

### El equilibrio del medio interno

**L**a homeostasis (del griego *homos* similar y *stasis* estabilidad) es una característica biológica del hombre y de los seres vivos que consiste en la capacidad de mantener la estabilidad del medio interno (*milieu interieur* de Claude Bernard) <sup>(1)</sup> frente a los diferentes cambios del medio exterior. Este concepto, concebido por el reconocido fisiólogo norteamericano Walter Bradford Cannon <sup>(2)</sup>, es una forma de equilibrio dinámico permanente mediante el cual se mantienen constantes, en todo caso dentro de determinados márgenes, el volumen del agua y la cantidad de solutos en los espacios corporales para asegurar un buen estado de salud y la propia vida. Si bien es cierto que este principio es válido para todas las sustancias contenidas en los fluidos corporales, no es menos cierto que tiene una gran trascendencia para el mantenimiento del contenido de agua y electrolitos de los diferentes compartimientos, de allí que resulte muy importante efectuar una revisión actualizada de este aspecto de la fisiología y patología humana que Diagnóstico proporciona en el presente y próximo número de la revista.

En este número se discute los aspectos concernientes a la estructura físico-química de los espacios corporales, tanto en cuanto a los volúmenes de agua como a su contenido de los solutos electrolíticos sodio y potasio, en condiciones normales como en los más importantes disturbios, sobre los cuales se considera la etiología, patogenia, clasificación, diagnóstico y tratamiento.

En la práctica la distribución del agua corporal obedece a la regla 60-40-20, esto es, en el adulto normal el 60% del peso corporal, el cual está constituido por agua, distribuida en los compartimientos intracelular (40%), extracelular y vascular (20%), que en el recién nacido llega al 75% y en el adulto mayor disminuye a 50%; estas diferencias explicarían, por lo menos en parte, que en los extremos de la vida, las personas sean más susceptibles a trastornos derivados de pérdida o

incremento del agua corporal y sus componentes. Por otro lado, las concentraciones de electrolitos en los espacios intracelular y extracelular son diferentes, en el primero predomina el catión  $K^+$  y en el segundo, el catión  $Na^+$ . En el mantenimiento de la homeostasis del agua y electrolitos intervienen varios elementos como la ingestión de agua y sales, el riñón, las pérdidas por el sudor, respiración, actividad física y heces, la participación de baro y osmoreceptores que intervienen en el mantenimiento de la osmolaridad/osmolalidad, el sistema renina-angiotensina-aldosterona, la vasopresina, etc. cuya participación en este simposio se deslinda a nivel de la biología molecular <sup>(3)</sup>.

Se destaca una vez más, que el riñón juega un papel muy importante en la regulación de la filtración y reabsorción de agua y electrolitos mediante diversos mecanismos de transporte. La tasa de filtración glomerular (TFG) es de 130 a 145 L/día en la mujer y de 165 a 180 L/día en el varón y la cantidad de  $Na$  filtrado por los glomérulos supera los 25,000 mEq, de tal modo que para mantener una cantidad normal de agua y  $Na$  en el espacio extracelular es necesaria una muy alta reabsorción de estos elementos a nivel de los túbulos contorneados proximal y distal, asa de Henle y tubo colector. En el proceso de reabsorción del  $Na$  del lumen tubular a la célula epitelial participan el co-transporte de sodio-glucosa, sodio-fosfato, el intercambio sodio-hidrógeno y los denominados canales epiteliales de sodio, cuyo número es regulado tanto por la aldosterona que los incrementa como por el péptido atrial natriurético que los disminuye, potenciados además por una gradiente electroquímica. En el pasaje del  $Na$  de la célula al capilar sanguíneo interviene la bomba  $Na^+ K^+ ATP$  asa. Paralelamente, se revisa el mecanismo de acción de los diuréticos que está vinculado a su fijación a la proteína cotransportadora de  $Na^+ - K^+ - 2Cl$  y que se diferencian por el lugar donde actúan, ya sea a nivel del asa de Henle como en el caso de la furosemida y el ácido etacrínico o en el túbulo contorneado distal respecto a las tiazidas o en el tubo colector con los diuréticos ahorradores de  $K^+$  (espironolactonas). Se hace

mención a otros diuréticos, como el manitol por su efecto en el incremento de la osmolaridad que se emplea en el edema cerebral y la acetazolamida que es un inhibidor de la anhidrasa carbónica que se emplea en la prevención del edema pulmonar del soroche agudo en la exposición a la altura <sup>(4)</sup>. Es muy interesante la revisión de un grupo de condiciones patológicas vinculadas a trastornos del equilibrio hidroelectrolítico que, con frecuencia, no son tomados en cuenta tanto para su diagnóstico como para su tratamiento específico como los síndromes de Bartter, Gitelman, Gordon, Liddle, Conn, cuya descripción amplía el conocimiento de la patología médica.

