

Análisis de concordancia entre la bioimpedancia vectorial y la espectroscópica

José L. Teruel-Briones¹, Milagros Fernández-Lucas¹, Gloria Ruiz-Roso¹, Humberto Sánchez-Ramírez², Maite Rivera-Gorriñ¹, Antonio Gomis-Couto¹, Nuria Rodríguez-Mendiola¹, Carlos Quereda¹

¹ Servicio de Nefrología. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid (España)

² Servicio de Nefrología. Hospital Universitario UANL José Eleuterio González. Monterrey (México)

Nefrología 2012;32(3):389-95

doi:10.3265/Nefrologia.pre2012.Feb.11309

RESUMEN

Introducción: Los valores de los compartimentos corporales proporcionados por los dos sistemas de bioimpedancia más utilizados en España (bioimpedancia de monofrecuencia vectorial [BIVA] y bioimpedancia multifrecuencia espectroscópica [BIS]) son diferentes y no pueden intercambiarse. **Objetivo:** Analizar si la variabilidad intermétodo es debida a la diferente lectura de las variables bioeléctricas realizadas por los monitores o a las ecuaciones utilizadas por cada uno de ellos para el cálculo de los volúmenes y masas corporales. Otro objetivo fue comprobar si, a pesar de la variabilidad intermétodo, la clasificación de los estados de hidratación definidos por ambos monitores es concordante. **Material y métodos:** Estudio de corte transversal. En 54 enfermos tratados con hemodiálisis se hizo un análisis de bioimpedancia con los monitores BIVA y BIS inmediatamente antes de una sesión de diálisis. En 38 de ellos se repitió el estudio con el monitor BIVA al finalizar la misma sesión de diálisis. **Resultados:** Los datos de resistencia y ángulo de fase proporcionados por el monitor BIVA y por el monitor BIS a la frecuencia de 50 kHz son concordantes. En el caso de la resistencia, la variabilidad es de 1,3%, y el coeficiente de correlación intraclase, de 0,99. Para el ángulo de fase, la variabilidad es del 11,5%, y el coeficiente de correlación intraclase, de 0,92. Los valores del volumen de agua corporal total, agua extracelular, masa grasa y masa celular tienen un sesgo y una variabilidad no admisibles en la práctica clínica y el coeficiente de correlación intraclase indica que la concordancia es mediocre. En el sistema BIVA se define hiperhidratación o deshi-

dratación según el vector estuviera en el eje de hidratación por debajo o por encima de la elipse de tolerancia de 75%, tanto pre como posdiálisis. El sistema BIS utiliza dos criterios de hiperhidratación prediálisis: OH (exceso de hidratación prediálisis) superior a 2,5 litros o mayor del 15% del volumen de agua extracelular. El grado de equivalencia con los resultados del monitor BIVA fue mejor con el segundo criterio (índice kappa 0,81, concordancia excelente), que con el primero (índice kappa 0,71, concordancia aceptable). El sistema BIS define la normohidratación posdiálisis cuando la diferencia entre OH y volumen ultrafiltrado está comprendida entre -1,1 y 1,1 litros, y su concordancia con el BIVA fue aceptable (índice kappa ponderado 0,64). **Conclusiones:** Los monitores BIVA y BIS utilizados proporcionan lecturas similares de los parámetros bioeléctricos y la gran variabilidad observada en la cuantificación de volúmenes y masas corporales debe ser atribuida a las diferentes ecuaciones utilizadas para su cálculo. Sin embargo, los criterios utilizados por ambos sistemas para definir los estados de hidratación pre y posdiálisis tienen una equivalencia aceptable.

Palabras clave: Bioimpedancia vectorial. Bioimpedancia multifrecuencia espectroscópica. Hemodiálisis.

Analysis of concordance between the bioelectrical impedance vector analysis and the bioelectrical impedance spectroscopy in haemodialysis patients

ABSTRACT

Introduction: The values of body composition provided by the two most commonly used bioelectrical impedance systems in Spain, single-frequency bioelectrical impedance vector analysis (SF-BIVA) and multi-frequency bioelectrical

Correspondencia: José L. Teruel Briones

Servicio de Nefrología.

