

Elementos teóricos y prácticos sobre la bioimpedancia eléctrica en salud

Theoretical and practical facts about health electric bioimpedance

MSc. Lidyce Quesada Leyva; Dra. Cira Cecilia León Ramentol; MSc. José Betancourt Bethencourt; MSc. Elizabet Nicolau Pestana

Centro de Inmunología y Productos Biológicos (CENIPBI). Universidad de Ciencias Médicas. Camagüey, Cuba.

RESUMEN

Fundamento: la bioimpedancia eléctrica es una técnica que se usa para medir la composición corporal que tiene el cuerpo humano, se basa en la capacidad de éste para conducir la corriente eléctrica. Permite medir los parámetros bio-eléctricos en sistemas biológicos.

Objetivo: describir elementos teóricos y prácticos sobre la bioimpedancia eléctrica que permitan a los diferentes especialistas de la salud conocer su utilización práctica para la asistencia médica y las investigaciones.

Métodos: se realizó una búsqueda bibliográfica en las plataformas de acceso a bases de datos de la red de información de salud cubana INFOMED, dentro de ellas en EBSCOhost, PubMed, Clinical Key y SciELO. Se utilizaron los descriptores: bioimpedancia eléctrica en salud y *health electric bioimpedance*.

Desarrollo: se abordan los principales aspectos de la bioimpedancia eléctrica como técnica para evaluar la composición corporal. Se presentan los aspectos relacionados con sus ventajas, limitaciones y aplicaciones de la misma.

Conclusiones: el uso de la impedancia eléctrica para el análisis de la composición corporal, se presenta como una técnica no invasiva de gran precisión que en un corto período de tiempo permite obtener datos de manera fiable para la evaluación del estado de hidratación y nutrición tanto en personas sanas como en las enfermas por diversas causas.

DeCS: IMPEDANCIA ELÉCTRICA; COMPOSICIÓN CORPORAL; ÍNDICE DE MASA CORPORAL; ASISTENCIA

ABSTRACT

Background: electric bioimpedance is a technique used to measure the body composition humans have. It is based on the body's capacity to conduct electricity. It allows to measure bioelectrical parameters in biological systems.

Objective: to describe practical and theoretical elements about electric bioimpedance that permit different health specialists to know its practical usage for health care and research.

Methods: a literature search was carried out in database platforms of the web on Cuban health information INFOMED, among them, EBSCOhost, PubMed, Clinical Key and SciELO. Electric bioimpedance in health and *health electric bioimpedance* were the descriptors used.

Development: the electrical bioimpedance as a technique to assess body composition were describe. Aspects related to its advantages, limitations and applications of bioimpedance are presented.

Conclusions: the use of electric impedance for the analysis of the body composition is presented as a non-invasive technique of great precision, which in a short period of time allows obtaining reliable data for the assessment of hydration and nutrition states either in healthy or ill people due to different causes.

DeCS: ELECTRIC IMPEDANCE; BODY COMPOSITION; BODY MASS INDEX; MEDICAL ASSISTANCE; REVIEW LITERATURE AS TOPIC.

INTRODUCCIÓN

El análisis de la composición corporal consiste en el fraccionamiento de la masa corporal total en sus distintos componentes.¹ Se ha utilizado el índice de masa corporal (IMC), y la circunferencia de la cintura y la cadera o pliegues de grasa subcutánea para evaluar el estado nutricional de las personas, porque las medidas que intervienen son sencillas de tomar y son fáciles de calcular. Aunque son poco precisos en determinados casos, en particular para el diagnóstico clínico, ya que no distingue adiposidad de musculatura o tejido esquelético.²

La asociación entre el exceso de grasa corporal y el riesgo cardiovascular ha acelerado en los últimos años el desarrollo de numerosas técnicas.

El uso de algunas de estas técnicas se generaliza en la práctica clínica y algunas como el análisis de bioimpedancia o *bioimpedance analysis* (BIA) o la absorciometría dual de rayos X *dual energy X-ray absorptiometry (DEXA)*, se aplican en estudios poblacionales como son los Nacionales de Salud y Nutrición de Estados Unidos.³

La BIA ha ganado popularidad en la evaluación y el monitoreo del estado nutricional, permite medir los parámetros bioeléctricos en sistemas biológicos, debido a la estrecha relación de estos con los parámetros biológicos: agua corporal total (ACT), sus compartimentos (aguas intracelular, extracelular y del tercer espacio) y la

la composición corporal (masa libre de grasa (MLG); masa grasa (MG), índice de masa corporal (IMC) y metabolismo basal (MB) entre otros).⁴ En medicina se ha utilizado para el monitoreo de los aparatos: respiratorio (frecuencia y arritmias respiratorias, agua extravascular pulmonar), cardiovascular (gasto cardíaco) y del sistema nervioso central (circulación cerebral, procesos isquémicos).⁵

