

Capítulo 6 PARTE 3/3

6.12 EL TUBULO COLECTOR , EL LUGAR DONDE LA ORINA, POR FIN SE HACE HIPERTONICA ... A VECES

El túbulo colector, como su nombre lo indica, colecta, junta, el fluido tubular proveniente de diferentes nefrones. Aproximadamente hay un colector cada 5 ó 6 nefrones, que van desembocando en él desde la corteza hasta la punta de la papila. Histológicamente no se distinguen zonas o porciones, pero hay dos poblaciones de células: las claras o principales y las oscuras o intercalares. La altura de las principales aumenta a medida que el túbulo colector penetra en la médula. Lo más importante es, sin duda, que el túbulo colector atraviesa todas las zonas del riñón, desde la corteza con 290 mOsm/ L a la médula interna, con 1200-1400 mOsm/l y de allí que se hable, muchas veces, de una porción cortical y otra medular.

El VOLUMEN del fluido tubular que SALE del distal y ENTRA en los colectores varía entre unos 8 mL/min, si el sujeto está tomando poca agua, y unos 20 mL/min, cuando está tomando agua en cantidad. La OSMOLARIDAD de este líquido estará algo por encima de la plasmática en el primer caso y será hipotónica en el segundo.

- Magnitud de la reabsorción de agua y de osmoles en el túbulo colector.

Supongamos, por un momento, que el colector es un **tubo de plástico** y que **todo** lo que entra por un extremo, sale, sin modificar, por el otro.

a) ¿Cuál **sería** el VOLUMEN excretado?

SIN TOMAR AGUA: 8 mL/min . 1440 = 11520 mL/día

INDICE - Parte 3	Pág.
6.12 EL TUBULO COLECTOR , EL LUGAR DONDE LA ORINA, POR FIN SE HACE HIPERTONICA ... A VECES	1
- Mecanismo de reabsorción de agua en el colector	3
6.13 EL MECANISMO DE CONTRACORRIENTE O CUANDO APARECE EL CULPABLE DEL GRADIENTE CORTICO-MEDULAR	4
- El sistema de contracorriente en el riñón.	6
- El túbulo colector: el que aprovecha el sistema de contracorriente	7
- El sistema de vasos rectos asegura que el gradiente se quede donde debe estar	8
6.14 EL CICLO DE LA UREA EN EL RIÑÓN, LA FILTRACION GLOMERULAR y LA UREMIA.	9
EL MODELO DE DIAMOND – DOSSERT Y LAS AQUAPORINAS	12
SITIO Y MODO DE ACCION DE LOS DIURETICOS	13
PROBLEMAS	14
DISCUSION	15
PRUEBA DE AUTOEVALUACION	18
RESPUESTAS	22

TOMANDO MUCHA AGUA: $20 \text{ mL/min} \cdot 1440 = 28800 \text{ mL/día}$

Ninguna de las dos cifras corresponde a lo que ya sabemos: sin tomar agua, LO MINIMO que se puede excretar (p. 135) son 300-350 mL/día y tomado mucha, pero mucha agua es posible que se llegue a excretar casi 30 litros por día, pero ... no es nada habitual. ¿Qué es, sí, lo habitual y cotidiano? Que orinemos 1 a 2 litros por día. Entonces, ¿qué conclusión sacamos? Que en el túbulo colector se está, SIEMPRE, reabsorbiendo agua: lo que cambiará será la magnitud de esa reabsorción.

b) ¿Cuál **sería** la MASA osmolar excretada?

SIN TOMAR AGUA:

$$\begin{aligned} \text{Entrada al colector} &= U_{\text{osm}} \cdot V = 320 \text{ mOsm/L} \cdot 0.008 \text{ L/min} \\ &= 2,56 \text{ mOsm/min} = 3686 \text{ mOsm/día} \end{aligned}$$

TOMANDO MUCHA AGUA

$$\begin{aligned} \text{Entrada al colector} &= 150 \text{ mOsm/L} \cdot 0,020 \text{ L/min} \\ &= 3 \text{ mOsm/min} = 4320 \text{ mOsm/día} \end{aligned}$$

Esta cifra tampoco coincide con lo que conocemos. Un sujeto, comiendo una dieta mixta, "DEBE" excretar, por la orina, cerca de 900 mOsm por día .

¿Conclusión? Que en el túbulo colector, cualquiera sea la condición del sujeto, SIEMPRE se estará reabsorbiendo agua y solutos, que pasarán de la luz tubular al intersticio, a los capilares y a los vasos rectos.

- Mecanismo de reabsorción de agua en el colector

El túbulo colector transcurre, desde la corteza renal hasta la punta de la papila, por un ambiente que es progresivamente hipertónico, de

LAS SEÑALES PARA LA -SECRECIÓN 13E ALDOSTERONA Y DE ADH

A lo largo de este libro, cada vez que nos hemos referido a la aldosterona lo hemos hecho diciendo que su secreción aumenta frente a situaciones de balance negativo de sodio, mientras que para la ADH hemos dicho que su aumento está vinculado a balances negativos de agua. Esto es absolutamente cierto, pero... ¿cómo se enteran las células secretoras de aldosterona o de ADH que "deben" hacerlo?. En todas estas situaciones debe identificarse a) la señal; b) el sensor; e) el mensajero; d) el órgano blanco; c) las células secretoras y e) el sistema efector.

Para la **ALDOSTERONA** hay 4 señales básicas que pueden determinar un aumento de su secreción: una disminución de; volumen intravascular, una aumento en la concentración de K^+ extracelular, una disminución en la concentración de Na^+ extracelular o una reducción en la masa de Na^+ extracelular. Hay lugares que sensan, se "dan cuenta" de estos cambios: la mácula densa para la concentración y la masa de Na^+ , los corpúsculos carotídeos para el volumen y la presión sanguínea y la propia corteza suprarrenal para el K^+ . La información viaja, desde los sensores a la corteza suprarrenal, principalmente vía el sistema renina- angiotensina, en la secuencia: baja oferta tubular de $NaCl$ --> aumento de renina -> aumento de angiotensina --> aumento de aldosterona. De los corpúsculos carotídeos la información viaja por vía nerviosa. Las células secretoras son las de la corteza suprarrenal y el sistema efector está ubicado en el túbulo distal, donde la aldosterona promueve la reabsorción de Na^+ y la secreción de K^+

Para la **ADH** hay 2 señales básicas que puede determinar un aumento de su secreción: el aumento de la osmolaridad plasmática y la disminución de; volumen extracelular. Los osmoreceptores están ubicados en el hipotálamo, próximos a las células secretoras de ADH. El cambio de volumen extracelular sería detectado por baroreceptores (sensores de presión) también hipotalámicos. La hormona se almacena en el lóbulo posterior de la hipófisis y las células efectoras son las del colector, que aumentan su permeabilidad al agua frente a la ADH, determinando un ahorro de agua y la formación de orinas hipertónicas.

modo que el agua puede salir del colector por gradiente osmótico siempre que la permeabilidad al agua del epitelio sea alta (Fig. 6.29).

Ya sabemos quien puede regular la permeabilidad al agua: la **ADH**. Cuando, por cualquier razón, se está en balance negativo de agua, la osmolaridad en TODO el líquido extracelular tiende a aumentar, se libera ADH, su concentración en plasma aumenta y actúa sobre las células del colector, que son sus células BLANCO principales. La ADH, ya lo sabemos, actúa sobre el lado seroso o sanguíneo y, a través del sistema adenil-ciclasa-AMPC, determina la aparición de canales para el agua en la membrana apical, aumentando la permeabilidad al agua.