Hospital Universitario Ramón y Cajal.

Carretera de Colmenar km 9,100. 28034 Madrid. España.

jteruel.hrc@salud.madrid.org

impedance spectroscopy (MF-BIS) are different and not comparable. **Objective:** Analyse whether the inter-method variability is due to bioelectrical variables measured by the different monitors, or rather due to the equations used to calculate body volume and mass. Another objective was to determine whether, despite the inter-method variability, the classification of hydration status by the two methods is consistent. **Material and Methods:** Bioelectrical impedance was measured by SF-BIVA and MF-BIS immediately before a dialysis session in 54 patients on haemodialysis. In 38 patients, the study was repeated by SF-BIVA at the end of the same dialysis session. **Results:** Resistance and phase angle values provided by the two monitors at a frequency of 50kHz were consistent. For resistance, variability was 1.3% and the intra-class correlation coefficient was 0.99. For phase angle, variability and the intra-class correlation coefficient were 11.5% and 0.92, respectively. The volume values for total body water, extracellular water, fat mass and body cell mass were biased, with a level of variability that would not be acceptable in clinical practice. The intra-class correlation coefficient also suggested a poor level of agreement. SF-BIVA systems define overhydration or dehydration as a vector below or above the tolerance ellipse of 75% on the longitudinal axis. MF-BIS uses two criteria for pre-dialysis hyper-hydration: overhydration (OH) greater than 2.5 litres, or greater than 15% of extracellular water. The degree of equivalence with the results of the SF-BIVA monitor was better with the second criterion (κ : 0.81, excellent agreement) than with the first one (κ : 0.71, acceptable agreement). The MF-BIS system defines post-dialysis normal hydration as a difference between OH and ultrafiltration volume between -1.1 and 1.1 litres and agreement with the SF-BIVA system for this parameter was acceptable (weighted κ index: 0.64). **Conclusions:** The MF-BIS and SF-BIVA systems provide similar readings for bioelectrical parameters, and the wide variation in the quantification of volume and body mass must be attributed to the different equations used for calculation. Furthermore, the criteria used by both systems to define both pre- and post-dialysis hydration have an acceptable level of equivalence.

Keywords: Bioimpedance vector analysis. Multifrequency bioimpedance spectroscopy. Haemodialysis.

INTRODUCCIÓN

El análisis de bioimpedancia permite cuantificar los diversos compartimentos del cuerpo humano y proporciona información útil para valorar la nutrición y la hidratación. La aparición de monitores sencillos, fáciles de manejar y de precio asequible ha generalizado su uso en los Servicios de Nefrología. Una muestra de ello es el número relevante de comunicaciones relacionadas con la bioimpedancia que se han presentado en los tres últimos Congresos Nacionales de la especialidad.

El monitor de bioimpedancia obtiene los parámetros eléctricos del cuerpo humano (resistencia, reactancia y ángulo de fase) y calcula volúmenes y masas corporales con ecuaciones de predicción que incluyen los datos eléctricos y otras variables, como peso, talla, edad y sexo. Estas ecuaciones son distintas para cada monitor; la mayoría sólo incluye el componente de resistencia y en muchas ocasiones son difíciles de conocer¹⁻⁶.

La bioimpedancia multifrecuencia espectroscópica (BIS) y la bioimpedancia monofrecuencia vectorial (BIVA) son los dos sistemas de bioimpedancia más utilizados en España^{7,8}. En estudios comparativos se ha constatado que los valores de los diversos compartimentos corporales proporcionados con los dos sistemas son diferentes, con una variabilidad intermétodo que impide que los resultados sean intercambiables^{6,9-12}.

