

Balance de agua y sodio en diálisis. ¿Qué nos aporta la bioimpedancia?

S. Cigarrán Guldrís¹, G. Barril Cuadrado²

¹ Servicio de Nefrología. Hospital da Costa. Burela. Lugo

² Servicio de Nefrología. Hospital Universitario de La Princesa. Madrid

Nefrología Sup Ext 2011;2(5):20-4

doi:10.3265/NefrologiaSuplementoExtraordinario.pre2011.Jul.11068

RESUMEN

El control adecuado del estado de hidratación es un objetivo prioritario en los pacientes sometidos a tratamiento renal sustitutivo, independientemente de la modalidad empleada. La utilización de la bioimpedancia eléctrica (BIA), técnica validada, permite estimar la composición corporal de forma rutinaria. En la actualidad, disponemos fundamentalmente de dos técnicas diferentes: la BIA vectorial (BIVA) y la BIA espectroscópica (BIS). El concepto *peso seco*, cada vez más cuestionado, debería ser revisado y, quizá, *peso adecuado* responde a una denominación más precisa e individualizada. Su utilidad ha sido probada tanto en pacientes sometidos a hemodiálisis (HD) como a diálisis peritoneal (DP). Los parámetros medidos por BIA se correlacionan con marcadores nutricionales, inflamatorios, riesgo cardiovascular y fibrosis, en ambas técnicas. En esta actualización se resumen algunas de las aportaciones relevantes, en los dos últimos años, relacionadas con estos aspectos.

Palabras clave: Hidratación. Inflamación. Riesgo cardiovascular. Bioimpedancia. Hemodiálisis. Diálisis peritoneal.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los más importantes nutrientes implicados en el mantenimiento de la vida. Después del aire que respiramos, preservar (mantener) un adecuado estado de hidratación es uno de los factores más importantes para mantener la homeostasis de nuestro organismo, así como soporte de nuestra actividad física y psicológica¹. El control adecuado del estado de hidratación es un objetivo clave en los pacientes sometidos a tratamiento renal sustitutivo, independientemente de

Water and sodium balance in dialysis: what does bioelectrical impedance teach us?

ABSTRACT

Adequate hydration is crucial in maintaining optimal physical and mental functioning and the need for a fast and reliable hydration status assessment in patients on renal replacement therapy. Bioelectrical impedance analysis (BIA), a valid tool, allows to assess body composition in routine way. Actually, two techniques have been developed: vectorial analysis (BIVA) and spectroscopy (BIS). Changing the concept of "dry weight" by "adequate weight" constitutes a new goal by BIA in patients on haemodialysis and peritoneal dialysis. Parameters derived from BIA have shown an excellent correlation with nutritional, inflammatory, cardiovascular and fibrosis serum markers in patients on renal replacement therapies. We will comment the more significant reports focused on bioelectrical impedance analysis use on HD or DP, published in the last 2 years.

Keywords: Hydration status. Inflammation. Cardiovascular risk. Bioelectrical impedance analysis. Haemodialysis. Peritoneal dialysis.

la modalidad utilizada. La sobrecarga de volumen, ya evidente en los primeros estadios de la enfermedad renal, contribuye a la aparición de hipertensión, arteriosclerosis acelerada y alta prevalencia de hipertrofia ventricular izquierda observada en los pacientes con enfermedad renal avanzada. La extracción del exceso de volumen es crucial para mantener la presión arterial y la protección cardiovascular en los pacientes en diálisis, aunque su correcta cuantificación de forma individualizada todavía es un reto. El concepto *peso seco*, cada vez más cuestionado, debería ser revisado y, quizá, *peso adecuado* responde a una denominación más precisa e individualizada. La utilización de métodos no invasivos para evaluar la composición corporal de forma rutinaria es crucial en pacientes con enfermedad cardíaca, enfermedad renal (estén o

Correspondencia: Secundino Cigarrán Guldrís
Servicio de Nefrología.
Hospital da Costa.
Rafael Vior, s/n. 28770 Burela. Lugo.
secundino.cigarran.guldris@sergas.es

no en diálisis), síndrome cardiorrenal y en los pacientes críticos. En estas condiciones, el adecuado control del estado de hidratación influye en la evolución a corto y largo plazo. Varios métodos objetivos han sido utilizados para la estimación del peso adecuado, pero, por su complejidad y coste junto con la no accesibilidad a ellos por las unidades de diálisis, no son plenamente utilizados.

