



Original/*Valoración nutricional*

Vectores de impedancia bioeléctrica como herramienta para la determinación y ajuste del peso seco en pacientes sometidos a hemodiálisis

Ximena Atilano-Carsi¹, José Luis Miguel², Jorge Martínez Ara², Rafael Sánchez Villanueva², Elena González García² y Rafael Selgas Gutiérrez²

¹Departamento de Nefrología. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Distrito Federal, México.

²Servicio de Nefrología. Hospital Universitario La Paz. IdiPAZ. IRSIN. REDinREN. Madrid, España.

Resumen

Antecedentes y objetivo: La sobrehidratación en los pacientes en hemodiálisis se asocia con mortalidad cardiovascular, por lo que la adecuada remoción de líquidos y el logro del peso seco es uno de los principales objetivos de la terapia. Hasta el momento no hay parámetros clínicos ni de laboratorio que sean confiables, sencillos y accesibles para su determinación. El análisis de vectores de impedancia (VIBE) es una herramienta que permite identificar y monitorizar el estado de hidratación, por lo que el objetivo de este estudio fue usar el VIBE para ajustar la intensidad del ultrafiltrado y alcanzar el peso seco en pacientes en hemodiálisis.

Material y método: Se estudiaron 26 pacientes en hemodiálisis a los cuales se les realizaron medidas mensuales de impedancia bioeléctrica durante cuatro meses. Se graficaron los vectores correspondientes para conocer de manera individual el estado de hidratación, de acuerdo con lo cual se ajustó el peso seco en los casos necesarios.

Resultados: Se realizó ajuste de peso seco en 13 pacientes, 7 de ellos necesitaron aumento de peso y 6 disminución del mismo. El desplazamiento de los vectores sobre las elipses correspondió al tipo de intervención realizada. Se logró alcanzar el peso seco en el 84.6% de los pacientes al final del estudio, con una disminución significativa de la presión arterial media y aumento del ángulo de fase en el grupo de disminución de peso seco.

Conclusiones: El análisis de vectores de impedancia es útil para el ajuste del peso seco en los pacientes sometidos a hemodiálisis.

(Nutr Hosp. 2015;31:2220-2229)

DOI:10.3305/nh.2015.31.5.8649

Palabras clave: *Impedancia bioeléctrica. Composición corporal. Ultrafiltración. Hemodiálisis. Edema.*

BIOIMPEDANCE VECTOR ANALYSIS AS A TOOL FOR THE DETERMINATION AND ADJUSTMENT OF DRY WEIGHT IN PATIENTS UNDERGOING HEMODIALYSIS

Abstract

Background and objective: Overhydration in hemodialysis patients is associated with cardiovascular mortality. Adequate removal of liquids and achievement of dry weight is one of the main goals of therapy. So far there are no clinical or laboratory parameters that are reliable, simple and affordable for its determination. The bioelectrical impedance vector analysis (BIVE) is a tool that allows identifying and monitoring hydration status, so the aim of this study was to use BIVE to adjust the intensity of ultrafiltration and achieve dry weight in hemodialysis patients.

Methods: We studied 26 patients on hemodialysis, which were performed monthly measurements of bioelectrical impedance for four months. Corresponding vectors were plotted to know in an individual way the state of hydration, according to which the dry weight was adjusted when necessary.

Results: Dry weight adjustment was performed in 13 patients, 7 of which required increase and 6 decrease of dry weight. The displacement of vectors on the ellipses corresponded to the type of intervention made. Dry weight was reached in 84.6% of patients at the end of the study with a significant decrease in mean arterial blood pressure and an increase in phase angle in the group of decrease of dry weight.

Conclusions: Bioelectrical impedance vector analysis is an useful tool for adjusting the dry weight in patients undergoing hemodialysis.

(Nutr Hosp. 2015;31:2220-2229)

DOI:10.3305/nh.2015.31.5.8649

Key words: *Bioelectrical impedance. Body composition. Ultrafiltration. Hemodialysis. Edema.*

Correspondencia: Ximena Atilano-Carsi.
Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Departamento de Nefrología y Metabolismo Mineral.
Vasco de Quiroga No. 15, Col. Sección XVI,
Delegación Tlalpan, México DF. CP14000.
E-mail: xime1879@hotmail.com

Recibido: 25-I-2015.
Aceptado: 27-II-2015.

Introducción

La retención de líquidos es un importante problema que atañe a la población con enfermedad renal crónica en terapia sustitutiva. Alrededor del 20% de los pacientes sometidos a hemodiálisis tienen algún grado de sobrehidratación¹⁻³, siendo este, un predictor de muerte general y de origen cardiovascular⁴.

Otra entidad frecuentemente encontrada en este tipo de pacientes es el desgaste energético proteico (DEP), con una prevalencia entre el 23 y 76%⁵⁻⁶. El DEP es un factor que puede contribuir a la sobrehidratación, por alteraciones en la presión oncótica y fuga de agua al espacio extracelular⁷⁻⁸.

El logro de un estado de normohidratación, mediante la adecuada remoción de líquidos durante la hemodiálisis, es uno de los principales objetivos de la terapia, sin embargo la evaluación del estado de hidratación no es sencilla y las herramientas disponibles no siempre son fiables⁴.

El peso seco se define como el peso que un paciente puede tolerar al final del tratamiento dialítico sin presentar síntomas intra o interdialisis indicativos de deshidratación o sobrehidratación^{9,10}. Su correcta determinación es vital debido a su estrecha relación con la mortalidad cardiovascular¹. En la práctica, el peso seco se establece mediante parámetros clínicos (presión arterial, ganancia de peso interdialisis, etc), lo cual lleva a grandes errores en su cálculo, por lo que se requieren métodos más precisos para establecerlo y determinar la cantidad de líquidos que deben ser eliminados por medio de la diálisis^{1,9-10}.

Con este fin, se han empleado diversas técnicas, muchas de las cuales, no son prácticas en el ámbito clínico, su evaluación es difícil en pacientes con problemas cardíacos y no detectan la depleción de volumen^{10,11}.

En años recientes se ha aplicado la impedancia bioeléctrica convencional (IBE), sin embargo, en la literatura científica se ha mostrado que, en pacientes con alteraciones en el estado de hidratación existen sesgos en el resultado con el uso de ecuaciones de predicción¹²⁻¹⁴, por lo que es preferible el uso de vectores de impedancia y los valores crudos de resistencia, reactancia y ángulo de fase¹⁵⁻¹⁷.

