



Original/*Valoración nutricional*

# Vectores de impedancia bioeléctrica de referencia para la población española

Ximena Atilano-Carsi<sup>1</sup>, María Auxiliadora Bajo<sup>2</sup>, Gloria Del Peso<sup>2</sup>, Rafael Sánchez<sup>2</sup> y Rafael Selgas<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Servicio de Nefrología. Hospital Universitario La Paz. IdiPAZ. IRSIN. REDinREN. Madrid, España.

## Resumen

**Fundamento y objetivo:** El análisis de vectores de impedancia es útil para la determinación de la composición corporal en pacientes con alteración del estado de hidratación. Las elipses de tolerancia originales fueron hechas en individuos sanos italianos. Debido a las diferencias en composición corporal entre poblaciones, el objetivo del estudio fue establecer elipses de tolerancia específicas para la población española y compararlas con las elipses realizadas en la población original de referencia.

**Material y método:** Se estudiaron 311 sujetos sanos españoles de ambos sexos, entre 18 y 80 años, con IMC entre 18 y 31 Kg/m<sup>2</sup>, a los cuales se les realizaron mediciones de peso, estatura e impedancia bioeléctrica. Los valores de resistencia y reactancia estandarizadas por la estatura (R/E y Xc/E) derivados de la medición de impedancia, fueron utilizados para determinar la composición corporal y realizar las elipses de referencias específicas para dicha población.

**Resultados:** Las características de composición corporal fueron diferentes entre sexos y grupo etario. Se graficaron los valores de R/E y Xc/E de la población española sobre las elipses de tolerancia italianas, encontrándose que los vectores se situaban en los cuadrantes izquierdos, indicando diferente composición corporal, por lo que se construyeron elipses de tolerancia específicas para la población española a partir de los valores de R/E y Xc/E. Las elipses de tolerancia españolas fueron estadísticamente diferentes a las italianas.

**Conclusiones:** Los vectores de la población española fueron diferentes a los de la población italiana, de ahí la importancia de tener un patrón de referencia propio.

(Nutr Hosp. 2015;31:1336-1344)

DOI:10.3305/nh.2015.31.3.8128

Palabras clave: *Composición corporal. Impedancia bioeléctrica. Valores de referencia. Resistencia, reactancia.*

## NORMAL VALUES OF BIOIMPEDANCE VECTOR IN SPANISH POPULATION

### Abstract

**Background and objective:** The bioelectrical impedance vector analysis is useful for the determination of body composition in patients with altered hydration status. The original tolerance ellipses were made in Italian healthy individuals. Due to differences in body composition between populations, the aim of the study was to establish specific tolerance ellipses for the Spanish population and compare them with those ellipses made in the original reference population.

**Methods:** We studied 311 Spanish healthy subjects of both sexes, between 18 and 80 years old, with a BMI between 18 and 31 Kg/m<sup>2</sup>, who underwent measurements of weight, height and bioelectrical impedance. The values of resistance and reactance standardized by height (R/H and Xc/H) derived from the impedance measurement, were used to determine the body composition and construct the specific tolerance ellipses for this population.

**Results:** The characteristics of body composition were different between sex and age groups. We plotted values of R/H and Xc/H of the Spanish population on the Italian tolerance ellipses finding that vectors were placed in left quadrants, indicating different body composition. We therefore built specific tolerance ellipses for Spanish population based on values of R/H and Xc/H. Spanish tolerance ellipses were statistically different from the Italian.

**Conclusions:** The vectors of the Spanish population were different from those of the Italian, hence the importance of having a self-reference pattern.

(Nutr Hosp. 2015;31:1336-1344)

DOI:10.3305/nh.2015.31.3.8128

Key words: *Body composition. Bioelectric impedance. Reference values. Resistance. Reactance.*

**Correspondencia:** Ximena Atilano-Carsi.

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

Recibido: 30-IX-2014.

Aceptado: 3-XI-2014.

## Introducción

La composición corporal es de gran utilidad en la evaluación del estado de nutrición y en el seguimiento de la composición de tejidos y líquidos corporales asociados a diferentes patologías<sup>1</sup>. Los métodos de composición corporal utilizan ecuaciones de predicción, obtenidas con base en datos sobre población sana, que asumen relaciones entre cantidades cuantificables y funciones matemáticas que las relacionan<sup>2</sup>.

Las técnicas de estimación de composición corporal de referencia (dilución de isótopos, activación de neutrones, etc) son poco accesibles en la práctica clínica, costosas y difíciles de aplicar en pacientes hospitalizados<sup>3-4</sup>. En el ámbito clínico se encuentran disponibles técnicas relativamente baratas, sencillas y que pueden ser llevadas a cabo en la cama del paciente como la antropometría y la impedancia bioeléctrica. No obstante son menos exactas, particularmente en pacientes con patologías que condicionan alteraciones importantes en la composición corporal, ya sea por exceso o disminución de tejidos y/o líquidos corporales<sup>3</sup>.

Los pacientes con enfermedad renal crónica presentan frecuentemente desgaste energético proteico<sup>5-6</sup> y alteraciones en el estado de hidratación, lo cual tiene un gran impacto en la mortalidad. Debido a lo anterior, la evaluación de la composición corporal es de vital importancia para garantizar un adecuado tratamiento médico y nutricional con la finalidad de mejorar la supervivencia de los pacientes<sup>7</sup>. El uso de la impedancia bioeléctrica (IBE) en pacientes con enfermedad renal es muy frecuente y está siendo establecida como parte fundamental de su manejo médico y nutricional<sup>3,8-9</sup>.