Sin embargo, en los últimos años una nueva herramienta ha sido desarrollada para cuantificar el exceso de volumen extracelular y evaluar la composición corporal comparándola a una población sana, de una forma sencilla, económica y a la que pueden acceder todas las unidades renales. La utilización de la bioimpedancia eléctrica (BIA) permite estimar la composición corporal de forma rutinaria a pie de cama del paciente, ya que el peso y la presión arterial diaria pueden ser erróneos a la hora de evaluar el estado de hidratación, debido a que no solamente los líquidos influyen en los cambios de peso y presión arterial³. La BIA permite detectar, de forma no invasiva y de fácil uso, la hidratación de los tejidos con un 2-3% de error, lo que la hace comparable a los métodos de laboratorio³. La BIA analiza la oposición que ejercen los tejidos al paso de una corriente eléctrica. Los fundamentos van más allá de esta actualización y se pueden revisar en los artículos de Kyle, et al.^{4,5}. En la actualidad, disponemos de dos técnicas diferentes, que son las más utilizadas, la BIA vectorial⁶ (BIVA) y la BIA espectroscópica (BIS)⁷. Es bien conocido que las causas de morbimortalidad de los pacientes en diálisis son de origen cardiovascular, inflamatorias y de desgaste/consumición proteico-energética. La importancia del balance hídrico en diálisis se expone en la figura 1.

Revisaremos la bibliografía aparecida en estos dos últimos años sobre el uso de la BIA, en pacientes en hemodiálisis (HD) y en diálisis peritoneal (DP).

ACTUALIZACIÓN DE LA BIOIMPEDANCIA EN HEMODIÁLISIS

Varios estudios han evidenciado la incidencia de malnutrición en el 23-76% de los pacientes en HD y en el 18-50% de los pacientes en DP. Aproximadamente, un tercio de los pacientes en diálisis tienen una malnutrición media-moderada y entre un 6 y un 8%, grave. La amplia variabilidad en la prevalencia de malnutrición en los pacientes en HD puede atribuirse a diferentes métodos de evaluación y al rango de los factores que contribuyen a esta condición. Uno de los estudios recientes, usando la BIA en la determinación del estado de hidratación y nutrición en 58 pacientes en HD, evidenció, al final de cada sesión de HD, que los parámetros derivados de la BIA reflejaron el estado de nutrición y, de éstos, el ángulo de fase y la masa celular fueron los parámetros menos afectados por el cambio de volumen y, por tanto, pue-

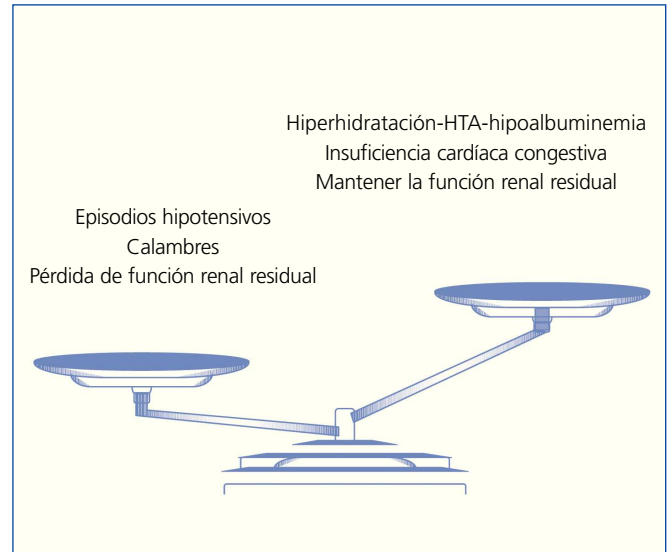


Figura 1. Importancia del balance de los fluidos en diálisis.

den ser útiles en la evaluación del estado nutricional⁸. La ventaja de emplear la masa celular en la evaluación del estado nutricional es que, a diferencia de la masa magra, no incluye el agua extracelular y que el aumento de ésta puede enmascarar una reducción en los niveles de las proteínas viscerales o somáticas. Es por ello que el porcentaje de masa celular será el marcador más importante derivado de la BIA, en un futuro próximo.