El principio físico de la BIA consiste en la oposición que ofrece un tejido biológico al paso de la corriente eléctrica alterna. Los parámetros bioeléctricos que se estiman son: la resistencia eléctrica (R), la reactancia inductiva (X_L) y la reactancia capacitiva, X_C (en ohm). La reactancia inductiva se expresa como $X_L = 2(\pi)(\text{Hz})(L)$, donde X_L es la reactancia inductiva en Ohmios, L la inductancia en Henrios, Hz es la frecuencia (Ciclos) y 2π es una constante, mientras que la reactancia capacitiva se expresa como $X_C = 1/2\pi fC$, donde f es la frecuencia y C la capacidad de lo que se mide. A partir de R y X_C se calculan el módulo de impedancia eléctrica, $|Z|$ (en ohm) y el ángulo de fase, θ (en grados), mediante $|Z| = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ y $\theta = \text{tg}^{-1}(X_C / R)$.^{6,7}

Estos parámetros dependen del contenido en agua y la conducción iónica en el organismo.⁸

Se define resistencia (R) como la oposición del tejido al pase de la corriente y reactancia (X_C), es el otro efecto negativo sobre la conducción eléctrica y está descrito por el comportamiento como condensador de la membrana celular y depende a su vez de la frecuencia.⁹

La investigación se realiza con el objetivo de describir elementos teóricos y prácticos sobre la

BIA que permitan a los diferentes especialistas conocer la utilización práctica para la asistencia médica y las investigaciones en salud.

MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica acerca del tema en la Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey, de abril a junio de 2015, en el Centro de Inmunología y Productos Biológicos. Para la investigación se utilizaron los descriptores del MeSH (*Medical Subject Headings*) y DeCS (Descriptores en Ciencias de la Salud) en SciELO. La estrategia de búsqueda combinó diferentes palabras claves y los operadores lógicos:

1. Bioimpedancia eléctrica.
2. Ángulo de fase.
3. Composición corporal.

Combinaciones de términos: 1 AND 3; 2 OR 3; 1 AND 2.

Se consideraron artículos originales publicados en la década 2004-2014, en plataformas de acceso a bases de datos de la red de información de salud cubana INFOMED, dentro de ellas en EBSCOhost, PubMed, Clinical Key, SciELO y la Biblioteca Virtual de Salud (BVS).

DESARROLLO

Bioimpedancia y parámetros asociados

La impedancia (Z), medida en ohmios, es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de R y X_C , es dependiente de la frecuencia y pueden incluir resistencia (R), reactancia inductiva (X_L) y la reactancia capacitiva (X_C), las reactancias capacitivas e inductivas están dadas por fórmulas, en función de la frecuencia en Hertz, la

inductancia en Henrios y la capacitancia en Faradios, las cuales son variables físicas que se pueden medir. Una vez obtenidas las expresiones de las reactancias capacitivas e inductivas, se puede hacer una suma vectorial para obtener una impedancia equivalente, cuya expresión de magnitud y ángulo estarían dadas por

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (Xl - Xc)^2}$$

La resistencia (R) es la oposición de un conductor biológico al flujo de una corriente eléctrica alterna, mientras que Xc es el efecto de la resistencia debido a la capacitancia, almacenamiento de carga eléctrica en un condensador, producida por las interfaces de los tejidos y las membranas celulares. La capacitancia hace que la corriente deje atrás la tensión, donde crea un cambio de fase. Este cambio se cuantifica según la geometría como la transformación angular de la relación de la Xc a la R, o el ángulo de fase (AF).⁹

El AF se puede calcular solo de R y Xc como el arco tangente $(Xc/R) \times 180^\circ/\pi$. Por lo tanto, el AF, por una parte es dependiente de la capacitancia de los tejidos (Xc) asociado con la celularidad, tamaño de la célula e integridad de la membrana celular, y por otro lado, del comportamiento de la R, que depende solo de la hidratación de los tejidos.¹⁰

Impedancia bioeléctrica (BIA) y análisis vectorial (BIVA)

La BIVA, por otro lado, se basa en el cumplimiento del vector impedancia y en su ángulo de fase, medido en 50hz, pero es un método que puede ser influido por el error de medida de la impedancia y por la variabilidad fisiológica de

los sujetos. Las variables de medida de la BIVA son la resistencia (R) y la reactancia (Xc), que son las mismas de la BIA, pero a su vez son normalizadas por la altura y registradas como vectores en el plan RXc. El cumplimiento del vector establece el nivel de hidratación del sujeto, de manera que, cuanto mayor el vector, menor la cantidad de agua y mayor la resistencia (R), mientras que el mayor ángulo de fase está asociado al mejor estado nutricional.¹¹

