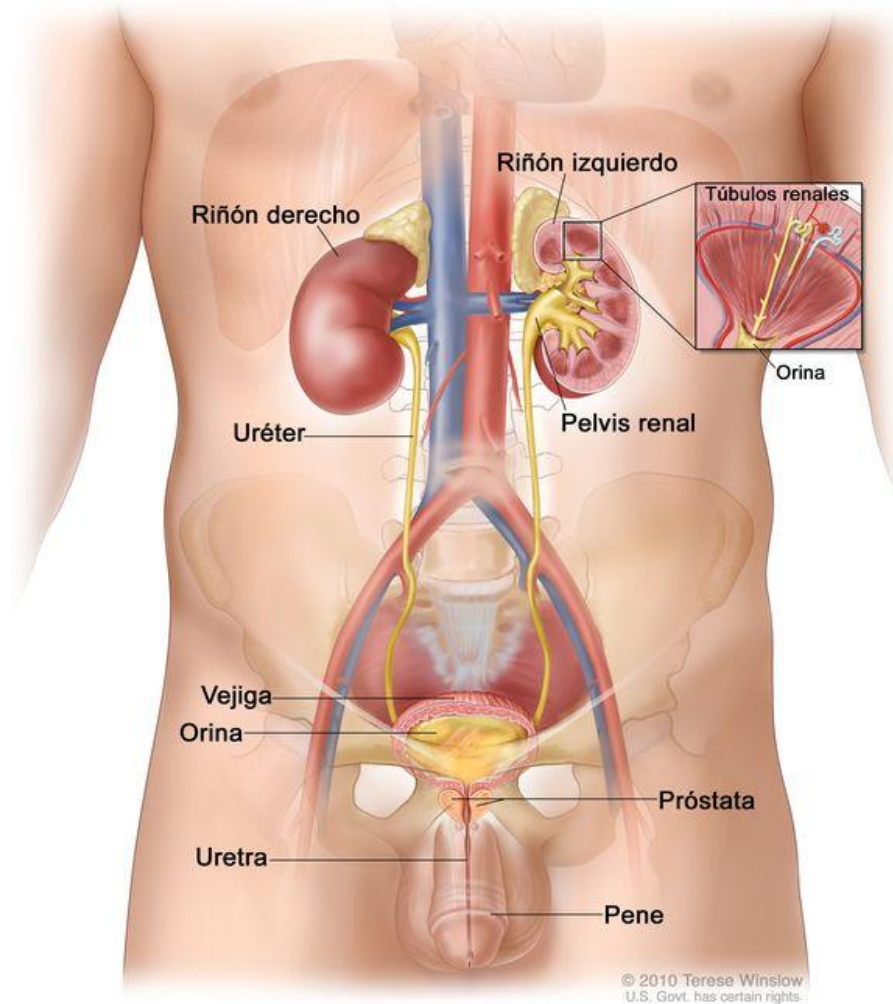


3.- ANATOMÍA DO APARATO URINARIO

Dado que a función de excreción é exercida por múltiples órganos de múltiples aparatos, non sería correcto facer referencia a un único aparato excretor; porén, o principal implicado especificamente na función de excreción é o **aparato urinario**, polo que nos podemos atopar en múltiples referencias o aparato urinario referido como aparato excretor.

O aparato urinario está constituído por:

- Os órganos excretores: os **riles**
- As **vías urinarias**: **uréteres**, **vexiga urinaria** e a **uretra**.



