



HOMEOSTASIS HIDROELECTROLITICA Y ESTADO ACIDO-BASE

Fisiología

El agua y los solutos disueltos en todo el cuerpo constituyen los líquidos corporales. Los mecanismos reguladores comprometen a los riñones y otros órganos que, en condiciones normales, mantienen la homeostasis de los líquidos corporales. El mal funcionamiento de algunos o de todos ellos puede poner en serio peligro la función de diversos órganos.

COMPARTIMENTOS DE LÍQUIDO Y BALANCE HÍDRICO

En adultos delgados, los líquidos constituyen el 55 y el 60% de la masa corporal total en mujeres y hombres, respectivamente. Estos líquidos se acumulan en dos “compartimentos” principales: dentro de las células y fuera de ellas. Cerca de dos tercios del líquido corporal es líquido intracelular (LIC) o citosol, que representa el líquido dentro de las células. El otro tercio, llamado líquido extracelular (LEC), se encuentra fuera de las células e incluye el resto de los líquidos biológicos. Cerca del 80% del LEC es líquido intersticial, que ocupa los espacios microscópicos entre las células, y el 20% restante del LEC es plasma, o sea la porción líquida de la sangre.

Otros líquidos extracelulares que se clasifican junto con el intersticial son la linfa en los vasos linfáticos, el líquido cefalorraquídeo en el sistema nervioso, el líquido sinovial en las articulaciones, el humor acuoso y el cuerpo vítreo en los ojos, la endolinfa y la perilinfa en los oídos y los líquidos pleural, pericárdico y peritoneal, entre las serosas.

Dos “barreras” generales separan el líquido intracelular, el intersticial y el plasma.

1. La membrana plasmática de cada célula separa el líquido intracelular del líquido intersticial circundante.
2. Las paredes de los vasos sanguíneos separan el líquido intersticial del plasma.

Los procesos de filtración, reabsorción, difusión y ósmosis permiten el continuo intercambio de agua y solutos entre los compartimentos de líquido del cuerpo. Sin embargo, el volumen de líquido en cada compartimento permanece notablemente estable.

La mayoría de los solutos de los líquidos corporales son electrolitos, es decir, compuestos inorgánicos que se disocian en iones, de modo que el balance hídrico está muy relacionado con el balance electrolítico.

Las tres hormonas más importantes que regulan la reabsorción renal de Na^+ y Cl^- (y, por ende, la cantidad que se pierde con la orina) son la angiotensina II, la aldosterona y el péptido natriurético atrial (ANP). Cuando el cuerpo está deshidratado, la angiotensina II y la aldosterona favorecen la reabsorción urinaria de Na^+ y Cl^- (y de agua, por ósmosis, con estos electrolitos), lo que permite conservar el volumen de los líquidos corporales, a través de la reducción de la pérdida de orina.

La hormona principal que regula la pérdida de agua es la hormona antidiurética (ADH). Esta hormona, también conocida como vasopresina, se produce en las células neurosecretoras que se distribuyen desde el hipotálamo hasta la neurohipófisis (lóbulo posterior de la hipófisis). Además de estimular el mecanismo de la sed, un incremento de la osmolaridad de los líquidos corporales impulsa la liberación de ADH. La ADH promueve la inserción de proteínas que funcionan como canales de agua (acuoporina-2) en las membranas apicales de las células principales de los túbulos colectores del riñón. Como resultado, aumenta la permeabilidad de estas células al agua, y las moléculas de agua se desplazan por ósmosis desde el líquido tubular renal hacia el interior de las células tubulares, y desde allí, a la corriente sanguínea. El resultado es la producción de un pequeño volumen de orina muy concentrada.

Movimiento del agua entre los compartimentos de líquido corporal

En condiciones normales, las células no se contraen ni se edematizan porque los líquidos intracelular e intersticial tienen la misma osmolaridad. No obstante, los cambios en la osmolaridad del líquido intersticial producen alteraciones en el balance hídrico. El aumento de la osmolaridad del líquido intersticial promueve la salida de agua de las células, por lo que éstas se encogen un poco. En cambio, la disminución de la osmolaridad del líquido intersticial hace que las células se edematicen. En general, los cambios en la osmolaridad se deben a modificaciones en la concentración de Na^+ .

ELECTROLITOS EN LOS LÍQUIDOS CORPORALES

Los iones que se forman cuando se disuelven y se disocian los electrolitos cumplen cuatro funciones principales en el cuerpo. 1) Dado que están limitados, en gran medida, a un compartimento en particular y son más numerosos que las sustancias no electrolíticas, algunos iones controlan el movimiento del agua por ósmosis entre compartimentos líquidos. 2) Los iones ayudan a mantener el balance ácido base requerido para las actividades celulares normales. 3) Los iones tienen carga eléctrica, lo que permite la producción de potenciales de acción y graduados. 4) Varios iones sirven como cofactores para la actividad óptima de las enzimas.