Esta técnica permite analizar la hidratación del paciente y distinguir los tejidos corporales con mayor contenido de agua (músculos) y aquellos con bajo contenido de agua (tejido adiposo, pulmón y huesos).¹² La reactancia (Xc), por otro lado, determina la capacidad de las membranas celulares para almacenar energía, ya que actúan como condensadores eléctricos cuando una corriente eléctrica pasa a través de ellas. Estas actúan como conductores y el contenido celular ejerce como material dieléctrico, donde almacena la carga cuando la corriente pasa entre el compartimento intra y extracelular.^{12, 13}

El AF también se ha utilizado para predecir la masa celular corporal, por esta razón, también se utiliza como un indicador nutricional en adultos y niños. Se ha estudiado el papel del AF, como un indicador de pronóstico y este puede variar en diferentes condiciones clínicas.⁹

En la actualidad existe una gran cantidad de ensayos clínicos que proponen el AF como un marcador pronóstico útil en condiciones clínicas, como en cirrosis hepática,¹⁴ varios tipos de cáncer,^{14, 15} esclerosis sistémicas,¹⁶ también se observó una asociación positiva entre el AF y la

supervivencia en pacientes con VIH-positivos.¹⁷ Varios autores sugieren que el AF puede ser una herramienta importante para evaluar el resultado clínico o para evaluar la progresión de la enfermedad y este puede ser superior a otros indicadores nutricionales, bioquímicos o antropométricos.^{18, 19}

Principios y propiedades bioeléctricas del cuerpo humano

La resistencia es proporcional a la longitud del cuerpo (por lo general se considera su longitud o altura) e inverso proporcional al área de sección (en general las medidas que representan los perímetros de los segmentos del tronco y de las extremidades). Por ello, un cuerpo largo tendrá una mayor resistencia en relación con uno más corto, y un cuerpo con un área de sección pequeña tendrá una resistencia menor.

En matemática, el volumen del conductor puede estimarse con la ecuación: volumen del conductor:

$$\text{Volumen (V)} = \text{longitud (L)} \times \text{área (A)} \quad A = V/L$$

$$(\text{resistencia}) R = \rho (L/A)$$

$$R = \rho L (L/V) \quad V = \rho L^2/R$$

Donde ρ una constante de resistividad del cuerpo.⁵

Esta relación volumétrica asume que el conductor tiene una forma uniforme y que la corriente también se distribuye con uniformidad. La constante de resistividad del cuerpo (ρ) en ohm (Ω)/cm es independiente del tamaño y la forma, y es similar a la gravedad específica. Si se sustituye la longitud por la estatura, se obtiene el cociente del cuadrado de la estatura por la resistencia ($\text{estatura}^2/R$), en cm^2/Ω , y este es el co-

nocido índice de impedancia, que es proporcional al volumen corporal.¹ Este índice es de gran importancia, ya que se presenta en la mayoría de las ecuaciones de predicción, como la mayor y más importante variable predictora del ACT.⁵ Los aparatos de impedancia eléctrica introducen en el cuerpo una corriente alterna de amperaje muy bajo (imperceptible), que discurre por el cuerpo al actuar el agua corporal como elemento conductor y la resistencia que ofrece el fluido al paso de esa corriente, es medida por el medidor de impedancia.⁵

Los flujos eléctricos de corriente atraviesan de forma diferente tanto los líquidos extracelulares, como los intracelulares y son dependientes de la frecuencia de la corriente. En frecuencias de 5 Hz o menores, esta corriente fluye muy bien por el agua extracelular con una reactancia muy baja. Con frecuencias por encima de 100 Hz, la corriente penetra en los tejidos corporales también con una reactancia mínima.⁵

La constante de resistividad (ρ) no es igual en todos los segmentos del cuerpo humano y esto se debe a las variaciones intraindividuales e interindividuales de la composición de los diferentes tejidos, que en suma son parte de las diferencias interindividuales y de la existencia de errores de predicción en la estimación de la composición corporal mediante BIA.⁵

El fundamento principal de la técnica de BIA es valorar la respuesta de los tejidos al paso de una corriente eléctrica de tipo alterno, que deberá ser de un voltaje muy bajo e indoloro para el humano.⁶

La corriente utilizada puede ser de dos tipos:

monofrecuencia (50 kHz) o multifrecuencia.⁶ Ambas pueden medir el ACT, por lo tanto, la multifrecuencia puede discriminar y estimar el contenido hídrico y celular del cuerpo. Esto se debe a que la multifrecuencia permite atravesar las membranas celulares.^{20, 21}

Es de destacar que las mediciones pueden realizarse de cuerpo total, cuerpo parcial o segmental, esto depende de la ubicación de los electrodos negativos y positivos. En el caso de los pacientes con trastornos de la conducta alimentaria se pudiera emplear aquellos tipos de impedancia que evaluaran por completo el cuerpo de los pacientes, debido a los cambios corporales que suelen tener lugar en pacientes con anorexia nerviosa,²² bulimia nerviosa²³ y obesidad²⁴ (se considera al trastorno por atracón con complicaciones similares a la obesidad y el sobrepeso al consumir alimentos ricos en energía y grasas en los episodios de atracones).

