



**Nombre del alumno: KASIA OJEDA  
PRZEKAZINSKA.**

**Nombre del profesor: EDUARDO  
ZEBADUA.**

**Nombre del trabajo: SISTEMA  
NEFROURINARIO.**

**Materia: MORFOLOGÍA.**

**Grado: 1°**

**Grupo: LMH14EMM0421-A**

Para producir orina, las nefronas y los túbulos colectores desarrollan tres procesos básicos: filtración glomerular, reabsorción tubular y secreción tubular.

El túbulo **renal** es el responsable de la reabsorción selectiva del filtrado glomerular y de las secreciones tubulares.

- **Filtración glomerular:** Es el primer paso en la producción de orina. El agua y la mayor parte de los solutos del plasma atraviesan la pared de los capilares glomerulares, donde se filtran e ingresan en la capsula de Bowman y luego, en el túbulo renal. El líquido que ingresa en el espacio capsular se llama **filtrado glomerular**. En promedio, el volumen diario de filtrado glomerular en los adultos es de 150 L en las mujeres y de 180 L en los hombres. Más del 99% del filtrado glomerular retorna a la corriente sanguínea por reabsorción tubular, de modo que solo 1-2 L se excretan como orina.

El volumen de líquido que ingresa en los túbulos contorneados proximales en solo media hora es mayor que el volumen total de plasma porque la tasa de filtración glomerular normal es muy alta. La reabsorción, que es el retorno de la mayor parte del agua y de muchos de los solutos filtrados hacia la corriente sanguínea, es la segunda función básica de la nefrona y el túbulo colector. En condiciones normales, alrededor del 99% del agua filtrada se reabsorbe.

- **Reabsorción tubular:** A medida que el líquido filtrado fluye a lo largo de los túbulos renales y los túbulos colectores, las células tubulares reabsorben cerca del 99% del agua filtrada y diversos solutos útiles. El agua y los solutos regresan a la sangre mientras esta fluye a través de los capilares peritubulares y los vasos rectos. El término *reabsorción* se refiere al regreso de las sustancias a la corriente sanguínea.

Las células epiteliales a lo largo del túbulo renal y del túbulo colector llevan a cabo la reabsorción, pero las células del túbulo contorneado proximal realizan la mayor contribución. La tercera función de las nefronas y los túbulos colectores es la secreción tubular, que es la transferencia de sustancias desde la sangre y las células tubulares hacia el filtrado glomerular. Las sustancias secretadas son iones hidrogeno ( $H^+$ ),  $K^+$  y amonio ( $NH_4^+$ ), creatinina y algunos fármacos como penicilina.

### ***Vías de reabsorción***

Una sustancia reabsorbida del líquido, en la luz del túbulo, puede seguir uno de dos caminos antes de ingresar en el capilar peritubular: puede desplazarse *entre* células tubulares adyacentes o *a través* de una célula tubular. A lo largo del túbulo renal, las uniones herméticas

rodean y vinculan las células contiguas entre sí, de la misma manera que los anillos de plástico unen los envases de gaseosas en un paquete de seis unidades.

Las células que revisten los túbulos renales, al igual que otras células del cuerpo, tienen una baja concentración de  $\text{Na}^+$  en su citosol por la actividad de las bombas de sodio-potasio ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ATPasas). Estas bombas se localizan en las membranas basolaterales y expulsan  $\text{Na}^+$  de las células de los túbulos renales.

### ***Mecanismos de transporte***

Cuando las células renales transportan solutos, dentro o fuera del líquido tubular, movilizan sustancias específicas en una sola dirección. No resulta sorprendente identificar diferentes tipos de proteínas transportadoras en las membranas apical y basolateral.

