

# Valoración de la grasa corporal: ultrasonidos frente a sistemas de bioimpedancia tetrapolar y antropometría. Estudio piloto

José Heredia Jiménez<sup>1</sup>, Virginia Tejada Medina<sup>2</sup>, Javier Ventaja Cruz<sup>2</sup>, Eva Orantes González<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Granada. <sup>2</sup>Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Educación y Humanidades de Melilla. Universidad de Granada.

**Recibido:** 08.05.2014  
**Aceptado:** 21.07.2014

## Resumen

**Objetivos:** Para calcular el porcentaje de grasa corporal son numerosos los instrumentos con los que podemos contar, siendo por ello necesario conocer la fiabilidad de los nuevos instrumentos que surjan para dicho fin.

El objetivo del trabajo se centra en analizar el nivel de concordancia entre distintos métodos de medida de la grasa corporal: la bioimpedancia, el método antropométrico y un ultrasonido portátil para evaluar el porcentaje graso en personas activas.

**Material y métodos:** En este estudio, han participado 37 sujetos (edad  $19,8 \pm 9,5$  años). Todos los participantes eran individuos activos, practicantes asiduos de actividad física (22 practicantes de natación y 15 asistentes habituales al gimnasio). La medición antropométrica se llevó a cabo siguiendo el protocolo ISAK. Para la bioimpedancia se utilizó un impedanciómetro de 8 electrodos (Inbody Biospace 720) y también se utilizó un aparato de ultrasonido portátil Bodymetrix BX2000. Los resultados fueron analizados utilizando el coeficiente de correlación intraclass (CCI) y el método Bland y Altman para establecer la concordancia entre los distintos métodos de estimación de la grasa corporal utilizados.

**Resultados:** el CCI obtenido cuando se comparó el método antropométrico y el impedanciómetro fue de 0,95. Sin embargo, cuando se comparó al ultrasonido con el método antropométrico y la bioimpedancia, se obtuvo un ICC de 0,73.

**Conclusión:** Como conclusión destacar que el ultrasonido portable, a pesar de ser una alternativa barata y con ciertas ventajas respecto a otros sistemas de estimación del % de grasa, mostró valores menores de concordancia respecto al método antropométrico y la bioimpedancia.

**Palabras clave:**  
Composición corporal.  
Pliques cutáneos.  
Métodos.

## Valoration of body fat: ultrasounds front of tetrapolar bioimpedance and anthropometrical systems. Pilot study

### Summary

**Objectives:** To measure the body fat percentage, there are some instruments to assess this. For that reason it is necessary to know the reliability of the new instruments used to this aim.

**Method:** The aim of this study was to assess the level of agreement between the anthropometrical method, the bioimpedance and a portable ultrasound system to evaluate the body fat percentage of physically active people. In the present study, 37 active subjects have participated (age  $19,8 \pm 9,5$  years). All of them were regular practitioners of physical activity (22 swimmers and 15 regular gym users). Anthropometrical assessment was done according to the ISAK protocol. Bioimpedance was done with an impedancimeter of 8 electrodes (Inbody 720) and it was compared by a portable ultrasound system (Bodymetrix BX2000). To assess the level of agreement, results were analyzed with the intraclass correlation coefficient (ICC) and the Bland Altman method were used.

**Results:** the ICC between anthropometrical method versus bioimpedance was 0,95. The ICC between the ultrasound system and bioimpedance and anthropometrical method was 0,73.

**Conclusion:** In conclusion, the portable ultrasound system, in spite of being a cheap alternative and with certain advantages on other systems to measure the body fat percentage, showed smaller values of agreement compares with the anthropometric method and the bioimpedancimetry.

**Key words:**  
Body composition.  
Skinfold thickness.  
Methods.

**Correspondencia:** María Eva Orantes  
E-mail: maevor@ugr.es

## Introducción

La valoración de la composición corporal de manera precisa y fiable es utilizada de forma frecuente en algunas áreas específicas como la nutrición, la medicina, la antropología, la salud, las ciencias del deporte o la pediatría<sup>1</sup>.