La IBE se basa en la conducción de una corriente alterna de baja intensidad a través del organismo. Dicha corriente es conducida a través de los líquidos corporales por medio del campo eléctrico asociado a los iones; la oposición a su flujo es dependiente de la frecuencia de la propia corriente en aquellos tejidos carentes de agua<sup>3-4,9</sup>. La impedancia está representada por dos componentes, la resistencia (R) y la reactancia (Xc), ambas, propiedades eléctricas del cuerpo. La resistencia se define como la oposición de los tejidos al flujo de la corriente y determina el 98% de la impedancia, mientras que la reactancia solo representa el 2% y es el resultado del cambio de la corriente eléctrica producto de la polarización de las membranas celulares que actúan como un capacitor. Así, el significado biológico de la resistencia es inversamente proporcional al volumen de líquidos corporales y la reactancia refleja la integridad de las membranas celulares y en cierta manera, la cantidad de masa magra. Finalmente, un tercer elemento, derivado de la asociación entre estos dos componentes, es el ángulo de fase, que se define como el arco tangente entre la R y Xc y refleja el cambio de fase de la corriente eléctrica. Se considera un indicador de la masa celular, de la distribución de agua en los espacios extra e intracelular y se ha relacionado con la supervivencia de pacientes en diversas patologías<sup>10-11</sup>.

La IBE convencional estima la composición corporal (masa grasa, masa libre de grasa y líquidos corporales) mediante ecuaciones de predicción, derivadas del peso, talla y de valores de resistencia y reactancia, de una población sana de referencia. En el desarrollo de dichas ecuaciones se toman en cuenta varias asunciones, donde se considera al cuerpo como un conductor eléctrico uniforme, una relación estándar entre la longitud de las piernas y el tronco y una hidratación normal (73%) de la masa libre de grasa. Principalmente esta última premisa, representa un problema en la estimación de la composición corporal en enfermos renales<sup>10,12-13</sup>.

Debido a que la impedancia bioeléctrica es un método de estimación de la composición corporal ampliamente utilizado en la práctica clínica por su costo y practicidad, se han buscado nuevos enfoques, basados en la misma técnica, que eludan los errores asociados al uso de ecuaciones de predicción e independientes del peso corporal, con la finalidad de ser aplicables a pacientes con composición corporal extrema, ya sea por alteración en la cantidad de tejidos blandos o en líquidos corporales<sup>14</sup>. Al respecto, se ha reportado como una mejor estrategia el uso de vectores de impedancia, ya que son independientes de ecuaciones de predicción y es más fácil y útil su uso en la práctica clínica<sup>8,10</sup>.

El análisis de vectores de impedancia, formulado por Piccoli et al, se basa en el análisis de la distribución bivariada del vector de impedancia, conformado por tres componentes, la resistencia, reactancia y ángulo de fase, tanto en población sana como en pacientes con un incremento en el peso corporal debido a obesidad o edema<sup>15</sup>.

La resistencia y reactancia estandarizadas por la estatura (R/E y Xc/E) forman una distribución normal bivariada que se expresa en percentiles. La correlación entre estas dos variables determina la forma elipsoidal de la distribución, a lo que se llama gráfica RXc. Esta distribución normal está realizada en población sana, de la cual se desprenden tres percentiles de referencia o elipses de tolerancia al 50, 75 y 95%<sup>14</sup>. Sobre la gráfica RXc, y con base en los valores de resistencia y reactancia, se puede plasmar el vector de impedancia de un nuevo sujeto o grupo con la finalidad de contrastarlo con la normalidad. De acuerdo a esta metodología, se considera una composición corporal normal cuando el vector se sitúa dentro de las elipses del 50 y 75%, pues son las acotadas por la media  $\pm 2$  desviaciones estándar de las variables que conforman al vector<sup>7,16</sup>.

La situación del vector sobre las elipses de referencia puede indicar cambios tanto en los líquidos como tejidos corporales. El desplazamiento del vector a lo largo del eje mayor indica variaciones en la hidratación, mientras que el movimiento de este sobre el eje menor, se asocia a cambios en tejidos blandos. Las variaciones simultáneas de hidratación y tejidos, se relacionan con migración del vector a lo largo de ambos ejes<sup>15-16</sup>.

Por lo anterior, el método permite conocer, simultáneamente y de forma cualitativa el estado de hidra-

tación y de nutrición de los pacientes, así como hacer evaluaciones, tanto de vectores individuales y su seguimiento, como de grupos de los mismos.

La población de la cual se derivaron las elipses de referencia originales, fueron sujetos sanos italianos. Teniendo en cuenta las diferencias de composición corporal entre las poblaciones, se han llevado a cabo diversos estudios con el fin de realizar elipses de tolerancia con distintas poblaciones de ambos sexos. De tal manera que, hasta este momento, existen elipses de referencia para población italiana<sup>15</sup>, norteamericana<sup>17</sup>, hindú<sup>18</sup>, mexicana<sup>19</sup>, para ancianos<sup>20</sup>, entre otras.

El análisis de vectores de impedancia, es una herramienta útil que puede ser utilizada para la estimación de la composición corporal de pacientes con alteraciones en el estado de hidratación, sin embargo está concebido originalmente en una población italiana de referencia, por lo que es de vital importancia contar con valores de referencia específicos para la población española, con lo cual se evaluará de manera más precisa la composición corporal, principalmente de aquellos sujetos con estados de composición corporal extrema, ya sea por retención de líquidos o exceso/depleción de masa grasa y/o muscular.

El objetivo del estudio fue establecer elipses de tolerancia específicas para la población española y compararlas con las elipses realizadas en la población original de referencia.

## Material y métodos

El presente es un estudio transversal, donde se realizaron mediciones de impedancia bioeléctrica en un grupo de sujetos sanos con el propósito de elaborar elipses de referencia específicas para la población española entre Julio y Diciembre de 2008.