Por el contrario, en un sujeto que toma agua como para, en un momento dado, estar en balance positivo de agua, la concentración de ADH en plasma es muy baja o indetectable, por lo que la permeabilidad del túbulo colector al agua es sólo la propia del tejido. Hay, por supuesto, un gradiente osmótico entre el fluido tubular del colector y los capilares, pero el flujo de agua entre esos puntos es bajo, el agua se reabsorbe poco y se excreta mucho por la orina.

- Mecanismo de reabsorción de osmoles en el túbulo colector

Las dos sustancias que, en mayor proporción, contribuyen a dar la osmolaridad del FT del colector son la urea y el Na⁺ (con sus aniones acompañantes, por supuesto) (Fig. 6.31)

La UREA sale del colector por difusión, gracias al gradiente de concentración y a que esta porción tubular es muy permeable a este soluto. No está muy claro si la ADH modifica o no la permeabilidad de las células a la urea, pero lo que sí se sabe es que cuando el volumen urinario es alto, la reabsorción de urea, en esta parte, es menor.

El SODIO sale del colector por transporte activo, creando una diferencia de potencial en el que la luz es negativa y el intersticio es

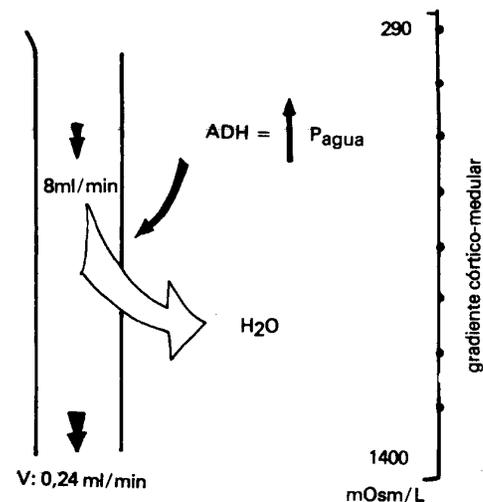


FIG. 6.30 EN PRESENCIA DE ADH, EN EL COLECTOR, EL AGUA SALE POR GRADIENTE OSMOTICO, DISMINUYENDO EL VOLUMEN DE ORINA

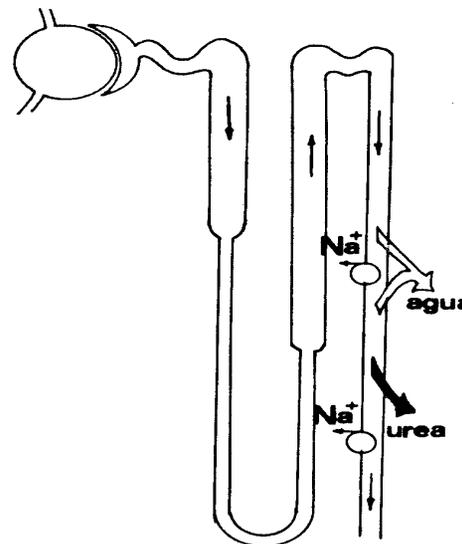


FIG. 6.31 LA UREA SALE DEL COLECTOR POR DIFUSION POR SU GRADIENTE DE CONCENTRACION. EL Na⁺ SALE POR TRANSPORTE ACTIVO Y AMBOS CONTRIBUYEN A AUMENTAR LA OSMOLARIDAD DE LA MEDULA

positivo. La cloruro acompañaría al Na^+ , saliendo por electrodifusión. La reabsorción de Na^+ en el colector está, como en el distal, bajo el control de la aldosterona, de modo que el flujo neto de Na^+ del lado mucoso al seroso aumenta cuando el sujeto está en balance negativo de Na^+ .

- Características del epitelio del túbulo colector

El epitelio de los túbulos colectores es, claramente, un **epitelio cerrado**: mantiene gradientes de concentración, tiene una diferencia de potencial eléctrico entre sus caras serosas y mucosas y su resistencia es del orden de 800 ohm. cm^2 .

Es bueno señalar nuevamente que sobre este epitelio actúan las dos hormonas más importantes desde el punto de vista renal: la antidiurética y la aldosterona. No se puede, por supuesto, montar un túbulo colector en una cámara de Ussing, pero hay, en el sapo otra vez, un epitelio que se la parece funcionalmente mucho: la vejiga urinaria. Es un buen modelo: se le miden flujos de agua, de Na^+ , etc., se prueban hormonas, drogas y es donde se hallaron, por primera vez, los agregados de partículas intramembrana.

6.13 EL MECANISMO DE CONTRACORRIENTE O CUANDO APARECE EL CULPABLE DEL GRADIENTE CORTICO-MEDULAR

Casi todos los tejidos y estructuras del organismo humano tienen osmolaridades cercanas a los 300 mOsm/L , SALVO el intersticio de la médula renal que puede tener 1200 a 1400 mOsm/L . ¿Cómo aparece esta alta concentración? Lo más sencillo sería imaginar, en algún sitio del nefrón, la existencia de una BOMBA que levantara la osmolaridad desde 300 mOsm/L a 1400 . El "pequeño" problema que se plantea es que la **energía** necesaria para la operación de una bomba de ese tipo sería superior a la energía que, se sabe, todo el riñón utiliza. Deberá pensarse, entonces, en un mecanismo más eficiente que una simple bomba. La explicación fue hallada en los mecanismos de CONTRACORRIENTE, que fueron originalmente descritos para las tuberías de calderas y otros intercambiadores de calor.

- ¿Cómo funciona un sistema de contracorriente?

En la Fig. 6.32 se ve un tubo por donde pasa agua con una temperatura de 20°C y con un flujo de 1 L/min . En un punto de su camino se encuentra con una fuente de calor que le entrega 10 kcal/min . En el punto B, cuando sale de la fuente, el agua habrá ganado calor y su temperatura habrá aumentado. ¿A cuánto?

En el Cap. 2 hicimos un problema (2A) sobre la permeabilidad al agua en la vejiga de sapo y la acción de la ADH. Es una buena oportunidad para hacerlo nuevamente junto con el 2B

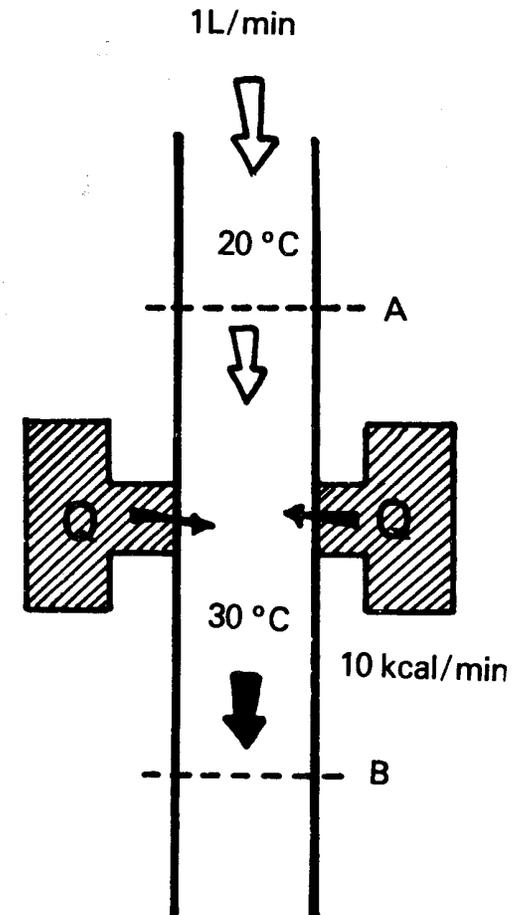


FIG 6.32 POR EL EXTREMO DEL TUBO ENTRA AGUA A 20°C Y SE CALIENTA A 30°C CUANDO PASA POR UNA FUENTE

El CALOR del agua que pasa, en un minuto, por el punto A es igual a

$$J_{Q \text{ entrada}} = \frac{V_{\text{agua}}}{t} \cdot c \cdot T$$

donde

$J_{Q \text{ entrada}}$ es el flujo de calor a la entrada de la fuente

V_{agua}/t es el flujo de agua (1 L/min)

c es el calor específico del agua (1 kcal . L⁻¹ . grado⁻¹)

