

## Tema 7: Funciones principales y estructura de los riñones

### Funciones principales de los riñones

La principal misión de los riñones es la excreción diferencial de diversas sustancias, de forma que la composición química del plasma sanguíneo, y con ella la de los líquidos extracelulares, se mantenga constante. Los riñones pueden regular el volumen y la composición de los líquidos corporales dentro de límites muy estrechos. Tienen por lo tanto una importante función homeostática, manteniendo el medio interno relativamente constante.

Las principales funciones de los riñones son, por lo tanto:

- regulación de la osmolalidad de los líquidos corporales: importante para el mantenimiento del volumen celular normal.
- regulación del volumen de los líquidos corporales: necesario para el funcionamiento correcto del sistema cardiovascular. Se lleva a cabo esta función regulando la excreción de agua y NaCl.
- regulación del equilibrio iónico: se regula la concentración de iones como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ),  $\text{H}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Para que se mantenga el equilibrio, la excreción de estos iones debe de ser igual a su ingesta diaria.
- regulación del equilibrio ácido-base: el pH de los líquidos corporales debe mantenerse dentro de límites muy estrechos, pues muchas funciones metabólicas son muy sensibles al pH.
- excreción de productos metabólicos y sustancias extrañas: los riñones excretan productos finales del metabolismo que el organismo ya no necesita: urea (procedente de los aminoácidos del catabolismo proteico), ácido úrico (procedente de los ácidos nucleicos), creatinina (procedente de la creatina muscular), etc. Entre las sustancias extrañas eliminadas se incluyen fármacos y otros productos químicos ingeridos con los alimentos.
- producción y secreción de hormonas: los riñones son órganos endocrinos importantes, que producen y segregan varias hormonas, entre ellas la renina.

### Estructura de los riñones

Si se realiza un corte longitudinal a un riñón, se pueden apreciar dos regiones:

- **corteza**, que es la parte más externa.
- **médula**, que es la región interna. En esta zona existen unas estructuras cónicas denominadas **pirámides renales**.

Esta estructura macroscópica se debe a la disposición de las unidades funcionales del riñón, las **nefronas**. Tanto la corteza como la médula están formadas por: nefronas, vasos sanguíneos y linfáticos, y nervios. Existe otra estructura denominada **pelvis**, que es la región superior del uréter, el cual transporta la orina hasta la vejiga. La pelvis a su vez se divide en **cálices**. Las paredes de cálices, pelvis y uréteres contienen músculo liso que se contrae para empujar la orina a la vejiga.

### Estructura de la nefrona

La nefrona es la unidad funcional. Cada riñón humano tiene alrededor de 1.000.000 de nefronas.

Está constituida por dos componentes:

- **corpúsculo renal**: es el responsable de la filtración del plasma. Está formado por una invaginación del sistema de tubos, la **cápsula de Bowman**. En el

interior de dicha invaginación existe un ovillo de capilares especiales, el **glomérulo**. La sangre llega al glomérulo por la **arteriola aferente**, ésta se divide para dar lugar a los capilares glomerulares, los cuales confluyen finalmente en la **arteriola eferente**. A continuación, la arteriola eferente se vuelve a dividir para dar origen a los **capilares peritubulares**, que irrigan la nefrona.

- **túbulo renal**: se extiende desde el corpúsculo hasta su desembocadura en un **túbulo colector**. Sus paredes están formadas por una única capa de células epiteliales (éstas tienen microvellosidades –borde en cepillo- en la región proximal). Es el responsable de la reabsorción y secreción de sustancias. En él se distinguen cuatro zonas; cada una de ellas está formada por células especializadas en funciones específicas de transporte:
  - **túbulo contorneado proximal**.
  - **asa de Henle**.
  - **túbulo contorneado distal**.
  - **túbulo colector**. Es la porción terminal de la nefrona. Varios túbulos colectores convergen para formar un **conducto colector**.

### Características generales de la función renal

En los riñones se producen tres procesos generales:

- **filtración glomerular**.
- **reabsorción de sustancias desde el líquido tubular a la sangre**.
- **secreción de sustancias de la sangre al líquido tubular**.

En resumen, el proceso es el siguiente: en el glomérulo se produce un **filtrado** del plasma. A continuación el sistema de túbulos **reabsorbe** una gran parte del filtrado hacia la sangre de los capilares peritubulares y también **secreta** algunas sustancias hacia el filtrado. La **orina**, por lo tanto, contiene las sustancias filtradas, más las secretadas, menos las reabsorbidas.

El filtrado es un proceso **mecánico** muy poco específico, que depende de la presión capilar. En el sistema de túbulos existen procesos tanto de **transporte pasivo**, a favor de gradientes de concentración, como de **transporte activo**, mediante transportadores específicos para cada sustancia.

### Flujo sanguíneo renal

El riñón recibe alrededor del 20 % del gasto cardíaco, cantidad superior a la de otros órganos como el hígado o el cerebro. El objetivo de este gran aporte sanguíneo es conseguir una alta filtración glomerular, más que proporcionar O<sub>2</sub> para el metabolismo de las células renales.

El flujo renal está regulado por varios mecanismos (objetivo=> que permanezca lo más constante posible):

- Existen varios mecanismos de **autorregulación** del flujo renal de sangre. El más sencillo se debe a una propiedad intrínseca de la musculatura lisa de los vasos: la tendencia a contraerse al ser distendido. Por lo tanto, al aumentar la presión arterial, la arteriola aferente se distiende y ello provoca la contracción de su músculo liso.
- También existe un control por el **sistema nervioso simpático**.
- Regulación hormonal por el **sistema yuxtglomerular**: se encarga de secretar renina, que a su vez activa la secreción de angiotensina y aldosterona.