En la actualidad, las nuevas tecnologías han proporcionado a los investigadores y evaluadores nuevos aparatos y métodos alternativos indirectos para evaluar la composición corporal incluso en poblaciones especiales<sup>2,3</sup>.

El método más utilizado a lo largo de estas últimas décadas en entornos deportivos ha sido el antropométrico (ANT)<sup>1</sup>. Dicho método está certificado por la *International Society for the Advancement of Kineanthropometry* (ISAK) siendo un instrumento de referencia en este tipo de medidas<sup>4</sup>. Es por ello que se han desarrollado ecuaciones para la estimación de la grasa mediante los pliegues cutáneos, contabilizándose a día de hoy más de 100 ecuaciones antropométricas que ofrecen una estimación de la grasa subcutánea<sup>1</sup>.

Otro método con una importante relevancia en la medida de la composición corporal es la bioimpedancia eléctrica (BIA)<sup>5</sup>. La BIA es segura, portable y no invasiva, siendo un método rápido y barato para determinar la composición corporal de un sujeto<sup>6</sup>. La BIA se fundamenta en la relación entre el volumen del conductor (el cuerpo humano) y la longitud del conductor, así como los diferentes componentes que forman el conductor y su impedancia<sup>7</sup>. Además han sido numerosos los estudios realizados en los que se compara el método BIA y el DEXA, obteniendo todos ellos altas correlaciones entre dichos métodos<sup>8-10</sup>.

Cabe destacar que no todos los estudios han obtenido unos resultados concluyentes a la hora de comparar el método BIA y el ANT ya que hay autores que obtienen unos resultados contradictorios al comparar ambos métodos<sup>11</sup>.

Otras de las tecnologías que empiezan a utilizarse cada vez con más frecuencia son los sistemas de ultrasonido portables (USp). El método por ultrasonido ha sido propuesto como una técnica alternativa no invasiva para medir el grosor del pániculo adiposo subcutáneo y que puede obviar algunas de las limitaciones de los lipocalibres<sup>12</sup>. Por ello, el ultrasonido puede representar una alternativa a las medidas basadas en pliegues cutáneos o a la BIA<sup>13</sup>. Además, están surgiendo aparatos específicos de ultrasonido de pequeñas dimensiones, para evaluar la composición corporal convirtiéndolos en sistemas portables y de fácil uso, aunque no hay estudios científicos que hayan recogido la validez y sensibilidad de estos nuevos sistemas con otras medidas estandarizadas.

Por tanto, el objetivo de este estudio es comparar tres métodos diferentes para evaluar el porcentaje de grasa en jóvenes activos mediante: ANT, BIA y USp.

## Material y método

### Participantes

En el presente estudio participaron un total de 37 sujetos, todos ellos individuos activos, los cuales realizaban actividad física al menos 5 días por semana (22 practicantes de natación y 15 asistentes habituales al gimnasio). En la Tabla 1 se muestran los datos descriptivos de edad, talla, peso e IMC de la muestra.

**Tabla 1. Datos descriptivos de la muestra diferenciados por sexo.**

	Hombres (n=24) Media+DT	Mujeres (n= 13) Media+DT	Total (n=37) Media+DT
Edad (años)	20,04 ± 9,49	19,42± 10,02	19,8 ± 9,5
Peso (kg)	62,28 ± 15,50	50,55± 4,70	58,4 ± 14,1
Talla (m)	1,70 ± 0,11	1,58 ± 0,06	1,65 ± 0,11
IMC	21,29 ± 3,67	20,32 ± 1,37	20,96 ±3,09

DT: desviación típica; IMC: Índice de masa corporal (peso (kg) / [talla (m)]<sup>2</sup>)

Los datos fueron tomados en una única sesión, para lo cual, todos los participantes fueron informados previamente a la realización del estudio, firmando un consentimiento de su participación en el mismo. Los sujetos que tomaron parte en el estudio no presentaron enfermedad alguna, ni se encontraban sometidos a tratamientos médicos, dietas específicas, ni sufrían cualquier alteración musculoesquelética o de otra índole que les impidiese realizar la prueba.