El análisis de vectores es independiente del uso de ecuaciones de predicción, lo cual imparte a este tipo de análisis una ventaja sobre la IBE convencional. El método se basa en la distribución normal bivariada del vector de impedancia en población sana¹²⁻¹³. Se considera a la resistencia (R), la reactancia (Xc) y el ángulo de fase (AF) como miembros del vector impedancia, los cuales, estandarizados por la estatura (R/E y Xc/E) se representan en coordenadas rectangulares, de la cual se desprenden tres percentiles de referencia (elipses de tolerancia) al 50%, 75% y 95%¹⁸⁻¹⁹.

Sobre las elipses de tolerancia se pueden expresar gráficamente los vectores de pacientes con alteraciones de la composición corporal, pudiendo identificarse el estado de hidratación y nutrición simultáneamente¹⁸⁻²¹. El vector de impedancia de un sujeto sano se sitúa dentro

de las elipses de referencia del 50 y 75%, por lo que, los vectores que se encuentran fuera de la elipse del 75% a lo largo del eje mayor y menor son indicativos de alteraciones hídricas y de tejidos blandos, respectivamente¹³.

El análisis de vectores de impedancia es una herramienta que permite identificar y monitorizar el estado de hidratación, pudiendo ser utilizada para alcanzar el peso seco en pacientes sometidos a hemodiálisis, por lo que el objetivo de este estudio fue usar el análisis de vectores de impedancia como herramienta para ajustar el volumen de ultrafiltración necesario para alcanzar el peso seco en pacientes en hemodiálisis.

Material y Métodos

Estudio longitudinal con intervención para el ajuste de peso seco guiado por vectores de impedancia bioeléctrica en un grupo de pacientes en hemodiálisis durante cuatro meses.

Población

Se estudiaron a todos los pacientes que se encontraron recibiendo hemodiálisis en el turno matutino y vespertino de la unidad del Hospital Universitario La Paz, entre diciembre de 2008 y abril del 2009.

Se incluyeron pacientes ambulatorios con hemodiálisis crónica de ambos sexos, mayores de 18 años y que aceptaran su inclusión en el estudio. Se excluyeron a pacientes con amputaciones de algún miembro o con implantes metálicos y se eliminaron a aquellos que no completaron el tiempo de seguimiento debido a trasplante renal, hospitalización, amputación, cambio de terapia sustitutiva o muerte, o bien por errores en la medición de impedancia. Todos los pacientes firmaron el consentimiento informado.

Mediciones

Los pacientes fueron examinados mensualmente en la sesión intermedia de hemodiálisis, hasta alcanzar los 4 meses de seguimiento.

Signos clínicos:

Se tomó la presión arterial pre- y postdialisis, y se calculó la presión arterial media (PAM) de acuerdo a la siguiente fórmula: $PAM = ((PAS - PAD)/3 + PAD)$, donde PAS es presión arterial sistólica y PAD, presión arterial diastólica.

La ganancia de peso interdialisis se consideró como la diferencia entre el peso postdialisis y el peso predialisis de la siguiente sesión dialítica y el ultrafiltrado como la diferencia entre el peso pre- y postdialisis de la misma sesión. Para el análisis se consideró el promedio mensual de la PAM, ganancia de peso y ultrafiltrado.

El peso seco que tenían los pacientes antes del inicio del estudio fue determinado por el médico responsable mediante parámetros clínicos habituales.

Medidas antropométricas y evaluación del estado de nutrición:

La medición de las variables antropométricas se realizó exclusivamente al inicio del estudio, con excepción del peso que fue tomado en cada sesión de hemodiálisis y reportado como promedio mensual. El peso se tomó inmediatamente antes del inicio de la sesión de hemodiálisis y al finalizar la misma con una báscula electrónica con precisión de 100 gramos. La estatura se midió sin zapatos, con un estadiómetro de pared al 0,5 cm más próximo. El índice de masa corporal (IMC) se calculó dividiendo el peso en Kg entre la estatura en m².

Se tomó la anchura de codo, para determinar la complejidad, así como la circunferencia de brazo (CB) y el pliegue cutáneo tricipital (PCT), con lo que se calculó la circunferencia muscular de brazo (CMB) mediante la siguiente fórmula: $CMB(mm) = CB - (3.1416 \times PCT)$. Las medidas antropométricas fueron tomadas en el periodo postdiálisis. Se utilizó la metodología y tablas de Frisncho²²⁻²³ como referencia de las variables antropométricas. Así mismo, se realizó la evaluación global subjetiva (EGS) de Detsky²⁴.

El diagnóstico nutricional se llevó a cabo mediante el índice de Bilbrey²⁵, el cual incluye parámetros antropométricos, bioquímicos y clínicos con cuatro posibles clasificaciones: estado de nutrición normal, desnutrición leve, moderada y grave. Dicha evaluación se realizó con la intención de corroborar la asociación entre desnutrición y sobrehidratación, sin ser este el objetivo del estudio.

Determinaciones bioquímicas:

Se siguió el protocolo de extracción y determinaciones bioquímicas de la unidad de hemodiálisis, con lo que se obtuvieron medidas mensuales de creatinina sérica, proteínas totales, leucocitos y linfocitos, así como determinaciones al momento basal y final de albúmina sérica, proteína C reactiva y dosis de diálisis (Kt/Vurea), calculado con la fórmula de Daugirdas²⁶. Todas las muestras sanguíneas se extrajeron del acceso vascular en condiciones de ayuno y antes del inicio de la sesión de diálisis. Las muestras sanguíneas se analizaron por métodos certificados por el Laboratorio Central del Hospital Universitario La Paz.

Impedancia bioeléctrica y análisis de vectores:

Se realizaron mediciones mensuales de impedancia bioeléctrica, inmediatamente antes del inicio y después de 10 minutos del final de la sesión de hemo-

diálisis durante los cuatro meses de seguimiento. Se utilizó un impedanciometro monofrecuencia (50kHz) modelo BIA-101 de Akern Systems (Florencia, Italia) y las mediciones se realizaron de acuerdo a los criterios mencionados en otros artículos y establecidos por el National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement²⁷. Dichas mediciones fueron realizadas siempre por el mismo investigador, en el día intermedio de la diálisis, coincidiendo con las extracciones de sangre con el fin de asegurar el ayuno necesario. Los electrodos fueron colocados en las extremidades libres del acceso vascular y no se quitaron durante la sesión de hemodiálisis.

Los valores de resistencia y reactancia obtenidos fueron usados para las determinaciones de ángulo de fase, masa grasa (MG), masa libre de grasa (MLG), masa celular (MC), masa muscular (MM), agua corporal total (ACT), agua extracelular (AEC) y agua intracelular (AIC), a través del software Bodygram 1.31 de Akern.

La resistencia y reactancia estandarizadas por la estatura de cada paciente se trasladaron gráficamente sobre las elipses de tolerancia de la población española,²⁸ con el fin de conocer de manera individual el estado de hidratación y composición corporal de los sujetos de estudio. Se consideró deshidratación cuando el vector se situara en la parte superior y sobrehidratación en la parte inferior, ambos por fuera de la elipses del 75%. Los vectores situados dentro de las elipses del 50 y 75% se consideraron normales¹².