Por lo tanto se puede afirmar que, las corrientes multifrecuencia son capaces de atravesar las membranas celulares,²⁵ de esta manera se con-

sidera el cuerpo humano como un cilindro de talla (L) y sección transversal (A) se establece que: $Z = (\rho \times L)/A$.²⁶

Piccoli A, et al,²⁷ desarrollaron un nuevo método el cual no depende de modelos, estimaciones o ecuaciones, y que sólo se afecta por las medidas de Z o bien de la variabilidad individual. Se trata de la construcción de un gráfico R/H (abscisas) y Xc/H (ordenadas), estandarizado por edades. Cada vector individual puede ser comparado con las referencias de unas elipses que representan el 50, el 75 y el 95 % de tolerancia para cada edad y tamaño corporal.

El movimiento del vector de impedancia puede variar (emigrar) a diferentes zonas que se interpretan como estados de deshidratación con largos vectores, hiperhidratación con vectores cortos y cambios a izquierda o derecha según cambios producidos en la MLG.²⁷

De esta manera mediante la vía gráfica se obtiene una herramienta para el análisis de la anasarca o la deshidratación de manera sencilla (figura 1).^{26, 27}

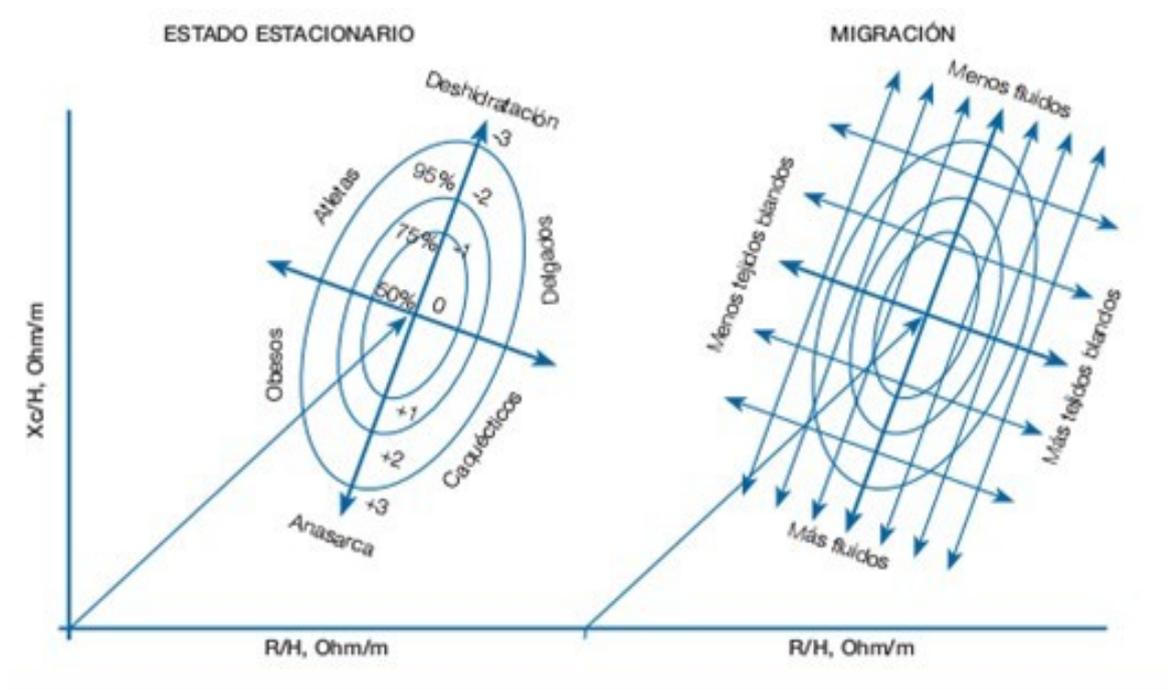


Figura 1. Representación gráfica de las elipses de tolerancia para el tamaño corporal y nivel de hidratación. Tomada de Piccoli ²⁸

Validez de las mediciones de BIA

El cuerpo humano no es un elemento uniforme, ni en longitud, ni en sus áreas transversales de sección, ni en su composición iónica y estas circunstancias afectan a la precisión de las medidas; ²⁹ además la impedancia corporal es diferente entre etnias, lo cual tiene influencias en la precisión de la BIA, ³⁰ la cual puede afectarse por múltiples y diferentes situaciones que se deberán tener en cuenta: la posición del cuerpo, la hidratación, la ingestión de comida y bebida, el aire ambiente y la temperatura de la piel, la actividad física reciente y la conductancia del lugar donde se realiza (la superficie de la camilla). ³¹

La estandarización del método es fundamental para la estimación de componentes como el ACT, la MLG y la MG. La precisión de los cálculos también puede verse afectada incluso por variaciones en la posición de los electrodos, las espe-

cificaciones de la máquina y de los diferentes algoritmos o ecuaciones de cálculo suministrados por cada fabricante.