Comparando la BIA con la dilución de deuterio (D2O), a la hora de evaluar la evolución del estado hídrico en pacientes en HD, se pueden detectar los cambios de volumen corporal que no se detectan por otros medios. Es conocida la dificultad para determinar la sobrecarga de volumen crónica, en especial cuando se añade un estado nutricional subóptimo. Esta dificultad posee varios componentes, como el problema en la práctica para alcanzar un adecuado estado de hidratación, teniendo en cuenta la ganancia interdiálisis, la hipotensión en diálisis, el adormecimiento cardíaco (*stunning*), las alteraciones de los reflejos de los barorreceptores, la mortalidad en los pacientes en HD y la evaluación precisa del estado de hidratación. Por ello, se estudiaron 59 pacientes estables en HD, seguidos durante 12 meses, en un estudio de cohortes, prospectivo, cuyo objetivo fue la evaluación de la evolución del estado de hidratación en el tiempo. Solamente 42 pacientes completaron el estudio. Tanto la BIA como D2O detectaron cambios en el agua total y el test de concordancia entre ambas técnicas fue de -0,10 litros. Ambas técnicas evidenciaron que los pacientes con mayor comorbilidad presentaron mayor sobrecarga hídrica. Sin embargo, la BIA no fue capaz de detectar cambios en la hidratación tisular que, sin embargo, fueron detectados por D2O⁹.

Otro aspecto importante es el efecto que la sesión de HD tiene sobre los biomarcadores de riesgo cardiovascular e inflamación. En la HD, la relación entre el incremento de la concentración de los péptidos natriuréticos y la sobrecarga de volumen, la actividad inflamatoria, la disfunción endotelial, la función ventricular izquierda y masa y los eventos isquémicos silentes no es clara y ha sido investigada en 50 pacientes en HD con cardiopatía según la clasificación de la New York Heart Association (NYHA) clases I-II, seguidos durante tres años en un estudio de cohortes prospectivo. Los pacientes diabéticos y los que previamente habían presentado algún evento isquémico fueron excluidos. Los marcadores fueron determinados antes y después de la HD, y se evaluaron como evolución todas las causas de muerte. Las curvas de supervivencia fueron significativamente diferentes, para la edad, entre los mayores y menores de 68 años. Los niveles de la fracción amino terminal del péptido natriurético cerebral (NT-proBNP) fueron el factor pronóstico más importante, incluso en ausencia de disfunción cardíaca grave y eventos isquémicos miocárdicos sin ninguna relación con los otros parámetros de disfunción endotelial, marcadores inflamatorios o con la eliminación aguda de líquido. El incremento de los niveles de NT-proBNP por encima de 10.000 pg/ml podría ser usado como punto de corte para identificar a los pacientes en HD con mayor riesgo de mortalidad¹⁰.

La inflamación, la sobrehidratación y la elevación de los biomarcadores cardíacos se han relacionado con la evolución de los pacientes en HD. Investigar su relación de forma longitudinal ha sido el objeto de un estudio, en el que se incluyeron 44 pacientes, seguidos durante seis meses, a los que se les analizó la composición corporal mediante BIS. Durante el tiempo de seguimiento, los parámetros de composición corporal mediante BIS fueron altamente predictivos para péptido natriurético cerebral (BNP) y NT-ProBNP e independientemente para género, tiempo en HD, proteína C reactiva y troponina cardíaca. La relación entre agua intracelular/peso (malnutrición) tuvo un efecto negativo, mientras que la relación agua extracelular/peso (sobrehidratación) tuvo un efecto positivo con los marcadores de riesgo cardiovascular. La conclusión del estudio es la existencia de una compleja relación entre malnutrición, exceso de volumen e inflamación, y que la composición corporal mediante BIS tiene una significativa relación con la concentración sérica de péptidos natriuréticos¹¹.

