

---

**INVESTIGACIÓN ORIGINAL**


---

DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v63n1.41183>

## Estimación del agua corporal total y del peso seco, usando impedancia bioeléctrica tetrapolar de multifrecuencia (BIA-4) en pacientes en hemodiálisis

*Total body water and dry weight estimation by using multi-frequency tetrapolar bioelectrical impedance*

Doris Ramírez de Peña<sup>1</sup> • Dagoberto Almanza<sup>2</sup> • Luis Alberto Ángel<sup>3</sup>

Received: 13/12/2013 Accepted: 17/10/2014

<sup>1</sup> Departamento de Nutrición Humana, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C., Colombia.

<sup>2</sup> Hospital San Carlos. Bogotá, D.C., Colombia.

<sup>3</sup> Departamento de Medicina Interna. Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C., Colombia.

Correspondencia: Doris Ramírez de Peña. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina: Carrera 30 No. 45-03, edificio 471, oficina 226. Bogotá, D.C., Colombia. Teléfono: +57 1 3165000. Correo electrónico: [daramirez@unal.edu.co](mailto:daramirez@unal.edu.co).

---

**| Resumen |**

**Antecedentes.** La medición del “peso seco” en pacientes renales se ha tornado difícil por el sinnúmero de variables que en él intervienen, dada la importancia de conocerlo por cuanto con él se determina el tratamiento diálitico, farmacológico y nutricional se ha trabajado en diferentes ecuaciones y métodos para obtenerlo.

**Objetivo.** Describir la composición corporal, el agua corporal total y el peso seco de pacientes con enfermedad renal en Hemodiálisis

**Materiales y Métodos.** Se realizó un estudio descriptivo transversal en seis fases, desde el año 2001 al 2010. Con el método de BIA-1 Y BIA-4 (bioimpedancia de unifrecuencia y tetrapolar) y la ecuación Ramírez-Almanza. Para la determinación del peso seco se utilizaron los valores de normovolemia e hipervolemia y se utilizó un nuevo instrumento para diagnóstico nutricional VGS-MIS.

**Resultados.** El 50% de los pacientes estudiados tenían un diagnóstico de Diabetes e Hipertensión, el 87% con riesgo leve de desnutrición, solo el 3% sin riesgo de desnutrición.

El punto de cohorte de la Resistencia dada por la bioimpedancia de 550 permite determinar que pacientes con valores por debajo de éste son sintomáticos con una alta sensibilidad 73% y una especificidad de 50%. Para el agua total corporal

es posible utilizar la ecuación Ramírez-Almanza pues tiene una buena correlación mediana (0.76) con el índice de impedancia de Kushner. La VGS-MIS es el mejor método de valoración encontrada hasta ahora para paciente renal porque involucra diferentes parámetros físicos, nutricionales, clínicos y bioquímicos.

**Conclusión.** El uso de la Bioimpedancia en paciente en hemodiálisis ha permitido una mayor exactitud en el cálculo del agua corporal total, peso seco y estado nutricional de los pacientes en hemodiálisis.

**Palabras clave:** Diálisis renal; Hemodiálisis; Composición corporal; Peso corporal ideal; Agua corporal. (DeCS).

.....  
**Ramírez de Peña D, Almanza D, Ángel LA.** Estimación del agua corporal total y del peso seco, usando impedancia bioeléctrica tetrapolar de multifrecuencia en pacientes en hemodiálisis. Rev. Fac. Med. 2015;63(1):19-31. Spanish. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v63n1.41183>.

### Summary

**Background.** Dry weight assessment in renal patients has got difficult because of many variables which are taken into account to do it. Because it is used to determine the dialytic, pharmacological and nutritional treatment in such patients, it has worked on different equations and methods in order to obtain it.

**Objetivo.** To describe body composition, total body water and dry weight of patients who suffer from renal disease and are under hemodialysis.

**Materials and methods.** A transversal descriptive study was carried out by six phases from the year 2001 to 2010. It was used the Unifrequency Tetrapolar Bioimpedance (BIA-1), the Multifrequency Tetrapolar Bioimpedance (BIA-4) and the Ramírez-Almanza equation. Normovolemia and hipervolemia values were used to establish dry weight and a new instrument was used in nutritional diagnosis to global subjective valuation in renal patient under hemodialysis, the Malnutrition Inflammation Score (MIS).

**Results.** 50% of the studied patients had a diabetes and hypertension diagnosis, 87% were in a low risk of desnutrition, just 3% without any risk of desnutrition.

The Resistance cohort point given by the bioimpedance of 550 allows to determine who patients with values under of this are somatics with 73% a high sensibility and a 50% specificity. To total water weight it is possible to use the Ramírez-Almanza equation due to it has a good mediana correlation (0.76) with the Kushner Impedance Index. VGS-MIS is the best assessment method used until know on renal patient because it involves different physic, nutritional, clinic and biochemic parameters.

**Conclusion.** Bioimpedance use on patient under hemodialysis has led a higher precision in the total body water, dry weight and nutritional state in such patients.

**Keywords:** Renal dialysis, Body composition, Ideal body weight, Body water (MeSH).

.....  
**Ramírez de Peña D, Almanza D, Ángel LA.** [Total body water and dry weight estimation by using multi-frequency tetrapolar bioelectrical impedance]. *Rev. Fac. Med.* 2015;63(1):19-31. Spanish. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v63n1.41183>.

## Introducción

De la eficacia del tratamiento dialítico para pacientes con insuficiencia renal crónica (IRC) depende su calidad de vida y la disminución de la morbimortalidad. Además, la búsqueda de nuevos métodos que optimicen los procesos diagnósticos y los tratamientos puede asegurar una mejor calidad de vida al paciente renal.

Los pacientes con IRC en tratamiento dialítico presentan una alta tendencia a experimentar síntomas propios de la uremia, que alteran su composición corporal; estos se encuentran directamente relacionados con alteraciones hídricas (como

resultado de una subestimación o sobreestimación del agua corporal total). Teniendo en cuenta esto, es necesario desarrollar métodos confiables, no invasivos y sencillos para estimar la composición corporal y, más específicamente, el agua corporal total (TBW) o peso seco como lo es el Método de bioimpedancia eléctrica (BIA). El conocimiento de la composición corporal y la distribución de los fluidos en los pacientes renales es de gran importancia desde el punto de vista nutricional y de adecuación de la diálisis. Las anomalías en la hidratación son comunes en pacientes con IRC y ocasionan importantes efectos adversos (1).

La enfermedad renal crónica (ERC) se encuentra clasificada por las guías NICE en varios estadios (2). Esta enfermedad tiene implicaciones científicas económicas, éticas, políticas y sociales, y cada vez alcanza mayores cifras. En Colombia, la ERC se encuentra pobremente reportada. Hasta hace poco, se han empezado a generar estadísticas confiables acerca de la incidencia y prevalencia de esta enfermedad.

Según la Encuesta Nacional de Salud Pública del 2007 (3,4), en Colombia el 2,6% de la población es diabética y el 22,8% es hipertensa. Por ello, si se asume que aproximadamente el 30% de la población diabética desarrolla enfermedad renal, se tienen aproximadamente 354.000 personas con enfermedad renal diabética. Para El 2012 —según Ministerio de Salud— había 389.771 en estadio 3 (52%), 23.152 en estadio 5 (3%). El 10% de la población hipertensa presenta compromiso renal; entonces, se tendría adicionalmente 980.000 personas con nefropatía hipertensiva. La suma y extrapolación de estas dos cifras indicarían que el 5% (2.160.000) de la población colombiana sufre de ERC. En Colombia, hay una prevalencia cercana a 530 pacientes por millón, con una tasa de incidencia calculada de 140 ppm para el año 2007, con un crecimiento superior a 300% durante los últimos 10 años. Esto indica que la enfermedad renal crónica está aumentando en la población colombiana y que se necesitan estrategias de promoción y prevención de la enfermedad.