### Población

Se incluyeron sujetos sanos que voluntariamente aceptaron participar en el estudio reclutados en el Hospital Universitario La Paz y en el centro de donación de sangre del mismo. Todos los sujetos fueron informados sobre los objetivos y desarrollo del estudio.

Se incluyeron sujetos sanos de ambos sexos que no presentaran problemas clínicos que condicionaran alteraciones en el estado de hidratación con una edad entre 18 y 80 años, índice de masa corporal (IMC) entre 18 y 31 Kg/m<sup>2</sup> y que hubieran firmado el consentimiento informado. Se excluyeron a sujetos con hipertensión arterial, diabetes mellitus, diarrea o cualquier otro padecimiento con afección directa al estado de hidratación y se eliminaron aquellos que no cumplieron con los requerimientos necesarios para las mediciones de impedancia bioeléctrica o con errores en la medición.

### Mediciones

Se realizaron mediciones de peso, talla e impedancia bioeléctrica a todos los pacientes incluidos en el estudio, las cuales siempre fueron realizadas por el mismo investigador.

Para poder llevar a cabo las mediciones, los pacientes debieron haber cumplido ciertas condiciones necesarias para asegurar, tanto una adecuada medición, como un correcto estado de hidratación, a saber: ayuno nocturno o de 4 horas previas al estudio, no tener ningún objeto metálico en el cuerpo, no haber realizado ejercicio extenuante 24 horas antes de la medición, no haber ingerido bebidas alcohólicas el día anterior y en el caso de las mujeres, no estar en su periodo menstrual.

El peso se midió en una báscula digital con precisión de 100 gramos. Los sujetos se colocaron de pie, sin zapatos y con el mínimo de ropa en el centro de la plataforma de la báscula. La talla se midió sin zapatos, con un estadiómetro de pared al 0.5 cm más próximo. La impedancia bioeléctrica se midió con un impedanciometro monofrecuencia (50kHz) modelo BIA-101 de Akern Systems (Florenca, Italia). Los sujetos permanecieron en posición supina sobre una superficie no conductora con los brazos y piernas paralelos, separados del cuerpo y las palmas de las manos hacia abajo. Se colocaron dos pares de electrodos desechables en las extremidades derechas, el primer par se situó en el dorso de la mano próximo a la tercera articulación falange-metacarpal y en la apófisis estiloides la muñeca, el segundo par sobre la tercera articulación falange-metatarsial y entre el maléolo medial y lateral del tobillo.

Tras la medición, el equipo de impedancia arroja los valores crudos de resistencia y reactancia a 50 kHz, con los cuales se calculó, a través del programa Bodygram 1.31 de Akern, el ángulo de fase, masa grasa (MG), masa libre de grasa (MLG), masa muscular (MM), masa celular (MC), agua corporal total (ACT) y agua extra (AEC) e intracelular (AIC).

Los vectores de impedancia de los sujetos de estudio se construyeron con base en los valores de R y Xc estandarizados por la estatura (R/E y Xc/E) y se representaron sobre las elipses de referencia de la población italiana diferenciadas por sexo (gráfica RXc) con el programa BIVA software 2002 (BIVA Tolerance file)<sup>21</sup>, con el propósito de evaluar si dichos vectores caían dentro de la normalidad (percentiles 50 y 75%).

Debido a que se encontraron diferencias entre las poblaciones, se decidió construir elipses de referencia específicas para la población española. Se utilizaron la media y desviación estándar de la R/E y Xc/E, así como su correlación para elaborar las elipses al 50, 75 y 95% diferenciadas por sexo, mediante el programa antes mencionado. La longitud e inclinación de los ejes mayor y menor de las elipses elaboradas con base en los valores de R/E y Xc/E, se calcularon con el programa BIVAPLOT 1998<sup>22</sup>.

Todas las mediciones fueron realizadas de acuerdo a las buenas prácticas médicas y a las recomendaciones de la Declaración de Helsinki sobre estudios en humanos.

#### Análisis estadístico

Los valores de masa grasa, masa libre de grasa, masa celular y muscular, así como el agua corporal total, extra e intracelular se expresan en porcentaje.

Debido a que las variables cumplían con una distribución normal, los datos se expresan como media y desviación estándar. Para la comparación de medias entre sexos, se realizó una t de Student. El análisis de correlación entre los valores de resistencia y reactancia estandarizadas por la estatura, se realizaron por el coeficiente de Pearson. Para la comparación de los vectores de impedancia se utilizó la prueba T<sup>2</sup> de Hotelling.

Todos los análisis fueron llevados a cabo con el programa SPSS versión 16 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) y se consideró significativa una  $p < 0.05$ .

#### Resultados

Se estudiaron 350 sujetos sanos, de los cuales 39 se eliminaron debido a errores en la medición, no cumplir con el ayuno requerido, estar en el periodo menstrual o haber consumido diuréticos. La muestra final quedó conformada por 311 sujetos, 162 hombres y 149 mujeres, con una edad promedio de  $38.9 \pm 10.9$  años (18 – 64) y de  $39.2 \pm 12.5$  años (18 – 74) respectivamente.

En relación a las características antropométricas de los sujetos, se encontró que el peso ( $84.72 \pm 13.46$  vs.  $66.3 \pm 11.85$  Kg), talla ( $1.74 \pm 0.07$  vs.  $1.62 \pm 0.06$  m) e IMC ( $27.66 \pm 3.8$  vs.  $25.15 \pm 4.53$  Kg/m<sup>2</sup>) fueron significativamente mayores en los hombres ( $p < 0.0001$  en todos los casos).

La resistencia y la reactancia fueron significativamente mayores en las mujeres en comparación con los hombres, a diferencia del ángulo de fase que fue mayor en el grupo masculino (Tabla I).