## Instrumentos de medida

### Valoración antropométrica

Todos los análisis fueron efectuados por el mismo técnico, utilizando la metodología de la *International Society for the Advancement of Kineanthropometry* (ISAK) según se describe en su manual de referencia. Para comenzar se midió la estatura con un estadiómetro con una sensibilidad de 0,1 cm; el peso corporal fue evaluado con el impedanciómetro dotado de una sensibilidad de hasta 0,1 kg (Inbody 720, Biospace Inc, Japan). Se utilizó para todas las medidas de los sujetos un lipocalibre Holtain (Holtain, LTD, UK) con una sensibilidad de 0,1 mm y una presión constante de 10 mm<sup>2</sup>, para la valoración por triplicado de los 7 pliegues cutáneos (tricipital, bicipital, subescapular, abdominal, supraespinal, muslo y pierna). Todas las medidas se efectuaron por triplicado de forma no consecutiva y utilizando la media como valor final. La densidad corporal se utilizó la fórmula de Withers *et al.* (1987)<sup>14</sup>.

### Bioimpedancia

Para la evaluación mediante BIA, se utilizó un sistema de multifrecuencias y segmental Biospace Inbody 720 (Biospace Inc, Japan). Los individuos se colocaban en posición de bipedestación y con una flexión de la articulación escapulo-humeral de 30 °. Se utilizaron 8 electrodos situados en: pies (metatarso-calcáneo) y manos (metacarpianos 2º-5º dedo y falange del pulgar). La frecuencia de inducción se valoró con 6 intensidades diferentes (1, 5, 50, 250, 500 kHz y 1 MHz), con una sensibilidad de estimación de la masa de grasa de 0,1%.

### Ultrasonido Portátil

Se utilizó un aparato de USp Bodymetrix BX2000 (Intelamatrix, Livermore, EE.UU.), el software de dicho aparato calcula de forma automática el porcentaje de grasa y para ello solicita al evaluador la medida por

triplicado de los siguientes pliegues cutáneos: subescapular, pectoral, axilar, tricipital, abdominal, supraespinal y muslo. El cálculo de la grasa corporal se estima mediante la fórmula de Siri (1961)<sup>15</sup>. Dicho USp, realiza la valoración de la grasa corporal mediante la emisión de un haz en un plano, con el objetivo de determinar la reflexión acústica e impedancia de las distintas fronteras de tejido: piel grasa subcutánea, límite de tejido grasa-músculo, así como límite el músculo-hueso<sup>16</sup>.

## Procedimiento

Las tres medidas de composición corporal del estudio (ANT, BIA y USp) se realizaron el mismo día a todos los sujetos, y los evaluadores encargados de cada prueba siempre fueron los mismos, para garantizar las mismas condiciones de medida entre los diferentes métodos utilizados.

Las condiciones previas que debían cumplir los sujetos consistían en no realizar ningún tipo de ejercicio físico ni someterse a sauna o similar las 24 horas previas a los análisis, no ingerir alimento durante las 3 horas anteriores al inicio de las pruebas, mantener un buen estado de hidratación, así como no beber líquidos y realizar la última micción y/o defecación 30 minutos antes del inicio de las pruebas, no aplicarse cremas, aceites o similar en el cuerpo las horas previas a la realización de la evaluación. El estudio se ha realizado respetando los acuerdos de la Declaración de Helsinki en su revisión de Octubre de 2000 y ha sido aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de Granada.