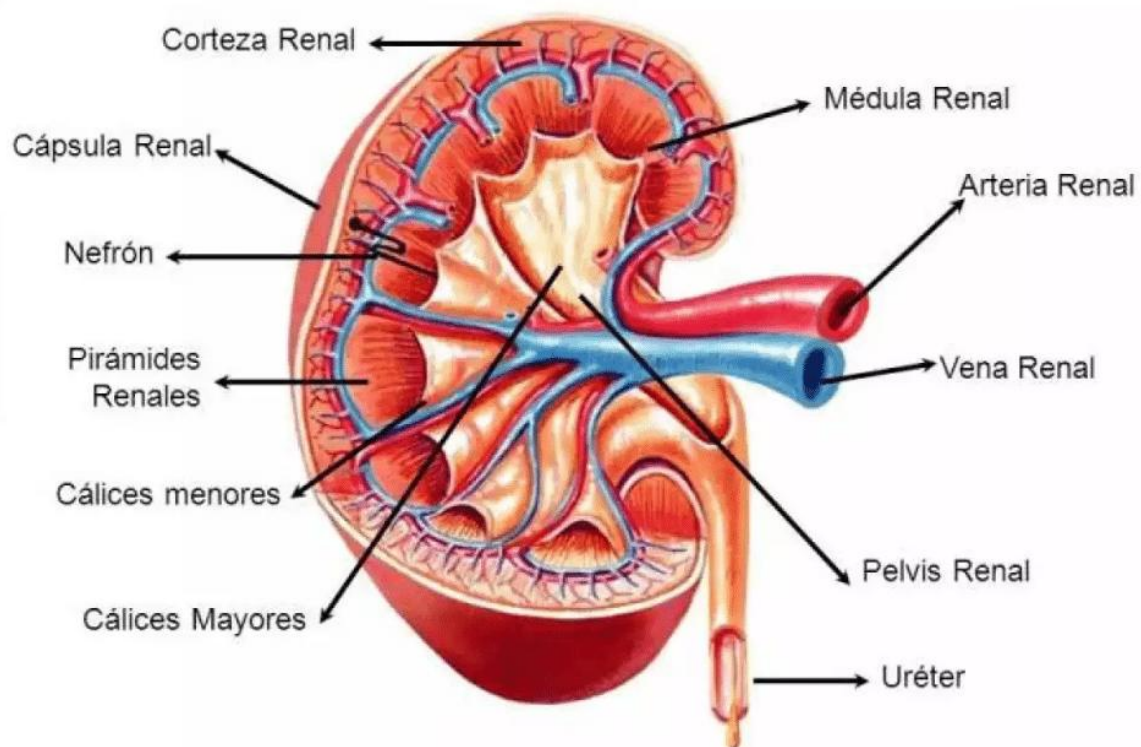
3.1.- OS RILES

Son os órganos excretores máis importantes do organismo e xogan un papel decisivo na regulación do medio interno. Os riles son dous órganos duns 10 ou 12 cm de lonxitude, con forma de faba, avermellados e envoltos por unha cuberta de células adiposas. Dispóñense simetricamente a ambos os dous lados da columna vertebral e sobre cada ril atópanse as **glándulas suprarrenais**, de misión endócrina.

Pola súa banda cóncava, denominada **hilo**, entra a arteria renal e saen o uréter e a vea renal. A arteria renal é unha rama da aorta e leva sangue cargado de refugallos cara ao ril. Xa dentro deste, se subdivide formando arteríolas, cada unha das cales irriga un **glomérulo**. Todo o sangue do corpo pasa polos riles unhas 20 veces cada hora. A vea renal é a vía pola que sae do ril o sangue libre de refugallos.

En cada ril hai máis dun millón de estruturas minúsculas, denominados **nefróns**, que son as unidades funcionais encargadas de depurar o sangue. A sección lonxitudinal dun ril permite apreciar nel as seguintes zonas:

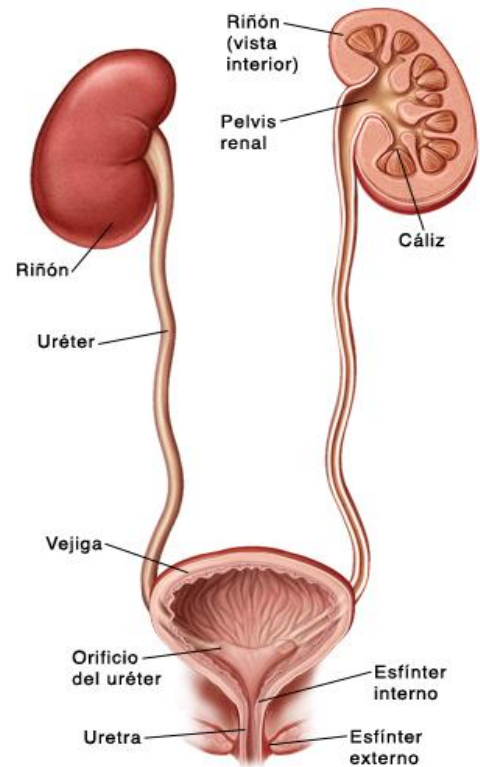
- **Cápsula renal:** É a capa máis externa, componse dunha fina membrana de tecido conxuntivo fibroso moi resistente.
- **A codia:** Área externa de preto de 1 cm de espesor, de cor avermellada e aspecto granuloso. A intervalos regulares emite prolongacións radiais (**columnas renais**) cara ao interior. Na codia atópase maioría do corpo dos nefróns.
- **A medula:** Área interna, repleta de vasos sanguíneos; o seu aspecto é estriado radialmente. A medula está dividida polas columnas renais en sectores (entre 8 e 18), denominados **pirámides renais ou de Malpighi**, cuxas puntas miran cara ao interior do ril.
- **A pelve renal:** Cavidade interna do ril. Na súa parte máis externa, en cada lado da medula, divídese en varias cámaras chamadas **cálices renais**, en forma de copa ou funil, coincidentes coas puntas das pirámides renais. Na pelve renal vanse acumulando os ouriños antes de saír do ril.



