

Original

Comparación entre bioimpedancia espectroscópica y fórmula de Watson para medición de volumen corporal en pacientes en diálisis peritoneal

Gonzalo Martínez Fernández^a, Agustín Ortega Cerrato^a, Lourdes de la Vara Iniesta^a, Eva Oliver Galera^b, Carmen Gómez Roldán^a y Juan Pérez Martínez^{a,*}

^a Servicio de Nefrología, Complejo Hospitalario y Universitario de Albacete, Albacete, España

^b Servicio de Medicina Interna, Complejo Hospitalario Universitario de Albacete, Galera (Albacete), España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 25 de septiembre de 2014

Aceptado el 15 de marzo de 2015

On-line el 19 de diciembre de 2015

Palabras clave:

Diálisis peritoneal

Bioimpedancia espectroscópica

Fórmula de Watson

Volumen corporal total

RESUMEN

Introducción: Conocer el volumen corporal total (V) es fundamental en los pacientes en diálisis peritoneal (DP). Habitualmente calculado mediante fórmula de Watson, el empleo de bioimpedancia espectroscópica (BIS), cada vez está más generalizado. Frecuentemente, al medir el V con ambos métodos surgen amplias diferencias.

Objetivo: Evaluar si aparecen diferencias entre ambas formas de medir el V en una unidad de DP y analizar qué factores clínicos se asocian a estas diferencias.

Métodos: Estudio observacional. Se incluyó a 74 pacientes en DP. Medimos el V empleando BIS (V_{bis}) y fórmula de Watson (V_w); se recogieron 271 mediciones por cada método. Calculamos diferencia entre volúmenes en cada medición y los clasificamos en 2 grupos: diferencia $\geq 10\%$ o $< 10\%$ de V_{bis}. Evaluamos la presencia de una serie de parámetros clínicos en nuestros pacientes.

Analizamos si existen diferencias entre V_{bis} y V_w (de Student). Valoramos si existe asociación entre las diferencias entre volúmenes y la presencia de los parámetros clínicos analizados (chi cuadrado).

Resultados: V fue 2,15 l mayor medido con fórmula de Watson que con BIS. El 58,67% de las mediciones tenían diferencia entre V_w y V_{bis} $\geq 10\%$. Aparecen diferencias significativas al comparar la presencia de diferencia entre volúmenes y la presencia o no de diabetes (p = 0,03), hipertensión (p = 0,036), hipoalbuminemia (p < 0,01), hipoprealbuminemia (p < 0,01), bajo ángulo de fase a 50Hz (p < 0,01), proteína C reactiva elevada (p < 0,01), obesidad (p = 0,027), exceso de grasa corporal (p < 0,01), E/I ratio (cociente entre agua extracelular y agua intracelular) ≥ 1 (p < 0,01) y diuresis residual (p = 0,029).

* Autor para correspondencia.

Correos electrónicos: gonzalomfer@hotmail.com, drjuanpm@gmail.com (J. Pérez Martínez).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.nefro.2015.11.002>

© 2015 Sociedad Española de Nefrología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Conclusiones: Existen diferencias en el V de los pacientes de una unidad de DP según sea calculado por fórmula de Watson o por BIS. La presencia de hipertensión, diabetes, hipoalbuminemia, obesidad, malnutrición, inflamación, E/I ratio ≥ 1 y la ausencia de diuresis residual se asocia con la aparición de estas diferencias.

© 2015 Sociedad Española de Nefrología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Comparison of bioimpedance spectroscopy and the Watson formula for measuring body volume in patients on peritoneal dialysis

A B S T R A C T

Keywords:

Peritoneal dialysis
Bioimpedance spectroscopy
Watson formula
Total body volume

Introduction: Knowing total body volume (V) is crucial in patients on peritoneal dialysis (PD). It is usually calculated by the Watson anthropometric formula, although the use of bioimpedance spectroscopy (BIS) is becoming increasingly widespread. Measuring V with both methods can at times produce quite different results.

Objective: We aimed to identify differences between the 2 forms of measuring volume in a PD unit and determine which clinical factors are associated with these differences.