En nuestro país —y a escala internacional— no existe manera confiable de determinar el peso seco de los pacientes. Esto dificulta el garantizar un adecuado aclaramiento, control de sobrecarga hídrica, de la tensión arterial y de la hipertrofia ventricular izquierda (HVI) (2,5,6), disminución de los síntomas propios de uremia; así como alcanzar valores de hemoglobina (Hb) y hematocrito (Hto) adecuados, lograr un mejor estado nutricional (6) y evitar complicaciones como hipotensión, disfunción de acceso vascular (fístula arteriovenosa-FAV) y calambres por una sobrestimación del peso seco (7).

Como objetivo, se ha planteado establecer un método adecuado para la correcta estimación y mantenimiento del peso seco en los pacientes en diálisis (8). Por esta razón, el

equipo de la Unidad Renal de la Fundación San Carlos, en colaboración con los profesores de la Universidad Nacional, ha desarrollado desde el año 2000 hasta el 2010 seis etapas de un estudio que a continuación se describe.

## Nociones básicas y antecedentes

### Nutrición e IRC

La malnutrición proteicoenergética afecta a más del 50% de la población de pacientes renales y constituye un factor de alto riesgo de morbilidad. Varios métodos de análisis del estado nutricional se han utilizado en esta población; entre ellos, la valoración global subjetiva, la anamnesis alimentaria, la antropometría. También se han tenido en cuenta parámetros bioquímicos tales como los niveles de creatinina, albúmina y prealbúmina, que se afectan por el proceso inflamatorio que padecen, lo cual influye en el diagnóstico preciso del estado nutricional (7). Por ello, la composición corporal ha sido el eje central del estudio de investigadores como Kushner (8), quien se ha preocupado por establecer el agua total corporal por BIA en este tipo de pacientes. Los estudios más recientes han centrado la importancia en la determinación de la grasa y la masa muscular más que en el índice de masa corporal (IMC), pues esta es una medida de tamizaje que no permite diferenciar el estado nutricional por compartimentos

Según un estudio realizado por Johansson (9), cuyo propósito era investigar las consecuencias nutricionales y metabólicas en periodos largos en pacientes dializados, se determinó que, en cuanto a estado nutricional y cambios en la composición corporal, ocurría una disminución en la masa magra del cuerpo (LBM) en sujetos urémicos; puede que esto se deba al incremento en el volumen extracelular. Aunque la composición corporal de los pacientes al inicio de la diálisis era a menudo normal, es claro que las indicaciones en las variables de la composición del cuerpo fueron influenciadas por la uremia. Como la urea se distribuye en forma uniforme en el agua corporal, la estimación de Volumen es igual al agua total corporal (5,9). El peso seco se ha definido como el registrado después de hemodiálisis (sesión a mitad de semana), sin que el paciente presente edema periférico detectable, con presión arterial normal y sin hipotensión postural. Otra revisión lo define como el mínimo peso que el paciente puede tolerar sin presentar síntomas intradialíticos o de hipotensión al final de cada sesión de tratamiento (10). Otros autores lo definen como el peso en el cual no hay exceso de hidratación extracelular en los tejidos. Cuando este peso seco no se estima adecuadamente, se inicia la aparición de la sintomatología relacionada con desequilibrio hídrico (9).

Errores en la estimación del TBW alteran en forma inversa el resultado del Kt/V. Esto tiene impacto en la prescripción

de la diálisis y, subsecuentemente, en el resultado y la evolución del paciente (9,10). Pacientes con bajo TBW están relacionados con peor pronóstico, causado por la relación con la masa libre de grasa y el estado nutricional, se sugiere que el normal mantenimiento del volumen extracelular pudiera ser un indicador de adecuada diálisis (10).

El Kt/V es el método más usado para medir la dosis de diálisis: refleja de modo más eficaz la cantidad de urea removida y puede ser usado para valorar el estado nutricional del paciente, permitiendo el cálculo de la tasa catabólica proteica normalizada (nPCR). Puede ser usado para modificar la prescripción de la diálisis (5).

Por otro lado, la *bioimpedancia tetrapolar de multifrecuencia* (BIA-4) es un método rápido, seguro, no invasivo; ocasiona poca incomodidad al paciente; evalúa propiedades eléctricas corporales medidas por la resistencia y la reactancia, y no tiene diferencia estadísticamente significativa con el método de dilución isotópica con deuterio (11).

### Estado nutricional del paciente sometido a hemodiálisis

El estado nutricional del paciente en hemodiálisis (HD) se ve afectado por la disminución en su estado funcional y el aumento en la co-morbilidad. Además, los pacientes que reciben este tratamiento dialítico pueden perder de 2 a 3 g/hora de aminoácidos en el líquido dializador; por tanto, la hemodiálisis lleva a una pérdida media de 13 a 15g de proteínas en cada sesión de diálisis. En aquellos sometidos a diálisis por más de 5 años, hay alteraciones en la composición corporal como la disminución del porcentaje de masa libre de grasa y masa muscular.

La malnutrición también se caracteriza por una disminución de masa corporal celular (BMC) a expensas del aumento de agua extracelular (ECW), es decir, por el aumento de la proporción de  $ECW \pm BCM$ . La pérdida de masa muscular puede resultar del desbalance entre el catabolismo y anabolismo. Además, los pacientes con enfermedad renal tienen hiperleptinemia, que se asocia con inadecuada ingesta de proteína y energía, contribuyendo además a la pérdida de masa magra. Los niveles de adiponectina son inversamente relacionados con IMC y albúmina sérica en pacientes con IRC (11).

La malnutrición proteicoenergética es causada por la disminución en la ingesta de nutrientes, principalmente calorías y proteína. Esto se refleja en las concentraciones de creatinina, albúmina, prealbúmina y transferrina sérica (8,12), debido a la anorexia, al incremento del catabolismo proteico por la acidosis metabólica, al hiperparatiroidismo, resistencia a la insulina e inflamación.

### Parámetros utilizados en la evaluación del estado nutricional del paciente en HD

En pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis se debe evaluar el estado nutricional teniendo en cuenta: la albúmina sérica (medida cada 2 meses); el peso seco (medido cada mes); la evaluación global subjetiva tipo MIS (VGS-MIS) (12), que incluye información sobre cambio de peso, anorexia, pérdida de tejido graso y pérdida de masa muscular (medida cada 6 meses) Índice de Masa Corporal (IMC), ingesta dietaria, apetito, albúmina, hierro ligado y comorbilidades; generación de nitrógeno proteico normalizado (nPCR) y composición corporal por BIA.

El nPCR es el parámetro más usado en las unidades de hemodiálisis para evaluar la ingesta de proteína en pacientes que se encuentran en estado de equilibrio en materia de nutrición. Aunque el nPCR es, a menudo, visto como una variable que puede ser manipulada independientemente, parece que hay una relación directa con el Kt/V (13,14).

Los pacientes con un Kt/V entre 0.9 y 1.5 tienen una morbimortalidad significativamente inferior, siempre que mantengan un nPCR > 0.8g/Kg-día (5).

### Puntaje de malnutrición e inflamación (MIS)

Otro parámetro confiable para conocer el estado de nutrición es la VGS- MIS (12). Este es un método de tamizaje nutricional que tiene como objetivo la detección temprana de riesgo nutricional. Dicho riesgo está clasificado como bajo, medio o alto, según el puntaje total obtenido en la suma de diferentes componentes. El MIS —o puntaje de malnutrición e inflamación— es una forma de valoración global subjetiva que tiene en cuenta 10 componentes, incluidos dentro de la historia nutricional, como son: cambios en el peso seco, ingesta dietaria, síntomas gastrointestinales, capacidad funcional, comorbilidades, disminución de reservas de grasa, signos de depleción muscular, Índice de masa corporal, albúmina sérica, capacidad de hierro ligado. La suma de los 10 componentes va desde 0 (normal) hasta 30 (severamente malnutrido). El MIS permite la identificación del riesgo nutricional de los pacientes con enfermedad renal, teniendo en cuenta indicadores de desnutrición e inflamación en esta enfermedad para plantear la intervención nutricional oportuna.