Para reportar los resultados de manera grupal, se siguió la metodología propuesta por Piccoli²⁹, en la cual, los valores de R y Xc individuales se transformaron a puntuación Z (Z(R) y Z(Xc)) con base en los intervalos de referencia de la población española²⁸, lo que permitió definir un conjunto de elipses de tolerancia independientes del sexo. Los vectores grupales se representan como la media e intervalos de confianza del 95% sobre la puntuación Z. Todos los gráficos vectoriales, tanto individuales como grupales, se obtuvieron mediante el BIVA Software 2002³⁰.

Intervención:

La intervención para el ajuste de peso seco, se basó en los resultados del análisis de vectores. Aquellos sujetos en los que, sus vectores prediálisis y/o postdiálisis se situaran dentro de las elipses del 50 o 75% se consideró se encontraban en peso seco, por lo que no requirieron ningún tipo de intervención hídrica. En aquellos sujetos en los que sus vectores se situaran fuera de la elipse del 75% se consideraron sobrehidratados o deshidratados con requerimientos de reajuste en el peso seco. En el momento en el que, mediante las modificaciones hídricas, los pacientes se situaban dentro de las elipses del 50 o 75%, se consideró que habían alcanzado su peso seco y no se seguían haciendo modificaciones. En los pacientes que requirieron reajuste

de peso seco, la intervención se hizo de la siguiente manera: si los vectores caían fuera de la elipse del 75% pero dentro de la del 95%, por arriba o por debajo del eje mayor, se ajustaba en 0,5 Kg el peso seco preestablecido, si por el contrario los vectores caían fuera de la elipse del 95%, el peso se ajustaba en 1,0 Kg.

Análisis estadístico

Los datos fueron procesados con el programa SPSS versión 16 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) y reportados como media y desviación estándar. Se aplicó la prueba de t de Student para la comparación de medias entre el periodo pre y postdiálisis, así como entre grupos (con y sin ajuste de peso seco) y una t de Student pareada para comparar las mediciones basales y finales.

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y el test post hoc de Bonferroni, para comparar los cambios en la composición corporal de acuerdo al diagnóstico nutricional. Para comparar los vectores de impedancia se utilizó la prueba T² de Hotelling con el programa BIVA software 2002³⁰.

En todos los casos se consideró significativa una p < 0.05.

Resultados

Se estudiaron 44 pacientes del turno vespertino y matutino de la unidad de hemodiálisis, de los cuales 4 fueron excluidos porque presentaban amputaciones de alguna extremidad y 14 fueron eliminados

por no completar el seguimiento debido a diferentes causas, 2 por hospitalización, 3 por trasplante renal, 2 por cambio de terapia sustitutiva, 5 por cambio de centro de diálisis y 2 por muerte. La muestra final quedó compuesta por 26 pacientes, 10 mujeres y 16 hombres con una edad de 63,38 ± 16,22 años. La media del tiempo que los pacientes llevaban en diálisis al momento del inicio del estudio fue de 69,0 ± 92,09 meses. Las principales etiologías de enfermedad renal crónica fueron glomerulonefritis (26,9%), seguida de nefroangioesclerosis (19,2%) y causa desconocida (15,4%). El comportamiento pre-post hemodiálisis de la población en relación al peso, impedancia y líquidos corporales fue el esperado; encontrándose una disminución significativa (p < 0.0001 en todos los casos) en el peso corporal (69,12±14,06 kg vs 67,1±13,8 kg), IMC (26,26±4,5 kg/m² vs 25,48±4,43 kg/m²), ACT (36,76±7,4 lt vs 34,0±6,79 lt), AEC (20,7±4,28 lt vs 18,47±4,59 lt) y AIC (16,05±5,6 lt vs 15,53±5,81 lt) en el periodo pre y post hemodiálisis respectivamente, así como un aumento significativo (p < 0.001) en la resistencia (541,19±90,96 Ohm vs 609,69±94,42 Ohm), reactancia (39,5±11,64 Ohm vs 49,15±17,0 Ohm) y ángulo de fase (4,21±1,3° vs 4,64±1,66°). No se encontraron diferencias en la presión arterial media tras la hemodiálisis.

El 69,2% (n=18) de la población tenía algún grado de desnutrición, siendo la más frecuente la desnutrición leve (30,8%, n=8), seguida de la moderada (26,9%, n=7) y grave (11,5%, n=3). En la Tabla I se describe la composición corporal de acuerdo al estado nutricional.

Con base en los resultados obtenidos por las medidas de impedancia pre o postdiálisis en cada uno de

Tabla I
Composición corporal de acuerdo al diagnóstico nutricional

	Normal (n=8)	DN leve (n=8)	DN moderada (n=7)	DN grave (n=3)	P
Peso basal (kg)	78,9 ± 13,5	65,1 ± 12,9	59,5 ± 5,0	58,3 ± 14,0	0.015
IMC (Kg/m ²)	27,5 ± 2,7	26,6 ± 5,2	24,0 ± 2,4	20,2 ± 5,9	0.052
R (Ohm)	567,6 ± 57,4	645 ± 69,9	645,7 ± 79,1	543,6 ± 202,1	ns
Xc (Ohm)	60,8 ± 12,8	55,3 ± 12,3	41 ± 9,6	20,3 ± 6,4	< 0.001
AF (°)	6,1 ± 1,4	4,9 ± 1,0	3,6 ± 0,6	2,2 ± 0,9	< 0.001
MG (kg)	26,8 ± 5,2	26,2 ± 12,4	21 ± 5,6	14,9 ± 4,5	ns
MLG (Kg)	52,0 ± 9,6	38,6 ± 4,3	28,8 ± 8,5	48,9 ± 9,4	ns
MC (Kg)	28,3 ± 8,0	18,3 ± 4,0	14,7 ± 3,6	12,8 ± 6,5	< 0.001
MM (Kg)	34,9 ± 9,2	23,2 ± 4,7	19,4 ± 4,5	18,6 ± 7,4	< 0.001
ACT (lt)	39,3 ± 6,5	30,3 ± 3,8	30,4 ± 5,7	37,9 ± 6,7	0.009
AEC (lt)	17,8 ± 2,6	15,6 ± 2,4	18,5 ± 4,0	27,6 ± 2,9	< 0.001
AIC (lt)	21,5 ± 5,4	14,6 ± 3,1	11,9 ± 2,4	10,3 ± 5,8	< 0.001

IMC: índice de masa corporal, R: resistencia, Xc: reactancia, AF: ángulo de fase, MG: masa grasa, MLG: masa libre de grasa, MC: masa celular, MM: masa muscular, ACT: agua corporal total, AEC: agua extracelular, AIC: agua intracelular.

los individuos y su posición sobre las elipses de normalidad, se llevó a cabo la intervención hídrica correspondiente. Del total de la población, 13 pacientes, 3 mujeres y 10 hombres, requirieron en algún momento del estudio un ajuste de peso seco guiado por vectores de impedancia. De los trece pacientes con ajuste de peso seco, 7 (53,8%) de ellos necesitaron aumento de este, ya que al final de la sesión de hemodiálisis presentaban deshidratación, mientras que a los 6 restantes (46,2%) se les disminuyó el peso seco por permanecer sobrehidratados tras la finalización de la terapia. En la figura 1 se presentan los vectores de los pacientes al inicio del estudio.