	Hombres <i>n</i> = 162	Mujeres <i>n</i> = 149	<i>p</i>
Resistencia (Ohm)	465.59 ± 51.84	601.55 ± 70.76	< 0.0001
Reactancia (Ohm)	57.7 ± 8.8	61.36 ± 8.35	< 0.0001
Ángulo de fase (°)	7.07 ± 0.75	5.87 ± 0.72	< 0.0001

**Tabla II**  
Características de composición corporal de la población diferenciadas por sexo

	Hombres <i>n</i> = 162	Mujeres <i>n</i> = 149	<i>p</i>
Masa grasa (%)	22.97 ± 6.9	33.85 ± 8.88	< 0.0001
Masa libre de grasa (%)	77.03 ± 6.9	66.15 ± 8.88	< 0.0001
Masa muscular (%)	51.29 ± 6.07	41.58 ± 6.19	< 0.0001
Masa celular (%)	54.52 ± 5.85	50.24 ± 4.88	< 0.0001
Agua corporal total (%)	56.41 ± 3.77	49.73 ± 4.92	< 0.0001
Agua extracelular (%)	40.38 ± 3.22	45.95 ± 2.72	< 0.0001
Agua intracelular (%)	59.62 ± 3.22	54.05 ± 2.72	< 0.0001

El grupo masculino se caracterizó por tener mayor cantidad de MLG, MM y MC en comparación con las mujeres que tuvieron mayor porcentaje de MG. En cuanto a líquidos corporales, los hombres tuvieron mayor cantidad de ACT, con predominio de AIC, mientras que las mujeres tuvieron mayor cantidad de AEC (Tabla II).

De acuerdo a la edad de los sujetos de estudio, se puede observar que en el grupo de los hombres, la reactancia y el ángulo de fase disminuyen conforme avanza la edad. El agua corporal total se mantiene constante a lo largo de los grupos etarios, sin embargo su distribución cambia, observándose una significativa disminución del agua intracelular en los grupos de mayor edad. La masa grasa se mantiene constante hasta los 60 años, cuando incrementa de manera importante, mientras que la masa muscular disminuye a partir de la sexta década de vida (Tabla III). Los cambios en la composición corporal son similares en las mujeres, sin embargo se encontró que a diferencia de los hombres, el agua corporal total disminuye constantemente a lo largo de los años, manteniéndose la distribución entre compartimentos hasta los 60 años, momento a partir del cual, disminuye el agua intracelular y aumenta la extracelular. La masa grasa en las mujeres aumenta de manera constante conforme avanza la edad, a diferencia de los hombres que lo hace a partir de los 60 años, paralelamente a la disminución de la masa muscular (Tabla IV).

Al graficar los valores de R/E y Xc/E de la población española sobre las elipses de tolerancia de la población italiana (Fig. 1), se encontró que los vectores de los hombres españoles se encontraban desplazados hacia la izquierda, situándose en el cuadrante superior e inferior izquierdo y los vectores de las mujeres españolas se encontraban principalmente en los cuadrantes superiores izquierdo y derecho, indicando que la composición corporal de las poblaciones es distinta en am-

**Tabla III**  
Características de impedancia y composición corporal de hombres por grupo etario

Hombres						
	< 30 n=20	30-39 n=61	40-49 n=47	50-59 n=22	>60 n=12	P
Resistencia (Ohm)	486.4 ± 68.4	470.9 ± 57.9	451.3 ± 41.1	455.6 ± 67.0	452 ± 28.9	ns
Reactancia (Ohm)	61.5 ± 6.4	58.5 ± 10.7	58.09 ± 7.4	53.7 ± 9.6	46.5 ± 6.2	0.002
Ángulo de fase (°)	7.25 ± 0.7	7.1 ± 0.6	7.33 ± 0.8	6.72 ± 0.5	5.8 ± 0.5	< 0.0001
Agua corporal total (%)	57.3 ± 4.7	55.9 ± 2.9	56.4 ± 3.0	56.4 ± 2.9	56.5 ± 4.7	ns
Agua extracelular (%)	38.0 ± 3.6	39.7 ± 2.6	39.4 ± 3.1	40.9 ± 2.1	45.9 ± 3.9	<0.001
Agua intracelular (%)	62.0 ± 3.6	60.3 ± 2.6	60.6 ± 3.1	59.1 ± 2.1	54.1 ± 3.9	<0.001
Masa libre de grasa (%)	80.1 ± 7.4	77.2 ± 4.3	77.8 ± 4.2	77.7 ± 4.5	66.1 ± 17.3	<0.001
Masa grasa (%)	19.9 ± 7.4	22.8 ± 4.3	22.2 ± 4.2	22.3 ± 4.53	33.9 ± 17.3	<0.001
Masa celular (%)	51.9 ± 4.7	53.3 ± 5.7	53.8 ± 6.4	50.8 ± 5.2	48.4 ± 4.8	ns
Masa muscular (%)	50.4 ± 5.8	50.0 ± 5.1	50.9 ± 6.2	48.2 ± 3.7	43.6 ± 6.3	0.01