El transporte de sustancias a través de las membranas puede ser activo o pasivo. Cabe recordar que en el **transporte activo primario**, la energía derivada de la hidrólisis del ATP se emplea para “bombear” una sustancia a través de una membrana; la bomba de sodio-potasio es un ejemplo de esta clase de bomba. En el **transporte activo secundario**, la energía almacenada en el gradiente electroquímico de un ion, en lugar de la hidrólisis del ATP, conduce otra sustancia a través de la membrana. El **transporte activo secundario** acopla el movimiento de un ion que se desplaza a favor de su gradiente electroquímico para el transporte de una segunda sustancia, contra su gradiente electroquímico. Los *cotransportadores* son proteínas de membrana que transportan dos o más sustancias en la misma dirección, a través de una membrana. Los *contratransportadores*, movilizan dos o más sustancias en direcciones opuestas, a través de una membrana. Cada tipo de transportador tiene un límite de velocidad a la que puede operar

### **Reabsorción y secreción en el túbulo contorneado proximal**

La mayor parte de la reabsorción de solutos y agua del líquido filtrado tiene lugar en los túbulos contorneados proximales, que reabsorben el 65% del agua, el  $\text{Na}^+$  y el  $\text{K}^+$  filtrados, el 100% de la mayoría de los solutos orgánicos filtrados, como glucosa y aminoácidos, Asimismo, los túbulos contorneados proximales secretan una cantidad variable de iones  $\text{H}^+$ , amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y urea. El **transporte del  $\text{Na}^+$**  se produce por medio de cotransportadores y contratransportadores, en el túbulo contorneado proximal. En condiciones normales, la glucosa, los aminoácidos, el ácido láctico, las vitaminas hidrosolubles y otros nutrientes filtrados no se pierden con la orina, sino que se reabsorben por completo en la primera mitad

del túbulo contorneado proximal, a través de diversos tipos de **cotransportadores de Na<sup>+</sup>** localizados en la membrana apical.

En otro proceso de transporte activo secundario, los **contratransportadores de Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup>** transportan el Na<sup>+</sup> filtrado a favor de su gradiente de concentración hacia las células del túbulo contorneado proximal, junto con los H<sup>+</sup>, que se movilizan desde el citosol hacia la luz, lo que hace que el Na<sup>+</sup> se reabsorba hacia la sangre y los H<sup>+</sup> se secreten hacia el líquido tubular.

La reabsorción de solutos en los túbulos contorneados proximales promueve la osmosis de agua. Cada soluto reabsorbido aumenta la osmolaridad, en primer lugar, dentro de la célula tubular, luego en el líquido intersticial y por último en la sangre. Así, el agua se desplaza rápidamente desde el líquido tubular, tanto por la vía paracelular como por la transcelular, hacia los capilares peritubulares y restablece el balance osmótico.

### **Reabsorción en el asa de Henle**

El asa de Henle reabsorbe alrededor del 15% del agua filtrada, entre el 20 y el 30% del Na<sup>+</sup> y el K<sup>+</sup>, el 35% del Cl<sup>-</sup>, entre el 10 y el 20% del HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y una cantidad variable del Ca<sup>2+</sup> y el Mg<sup>2+</sup> filtrados. En este sitio, por primera vez, la reabsorción de agua por osmosis *no* se acopla en forma automática con la reabsorción de los solutos filtrados porque parte del asa de Henle es relativamente impermeable al agua. Si bien alrededor del 15% del agua filtrada se reabsorbe en la rama *descendente* del asa de Henle, poco o nada se reabsorbe en la rama *ascendente*. En este segmento del túbulo, las membranas apicales son casi impermeables al agua y como se reabsorben iones pero no agua, la osmolaridad del líquido tubular se reduce de manera progresiva, a medida que el líquido fluye hacia el final de la rama ascendente.

Las membranas apicales de las células de la rama ascendente gruesa del asa de Henle tienen **cotransportadores de Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-2Cl<sup>-</sup>** que reabsorben de manera simultánea un ion de Na<sup>+</sup>, un ion de K<sup>+</sup> y dos iones de Cl<sup>-</sup> desde el líquido, en la luz tubular. El Na<sup>+</sup> transportado en forma activa hacia el líquido intersticial, en la base y a los lados de la célula, difunde hacia los vasos rectos.