Una serie de circunstancias y situaciones, que afectan al material utilizado, pueden influir en los datos obtenidos en la medición y en la estimación. Estos aspectos son importantes de cara a la correcta ejecución de la BIA.

Utilidad práctica de la BIA

La tomografía de impedancia eléctrica (TIE), utiliza el principio físico de la impedancia para evaluar diferentes propiedades tisulares. Donde se utiliza múltiples electrodos y es posible obtener imágenes de la bioimpedancia de una sección del cuerpo.

El principio de la TIE está basado en las medidas repetidas de los voltajes de superficie, resultantes de una inyección rotatoria de corriente alterna de baja intensidad entre electrodos situados

en una circunferencia que rodea el objeto estudiado.³² En el pulmón ventilado con lesión pulmonar aguda la técnica tiene particular interés al tener la capacidad de proporcionar datos importantes de lo acontecido en un corte axial del parénquima pulmonar que, por definición, es un tejido heterogéneo con zonas que presentan diferentes características mecánicas. Esto provoca que los parámetros globales (de presión y volumen) que ofrece el ventilador, tengan distinta repercusión en diferentes áreas, al combinarse unidades alveolares sobre-distendidas con unidades alveolares colapsadas y estas áreas pueden tener, además, un diferente grado de perfusión tisular.³²

La obesidad está asociada con un incremento de la morbilidad y mortalidad cardiovascular, ha sido relacionada la cantidad de grasa, en particular la grasa intra-abdominal con el incremento del riesgo cardiovascular, más que el IMC.³³

La insuficiencia cardíaca crónica es asociada con la activación neuro-hormonal y anormalidades en el control autonómico que conduce a la retención de sodio y agua y un incremento en la excreción de potasio, con el edema subsecuente o ascitis, también es asociada con pérdida de masa del músculo esquelético y grasa corporal que progresa a la caquexia cardíaca, cuando la hidratación del tejido es inconstante el análisis de BIA convencional produce estimaciones inexactas de compartimientos del cuerpo, como otros métodos de análisis de composición corporal. Una alternativa es obtener la información sobre la hidratación del tejido y su integridad a través de las propiedades eléctricas de tejidos

mediante el análisis de las dimensiones de la BIA.³⁴

El linfedema se caracteriza por edema significativo y acumulativo en el tejido, con repercusión funcional, estética y psicosocial. Un diagnóstico preciso es fundamental antes de decidir un tratamiento que apunte a restablecer el equilibrio entre la carga de proteínas y la capacidad de transporte del sistema linfático. El análisis de BIA, aunque no proporciona una medida de volumen cuantitativa del linfedema, proporciona un índice de la medida que es favorable, en correlación con las dimensiones cuantitativas del aumento de volumen del miembro visto en el linfedema.³⁵

El análisis de BIA es una herramienta útil para determinar el estado nutricional y de hidratación del enfermo en hemodiálisis. Los dos sistemas más utilizados son la bioimpedancia de monofrecuencia vectorial y la bioimpedancia multifrecuencia espectroscópica, que utiliza diferentes criterios para clasificar el grado de hidratación del enfermo dializado.³⁶

El conocimiento del estado de hidratación es fundamental en la valoración clínica de los pacientes con enfermedad renal crónica, antes y después de iniciar tratamiento sustitutivo. La incorporación del peso seco medido por BIS en pacientes en hemodiálisis permite comprobar que, en algunos casos, la valoración clínica está desviada de la realidad y, en otros casos, permite mejorar la tolerancia hemodinámica. De ello van a depender el control de la presión arterial y el grado de desarrollo de la hipertrofia del ventrículo izquierdo.³⁷

La prevalencia de cáncer del pulmón de células pequeñas es muy alta y es la mayor causa de muerte por cáncer relacionada a nivel mundial.