## Análisis estadístico

Se realizó un análisis de la concordancia entre los diferentes métodos de composición corporal (ANT, BIA y USp) mediante el Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI). También utilizamos el método gráfico para evaluar la concordancia entre dos sistemas de medida propuesto por Bland y Altman. El análisis estadístico se realizó con el software SPSS v.15 para el cálculo del CCI y el software Med Calc V. 11.3 para el cálculo del método gráfico de Bland y Altman. El intervalo de confianza para el análisis estadístico fue fijado en el 95%. De acuerdo con el nivel de concordancia del CCI propuesto por Fleiss (1981)<sup>17</sup>, se consideró muy buena concordancia cuando el valor se encontraba por encima de 0,90; buena con cifras entre 0,71 a 0,90; moderadas de 0,51 a 0,70; mediocres con valores de 0,31 a 0,50 y mala o nula con valores < 0,30.

## Resultados

Se obtuvo un valor de % grasa medio y desviación típica, con el método de ANT de 16,1±8,1%, para el método BIA fue de 16,0±8,4% y un valor para el USp de 11,3±4,5.

En la Tabla 2 se puede observar como la concordancia es muy alta entre el método de pliegues evaluados por a ANT y BIA (CCI=0,95), tanto para hombres (CCI=0,94) como para mujeres (CCI=0,90). Cuando se estima el % de grasa mediante el USp y se compara con los otros métodos estudiados (BIA y ANT), los valores de concordancia son buenos, obteniéndose un CCI= 0,73 en ambos casos.

Si tenemos en consideración el sexo, se observa que en hombres los valores de concordancia obtenidos entre los métodos ANT-USp y

**Tabla 2. Concordancia entre los métodos utilizados para la valoración del % grasa corporal diferenciados por sexo.**

Métodos	CCI		
	Hombres (n= 24)	Mujeres (n=13)	Total (n= 37)
ANT-BIA	0,94	0,90	0,95
ANT-USp	0,60	0,45	0,73
BIA-USp	0,57	0,53	0,73

CCI: Coeficiente de Correlación Intraclase; ANT: antropometría; BIA: bioimpedancia; USp: ultrasonido portable

BIA-USp son moderados, como se muestra en la Tabla 2. En el caso de las mujeres se obtuvieron concordancias moderadas entre los métodos BIA-USp y concordancia mediocre entre los métodos ANT-USp (Tabla 2).

En la Figura 1, se observa como el método ANT sobreestima el porcentaje de grasa muy levemente con respecto al método BIA(0,7%). Sin embargo, el USp tiene una tendencia a subestimar el % de grasa con respecto al método ANT (2,4%) y también con respecto al método BIA (1,7%).

## Discusión

Los métodos de composición corporal son numerosos y de diversa índole, desde sistemas automatizados, a otros más clásicos y manuales<sup>2</sup>. En este trabajo, se ha optado por comparar 3 métodos de evaluación de la composición corporal de extendido uso en la actualidad.