Una sustancia inorgánica que se disocia en iones en una solución se denomina electrolito. El agua es el componente más abundante en el cuerpo. Representa entre el 45 y el 75% de la masa corporal total, en función de la edad, el sexo y la cantidad de tejido adiposo presente.

Las pérdidas y las ganancias diarias de agua se aproximan a 2.500 mL. Las fuentes de ganancia de agua son los líquidos y los alimentos ingeridos y el agua producida durante la respiración celular y las reacciones enzimáticas de deshidratación (agua metabólica). El agua se pierde por orina, evaporación por la piel, espiración de vapor de agua y defecación. En las mujeres, la menstruación representa una pérdida adicional.

La ganancia de agua se regula a través del ajuste de su ingesta, sobre todo mediante el consumo de más o menos líquido. El centro de la sed en el hipotálamo determina la necesidad de beber. Aunque en el ejercicio se elimina mayor cantidad de agua y solutos por sudor y por la vía respiratoria, la pérdida de un exceso de agua o de solutos depende sobre todo de la regulación en la excreción de orina. La cantidad de NaCl perdido con la orina es el principal determinante del volumen de líquido corporal, mientras que la cantidad de agua que se pierde por orina es lo que determina de la osmolaridad de los líquidos corporales. Se resumen los factores que regulan la pérdida y la ganancia de agua corporal.

La angiotensina II y la aldosterona reducen las pérdidas urinarias de Na^+ y Cl^- y, por lo tanto, aumentan el volumen de los líquidos corporales. El ANP promueve la natriuresis, que es el aumento de la excreción de Na^+ (y Cl^-), lo que a su vez disminuye la volemia.

La principal hormona que regula la pérdida de agua y, por ende, la osmolaridad de los líquidos corporales es la hormona antidiurética (ADH).

Un aumento de la osmolaridad del líquido intersticial atrae agua fuera de las células, lo que hace que se encojan un poco. Un descenso en la osmolaridad del líquido intersticial produce edema de las células. Con mayor frecuencia, el cambio en la osmolaridad se debe a un cambio en la concentración de Na^+ , el soluto predominante en el líquido intersticial.

Cuando una persona consume agua a mayor velocidad que su excreción por vía renal o cuando la función renal está alterada, puede producirse una intoxicación hídrica, y las células se edematizan hasta límites peligrosos.

Electrolitos en los líquidos corporales

Los iones que se forman cuando se disuelven los electrolitos en los líquidos corporales controlan el movimiento osmótico de agua entre los compartimentos, ayudan a mantener el equilibrio ácido base y tienen carga eléctrica.

Las concentraciones de aniones y cationes se expresan en miliequivalentes por litro (mEq/L). El plasma y los líquidos intersticial e intracelular tienen distintos tipos y concentraciones de iones.

Los iones de sodio (Na^+) son los más abundantes del líquido extracelular y participan en la transmisión de impulsos, la contracción muscular y el balance hidroelectrolítico. Los niveles de Na^+ son controlados por la aldosterona, la hormona antidiurética y el péptido natriurético atrial.

Los iones cloruro (Cl^-) son los aniones más abundantes en el líquido extracelular. El cloruro regula la presión osmótica y forma HCl en el jugo gástrico. Los niveles de Cl^- están controlados indirectamente por la hormona antidiurética y por los procesos que aumentan o disminuyen la reabsorción renal de Na^+ .

Los iones de potasio (K^+) son los cationes más abundantes en el líquido intracelular. Estos iones cumplen una función en el mantenimiento del potencial de membrana en reposo y el potencial de acción de las neuronas y las fibras musculares, ayudan a mantener el volumen del líquido intracelular y contribuyen a la regulación del pH. Los niveles de K^+ están controlados por la aldosterona.

Los iones bicarbonato (HCO_3^-) son los segundos aniones más abundantes del líquido extracelular y representan el amortiguador más importante en el plasma.

El calcio es el mineral más abundante del cuerpo. Las sales de calcio son componentes estructurales de huesos y dientes. Este ion, que es sobre todo un catión extracelular, participa en la coagulación de la sangre, la neurotransmisión y la contracción muscular. Los niveles de Ca^{2+} están controlados, principalmente por la hormona paratiroidea y el calcitriol.

Los iones fosfato (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} y PO_4^{3-}) son aniones intracelulares y sus sales forman parte de los huesos y los dientes. Son requeridos para la síntesis de ácidos nucleicos y ATP; además, participan como amortiguadores. Sus niveles están controlados por la hormona paratiroidea y el calcitriol. Los iones de magnesio (Mg^{2+}) son cationes intracelulares que actúan como cofactores en varias reacciones enzimáticas.