### Importancia del ajuste del peso seco en los objetivos de la diálisis para mantener un buen estado nutricional

Existe una preocupación permanente por hallar una forma de adecuar la diálisis para cada paciente, con el fin de evitar al máximo el deterioro y la presencia de sintomatología; pero se han omitido puntos críticos y determinantes para dicho fin, como lo son el Kt/V, el peso seco y la volemia.

La correcta estimación y mantenimiento del peso seco evita que el paciente presente calambres e hipotensiones intradiálisis (8-14).

Un porcentaje significativo de pacientes en hemodiálisis no logra corregir la anemia que padecen, pese a la administración de eritropoyetina. Según estudios como los de Cigarrán, et al. (7) y Chamney y Kramer (15), una normotensión y normovolemia podrán mantener un hematocrito medio, de manera que aproximadamente un 30% de los pacientes no requerirán ser suplementados con eritropoyetina.

La normovolemia y la hipervolemia (16) se presentan como un nuevo método para la estimación del agua total corporal; ellas caracterizan la variación del agua extracelular con el peso corporal.

De acuerdo a la literatura sobre el tema, un sujeto sano de 70 Kg tiene aproximadamente entre 14 y 16 litros de agua extracelular. Sobre esta base se establece la relación entre el peso y el agua extracelular, que se expresa bajo la pendiente de normovolemia. En los pacientes con ERC, la ingesta de fluidos se acumula en el cuerpo; esto causa un aumento de peso, denominado pendiente de hipervolemia. Durante la ultrafiltración, el peso de los pacientes disminuye 1 Kg por cada litro de fluido removido, si la densidad de este es única. Así, la hipervolemia toma un valor de 1 L/Kg. El peso en el cual hay una intersección entre normovolemia e hipervolemia es el que se conoce como peso seco (6).

$$Ps = \frac{Hv * Pp - Ae}{Hv - Nv}$$

**Ps = peso seco**

**Hv = hipervolemia:** conocido como un trastorno hidroeléctrico consistente en un aumento anormal del volumen de plasma en el organismo

**Pp = peso post-diálisis**

**Ae = agua extracelular:** es el líquido que se encuentra fuera de las células, incluyendo el que tienen el plasma, la linfa, el líquido cefalorraquídeo y las secreciones. Constituye aproximadamente un 20% del agua total corporal.

**Nv = normovolemia:** definido como el volumen sanguíneo total normal.

Siendo la Hipervolemia = 1 como constante determinada en el artículo y siendo la normovolemia una constante para mujer de 0,214 L/kg y para hombre de 0,239 L/kg (16)

Las previsiones de peso seco proporcionan una meta cuantitativa, sin la cual la planificación de una estrategia de eliminación de líquido no es eficaz. La revisión periódica de la medicación, así como el control de ultrafiltración por la tasa y el tiempo son factores determinantes al momento de establecer dicha meta. En primer lugar, la aparición de síntomas recurrentes impone un límite ineludible, en lo que se refiere al punto final que se puede lograr; este punto final, puede ser influenciado por trastornos cardiovasculares o calambres, de manera que impiden el logro de los objetivos de peso seco. Por otro lado, se debe resaltar que la bioimpedancia observa todo el estado líquido del cuerpo, los pacientes pueden presentar edema a pesar de normovolemia en los espacios vasculares; en estos casos, será necesario mantener la sobrehidratación total del cuerpo, con el fin de evitar problemas de inestabilidad cardiovascular. Sin embargo, se tratará de facilitar la prescripción más racional de los medicamentos antihipertensivos y una mejor planificación de estrategias para la ultrafiltración de líquido (6).

#### **Bioimpedancia eléctrica (BIA) como método de valoración nutricional**

El análisis de la composición corporal mediante el método no invasivo de bioimpedancia eléctrica (BIA) fue introducido por Hoffer, et al. (26) en 1969 y, desde entonces, la utilización de la BIA ha cobrado un enorme auge en diferentes campos.

La resistencia de un material conductor homogéneo es proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su diámetro. Aunque el cuerpo no es un cilindro uniforme ni tiene una conductividad uniforme, se puede establecer una relación empírica entre su impedancia ( $\text{altura}^2/R$ ) y su volumen de agua, la cual contiene electrolitos que conducen su corriente eléctrica a través del cuerpo. En la práctica, es fácil medir la altura y la longitud, que generalmente va de la muñeca al tobillo. El cuerpo ofrece dos tipos de resistencia ( $R$ ) de su corriente eléctrica: capacitancia (reactancia) y resistencia (simplemente llamada resistencia). La capacitancia surge de las membranas celulares y la resistencia de los fluidos intra- y extracelulares. La impedancia es el término usado para describir la combinación de los dos (15).

La impedancia eléctrica es la oposición que presenta un cuerpo (en este caso un tejido biológico) al paso de una corriente a través de él. El procedimiento es realizado mediante la aplicación de una corriente eléctrica alterna de bajo voltaje al cuerpo del individuo, que actúa como conductor; de esta forma, se obtiene el contenido de agua y masa libre de grasa y, por diferencia respecto al peso total corporal, la cantidad de masa grasa. Este método ha demostrado una correlación hasta del 90% con las técnicas clásicas para el estudio de la composición

corporal como la densitometría por inmersión, la dilución isotópica y la determinación de pliegues cutáneos, y ha sido validado en sujetos sanos. La confiabilidad y reproducibilidad obtenida en pacientes sanos ha permitido iniciar su aplicación en el ámbito clínico, para evaluar diferentes compartimentos corporales en pacientes hospitalizados, con patologías tan diversas como la infección por VIH, enfermedad renal, desnutrición e incluso pacientes críticos.

El uso de BIA ha aumentado porque el equipo para practicarla es portátil y seguro, el procedimiento es simple, no invasivo y los resultados son confiables y obtenidos rápidamente. La impedanciometría eléctrica tetrapolar (BIA-4) es un método rápido, no invasivo, indoloro y de fácil ejecución, utilizado para determinar la composición corporal.

La impedancia eléctrica multifrecuencia (MF-BIA) utiliza modelos de regresión lineal empíricos e incluye impedancia en diversas frecuencias (de 0, 1, 5, 10, 50, 100, 200 o 500 kHz), que permite evaluar masa libre de grasa, agua corporal total, agua intracelular y agua extracelular, a diferencia de la impedancia unifrecuencia (SF-BIA) que sólo utiliza frecuencia de 50 kHz y permite determinar únicamente la masa libre de grasa y el agua corporal total. En las frecuencias por debajo de 5 kHz y por encima de 200 kHz, se ha notado una pobre reproducibilidad, especialmente para la reactancia de bajas frecuencias (13).

De acuerdo con Di Lorio la MF-BIA-4 es más precisa y menos parcial que la SF-BIA-1 para la predicción del agua extracelular (17). La MF-BIA es sensible a los cambios que se dan entre la proporción de AEC/AIC, incluso si estos cambios no son tan significativos como para ocasionar edema. Martinoli et al. sugieren que la MF-BIA parece ser el método más preciso para determinar el TBW y sus compartimentos, tanto en personas sanas como en obesos adultos y pacientes con falla renal crónica (17).