3.2.- AS VÍAS URINARIAS

Comunican os riles co exterior. Son as seguintes:

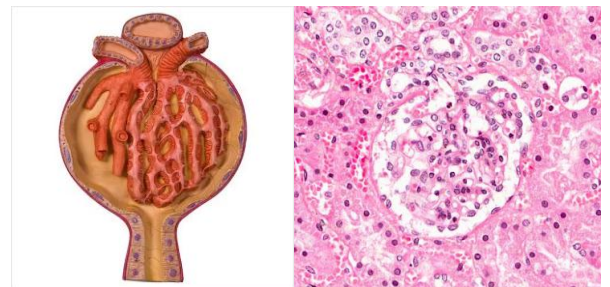
- **Uréteres:** Son condutos duns 25 cm de lonxitude; orixínanse na pelvis renal, e na súa porción final se curvan cara adiante, desembocando na vexiga urinaria.
- **Vexiga urinaria:** Bolsa dilatada (de parede muscular) situada na base da cavidade abdominal, detrás do pubis. A súa capacidade normal é duns 350 cc, pero as súas paredes poden distenderse amplamente, chegando a reter máis dun litro de ouriños.
- **Uretra:** Conduto que leva os ouriños desde a vexiga ao exterior. Na muller é duns 6 cm de lonxitude. No home, a uretra percorre o interior do pene, por iso é polo que teña unha lonxitude maior. No comezo da uretra existe un **dobre esfínter muscular**, un de fibras lisas, de contracción involuntaria e outro de fibras estriadas, de contracción voluntaria, que controlan a micción (saída dos ouriños ao exterior).



4.- FISIOLOXÍA DO NEFRÓN

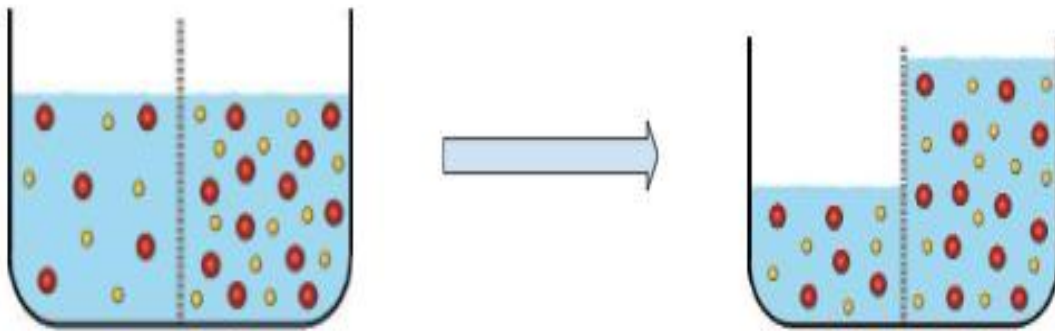
A unidade estrutural e funcional do ril é o nefrón. No ser humano cada ril contén ao redor de 1.000.000 a 3.000.000 de nefróns e cada unha delas está composta por:

- Un **corpúsculo renal**: É unha estrutura esferoidal, que contén o **glomérulo** e a **cápsula de Bowman**. Os glomérulos son agregacións de capilares sanguíneos, rodeados por unha capa delgada de revestimento endotelial (epitelio plano) denominada cápsula de Bowman. Da cápsula de Bowman saen os túbulos renais.
- O **túbulo contorneado proximal**, que continúa na **asa de Henle**, a cal continúa no **túbulo contorneado distal**. Cando abandona estes túbulos, os ouriños xa están formados.
- Os túbulos contorneados distais finalizan no **túbulo colector**. Os túbulos colectores verten os ouriños aos cálices renais, que conflúen na pelve renal.



No nefrón ocorren os seguintes procesos: a **filtración**, a **reabsorción** e a **secreción**. Pero antes de falar dos procesos **que teñen lugar nos nefróns, é necesario comprendermos o que é a ósmose**.