Methods: Ours is an observational study of 74 patients on PD. We measured V using BIS (V_{bis}) and the Watson formula (V_w); 271 measurements were made with each method. We calculated the difference between V_{bis} and V_w in each patient and classified them into 2 groups: Difference between volumes $\geq 10\%$ or $<10\%$ V_{bis}. We assessed the presence of several clinical parameters in our patients.

We assessed whether there were any differences between V_{bis} and V_w (Student t-test). We determined whether there was any association between the difference in volumes and the presence of the clinical parameters analysed (chi square test).

Results: V was 2.15 l higher measured by the Watson formula than with BIS ($P < .01$). In 58.67% of the measurements, the difference between V_{bis} and V_w was $\geq 10\%$.

Significant differences were found when comparing the presence of difference between volumes and the presence or not of diabetes mellitus (DM) ($p=0,03$), hypertension (HTN) ($p=0,036$), hypoalbuminemia ($p < 0,01$), hypoprealbuminemia ($p < 0,01$), low phase angle at 50 Hz ($p < 0,01$), high C reactive protein ($p < 0,01$), obesity ($p=0,027$), E/I ratio (ratio between extracellular and intracellular water) ≥ 1 ($p < 0,01$) and residual diuresis ($p=0,029$).

Conclusions: There are significant differences in the V of PD Unit patients when obtained by Watson formula or by BIS. A difference between the measurements is associated with the presence of DM, HTN, hypoalbuminaemia, obesity, malnutrition, inflammation, E/I ratio ≥ 1 and the absence of residual diuresis.

© 2015 Sociedad Española de Nefrología. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La medida del volumen corporal total (V) es un parámetro muy importante en los pacientes en diálisis peritoneal (DP). En primer lugar, nos ayuda a conocer el estado de hidratación que presentan los pacientes, si bien en estos casos es más relevante el porcentaje de agua respecto a la composición corporal total. Sin embargo, el valor absoluto del V se emplea como denominador en la ecuación Kt/V , por tanto, es un elemento fundamental para conocer la eficacia dialítica.

La forma más común de conocer el V en los pacientes en diálisis es mediante fórmulas matemáticas antropométricas, las cuales son métodos sencillos y aplicables. La más comúnmente empleada en la población general, casi de forma universal, es la fórmula de Watson¹.

Sin embargo, esta ecuación no ha sido validada para poblaciones patológicas, en concreto en los pacientes en diálisis. La fórmula de Watson emplea para su cálculo el sexo, la edad, el peso y la altura de los pacientes, pero no tiene en cuenta la diferente composición corporal ni la distribución del agua que presentan los pacientes en DP respecto a la población general²⁻⁴.

De forma relativamente reciente se ha extendido el empleo de la técnica de bioimpedancia espectroscópica (BIS) en las unidades de diálisis, tanto para hemodiálisis^{5,6} como para DP⁷⁻¹⁰. Esta técnica emplea una corriente alterna multifrecuencia de baja intensidad que atraviesa el cuerpo del paciente, determinando una serie de parámetros nutricionales y de hidratación, entre ellos, el V¹¹. La medición por BIS es una técnica sencilla, indolora y carente de riesgos. Esto ha provocado que, cada vez con más frecuencia, la medición

por BIS sustituya las tradicionales fórmulas antropométricas como método para conocer el V en los pacientes en diálisis, o incluso que se empleen ambos métodos de obtener el V.

Sin embargo, si empleamos ambas formas de medir el volumen en un mismo paciente, en ocasiones encontramos que, entre ambas, el V ofrece una diferencia considerable, lo cual genera una duda respecto a cuál de los 2 V obtenidos aceptar como válido.

El objetivo de este estudio es, por un lado, valorar si existen diferencias en la medición del V en los pacientes de una unidad de DP al emplear para ello BIS y una fórmula antropométrica (fórmula de Watson) y, por otro lado, valorar qué factores y características frecuentemente asociadas a los pacientes en DP pueden influir en la aparición de estas diferencias entre V.