Según el estudio de Dumler (5), que se realizó en 127 pacientes y cuyo objetivo era definir el mejor método para calcular el volumen de distribución de la urea y su índice cuantitativo  $Kt/V$ , se estableció que la BIA ofrece la mejor estimación de  $V$  urea en pacientes hemodializados; luego de analizar los valores obtenidos de TBW derivados de BIA y compararlos con varias fórmulas antropométricas (Watson, Hume, Randall, Tzamaloukas, y Chertow), se demostró que existe una correlación positiva entre  $V$  urea, TBW y BIA.

Como método para determinar el volumen de distribución de urea ( $V$  urea) mediante la medición del agua corporal total (TWB), la BIA ha sido estudiada en el ámbito mundial en pacientes con IRC en programa de hemodiálisis (HD). En tales estudios, se han utilizado ecuaciones de regresión con base en la resistencia marcada por los líquidos corporales.

Los resultados obtenidos han tenido un alto porcentaje de correlación con el método D2O (18).

La BIA ha demostrado ser el método más veraz para la estimación del TBW, comparado con otros métodos que incluyen fórmulas antropométricas en personas sanas, obesas y pacientes con insuficiencia renal crónica (18-20).

## Realización del estudio

### Objetivos

#### Objetivo general

Determinar la utilidad del análisis de impedancia bioeléctrica tetrapolar (BIA) para conocer el agua total corporal y el estado nutricional en personas con insuficiencia renal crónica en programa de HD, que asisten a las unidades renales de la Fundación Hospital San Carlos, Cruz Roja y del Centro de Investigación de Enfermedades Crónicas de Bogotá.

#### Objetivos por fases

En la primera fase (en marzo de 2001) el objetivo fue comparar las ecuaciones existentes para determinar el agua total corporal. En la segunda (de marzo a octubre de 2004) y tercera (de febrero a junio de 2005) se comparó agua total corporal contra agua total corporal por BIA-1; se determinó un punto de corte para síntomas de descompensación, utilizando la resistencia del BIA, con metodología de Sackett(27) y se determinó la ecuación Ramírez-Almanza para conocer el agua total corporal (TBW).

En la cuarta fase (de febrero a julio de 2006) el objetivo fue comparar TBW con BIA-4 multifrecuencia y ecuación Ramírez-Almanza. En la quinta fase (de febrero a julio de 2008) el objetivo fue validar la ecuación Ramírez-Almanza para conocer con mayor exactitud el agua total corporal y ajustar el peso seco. En la sexta fase, de agosto a noviembre de 2010, el objetivo fue hallar el peso seco por una nueva técnica, utilizando normovolemia e hipervolemia y la BIA, determinar la composición corporal por BIA-4 para conocer diagnóstico nutricional, así como la valoración global subjetiva utilizando el MIS para conocer estado nutricional.

### Metodología

Se realizó un estudio descriptivo; revisión científica con medicina basada en la evidencia de BIA-1 y BIA-4; análisis de resultados en Excel y SPSS versión 13.0 y firma del consentimiento informado por parte de los pacientes.

### Muestra

Muestra compuesta por pacientes con IRC en HD, asistentes a las unidades renales de la Fundación Hospital San Carlos, Cruz Roja y el Centro de Investigación de Enfermedades Crónicas.

La primera fase se trabajó con 27 pacientes; la segunda con 45; la tercera fase con 81, pertenecientes a la Unidad Renal de la Fundación Hospital San Carlos de Bogotá (sedes Clínica Vascular Navarra —41 pacientes— y Hospital San Carlos —40 pacientes—); la cuarta fase se realizó con 11; la quinta con 42, y la sexta con 30, que asistían al Centro de Investigación de Enfermedades Crónicas.

### Criterios de inclusión

Pacientes con IRC en programa de HD, mayores de 18 años y con tiempo en hemodiálisis mayor a 3 meses.

### Criterios de exclusión

Pacientes con patología edematosa o signos clínicos de sobrehidratación, como falla cardíaca o alteración hepática de cualquier etiología. Pacientes con menos de tres meses en hemodiálisis, con algún tipo de limitación física, paraplejías o amputaciones. Pacientes con cuadros infecciosos o tumorales y que no desearan formar parte del estudio.

### Proceso metodológico

Para todas las fases se tuvieron en cuenta las siguientes especificaciones:

Inmediatamente antes y después de cada sesión de hemodiálisis, se colocaron dos electrodos en MSD (utilizando técnica tetrapolar y con el paciente en decúbito dorsal, relajado, con vejiga vacía, sin diaforesis, brazos y piernas separadas); el primero, al nivel de la primera articulación metacarpofalángica, y el segundo, al nivel de la región de la muñeca. También se usaron dos electrodos en MID; el primero a la altura de la primera articulación metatarso falángica, y el segundo, al nivel de la región del cuello del pie. Por el método de BIA, se obtuvieron datos de resistencia a la conductividad eléctrica por los tejidos corporales, así como la reactancia. Las mediciones se realizaron antes y después de tres sesiones de hemodiálisis consecutivas.

En las tres primeras fases, las mediciones antropométricas usadas fueron: peso total, peso prediálisis y peso posdiálisis. Los datos se tomaron del registro en la historia clínica, y se realizaron en una báscula electrónica. Se utilizó BIA-1, unifrecuencia a 50 kHz.

Para la cuarta y quinta, se utilizó el peso posdiálisis. La talla fue tomada en el mismo instante en que se hacía la medición de impedanciometría prediálisis. Para ello, se le solicitó al paciente pararse en el tallímetro y se indicó la posición antropométrica. Se midieron los pliegues tríceps, bíceps, subescapular y suprailíaco, circunferencia de brazo y circunferencia muscular de brazos pre y posdiálisis. También, en ambas fases, se tomó composición corporal por BIA (agua total corporal, agua extracelular, masa grasa y masa magra). Además, en la sexta se utilizó la VGS-MIS, según el método de Kamyar Kalantar-Zadeh et al. (12).

Los exámenes paraclínicos empleados fueron: cuadro hemático, creatinina sérica y Nitrogeno Ureico en sangre (BUN). Los resultados de estos se tomaron de la historia clínica, en la misma fecha para todos los pacientes, ya que se solicita un cuadro hemático mensual; los niveles de sodio, calcio, potasio, colesterol y albúmina se tomaron al inicio del estudio en el periodo prediálisis de la primera fase.

Para la cuarta fase, aparte del proceso metodológico y las especificaciones anteriormente mencionadas, se utilizó el bioimpedanciómetro de multifrecuencia (BIA-4). Para la cuarta, quinta y sexta, las mediciones se realizaron después de las sesiones de hemodiálisis, una sola vez por paciente.

Durante la segunda, se calculó una ecuación (Ramírez-Almanza) para determinar el agua corporal total de los pacientes en hemodiálisis mediante la bioimpedancia tetrapolar. Dicha fórmula presenta una alta correlación con la fórmula de Kushner, utilizada actualmente y determinada en enfermos renales.

Durante la cuarta fase, se utilizó la ecuación Ramírez-Almanza para determinar el agua corporal total de los pacientes en hemodiálisis, y se comparó con la ecuación de Kushner para establecer una fórmula ideal de conocer el agua total corporal en pacientes colombianos. Presentó una buena correlación con la fórmula de Kushner ( $r = 0.78$ ):

#### **Ecuación Ramírez-Almanza (Elaborada por los autores)**

$$TBW = (64.837 - 0.0529 * resistencia)$$

En la quinta fase se realizó la toma de medidas antropométricas para compararlas con los datos arrojados por el bioimpedanciómetro; además, se determinó el agua total corporal mediante la ecuación Ramírez-Almanza. El valor obtenido por esta ecuación fue comparado con el dato arrojado por el bioimpedanciómetro, para evaluar la precisión de la ecuación en la determinación del agua corporal del paciente en hemodiálisis.