La acumulación anormal de agua en el espacio extracelular y otros compartimientos lleva a la producción de edema, signo muy frecuente en la práctica clínica que, de acuerdo a la ecuación de Starling, puede ser debido a un incremento de la presión hidrostática o a una disminución de la presión oncótica; esta alteración obedece a causas que actúan a diferentes niveles como el riñón (síndrome nefrótico), corazón (insuficiencia cardíaca congestiva), hígado (cirrosis), vasos sanguíneos periféricos (várices) que es necesario evaluar para su apropiado tratamiento, en el que los diuréticos juegan un papel importante <sup>(5)</sup>.

Una consideración especial merecen los cuadros clínicos vinculados a la natriemia, es decir la hipo e hipernatremia. En la hiponatremia ( $\text{Na} < 136$  mEq/L), generalmente existe un incremento del volumen del agua corporal y la sintomatología, consistente en astenia, anorexia, náuseas, vómitos, calambres, fatiga, letargo, cefalea, desorientación, agitación, hiporeflexia, hipotermia, ataxia, movimientos involuntarios que puede llegar a la parálisis pseudobulbar, convulsiones y coma, es semejante e independiente de la causa y de la patogenia; así se describe que de acuerdo al volumen del agua corporal puede haber hiponatremia con euvolemia, hipovolemia o hipervolemia, describiéndose casos particulares de estas condiciones. En la

hipernatremia ( $\text{Na} > 146$  mEq/L) las manifestaciones clínicas suelen ser discretas mientras no haya una pérdida de agua importante y están caracterizados por polidipsia intensa, náuseas, vómitos, irritabilidad, letargo, fiebre, manifestaciones neurológicas focales y convulsiones.

El metabolismo del potasio en el organismo también es muy importante, desde que este catión interviene en muchas funciones como la regulación del metabolismo de las proteínas, glucógeno, musculatura lisa y estriada; es un catión intracelular que normalmente se encuentra en el plasma en una concentración de 3.5 a 5.5 mEq/L. En la hipopotasemia ( $\text{K}^+ < 3.5$  mEq/L) se presenta debilidad muscular que puede llegar a parálisis (parálisis periódica), íleo paralítico, compromiso de músculos respiratorios, calambres, disminución de la capacidad de concentración de la orina, aumento de la producción de amoníaco y de la reabsorción de bicarbonato, intolerancia a la glucosa, arritmias cardíacas que pueden llevar a la muerte, entre cuyas causas se encuentran las diarreas severas (cólera), uso de diuréticos, hiperaldosteronismo primario y secundario. La insuficiencia renal aguda y crónica son las causas más frecuentes de hiperpotasemia, ( $\text{K}^+ > 5.5$  mEq/L). Asimismo se puede observar en el uso de diuréticos ahorradores de potasio, heparina, inhibidores de la enzima convertidora, antagonistas de los receptores de angiotensina, enfermedad de Addison, hipoaldosteronismo, hiperplasia adrenal congénita. Clínicamente se observa debilidad muscular ascendente que puede progresar a parálisis flácida, alteraciones de la conducción cardíaca, arritmias cardíacas, bradicardia sinusal, ritmos lentos idioventriculares, taquicardia ventricular, fibrilación ventricular y asistolia.

La información contenida en este simposio refuerza el concepto de la necesidad de revisiones periódicas de la fisiología, fisiopatología y clínica del hombre para mantener el más apropiado conocimiento para la atención integral de las personas.

**Fausto Garmendia Lorena**

Miembro Comité Editorial Revista DIAGNÓSTICO

1. **Gross CG.** Claude Bernard and the constancy of the internal environment. *Neuroscientist* 1998;4:380-385.

2. **Cannon WB.** Organization for physiologic homeostasis. *Physiol Rev* 1929;9:399-431.

3. **Simposium on Water Metabolism.** *Kidney Int* 1976;(1):1-132.

4. **Leaf DE, Goldfarm DS.** Mechanisms of action of acetazolamide in the prophylaxis and treatment of acute mountain sickness. *J Appl Physiol* 2007;102 (4):1313-1322.

5. **Dluhy RG:** Clinical disorders of fluid and electrolyte metabolism. *Endocrinol Metab Clinics NA* W.B Saunders Company, Philadelphia, 1995:24(3).