T es la temperatura (20 °C)

de donde:

$$J_{Q \text{ entrada}} = 1 \text{ L/min} \cdot 1 \text{ kcal} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{grado}^{-1} \cdot 20 \text{ }^\circ\text{C} = 20 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1}$$

El CALOR que sale por B, en un minuto, será:

$$J_{Q \text{ salida}} = J_{Q \text{ entrada}} + J_{Q \text{ fuente}}$$

Como la fuente entrega 10 kcal/min, el flujo de calor, a la salida de fuente es de 30 kcal/min.

Despejando el término T, obtenemos la temperatura a la que sale el agua de la fuente y por el extremo B:

$$T_{\text{salida}} = \frac{J_{Q \text{ salida}}}{V/t \cdot c} = \frac{30 \text{ kcal/min}}{1 \text{ L/min} \cdot 1 \text{ kcal/L} \cdot \text{grado}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{salida}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ahora, doblemos el tubo y adosemos las paredes, como muestra la Fig. 6.33, e imaginemos que la pared entre los tubos deja pasar libremente el calor. La fuente sigue entregando 10 kcal/min, pero la temperatura a la que sale el agua que pasó por la fuente es ahora de 90 °C. En el extremo B, como en el caso del tubo recto, la temperatura es nuevamente de 30 °C. ¿Cómo ocurrió esto? Nótese que en ningún momento la diferencia de temperatura es mayor a los 10 grados, pero, en la punta, cuando el tubo da la vuelta, estos 10 grados son la diferencia entre 80 y 90 °C y no entre 20 y 30 °C. Simplemente, a través de la pared se fue intercambiando calor, haciendo que el nuevo líquido que entra reciba calor del líquido que sale, aumentando su temperatura. ¿Y qué importa que haya 90 °C en la punta si, para las

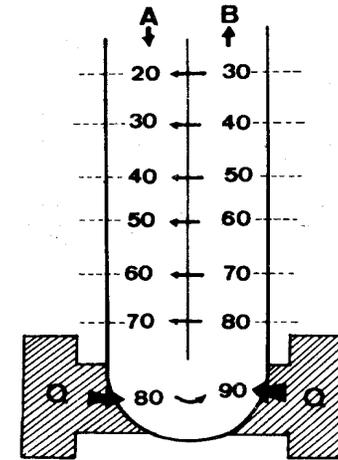


FIG. 6.33 SISTEMA DE CONTRACORRIENTE. POR EL EXTREMO DE UN TUBO ENTRA AGUA A 20 ° Y PASA POR UNA FUENTE DE CALOR. LA PARED ENTRE LAS DOS RAMAS DEJA PASAR CALOR Y EL AGUA QUE BAJA RECIBE CALOR DE LA RAMA QUE SUBE. DE ESTE MODO SE LOGRA QUE LA TEMPERATURA LLEGUE A 90°, PERO LA DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE LAS RAMAS ES DE 10 °

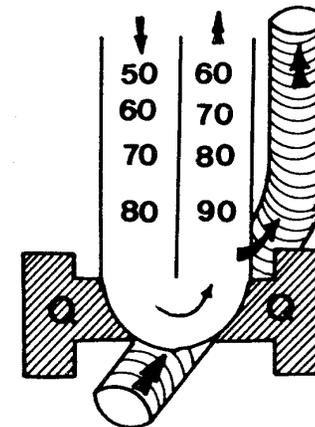


FIG. 6.34 LA ALTA TEMPERATURA CREADA POR EL SISTEMA DE CONTRACORRIENTE PORMITE OBTENER UNA GRAN DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE EL EXTREMO DEL SISTEMA DE CONTRACORRIENTE Y OYRO TUBO ADJUNTO

dos ramas la diferencia sigue siendo de 10 grados?. Para las dos ramas no importa, pero ¿qué tal si hacemos pasar un tercer tubo, con agua a 20 °C, cerca de la punta? (Fig. 6.34). El gradiente será de $90 - 20 = 70$ °C, algo que no se hubiera podido lograr nunca con la operación de la fuente sola.

Este sistema de contracorriente es más eficiente que el tubo recto para aumentar la temperatura del tercer tubo, pero, atención, el calor, la energía, es la misma en los dos casos y es sólo lo de la fuente entrega. Pero, ¿qué es una fuente de calor? Pues simplemente, un mechero, una resistencia eléctrica o, simplemente, una masa que rodea al tubo que está a una temperatura más alta que el tubo y que el agua que pasa por adentro.

- El sistema de contracorriente en el riñón.

En el riñón hay también dos tubos paralelos: la rama descendente y rama ascendente del asa de Henaje. Imaginemos que, en un principio, el FT de las dos ramas tiene la misma osmolaridad (300 mOsm/L).

¿Que necesitamos para que empiece a actuar como mecanismo de contracorriente de concentración? Pues que haya una fuente de osmoles, que el líquido circule por las ramas y que haya intercambio entre ellas. La osmolaridad es, como la temperatura, una propiedad intensiva y lo que necesitamos es una o varias "fuentes" de osmoles, capaces de crear un gradiente. En el asa de Henle hay varias fuentes e este tipo:

- el sistema que transporta NaCl en la porción gruesa de la rama ascendente
- la salida pasiva de Na⁺ de la porción delgada de la rama ascendente
- la salida de Na⁺ y de urea del colector

Pongamos, por ahora y para hacer las cosas lo más sencillas posible, a funcionar sólo el transporte de NaCl de la rama ascendente. Sale NaCl hacia el intersticio, la osmolaridad del fluido tubular baja y la del intersticio aumenta (Fig. 6.34). Como es una simple bomba, supongamos que el único gradiente que es capaz de crear es de 100 mOsm/L: llevará la osmolaridad del ascendente de 300 mOsm/L a 200 mOsm/L y la osmolaridad del intersticio de 300 a 400 mOsm/L. Eso será suficiente para que, de la rama descendente, salga agua por gradiente osmótico. Entonces, la osmolaridad del FT de la rama descendente aumentará hasta equilibrarse con el intersticio de 400 mOsm/L. La bomba del ascendente vuelve a crear, con el intersticio,