Los vectores de impedancia de los pacientes que no requirieron intervención en ningún momento del estudio, se situaban dentro de las elipses del 50 y 75% sobre el eje mayor, lo que se considera como un adecuado estado de hidratación. Por el contrario, los vectores de los pacientes que requirieron aumento de peso seco, inicialmente se encontraban en cuadrantes superiores, por fuera de la elipse del 75% a lo largo del eje mayor, indicando deshidratación y los del grupo que requirió disminución de peso seco se situaban en los cuadrantes inferiores por debajo de la elipse del 75%. Los vectores de los tres grupos, independientemente del estado de hidratación, estaban desplazados a la derecha, indicando depleción de tejidos y/o desnutrición. En los tres grupos se encontraron diferencias significativas en la posición de los vectores al inicio del estudio (Fig. 1).

Al inicio del estudio, se encontraron diferencias en composición y líquidos corporales entre los grupos. El grupo designado a disminución de peso seco se caracterizaba por tener un menor ultrafiltrado, IMC, reactancia, ángulo de fase y albúmina sérica así como incremento del agua extracelular, en comparación con

los dos grupos restantes (Tabla II). Por el contrario el grupo de aumento de peso seco tenía los mayores valores de reactancia y ángulo de fase, así como de ultrafiltrado, lo que se asocia a una mejor distribución de líquidos, con una menor cantidad de agua extracelular y mayor de intracelular.

Los cambios clínicos y de composición corporal encontrados en los grupos tras la finalización de la intervención hídrica se muestran en la Tabla III. Como se esperaba, en aquellos que no requirieron ajuste de peso seco, no hubo cambios significativos en las variables durante el estudio. Por el contrario en los que recibieron la intervención hídrica se encontraron cambios correspondientes con el ajuste de peso. El grupo de aumento de peso seco mostró, tras la intervención, un incremento del agua corporal total a expensas del compartimento extracelular, lo que condicionó cambios en los valores de impedancia representados por una disminución significativa de la resistencia, reactancia y ángulo de fase. A pesar del cambio en los líquidos corporales, no se encontraron cambios en la presión arterial media en estos pacientes. Por el contrario en el grupo de disminución de peso seco, se encontró una reducción significativa del agua corporal total tras la intervención, siendo a costa de agua extracelular, aunque esta última no alcanzó significación estadística. Dichos cambios condicionaron que, tras el ajuste de peso seco, la presión arterial media en este grupo disminuyera significativamente. Como resultado de la mayor extracción de líquidos, la reactancia y el ángulo de fase aumentaron significativamente.

A pesar de no haberse encontrado diferencias significativas, el cambio en el ultrafiltrado refleja el tipo de ajuste realizado en cada grupo, siendo mayor en el grupo de disminución de peso seco. La intervención no tuvo influencia sobre la ganancia de peso interdialisis.

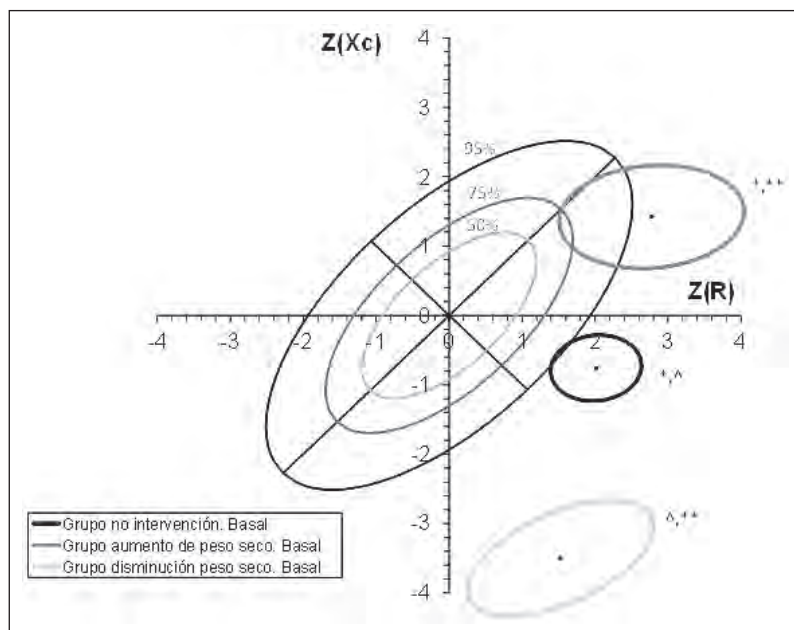


Fig. 1.—Vectores de impedancia de acuerdo al ajuste de peso seco al inicio del estudio. * $p=0.009$ grupo no intervención vs. grupo aumento de peso seco, $\wedge p < 0.0001$ grupo no intervención vs. grupo disminución de peso seco, ** $p < 0.0001$ grupo aumento peso seco vs. grupo disminución peso seco.

Tabla II
Características generales de acuerdo al grupo de intervención al inicio del estudio

	<i>No int. (n=13)</i> <i>x ± DE</i>	<i>APS (n=7)</i> <i>x ± DE</i>	<i>DPS (n=6)</i> <i>x ± DE</i>	<i>p*</i>	<i>Comparaciones significativas**</i>
Peso (kg)	68,7 ± 15,5	69,8 ± 13,2	60,4 ± 9,4	ns	
IMC (kg/m ²)	27,3 ± 3,8	25,8 ± 3,3	21,0 ± 3,9	0.008	NI>DPS
UF (ml)	1930,7 ± 683,5	2524,8 ± 613,3	1583 ± 691,1	0.045	APS>DPS
Ganancia interdiálisis (kg)	1800 ± 790,5	2185,7 ± 855,2	1650 ± 1202,5	ns	
PAM (mmHg)	91,1 ± 10,5	89,0 ± 15,4	91,7 ± 14,9	ns	
R (Ohm)	622,3 ± 78,0	629,1 ± 80,5	552,3 ± 130,8	ns	
Xc (Ohm)	49,5 ± 8,25	67,8 ± 8,5	24,6 ± 7,0	< 0.001	APS>NI>DPS
AF (°)	4,6 ± 1,0	6,2 ± 1,3	2,6 ± ,86	< 0.001	APS>NI>DPS
ACT (lt)	32,4 ± 7,1	34,3 ± 7,4	37,1 ± 5,0	ns	
AIC (lt)	17,1 ± 2,6	15,1 ± 1,7	25,7 ± 2,8	< 0.001	DPS>NI>APS
AIC (lt)	15,3 ± 5,3	19,1 ± 5,9	11,4 ± 4,5	0.05	APS>DPS
Alb. Ser (g/dl)	3,7 ± 0,3	3,9 ± 0,2	3,1 ± 0,6	0.006	APS>NI>DPS
PCR (g/lt)	17,2 ± 30,4	11,0 ± 14,8	28,6 ± 44,1	ns	
Kt/V	1,3 ± 0,27	1,4 ± 0,2	1,3 ± 0,2	ns	