En la sexta, se utilizó la ecuación de normovolemia del artículo *A new technique for establishing dry weight in hemodialysis patients via whole body bioimpedance* utilizada por Chamney and Kramer (15) para determinar el peso seco, y la valoración global subjetiva utilizada por Kalantar-Zadeh et al. (12).

$$Ps = \frac{Hv * Pp - Ae}{Hv - Nv}$$

**Ps** = peso seco

**Pp** = peso pos-diálisis

**Ae** = agua extracelular

**Nv** = normovolemia

**Hv** = hipervolemia

En la VGS-MIS se tuvieron en cuenta los cambios de peso durante los últimos tres meses, la ingesta dietaria, apetito, síntomas gastrointestinales (náuseas, vómito, diarrea, estreñimiento), capacidad funcional del paciente, tiempo que lleva en el tratamiento de diálisis, determinación de masa grasa y muscular; también se tuvieron en cuenta exámenes de laboratorio como la ferritina y la albúmina. De esta forma, se asignó una puntuación y, según la sumatoria, se dio un diagnóstico nutricional (12).

Se realizó una clasificación según género, dividiendo al total de los pacientes en dos grupos de edad —entre los 18 y 59 años y mayores de 60 años—, con el fin de mostrar globalmente la tendencia a un estado nutricional, según la valoración global subjetiva por edades y sexo; también se hizo una clasificación con las patologías que presentaban los pacientes (HTA, diabetes, hipoparatiroidismo, EPOC), para determinar las comorbilidades en un paciente sometido a tratamiento dialítico.

Se realizó una comparación con los datos obtenidos de la valoración global subjetiva y el bioimpedanciómetro sobre la composición corporal (masa muscular, masa grasa y composición corporal total); así se determinó cuáles pacientes se encontraron en déficit o normalidad. En este punto, no se tuvo en cuenta el exceso de masa grasa.

Posterior a esto, se aplicó la fórmula para determinar peso seco, en la que se tiene en cuenta el género del paciente, el peso posdiálisis, el agua extracelular arrojada por el bioimpedanciómetro y las constantes que se determinaron en la población estudio del artículo (15); siendo la normovolemia 1 para ambos géneros y la hipervolemia 0,214 para mujeres y 0,239 para hombres.

Al aplicar la fórmula, se obtiene el peso seco con el cual debe ser dializado el paciente.

## Resultados

### Primera fase

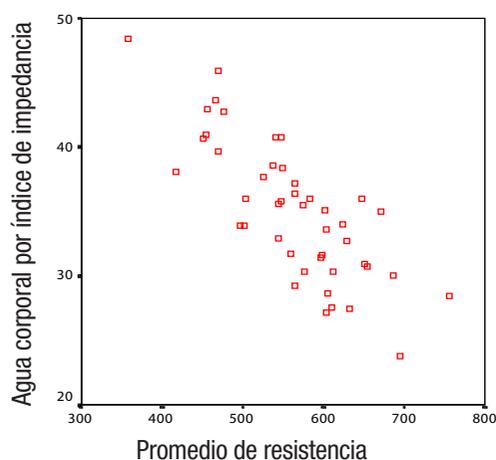
La BIA arroja menor cantidad de porcentaje graso (-3% comparado con Durnin; -5% comparado con Watson y Hume). Las correlaciones encontradas fueron: BIA y ecuación de Watson  $r=0,55$ ;  $p=0,0006$ ; IC 95%. BIA y ecuación de Hume-Wayer:  $r=0,61$ ;  $p=0,002$ ; IC 95%. BIA y ecuación de Durnin:  $r=0,58$ ;  $p=0,003$ ; IC 95%. Todas tienen una baja correlación

### Segunda fase

El 42% de los pacientes ( $n=19$ ) son mujeres, y el 57,8% ( $n=26$ ) son hombres. El promedio de edad es 48 años  $\pm 15$ , el de talla 1,59 cm  $\pm 0,8$  cm y el IMC está en 22.3  $\pm 4$ .

La diferencia promedio entre peso corporal prediálisis y peso seco fue de 2.602 Kg., con un valor mínimo de peso prediálisis de 56 Kg y máximo de 63 Kg; para el peso seco, valor mínimo de 54 Kg y máximo de 60 Kg.

Cuatro personas tienen BUN prediálisis menor de 60 mg y colesterol menor de 150 mg, concordante con diagnóstico de desnutrición para estos pacientes. Según la tasa catabólica proteica, el 30% ( $n=13$ ) se encuentra con diagnóstico de desnutrición leve a moderada, el 70% restantes están normales, con un consumo promedio de 1800 calorías y 60g de proteína. Para conocer si se podía utilizar la Resistencia como parámetro de normalidad o no asociada al aumento de agua corporal, se comparó con el índice de impedancia (fig 1).



**Figura 1.** Correlación entre ecuación de Kushner con índice de impedancia y resistencia de los pacientes en hemodiálisis de la Unidad Renal de la Cruz Roja - Hospital San Carlos, Bogotá, Colombia.

Encontrándose que existe una relación inversa positiva 0.786 entre el índice de impedancia ( $Talla^2/R$ ) y la resistencia con una  $p = 0.000$ , a mayor índice de impedancia menor resistencia y a menor índice de impedancia mayor resistencia como se ve en la gráfica y en el análisis de varianza (Tabla 1), del cual se derivó la ecuación para establecer el agua total corporal.

**Tabla 1.** Coeficientes para total de agua corporal por índice de impedancia.

Coeficientes <sup>a</sup>	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig
Modelo	B	Error Std	Beta	17.999	.000
1 (Constantes)	64.837	3.602		-8.344	.000
Promedio de resistencia	-5.29 E	.006	-.786	-8.344	.000

<sup>a</sup> Variable dependiente agua corporal total por índice de bioimpedancia.

De estos coeficientes, se deriva la ecuación de regresión para agua total corporal en paciente en hemodiálisis:

### Ecuación Ramírez-Almanza (Elaborada por autores)

$$Y (\text{TBW}) = 64.837 - 0.0529 X (\text{resistencia})$$

### Tercera fase

La clasificación de la población por géneros para esta etapa fue de la siguiente forma: el 47,6% de los pacientes ( $n = 39$ ) eran mujeres, y el 52,4% ( $n = 43$ ) eran hombres. El promedio de edad es 54,3  $\pm 15,7$  años. El promedio de la talla es de 1,57 m  $\pm 1,08$  cm y el IMC está en 23,83  $\pm 5,06$ , entre el bajo peso y la normalidad. La diferencia promedio entre peso corporal prediálisis y peso seco fue de 2,54 Kg, con desviaciones estándar muy grandes ( $\pm 13,8$  para peso prediálisis y  $\pm 13,15$  para peso seco), con un valor mínimo de peso prediálisis de 36,8 Kg y máximo de 114 Kg, y para el peso seco valor máximo de 109,5 Kg y mínimo de 36,2 Kg. La resistencia mínima al paso de líquidos fue de 318 y la máxima de 873 (figura 2). El 59,7% de los pacientes presentan una resistencia al paso de fluidos mayor o igual a 500; el 40,24% se encuentra por debajo de la normalidad. Al realizar la clasificación nutricional por IMC se puede observar que la mayoría de la población se acerca a la normalidad (44%) y que los otros 2 grupos predominantes son el sobrepeso (23%) y el bajo peso (19%). La incidencia de desnutrición es de un 5% y de obesidad es de 9% del total de pacientes.

Al comparar la fórmula de Kushner vs. la ecuación resultante Ramírez-Almanza para calcular TBW, se encontró una diferencia promedio de 3.94 Kg., con desviaciones estándar de  $\pm 7.48$  para la ecuación de Kushner y  $\pm 5.07$  para la ecuación resultante (Tabla 2).