Un objetivo del presente trabajo es analizar si la variabilidad intermétodo es debida a la diferente lectura de las variables bioeléctricas realizadas por los monitores o a las ecuaciones utilizadas por cada uno de ellos para el cálculo de los volúmenes y masas corporales. Otro objetivo es comprobar si, a pesar de la variabilidad intermétodo, la clasificación de los estados de hidratación definidos por ambos monitores es concordante. El estudio fue realizado en pacientes con enfermedad renal crónica en estadio 5 tratados con hemodiálisis.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio transversal realizado en 54 enfermos tratados con hemodiálisis periódica a los que se les hizo un análisis de bioimpedancia con los sistemas BIS y BIVA. Son 36 varones y 18 mujeres, con edad de 69 ± 14 años (rango: 34-92). Todos ellos eran enfermos estables desde el punto de vista clínico, sin síntomas o signos de insuficiencia cardíaca. El índice de masa corporal era de $26,5 \pm 3,9$ (rango: 18,3-38,3; intervalo de confianza: 25,5 - 27,6). El análisis de bioimpedancia se hizo antes de la sesión de hemodiálisis, con el enfermo en decúbito supino, colocando los dos pares de electrodos en muñeca y tobillo del hemicuerpo libre de acceso vascular, siguiendo el procedimiento habitual. Primero se realizó la medición en sistema BIVA, que utiliza una frecuencia de 50 kHz (monitor EFG ElectroFluidGraph analyzer, Akern SRL, Florencia, Italia) y a continuación con el sistema BIS (monitor BCM Fresenius Medical Care, Bad Homburg, Alemania), que toma mediciones con 50 frecuencias comprendidas en un rango de 5 a 1000 kHz. En 38 enfermos se repitió el análisis de bioimpedancia con el sistema BIVA al finalizar la hemodiálisis, utilizando los mismos pares de electrodos que se habían dejado puestos a lo largo de toda la sesión.

El monitor BIVA proporciona los datos de resistencia, reactancia y ángulo de fase a la frecuencia de 50 kHz. El monitor BIS proporciona la resistencia y el ángulo de fase para cada una de las frecuencias utilizadas. Para comparar los datos

bioeléctricos de ambos monitores, utilizamos los resultados de resistencia y ángulo de fase del monitor BIS a la frecuencia de 50 kHz. Para analizar el estado de hidratación, hemos asignado en el sistema BIVA una escala ordinal de siete puntos (de 0 a ± 3) a lo largo del eje mayor de las tres elipses de tolerancia (95, 75 y 50%) desde el polo inferior de mayor hidratación al polo superior de menor hidratación, tal como propone Piccoli¹. Con el monitor BIS el estado de hidratación se determinó con el valor del exceso de hidratación prediálisis (OH, *overhydration*) proporcionado por el monitor. El OH posdiálisis se calculó restando al valor OH el volumen ultrafiltrado (OH pos-HD).

Los estados de hidratación se definieron con los siguientes criterios. En el análisis con monitor BIS utilizamos dos criterios para definir el estado de hiperhidratación prediálisis: volumen OH superior al 15% del volumen de agua extracelular (ECW)¹³ y volumen OH superior a 2,5 litros¹⁴. El estado de hidratación posdiálisis fue considerado de normohidratación cuando el OH pos-HD estaba en el rango de $-1,1$ a $1,1$ litros; de hiperhidratación si era superior a $1,1$ litros, y de deshidratación cuando era inferior a $-1,1$ litros¹⁵. Con el monitor BIVA se consideró que el estado de hidratación era adecuado cuando el vector de impedancia se mantiene en el eje de hidratación dentro de la elipse de tolerancia del 75% tanto en los controles pre como posdiálisis¹⁶. Con arreglo a este criterio, se definió el estado de hiperhidratación prediálisis cuando el vector de impedancia en el estudio prediálisis estaba por debajo de la elipse de tolerancia del 75% (en la escala ordinal de hidratación corresponde a los valores +3 y +2). En el estudio posdiálisis se utilizó el mismo criterio para definir la hiperhidratación; el estado de normohidratación posdiálisis fue considerado cuando el vector de impedancia posdiálisis estaba dentro de la elipse de tolerancia del 75% (valores +1, 0 y -1 de la escala ordinal) y se definió la deshidratación cuando el vector de impedancia posdiálisis estaba por encima de la elipse de tolerancia del 75% (en la escala ordinal de hidratación corresponde a los valores -2 y -3)¹⁷.