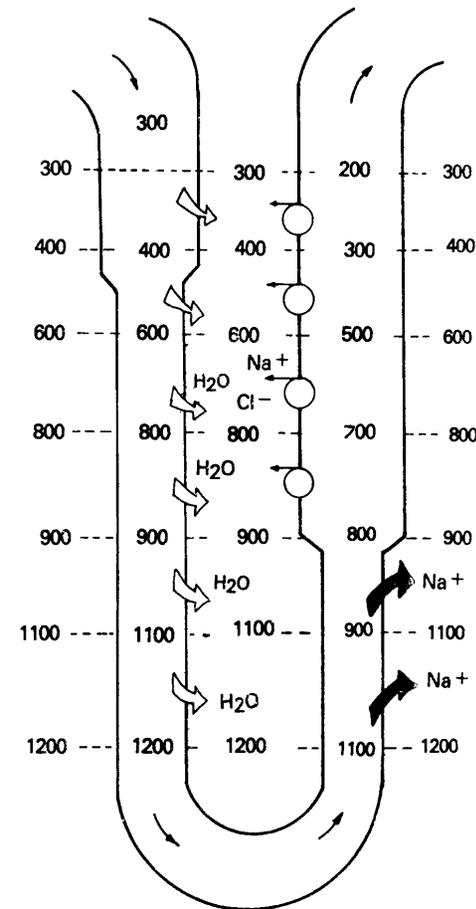


FIG. 6.35 SISTEMA DE CONTRACORRIENTE EN EL RIÑÓN HUMANO. LAS BOMBAS DE DEL ASA ASCENDENTE GRUESA HACEN QUE LA OSMOLARIDAD DEL TUBULO DESCENDENTE AUMENTE. EL AGUA SALE DEL DESCENDENTE GRACIAS A LA ALTA PERMEABILIDAD AL AGUA DEL DESCENDENTE, LLEGANDO, A CADA NIVEL, A UNA CONCENTRACION DE EQUILIBRIO)Valores em mOsm/L)

un gradiente de 100 mOsm/L, llevándolo a 500 mOsm/L. De la rama descendente, por su alta permeabilidad, saldrá agua, la osmolaridad de su FT aumentará, pero ahora hasta equilibrarse con un intersticio de 500 mOsm/L. El líquido "nuevo" que sale de túbulo proximal y entra en la rama descendente tendrá siempre 300 mOsm/L, pero el FT que sale de rama descendente tendrá progresivamente, una osmolaridad mayor. Luego de un tiempo bastante largo, el sistema llega a un estado estacionario y encontraremos, en la punta del asa y dependiendo de su longitud, una osmolaridad varias veces superior a la plasmática y que, en el hombre, llega a 1200-1400 mOsm/L.

Nótese que si se trazan líneas horizontales, nunca se encuentran diferencias de osmolaridad mayores a los 100 mOsm/L, que es lo que dijimos que la bomba podía crear.

La analogía entre la fuente de calor y una bomba que mueve osmoles es bastante fácil de aceptar, pero lo mismo se podría hacer con la llegada de urea al intersticio. Es un mecanismo pasivo, pero aporta osmoles. La masa de osmoles que llega aumenta la concentración osmolar, del mismo modo que el calor aumenta la temperatura. Lo importantes, para el riñón, será que, en algún punto del sistema, haya una fuente de osmoles que permita la formación del gradiente cortico-medular.

- El túbulo colector: el que aprovecha el sistema de contracorriente

El túbulo colector participa en el mecanismo de contracorriente en la medida que ayuda a crear, con la urea y el Na⁺ que salen de él, el ambiente hiperosmótico medular. Sin embargo, debe entenderse que el sistema de contracorriente está para "servir" al túbulo colector y no al revés.

El agua, en presencia de ADH y por la existencia de la médula hipertónica sale del colector y se producen orinas concentradas. Estas son propias, características de los animales terrestre y es lo que les ha permitido una vida más independiente con respecto a las fuentes de agua. El tercer tubo que colocamos en la Fig. 6.33 es precisamente el túbulo colector. El sistema de contracorriente sólo ha servido para crear un ambiente osmolar mayor al que podría crear una bomba y eso hace que la salida de agua del colector sea también mayor, lo que determina, a su vez, que se puedan crear orinas más concentradas. Y, no lo olvidemos, orinas concentradas significa ahorro de agua.

En cualquier persona se puede hacer el sencillo experimento de tomar un pequeño volumen de solución hipertónica (estéril) e inyectarla al celular subcutáneo. Se verá que al principio el líquido queda allí e incluso aumenta de volumen, pero poco tiempo después empieza a desaparecer y finalmente se borra todo rastro de la inyección. ¿Qué ha pasado? Simplemente la circulación capilar se ha ido llevando los osmoles inyectados y los ha diluido en la circulación.

- El sistema de vasos rectos asegura que el gradiente se quede donde debe estar

En el riñón hay una zona hipertónica, pero que se mantiene indefinidamente en ese sitio. Se podría argumentar, y es cierto, que la bomba del ascendente y la salida de Na^+ y urea del colector, así como la salida de Na^+ del ascendente, entregan continuamente nuevos osmoles que reemplazarán a los que se van. El problema es, otra vez, de energía. Sería un sistema de contracorriente que, para usar el ejemplo de Penélope, construiría gradientes "de día" para que para que la circulación lo destruya de noche y eso, claro, es un derroche de energía. Lo que hay en el riñón, en especial en su zona medular, es un sistema especial de vasos: los VASOS RECTOS o *vasa recta* (Fig. 6.3).

Los vasos rectos corren paralelos a las ramas del asa de Henle y son, ellos también, un sistema de contracorriente (Fig. 6.36). El plasma de la sangre que está, en momento dado, en la punta de la papila, tiene 1200 mOsm/L, pero el plasma que SALE por el punto B de la figura sólo tiene 300 mOsm/L. ¿Qué pasó? Pues que la rama de los vasos rectos que sube intercambié osmoles con la rama que baja. De ese modo, el gradiente SE QUEDA en la médula, cosa que no ocurriría si los capilares no tuvieran esta disposición paralela a las ramas del asa de Henle.

Los vasos rectos, como todos los capilares peritubulares tienen, además, la misión de llevarse el agua y los solutos pasan de la luz tubular al intersticio. De ese modo, el VOLUMEN de líquido que sale en un minuto por B es mayor que el volumen que entró por A. Como el flujo de cualquier soluto es el producto del flujo de agua por la concentración del soluto, por el punto B de los vasos rectos pasarán,

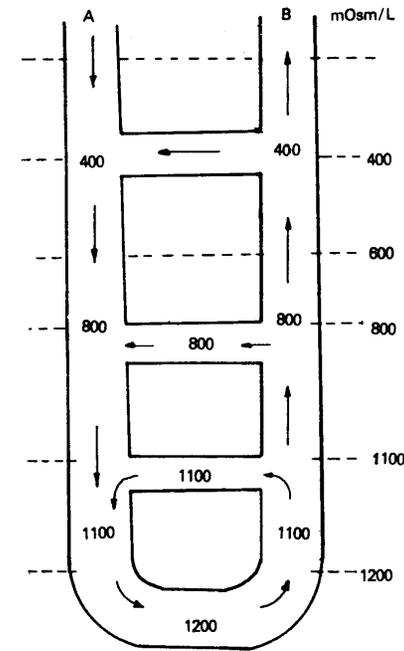


FIG. 6.36 SISTEMA DE CONTRACORRIENTE EN LOS VASOS RECTOS. LA ALTA OSMOLARIDAD DE LA MEDULA NO ES LAVADA POR LA CIRCULACION POR LA EXISTENCIA DE LOS VASOS RECTOS QUE MANTIENEN EL GRADIENTE CORTICOMEDULAR.

por minuto, más osmoles que por A y la diferencia será la masa reabsorbida por ese segmento tubular.