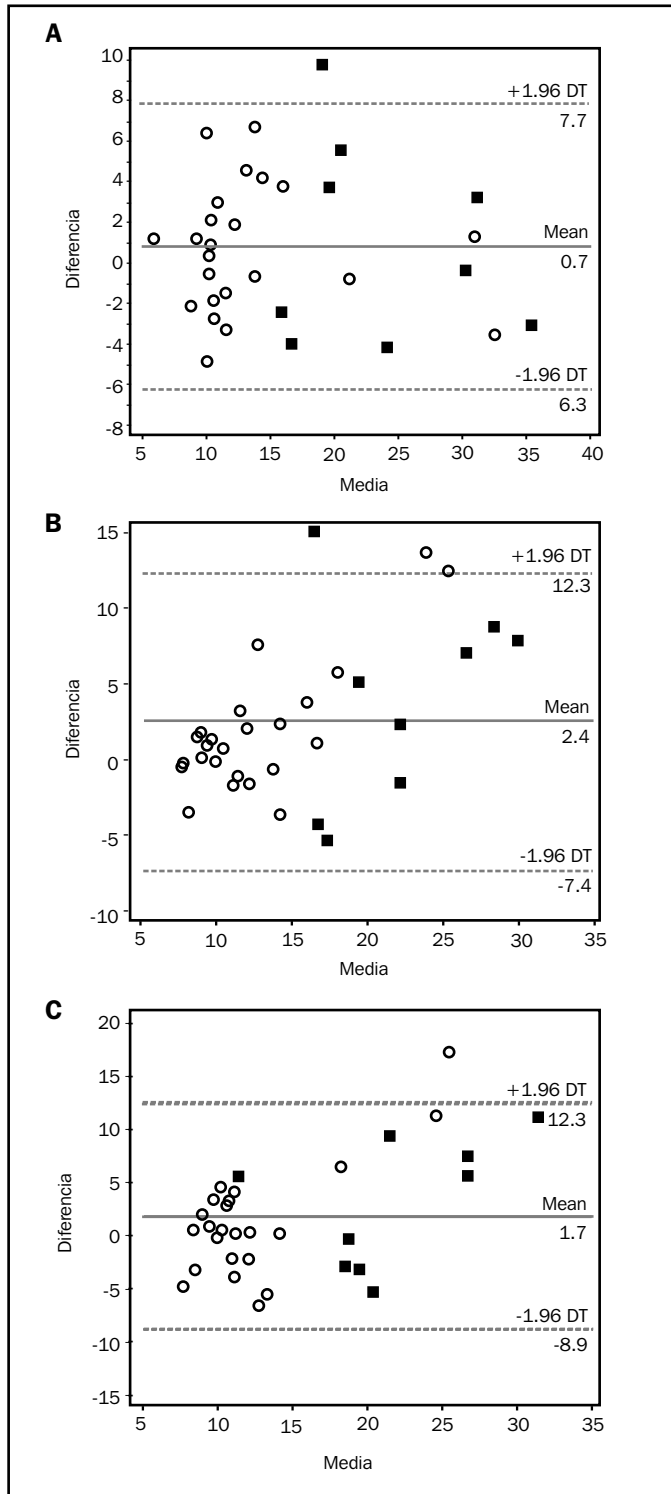
En lo que respecta a la concordancia entre los métodos ANT y BIA, se ha encontrado un valor de CCI muy bueno, con un valor de 0,95. Este hallazgo coincide con un estudio previo realizado con sistemas de BIA similares (impedanciómetro OMRON) y se utilizaron las ecuaciones de Siri para el método ANT, obteniendo valores de muy buenos (CCI > 0,90)<sup>18</sup>.

Teniendo en cuenta el sexo de los sujetos, entre el método ANT y BIA se obtuvieron muy buenas correlaciones para ambos sexos. En un estudio previo realizado con el mismo sistema BIA que el usado en el presente estudio, se corrobora esa buena concordancia obtenidas en mujeres entre el método ANT y BIA, obteniendo un CCI = 0,81. En cambio en hombres la concordancia entre ambos métodos fue menor que en nuestro estudio (CCI=0,58)<sup>1</sup>.

En otro estudio realizado por Hernández *et al.* (2010)<sup>19</sup>, usando esta misma fórmula de Siri específica y un impedanciómetro Tanita SC-330, se obtuvieron a través del índice de Kappa, una correlación buena (0,67), aunque fue menor que la obtenida en nuestro estudio.

En referencia a la evaluación del componente graso mediante métodos basados en ultrasonido, destacar que es un método relativamente novedoso, con pocos estudios previos con sistemas portables específicos para evaluar la composición corporal. No obstante, si hay estudios previos que evalúan el porcentaje de grasa entre UPs segmentarios de evaluación de la densidad ósea. Así, Sioen *et al.*, (2011)<sup>20</sup> encuentran una correlación significativamente positiva entre un ultrasonido segmentario y el DEXA, ( $r=0,566$ ,  $P=0,01$ ). En la misma línea, Pineau *et al.*, (2009)<sup>21</sup> encuentran diferencias a través del método de Bland y Altman de 0,013% entre un ultrasonido segmentario y el DEXA.