En cuanto al análisis estadístico: los resultados se expresan como media \pm desviación estándar. Los datos analizados tenían una distribución normal (test de Kolmogorov-Smirnov), por lo que se utilizaron test paramétricos. La diferencia entre el valor cada parámetro obtenido por los monitores BIVA y BIS en cada paciente es el sesgo entre ambas medidas. Esta misma diferencia en valor absoluto expresada en porcentaje de la media aritmética de ambos valores (diferencia relativa) permite conocer la variabilidad entre las distintas mediciones. La correlación entre los diferentes métodos se hizo mediante el coeficiente de Pearson. Para categorías cuantitativas, el análisis de concordancia se completó con el coeficiente de correlación intraclase (CCI)¹⁸; el CCI varía entre 0 (ausencia de concordancia) y 1 (concordancia absoluta). Para categorías binarias y ordinales, utilizamos respectivamente el índice kappa y el índice kappa ponderado¹⁹;

se considera que el nivel de concordancia es aceptable cuando el índice kappa es superior a 0,40 y excelente cuando es superior a 0,75. Para la comparación de medias se utilizó el test de Student y el test ANOVA, según procediera. Los valores de $p < 0,05$ se consideraron estadísticamente significativos.

RESULTADOS

En la tabla 1 expresamos los datos de resistencia y ángulo de fase proporcionados por el monitor BIVA y por el monitor BIS a la frecuencia de 50 kHz, y los valores de los componentes corporales obtenidos con ambos monitores. Las cifras de la resistencia tienen una variabilidad mínima y el coeficiente de correlación intraclase indica que el nivel de concordancia intermétodo es casi absoluto. La medición del ángulo de fase con ambos monitores es diferente desde el punto de vista estadístico. Sin embargo, su variabilidad es aceptable desde el punto de vista clínico (11,5%) y el coeficiente de correlación intraclase de 0,92 indica una excelente concordancia intermétodo.

De los diferentes componentes corporales proporcionados por los dos monitores, sólo el volumen de agua intracelular (ICW) muestra una variabilidad entre ambos monitores que puede ser asumida (13%); en los restantes componentes, el sesgo y la variabilidad son muy altos. Aunque el coeficiente de Pearson expresa una buena correlación entre las mediciones de ambos monitores, el coeficiente de correlación intraclase indica que el grado de concordancia es mediocre.

La tabla 2 muestra los parámetros del monitor BIS relacionados con el estado de hidratación (OH y el cociente OH/ECW) para los 7 valores de la escala ordinal que mide el nivel de hidratación en el monitor BIVA, y permite comprobar una buena correlación entre ambos procedimientos.

La clasificación de los enfermos según el estado de hidratación pre y posdiálisis está expresada en las tablas 3 y 4. En la situación prediálisis el índice kappa para el diagnóstico de hiperhidratación es de 0,81 si el criterio diagnóstico de hiperhidratación con el sistema BIS fue $OH/ECW > 0,15$ (concordancia excelente) y de 0,71 si el criterio diagnóstico fue $OH > 2,5$ l (concordancia aceptable). En la situación posdiálisis el índice kappa ponderado fue 0,64 (concordancia aceptable).