38

La pérdida de peso y la desnutrición se encuentran en el 38 % de pacientes con cáncer pulmonar; la desnutrición ha sido asociada con la pobre respuesta a la terapia e identificada como una mayor contribución a la morbilidad y mortalidad. ³⁹

El estado inflamatorio y nutricional de estos pacientes ha sido evaluado por la medición de varios objetivos: parámetros del laboratorio que incluyen albúmina, la proporción de neutrófilos/linfocitos, proporción de plaquetas/linfocitos, proteína C-reactiva, así como la evaluación nutricional por medio de la valoración global subjetiva y los métodos antropométricos, donde se incluye el IMC y el análisis de BIA. ⁴⁰

CONCLUSIONES

Se reseñan en el artículo diversos elementos teóricos y prácticos sobre la bioimpedancia eléctrica en salud. La bibliografía consultada indica que el uso de la impedancia eléctrica (BIA) para el análisis de la composición corporal, se presenta como una técnica no invasiva de gran precisión que en un corto período de tiempo permite obtener datos de manera fiable para la evaluación del estado de hidratación y nutrición tanto en personas sanas como en las enfermas por diversas causas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Teruel-Briones JL, Fernández-Lucas M, Ruiz-Roso G, Sánchez-Ramírez H, Rivera-Gorrin M, Gomis-Couto A, et al. Análisis de concordancia entre la bioimpedancia vectorial y la espectroscópica. *Nefrología*. 2012;32(3):389-95.
2. Santos Beneit MG. Aplicación de nuevas tecnologías al análisis de la composición corporal: contraste metodológico y utilidad en el diagnóstico de la condición nutricional [tesis]. España: Universidad Complutense de Madrid Facultad de Biología Departamento de Zoología y Antropología Física; Aug 2011.
3. Center for Disease Control and Prevention [Internet]. Atlanta: National Center for Health Statistic; 2015 Nov 6 [citado 2016 Abr 12]. About the National Health and Nutrition Examination Survey. Survey Contents 1999-2010; [about 3 screens]. Available from: http://www.cdc.gov/nchs/nhanes/about_nhanes.htm
4. Lafargue Lara A, Bergues Cabrales LE, Verdecia Jarque M, Laurencio Martínez Y, Ortega Díaz Y. Parámetros bioeléctricos in vitro e in vivo, estimados con los analizadores Bodystat® 1500-MDD y BioScan® 98. *MEDISAN* [Internet]. Sep 2013 [citado 12 Abr 2016];17(9):[aprox. 14 p.]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1029->

5. Alvero Cruz JR, Correas Gómez L, Ronconi M, Fernández Vázquez R, Porta Manzañido J. La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: normas prácticas de utilización. Rev Andal Med Deporte [Internet]. Sep 2011 [citado 12 Abr 2016];4(4):[aprox. 7 p.]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/3233/323327668006.pdf>
6. Rodón Ortega A, Vallejo Castillo FJ, García ME. Evaluación nutricional mediante técnicas de impedancia. Ventajas e inconvenientes en trastornos de la conducta alimentaria. Conducta aliment [Internet]. 2014 [citado 12 Abr 2016];19:[aprox. 3 p.]. Disponible en: http://www.tcsevillla.com/archivos/impedancia_bioelectrica_en_tca.pdf
7. Arias Solórzano J. Propuesta para el mejoramiento de la Guía de Laboratorio de Electrotecnia [tesis]. Costa Rica: Escuela de Ingeniería Eléctrica Ciudad Universitaria Rodrigo Facio; 2013.
8. Piccoli A. Bioelectric impedance measurement for fluid status assessment. Contrib Nephrol [Internet]. 2010 Apr [citado 2016 Apr 12];164:[about 9 p.]. Available from: <http://www.karger.com/Article/Abstract/313727>
9. Oshima Y, Shiga T, Namba H, Kuno S. Estimation of whole-body skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis in the standing position. Obesity Res Clin Prac. 2010 Jan–Mar [citado 2016 Apr 12];4(1): [about 7 p.]. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871403X09000428>
10. Barbosa-Silva MC, Barros AJ, Wang J, Heymsfield SB, Pierson RN Jr. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. Am J Clin Nutr [Internet]. 2005 Jul [citado 2016 Apr 12];82(1):[about 4 p.]. Available from: <http://ajcn.nutrition.org/content/82/1/49.short>
11. Eickemberg M, Oliveira CCd, Roriz AKC, Sampaio LR. Bioimpedância elétrica e sua aplicação em avaliação nutricional. Rev Nutrição. 2011;24:873-82.
12. López-Gómez J. Evolución y aplicaciones de la bioimpedancia en el manejo de la enfermedad renal crónica. Nefrología. 2011;31(6):630-4.
13. Soares V, Silveira de Avelar I, Rosa de Sousa Andrade S, Fraga Vieira M, Sebastiana Silva M. Composición corporal de pacientes renales crónicos en hemodiálisis: antropometría y análisis vectorial por impedancia bioeléctrica. Rev Latino-Am Enfermagem [Internet]. Nov-Dic 2013 [citado 12 Abr 2016];21(6):[aprox. 7 p.]. Disponible en: www.eerp.usp.br/rlae
14. Gupta D, Lammersfeld CA, Vashi PG, King J, Dahlk SL, Grutsch JF, et al. Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic indicator in breast cancer. BMC Cancer [Internet]. 2008 Aug [citado 2016 Apr 12];27(8):[about 8 p.]. Available from: <http://www.biomedcentral.com/1471-2407/8/249>