Pacientes y métodos

Hemos realizado un estudio prospectivo y observacional que incluye a 74 pacientes en DP, 42 varones (56,76%) y 32 mujeres (43,24%), con una edad media de $59,98 \pm 16,96$ (rango entre 24,13 y 82,98 años). Las causas de insuficiencia renal fueron nefropatía diabética (25,68%), seguida de nefropatía tubulointersticial crónica (22,97%), glomerulonefritis crónica (18,92%), nefroangioesclerosis (12,16%), poliquistosis hepatorrenal (6,76%) y nefropatía isquémica (2,70%), mientras que la etiología no se encontraba filiada en un 10,81%. La diálisis peritoneal continua ambulatoria (DPCA) era empleada por 41 pacientes (55,41%), mientras que la diálisis peritoneal automatizada (DPA) se empleó en 33 pacientes (44,59%). Según el transporte peritoneal medido por D/P de creatinina, en el 47,97% encontramos transporte medio-bajo, en el 47,60% medio-alto, en el 2,58% alto y en el 1,85% bajo. El criterio para realizar DPCA o DPA era la elección personal del propio paciente. Se consideraron criterios de exclusión para este estudio los mismos que para la realización de la prueba de BIS: presencia de amputaciones mayores y ser portador de componentes metálicos tales como stents, marcapasos, prótesis articulares o desfibriladores.

Cada paciente fue medido y pesado, y se le realizó la medición de volumen corporal mediante la técnica de BIS (Body Composition Monitor: Fresenius Medical Care) para obtener el volumen corporal total (V_{bis}), además de la sobrehidratación, el agua extracelular, el agua intracelular y su cociente (E/I). Para la realización de BIS, los pacientes se encontraban en ayunas, con el abdomen vacío de solución de diálisis¹² y con la vejiga vacía en aquellos pacientes que mantenían función renal residual. El volumen corporal también fue calculado empleando la ecuación estandarizada de Watson (V_w) (varones: $V = 2,447 - (0,09156 \times \text{edad}) + (0,1074 \times \text{altura}) + (0,3362 \times \text{peso})$; mujeres: $V = (0,1096 \times \text{altura}) + (0,2466 \times \text{peso}) - 2,097$). Una vez obtenido el volumen por ambos métodos, se dividió a los pacientes en 2 grupos de acuerdo con la diferencia entre estos volúmenes: $\geq 10\%$ o $< 10\%$ de V_{bis} (dato superior al error estándar de la mediciones del V por BIS, cifrada en el 5%, para aumentar la potencia estadística del estudio). En total, contamos con 271 mediciones de volumen en los 74 pacientes previamente descritos. Los volúmenes están expresados mediante la media aritmética más la desviación estándar. Se

Tabla 1 – Factores de riesgo presentes en los pacientes analizados

	Porcentaje (%)
HTA	87,8
Dislipidemia	60,8
Diabetes mellitus	32,4
Vasculopatía (ITB)	44,6
Cardiopatía isquémica	16,2
Neuropatía isquémica	10,8
Antiagregante/ACO	44,6
Sexo (varón)	56,8
Edad ≥ 65 años	39,2
Tipo de DP (DPCA)	55,4

empleó el test t de Student para analizar si la diferencia entre V_{bis} y V_w resultaba significativa. Hemos realizado a su vez una prueba de Bland Altman para valorar la concordancia entre los 2 métodos de medir V.

En cada paciente se registró una serie de características o parámetros frecuentemente asociados a los pacientes en DP y que se consideraron como potenciales causas de generar diferencia entre volúmenes, agrupados en:

- Parámetros personales: edad (≥ 65 o < 65 años) y sexo (varón o mujer).
- Parámetros clínicos y patológicos: presencia o ausencia de hipertensión arterial (HTA) (definida como toma de al menos 2 fármacos hipotensores), dislipidemia, diabetes mellitus (DM), cardiopatía isquémica, neuropatía isquémica, vasculopatía periférica medida por índice tobillo-brazo y toma de antiagregación o anticoagulación.
- Parámetros asociados a la técnica dialítica: tipo de DP (DPCA o DPA), transporte peritoneal (D/P Cr $\geq 0,65$ o $< 0,65$) y presencia de diuresis residual (definida como mayor o igual que 400 cc/24 h).
- Parámetros nutricionales e inflamatorios: cociente E/I medido por BIS (≥ 1 o < 1), obesidad (IMC ≥ 30 o < 30 kg/m²), % de grasa corporal corporal por BIS (≥ 25 o $< 25\%$ en varones y de 30% en mujeres), prealbúmina (≥ 25 o < 25 mg/dl), hipalbuminemia (albúmina sérica $\geq 3,5$ o $< 3,5$ g/dl), ángulo de fase a 50 Hz (mayor o menor del ángulo de fase a 50 Hz medio de los pacientes analizados: $4,31^\circ$) y PCR (≥ 5 o < 5 mg/l).