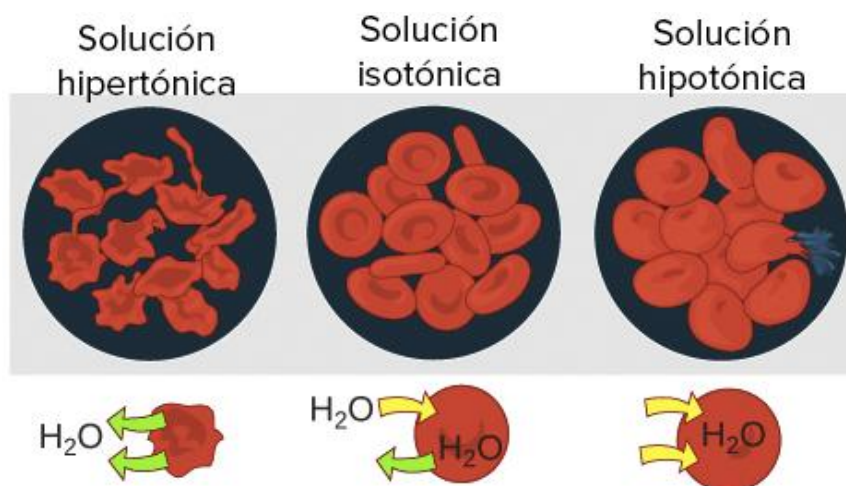
A ósmose é un proceso químico polo cal dúas disolucións con distinta concentración de soluto, separadas por unha membrana semipermeable (como pode ser a membrana plasmática das células), tenden a igualar as súas concentracións a través do paso de disolvente dende a concentración menos concentrada ata a máis concentrada.

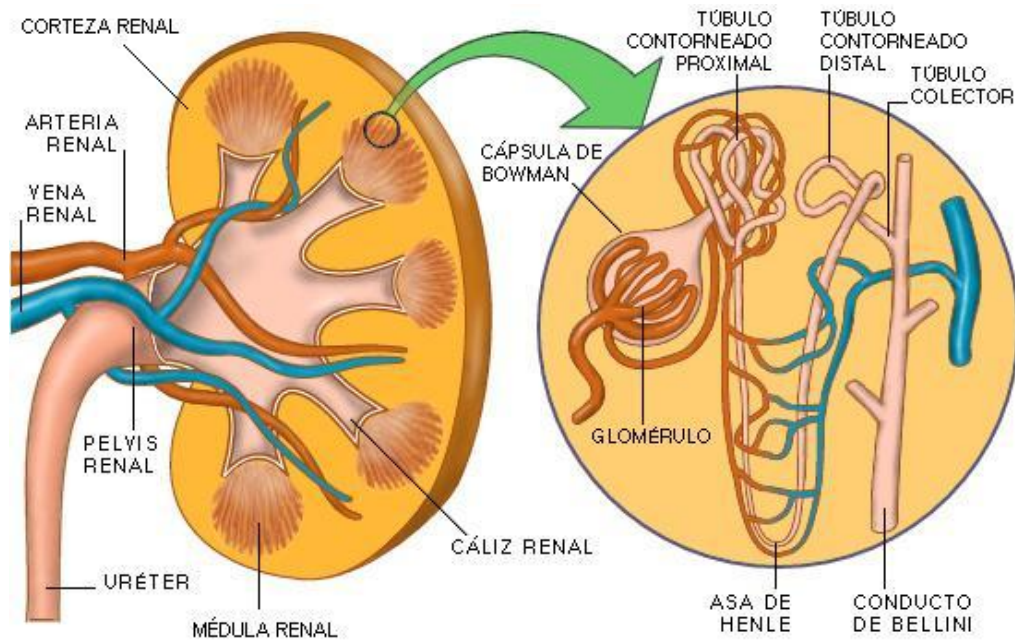


Cando o disolvente (no noso caso a auga) atravesa a membrana semipermeable aplica sobre ela unha presión; a dita presión denomínaselle **presión osmótica**. A concentración que presenta máis concentración de soluto denomínaselle concentración **hipertónica**, á que posúe menor concentración denomínaselle concentración **hipotónica**. O paso de disolvente a través da membrana dende a disolución hipotónica á disolución hipertónica continuará ata que ámbalas dúas disolucións teñan a mesma concentración, nese momento ambas concentración son **isotónicas**.