**Tabla IV**  
Características de impedancia y composición corporal de mujeres por grupo etario

Mujeres						
	< 30 n=42	30-39 n=35	40-49 n=38	50-59 n=23	>60 n=11	P
Resistencia (Ohm)	631.5 ± 74.6	597.0 ± 59.8	571.5 ± 61.0	607.5 ± 89.9	560.2 ± 48.2	0.016
Reactancia (Ohm)	64.9 ± 9.7	61.4 ± 7.1	58.7 ± 6.6	61.4 ± 6.8	52.2 ± 7.7	0.002
Ángulo de fase (°)	5.8 ± 0.81	5.9 ± 0.7	5.8 ± 0.6	5.8 ± 0.6	5.3 ± 0.6	ns
Agua corporal total (%)	52.2 ± 3.9	50.2 ± 5.5	49.2 ± 5.0	45.9 ± 4.0	46.6 ± 4.6	<0.0001
Agua extracelular (%)	45.1 ± 2.6	45.0 ± 2.4	45.7 ± 2.4	45.9 ± 2.0	49.1 ± 3.0	0.004
Agua intracelular (%)	54.9 ± 2.6	55.0 ± 2.4	54.3 ± 2.4	54.1 ± 2.0	50.9 ± 3.0	0.004
Masa libre de grasa (%)	70.1 ± 6.3	68.1 ± 8.1	62.7 ± 11.8	58.6 ± 8.7	59.8 ± 7.8	<0.0001
Masa grasa (%)	29.9 ± 6.3	31.9 ± 8.1	37.3 ± 11.8	41.4 ± 8.7	40.2 ± 7.8	<0.0001
Masa celular (%)	49.3 ± 4.7	50.6 ± 5.8	48.9 ± 5.4	47.3 ± 4.4	46.5 ± 2.7	ns
Masa muscular (%)	42.9 ± 5.4	42.4 ± 6.0	39.8 ± 6.7	35.5 ± 4.8	35.1 ± 5.1	<0.0001

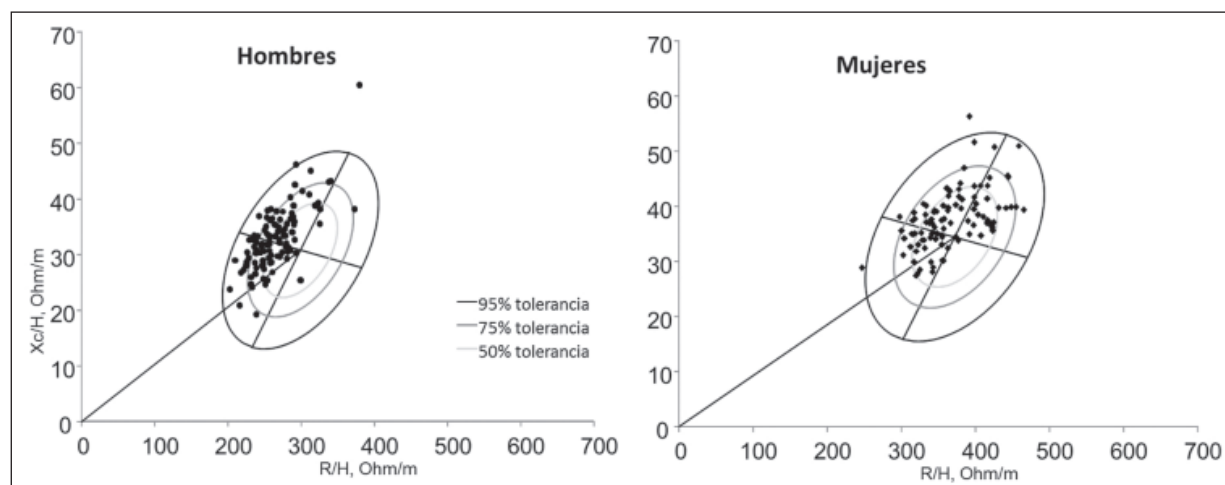


Fig. 1.— Vectores de impedancia de la población española sobre las elipses de referencia de origen italiano.

**Tabla V**  
Valores de resistencia y reactancia estandarizadas por estatura en ambos sexos

	Mujeres (n = 149)	Hombres (n = 162)
Resistencia/ Estatura (Ohm/m)	368.4 ± 43.5	264.9 ± 31.7
Reactancia/ Estatura (Ohm/m)	37.6 ± 5.2	32.7 ± 5.6
Correlación (r)	0.55	0.71

bos sexos. Debido a lo anterior se construyeron elipses de tolerancia específicas para la población española a partir de los valores de la media, desviación estándar y coeficiente de correlación de la R/E y Xc/E. Los valores utilizados para la creación de las elipses, así como la longitud de los semiejes e inclinación de las elipses se muestran en las tablas V y VI.

Las nuevas elipses de tolerancia para la población española se compararon con las originales en población italiana, encontrándose en ambos sexos diferencias significativas (Fig. 2 y 3).

**Tabla VI**  
Longitud de los semiejes e inclinación de las elipses de tolerancia en hombres y mujeres españoles

	Longitud del semieje mayor (Ohm/m)				Longitud del semieje menor (Ohm/m)			
	Inclinación	95%	75%	50%	Inclinación	95%	75%	50%
Hombres	65.11°	153	103	73	- 24.89°	51	35	24
Mujeres	54.03°	151	101	72	- 35.97°	79	53	37