DISCUSIÓN

Los diferentes fabricantes de monitores de bioimpedancia aseguran que sus procedimientos para calcular volúmenes y masas corporales están contrastados con los métodos de referencia, tanto en sujetos sanos como en pacientes afectados de diversas patologías, pero los resul-

Tabla 1. Cifras de resistencia y ángulo de fase

	BIVA	BIS		Diferencia media (IC)	Diferencia relativa %	Coefficiente Pearson	CCI
Resistencia (ohm)	510,1 ± 75,6	515,4 ± 78	p = ns	-5,3 (-55,3; 25,2)	1,3 ± 1,7	r = 0,99	0,99
Ángulo fase (°)	4,7 ± 0,9	4,2 ± 1	p < 0,05	0,5 (0; 1,3)	11,5 ± 6,5	r = 0,97	0,92
TBW (l)	38,7 ± 7,8	32,1 ± 6,3	p < 0,001	6,6 (2,6; 17,8)	18,4 ± 6,1	r = 0,95	0,65
ECW (l)	20,3 ± 4,5	16,2 ± 3,3	p < 0,001	4,2 (0,3; 10,1)	22,5 ± 9,1	r = 0,89	0,55
ICW (l)	18,1 ± 4,6	15,9 ± 3,4	p < 0,01	2,2 (-3,5; 6,2)	13 ± 6,3	r = 0,96	0,80
FM (kg)	22,1 ± 6,2	28,1 ± 8,4	p < 0,001	-6 (-19,2; 0,8)	23,6 ± 13	r = 0,91	0,65
BCM (kg)	22,8 ± 6,5	16,1 ± 5,1	p < 0,001	6,7 (-2; -18,2)	35,8 ± 13,5	r = 0,86	0,51

Cifras de resistencia y ángulo de fase con el monitor vectorial de monofrecuencia (BIVA), y con el monitor de multifrecuencia espectroscópica (BIS) a la frecuencia de corriente de 50 kHz, y valores de los volúmenes de agua corporal total (TBW), agua extracelular (ECW) y agua intracelular (ICW), de la masa grasa (FM) y de la masa celular (BCM) proporcionados por ambos monitores.

El coeficiente de Pearson mostró una correlación estadísticamente significativa en todos los parámetros analizados con una $p < 0,001$. CCI: Coeficiente de correlación intraclase; IC: intervalo de confianza (media ± 1,96 desviación estándar); ns: no significativa.

tados obtenidos con los diversos sistemas de bioimpedancia muestran una gran variabilidad intermétodo^{6,9-12}. El objetivo de nuestro trabajo era averiguar si la variabili-

dad intermétodo es debida a la diferente lectura de los parámetros bioeléctricos o a las ecuaciones utilizadas por cada monitor para la cuantificación de los compartimentos corporales.

Tabla 2. Relación entre el grado de hidratación determinado por el monitor BIVA y el exceso de hidratación según el monitor BIS

BIVA	BIS	
	OH (l)	OH/ECW (%)
+3 (n = 2)	6,5 ± 0,3	31,8 ± 5,1
+2 (n = 13)	2,9 ± 1,2	16,7 ± 5,9
+1 (n = 17)	1,7 ± 0,7	9,9 ± 3,8
0 (n = 15)	1,1 ± 0,9	6,2 ± 6
-1 (n = 4)	0,3 ± 0,3	2,1 ± 2,6
-2 (n = 2)	-0,7 ± 0,3	-6,1 ± 3,3
-3 (n = 1)	-0,9	-10,2
	ANOVA p < 0,001	ANOVA p < 0,001

BIS: bioimpedancia multifrecuencia espectroscópica; BIVA: bioimpedancia monofrecuencia vectorial; ECW: agua extracelular; OH: exceso de hidratación.

Las mediciones de resistencia y ángulo de fase realizadas por los monitores BIVA y BIS a la frecuencia de 50 kHz tienen un alto grado de concordancia. La variabilidad media para la resistencia es sólo del 1,3%, similar la variabilidad intraindividuo^{3,16}. El coeficiente de correlación intraclase (0,99) indica que la concordancia de ambos monitores es prácticamente absoluta. Las mediciones del ángulo de fase son diferentes desde el punto de vista estadístico, pero la variabilidad media (11,5%) puede ser asumible desde el punto de vista clínico y el coeficiente de correlación intraclase (0,92) corresponde a un alto grado de concordancia. Podemos concluir que ambos monitores realizan unas mediciones muy parecidas de los parámetros bioeléctricos a la frecuencia de 50 kHz.