**Tabla 2.** Aplicación de la ecuación de regresión resultante y comparación con la fórmula Kushner.

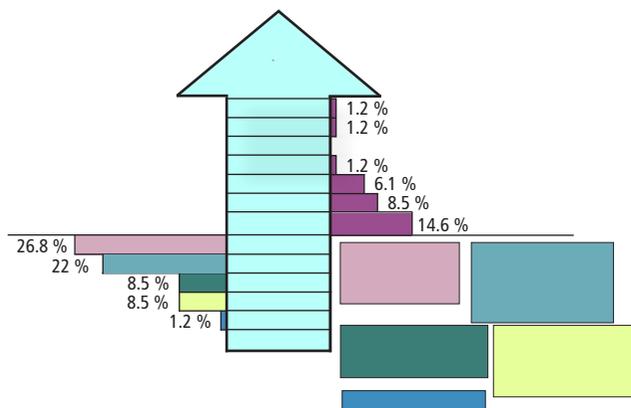
Fórmulas de total de agua corporal	n	Promedio	Desviación estándar
Kushner	82	33.14	7.39
Ramírez-Almanza	82	37.08	5.07

La desviación estándar fue menor en la ecuación Ramírez-Almanza, como se evidencia en la tabla 3.

**Tabla 3.** Comparación de total de agua corporal entre Kushner y Ramírez-Almanza.

	Media	N	Desviación TIP	Error TIP de la media
PAR total de agua corporal Kushner	328550	80	7.48717	83709
1 total de agua corporal Ramírez-Almanza	370824	80	5.07207	56707

En la figura 2, los pacientes ubicados en los colores rosado, azul claro, verde y amarillo que se encuentran por debajo del punto de corte de resistencia de BIA=550, presentaron disnea, HTA, edema y combinación de dos y hasta tres de esos síntomas. Los pacientes ubicados en el color violeta por encima del corte de R=550 no presentaron síntomas.



**Figura 2.** Punto de corte según síntomas prediálisis y Resistencia (hecho según la metodología del doctor Sackett y adaptado por Doris Ramírez de Peña).

La sensibilidad fue del 73%, que es una alta sensibilidad, lo que quiere decir que los pacientes sintomáticos tienen una probabilidad del 73% de tener una resistencia menor de 550. La especificidad fue del 50%, lo que implica que el 50% de los pacientes que den positivo a la prueba (resistencia menor de 550) van a presentar síntomas y se encuentran descompensados.

**Cuarta fase**

Para analizar los resultados, se requirió dividir a los pacientes en dos grupos: adultos y adultos mayores; a su vez, estos dos

grupos se dividieron en subgrupos por género. El grupo de adultos estuvo integrado por 5 personas (n=2 hombres, 3 mujeres), el promedio de edad para dicho grupo fue de 43 años para hombres y 51,7 en mujeres. El IMC corporal promedio para esta población es 24,2 para hombres y 28,5 en mujeres. En el grupo de adultos, un paciente se encontró eutrófico y los cuatro restantes se encontraron con sobrepeso. Este análisis se hizo basado en los parámetros de interpretación para la valoración del adulto de la Metropolitan Life Insurance Company, (1983).

En el grupo de adultos mayores, las mujeres (n=3) se encontraron con contenido de ACT normal en porcentaje y los hombres (n=2) se encontraron con un contenido de ACT bajo, teniendo como referencia los valores de normalidad para agua corporal total arrojados por el impedanciómetro. Todos los hombres de este grupo (n=2) tuvieron un contenido de agua extracelular bajo y en las mujeres (n=3), se encontró una paciente con contenido de AEC normal, otra paciente con AEC bajo y otra con AEC alto, comparado con los valores de referencia dados por el impedanciómetro para cada paciente.

Para el contenido de agua intracelular, en el grupo de pacientes adultos, tanto en los hombres (n=2) como en las mujeres (n=3) se encontró un contenido de agua extracelular bajo, teniendo como referencia los valores de normalidad arrojados por el impedanciómetro para cada paciente.

En el grupo completo de pacientes adultos, se encontró un contenido de grasa corporal alto, a expensas del agua (tanto en porcentaje como en kilogramos), comparándolo contra el valor de referencia de normalidad dado por el equipo al momento de hacer la medición. El promedio hallado fue de 22,7% y 15,8 Kg para los hombres y 41,4% y 29,7 Kg en las mujeres. En todos los pacientes adultos se encontró un porcentaje de masa magra bajo, teniendo como punto de referencia el valor de normalidad indicado por el impedanciómetro para cada paciente. El promedio de masa magra para los hombres fue de 77,4% y para las mujeres de 51,9%.

Al igual que en el grupo de pacientes adultos, en la totalidad del grupo de pacientes adultos mayores se encontró un contenido alto de grasa corporal, tanto en porcentaje como en kilogramos, teniendo como valor de referencia el arrojado por el impedanciómetro para cada paciente. Los promedios fueron de 36,4% y 19 Kg. en los hombres y 58% y 18,4 Kg. en las mujeres. En todos los pacientes adultos mayores, al igual que en el grupo de adultos, se encontró una cantidad de masa magra en porcentaje bajo, comparándolo contra el valor de referencia que da el impedanciómetro en el momento de la medición. El promedio encontrado en el grupo es de 63,6% para los hombres y 44,2% para las mujeres.

### Quinta fase

Se obtuvo una muestra de 42 pacientes (60% hombres y 40% mujeres); con una edad media de 52.5 años + 15.4 para mujeres y 59.2 + 10.9 para hombres. El rango de edad estuvo entre 20 y 80 años. El peso seco promedio fue de 59.7 y la talla de 1.55 metros.

### Antropometría

Según el IMC, las personas menores de 60 años tuvieron un peso adecuado en relación con la talla (66%), el 30% (n=7) de la población presentó exceso de peso y solo el 4% (1 paciente), tuvo un bajo peso. El peso seleccionado para la determinación del IMC fue el peso pos-diálisis para darle mayor confiabilidad al parámetro.

### Bioimpedanciometría

La determinación de la composición corporal por BIA arrojó que el 74% de la población estudiada (n=31) tenía un porcentaje alto de grasa, 24% de la población (n=10) tenían un porcentaje de grasa normal y el 2% presentó un porcentaje de grasa bajo.

En cuanto a la reserva muscular, se pudo observar que el 63% (n=26) de la muestra tuvo una baja reserva muscular, mientras que el 37% (n=17) tuvo un nivel normal.

El porcentaje de agua total corporal obtenido por el bioimpedanciómetro arrojó que el 58% (n=24) de los pacientes obtuvieron un porcentaje de TBW normal, el 27% (n=11) tuvieron un porcentaje de TBW bajo, y el 15% (n=6) tuvieron un porcentaje alto de agua total corporal.

Como parte de la valoración nutricional, se pretendió incluir una comparación entre el nPCR y los niveles séricos de albúmina, para observar si hay alguna relación entre el nPCR y la preservación de la masa muscular.

En general, el grupo presentó concentraciones séricas de albúmina adecuadas, la mayoría de ellos están en el rango de normalidad que es 3.0-3.5 g/l. Al compararlo con el nPCR, se observa que no existe una tendencia similar, ya que puede haber valores de normalidad en albúmina, pero con valores de ingesta de proteína inferiores a 1 gr/kg/día. En 40 pacientes se validó la ecuación Ramírez Almanza vs. Ecuación de Kushner, la diferencia no fue significativa (1-4 kg).

### Sexta fase

La muestra total de esta fase fue de 30 pacientes, discriminados por género: mujeres 11 y hombres 19, clasificados por rango de

edad entre 18 y 59 años (n=7) y mayores de 60 (n=23). Se observa mayor número de mujeres jóvenes —entre el rango 18-59— (n=6) y un mayor número de hombres (n=18) mayores de 60.

Las comorbilidades más comunes presentes en los pacientes de la Unidad Renal fueron hipertensión y EPOC.