### **Reabsorción en la porción inicial del túbulo contorneado distal**

El líquido ingresa en los túbulos contorneados distales a una velocidad aproximada de 25 mL/min porque el 80% del agua filtrada ya se reabsorbió. La porción inicial del túbulo contorneado distal reabsorbe alrededor del 10-15% del agua filtrada, el 5% del Na<sup>+</sup> filtrado

y el 5% del  $\text{Cl}^-$  filtrado. La reabsorción de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  se realiza a través de **cotransportadores de  $\text{Na}^+-\text{Cl}^-$**  en las membranas apicales. Las bombas de sodio-potasio y los canales de  $\text{Cl}^-$  en las membranas basolaterales permiten la reabsorción de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  en los capilares peritubulares. La porción inicial del túbulo contorneado distal también es el principal sitio donde la hormona paratiroidea (PTH) estimula la reabsorción del  $\text{Ca}^{2+}$ .

### **Reabsorción y secreción en la porción final del túbulo contorneado distal y el túbulo colector**

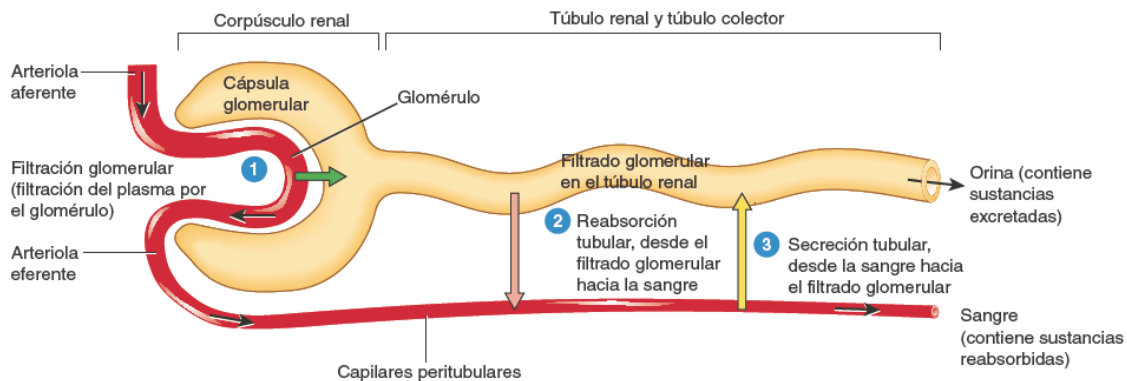
Cuando el líquido llega al final del túbulo contorneado distal, entre el 90 y el 95% del agua y los solutos filtrados ya retornaron a la corriente sanguínea. Es importante recordar que en la porción final del túbulo contorneado distal y a lo largo de todo el túbulo colector hay dos tipos diferentes de células: las células principales y las células intercaladas. Las células principales reabsorben  $\text{Na}^+$  y secretan  $\text{K}^+$ ; las células intercaladas reabsorben  $\text{K}^+$  y  $\text{HCO}_3^-$  y secretan  $\text{H}^+$ .

En condiciones normales, la reabsorción transcelular y paracelular en el túbulo contorneado proximal y el asa de Henle devuelven la mayor parte del  $\text{K}^+$  filtrado a la sangre.

### **Regulación hormonal de la reabsorción y la secreción tubular**

Cinco hormonas afectan la cantidad de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y agua reabsorbidos, y también la cantidad de  $\text{K}^+$  secretado en los túbulos renales y son la angiotensina II, la aldosterona, la hormona antidiurética, el péptido natriuretico atrial y la hormona paratiroidea.

- **Secreción tubular:** A medida que el líquido filtrado fluye a lo largo de los túbulos renales y los túbulos colectores, las células tubulares secretan otras sustancias, como desechos, fármacos y compuestos iónicos presentes en concentraciones excesivas, hacia el líquido filtrado. Se advierte que la secreción tubular elimina *sustancias de la sangre*.



Los **electrolitos** son minerales en el cuerpo que tienen una carga eléctrica. Se encuentran en la sangre, la orina, tejidos y otros líquidos del cuerpo. Los **electrolitos** son importantes porque ayudan a: Equilibrar la cantidad de agua en su cuerpo.

**Cationes con cargas positivas: sodio, potasio, calcio, magnesio e hidrogeno.**

**Aniones con cargas negativas: cloruro, bicarbonato, fosfato, sulfato y proteínas.**

Los electrólitos son sustancias como las sales que se disuelven o rompen en solución acuosa y dan lugar a átomos con carga eléctrica (o grupos de átomos), que se denominan iones.