**Figura 1. Comparativa de los 3 métodos analizados diferenciado por sexo mediante el método gráfico de Bland y Altman. A) comparación entre los métodos de antropometría y bioimpedancia. B) comparación entre los métodos antropometría y el ultrasonido portable. C) comparación entre los métodos bioimpedancia y ultrasonido portable.**



DT: Desviación típica; ● hombres; ■ mujeres.

Smith-Ryan *et al*<sup>16</sup>, obtienen resultados significativamente distintos cuando compara el método USp y el método BIA, obteniendo un error de hasta un 4% cuando compara el % de masa grasa medida con ambos aparatos. Los resultados del presente estudio muestran un error aún menor entre ambos aparatos de medida (1,7%). Esta minimización del error puede ser debido a que en el presente estudio se usa un USp específico para la evaluación de la composición corporal y no un sistema de ultrasonido segmentario para el cálculo de la densidad ósea.

Así, aunque algunos autores<sup>22,23</sup> han demostrado que el uso de ultrasonido no parece tener ventajas o ser superior al uso de pliegues cutáneos en la predicción de la densidad ósea y el porcentaje de grasa en sujetos con normo peso, parece ser que es un buen método en personas obesas, donde el lipocalibre presenta limitaciones como que el panículo adiposo supere la apertura del lipocalibre, la variabilidad entre los evaluadores al determinar el tejido adiposo en personas obesas o la falta de diferenciación al palpar el tejido adiposo y muscular<sup>24</sup>. Por lo tanto, el USp, al ser un método ligero, transportable y pequeño podría ser una buena alternativa al lipocalibre en personas obsesa, con problemas de movilidad reducida o amputación, ya que el USp no requiere mantener una posición determinada durante la evaluación, como el caso del BIA, ni presenta problemas de rango de medida como los lipocalibres, aunque cabe destacar en su contra, que los valores de concordancia con otros métodos ha sido buena pero no excelente.

Se ha encontrado una concordancia buena entre los métodos que actualmente son los más utilizados: el ANT y BIA para la evaluación del porcentaje de grasa corporal. Por otro lado, el ultrasonido portable, a pesar de ser una alternativa barata y con ciertas ventajas respecto a los otros sistemas, mostró valores algo menores de concordancia con el método antropométrico y la bioimpedancia, y mostró una tendencia a subestimar el % de grasa corporal del sujeto.

### Agradecimientos

A todos los participantes del estudio. Este estudio ha sido financiado por el campus de excelencia internacional de la Universidad de Granada.

### Bibliografía

1. Portao J, Bescós R, Iruiria A, Cacciatori E, Vallejo L. Valoración de la grasa corporal en jóvenes físicamente activos: antropometría vs bioimpedancia. *Nutr Hosp.* 2009;24: 529-34.
2. Ellis K. Human Body Composition: In vivo Methods. *Physiol Review.* 2000;80:649-80.
3. Siqueira Vassimon H, Jordao AA, Albuquerque de Paula FJ, Artioli Machado A, Pontes Monteiro J. Comparación de impedancia bioeléctrica con grosor de pliegues cutáneos y absorciometría de rayos X para mensurar la composición corporal de personas con VIH con lipodistrofia. *Nutr Hosp.* 2011;26:458-64.
4. Marfell-Jones MJ, Olds T, Stewart AD, Carter L. *International standards for anthropometric assessment.* Potchefstroom, South Africa: ISAK; 2006.
5. Gibson AL, Heyward VH, Mermier CM. Predictive Accuracy of Omron™ Body Logic Analyzer in Estimating Relative Body Fat of Adults. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2000; 10: 216-7.
6. Lukaski HC. Assessment of body composition using tetrapolar bioelectrical impedance analysis. *New techniques in nutritional research.* 1991;303-15.
7. Jürimäe T, Sudi K, Payerl D, Leppik A, Jürimäe J, Müller R, *et al.* Relationships between bioelectric impedance and subcutaneous adipose tissue thickness measured by lipometer and skinfold calipers in children. *Eur J Appl Physiol.* 2003;90(1-2):178-84.
8. Johansson AG, Forslund A, Sjödin A, Mallmin H, Hambraeus L, Ljunghall S. Determination of body composition a comparison of dual-energy x-ray absorptiometry and hydrodensitometry. *Am J of Clin Nut.* 1993;57(3):323-6.