La estimación de riesgo nutricional según VGS-MIS arrojó que el 87% de los pacientes (n=27) tenían un riesgo leve de desnutrición, evidenciado por pérdida de peso, depleción de reserva grasa y muscular, presencia de co-morbilidades, número de años en diálisis, disminución de albumina y capacidad total de fijación del hierro. El 10% (n=3) de la muestra se clasificó dentro de un riesgo nutricional moderado con un puntaje total en la valoración global subjetiva de 11-20. Sólo 3% (n=1) se encontraba sin riesgo nutricional. Ningún paciente mostró un riesgo nutricional severo.

El puntaje de malnutrición e inflamación también permitió evidenciar el estado de la reserva grasa (disminución en la reserva de grasa o pérdida de grasa subcutánea en ojos, bíceps, tríceps y pecho) y de la reserva muscular (signos de depleción muscular en depresión temporo-frontal, clavícula, escápula, costillas, cuádriceps, rodilla, interóseo) de los pacientes.

También se obtuvo el dato del contenido muscular y graso arrojado por el bioimpedanciómetro, en el que se evidencia una conservación de la masa muscular en ambos géneros y un exceso de reserva grasa en hombres y mujeres, encontrando porcentajes elevados en la clasificación de exceso moderado. En ambos sexos, se evidencia un exceso de panículo adiposo. Como se sabe, la edad también influye en los contenidos de grasa corporal ya que, a medida que aumenta la edad, aumenta el tejido adiposo y disminuye la masa muscular.

Como se mencionó anteriormente, para la obtención del peso seco se utilizó la ecuación de normovolemia presente en el artículo “A new technique for establishing dry weight in hemodialysis patients via whole body bioimpedance” (6,16).

$$P_s = \frac{H_v * P_p - A_e}{H_v - N_v}$$

Esta ecuación tiene en cuenta el peso pos-diálisis, el agua extracelular, la normovolemia y la hipervolemia.

El agua extracelular varía en cada paciente dependiendo del agua total corporal, la composición corporal, el peso, la talla y el género. Se hace necesaria la toma de bioimpedancia para determinar la cantidad de litros por paciente y así poder aplicar la fórmula de normovolemia con una diferencia en relación con el peso posdiálisis o peso seco con una diferencia mínima

entre las dos (1 kg y máxima de 2.5 Kilos ) lo cual significa que el peso post-dialisis o peso seco es tan acertado como el peso seco por normovolemia e hipervolemia

## Discusión

En el estudio, se observan los cambios que se presentan antes y después de la HD, evidentes a través de la BIA y percibidos a partir de los cambios en la resistencia. Estas modificaciones, que fueron descritas por Hoffer et al., corresponden a las variaciones en el TWB en el periodo- pre y pos diálisis. El TWB se modifica durante la hemodiálisis, de modo que se logra el menor valor al término de la sesión, así como los valores más altos de resistencia (relación inversamente proporcional).

Los valores de resistencia y disminución de peso encontrados en la segunda etapa de nuestro estudio guardan correlación con el estudio de Di Lorio et al. (18), en el cual se analizaron los cambios pre- y pos diálisis de la resistencia encontrada por BIA y la disminución de peso durante la diálisis. En Di Lorio, la disminución de peso fue de 2.8 +/- 0.8 Kg, con una resistencia prediálisis de 453 + 74 ohmios y resistencia posdiálisis de 542 + 98 ohmios, mientras que en nuestro estudio se encontró una disminución de 2,6 Kg de peso perdido en diálisis y resistencias de 358 ohmios pre-diálisis y 756 ohmios pos-diálisis.

En la tercera etapa del estudio, se puede observar que la diferencia promedio entre peso corporal prediálisis y peso seco fue de 2,54 Kg, mientras que la resistencia mínima al paso de la corriente eléctrica fue de 318 ohmios y la máxima de 873 ohmios. Los datos muestran un punto de corte de resistencia @ de 550 ohmios, el cual tiene una sensibilidad mediana de 71% con una especificidad de 94% para los síntomas de sobrecarga de volumen. Existe una alta correlación entre las variables descritas como síntomas característicos por exceso de agua corporal — hipertensión, disnea y edema— y las bajas resistencias presentadas.

Respecto al diagnóstico nutricional según el IMC —parámetro analizado en la segunda etapa del estudio— se puede comentar que el 44% de los pacientes están eutróficos, el 23% se encuentra en sobrepeso y el 19% en desnutrición y, aunque el IMC no sea un indicador preciso del estado nutricional debido a las variaciones en peso, sí se puede afirmar que en los pacientes existe un porcentaje de desnutrición multicausal, donde la principal razón es la escasa ingesta de alimentos, debida en su mayor porcentaje a la anorexia motivada por la uremia; sin embargo, existen otros factores: económicos, culturales y psicosociales, que influyen notablemente en el estado nutricional de los pacientes.

Respecto a la ecuación Ramírez-Almanza, resultante del proceso realizado en la tercera etapa para conocer agua total

corporal de los pacientes, utilizando la resistencia del BIA-4, tiene una alta correlación (0.87) con la fórmula de Kushner —que es calculada en pacientes renales— y además, presenta una ventaja frente a esta, pues la ecuación Ramírez-Almanza tiene como base mediciones en paciente renal colombiano. Aunque la muestra fue pequeña, en la quinta etapa se validó con 47 pacientes; así, se confirmó lo encontrado en la revisión bibliográfica: se encuentra que la BIA definitivamente es un método práctico, fácil, de gran correlación con los métodos estándar para la determinación del agua corporal, y contribuye a determinar con una alta confiabilidad el peso seco de los pacientes en diálisis.

La determinación de TBW por el método de BIA ofrece una nueva aplicación, con poca necesidad adicional de entrenamiento y de consumo de tiempo, que permite de manera fácil y confiable la reproducibilidad de los resultados. La estimación del TBW por medio de BIA es mejor que los métodos corrientes no invasivos existentes —como los pliegues antropométricos (21) y es bueno para aproximar el volumen de urea de los pacientes en hemodiálisis (22). Recientemente, se introdujo la multifrecuencia (MF-BIA), con la cual es posible distinguir entre los espacios intracelular y extracelular para medir en forma más precisa el TBW (23-25).

En la quinta fase del estudio, el 60% de la muestra tuvo un bajo peso, lo que se correlaciona con la alteración en el estado nutricional que sufren estos pacientes debido a la anorexia, pérdida de proteína por las sesiones de diálisis y por la acidosis metabólica.

En la sexta fase, se determinó el peso seco por medio de la ecuación de normovolemia, e hipervolemia Se concluye que el peso seco por normovolemia e hipervolemia es igual que tomar peso seco post diálisis pues la variabilidad estuvo entre 1 y 3 kilos al comparar los dos métodos.

Los pacientes renales en tratamiento de hemodiálisis pueden llevar un buen control de su estado nutricional y de su peso seco si mensualmente se monitorea su composición corporal con el bioimpedanciómetro de multifrecuencia, ya sea tetrapolar u octapolar (BIA-4 BIA-8). Se acepta que la impedancia multifrecuencia ofrece una mayor precisión en la medición de los espacios intra- y extracelular.

## Conflicto de intereses

Ninguno declarado por los autores.

## Financiación

Ninguno declarado por los autores.

## Agradecimientos

A los pacientes de las unidades renales de la Fundación Hospital San Carlos, Cruz Roja y Centro de Prevención de Enfermedades Crónicas de Bogotá, Colombia; al equipo de salud de las unidades renales; a las profesionales Adriana Zambrano y Nidia Mera de la Unidad Renal de la Fundación Hospital San Carlos; a Ricardo Contento, MSc. en estadística y Profesor de la Universidad Jorge Tadeo Lozano de Bogotá; a Sandra Bermúdez, Juliette Giraldo, Lilian Cáceres, Diana Osorio, Paola Sabogal, Yeinny Suárez, Leny González, Juliana León y Laura Barrera, estudiantes del Pregrado en Nutrición Humana de la Universidad Nacional de Colombia; al Dr. Daniel Pinzón Segura, Médico internista, Residente de Nefrología del Hospital San Carlos.