*p de ANOVA, **comparación de Bonferroni, No int: grupo no intervención, APS: grupo aumento peso seco, DPS: grupo disminución peso seco, IMC: índice de masa corporal, PAM: presión arterial media, R: resistencia, AF: ángulo de fase, ACT: agua corporal total, AEC: agua extracelular, AIC: agua intracelular, Alb. Ser: albúmina sérica, PCR: proteína C reactiva. NI> DPS: la media del grupo de no intervención > la media del grupo de disminución de peso seco, APS > DPS: la media del grupo de aumento de peso seco > la media del grupo de disminución de peso seco, APS > NI > DPS: la media del grupo de aumento de peso seco > la media del grupo de no intervención > la media del grupo de disminución de peso seco, DPS > NI> APS: la media del grupo de disminución de peso seco > la media del grupo de no intervención > la media del grupo de aumento de peso seco.

Tabla III
Cambios clínicos, de impedancia y composición corporal tras la intervención para ajuste de peso seco

	<i>No Int (n=13)</i>		<i>APS (n=7)</i>		<i>DPS (n=6)</i>		<i>p*</i>
	<i>Δ ± DE</i>	<i>p</i>	<i>Δ ± DE</i>	<i>p</i>	<i>Δ ± DE</i>	<i>p</i>	
Peso (kg)	,24 ± 1,0	ns	,31 ± ,42	ns	-,76 ± 2,0	ns	ns
IMC (kg/m ²)	,13 ± ,43	ns	,12 ± ,17	ns	-,26 ± ,76	ns	ns
UF (ml)	260 ± 554,4	ns	-28,5 ± 349	ns	283,3 ± 399,8	ns	ns
Ganancia peso interdiálisis (kg)	-84,6 ± 847,3	ns	57,1 ± 506,1	ns	-66,6 ± 1444	ns	ns
PAM (mmHg)	-1,7 ± 3,6	ns	3,6 ± 9,3	ns	-11 ± 9,7	0.040	0.014
R(Ohm)	-31,4 ± 45,6	.029	-40 ± 33,3	0.019	28,5 ± 117,4	ns	ns
Xc (Ohm)	-1,6 ± 7,7	ns	-10,2 ± 3,49	<0.001	11,8 ± 10,1	0.036	0.001
AF (°)	,03 ± ,5	ns	-,64 ± ,53	0.019	,88 ± ,41	0.003	0.001
ACT (lt)	,79 ± 1,33	ns	1,2 ± ,81	0.006	-1,01 ± 4,8	ns	ns
AEC (lt)	,48 ± 1,46	ns	1,5 ± ,58	<0.001	-2,5 ± 4,1	ns	0.008
AIC (lt)	,30 ± 1,01	ns	-,31 ± 1,1	ns	2,0 ± ,85	ns	0.001

*p entre grupos (ANOVA). No int: Grupo no intervención, APS: grupo aumento peso seco, DPS: grupo disminución peso seco, IMC: índice de masa corporal, PAM: presión arterial media, R: resistencia, Xc: reactancia, AF: ángulo de fase, ACT: agua corporal total, AEC: agua extracelular, AIC: agua intracelular, Alb. Ser: albúmina sérica, PCR: proteína C reactiva.

Al comparar los cambios entre los tres grupos al final del estudio se puede observar que en el grupo de disminución de peso seco, la presión arterial me-

dia y el agua extracelular son menores, así como un incremento de la reactancia, ángulo de fase y agua intracelular.

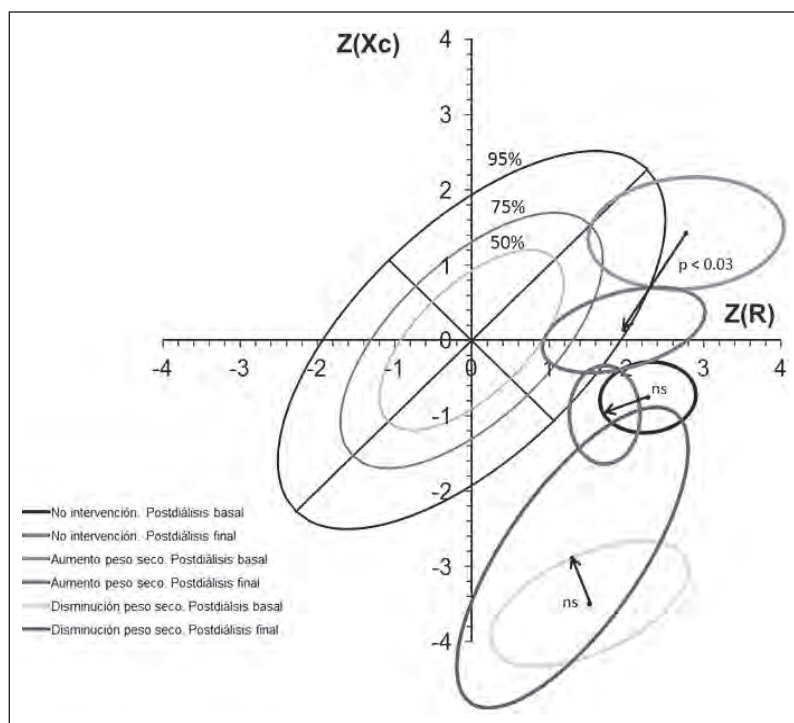


Fig. 2.—Vectores de impedancia en los grupos de estudio antes y después de la intervención.

La situación de los vectores prediálisis de los tres grupos, no se modificó en ningún momento durante el tiempo de estudio (resultados no mostrados).