Deste xeito, cando falamos de células podemos atoparnos ante estes dous supostos:

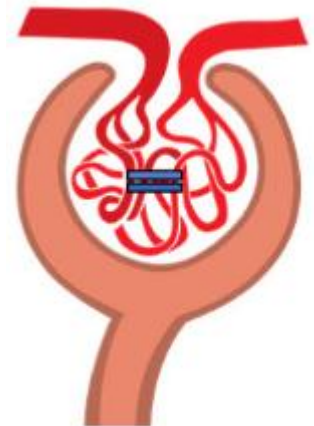
- a) **Se o medio externo é hipertónico (con moita concentración de soluto):** A auga inclínase a saír da célula, e esta encollerá. A isto coñéceselle como **plasmólise**.
- b) **Se o medio externo é hipotónico (con pouca concentración de soluto):** A auga tenderá a entrar na célula, e esta aumentará de tamaño. A isto coñécenselle como **turxescencia**, que no caso das células animais (xa que as vexetais presentan unha parede celular ríxida) pode levar ao estalido da propia célula (**lise**).





4.1.- FILTRACIÓN

Consiste no paso de plasma sanguíneo desde o **capilar glomerular** (o capilar que conforma o glomérulo) ao **interior da cápsula de Bowman**, debido principalmente á presión do sangue nos capilares glomerulares, que son especialmente permeables. A presión mantense elevada debido a que o calibre da arteriola eferente (a que sae) é menor que o da aferente (a que entra). O filtrado glomerular ten unha composición moi parecida á do plasma, pero sen proteínas nin células sanguíneas.



O filtrado denomínase **ouriño primario**, e está composto por **auga, glicosa, urea e creatinina** (resultado do metabolismo das proteínas), **sales minerais** (principalmente bicarbonato, Na^+ , K^+ , Cl^- e Ca^{2+}) e **outras pequenas moléculas** (aminoácidos, algunhas vitaminas...) e flúe polos túbulos. Se este filtrado se eliminase directamente, sería ruinoso para o organismo, xa que se perdería gran cantidade de auga e substancias nutritivas (concretamente produciríamos uns 180 litros de ouriños ao día). Por esta razón, case todas as sales, glicosa, aminoácidos, vitaminas e a auga deben ser reabsorbidas, pasando de novo ao sangue.

4.2.- REABSORCIÓN

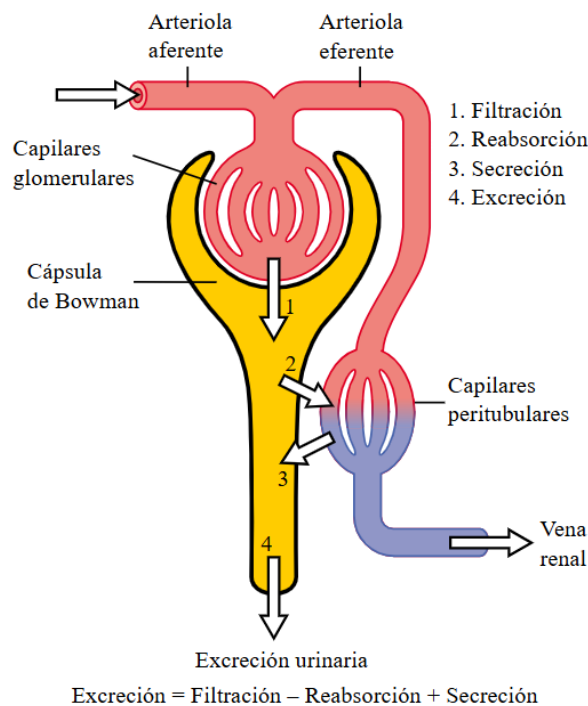
A maior parte da auga e substancias disoltas que se filtran no glomérulo son reabsorbidas e pasan aos capilares peritubulares, ingresando novamente ao sangue. Estes capilares terminan confluindo na vea renal, que sae do ril levando sangue libre de residuos. O líquido restante, que chega ao final do tubo colector, é unha solución concentrada de urea e outras substancias de refugallo non reabsorbidas, que dará lugar aos ouriños.

Nos túbulos renais reabsórbese do 65 ao 70% do filtrado glomerular. Isto prodúcese grazas á **absorción activa de sodio** neste segmento, que arrastra de forma pasiva a auga en favor de **ósмосe**.

A medida que os ouriños primarios van pasando polo túbulo contorneado proximal - Asa de Henle - túbulo contorneado distal, vanse absorbendo a maior parte da auga e boa parte do **bicarbonato**, da **glicosa**, dos **aminoácidos** e dos **sales minerais** filtrados polo glomérulo; a concentración de solutos vai aumentando conforme se achega á parte interna do ril.

4.3.- SECRECIÓN

Así como existe a capacidade de reabsorber substancias, o túbulo renal tamén é capaz de secretar outras, coma **ións** que se atopan en exceso, **fármacos**, máis **urea**... pasando desde o torrente sanguíneo á luz tubular. Trátase dun proceso de transporte activo, o que quere dicir que **implica gasto enerxético** por parte das células do epitelio dos túbulos contorneados distais.