Las mediciones de los volúmenes de agua corporal total, agua extracelular, agua intracelular, masa grasa y masa celular tienen un sesgo y una variabilidad altos. Al igual que otros estudios previos realizados con los mismos monitores^{10,11}, hemos comprobado que el monitor BIVA proporciona valores más altos que el monitor BIS para todos los compartimentos

Tabla 3. Estado de hidratación prediálisis. Concordancia entre los criterios de definición de los sistemas de bioimpedancia BIVA y BIS

	Hiperhidratado BIVA (+3 y +2 de la escala ordinal)	No hiperhidratado BIVA (resto escala ordinal)	Total
Hiperhidratado BIS (criterio OH/ECW > 15%)	12	1	13
No hiperhidratado BIS (criterio OH/ECW ≤ 15%)	3	38	41
Total	15	39	54
Índice kappa			0,81
Hiperhidratado BIS (criterio OH > 2,5 l)	11	2	13
No hiperhidratado BIS (criterio OH ≤ 2,5 l)	4	37	41
Total	15	39	54
Índice kappa			0,71

BIS: bioimpedancia multifrecuencia espectroscópica; BIVA: bioimpedancia monofrecuencia vectorial; ECW: agua extracelular; OH: exceso de hidratación.

analizados, menos para la masa grasa. La mejor concordancia corresponde al ICW (sesgo medio: 2,2 litros, variabilidad media: 13%, coeficiente de correlación intraclase: 0,80) y puede ser aceptable. Para el resto de los compartimentos, el sesgo y la variabilidad no son asumibles, y el coeficiente de correlación intraclase indica que la equivalencia es mediocre. El coeficiente de Pearson demuestra que hay una correlación estrecha en los resultados de ambos modelos, pero no es un test válido para un estudio de concordancia¹⁸⁻²⁰. La mayoría de las ecuaciones que cuantifican las masas y los volúmenes corporales sólo utilizan la resistencia como parámetro bioeléctrico^{1,3,5}. Como el nivel de concordancia en la lectura de la resistencia a la frecuencia de 50 kHz fue prácticamente absoluto, tenemos que asumir que la variabilidad intermétodo debe ser atribuida a los diferentes modelos bioeléctricos y ecuaciones utilizadas en cada sistema de bioimpedancia.

Además de cuantificar los volúmenes y masas corporales, los distintos sistemas de bioimpedancia tienen criterios para clasificar a los enfermos según el estado de hidratación. El sistema BIS utiliza en el momento prediálisis el parámetro OH expresado en litros¹⁴ o en porcentaje del ECW¹³, y para el momento posdiálisis, el valor en litros del parámetro OH posdiálisis estimado¹⁵. El sistema BIVA define los estados de hidratación pre y posdiálisis aplicando una escala ordinal a las elipses de tolerancia^{1,17}. Cuando estudiamos la equivalencia de ambos sistemas para clasificar a los enfermos según su estado de hidratación, hemos comprobado que el grado de concordancia era bueno tanto para definir el estado de hiperhidratación prediálisis como los estados de hiper, normo o deshidratación posdiálisis. Aunque los resultados de los diferentes compartimentos del agua corporal obtenidos con ambos monitores no son intercambiables, los criterios usados para definir el estado de hidratación mues-

Tabla 4. Estado de hidratación posdiálisis. Concordancia entre los criterios de definición de los sistemas de bioimpedancia BIVA y BIS

	Hiperhidratado BIVA (+3 y +2 de la escala ordinal)	Normohidratado BIVA (+1, 0 y -1 de la escala ordinal)	Deshidratado BIVA (-2 y -3 de la escala ordinal)	Total
Hiperhidratado BIS (OH pos-HD > 1,1 l)	2	2	0	4
Normohidratado BIS (OH pos-HD de -1,1 a 1,1 l)	2	16	0	18
Deshidratado BIS (OH pos-HD < -1,1 l)	0	5	11	16
Total	4	23	11	38
Índice kappa				0,64

BIS: bioimpedancia multifrecuencia espectroscópica; BIVA: bioimpedancia monofrecuencia vectorial; OH pos-HD: exceso de hidratación posdiálisis.

tran un alto grado de coincidencia en la clasificación de los enfermos.