Posteriormente valoramos si existe asociación entre las diferencias entre volúmenes y la presencia o ausencia de los parámetros clínicos descritos, empleando para ello la prueba estadística de chi cuadrado.

Todas las pruebas estadísticas (test t de Student, prueba de Bland Altman y prueba chi cuadrado) se han realizado mediante el programa estadístico SPSS 15.0 para Windows, considerándose como significativo $p < 0,05$.

Resultados

Valoramos la presencia o ausencia de una serie de factores o parámetros clínicos, en los pacientes o en las mediciones realizadas. Estos datos quedan recogidos en las [tablas 1 y 2](#).

El V_{bis} medio fue de $34,88 \pm 7,81$ l, mientras que V_w medio fue de $37,03 \pm 6,3$ l, La diferencia entre ambos volúmenes fue

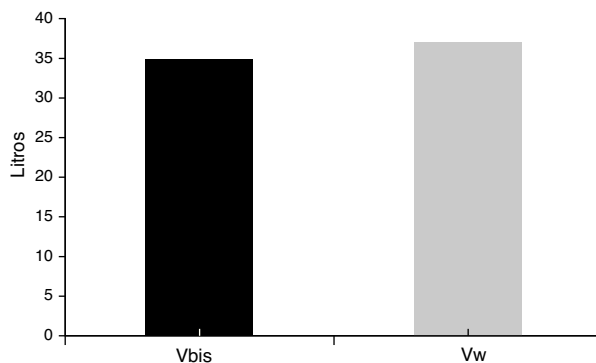
Tabla 2 – Factores de riesgo presentes en las mediciones realizadas

	Porcentaje (%)
Hipoalbuminemia (<3,5 g/l)	62
Prealbúmina <25 mg/dl	32,1
Ángulo de fase (50 Hz) <4,3°	52
E/I (>1)	32,8
Obesidad (IMC \geq 30 kg/m ²)	29,9
Grasa corporal \geq 25%/30% en varón/mujer	67,2
PCR elevada (>5 mg/l)	60,5
Transporte peritoneal (D/P Cr \geq 0,65)	50,2
Sobrehidratación (OH > 1,1 l)	59
Diuresis residual (>400 cc/24 h)	58,7

de 2,15 l ($p < 0,01$) (fig. 1). Al valorar la concordancia entre Vw y Vbis obtenemos una r de $-0,25$ ($p < 0,01$).

Separamos las diferentes mediciones según la diferencia entre los 2 V calculados: $\geq 10\%$ o $< 10\%$. En el 58,67% de las mediciones la diferencia entre V fue $\geq 10\%$, mientras que en el 41,33% de las mediciones, la diferencia fue $< 10\%$.

Al comparar la presencia de factores de riesgo o características clínicas con la presencia o ausencia de diferencia entre volúmenes, no encontramos diferencia significativa en la dislipidemia ($p = 0,63$), vasculopatía periférica ($p = 0,63$), cardiopatía isquémica ($p = 0,96$), neuropatía isquémica (0,93), antiagregación/ACO ($p = 0,92$), sexo ($p = 0,69$), edad ($p = 0,18$) tipo de transporte peritoneal ($p = 0,09$) y variedad de DP ($p = 0,79$). En cambio, sí que se encontraron diferencias significativas al comparar la diferencia de volúmenes con HTA ($p < 0,05$), DM ($p < 0,05$), hipoalbuminemia ($p < 0,01$), hipoprealalbuminemia ($p < 0,01$), obesidad por IMC ($p < 0,05$), exceso de grasa corporal

**Figura 1 – Volumen (l) calculado por fórmula de Watson (Vw) y BIS (Vbis) ($p < 0,01$).**

($p < 0,01$), inflamación medida por proteína C reactiva (PCR) ($p < 0,01$), relación E/I elevada ($p < 0,01$), ángulo de fase a 50 Hz disminuido ($p < 0,01$) y diuresis residual ($p < 0,05$) (tablas 3 y 4).