5.- CONTROL DO VOLUME DE AUGA DO CORPO

Para manter estable o noso volume de auga no medio interno é necesario un control da cantidade de auga que se filtra nos riles, e para iso o noso corpo ten que ser capaz de captar cando o nivel de auga no sangue se reduce e cando este aumenta.

As células capaces de percibir o nivel de auga do noso corpo chámanse **osmorreceptores**, un tipo de neuronas que se atopan no hipotálamo do noso cerebro. Os líquidos do medio interno (plasma, líquido intersticial...) están compostos principalmente por auga e determinadas substancias cunha determinada concentración. Ao reducirse o nivel de auga, a concentración destas substancias aumenta, mentres que se os niveis de auga suben, a concentración baixa. Cando hai deshidratación no tecido que baña aos osmorreceptores (e polo tanto estes atópanse nun medio hipertónico), a auga do citoplasma do osmorreceptor abandona á célula por **ósmose** e o osmorreceptor se activa. Pola contra, cando os niveis de auga son altos, a través da ósmose, a auga entra na célula onde haberá maior concentración de solutos.

Cando os osmorreceptores detecta deshidratación, actívanse e levan a cabo unha dobre acción:

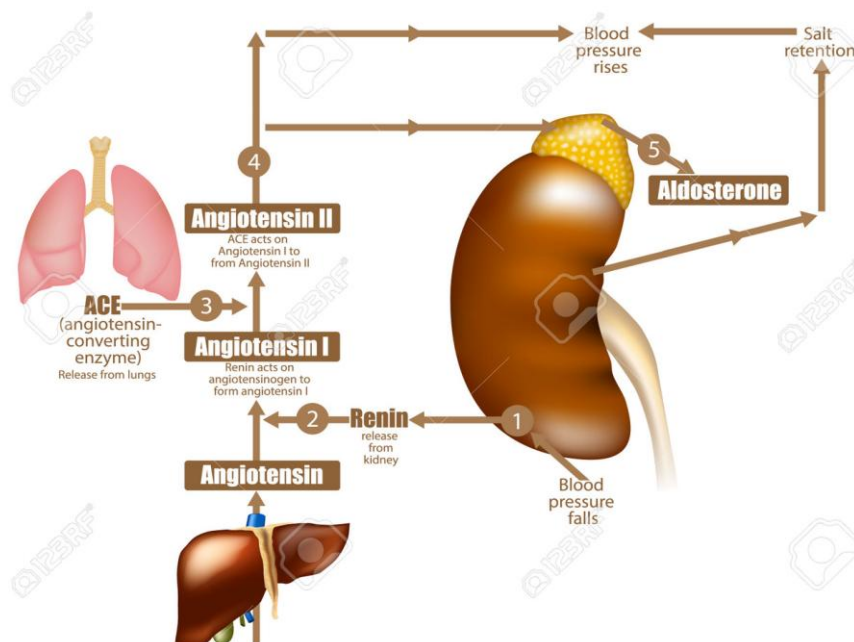
- Activan os núcleos do hipotálamo que nos dan sensación de **sede**.
- Estimulan a liberación da hormona **vasopresina** (tamén chamada **hormona antidiurética, ADH**). Esta hormona fai que as paredes dos túbulos renais dos nefróns sexan máis permeables e que a reabsorción de auga aumente, liberándose menos auga nos ouriños.

Certas substancias, como o alcol, iniben a liberación de vasopresina, o que fai que se elimine demasiada auga nos riles e se produza deshidratación.

Ademais de responder á osmolaridade mediante a vasopresina, o ril tamén é capaz de responder á **presión arterial** do sangue mediante outras tres hormonas, as que conforman o sistema **renina-angiotensina II-aldosterona**:

- Ao diminuír a presión sanguínea, os riles comezan a producir a hormona **renina**.
- A renina induce a formación de **angiotensina II**, partir duns precursores que se sintetizan nos pulmóns e no fígado. A angiotensina II é un potente vasoconstrictor (polo tanto aumenta a presión arterial) e ademais induce a formación de **aldosterona** nas glándulas suprarrenais.
- A aldosterona incrementa a **absorción de Na⁺** nos túbulos renais (é dicir, o paso de Na⁺ dos túbulos ao sangue), e con isto a **absorción de auga** por ósmose.