Los electrólitos, sobre todo el sodio, ayudan al organismo a mantener niveles adecuados de líquido en estos compartimentos, ya que la cantidad de líquido presente en un compartimento depende de la cantidad (concentración) de electrólitos. Si esta concentración es alta, el líquido entra en el compartimento (un proceso denominado ósmosis). Del mismo modo, si es baja, el líquido sale. Para regular los niveles de líquido, el organismo puede introducir activamente electrólitos en las células o expulsarlos de ellas. Por lo tanto, para mantener el equilibrio hídrico entre los compartimentos, es importante tener las concentraciones adecuadas de electrólitos (lo que se denomina equilibrio electrolítico).

Los riñones ayudan a mantener las concentraciones de electrólitos filtrándolos, junto con agua, desde la sangre, devolviendo algunos al torrente sanguíneo y eliminando los excedentes en la orina. Así, los riñones contribuyen a mantener un equilibrio entre la ingesta diaria y la eliminación de electrólitos y agua.

**SODIO:** Su función primordial es la regulación de la distribución de agua en todo el cuerpo. Se ingiere a través de los alimentos y las bebidas y se elimina en la piel (sudor) y el riñón (orina). El  $\text{Na}^+$  cumple una función esencial en el balance hidroelectrolítico, ya que es el responsable de casi la mitad de la osmolaridad del LEC.

**POTASIO:** Elemento esencial en la transmisión del impulso nervioso y por extensión en la excitación de la musculatura, incluso la del miocardio. Es indispensable para el control neuromuscular y para la regulación de la actividad muscular esquelética, cardíaca y del músculo liso.

**CALCIO:** En forma de hidroxapatita es el componente principal de huesos y dientes. Se excreta por riñones. El calcio se desplaza desde los huesos hasta la sangre cuando es necesario para mantener su concentración de esta.

**BICARBONATO:** Los iones de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) ocupan el segundo lugar entre los aniones extracelulares más abundantes. La concentración normal de bicarbonato oscila entre 22 y 26 mEq/litro en sangre arterial sistémica. El intercambio de  $\text{Cl}^-$  por bicarbonato ayuda a mantener el balance aniónico adecuado entre el líquido extracelular y el intracelular. Las células intercaladas de los túbulos renales pueden producir bicarbonato y liberarlo hacia la sangre cuando sus niveles disminuyen y excretar el exceso de  $\text{HCO}_3^-$  a través de la orina, cuando su nivel plasmático es muy alto.

**MAGNESIO:** Es el cuarto catión más abundante en el líquido extracelular y el segundo en el intracelular. Desde el punto de vista funcional, es cofactor de enzimas necesarias para el metabolismo de los hidratos de carbono y las proteínas y para la bomba de sodio-potasio. El  $\text{Mg}^{2+}$  es esencial para la actividad neuromuscular normal, la transmisión sináptica y la función del miocardio. Asimismo, la secreción de hormona paratiroidea depende del  $\text{Mg}^{2+}$ .

**CLORURO:** Los iones ( $\text{Cl}^-$ ) son los aniones prevalentes en el líquido extracelular. Su concentración normal en el plasma oscila entre 95 y 105 mEq/L. El  $\text{Cl}^-$  ayuda al balance de los aniones entre los distintos compartimentos. El contratransporte de  $\text{Cl}^-$  por  $\text{HCO}_3^-$  mantiene un balance aniónico adecuado entre el LEC y el LIC. Los iones  $\text{Cl}^-$  también forman parte del ácido clorhídrico secretado hacia el jugo gástrico. La ADH participa en la regulación del balance de  $\text{Cl}^-$  en los líquidos corporales porque determina la cantidad de agua que se pierde con la orina.

**FOSFATO:** En los adultos, alrededor del 85% del fosfato está presente como sales de fosfato cálcico, que son componentes estructurales del hueso y los dientes. Los fosfatos contribuyen con alrededor de 100 mEq/litro de aniones al líquido intracelular. El  $\text{HPO}_4^{2-}$  es un importante amortiguador de  $\text{H}^+$ , tanto en los líquidos corporales como en la orina.