15. Gupta D, Lis CG, Dahik SL, King J, Vashi PG, Grutsch JF, et al . The relationship between bioelectrical impedance phase angle and subjective global assessment in advanced colorectal cancer. *Nutr J* [Internet]. 2008 Jun 30 [citado 2016 Apr 12];7: [about 19 p.]. Available from: <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1475-2891-7-19.pdf>
16. Krause L, Becker MO, Brueckner CS, Bellinghausen CJ, Becker C, Schneider U, et al. Nutritional status as marker for disease activity and severity predicting mortality in patients with systemic sclerosis. *Ann Rheum Dis* [Internet]. 2010 May [citado 2016 Apr 12];69(11):[about 8 p.]. Available from: <http://ard.bmj.com/content/early/2010/05/25/ard.2009.123273.abstrac>
17. Evans D, McNamara L, Maskew M, Selibas K, van Amsterdam D, Baines N, et al. Impact of nutritional supplementation on immune response, body mass index and bioelectrical impedance in HIV-positive patients starting antiretroviral therapy. *Nutr J* [Internet]. 2013 Aug 6 [citado 2016 Apr 12];12:[about 111 p.]. Available from: <https://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2891-12-111>
18. Alves FD, Souza GC, Clausell N, Biolo A. Prognostic role of phase angle in hospitalized patients with acute decompensated heart failure. *Clin Nutr* [Internet]. 2016 Apr 13 [citado 2016 Apr 12];S0261-5614(16):[about 21 p.]. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261561416300243>
19. Zouridakis A, Simos YV, Verginadis II, Charalabopoulos K, Ragos V, Dounousi E, et al. Correlation of bioelectrical impedance analysis phase angle with changes in oxidative stress on end-stage renal disease patients, before, during, and after dialysis. *Renal Failure* [Internet]. 2016 [citado 2016 Apr 12]:[about 6 p.]. Available from: <http://dx.doi.org/10.3109/0886022X.2016.1158042>
20. Ramírez de Peña D, Almanza Armella D, Ángel Arango LA. Estimación del agua corporal total y del peso seco, usando impedancia bioeléctrica tetrapolar de multifrecuencia (BIA-4) en pacientes en hemodiálisis. *Rev Fac Med* [Internet]. 2015 [citado 12 Abr 2016];63(1):[aprox. 12 p.]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v63n1.41183>
21. Omar Tarducci G. Estudio de la composición corporal en niños y su relación con la actividad física: desarrollo de Ecuaciones de predicción de masa grasa y masa libre de grasa [tesis doctoral]. España: Universidad de A Coruña. Departamento de Educación Física y Deportiva; 2013.
22. Gicquel L. Anorexia nervosa during adolescence and young adulthood: Towards a developmental and integrative approach sensitive to time course. *J Physiol Paris* [Internet]. 2013 Sep [citado 2016 Apr 12];107(4):[about 9 p.].

Available from: <http://>

www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928425713000120

23. Hilbert A, Vögele C, Tuschen-Caffier B, Hartmann AS. Psychophysiological responses to idiosyncratic stress in bulimia nervosa and binge eating disorder. *Physiol Behav* [Internet]. 2011 Oct [citado 2016 Apr 12];104(5):[about 7 p.]. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031938411003659>
24. Pierpont YN, Dinh TP, Salas RE, Johnson EL, Wright TG, Robson MC et al. Obesity and surgical wound healing: a current review. *ISRN Obes* [Internet]. 2014 Feb 20 [citado 2016 Apr 12];2014:[about 6 p.]. Available from: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/638936>
25. Altay MA, Ertürk C, Sert C, Oncel F, Işikan UE. Bioelectrical impedance analysis of basal metabolic rate and body composition of patients with femoral neck fractures versus controls. *Eklemler Hastalıkları Cerrahisi* [Internet]. 2012 [citado 2016 Apr 12];23(2):[about 5 p.]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Bioelectrical+impedance>
26. Piccoli A, Nescolarde LD, Rossell J. Análisis convencional y vectorial de bioimpedancia en la práctica clínica. *Nefrología* [Internet]. 2002 [citado 12 Abr 2016];22(3):[aprox. 10 p.]. Disponible en: <http://www.revistanefrologia.com/es-publicacion-nefrologia-articulo-analisis-convencional-vectorial-bioimpedancia-practica-clinica-X0211699502014897>
27. Piccoli A, Pillon L, Dumler F. Impedance vector distribution by sex, race, body mass index, and age in the United States: standard reference intervals as bivariate Z scores. *Nutrition* [Internet]. 2002 Feb [citado 2016 Apr 12];18(2):[about 14 p.]. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0899900701006657>
28. Pietrobelli A, Heymsfield SB. Establishing body composition in obesity. *J Endocrinol Invest* [Internet]. 2002 Nov [citado 2016 Apr 12];25(10):[about 8 p.]. Available from: <http://link.springer.com/article/10.1007/BF03344052>
29. Ward LC, Heitmann BL, Craig P, Stroud D, Azinge EC, Jebb S, et al. Association between ethnicity, body mass index, and bioelectrical impedance. Implications for the population specificity of prediction equations. *Ann N Y Acad Sci* [Internet]. 2000 May [citado 2016 Apr 12];904(1):[about 3 p.]. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-632.2000.tb06449.x/full>
30. Demura S, Yamaji S, Goshi F, Kobayashi H, Sato S, Nagasawa Y. The validity and reliability of relative body fat estimates and the construction of new prediction equations for young Japanese adult males. *J Sports Sci* [Internet]. 2002 Feb [citado 2016 Apr 12];20(2):[about 11 p.]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=The+validity+and++reliability>