9. Vasudev S, Mohan A, Mohan D, Farooq S, Raj D, Mohan V. Validation of body fat measurement by skinfolds and two bioelectric impedance methods with DEXA. *J Assoc Physicians India*. 2004 ;52:877-81.
10. Verovská R, Lacnáková Z, Haluzíková D, Fábín P, Hájek P, Horák L, et al. Comparison of various methods of body fat analysis in overweight and obese women. *Vnitr Lek*. 2009;55(5):455-61.
11. Utter A, Nieman D, Mulford G, Tobin R, Schumm S, McInnis T, et al. Evaluation of Leg-to-Leg BIA in assessing body composition of high-school wrestlers. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37:1395-400.
12. Sánchez C, Jacobson H. Anthropometry measurements, a new type. *Am J Clin Nutr*. 1978;31:116-7.
13. Boas SR, Wolk RL, Wood L, Service A. Use of Ultrasonography in body composition assesment in cystic fibrosis and pediatric patients. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(5):32.
14. Withers RT, Craig N, Bourdon P, Norton K. Relative body fat and anthropometric prediction of body density of male athletes. *Eur J Appl Physiol*. 1987;56:191-200.
15. Siri W. Body composition from fluid spaces and density analysis of methods. En: Brozek J, Henschel A, editors. *Techniques for Measuring Body Composition*. National Academy Press; 1961:223-44.
16. Smith-Ryan AE, Fultz SN, Melvin MN, Wingfield HL, Woessner MN. Reproducibility and validity of a-mode ultrasound for body composition measurement and classification in overweight and obese men and women. *PLoS one*. 2014;9(3):e91750.
17. Fleiss JL. *The design and analysis of clinical experiments*. New York: Wiley; 1986
18. Martín V, Gómez JB, Gómez A, Antoranz MJ. Grasa corporal e índice adiposo-muscular estimados mediante impedanciometría en la evaluación nutricional de mujeres de 35 a 55 años. *Rev Esp Salud Pública*. 2002;76(6):723-34.
19. Hernández Ruiz de Eguílaz M, Martínez de Morentín BE, Pérez Díez S, Navas Carretero S, Martínez Hernández JA. Estudio comparativo de medidas de composición corporal por absorciometría dual de rayos X, bioimpedancia y pliegues cutáneos en mujeres. *An Real Acad Nac Far*. 2010;2:209-22.
20. Sioen I, Goemare S, Ahrens W, De Henauw S, De Vriendt T, Kaufman J, et al. The relationship between paediatric calcaneal quantitative ultrasound measurements and dual energy X-ray absorptiometry (DXA) and DXA with laser (DXL) as well as body composition. *Int J Obes*. 2011;35:125-30.
21. Pineau J-C, Filliard JR, Bocquet M. Ultrasound Techniques Applied to Body Fat Measurement in Male and Female Athletes. *J Ath Train*. 2009;2(44):142-7.
22. Sanchez C, Jacobson H. Anthropometry measurements, a new type. *Am J Clin Nutr*. 1978;31:116-7.
23. Bullen B, Quaade F, Olesen F, Lund S. Ultrasonic reflections used for measuring subcutaneous fat in humans. *Hum Biol*. 1965;37:375-8.
24. Lohman T. Skinfolds and body density and their relation to fatness: a review. *Hum Biol*. 1981;53:181-225.