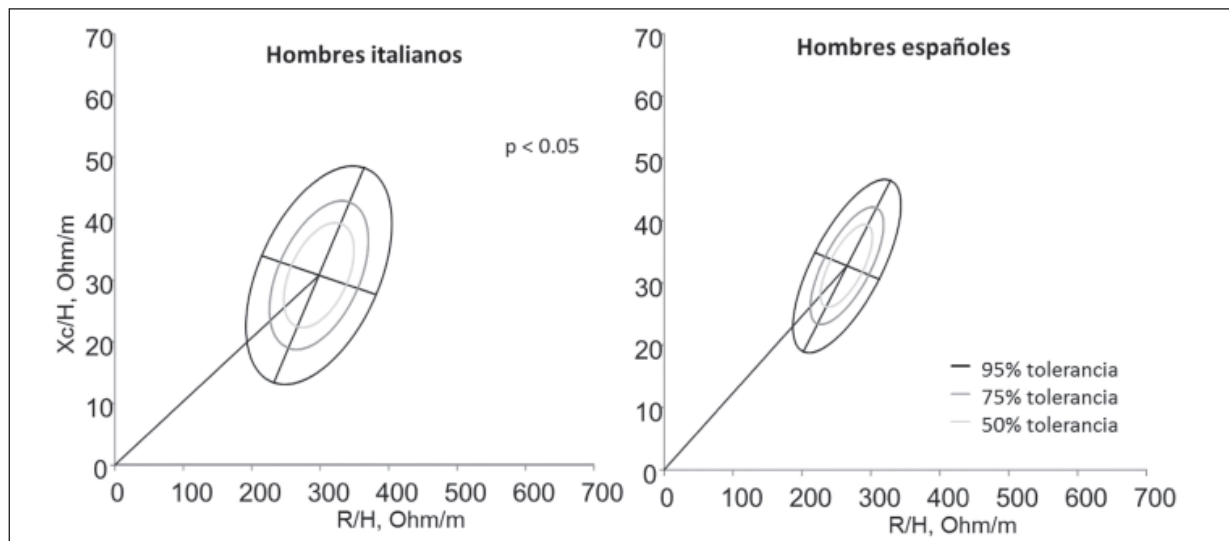


Fig. 2.—Comparación de las elipses de tolerancia españolas e italianas en hombres.

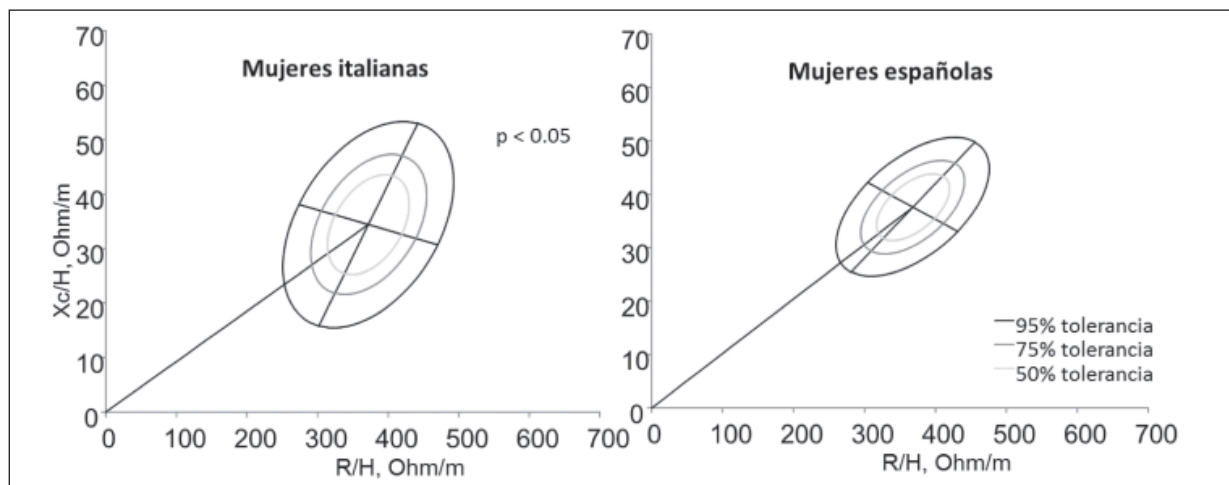


Fig. 3.—Comparación de las elipses de tolerancia españolas e italianas en mujeres.

## Discusión

La impedancia bioeléctrica es un método de determinación de la composición corporal rápido, sencillo, que se puede aplicar en la cama del paciente, lo cual lo hace una excelente opción en la práctica clínica. Además, en diversos estudios se ha demostrado su utilidad en la estimación de la composición corporal, principalmente de líquidos corporales, en sujetos con alteración en la hidratación corporal, como pacientes con insuficiencia cardiaca, alteraciones hepáticas o enfermedad renal. En estos pacientes, el análisis de vectores de impedancia brinda una oportunidad importante para determinar, sin los problemas que representa la impedancia convencional asociados al uso de ecuaciones de predicción, tanto el estado de nutrición como de hidratación.

La utilidad de los vectores de impedancia bioeléctrica en pacientes con composición corporal extrema se ha probado en diversos estudios con resultados alentadores<sup>18,23-26</sup>. Las elipses de referencia originales fueron realizadas en población italiana y, debido a que las características de composición corporal son diferentes entre poblaciones y a la importancia clínica del uso de este método, es fundamental la realización de elipses de referencia específicas para la población española.

Este estudio establece entonces, valores de composición corporal de sujetos sanos derivados de mediciones de impedancia bioeléctrica, así como elipses de referencia de un grupo poblacional que no se había estudiado hasta el momento.

Dentro de las características antropométricas, se observó que el peso, talla e IMC fueron mayores en los hombres, lo que coincide con lo encontrado en otras poblaciones<sup>27-28</sup>. La resistencia y reactancia fue mayor en el grupo femenino, mientras que el ángulo de fase lo fue en los hombres, lo que coincide con lo encontrado en otros estudios<sup>11,17-20,27-29</sup>, sin embargo el ángulo de fase fue menor a los valores de referencia para población estadounidense sana (5.48% menor en hombres y 10.1% en mujeres)<sup>17</sup>. El contenido de agua corporal total en ambos sexos, fue similar al reportado en la literatura<sup>18</sup>.

En cuanto a cantidad de tejidos blandos, la masa grasa fue mayor y la masa libre de grasa, masa celular y masa muscular, menor en el grupo femenino en comparación con el grupo masculino, dicha diferencia por sexos, también ha sido encontrada en dos grandes estudios<sup>18,27</sup>. En comparación con los resultados de la cohorte suiza, los valores de masa grasa en mujeres y hombres fueron mayores, en 5% y 3% respectivamente<sup>27</sup>. La masa celular y muscular de los hombres españoles en comparación con su contraparte india fue 11.3% y 12.2% mayor respectivamente, mientras que en las mujeres españolas fue mayor en un 11.7% y 10.3% respectivamente<sup>18</sup>. Las diferencias cuantitativas de tejidos corporales entre las poblaciones, exponen la heterogeneidad de composición corporal entre razas, lo cual corrobora la necesidad

de establecer valores de referencia particulares para cada población.