El ángulo de fase es un parámetro bioeléctrico relacionado con la nutrición, y tiene valor pronóstico en los enfermos con insuficiencia renal²¹⁻²⁴. En su valoración hay que tener en cuenta que el ángulo de fase varía con el estado de hidratación^{25,26} y aumenta tras la sesión de hemodiálisis^{16,27}. Nuestro estudio indica que en el período prediálisis los dos monitores tienen un grado aceptable de concordancia y que el valor del ángulo de fase obtenido con cualquiera de ellos puede tener la misma significación para su utilización en un análisis de pronóstico o en un estudio de nutrición.

Concluimos que los monitores de los sistemas BIVA y BIS que hemos utilizado proporcionan datos equiparables de la resistencia y del ángulo de fase a la frecuencia de 50 kHz. La cuantificación de los compartimentos corporales tiene una alta variabilidad intermétodo que debe ser atribuida a las ecuaciones utilizadas. Sin embargo, los diferentes criterios para definir los estados de hidratación con ambos sistemas son concordantes y clasifican a los enfermos de forma bastante homogénea.

La elección del sistema de bioimpedancia a utilizar en los enfermos dializados es motivo de gran controversia. Con los datos del presente trabajo no se puede deducir cuál de los dos sistemas es más aconsejable. Si se utilizan el ángulo de fase y el ICW como parámetros nutricionales, y se analiza el grado de hidratación tal y como lo hemos hecho nosotros, los resultados de ambos sistemas son intercambiables, y en nuestra opinión los dos procedimientos tienen la misma utilidad clínica.