6.14 EL CICLO DE LA UREA EN EL RIÑÓN, LA FILTRACION GLOMERULAR y LA UREMIA.

La UREA es el producto final del metabolismo proteico en el hombre y, se elimina, en gran parte, por vía renal. Un porcentaje menor lo hace por vía intestinal. En términos de masa es, sin duda, el soluto más importante de la orina. Para comprobarlo, usemos el dato que dimos en la p. 245. La depuración de urea usada allí fue de 75 mL/min. Entonces:

$$C_{urea} = \frac{U_{urea} \cdot V}{P_{urea}}$$

$$y \quad C_{urea} \cdot P_{urea} = U_{urea} \cdot V$$

$$0,075 \text{ L/min} \cdot 0,3 \text{ g/L} = 0,0225 \text{ g/min} = 32,4 \text{ g/día}$$

Como el peso molecular de la urea es 60, se estarán eliminando 540 mmol/día o 540 mOsm/día.

El soluto, siempre en términos de masa, que le sigue en importancia es el Na⁺ y sus aniones y si en la dieta entran 150 mEq de Na⁺ al día, se eliminarán, por orina y vinculados a este ion, unos 300 mOsm/día.

La CONCENTRACION de urea en plasma, por su parte, y que hemos colocado en el párrafo anterior en 0,3 g/L (5 mmol/L), ha sido siempre objeto de mucho interés médico y su determinación forma parte de todos los exámenes de "*rutina*". Una urea elevada hace sospechar la existencia de un daño renal y determina que el paciente sea catalogado como UREMICO. En realidad, el término "uremia" quiere decir algo así como "orina en la sangre" y debe tomarse como sinónimo de insuficiencia renal, la que se traduce, **entre muchas otras cosas** en un aumento de la urea en plasma. ¿Y que es una insuficiencia renal? Pues la disminución severa, patológica, de la filtración glomerular.

En la medida en que la urea se elimina sin intervención de procesos activos, su excreción y su concentración en plasma depende de la FG, como lo muestra la Fig. 6.37. Nótese que cuando de la FG pasa de

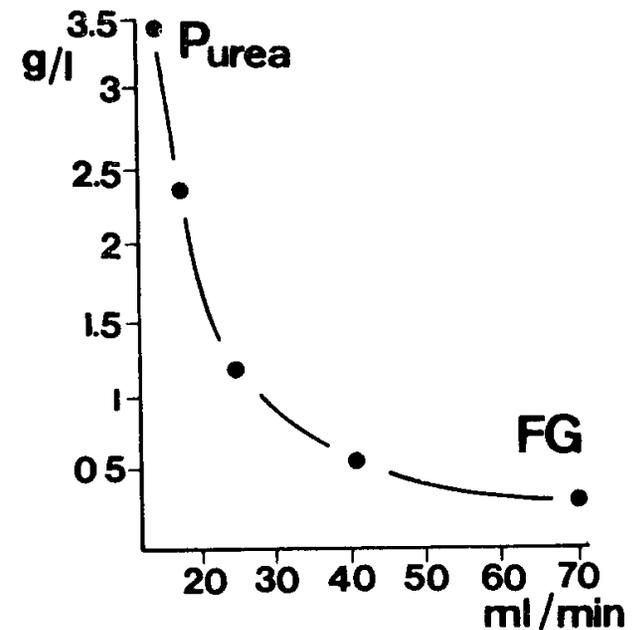


FIG. 6.37 ESQUEMA IDEALIZADO DE LA RELACION ENTRE LA FG Y LA CONCENTRACION DE UREA EN PLASMA. AUNQUE LA EXACTA RELACION VARIA DE ACUERDO A LA INGESTA PROTEICA Y LA DIURESIS, ESTE GRAFICO MUESTRA QUE CUANDO LA FG CAE A LA MITAD, LA UREA AUMENTA AL DOBLE.

120 mL/min a 60 mL/min la concentración de urea pasa de 0,30 a 0,60 g/L, cuando la FG es de 30 mL/min, la concentración de urea es 1,2 g/L. Es imposible, a través de la urea en plasma, detectar un cambio en la FG de 120 a 100 mL/min (hay que hacer una depuración de creatinina), por ejemplo, pero en los pacientes con FG de 5 mL/min, por ejemplo (insuficiencia renal severa), un pequeño cambio, para arriba o para abajo, en la FG, se traducirá en una modificación importante de la concentración de urea en plasma. Eso permitirá **seguir** la evolución de una insuficiencia renal.

- Reabsorción tubular de urea

Usando los valores de depuración de urea y de creatinina se llega a la conclusión que buena parte de la urea filtrada se reabsorbe en los túbulos. ¿Cuánto?

Oferta de urea:

$$FG \cdot P_{urea} = 0,12 \text{ L/min} \cdot 0,3 \text{ g/L} = 0,036 \text{ g/min} = 51,84 \text{ g/día}$$

Excreción de urea:

$$U_{urea} \cdot V = 32,4 \text{ g/día}$$

$$\text{Reabsorción tubular de urea} = 51,84 - 32,4 = 19,44 \text{ g/día}$$

(37,5 % de lo filtrado)

¿No resulta contradictorio que un supuesto "desecho", que logramos que salga de la circulación por filtración, lo estemos recuperando, al menos en parte, por reabsorción tubular? Lo cierto es que excretamos urea para mantener el balance nitrogenado pero, al mismo tiempo, usamos a la urea como un soluto fundamental para lograr una médula hipertónica y orinas concentradas.

- El ciclo de la urea dentro del riñón

El comportamiento de la urea en cada uno de los segmentos renales podemos ahora reconstruirlo utilizando algunas figuras de este capítulo. Así:

a) la urea sale del túbulo proximal un poco retrasada con respecto a la salida de agua, por lo que su concentración al final del proximal es mayor que en plasma (Fig. 6.16)

EL ASA DE MENLE: ¿UNA BROMA DE LA NATURALEZA

Para aquellos que creen que la naturaleza, por encima de todas las cosas "es sabia", el asa de Henle y sus "locuras", se mostró, por mucho tiempo, como un fenómeno raro. ¿Cómo era que algunos animales, en especial los mamíferos terrestres, tenían tan desarrollado ese tubo tan loco que bajaba hacia la médula y después volvía a subir? ¿No sería más lógico y sencillo un túbulo recto, de donde fuera saliendo progresivamente agua y solutos? Si, claro y en los libros de hace algunos años el nefrón de los mamíferos aparecía dibujado así:



No se establecían, entonces, diferencias entre el nefrón de los anfibios (que no tienen asa de Henle) y el de un hombre. Es en 1951 cuando Henrich Wirz aporta evidencias claras que demuestran que una orina concentrada, como la de los mamíferos a los que se priva de agua, se debía a que el agua del túbulo colector era reabsorbida porque la médula era hipertónica y que esa hipertonicidad modular se debía al funcionamiento del asa de Henle. Se construye, entonces, basándose en el modelo de Hargitay y Kuhn, lo que se llamó el modelo de contracorriente de multiplicación. De una aparente "broma de la naturaleza", el asa de Henle pasó a ser el elemento decisivo para la concentración urinaria: los animales que más concentran (como nuestra amiga la rata del desierto, cuya osmolaridad urinaria puede llegar a los 5000 mOsm/L), tienen asas más largas que los que concentran poco. Los animales sin asa, como el sapo, no pueden fabricar orinas con una osmolaridad superior a la del plasma. El hombre está a mitad de camino y fabrica, con su asa más o menos larga, orinas de hasta 1400 mOsm/l. **Atencion: el asa de henle no fabrica orinas hipertonicas: solo prepara una medula hipertonica para que el tubulo colector lo haga, ¿Es importante poder producir orinas hipotonicas? Decididamente si. El agua no nos rodea sino que hay que buscarla y si no hay mucha, hay que ahorrarla. En un litro de orina concentrada de 1200 mOsm/L se pueden eliminar del cuerpo los mismos solutos que en 4 litros de una orina de 300 mOsm/L.**

b) la urea se concentra en el asa descendente por la salida de agua (Fig. 6.24).

c) la urea entra en el asa ascendente a favor de su gradiente de concentración (Fig. 6.24).

d) la concentración de urea en el distal aumenta de la misma manera que aumenta la concentración de inulina, por lo que se puede presumir que sólo salió agua del distal (Fig. 6.26)

e) la urea sale del colector por gradiente de concentración (Fig. 6.30)

Con estos datos se puede hacer el diagrama de la Fig. 6.38, donde se ve que la urea cumple un ciclo, recircula, racicla, por los túbulos renales y de ese modo contribuye a la elevación de la osmolaridad medular.