Barbosa-Silva en población norteamericana encontró que el ángulo de fase disminuye significativamente conforme avanza la edad en ambos sexos, sin embargo en el presente estudio solo se observó este comportamiento en los hombres, mientras que en las mujeres el ángulo de fase permaneció sin cambios en los diferentes grupos de edad. Dichos resultados pueden atribuirse al menor número de muestra en nuestro estudio. En comparación con este mismo estudio, el ángulo de fase en todas las edades fue menor, tanto en hombres como en mujeres, aproximadamente un 10% y un 13% respectivamente<sup>11</sup>. La disminución del ángulo de fase en edades avanzadas puede indicar, como se ha reportado en la literatura, una pérdida de funcionalidad y estado de salud<sup>20</sup>.

En nuestra población se encontró que el porcentaje de masa grasa aumenta significativamente conforme avanza la edad, siendo más evidente en el grupo de sexo femenino, mientras que en los hombres, la masa grasa permanece constante hasta la sexta década de la vida, cuando se presentan un claro aumento. El contenido de masa grasa encontrada en nuestra población es mayor, sobretodo en mujeres, que la reportada en otra cohorte de sujetos sanos españoles, en todas las décadas de la vida<sup>30</sup>.

Los valores de resistencia y reactancia estandarizados por la estatura, son similares a los de otras poblaciones sanas<sup>18-20</sup>, sin embargo la mayor diferencia radica en los valores de reactancia, siendo mayores que los de la población italiana original.

A pesar de que nuestra población tenía las mismas características de edad e IMC que las del estudio de Piccoli, los vectores de hombres y mujeres españoles se situaban en los cuadrantes superior e inferior izquierdo de las elipses originales<sup>20</sup>, lo que indica que la población italiana es más delgada y/o magra en comparación con la población española, a pesar de ser ambas, poblaciones mediterráneas con características similares.

Las longitudes del eje mayor y menor de las elipses de tolerancia de la población española, fueron menores en ambos sexos en comparación con los de la población italiana. En cuanto a la inclinación de las elipses, en el caso de los hombres no hay diferencias con la población italiana, no obstante la inclinación del eje menor de las elipses de mujeres es mayor, mientras que el eje mayor tiene una menor inclinación que las elipses derivadas de las mujeres italianas<sup>20</sup>.

En nuestra población, las elipses del grupo masculino fueron más pequeñas que las elipses de las mujeres, dicho fenómeno ha sido reportado por otros autores<sup>18-20,28</sup> y se ha atribuido a la variabilidad de composición corporal en las mujeres a lo largo de la vida, como se observó en el presente estudio. Dichas variaciones se han asociado al cambio hormonal que se produce durante el periodo perimenopáusic, así como a la diferencia en la geometría troncal y de extremidades

existente entre sexos<sup>18</sup>. Es importante resaltar las diferencias con los hombres, que tienen una composición corporal estable a través de los años, lo que se traduce en elipses de tolerancia más compactas, indicativas de homogeneidad.

El método de vectores de impedancia, además de proveer información cualitativa acerca de la composición corporal de los individuos, puede ser utilizada como una prueba para la correcta aplicación de las ecuaciones de predicción asociadas a la impedancia. Los valores de composición corporal, derivados del uso de ecuaciones de predicción, de un paciente cuyo vector se sitúa fuera de la elipse del 75%, no son confiables<sup>20</sup>.

El acortamiento o alargamiento de los vectores de impedancia indican sobrehidratación o deshidratación respectivamente, mientras que una disminución progresiva del ángulo de fase se asocia a desnutrición y un aumento del mismo a ganancia de tejidos corporales. Por lo anterior, el análisis de vectores de impedancia puede ser usado para evaluar el estado de hidratación en personas con alteraciones en el compartimento hídrico como pacientes hepatopatas, cardiopatas o con enfermedad renal.

Algunos de los factores que pudieron haber contribuido a la diferencia de composición corporal y por lo tanto de los valores de las elipses de tolerancia entre la población italiana y española, además de los condicionantes de raza, alimentación y estilo de vida, son la edad y el reclutamiento de la población. En cuanto a la edad, la población española es más joven; mientras que la media de edad para los hombres italianos fue de 48 años y para las mujeres de 50 años, la de los hombres y mujeres españoles fue de 38 años. El reclutamiento de los sujetos sanos españoles, siendo una de las principales limitaciones del estudio, se llevó a cabo con los integrantes del Servicio de Nefrología del Hospital Universitario La Paz, así como con sujetos que acudían al Centro de Donación de Sangre en calidad de donadores, lo cual hace que la población de estudio tenga unas características determinadas. Si bien es cierto que dentro de los donantes tuvimos representatividad de distintas provincias de España, el presente estudio no fue concebido para ser llevado a cabo en diferentes provincias, por lo que probablemente no sea representativo de todo el país<sup>17,20,25</sup>. En un futuro, la presente investigación puede ser mejorada al incrementar el número de muestra con población de diferentes provincias para que tenga representatividad nacional.

En el presente trabajo se presentan valores de composición corporal y elipses de tolerancia de una población sana española de referencia. Podemos concluir que los vectores de la población española fueron diferentes a los de la población italiana, de ahí la importancia de tener un patrón de referencia propio.

Las nuevas elipses de referencia son una herramienta útil para la evaluación de la composición corporal tanto en población española sana como en pacientes con alteraciones del estado de hidratación.