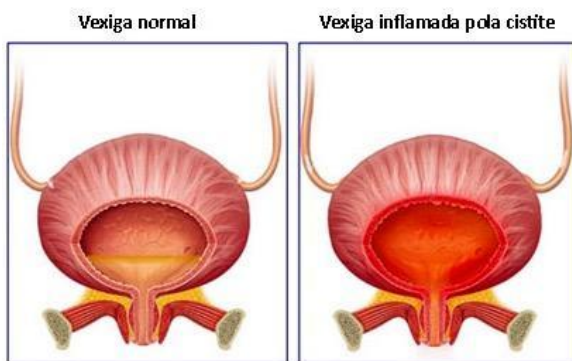
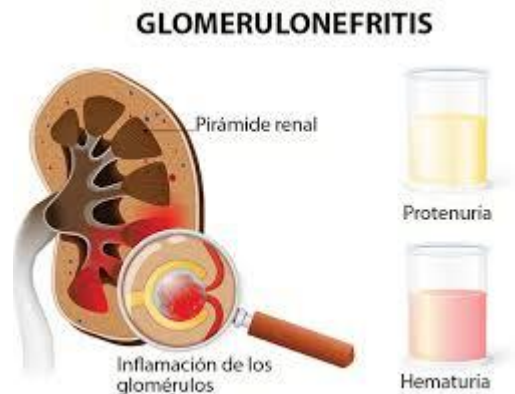
En resumo, cando **descende a presión arterial**, o noso corpo ten un sistema para **aumentar a absorción de sodio e auga**. Por esta razón, a presión arterial afecta á función renal, de feito un aumento da presión arterial por diversas causas (exceso de sal na dieta, estrés, tabaquismo...) pode provocar, en primeira instancia, insuficiencia renal.



6.- ENFERMIDADES DO APARELLO EXCRETOR

Glomerulonefrite

É unha **inflamación do ril, concretamente dos glomérulos dos nefróns**. Existen múltiples formas, unha das máis frecuentes é a producida pola reacción inmunolóxica a unha toxina liberada por unha bacteria que infectou outra parte do corpo, habitualmente a farinxe. Os glomérulos están tan inflamados e conxestionados con sangue que as membranas dos capilares fanse moi permeables, permitindo o paso de células sanguíneas e proteínas ao filtrado. Como consecuencia, os ouriños conteñen moitos eritrocitos (**hematuria**) e gran cantidade de proteínas (**proteinuria**). O proceso pode curarse ou poden producirse cambios permanentes dando lugar a unha insuficiencia renal crónica.



Cistite

É unha **inflamación da parede da vexiga urinaria** producida por infeccións bacterianas, axentes químicos ou lesión mecánica. Os síntomas máis frecuentes son quemazón durante a micción ou micción dolorosa, **tenesmo** (desexo continuo, doloroso e ineficaz de ouriñar) e micción frecuente (**polaquiuria**).

Insuficiencia renal

É unha **diminución ou interrupción da función renal**. Pode ser aguda ou crónica.

Na insuficiencia renal aguda, hai un cesamento brusco da función renal, producíndose unha **hiperazotemia** (aumento de urea e outras moléculas nitroxenadas en sangue), e escaseza do fluxo urinario (**anuria**).

As causas poden ser un rego sanguíneo inaxeitado do ril (hemorragias, insuficiencia cardíaca e hepática...), enfermidades renais que afecten aos glomérulos ou aos túbulos renais e cálculos renais ou aspectos relacionados coa presión sanguínea (normalmente hipertensión).

O pronóstico dos pacientes con insuficiencia renal aguda depende do proceso que a encadeara.

As causas poden ser por un rego sanguíneo inaxeitado do ril (hemorragias, insuficiencia cardíaca e hepática...), enfermidades renais que afecten aos glomérulos ou aos túbulos renais e cálculos renais ou aspectos relacionados coa presión sanguínea (normalmente hipertensión).

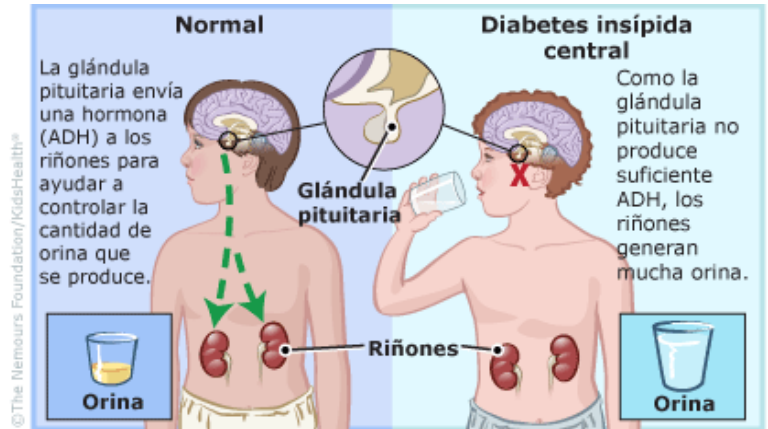
O pronóstico dos pacientes con insuficiencia renal aguda depende do proceso que a desencadeara.