Agradecimientos

Agradecemos a Andrés Sánchez Iglesias, profesor de Física, la ayuda prestada para la comprensión del funcionamiento del análisis de bioimpedancia.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no tienen conflictos de interés potenciales relacionados con los contenidos de este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Piccoli A, Nescolarde LD, Rosell J. Análisis convencional y vectorial de bioimpedancia en la práctica clínica. *Nefrología* 2002;XXII:228-38.
- Cooper BA, Aslani A, Ryan M, Zhu FYP, Ibels LIS, Allen BJ, et al. Comparing different methods of assessing body composition in end-stage renal failure. *Kidney Int* 2000;58:408-16.
- Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al., Composition of the ESPEN Working Group. Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clin Nutr* 2004;23:1226-43.
- Kaysen GA, Zhu F, Sarkar S, Heymsfield SB, Wong J, Kait-watcharachai Ch, et al. Estimation of total-body and limb muscle mass in hemodialysis patients by using multifrequency bioimpedance spectroscopy. *Am J Clin Nutr* 2005;82:988-95
- Moissl UM, Wabel P, Chamney PW, Bosaeus I, Levin NW, Bosy-Westphal A, et al. Body fluid volume determination via body composition spectroscopy in health and disease. *Physiol Meas* 2006;27:921-33.
- Jaffrin MY, Morel H. Body fluid volumes measurements by impedance: A review of bioimpedance spectroscopy (BIS) and bioimpedance analysis (BIA) methods. *Med Eng Phys* 2008;30:1257-69.
- López-Gómez JM. Evolución y aplicaciones de la bioimpedancia en el manejo de la enfermedad renal crónica. *Nefrología* 2011;31:630-4.
- Cigarrán Guldri S. Aplicaciones futuras de la bioimpedancia vectorial (BIVA) en nefrología. *Nefrología* 2011;31:635-43.
- Donadio C, Consani C, Ardini M, Bernabini G, Caprio F, Grassi G, et al. Estimate of body water compartments and of body composition in maintenance hemodialysis patients: Comparison of single and multifrequency bioimpedance analysis. *J Ren Nutr* 2005;15:332-44.
- Arias M, Massó E, Fontseré N, Vera M, Durán C, Martina MN, et al. ¿Son comparables los métodos de bioimpedanciometría utilizados en hemodiálisis en la actualidad? *Nefrología* 2010;30(Suppl 1):88 (abstract).
- Roca Meroño S, Alarcón Jiménez RM, García Hernández MA, Jimeno Griñó C, Álvarez Fernández GM, Navarro Parreño MJ, et al. Medición del estado de hidratación del paciente en hemodiálisis mediante bioimpedancia eléctrica monofrecuencia y multifrecuencia. *Nefrología* 2010;30(Suppl 1):91 (abstract).
- Dou Y, Liu L, Cheng X, Cao L, Zuo L. Comparison of bioimpedance methods for estimating total body water and intracellular water changes during hemodialysis. *Nephrol Dial Transplant* 2011;26:3319-24.
- Wizemann V, Wabel P, Chamney P, Zaluska W, Moissl U, Rode C, et al. The mortality risk of overhydration in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2009;24:1574-9.
- Wabel P, Chamney P, Moissl U, Jirka T. Importance of whole-body bioimpedance spectroscopy for the management of fluid balance. *Blood Purif* 2009;27:75-80.
- Passauer J, Petrov H, Schleser A, Leicht J, Pucalka K. Evaluation of clinical dry weight assessment in haemodialysis patients using bioimpedance spectroscopy: a cross-sectional study. *Nephrol Dial Transplant* 2010;25:545-51.
- Piccoli A, for the Italian HD-BIA Study Group: Identification of operational clues to dry weight prescription in hemodialysis using bioimpedance vector analysis. *Kidney Int* 1998;53:1036-43.
- Guida B, De Nicola L, Trio R, Pecoraro P, Iodice C, Memoli B. Comparison of vector and conventional bioelectrical impedance analysis in the optimal dry weight prescription in hemodialysis. *Am J Nephrol* 2000;20:311-8.
- Prieto L, Lamarca R, Casado A. La evaluación de la fiabilidad en las observaciones clínicas: el coeficiente de correlación intraclass. *Med Clin (Barc)* 1998;110:142-5.

19. Hernández Aguado I, Porta Serra M, Miralles M, García Benavides F, Bolumar F. La cuantificación de la variabilidad en las observaciones clínicas. *Med Clin (Barc)* 1990;95:424-9.
20. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;i:307-10.
21. Fiedler R, Jehle PM, Osten B, Dorligschaw O, Girndt M. Clinical nutrition scores are superior for the prognosis of haemodialysis patients compared to lab markers and bioelectrical impedance. *Nephrol Dial Transplant* 2009;24:3812-7.
22. Segall L, Mardare NG, Ungureanu S, Busuioc M, Nistor I, Enache R, et al. Nutritional status evaluation and survival in haemodialysis patients in one centre from Romania. *Nephrol Dial Transplant* 2009;24:2536-40.
23. 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. *Nefrología* 2011;31:537-44.
24. 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;31:670-6.
25. Piccoli A, for the Italian CAPD-BIA Study Group. Bioelectric impedance vector distribution in peritoneal dialysis patients with different hydration status. *Kidney Int* 2004;65:1050-63.
26. Valdés Sotomayor J, Chust Álvarez M, Navarro Martínez V, Morate Rostra L, Escuin Fernández R, Castillo Garrote A, et al. El estado nutricional según bioimpedancia varía dependiendo del estado de hidratación. *Nefrología* 2010;30(Suppl 1):97 (abstract).
27. Giorgi M, González Lázaro G, Cigarrán S, Lorenzo A, Salanova L, Sánchez Tomero JA, et al. Diferencias en la composición corporal pre y post HD medidas por bioimpedancia vectorial y su correlación con parámetros bioquímicos y K corporal total. *Nefrología* 2009;29 (Suppl 2):90 (abstract).