

APLICACIONES DE LA BIOIMPEDANCIA EN EL
ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN
GRUPO DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS:
COMPARACIÓN ENTRE DEPORTISTAS Y
SEDENTARIOS

Trabajo fin de grado



Natalia Arias Herguedas

4º CURSO DEL GRADO EN NUTRICIÓN HUMANA Y DIETÉTICA
Tutora: D^a Alicia Camina

RESUMEN

Introducción: La alimentación y la actividad física son factores fundamentales para optimizar la salud, mantener un adecuado estado nutricional y prevenir la enfermedad. El equilibrio entre ambos garantiza la estabilidad de las reservas corporales y, por tanto, del peso y del porcentaje de masa grasa. El estudio de la composición corporal en el contexto de la valoración del estado nutricional permite identificar precozmente las desviaciones de la normalidad.

Objetivo: Comparar la composición corporal valorada por análisis de bioimpedancia en sus distintas modalidades en un grupo de estudiantes universitarios deportistas y sedentarios.

Métodos: Estudio observacional transversal realizado con 49 estudiantes voluntarios de la Universidad de Valladolid, de los que 22 (44,9%) forman parte de equipos deportivos de la Universidad. Se estimó el grado de actividad física de los sujetos mediante el cuestionario GPAQ, y se realizó un estudio antropométrico completo. La composición corporal se analizó por bioimpedancia en sus modalidades convencional (BIA) y vectorial (BIVA). Las diferencias de las variables en función del sexo o de la actividad física se analizaron mediante la t de Student o la U de Mann-Whitney, en función de la normalidad de las variables. Para comparar el BIVA de los deportistas y los sujetos sedentarios se utilizó el estadístico T^2 de Hotelling. La significación estadística se alcanzó con $p < 0,05$.

Resultados: No se observaron diferencias significativas en el IMC en función de la práctica deportiva. Los varones presentaron mayor porcentaje de masa libre de grasa y masa muscular esquelética que las mujeres. En función de la actividad física, se observó mayor porcentaje de masa grasa en las mujeres sedentarias respecto a las deportistas; lo que no ocurrió en los varones. El análisis de BIVA sugirió un mayor porcentaje de grasa corporal en los sujetos no deportistas de ambos sexos.

Conclusión: No se observaron diferencias significativas en el análisis de composición corporal mediante BIA convencional entre los varones deportistas y los que no practicaban deporte. Sin embargo, las mujeres no deportistas presentaron mayor porcentaje de masa grasa que las que practicaban deporte de forma regular. El análisis de los parámetros eléctricos sugiere una asociación positiva entre la práctica regular de actividad física, la composición corporal y la salud.

Palabras clave: composición corporal, impedancia bioeléctrica, actividad física.

ÍNDICE:

1. Introducción	Página 3
2. Objetivos	Página 8
3. Material y métodos	Página 9
4. Resultados	Página 14
5. Discusión	Página 21
6. Conclusiones	Página 23
7. Bibliografía	Página 24
8. Anexos	Página 27

1. INTRODUCCIÓN:

En las últimas décadas ha habido un cambio en los hábitos alimentarios y estilos de vida de la población general, aumentando el consumo de grasas, azúcares y carnes y disminuyendo el de cereales, frutas y verduras, además de una reducción de la actividad física, lo que promueve un mayor riesgo de desarrollar enfermedades crónicas relacionadas con el estilo de vida.

La creciente influencia de los medios de comunicación y la accesibilidad de información desde diferentes partes del mundo ha promovido un cambio en el estilo de vida de la población. La alimentación tradicional está siendo reemplazada por un modelo de dieta occidental basado en alimentos de origen animal, productos procesados y comida rápida. Actualmente los emplazamientos de comida rápida están en auge en nuestro país, dada su comodidad y bajo coste, por lo que son muy populares, especialmente en población joven.

La actividad física también ha sufrido un importante descenso. Una de las posibles causas ha sido el avance de la tecnología en todos los niveles, incluido el ocio (ordenadores, videoconsolas, juegos virtuales...), nuevas formas de entretenimiento que promueven el sedentarismo.^{1,2}

Estos cambios pueden apreciarse especialmente en los jóvenes, cuyo estilo de vida favorece la práctica de estos modelos dietéticos hiperenergéticos que, unidos a una escasa actividad física, pueden acabar dando como resultado obesidad y otras enfermedades a largo plazo, como diabetes, hipertensión, hipercolesterolemia, etc. En los últimos estudios se ha encontrado que el nivel de actividad física de los estudiantes universitarios ha descendido, a la vez que ha aumentado el nivel de grasa corporal.^{3,4}

La actividad física es un factor que influye de manera relevante en la salud de las personas. Aquellos sujetos que practican una actividad física regular tienen menor riesgo de presentar sobrepeso y obesidad, diabetes, hipertensión arterial y enfermedades cardiovasculares.^{5,6} Por ello, la actividad física es recomendada junto a una dieta saludable, tanto para prevenir enfermedades y preservar un estado de salud óptimo, como parte del tratamiento de enfermedades crónicas relacionadas con malos hábitos de vida.⁷