LOS PROBLEMAS, LA DISCUSION Y LA PRUEBA DE AUTOEVALUACION SE ENCUENTRAN EN LA PAGINA 14

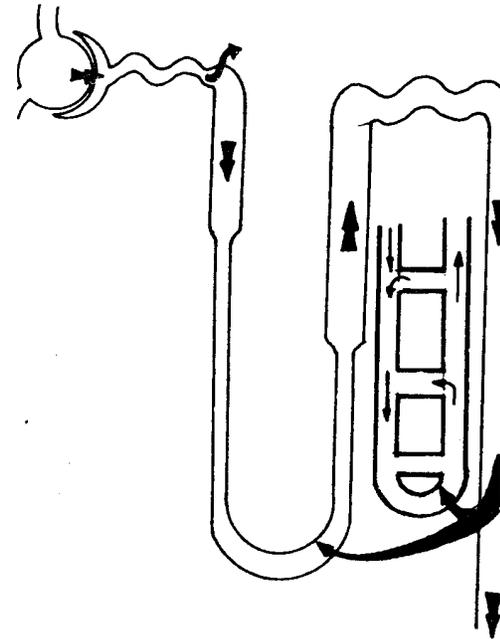


FIG. 6.38 CICLO DE UREA EN EL RIÑON. (Explicación en el texto)

EL MODELO DE DIAMOND – DOSSERT Y LAS AQUAPORINAS

La reabsorción del fluido contenido en el túbulo proximal se hace en forma isotónica y, para todos los modelos, incluido el de Diamond y Bossert, es fundamental la actividad de las bombas de Na⁺/K⁺. Una diferencia de osmolaridad entre la luz tubular y el lado contraluminal, aún siendo muy pequeña, determinaría el flujo de agua y la reabsorción. Los modelos, claro está, sirven para que entendamos mejor un sistema determinado, pero, para ser aceptado tiene que ser no sólo cualitativamente posible, sino también cuantitativamente cierto. Eso quiere decir, en el caso del modelo del gradiente sostenido, que las bombas de Na⁺ /K⁺ deben tener una mayor densidad en las proximidades de las uniones estrechas, la permeabilidad al agua de la membrana apical debe ser muy alta, el largo del espacio intercelular debe ser el adecuado, etcetera, de modo que todos estos elementos, puestos en una ecuación, nos den el flujo transepitelial de agua que realmente ocurre en el túbulo de un animal entero. Si recordamos la sencilla ecuación

$$J_v = L_p \cdot A \cdot \Delta\Pi$$

para que exista un flujo de volumen (J_v) bastaría un pequeño gradiente osmótico (menos de 1 mOsm/L), siempre que la conductividad hidráulica, sea lo suficientemente alta. Un punto importante para esta discusión ha sido el descubrimiento, aislamiento y clonación de la familia de proteínas-canales o poros de agua transmembrana, las **aquaporinas (AQP)**. La AQP1 se expresa en la cara apical del túbulo proximal y la rama descendente del asa de Henle, AQP2 es sensible a la ADH y está presente en presente en el colector. Al presente son 8 las AQPs aisladas del riñón y su distribución y función coincide con lo que se sabía de la actividad de los distintos segmentos renales.

Para más detalles, ver la revisión: Aquaporins in the kidney: from molecules to medicina. Nielsen S, Frokier J, Marples D, Kwon TH, Agre P, Knepper MA. Physiol Rev 2002; 82: 205-244



SITIO Y MODO DE ACCION DE LOS DIURETICOS

DIURETICOS son todas aquellas sustancias que, dadas por boca o inyectadas, pasan a la sangre y, por algún mecanismo renal, aumentan el volumen urinario. Se utilizan en clínica para inducir un balance negativo de agua y solutos y reducir el volumen del espacio extracelular. En fisiología se los usa como herramientas para modificar la absorción tubular y estudiar el comportamiento de los distintos segmentos renales. A continuación se dará una clasificación de los diuréticos por su modo y sitio de acción y con algunos ejemplos de cada uno de ellos

a) Diuréticos osmóticos: manitol, urea, glucosa.

b) Inhibidores de la anhidrasa carbónica: acetazolamida.

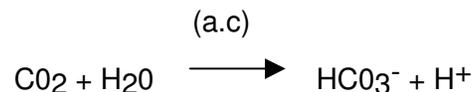
c) Inhibidores de la bomba de la rama ascendente: furosemida, ácido etacrínico, bumetanida.

d) Inhibidores de la reabsorción de Na⁺ en el distal: tiazidas.

e) Diuréticos que ahorran K⁺: amiloride, espirolactona, triamtirene.

a) Los **diuréticos osmóticos** son sustancias que se filtran a nivel glomerular, pero que no son totalmente reabsorbidos en el proximal. Como la reabsorción en este segmento es isotónica, al haber en el túbulo una cantidad de osmoles "extra" debidos a la presencia de esta sustancia, queda retenida allí una mayor cantidad de agua y, en consecuencia, el volumen que pasa al asa descendente será mayor. El manitol es un polisacárido poco absorbible. La urea, pese a que se absorbe en el proximal, lo hace más lentamente que el agua, por lo que la osmolaridad proximal aumenta, reteniéndose agua en este segmento. Es muy interesante ver que enfermos con insuficiencia renal, con urea plasmática elevada, mantienen una cierta diuresis pese a la enfermedad y que se vuelve anúrcos (sin orina) cuando se les baja la urea en plasma por medio del riñón artificial. La glucosa, por una parte, que habitualmente se reabsorbe totalmente en el proximal, lo hace utilizando transportadores, por lo que, si la concentración de glucosa en el fluido tubular es suficientemente alta, no puede ser totalmente reabsorbida, parte queda en el túbulo proximal, reteniéndose también agua para mantener el fluido isotónico. Los enfermos diabéticos, tienen, como uno de los síntomas más evidentes, poliuria (aumento del volumen urinario).

b) Los **inhibidores de la anhidrasa carbónica** actúan sobre los mecanismos de reabsorción del bicarbonato. La anhidrasa carbónica (a.c.) cataliza la hidratación del dióxido de carbono, de acuerdo a la reacción:



La acetazolamida es un inhibidor de la a.c., por lo que retrasa la formación de bicarbonato que, como anión, no puede acompañar al Na⁺, por lo que su reabsorción disminuye. Actúa principalmente en el túbulo proximal.

c) Los **inhibidores de la bomba del ascendente** son en este momento los diuréticos más potentes que se conocen. Son llamados, también, "diuréticos de asa". Su acción principal es la de inhibir la reabsorción de NaCl en la rama ascendente, por lo que la osmolaridad y el volumen del FT que llega al distal aumenta y se excretan, por orina, más solutos y agua.

d) Los **inhibidores de la reabsorción de sodio en el distal** producen una diuresis más suave y prolongada que los anteriores. Se supone que las tiazidas, los diuréticos más importantes de este grupo, actúan sobre un transportador ubicado en la membrana apical, disminuyendo la entrada de Na⁺.

e) Los **diuréticos que ahorran K⁺** actúan inhibiendo la reabsorción de Na⁺, pero, al mismo tiempo, bloqueando la secreción de K⁺. El amiloride es un muy específico y efectivo bloqueador de la permeabilidad al Na⁺ a nivel de la membrana apical. Se usa, por lo general, combinado con otros diuréticos, como las tiazidas, que aumentan la excreción de K⁺. La espirolactona, por su parte, actúa como inhibidor competitivo de la aldosterona a nivel del receptor citoplasmático.