Discusión

El conocer el V con la mayor exactitud posible en los pacientes en DP es fundamental. Además de emplearse para conocer la eficacia dialítica mediante la ecuación Kt/V¹³, el exceso de volumen se asocia a inflamación¹⁴, desnutrición¹⁵, hipertensión, hipertrofia ventricular^{16,17} u otros eventos cardiovasculares^{18,19} y otros procesos patológicos²⁰. Por tanto,

Tabla 3 – Comparativa entre parámetros clínicos, patológicos y personales y diferencias de V (Chi cuadrado)

Parámetro analizado	% del parámetro en grupo con diferencia entre V>10%	% del parámetro en grupo con diferencia entre V<10%	Chi cuadrado (p)
HTA	90,2	81,4	0,036
Dislipemia	64,7	61,9	0,63
Diabetes mellitus	42,5	29,7	0,03
Vasculopatía (ITB)	52,9	50	0,63
Cardiopatía isquémica	16,3	16,1	0,96
Neuropatía isquémica	10,5	10,2	0,93
Antiagregación /anticoagulación	50,9	40,7	0,92
Sexo (varón)	59,5	61,9	0,69
Edad (mayor de 65 años)	49,7	41,5	0,18

Tabla 4 – Comparativa entre parámetros asociados a la técnica dialítica, nutricionales e inflamatorios y diferencias de V (Chi cuadrado)

Parámetro analizado	% del parámetro en el grupo con diferencia entre V>10%	% del parámetro en el grupo con diferencia entre V<10%	Chi cuadrado (p)
Variedad de DP (DPCA)	56,9	58,5	0,79
Transporte peritoneal (DP/Cr \geq 0.65)	45,1	71,2	0,09
Diuresis residual (\geq 400cc)	52,9	66,1	0,029
Albúmina sérica (<3.5g/l)	81,7	38,4	<0,01
Prealbúmina (<25mg/dl)	52,9	5,1	<0,01
Ángulo de fase a 50Hz (\geq 4.31°)	62,1	49,2	<0,01
E/I (\geq 1)	59,5	33,9	<0,01
Obesidad (IMC \geq 30 Kg/m ²)	35,3	22,9	0,027
% grasa corporal (\geq 25%varón o \geq 30% mujer)	77,1	53,4	<0,01
PCR (\geq 5 mg/dl)	81	33,9	<0,01

el encontrar la forma más objetiva de medir este volumen en nuestros pacientes es un objetivo esencial.

Las técnicas habitualmente aceptadas como *gold standard*, tales como la dilución con deuterio, son costosas, complejas o dolorosas y, por tanto, poco aplicables en la práctica clínica diaria. La forma habitual de medir el V con fórmula de Watson se considera una manera aplicable y sencilla y, por tanto, su uso como método para calcular el volumen corporal se ha generalizado en las unidades de diálisis^{19,20}. La aparición de BIS en los últimos años ha hecho que se haya producido un cambio en el modo de evaluar el estado de hidratación en los pacientes en diálisis. La teórica ventaja de BIS es que la medición no es estimativa, sino directa, y de esta forma eliminamos el margen de error que puede surgir mediante la fórmula antropométrica hasta el punto de considerarse en diversos estudios como comparable a los métodos *gold standard* en la medición del V^{20,21}. Además, nos aporta una información importante acerca de la distribución del agua corporal en los pacientes y del estado nutricional. Por tanto, en el momento actual, ambas formas de medir el V se pueden considerar como adecuadas en la práctica clínica.

El problema surge cuando, al medir el V en un mismo paciente empleando ambos métodos, entre uno y otro V (V_{bis} y V_w) aparecen diferencias considerables. Medir el volumen por fórmula de Watson puede ser una forma sencilla y sus resultados son aplicables al menos en la población general. Sin embargo, los pacientes en DP presentan por definición una distinta distribución del agua corporal respecto a la población general y, a su vez, presentan frecuentemente una serie de características clínicas y patológicas que podrían contribuir a esa diferente distribución del V. Y en última instancia, es posible que estos pacientes se beneficien de medir el V mediante BIS respecto a la fórmula de Watson, que tiene en cuenta el sexo, la edad, el peso y la altura, pero no se ve influida por la compleja mezcla de factores que se asocian en los pacientes en DP.