Enfermidade poliquística

É o trastorno hereditario máis frecuente. O tecido renal contén numerosos **quistes** (proliferacións celulares) que aumentan de tamaño, comprimen o tecido normal e producen unha insuficiencia renal.

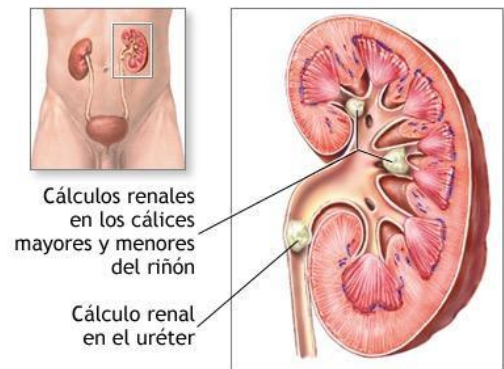
Diabetes insípida

Caracterízase pola excreción dun gran volume (5-15 litros/día) de ouriños moi diluídos, xunto cunha sede extrema (**polidipsia**). A causa da diabetes insípida é un **defecto da produción de ADH** (diabetes insípida central) ou unha **insensibilidade das células dos túbulos renais á estimulación por ADH** (diabetes insípida nefroxénica).



Cálculos renais

Prodúcese por **cristalización de sales presentes nos ouriños**. Poden formarse en calquera porción do aparello excretor. Os trastornos máis frecuentes que causan a formación de cálculos son a inxesta dunha cantidade excesiva de calcio ou unha diminución da inxesta de auga. Os cálculos poden non dar síntomas ou, se quedan bloqueados, poden producir un **cólico nefrítico**, o cal se caracteriza por unha dor moi intensa. Tamén poden producir infeccións urinarias e insuficiencia renal. Os cálculos poden eliminarse sós, requirir intervención cirúrxica ou poden resolverse por **litotricia**: mediante ondas de choque o cálculo se fragmenta en anacos máis pequenos que poden ser eliminados polos ouriños.



7.- A HEMODIALISE

Os riles están expostos a enfermidades como infeccións, inflamacións e algúns problemas conxénitos, que impiden a realización das súas funcións normais, entre as que destaca filtrar o sangue para eliminar refugallos.

Se o problema é transitorio, denomínase **insuficiencia renal aguda**; o ril perde a súa función e só de maneira temporal é necesario recorrer á **diálise** ou técnicas similares. Isto sucede, por exemplo, ao tomar medicamentos que danen ao ril (nefrotóxicos), cuxa supresión fai que o órgano se recupere.

Hai tamén enfermidades que afectan ao ril de maneira permanente, como a hipertensión arterial, a diabetes, ou as infeccións e cálculos renais, que poden levar á insuficiencia renal crónica, sendo as únicas alternativas a substitución do ril mediante un transplante ou a realización da diálise.

A **diálise** permite separar do sangue as substancias tóxicas. Baséase na propiedade que teñen determinadas membranas de permitir o paso de substancias disoltas, cando a súa concentración é diferente a ambos os dous lados.

Un ril artificial (**hemodiálise**), é en esencia, unha máquina que recibe sangue a través dun tubo conectado a unha arteria do paciente. Dentro da máquina, o sangue flúe a través dun tubo de diálise, que permite que as moléculas de pequeno tamaño, como a urea, difundan a través da súa parede. O sangue, exento de urea e refugallos, regresa ao paciente a través dun tubo conectado a unha vea. O tubo de diálise está mergullado nun líquido similar ao plasma sanguíneo, que carece de sustancias de refugallo, polo que só os refugallos, e non as sustancias útiles, difunden fóra do sangue, e son eliminadas pola máquina.



Cando é posible, o **transplante** é a mellor solución á insuficiencia renal crónica. Un ril novo non só proporciona a función de filtro, senón que achega as súas funcións hormonais e reguladoras, que non poden substituírse nin coa diálise nin coa administración de fármacos. Esta operación permite que os pacientes sometidos a ela acaden unha forma de vida practicamente normal. É posible, mesmo, realizar segundos e terceiros transplantes, se o primeiro ril transplantado se perdesse como consecuencia do rexeitamento ou por calquera outra razón.