De los 13 pacientes que fueron sometidos a la intervención hídrica, se logró alcanzar el peso seco en el 84,6% (n=11). En el grupo de aumento de peso seco, el total de la población (n=7) llegó a su peso seco tras la intervención, no así en el grupo de disminución de peso, donde de los seis pacientes incluidos, solo 4 alcanzaron el peso seco. Los vectores individuales de los dos pacientes que no llegaron a peso seco, se mantuvieron fuera de la elipse del 95%, indicando sobrehidratación. Ambos pacientes, coincidentemente, tenían desnutrición grave.

Como se muestra en la figura 2, los vectores al inicio y final del estudio del grupo que no requirió ajuste de peso seco, no presentaron cambios. En ambos momentos se situaron dentro de las elipses del 50% a lo largo del eje mayor. En el grupo de aumento de peso seco, el vector final se desplazó hacia cuadrantes inferiores, situándose dentro de las elipses del 50 y 75%, lo cual indica normohidratación ($p < 0.003$ basal vs final). En el grupo de disminución de peso seco no se encontraron diferencias significativas entre los vectores iniciales y finales, aunque sí un desplazamiento hacia cuadrantes superiores de la media del vector grupal.

En la figura 3 se muestra el comportamiento individual de los vectores de impedancia de dos casos

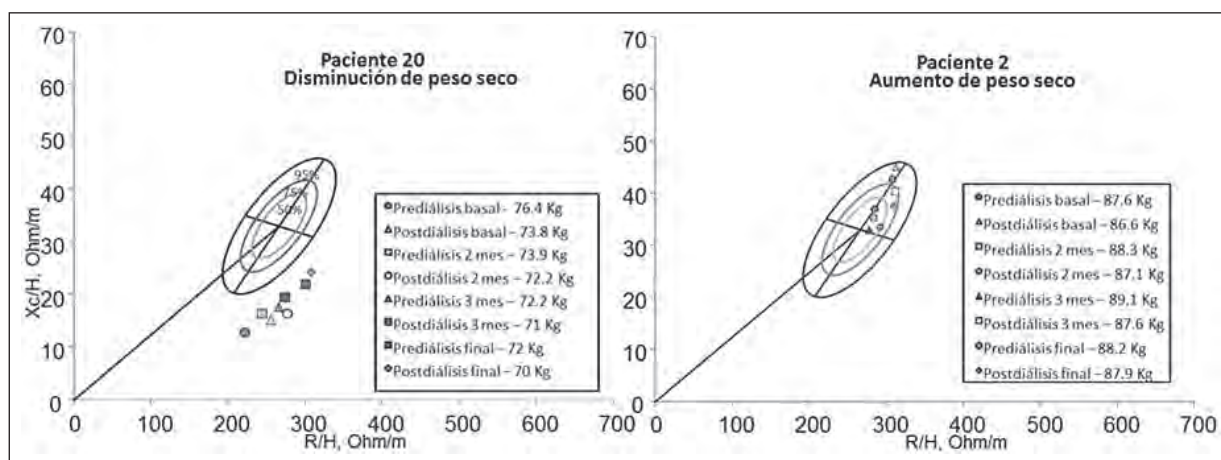


Fig. 3.—Comportamiento vectorial en dos casos representativos de logro de peso seco.

representativos en el que se logró alcanzar el peso seco.

Discusión de resultados

La evaluación del peso seco en pacientes en hemodiálisis no es una tarea fácil, ya que no hay métodos adecuados para estimarlo y los parámetros clínicos disponibles (peso corporal y presión arterial) reflejan mal la remoción de líquido, lo que puede implicar complicaciones en el estado general del paciente. Es necesario un método objetivo que permita su cálculo diario. Debido a que la impedancia con enfoque vectorial es un método sencillo, de bajo coste, no invasivo y de gran uso en la práctica clínica, se estudió su utilidad en la determinación y ajuste de peso seco, siendo este, el primer trabajo de intervención basado en dicha técnica.

La problemática del uso del peso corporal como indicador de normohidratación es que, no solo refleja la cantidad de líquidos corporales sino también de tejidos blandos. Además en pacientes con desnutrición, la pérdida de masa muscular puede ser reemplazada por agua, sin que condicione cambios en el peso corporal. Por otro lado la presión arterial no solo es reflejo del estado de hidratación si no de rigidez y contractura vasculares.

Los valores de resistencia, reactividad y ángulo de fase de nuestra población encontrados antes y después de la hemodiálisis son similares a lo reportado en la literatura³¹. De acuerdo a las normas de impedancia para pacientes en hemodiálisis³², los valores iniciales de resistencia, reactividad y ángulo de fase corresponden al percentil 75%, 50% y 25% respectivamente, lo cual puede deberse a variaciones en el estado de nutrición, debido a la relación del ángulo de fase y la reactividad con la celularidad así como con la capacidad funcional de las reservas de proteínas somáticas³³.

Los cambios en las variables de impedancia y de líquidos corporales encontrados en el periodo postdiálisis, se consideran normales, correspondientes a la extracción de líquidos y coinciden con lo reportado por otros autores^{13,31,34-35}.

Los pacientes con alteración del estado de hidratación, ya sea por deshidratación o sobrehidratación, tras el tratamiento dialítico, representaron el 50% del total de la población, siendo mayor que lo reportado en otros estudios³⁶⁻³⁷.

La situación de los vectores prediálisis durante el estudio no cambió en ninguno de los grupos, lo que indica que, el ajuste de peso seco no afecta el estado de hidratación de los pacientes entre las sesiones de hemodiálisis, ya que esta depende de la ingesta de líquidos. El aumento en la ganancia de peso interdiálisis se ha asociado con hipertensión e incremento del riesgo relativo de muerte⁴ por lo que es importante realizar intervenciones destinadas a aumentar la adherencia a la restricción del consumo de líquidos.

El grupo que no requirió ajuste de peso seco permaneció sin cambios en relación a tejidos y líquidos cor-

porales. En los pacientes con aumento de peso seco, la resistencia, reactividad, ángulo de fase y agua intracelular disminuyeron, lo cual es reflejo de la ganancia de agua corporal y no de un deterioro en el estado nutricional, correspondiendo al objetivo de la intervención. En relación al grupo de disminución de peso seco, la magnitud de los cambios en ACT y AEC, condicionó que no se encontraran diferencias significativas, sin embargo consideramos que son clínicamente relevantes, ya que determinaron una disminución en la presión arterial media, lo cual ha sido encontrado en otros estudios^{37,38}.

La disminución del ángulo de fase se ha asociado con mortalidad a largo plazo. Un ángulo de fase menor a 6° en pacientes en terapia sustitutiva condiciona menor sobrevida³⁹⁻⁴⁰. Si bien es cierto que en el grupo de disminución de peso seco el AF fue menor a 6°, tras la intervención, dicho parámetro aumentó, por lo que consideramos que cualquier intervención que incremente el ángulo de fase, mejorará la sobrevida de los pacientes.