La determinación del peso adecuado, mediante BIS, ha sido recogida en un estudio transversal realizado con 370 pacientes en HD convencional, el 50% diabéticos, con el objetivo de evaluar la sobrecarga de volumen antes de la sesión de diálisis de mitad de semana¹². El exceso de líquido varió de -0,5 a 4 litros prediálisis y de -2,5 a 2 litros posdiálisis y, sobre la media de la población sana, en $\pm 1,1$ li-

tros. No hubo diferencias entre el *status* diabético y no diabético. La mayoría de los pacientes en HD carecen de función renal residual, lo que hace que el volumen extracelular sea determinado intuitivamente. Por ello, evaluar el grado de sobrecarga de volumen extracelular es de capital importancia.

Se ha evidenciado, en estudios previos, que la alcalosis metabólica moderada inducida por el bicarbonato estándar de los líquidos de diálisis induce a la hipotensión. La inestabilidad hemodinámica fue objeto de un estudio ciego, cruzado cambiando bicarbonato, entre 26-35 mmol/l, y calcio, entre 1,25 y 1,50 mmol/l, valorándose su efecto mediante onda de pulso, BIS y BNP en 21 pacientes con un total de 756 sesiones de HD, con el objetivo de evaluar el estado de hidratación. La conclusión fundamental fue que el bicarbonato y el calcio altos en el dializado mejoran el patrón hemodinámico durante la sesión de diálisis. El bicarbonato reduce la rigidez arterial y mejora la tolerancia cardíaca a la sobrecarga de volumen en el período interdiálisis, mientras que el calcio aumenta el volumen cardíaco. El aumento del bicarbonato en el baño puede ser una opción en el tratamiento de la inestabilidad hemodinámica, cuando las otras medidas no sean suficientes. En el caso de niveles más altos de calcio, sorprendente e inexplicablemente, el déficit menos pronunciado fue el del agua libre, en el período interdiálisis. Esto podría explicarse, según los autores, por el paso de agua al espacio intracelular de forma transitoria¹³.

En la actualidad existen monitores que permiten la evaluación *on-line* del Kt/V y Kt, con el objetivo de controlar la adecuación de la sesión de HD. Su utilización permitió comparar, en seis pacientes estables monitorizados seis meses, las variaciones del Kt/V. Para calcular el V se utilizó la fórmula de Watson y para calcular el V_{bis} , la BIS junto con otros métodos como el clásico modelo cinético de la urea V_{UKM-C} y la simple computación V_{UKS-C} . El estudio concluye que, cuando es necesario un control estrecho de la dosis de diálisis, el cálculo K_{OCM}/V y la referencia de la concordancia en el tiempo se da con Kt/V_{bis} ¹⁴.

El efecto del acceso vascular y el tipo de acceso sobre el estado de hidratación han sido objeto de un interesante estudio con 100 pacientes. Utilizando la BIS, con ocho electrodos, se determinaron el agua corporal total (ACT) y el agua extracelular (AEC). Los pacientes con fístula evidenciaron mayor proporción de AEC%/ACT% en el grupo de fístula arteriovenosa interna (FAVI) antes y después de la HD, comparada con los catéteres venosos centrales (CVC) y con el grupo de pacientes que no eran portadores de la FAVI. El estudio concluye que los episodios de hipotensión al inicio de HD pueden favorecerse cuando hay más fluidos distribuidos en el tronco¹⁵.

ACTUALIZACIÓN DE BIOIMPEDANCIA EN DIÁLISIS PERITONEAL

El mantenimiento de la función renal residual y la integridad de la membrana peritoneal son los dos factores clave que afectan a la morbilidad y a la supervivencia de los pacientes en DP. La sobrecarga de volumen de forma crónica es frecuente en los pacientes en DP y se asocia con hipertensión, hipertrofia ventricular izquierda y disfunción, que constituyen unos importantes indicadores de mortalidad en los pacientes en diálisis. La sobrecarga de volumen es bastante frecuente en los pacientes en DP y, sin embargo, es difícil de detectar cuándo la presión arterial se encuentra en los límites normales. Por ello, la monitorización de la composición corporal en DP constituye un objetivo fundamental que se puede realizar mediante BIA¹⁶. Recientemente, malnutrición, inflamación y aterosclerosis (síndrome MIA) también han sido propuestas como las mayores causas de mortalidad en los pacientes en DP. La inflamación se ha relacionado con la expansión del volumen extracelular y esta relación parece bidireccional, ya que esta expansión, debido a la inadecuada eliminación de sodio y agua, actúa como un estímulo inflamatorio. Por otro lado, los procesos inflamatorios *per se* pueden promover la expansión del líquido extracelular, como sucede en las peritonitis.