En el estudio realizado en nuestra unidad de DP, lo primero que observamos, al igual que en otros estudios, es que la fórmula de Watson sobrestima V en comparación con la medición con BIS^{22,23}. También hemos encontrado diferencias significativas al comparar a los pacientes clasificados según si existe o no diferencia entre volúmenes y la situación del paciente respecto a HTA, DM, diuresis residual, obesidad (por IMC y % de grasa corporal), albuminemia/prealbuminemia, PCR, ángulo de fase a 50 Hz y E/I. Concretamente, se vio que la diferencia entre V_{bis} y V_w (o viceversa) era mayor del 10% de V_{bis} en los pacientes hipertensos, diabéticos, sin diuresis residual, obesos (IMC ≥ 30 kg/m² y con porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ en varones y 30% en mujeres), desnutridos (albúmina $< 3,5$ g/dl, prealbúmina < 25 mg/dl y ángulo de fase a 50 Hz inferior a la media), inflamados (PCR > 5 mg/l) y con índice E/I mayor de uno, de forma significativa.

Al valorar por qué estos pacientes presentan esa diferencia entre V_{bis} y V_w, destaca el hecho de que todos ellos tienen en común la presencia de una tendencia a la situación de inflamación, sobre todo en diabéticos^{24,25}, lo que genera una distribución diferente del volumen corporal.

Lo mismo ocurre con los pacientes malnutridos. Es interesante que, independientemente del método que se emplee para su valoración, ya sea prealbúmina, la controvertida

albúmina (como marcador nutricional, aunque no como marcador de morbimortalidad) o el cada vez más empleado ángulo de fase a 50 Hz por BIS^{26,27}, en todos los casos la presencia de desnutrición genera diferencias entre ambos métodos de valorar el V, en probable relación con la inflamación y la diferente distribución del agua corporal.

Algo similar se podría aplicar con los pacientes obesos: el exceso de masa corporal a expensas fundamentalmente de masa grasa, pero también de masa magra y, por lo general, con tendencia a la sobrecarga hídrica hace que, quizás, la fórmula antropométrica no sea suficientemente exacta para medir el V^{28,29}.

Precisamente el exceso de volumen, o la distribución anormal de este en el organismo, es otro de los causantes de que surjan diferencia entre V_{bis} y V_w. Comenzando con la diuresis residual, los pacientes que continúan orinando una vez iniciada la técnica presentan un mejor control del exceso de líquido, algo que resulta beneficioso. A su vez, se ha postulado que los pacientes sin diuresis residual tienden con mayor frecuencia a la desnutrición³⁰. Por tanto, no resulta sorprendente que en aquellos pacientes que han perdido la diuresis, y por lo tanto presentan un peor manejo del agua corporal, surjan amplias diferencias entre ambas formas de medir el V.

El caso de la hipoalbuminemia sería similar. Es bien sabido que la pérdida de presión oncótica por disminución de proteínas séricas genera redistribución del volumen intravascular con tendencia a la formación de edemas y «tercer espacio» algo que no se aprecia con la fórmula de Watson³¹, que únicamente tiene en cuenta el peso, edad, altura y sexo, pero no la situación nutricional o el estado de inflamación del paciente³².

Del mismo modo ocurre con el cociente E/I elevado. Un resultado elevado (> 1) puede producirse bien por exceso de agua extracelular y, por tanto, sobrehidratación y edema, bien por falta de agua intracelular y, por tanto, baja «masa celular total» y desnutrición o incluso la asociación de ambas alteraciones³³. En cualquier caso, la conclusión sería la misma: diferente distribución del volumen corporal y, por tanto, probable beneficio de medir el V por una técnica no estimativa.