Los vectores postdiálisis de los pacientes con disminución del peso seco, migran a los cuadrantes superiores, indicando pérdida de líquidos corporales, por el contrario los vectores de los pacientes con aumento de peso seco, migran a los cuadrantes centrales, correspondiendo al incremento programado de agua corporal, dicho comportamiento vectorial está bien reportado en diversos estudios^{12-13,20}.

Los vectores al inicio y final de la intervención del grupo que requirió disminución de peso, no mostraron diferencias significativas, lo cual puede deberse a que en los vectores grupales están incluidos los pacientes que no alcanzaron peso seco y al propio tamaño de la muestra. Una parte de la elipse final de este grupo se encuentra dentro de las elipses del 50 y 75%, mientras que otra permanece por fuera de la normalidad, lo que indica que algunos pacientes, tras la intervención, si se encontraban normohidratados mientras que otros permanecieron sobrehidratados. A pesar de no alcanzar significación estadística, se observa un claro desplazamiento de la media del vector grupal hacia una posición superior en las elipses, correspondiente a menor cantidad de líquidos corporales, asociada al tipo de intervención realizada.

Aunque no fue el objetivo del estudio, es importante resaltar que, la prevalencia de desnutrición (69,2%) en este grupo de pacientes fue mayor a lo reportado en la literatura⁴¹. Se identificaron cambios importantes en la composición corporal de acuerdo al grado de desnutrición de los pacientes. La disminución de peso corporal fue principalmente a costa de tejidos metabólicamente activos (masa celular y muscular), lo cual se relaciona a pérdida de presión oncótica y acúmulo/extravasación de líquidos, indicando una asociación entre desnutrición y sobrehidratación, que ha sido observada en diversos estudios. Así mismo, la disminución progresiva del ángulo de fase en grados avanzados de desnutrición es un hecho bien reportado en la literatura^{42,43}.

El objetivo de la intervención fue llevar a los pacientes a un punto dentro de las elipses de tolerancia del 50 y 75%, indicativo de normohidratación o peso seco. En nuestro caso este objetivo se logró en once (84,6%) de los 13 casos que requirieron ajuste del peso seco, por lo que consideramos que la intervención fue exitosa. Estos resultados están apoyados por el único estudio que conocemos, que compara la determinación del peso seco por IBE convencional y VIBE, donde se encontró que el análisis de vectores de impedancia estimaba mejor el estado de hidratación⁴⁴. Los dos pacientes que no lograron alcanzar el peso seco, se diagnosticaron con desnutrición grave, lo que sugiere, como se mencionó anteriormente, que los procesos de desnutrición de mayor gravedad, impiden el logro del peso seco por alteración de la presión oncótica y menor tolerancia a la extracción de líquidos durante la sesión dialítica.

La intervención fue más efectiva en el grupo de mujeres, ya que se logró normalizar el estado de hidratación en el 100% de ellas en comparación con el 80% en los hombres. De igual manera, las intervenciones destinadas a aumentar el peso seco son más exitosas que las dirigidas a su disminución, debido a que el número de complicaciones relacionadas con este, es menor que en los casos que necesitan un ajuste de peso seco a la baja. Para evitar las complicaciones relacionadas con la extracción de líquidos, principalmente la hipotensión, es necesario ajustar el peso seco lentamente, ya que una rápida reducción del peso, puede inducir o agravar la sintomatología^{36-37,45}.

Nuestro estudio tiene varias limitaciones que es importante señalar. La primera es el reducido número de muestra consecuencia del elevado número de pacientes que tuvieron que ser excluidos o eliminados. La segunda es que no se tomó en cuenta la sintomatología interdiálisis para evaluar si el ajuste de peso tenía influencia sobre esta, ya que es un factor muy importante tanto para el equipo médico como para el paciente. La tercera es que no se llevó a cabo ningún tipo de intervención dietética, lo que pudo afectar el logro del peso seco en aquellos pacientes con desnutrición grave. Finalmente, lo ideal hubiera sido un seguimiento más largo de los pacientes que nos hubiera permitido evaluar si el ajuste de peso seco tiene efectos positivos sobre la morbi-mortalidad cardiovascular.

Podemos concluir que el estudio, a pesar de sus limitaciones, prueba que el análisis de vectores de impedancia es útil para el ajuste del peso seco en los pacientes sometidos a hemodiálisis. Siendo el análisis de vectores de impedancia una técnica sencilla, no invasiva, portátil y económica, puede considerarse como una herramienta eficaz para el logro del peso seco en los pacientes en hemodiálisis.