Sin embargo, el mecanismo de relación entre la expansión de volumen y la inflamación no ha sido plenamente estudiado y, así, en un estudio transversal con 22 pacientes prevalentes en DP, se evaluaron el estado de hidratación, mediante BIA multifrecuencia, y los marcadores de inflamación y fibrosis. Los parámetros derivados de la BIA, que evidenciaron sobrehidratación, se correlacionaron con las concentraciones de citoquinas inflamatorias (IL-6) en el efluente peritoneal y TGF-beta1. También, los niveles de IL-6 en el efluente se correlacionaron con el *status* de alto transportador. Así, el hallazgo más relevante de este estudio es que los niveles de IL-6 en el efluente peritoneal se relacionan con la sobrecarga de volumen medida por BIA y con los altos transportadores peritoneales. Los niveles de TGF-beta1 (marcador de daño peritoneal, fibrosis y alteración de la función de la membrana peritoneal) se correlacionan inversamente con los parámetros que expresan el grado de integridad de membranas y células, como el ángulo de fase obtenido mediante BIA¹⁷.

El análisis de la relación entre malnutrición, inflamación y aterosclerosis se llevó a cabo estudiando a 95 pacientes prevalentes en DP, a quienes se les evaluó la composición corporal mediante BIS. El estado de hidratación se determinó mediante la medición del diámetro de la aurícula izquierda. La aterosclerosis se evaluó mediante la medición del grosor íntima/media carotídeo, la albúmina sérica como

marcador nutricional y la proteína C reactiva como marcador de inflamación. Los parámetros derivados de la BIS se correlacionaron con los marcadores de malnutrición, inflamación y aterosclerosis. La relación agua extracelular/altura derivada de la BIS se correlacionó bien con la sobrecarga de volumen evaluada mediante ecocardiografía, resultando un parámetro de gran utilidad en la práctica clínica diaria para evaluar sobrecarga de volumen¹⁸.

Las dos técnicas disponibles en DP, con cicladora (DPCC) y de forma manual (DPA), no tienen diferencias en el control de la presión arterial o en la supervivencia, aunque sí mantienen diferencias en la eliminación de sodio a favor de la DPA. Esta diferencia puede conducir a un aumento del volumen extracelular en los pacientes en DPCC, lo que produce un aumento de la sobrecarga de volumen, lo que supone un importante factor de mortalidad cardiovascular en los pacientes en DP.