PROBLEMAS, DISCUSION Y PRUEBA DE AUTOEVALUACION

PROBLEMA 1

A) A un paciente se le quiere determinar un clearance de creatinina, para lo cual se le pide que, durante 24 horas, recoja, en un frasco que se le provee, la orina emitida. Al día siguiente, se le mide el volumen urinario y se toma una muestra de esa orina, se extrae una muestra de sangre y se mide, allí, y en la muestra de orina, la concentración de creatinina. Los resultados son los siguientes:

- a) Concentración de creatinina en plasma: 0,8 mg/dL
- b) Concentración de creatinina en orina: 71 mg/dL
- c) Volumen de orina emitido en 24 horas: 1,560 L = 1,08 ml/min

Preguntas:

- a) ¿Cuál es la FG de este paciente?
- b) ¿Es una cifra normal o patológica?

Respuestas:

- a) La depuración de creatinina (**C_{cr}**) se calcula por la fórmula:

$$C_{Cr} = \frac{U_{Cr} \cdot V}{P_{Cr}} = \frac{71 \text{ mg/dL} \cdot 1,08 \text{ ml/min}}{0,8 \text{ mg/dL}}$$

$$C_{Cr} = 95,85 \approx 96 \text{ ml/min}$$

b) La cifra es más baja que la habitual de 110-120 ml/min, pero no sabemos el peso y la talla del paciente. En todo caso debe corregirse para 1,73 m² de superficie corporal. No parece probable que exista insuficiencia renal porque la cifra de creatinina en plasma es normal.

B) Aprovechando la sangre y la orina del paciente, un fisiólogo quiere saber el comportamiento del ion K⁺. Mide, con un fotómetro de llama, la concentración de K⁺ en sangre y orina y obtiene lo siguiente:

K⁺ en plasma = 4,5 mEq/L

K⁺ en orina = 58 mEq/L

Preguntas:

- a) ¿El K⁺ se está reabsorbiendo o secretando?
- b) ¿Que porcentaje de lo filtrado se ha excretado?

Respuestas:

a) La oferta tubular de K⁺ es:

$$\text{Oferta} = 0,096 \text{ L/min} \cdot 4,5 \text{ mEq/L} = 0,432 \text{ mEq/min}$$

La excreción es de:

$$\text{Excreción} = 1,08 \text{ ml/min} \cdot 0,058 \text{ mEq/ml} = 0,063 \text{ mEq/min}$$

Por lo tanto, como la oferta supera lo excretado: hay REABSORCION de K⁺

b) El porcentaje de lo filtrado que se excreta se calcula como:

$$0,432 \text{ mEq/min} \dots\dots 100 \%$$

$$0,063 \text{ mEq/min} \dots\dots x = 14,58 \%$$

Lo que, a su vez indica que se ha reabsorbido el 100 - 14,58 = 85,4 % de lo filtrado.

PROBLEMA 2

En un paciente se quiere conocer su FG y al mismo tiempo, saber su "clearance osmolar" (C_{osm}) y otros elementos relacionados.

Los datos son:

Creatinina en plasma: 1,1 mg/dL

Creatinina en orina: 198 mg/dL

Volumen urinario: 920 ml/ día

Osmolaridad plasmática: 292 mOsm/L

Osmolaridad urinaria: 728 mOsm/L

Respuesta

La FG de este paciente es de ml/min, su C_{osm} es de ml/min, con una excreción de mOsm/día. La orina se ha concentrado veces con respecto a su plasma y la reabsorción tubular de agua ha sido del% de lo filtrado

DISCUSION

En el cap. 3 se estudiaron diversos casos de desequilibrio del balance hidroelectrolítico y cuál sería la respuesta renal. Ahora, sabiendo cómo funciona el riñón, podemos analizarlos nuevamente, pero indicando qué pasa en cada segmento del nefrón. El estudiante, solo o en grupo, deberá llenar los espacios en blanco. Al final se encuentran las respuestas correctas.

Desbalances de agua

CASO 1 (Cap. 3) Un hombre bebe, rápidamente, 1,5 litros de agua, su osmolaridad EC baja, sus volúmenes EC e IC aumentan y su respuesta renal es la formación de orinas hipotónicas. Esto es debido a que la concentración en plasma de la hormona (a) ha (b) la permeabilidad al agua del túbulo (c) ha (d)....., el flujo de agua de (e) a (f)..... ha (g) y el volumen minuto de orina ha (h)..... La osmolaridad de la orina ha disminuido, pero el producto $U_{osm} \cdot V$ ha (i)

CASO 2 (Cap.3) Un atleta corre una carrera. Al finalizar tiene una osmolaridad EC e IC aumentada y un volumen de agua corporal disminuido. Ha perdido agua y Na^+ , de modo que tanto la hormona (a) como la (b) estarán aumentadas. La hormona (c), siendo una hormona polipéptica, actúa rápidamente aumentando la concentración intracelular de (d) y determinando un aumento de la permeabilidad al (e) en la membrana (f) de las células del túbulo (g) Eso determina que la reabsorción tubular de (h) aumente y las orinas que se produzcan sean (i)..... La hormona (j), siendo esteroide, actúa más lentamente, determinando, a nivel celular (k) Las células blanco de esta hormona son las del (l) en las que determina un aumento de (m) La acción combinada de estas dos hormonas determina que el $\text{UNa}^+ \cdot \text{V}$ (n) y el V (o) Poco después de finalizada la carrera, el atleta bebe agua, pero no repone Na^+ , por lo que la hormona (p) estará inhibida y la hormona (q) estará estimulada.

CASO 3 (Cap. 3) Una persona está en el desierto y no tiene agua para beber. La osmolaridad EC e IC está aumentada y el volumen de agua corporal está disminuido. El mecanismo de concentración renal está funcionando al máximo y pronto las orinas del sujeto llegarán a tener una osmolaridad de (a) mOsm/L. Esto se debe a que la permeabilidad al agua del túbulo (b) y (c) están (d), la reabsorción de agua es (e) De todos modos, la persona seguirá eliminando un volumen de orina que, como mínimo es de (f) ml/día, ya que

Desbalances de Na^+

CASO 1 (Cap. 3) Una persona que come queso muy salado. La osmolaridad EC e IC está aumentada y hay un pasaje de agua del IC al EC. El sujeto siente sed, su concentración plasmática de ADH está (a) y se forma orinas (b) La eliminación de la sal en exceso se realiza por (c) de la actividad de la bomba de Na^+ del (d) y haciendo que el $\text{UNa}^+ \cdot \text{V}$ sea (e) que antes.