## Conflictos de interés

Ninguno

## Referencias

1. Heymsfield SB, Wang Z, Visser M, Gallagher D, Pierson RN, Jr. Techniques used in the measurement of body composition: an overview with emphasis on bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr* 1996; 64(3 Suppl):478S-484S.
2. Heymsfield SB, Wang Z, Baumgartner RN, Ross R. Human body composition: advances in models and methods. *Annu Rev Nutr* 1997; 17:527-558.
3. Woodrow G. Body composition analysis techniques in adult and pediatric patients: How reliable are they? How useful are they clinically?. *Perit Dial Int* 2007; 27(2 Suppl):S245-S249.
4. Ellis K. Human body composition: In vivo methods. *Physiol Rev* 2000; 80(2): 649 - 680.
5. Fouque D, Kalantar-Zadeh K, Kopple J, Cano N, Chauveau P, Cuppari L, et al. A proposed nomenclature and diagnostic criteria for protein-energy wasting in acute and chronic kidney disease. *Kidney Int* 2008; 73: 391-398.
6. Mak RH, Ikizler AT, Kovesdy CP, Raj DS, Stenvinkel P, Kalantar-Zadeh K. Wasting in chronic kidney disease. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2011; 2: 9-25.
7. Kyle UG, Piccoli A, Pichard C. Body composition measurements: interpretation finally made easy for clinical use. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2003; 6(4):387-393.
8. Chumlea WC. Anthropometric and body composition assessment in dialysis patients. *Semin Dial* 2004; 17(6):466-470.
9. Jacobs OD. Bioelectrical impedance analysis: implications for clinical practice. *Nutr Clin Pract* 1997; 12: 204 - 210.
10. Barbosa-Silva MC, Barros AJ. Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond body composition equations. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2005; 8(3):311-317.
11. 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* 2005; 82(1):49-52.
12. Valtueña S, Arijia V, Salas-Salvadó J. Estado actual de los métodos de evaluación de la composición corporal: descripción, reproducibilidad, precisión, ámbitos de aplicación, seguridad, coste y perspectivas de futuro. *Med Clin (Barc)* 1996; 106: 624-635.
13. Pupim LB, Kent P, Ikizler TA. Bioelectrical impedance analysis in dialysis patients. *Miner Electrolyte Metab* 1999; 25(4-6):400-406.
14. Piccoli A. Identification of operational clues to dry weight prescription in hemodialysis using bioimpedance vector analysis. The Italian Hemodialysis-Bioelectrical Impedance Analysis (HD-BIA) Study Group. *Kidney Int* 1998; 53(4):1036-1043.
15. Piccoli A, Rossi B, Pillon L, Bucciante G. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph. *Kidney Int* 1994; 46(2):534-539.
16. Piccoli A, Rossi B, Pillon L, Bucciante G. Body fluid overload and bioelectrical impedance analysis in renal patients. *Miner Electrolyte Metab* 1996; 22(1-3):76-78.
17. 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* 2002; 18(2):153-167.
18. Jha V, Jairam A, Sharma MC, Sakhuja V, Piccoli A, Parthasarathy S. Body composition analysis with bioelectric impedance in adult Indians with ESRD: comparison with healthy population. *Kidney Int* 2006; 69(9):1649-1653.
19. Espinosa-Cuevas ML, Rivas-Rodriguez L, Gonzalez-Medina EC, Atilano-Carsi X, Miranda-Alatriste P, Correa-Rotter R. [Bioimpedance vector analysis for body composition in Mexican population]. *Rev Invest Clin* 2007; 59(1):15-24.



20. Piccoli A, Nigrelli S, Caberlotto A et al. Bivariate normal values of the bioelectrical impedance vector in adult and elderly populations. *Am J Clin Nutr* 1995; 61(2):269-270.
21. BIVA Software. BIVA Tolerance file. Department of Medical and Surgical Sciences. University of Padova. Padova, Italy: 2002.
22. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) with BIVA-PLOT Software. Department of Medical and Surgical Sciences. University of Padova. Padova, Italy: 1998.
23. Piccoli A, Codognotto M. Bioimpedance vector migration up to three days after the hemodialysis session. *Kidney Int* 2004; 66:2091-2.
24. Piccoli A, Pittoni G, Facco E, Favaro E, Pillon L. Relationship between central venous pressure and bioimpedance vector analysis in critically ill patients. *Crit Care Med* 2000; 28:132-7.
25. Piccoli A, Brunani A, Savia G, Pillon L, Favaro E, Berselli M, et al. Discriminating between body fat and fluid changes in the obese adult using bioimpedance vector analysis. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998; 22:97-104.
26. Castillo-Martínez L, Colín-Ramírez E, Orea-Tejeda A, González Islas A, Rodríguez García W, Santillán Díaz C, et al. Cachexia assessed by bioimpedance vector analysis as a prognostic indicator in chronic stable heart failure patients. *Nutrition* 2012; 28: 886 – 891.
27. Kyle UG, Genton L, Slosman DO, Pichard C. Fat-free and fat mass percentiles in 5225 healthy subjects aged 15 to 98 years. *Nutrition* 2001; 17(7-8):534-541.
28. Ward LC, Heitmann BL, Craig P et al. Association between ethnicity, body mass index, and bioelectrical impedance. Implications for the population specificity of prediction equations. *Ann N Y Acad Sci* 2000; 904:199-202.
29. Nescolarde L, Núñez A, Bogóñez-Franco P, Lara A, Vaillant G, Morales R, et al. Reference values of the bioimpedance vector components in a Caribbean population. *E-SPEN Journal* [revista electrónica]. 2013; 8(4): e141-e144 [consultado 30 Jun 2014]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212826313000298>
30. Gómez JM, Maravall FJ, Gómez N, Soler J. Antropometría y valores de referencia de la composición corporal por bioimpedanciometría en la población adulta de L'Hospitalet de Llobregat. *Med Clin (Barc)* 2000; 115: 451-454.