La comparación entre las dos técnicas de DP, en el manejo del volumen extracelular según la eliminación de sodio, ha sido analizada de forma observacional transversal, comparando a 158 pacientes prevalentes, 68 en DPCC y 90 en DPA. El AEC se estimó con BIS. Los resultados no mostraron diferencias entre ambas técnicas en el control de la presión arterial, eliminación de sodio ni estado de hidratación, en el que la prescripción actual de DPA limita el número de intercambios nocturnos y liberaliza el uso de icodextrina. Una de las conclusiones importantes del estudio es la normalización del volumen extracelular como parámetro de adecuación de la DP¹⁹. Mantener el estado euvoléxico es difícil cuando no existen métodos fiables para su evaluación. La introducción de la BIA lo ha permitido e incluso hoy día se puede comparar este estado entre las dos modalidades de diálisis, HD y DP. Comparando el estado de hidratación en ambas técnicas, en un mismo centro se estudiaron 44 pacientes en HD y 34 en PD, utilizando BIS. Se observó que el 24% de los pacientes evidenciaron, clínicamente, signos de sobrecarga de volumen. En el análisis multivariante ajustado dio como resultado que la presión arterial fue más alta en los pacientes diabéticos y más baja en los pacientes en DP y post-HD frente a antes de la HD. El hallazgo relevante del estudio es que la sobrehidratación fue menor en los pacientes post-HD, respecto a los de DP. Solamente un 10% de los pacientes post-HD estaban sobrehidratados, con un rango $0,6 \pm 1,7$ l. No se ha clarificado si la volemia en HD debe ser evaluada pre o post-HD²⁰.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no tienen conflictos de interés potenciales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Shanholtzer B, Patterson SM. Use of bioelectrical impedance in hydration status assessment: reliability of a new tool in psychophysiology research. *Int J Psychophysiol* 2003;49:217-26.
2. Piccoli A. Bioelectrical impedance measurement in fluid status assessment. *Contrib Nephrol* 2010;64:143-52.
3. Piccoli A. Patterns of bioelectrical impedance vector analysis: learning from electrocardiography and forgetting electric circuit models. *Nutrition* 2002;18:520-1.
4. Kyle U, Bosaeus I, De Lorenzo AD. Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clin Nutr* 2004;23:1226-43.
5. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr* 2004;23:1430-53.
6. Piccoli A, Rossi B, Pillon L. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph. *Kidney Int* 1994;46:534-9.
7. Jaeger JQ, Mehta RL. Assessment of dry weight in hemodialysis: an overview. *J Am Soc Nephrol* 1999;10:392-403.
8. Oliveira CM, Kubrusly M, Mota R. The phase angle and mass body cell as marker of nutritional status in hemodialysis patients. *J Ren Nutr* 2010;20:314-20.
9. Chan C, McIntyre C, Smith D, Spanel P, Davies SJ. Combining near subject absolute and relative measures of longitudinal hydration in hemodialysis. *Clin J Am Soc Nephrol* 2009;4:1791-8.
10. Codognotto M, Piccoli A, Zaninotto M. Effect of dialysis session on the prognostic values of NT-proBNP, troponins endothelial damage and inflammation biomarkers. *J Nephrol* 2010;23:465-71.
11. Jacobs LH, Van de Kerkhof JJ, Mingels AM. Inflammation, overhydration and cardiac biomarkers in haemodialysis patients: a longitudinal study. *Nephrol Dial Transplant* 2010;25:243-8.
12. Passauer J, Petrov H, Schleser A. Evaluation of clinical dry weight assessment in haemodialysis patients using bioimpedance spectroscopy: a cross-sectional study. *Nephrol Dial Transplant* 2010;25:545-51.
13. Gabutti L, Bianchi G, Soldini D. Hemodynamic consequences of changing bicarbonate and calcium concentrations in hemodialysis fluids. *Nephrol Dial Transplant* 2009;24:973-81.
14. Lindley EJ, Chamney PW, Wuepper A, Ingles H, Tattersall JE, Will EJ. A comparison of methods for determining urea distribution volume for routine use in on-line monitoring of HD adequacy. *Nephrol Dial Transplant* 2009;24(1):211-6.
15. Booth J, Pinney J, Davenport A. The effect of vascular access modality on changes in fluid content in the arms as determined by multifrequency bioimpedance. *Nephrol Dial Transplant* 2011;26:227-31.
16. Crepaldi C, Soni S, Chionh CY. Application of body composition monitoring to peritoneal dialysis patients. In: Ronco C, Crepaldi C, Cruz DN (eds.). *Peritoneal dialysis from basic concepts to clinical excellence*: Contrib Nephrol. Basel: Karger, 2009;163. p. 1-6.
17. Gangji AS, Brimble KS, Margetts PJ. Association between markers of inflammation, fibrosis and hypervolemia in peritoneal dialysis patients. *Blood Purif*. 2009;28:354-8.
18. Demirci MS, Demirci C, Ozdoogan O. Relations between malnutrition-inflammation-atherosclerosis and volume status. The usefulness of bioimpedance analysis in peritoneal dialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2011;26:1708-16.
19. Davison S, Jhangri GS, Jindal K, Pannu N. Comparison of volume overload with cyclical-assisted versus continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Clin J Am Soc Nephrol* 2009;4:1044-50.
20. Devolder I, Verleysen A, Vijt D. Body composition, hydration, and related parameters in hemodialysis versus peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int* 2010;30:208-14.