Desconocemos si estas diferencias entre V surgirían en la población general con los factores previamente descritos (HTA, DM, hipoalbuminemia, hipoprealbuminemia, PCR elevada, obesidad, ángulo de fase a 50 Hz disminuido y elevado E/I), o si la realización de DP, con las alteraciones que esto genera, actúa como factor necesario para que aparezcan.

En conclusión, la medida de V en los pacientes en DP es fundamental y, por tanto, también lo es el encontrar el modo más adecuado de medirlo según sus características clínicas y patológicas. La diferente distribución del volumen corporal hace que, de acuerdo con nuestros resultados, los pacientes en DP hipertensos, diabéticos, sin diuresis residual, obesos, inflamados y desnutridos se beneficien especialmente de la medición con BIS del V. Un mayor número de pacientes y mediciones son necesarios para confirmar los resultados aquí obtenidos.

Financiación

Este estudio ha sido en parte apoyado por la Fundación BIOTYC, (01/2011).

Conflicto de intereses

Todos los autores han declarado no tener conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

- Arrieta J, Bajo MA, Caravaca F, Coronel F, García-Pérez H, González-Parra E, et al. Guidelines of the Spanish Society of Nephrology. Clinical practice guidelines for peritoneal. *Nefrología*. 2006;26(4):1-184.
- Watson PE, Watson ID, Batt RD. Total body water volumes for adult males and females estimated from simple anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr*. 1980;33:27-39.
- Hume R, Weyers E. Relationship between total body water and surface area in normal and obese subjects. *J Clin Path*. 1971;24(3):234-8.
- NKF-DOQI. Clinical practice guidelines for peritoneal dialysis adequacy. *Am J Kidney Dis*. 1997;30(Suppl 2):S67-S136.
- NKF-DOQI. Updated 2000, Guideline 15, Clinical practice guidelines for peritoneal dialysis adequacy. *Am J Kidney Dis*. 2001;27(Suppl 1):S128-S131.
- Kushner RF. Bioelectrical impedance analysis: A review of principles and applications. *J Am Coll Nutr*. 1992;11:199-209.
- Fernández Lucas M, Teruel JL, Rodríguez JR, Rivera M, Liaño F, Ortuño J, et al. Cálculo de dosis de diálisis mediante dialísis iónica. *Nefrología*. 2001;21:78-83.
- Maduell F, Vera M, Serra N, Collado S, Carrera M, Fernández A, et al. Kt as control and follow-up of the dose at a hemodialysis unit. *Nefrología*. 2008;28(1):43-7.
- Arkouche W, Fouque D, Pachiardi C, Normand S, Laville M, Delawari E, et al. Total body water and body composition in chronic peritoneal dialysis patients. *J Am Soc Nephrol*. 1997;8(12):1906-14.
- Zhu F, Wystrychowski G, Kitzler T, Thijssen S, Kotanko P, Levin NW. Application of bioimpedance techniques to peritoneal dialysis. *Contrib Nephrol*. 2006;150:119-28.
- Wieskotten S, Heinke S, Wabel P, Moissl U, Becker J. Bioimpedance-based identification of malnutrition using fuzzy logic. *Physiol Meas*. 2008;29:639-54.
- Piccoli A. Bioelectric impedance vector distribution in peritoneal dialysis patients with different hydration status. *Kidney Int*. 2004;65:1050-63.
- Essig M, Escoubet B, de Zuttere D, Blanchet F, Arnoult F, Dupuis E, et al. Cardiovascular remodelling and extracellular fluid excess in early stages of chronic kidney disease. *Nephrol Dial Transplant*. 2008;23:1050-63.
- Wang AY, Lam CW, Wang M, Chan IH, Goggins WB, Yu CM, et al. Prognostic value of cardiac troponin T is independent of inflammation, residual renal function, and cardiac hypertrophy in peritoneal dialysis patients. *Clin Chem*. 2008;53:882-9.
- Demirci MS, Demirci C, Ozdogan O, Kircelli F, Akcikek F, Brasci A, et al. Relations between malnutrition-inflammation-atherosclerosis and volume status. The usefulness of bioimpedance analysis in peritoneal dialysis. *Nephrol Dial Transplant*. 2011;26(5):1708-16.