Conflictos de interés

Ninguno

Referencias

1. Wizemann V, Wabel P, Chamney P, Zaluska W, Moissl U, et al. The mortality risk of overhydration in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2009; 24: 1574-1579.
2. Gallar-Ruiz P, Di-Gioia C, Lacalle C, Rodríguez-Villareal I, Laso-Arias N, et al. Body composition in patients on haemodialysis: relationship between the type of haemodialysis and inflammatory and nutritional parameters. *Nefrología* 2012; 32(4): 467-76.
3. Onofriescu M, Mardare N, Segall L, Voroneanu L, Cusai C, et al. Randomized trial of bioelectrical impedance analysis versus clinical criteria for guiding ultrafiltration in hemodialysis patients: effects on blood pressure, hydration status, and arterial stiffness. *Int Urol Nephrol* 2012; 44: 583-591.
4. Kalantar-Zadeh K, Regidor D, Kovesdy C, Van Wyck D, Bunnapradist S, et al. Fluid Retention Is Associated With Cardiovascular Mortality in Patients Undergoing Long-Term Hemodialysis. *Circulation* 2009; 119: 671-679.
5. Mauro C, Telarolli R. Nutritional evaluation of stage 5 chronic kidney disease patients on dialysis. *Sao Paulo Med J* 2012; 130(6):392-7.
6. Barreto PJ for the Cuban Group for the Study of Hospital Malnutrition. State of malnutrition in Cuban hospitals. *Nutrition*, 2005; 21(4):487-97.
7. Mak RH, Ikizler A, Kovesdy CP, Raj DS, Stenvinkel P, Kalantar-Zadeh K. Wasting in chronic kidney disease. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2011; 2: 9-25.
8. Carrero JJ, Stenvinkel P, Cuppari L, Ikizler A, Kalantar-Zadeh K, et al. Etiology of the Protein-Energy Wasting Syndrome in Chronic Kidney Disease: A Consensus Statement From the International Society of Renal Nutrition and Metabolism (ISR-NM). *Journal of Renal Nutrition* 2013; 23(2): 77-90.
9. Jaeger JQ, Mehta RL. Assessment of dry weight in hemodialysis: an overview. *J Am Soc Nephrol* 1999; 10(2):392-403.
10. Kuhlmann MK, Zhu F, Seibert E, Levin NW. Bioimpedance, dry weight and blood pressure control: new methods and consequences. *Curr Opin Nephrol Hypertens* 2005; 14(6):543-549.
11. Levin N, Zhu F, Keen M. Interdialytic Weight Gain and Dry Weight. *Blood Purif* 2001; 19:217-221.
12. Piccoli A, Rossi B, Pillon L, Bucciante G. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph. *Kidney Int* 1994; 46(2):534-539.
13. Piccoli A. Identification of operational clues to dry weight prescription in hemodialysis using bioimpedance vector analysis. The Italian Hemodialysis-Bioelectrical Impedance Analysis (HD-BIA) Study Group. *Kidney Int* 1998; 53(4):1036-1043.
14. Bioelectrical impedance and body composition. *Lancet* 1992; 340(8834-8835):1511.
15. Barbosa-Silva MC, Barros AJ. Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond body composition equations. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2005; 8(3):311-317.
16. Piccoli A, Pastori G, Guizzo M, Rebeschini M, Naso A, Cascone C. Equivalence of information from single versus multiple frequency bioimpedance vector analysis in hemodialysis. *Kidney Int* 2005; 67(1):301-313.
17. Chumlea WC. Anthropometric and body composition assessment in dialysis patients. *Semin Dial* 2004; 17(6):466-470.
18. Piccoli A, Nescolarde LD, Rosell J. Conventional and vectorial analysis of bioimpedance in clinical practice. *Nefrología* 2002; 22(3):228-238.
19. Espinosa-Cuevas MA, Rivas-Rodríguez L, González-Medina EC, Atilano-Carsi X, Miranda-Alatraste P, Correa-Rotter R. Vectores de impedancia bioeléctrica para la composición corporal en población mexicana. *Revista de Investigación Clínica* 2007; 59(1): 15-24.
20. Piccoli A, Rossi B, Pillon L, Bucciante G. Body fluid overload and bioelectrical impedance analysis in renal patients. *Miner Electrolyte Metab* 1996; 22(1-3):76-78.
21. Piccoli A, Nigrelli S, Caberlotto A et al. Bivariate normal values of the bioelectrical impedance vector in adult and elderly populations. *Am J Clin Nutr* 1995; 61(2):269-270.

22. Frisancho R. New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *Am J Clin Nutr* 1981; 34:2540-2545.
23. Frisancho R. New standards of weight and body composition by frame size and height for assessment of nutritional status of adults and the elderly. *Am J Clin Nutr* 1984; 40:808-819.
24. Detsky AS, McLaughlin JR, Baker JP, Johnston N, Whittaker S, et al. What is subjective global assessment of nutritional status? *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1987; 11(1):8-13.
25. Bilbrey GL, Cohen T. Identification and treatment of protein calorie malnutrition in chronic hemodialysis patients. *Dial and Transp* 1989; 18:669-677.
26. Daugirdas J. Second generation logarithmic estimates of single-pool variable volume Kt/V: an analysis of error. *J Am Soc Nephrol* 1993; 4:1205-1213.
27. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement. *Am J Clin Nutr* 1996; 64(3 Suppl):524S-532S.
28. Atilano-Carsi X, Bajo MA, del Peso G, Sánchez R, Selgas R. Vectores de impedancia bioeléctrica de referencia para la población española. *Nutr Hosp*. 2015. doi: 10.3305/nutr+hosp.vi.8128.
29. Piccoli A, Codognotto M, Piasentin P, Naso A. Combined evaluation of nutrition and hydration in dialysis patients with bioelectrical impedance vector analysis (BIVA). *Clin Nutr* 2014; 33(4):673-7.
30. BIVA Software. BIVA Tolerance file. Department of Medical and Surgical Sciences. University of Padova. Padova, Italy: 2002.
31. Jankowska M, Debska-Slizien A, Rutkowski B. Bioelectrical impedance analysis before versus after a hemodialysis session in evaluation of nutritional status. *J Ren Nutr* 2006; 16[2]: 137-140.
32. Chertow GM, Lazarus JM, Lew NL, Ma L, Lowrie EG. Bioimpedance norms for the hemodialysis population. *Kidney Int* 1997; 52(6):1617-1621.
33. Barbosa-Silva MC, Barros AJ, Wang J, Heymsfield SB, Pierson RN. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *Am J Clin Nutr* 2005; 82(1):49-52.
34. Maggiore Q, Nigrelli S, Ciccarelli C, Grimaldi C, Rossi GA, Michelassi C. Nutritional and prognostic correlates of bioimpedance indexes in hemodialysis patients. *Kidney Int* 1996; 50(6):2103-2108.
35. Plum J, Schoenicke G, Kleophas W et al. Comparison of body fluid distribution between chronic haemodialysis and peritoneal dialysis patients as assessed by biophysical and biochemical methods. *Nephrol Dial Transplant* 2001; 16:2378-2385.
36. Devolder I, Verleysen A, Vijt D, Vanholder R, Van Biesen W. Body composition, hydration, and related parameters in hemodialysis versus peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int* 2010; 30:208-214.
37. Machek P, Jirka T, Moissl U, Chamney P, Wabel P. Guided optimization of fluid status in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2010; 25:538-544.
38. Agarwal R, Alborzi P, Saytan S. Dry-weight reduction in hypertensive hemodialysis patients (DRIP): a randomized, controlled trial. *Hypertension* 2009; 53:500-507.
39. Oliveira CM, Kubrusly M, Mota RS, Silva CA, Choukroun G, Oliveira VN. The phase angle and mass body cell as markers of nutritional status in hemodialysis patients. *J Ren Nutr* 2010; 20(5):314-20.
40. Fein PA, Gundumalla G, Jorden A, Matza B, Chattopadhyay J, Avram MM. Usefulness of bioelectrical impedance analysis in monitoring nutrition status and survival of peritoneal dialysis patients. *Adv Perit Dial* 2002; 18:195-199.
41. Laville M, Fouque D. Nutritional aspects in hemodialysis. *Kidney Int Suppl* 2000; 76:S133-S139.
42. Fernández-Reyes MJ, Auxiliadora M, del Peso G. Extracellular volume expansion caused by protein malnutrition in peritoneal dialysis patients with appropriate salt and water removal. *Perit Dial Int* 2008; 28(4):407-412.
43. Barbosa-Silva MC, Barros AJ, Post CLA. Can bioelectrical impedance analysis identify malnutrition in preoperative nutrition assessment? *Nutrition* 2003; 19:422-426.
44. Guida B, De NL, 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(4):311-318.
45. Donauer J. Hemodialysis-induced hypotension: impact of technological advances. *Semin Dial* 2004; 17(5):333-335.