CASO 2 (Cap. 3) Una persona tomó *fursemida*, un potente diurético. La fursemida actúa inhibiendo la permeabilidad al Cl^- en la parte gruesa de la rama ascendente del asa de Henle, por lo que el potencial de la luz, que a ese nivel es (a) se hará (b) La reabsorción de NaCl , a este nivel, entonces (c) por lo que la osmolaridad del FT que entra en el distal será (d)....., la cantidad de Na^+ que se oferta al colector será (e) y la excreción de Na^+ por orina será mayor. El uso prolongado de diuréticos hace que la concentración plasmática de la hormona (f) aumente, de modo que cuando la persona deja de tomar el diurético, hay un (g) de la reabsorción tubular de Na^+ , lo que determina, a su vez, un (h)del peso corporal, por retención de (i)

CASO 3 (Cap. 3) Una persona recibe 1,5 litros de dextrosa al 5% por vía endovenosa. Hay una hiponatremia que se corregirá por (a) de la reabsorción de Na^+ en el túbulo (b) produciendo una diuresis (c)

PRUEBA DE AUTOEVALUACION

1) 48 horas después de comenzar una dieta hiposódica, las condiciones renales y hormonales son las siguientes . Los signos (+) significan aumento, los signos (-) disminución y los (=) que no hubo cambios (señale la línea correcta)

	Aldosterona en plasma	ADH en plasma	Reabsorción de Na^+	Reabsorción de agua
a)	+	+	+	+
b)	-	-	-	-
c)	+	-	+	=
d)	+	=	=	=
e)	+	-	+	-

2) Un niño de pocos meses recibe, para el tratamiento de su diarrea, una solución que le aporta mas Na^+ que lo que perdió en el líquido fecal. Su respuesta renal **inmediata** sera (señale la correcta)

- a) perder agua y sal con orinas de escaso volumen pero hipertónicas
- b) retener agua formando orinas hipertónicas
- c) perder sal formando orinas hipertónicas
- d) retener agua formando orinas hipotónicas
- e) perder agua y sal con orinas de gran volumen pero hipertónicas

3) Las características de la reabsorción en el túbulo proximal hacen que las concentraciones de agua, sodio, glucosa, aminoácidos y urea se modifiquen, de modo que la final del proximal se observa que: (señale la correcta)

	Agua	Na^+	Concentración de glucosa	Aminoácidos	Urea
a)	-	-	-	-	-
b)	=	+	-	-	+
c)	=	=	=	=	=
d)	=	=	-	-	+
e)	-	-	-	-	+

4) Un sujeto que bebe un gran volumen de agua, la formación de orinas hipotónicas se debe fundamentalmente a (señale la correcta)

- a) la reabsorción de Na^+ en el proximal
- b) la salida de Na^+ del ascendente y la salida de Na^+ y urea del colector
- c) la salida de Na^+ del distal
- d) la entrada de urea al colector
- e) la salida de urea del ascendente y la salida de Na^+ y urea del colector

5) Para el funcionamiento del sistema de contracorriente se necesita que existan algunas características muy especiales del asa de Henle, que se pueden resumir en (señale la correcta)

	Asa descen- dente PNa+ Pagua	Asa ascen- dente delgada Pagua Ppura	Asa ascen- dente gruesa PNa+
a)	baja baja	alta baja	alta
b)	baja alta	baja alta	baja
c)	alta alta	baja alta	baja
d)	baja baja	alta baja	alta
e)	alta baja	baja alta	alta

6) Si, en un momento determinado, sin modificarse el flujo plasmático renal, la presión glomerular aumentara, ocurrirían los siguientes cambios en el funcionamiento renal (señale la correcta)

	FG	Fracción Filtrada	Reabsorción proximal
a)	aumenta	disminuye	aumenta
b)	igual	igual	igual
c)	aumenta	igual	igual
d)	disminuye	aumenta	disminuye
e)	aumenta	aumenta	aumenta

7) Una de las hipótesis para explicar la secreción de K^+ en el distal es que (señale la correcta)

- a) La diferencia de potencial es mayor en la membrana apical que en la basal y aumenta cuando se inhibe la secreción.
- b) La diferencia de potencial es menor en la membrana apical que en la basal y aumenta cuando se inhibe la secreción.
- b) La diferencia de potencial es mayor en la membrana apical que en la basal y disminuye cuando se inhibe la secreción.
- c) La diferencia de potencial es menor en la membrana apical que en la basal y disminuye cuando se inhibe la secreción.
- e) La diferencia de potencial es menor en la membrana apical que en la basal y aumenta cuando se estimula la secreción.

8) En un sujeto que está sin beber agua un cierto tiempo, la formación de orinas hipertónicas se debe fundamentalmente a (señale la correcta)

- a) la inhibición de la reabsorción de Na^+ en el distal
- b) aumento de la salida de agua en el descendente
- c) aumento del flujo neto de Na^+ en el colector
- d) aumento del gradiente córtico-medular
- e) aumento del flujo de agua en el colector

9) Los diuréticos se pueden clasificar de acuerdo al sitio principal donde actúen. En el cuadro siguiente señale la línea donde todas las opciones son correctas (TP: túbulo proximal; AH: asa de Henle; TD: túbulo distal)

**manitol acetozo- furse mide amiloride tiazidas
lamida**

a)	TP	TD	AH	TD	TP
b)	AH	TP	TD	TD	TD
c)	TP	TP	AH	TD	TD
d)	TD	TD	TP	AH	TD
e)	TP	AH	AH	TP	TP

10) La determinación de la concentración urea en plasma es útil para (señale la correcta)

- a) calcular la FG
- b) estimar las variaciones de la FG cerca del rango normal
- c) evaluar la ingesta proteica del sujeto
- d) evaluar la evolución de una insuficiencia renal
- e) estimar el funcionamiento del sistema de contracorriente

RESPUESTAS PROBLEMAS Y DISCUSION

PROBLEMA 2: FG: 115 ml/min; Cosm; 1,59 ml/min
Excreción osmolar: 669 mOsm/día; Se ha concentrado 2,49 veces; Reabsorción de agua: 99,4 % de lo filtrado.

DISCUSION Desbalances de agua

CASO 1: a) antidiurética; b) disminuido; c) colector; d) disminuido; e) luz tubular; f) intersticio; g) disminuido; h) aumentado; i) constante.

CASO 2: a) antidiurética; b) aldosterona; c) antidiurética; d) AMPc; e) agua; f) apical; g) colector; h) agua; i) hipertónicas; j) aldosterona; k) aumento de síntesis proteica; l) túbulo distal; m) aumento de actividad de la bomba Na⁺ / K⁺; n) disminuya; o) disminuya; p) antidiurética; q) aldosterona.

CASO 3: a) 1200 mOsm/L; b) colector; c) segunda porción del distal; d) aumentadas; e) máxima; f) 900 mOsm/ día para dieta mixta y unos 300 mOsm/ día si no come; g) 750 ml/día para dieta mixta y 400 ml/ día en ayunas.

Desbalances de sodio

CASO 1: a) aumentada; b) hipertónicas; c) inhibiendo; d) distal; e) mayor

CASO 2: a) positivo; b) cero; c) disminuye; d) mayor; e) mayor; f) aldosterona; g) aumento; h) aumento; i) agua.

CASO 3: a) un aumento; b) distal; c) mayor.

RESPUESTAS PRUEBA DE AUTOEVALUACION

- 1) e 6) e
- 2) b 7) b
- 3) e 8) e
- 4) b 9) c
- 5) b 10) d

FIN DEL CAP. 6

Manual de Fisiología y Biofísica para Estudiantes de Medicina

R. Montoreano – edición electrónica 2002