31. Riera J, Riu PJ, Casan P, Masclans JR. Tomografía de impedancia eléctrica en la lesión pulmonar aguda. *Med Intensiva* [Internet]. Nov 2011 [citado 29 Abr 2016];35(8): [aprox. 19]. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-56912011000800009&lng=es
32. Calling S, Hedblad B, Engström G, Berglund G, Janzon L. Effects of body fatness and physical activity on cardiovascular risk: risk prediction using the bioelectrical impedance method. *Scand J Public Health* [Internet]. 2006 [citado 2016 Apr 12];34(6):[about 8 p.]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Effects+of+body+fatness>
33. Colin Ramírez E, Castillo-Martínez L, Orea-Tejeda A, Vazquez-Duran M, Rodríguez B AE, Keirns-Davis C. Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic marker in chronic heart failure. *Nutrition* [Internet]. 2012 Sep [citado 2016 Apr 12];28(9):[about 6 p.]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Bioelectrical+impedance>
34. de Godoy J M, Valente FM, Azoubel LM, Godoy MF. Evaluation of lymph drainage using bioelectrical. *Phlebology* [Internet]. 2011 Oct [citado 2016 Apr 12];26(7): [about 3 p.]. Available from: <http://phl.sagepub.com/content/26/7/298.short>
35. Ros Nogales R, Manso Gil MT, Palacios García G, Rodríguez Peña J. Bioimpedancia vectorial y espectroscópica: valoración del estado de hidratación con ambos métodos en hemodiálisis. *Enferm Nefrol* [Internet]. Mar 2013 [citado 29 Abr 2016];16(1): [aprox. 7 p.]. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2254-28842013000100002&lng=es
36. López Gómez J M. Evolución y aplicaciones de la bioimpedancia en el manejo de la enfermedad renal crónica. *Nefrología* [Internet]. Oct 2011 [citado 29 Abr 2016];31(6):[aprox. 7 p.]. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S02119952011000600002&script=sci_arttext
37. Ricardo Sosa O, González Portales Y, Ramos Ferro M, Battles Zamora S, Díaz Hernández P, Ortega Peguero M, et al. Experience in nursing, clinical assay and care of patients with lung cancer. *Rev Cubana Invest Bioméd* [Internet]. 2015 Jun [citado 2016 May 4];34(2):[about 8 p.]. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002015000200004&lng=es
38. Sánchez Sánchez E, Muñoz Alférez M J. Factores que influyen en la pérdida de masa magra en pacientes oncológicos. *Nutrición Hospitalaria Internet*. 2015 [citado 29 Abr 2016];32(4):[aprox. 7 p.]. Disponible en: <http://www.aulamedica.es/gdcr/index.php/nh/article/view/9496>
39. Sánchez Lara K, Turcot JG, Juárez E, Guevara P, Núñez Valencia C, Oñate Ocaña LF, et al. Association of Nutrition Parameters

Including Bioelectrical Impedance and Systemic Inflammatory Response With Quality of Life and Prognosis in Patients With Advanced Non-Small-Cell Lung Cancer: A Prospective Study. *Nutrition and Cancer* [Internet]. 2012 Feb [citado 2016 May 4];64(4):[about 8 p.]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Association+of+Nutrition>

Recibido: 3 de marzo de 2016

Aprobado: 20 de julio de 2016

MSc. Lidyce Quesada Leyva. Máster en diagnóstico veterinario. Centro de Inmunología y Productos Biológicos (CENIPBI). Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey. Camagüey, Cuba. Email: lidyce@iscmc.cmw.sld.cu