## Referencias

- Dou Y, Cheng X, Liu L, Bai X, Wu L, Guo W, et al.** Development and Validation of a new dry weight estimation method using single frequency bioimpedance in hemodialysis patients [Internet]. *Blood Purif*. 2011 [cited 2014 Dec 15];32(4):278-85. Available from: <http://goo.gl/G8OUwy>.
- National Institute for Health and Care Excellence (NICE). Chronic kidney disease: early identification and management in adults in primary and secondary care [Internet]. NICE clinical guidelines 73. Londres: Royal College of Physicians (UK); 2008 [cited 2014 15]. Available from: <http://goo.gl/wOcYAz>.
- Rodríguez-Valero KA.** Situación de nefrología en Colombia. *ASOCOLNEF*. 2009;1:5-17. Spanish.
- Chumlea WC.** Anthropometric and Body Composition Assessment in Dialysis Patients [Internet]. *Semin Dial*. Nov-Dec 2004 [cited 2014 Dec 15];17(16):466-70. doi: <http://doi.org/bv3kkb>.
- Fagugli RM, Pasini P, Quintaliani G, Pasticci F, Cio G, Cicconi B, et al.** Association between extracellular water, left ventricular mass and hypertension in haemodialysis patients [Internet]. *Nephrol Dial Transplant*. 2003 [cited 2014 Dec 15];18(11):2332-8. doi: <http://doi.org/c3mzsz>.
- Martinoli R, Mohamed EI, Maiolo C, Cianci R, Denoth F, Salvadori S, et al.** Total body water estimation using bioelectrical impedance: a meta-analysis of the data available in the literature [Internet]. *Acta Diabetol*. 2003 [cited 2014 Dec 15];40 Suppl 1:S203-6. doi: <http://doi.org/c74f7n>.
- Cigarrán S, Barril G, Bernis C, Cirugeda A, Herraiz I, Selgas R.** Evaluación del estado nutricional de los pacientes renales y ajuste del peso seco en CAPD y HD: papel de la bioimpedancia. *Electron J Biomed* [Internet]. 2004 [cited 2014 Dec 15];1:16-23. Spanish. Available from: <http://goo.gl/4f816x>.
- Kushner RF, Roxe DM.** Bipedal Bioelectric impedance analysis reproducibly estimates Total Body Water in Haemodialysis patients. *Am J Kidney Diseases* [Internet]. 2002 [cited 2014 Dec 15];39:154-8. doi: <http://doi.org/d7dd7t>.
- Medrano G, Eitra F, Floege J, Leonhardt S.** A Novel Bioimpedance Technique to Monitor Fluid Volume State During Hemodialysis Treatment [Internet]. *ASAIO J*. 2010 [cited 2014 Dec 15];56(3):215-20. doi: <http://doi.org/drqhsf>.
- Dolgos S, Hartmann A, Bollerslev J, Vörös P, Rosivall L.** The importance of body composition and dry weight assessments in patients with chronic kidney disease [Internet]. *Acta Physiol Hung*. 2011 [cited 2014 Dec 15];98(2):105-16. doi: <http://doi.org/cdn8f4>.
- Chua HR, Xiang L, Chow PY, Xu H, Shen L, Lee E, Teo BW.** Quantifying acute changes in volume and nutritional status during haemodialysis using bioimpedance analysis. 2012 [cited 2014 Dec 15];17:695-702. doi: <http://doi.org/xrj>.
- Kalantar-Zadeh K, Kopple JD, Block G, Humphreys MH.** A Malnutrition-Inflammation Score is correlated with morbidity and mortality in maintenance hemodialysis patients. *American Journal of Kidney Diseases*. 2001 [cited 2014 Dec 15];38(6):1251-63. doi: <http://doi.org/b8f9xm>.
- Daugirdas JT, Blake PG, Ing TS.** Handbook of Dialysis. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.
- Kamnonrat CH, Thanakorn K.** Effective determination of dry weight by intradialytic bioimpedance analysis in hemodialysis. *Blood purification* [Internet]. 2009 [cited 2015 Dec 15];27:235-41. doi: <http://doi.org/c3ppjd>.
- Chamney PW, Krämer M, Rode C, Kleinekofort W, Wize-mann V.** A new technique for establishing dry weight in hemodialysis patients via whole body bioimpedance. *Kidney Int*. 2002 [cited 2014 Dec 15];61(6):2250-8. doi: <http://doi.org/b2qspf>.
- Cooper BA, Aslani A, Ryan M, Zhu FY, Ibels LS, Allen BJ, et al.** Comparing Different Methods of Assessing Body Composition in End-Stage Renal Failure. *Kidney Int*. 2000 [cited 2014 de 15];58(1):408-16. doi: <http://doi.org/b8nhfg>.
- Celik G, Kara I, Yilmaz M, Apiliogullari S.** The relationship between bioimpedance analysis haemodynamic parameters of hemodialysis, biochemical parameters and dry weight [Internet]. *J Int Med Res*. 2011 [Cited 2014 Dec 15];39(6):2421-8. doi: <http://doi.org/xrm>.
- Lee SW, Song JH, Kim GA, Lee KJ, Kim MJ.** Assessment of total body water from anthropometry-based equations using bioelectrical impedance as reference in Korean adult control and haemodialysis subjects [Internet]. *Nephrol Dial Transplant*. 2001 [Cited 2014 Dec 15];16(1):91-7. doi: <http://doi.org/dfqbq3>.
- Di Iorio BR, Scalfi L, Terracciano V, Bellizzi V.** A systematic evaluation of bioelectrical impedance measurement after hemodialysis session [Internet]. *Kidney Int*. 2004 [cited 2014 Dec 15];65(6):2435-40. doi: <http://doi.org/cxrvbg>.
- Van Marken Lichtenbelt WD, Westertep KR, Wouters L.** Deuterium dilution as a method for determining total body water; effect of test protocol and sampling time [Internet]. *Br J Nutr*. 1994 [Cited 2014 Dec 15];72:491-7. doi: <http://doi.org/bg7sh5>.
- Morucci JP, Rigaud B.** Bioelectrical impedance techniques in medicine. Part III: Impedance imaging. Third section: medical applications [Internet]. *Crit Rev Biomed Eng*. 1996;24(4-6):655-77.
- Bradbury MG, Brocklebank JT, Smye SW, Davies PS.** Total body water measurement in renal insufficiency [Internet]. *Pediatr Nephrol*. 1996;10(2):195-9. doi: <http://doi.org/cg5ndg>.
- 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;25:265-72. doi: <http://doi.org/fm8cnt>.
24. **Patterson R.** Bioelectric Impedance Measurements. In: Bronzino JD, editor. *The Biomedical Engineering Handbook*. Boca Raton: CRC Press Heidelberg Springer in cooperation by IEEE Press. 2000:73-78.
25. **Ikizler TA, Sezer MT, Flakool PJ, Hariachar S, Kanagasundaram NS, Gritter N, et al.** Urea space and total body water measurements by stable isotopes in patients with acute renal failure. *Kidney International* [Internet]. 2004 [Cited 2014 Dec 15];65(2):725-32. doi: <http://doi.org/dz275n>.
26. **Hoffer EC, Meador CK, Simpson DC.** Correlation of whole-body impedance with total body volume. *J Appl Physiol* 1969;27:531-4.
27. **Sackett DL, Haynes BR, Guyatt G, Tugwell P.** *Epidemiología clínica*. 2ed.1994.