- Regulación mediante quimiorreceptores (de  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^+$ ) localizados en la **mácula densa**: inducen la vasoconstricción de la arteriola aferente, y también la secreción de renina.

### Filtración glomerular

El filtrado ocurre entre los capilares del glomérulo y el interior de la cápsula de Bowman. La membrana de los capilares es especial y está formada por tres capas:

- una interna, la **pared capilar** (o sea, el endotelio). Está fenestrada.
- una **membrana basal** (que pertenece a la cápsula de Bowman), formada por una red de fibras de colágeno.
- una capa de células epiteliales denominadas **podocitos** (que es la capa interna de la cápsula de Bowman). Existen espacios libre entre las digitaciones que emiten.

La estructura que realmente actúa como un filtro es la membrana basal, pues la pared capilar está fenestrada y los podocitos dejan espacios libres.

Como consecuencia de esta estructura, la cantidad de agua y moléculas que abandonan el plasma en estos capilares glomerulares es muy superior a la de los capilares normales. La **permeabilidad** depende de:

- principalmente el **tamaño** de la molécula.
- la **carga**: las moléculas con carga negativa filtran peor, debido a la existencia de cargas negativas en la membrana basal.

Composición del filtrado: como consecuencia de lo anterior, el filtrado carece de elementos celulares y básicamente carece de proteínas (son moléculas grandes y suelen presentar carga negativa). Las concentraciones de sales y moléculas orgánicas, como glucosa y aminoácidos, son similares en el plasma y en el filtrado. Las moléculas pequeñas que están ligadas a proteínas plasmáticas no filtran; por lo que el que una molécula se ligue a las proteínas es una forma de evitar su excreción (esto ocurre con algunas hormonas e iones, como el  $\text{Ca}^{2+}$ ).

El flujo renal de sangre en una persona de 70 Kg es de 1.100 ml/min, que corresponde a un flujo de plasma de unos 600 ml/min. En el glomérulo se filtra aproximadamente el 20 % de ese plasma, dando un filtrado de unos 120 ml/min (180 l/día). A este filtrado que se forma por minuto en todas las nefronas de ambos riñones se le llama **índice de filtración glomerular**. Dado que el volumen total de plasma es de unos 3 litros, esto significa que el volumen total de sangre se filtra unas 60 veces al día. Con ello se consigue un control muy preciso del medio interno del organismo.

### Transporte tubular: reabsorción y secreción

Aunque diariamente los glomérulos filtran 180 litros de líquido, a través de la orina se excreta entre el 0,5 % del filtrado (en períodos de conservación de agua: antiuresis) y el 15 % del filtrado (en períodos de gran eliminación de agua: diuresis). Mediante los procesos de reabsorción y secreción, los túbulos renales modulan el volumen y la composición de la orina. Por lo tanto, los túbulos controlan el volumen, la osmolalidad, la composición y el pH de los compartimentos intracelular y extracelular.

La **reabsorción** es el transporte neto de una sustancia desde la luz tubular a la sangre. La **secreción** es el transporte neto desde la sangre a la luz tubular. El papel de la reabsorción es mucho mayor que el de la secreción.

Las células de los túbulos están unidas entre sí por **uniones estrechas**, situadas hacia la luz tubular. Bajo éstas existen **espacios laterales** entre las células (como varias latas unidas por el plástico que las une). Por lo tanto, en una nefrona una sustancia puede ser transportada:

- a través de las células: **vía transcelular**.
- entre las células: **vía paracelular**.

Las propiedades del túbulo varían a lo largo de su longitud: las uniones estrechas de las proximidades del glomérulo tienen una elevada permeabilidad al agua (son más laxas); hacia el túbulo colector se van haciendo progresivamente menos permeables.

#### Transporte tubular de sustancias orgánicas

Podemos diferenciar entre procesos activos y pasivos.

Las principales sustancias que se transportan de manera activa son:

- **glucosa**. Normalmente la orina no contiene glucosa, ya que es completamente reabsorbida en la primera porción del túbulo proximal. Se reabsorbe por un proceso de transporte activo secundario: se une a un transportador juntamente con el  $\text{Na}^+$ ; la energía la proporciona el gradiente de  $\text{Na}^+$ .
- **aminoácidos**. Se reabsorben de la misma forma que la glucosa, pero utilizando transportadores distintos.
- **proteínas**. La pequeña cantidad de proteínas que se filtran se reabsorbe normalmente por pinocitosis (pequeñas vesículas que se forman por estrangulamiento) en el túbulo proximal.

De manera pasiva se transportan:

- **urea**. Normalmente se excreta la mitad de la urea filtrada. Se reabsorbe por difusión, junto con el  $\text{H}_2\text{O}$ , a través de las uniones estrechas.
- **ácidos y bases débiles**. Se reabsorben o secretan dependiendo de la acidez del filtrado.

#### Transporte tubular de agua e iones

El **agua** se transporta siempre mediante mecanismos pasivos, siguiendo el gradiente osmótico. Se reabsorbe entre el 99 % y el 85 % del agua filtrada. El principal lugar de reabsorción de agua es el túbulo proximal; realizándose en el túbulo distal un control fino.

El  **$\text{Na}^+$**  se reabsorbe mediante difusión (proceso que suele ir acoplado al transporte de otros solutos (cotransporte)), y mediante la bomba de  $\text{Na}^+\text{-K}^+$ .

El  **$\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{K}^+$**  son ejemplos de iones que pueden utilizar una vía paracelular, al ser arrastrados con el líquido reabsorbido. También se transportan mediante mecanismos de transporte activo.

Para la próxima clase debes:

- leer el texto y tratar de comprenderlo.
- buscar imágenes de la estructura de los riñones, y comprenderlas.
- saber representar en un dibujo y conocer la estructura de una nefrona y las funciones de sus distintas partes.