- Cheng LT, Tang W, Wang T. Strong association between volume status and nutritional status in peritoneal dialysis patients. *Am J Kidney Dis*. 2005;45:891-902.
- Koh KH, Wong HS, Go KW, Morad Z. Normalized bioimpedance indices are better predictors of outcome in peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int*. 2010;(30).
- Jaffrin MY, Morel H. Body fluid volumes measurement by impedance: A review of bioimpedance spectroscopy (BIS) and bioimpedance analysis (BIA) methods. *Med Eng Phys*. 2008;30(10):1257-69.
- Woodrow G, Oldroyd B, Wright A, Coward WA, Truscott JG. The effect of normalization of ECW volume as a marker of hydration in peritoneal dialysis patients and control. *Perit Dial Int*. 2005;25(3):S49-51.
- Cooper BA, Aslani A, Ryan M, Zhu F, Ibels L, Allen BJ, et al. Comparing different methods of assessing body composition in end-stage renal failure. *Kidney Int*. 2000;58:408-16.
- Basile C, Vernaglione L, Bellizzi V, Lomonte C, Rubino A, D'Ámbrosio N, et al. Total body water in health and disease: Have anthropometric equations any meaning? *Nephrol Dial Transplant*. 2008;23:1997-2002.
- Crepaldi C, Soni S, Chionh CY, Wabel P, Cruz DN, Ronco C. Application of body composition monitoring to peritoneal dialysis patients. *Contrib Nephrol*. 2009;163:1-9.
- Martínez Fernández G, Ortega Cerrato A, Masiá Mondéjar J, Pérez Rodríguez A, Llamas Fuentes F, Gómez Roldán C, et al. Efficacy of dialysis in peritoneal dialysis: Utility of bioimpedance to calculate Kt/V and the search for a target Kt. *Clin Exp Nephrol*. 2013;17(2):261-7.
- Leiter LA. Use of bioelectrical impedance analysis measurements in patients with diabetes. The Diabetes Control and Complications Trial Research Group. *Am J Clin Nutr*. 1996;64 3 Suppl:515S-8S.
- Lee IT, Lin SY, Sheu WH, Kaohsiung J. Serial body composition by bioimpedance analysis in a diabetic subject with rapid insulin-induced weight gain—a case report. *Kaohsiung J Med Sci*. 2002;18(1):45-8.
- Caravaca F, Martínez del Viejo C, Villa J, Martínez-Gallardo R, Ferreira F. Estimación del estado de hidratación mediante bioimpedancia espectroscópica multifrecuencia en la enfermedad renal crónica avanzada prediálisis. *Nefrología*. 2011;31(5):537-44.
- Abad S, Sotomayor G, Vega A, Pérez de José A, Verdalles U, Jofré R, et al. El ángulo de fase de la impedancia eléctrica es un predictor de supervivencia a largo plazo en pacientes en diálisis. *Nefrología*. 2011;31(6):670-6.
- Guida B, De Nicola L, Pecoraro P, Trio R, Di Paola F, Iodice C, et al. Abnormalities of bioimpedance measures in overweight and obese hemodialyzed patients. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2001;25(2):265-72.
- Savastano S, Belfiore A, Di Somma C, Mauriello C, Rossi A, Pizzi G, et al. Validity of bioelectrical impedance analysis to estimate body composition changes after bariatric surgery in premenopausal morbidly women. *Obes Surg*. 2010;20(3):332-9.
- Szeto CC, Lai KN, Wong TY, Law MC, Leung CB, Yu AW, et al. Independent effects of residual renal function and dialysis adequacy on nutritional status and patient outcome in continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Am J Kidney Dis*. 1999;34(6):1056-64.
- Davenport A, Willicombe M. Comparison of fluid status in patients treated by different modalities of peritoneal dialysis using multi-frequency bioimpedance. *Int J Artif Organs*. 2009;32(11):779-86.
- Cheng LT, Tang W, Wang T. Strong association between volume status and nutritional status in peritoneal dialysis patients. *Am J Kidney Dis*. 2005;45(5):891-902.
- Chen W, Guo LJ, Wang T. Extracellular water/intracellular water is a strong predictor of patient survival in incident peritoneal dialysis patients. *Blood Purif*. 2007;25(3):260-6.