Existe una asociación evidente entre la actividad física (tanto en cantidad como en calidad) y el peso corporal.⁸ Los cambios que se dan en el peso corporal se ven también reflejados en la cantidad de grasa y de masa libre de grasa del cuerpo, factores que son determinantes en la salud. Aquellas personas que practican ejercicio, aparte de tener un menor riesgo de desarrollar las enfermedades relacionadas con el estilo de vida

citadas anteriormente, tienen un mayor porcentaje de masa libre de grasa, siendo esencial el músculo. Practicar de forma regular un deporte, sobre todo si es de resistencia, es una buena estrategia para preservar la masa muscular.⁹

Valoración del estado nutricional: estudio de la composición corporal

Para conocer el estado nutricional tanto de las personas sanas como de las enfermas el estudio de la composición corporal tiene un importante papel. En la evaluación del estado nutricional, además de los parámetros bioquímicos y hematológicos, los parámetros antropométricos ofrecen gran información acerca del estado nutricional del individuo. De esta manera pueden detectarse posibles alteraciones nutricionales, ya sean por exceso o por defecto, lo que facilita la intervención y la prevención de problemas de salud futuros. El estudio de la composición corporal es una herramienta que permite realizar el seguimiento de los sujetos a lo largo de las distintas etapas del ciclo vital, en situación de salud y enfermedad.

En los sujetos deportistas el estudio de la composición corporal permite, además, pautar las intervenciones dietéticas y adecuar los entrenamientos para optimizar la práctica deportiva y el rendimiento. Es conocida, especialmente en determinadas disciplinas deportivas, la relación entre la composición corporal en atletas y el rendimiento, de modo que a mayor cantidad de grasa, peor rendimiento.¹⁰

Aunque existen varios métodos para la medición de la composición corporal, el medio ideal sería un análisis directo de los compartimentos del cuerpo. Sin embargo, este análisis no puede ser realizado *in vivo*. Por ello son utilizados los métodos indirectos o doblemente indirectos para su estimación. La técnica “*Gold Standard*” es la absorciometría de rayos X (DXA), que tiene un alto coste de equipo y requiere personal especializado, dada su dificultad de realización. En estudios epidemiológicos se utilizan técnicas más baratas que, además, requieren menor especialización.^{11, 12} La antropometría y la impedancia bioeléctrica (BIA) son las técnicas más utilizadas. Ambas se caracterizan por ser no invasivas, sencillas y económicas. En ambos casos, para estimar la composición corporal, hay que aplicar modelos predictivos. Sin embargo, es muy importante aplicar las ecuaciones más adecuadas a las características del sujeto (edad, sexo, etnia...).

Antropometría

La determinación de la composición corporal por antropometría se basa en un modelo bicompartimental. Las medidas que se toman son el peso y la talla, los pliegues cutáneos (pliegues del tríceps, bíceps, subescapular, suprailíaco, etc.) y las circunferencias o perímetros corporales.¹³ A partir de las medidas de los pliegues, o combinando éstas con perímetros, se aplican ecuaciones predictivas para obtener el porcentaje de masa grasa y de masa libre de grasa. En general, la antropometría presenta una elevada variabilidad, especialmente interobservador, pero si los datos han sido bien tomados y se ha elegido la ecuación adecuada para la población estudiada, los resultados obtenidos son fiables.

La *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK), en su protocolo de valoración de la composición corporal indica la importancia de seleccionar y tomar los pliegues cutáneos adecuados para que representen la adiposidad general.¹⁴ En este sentido, una de las diferencias en la estimación de la composición corporal en deportistas y en la población general es que, en estos últimos, se utiliza un menor número de pliegues.

Impedancia bioeléctrica

La impedancia bioeléctrica (BIA) es una técnica basada en las propiedades eléctricas de los tejidos biológicos. Mide la oposición del cuerpo al paso de una corriente eléctrica, lo que depende de su contenido en agua y electrolitos. Los tejidos ricos en estos componentes son buenos conductores de la electricidad, mientras que el hueso y el tejido adiposo, conducen mal la misma. Por tanto, la oposición al paso de la corriente es inversamente proporcional al contenido en agua corporal y electrolitos.^{15,16, 17}

La impedancia (Z) es la oposición al paso de la corriente. Este vector se descompone en dos componentes: la resistencia (R) y la reactancia (X_c). La relación entre ambas determina el ángulo de fase (**Figura 1**). La resistencia es la pura oposición de los tejidos al paso de la corriente, mientras que la reactancia es el retardo en el paso de la misma debido al efecto de las membranas celulares; el ángulo de fase refleja la densidad e integridad de las membranas celulares¹⁸.

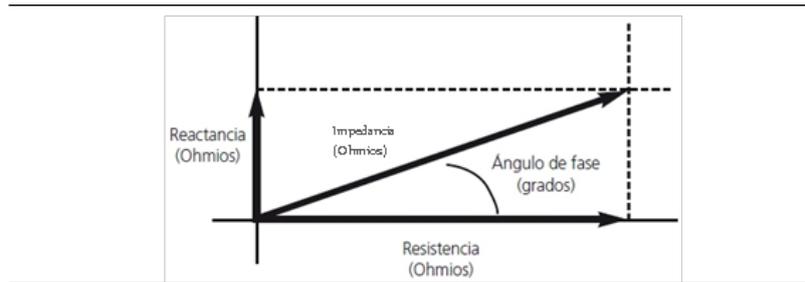


Figura 1. Vector de impedancia.

Con esta técnica, a partir de la Ley de Ohm, y asumiendo que el cuerpo humano es un conductor homogéneo, se puede establecer una relación entre la impedancia y el volumen del conductor. Esta asociación permite estimar el agua corporal total (el volumen) (**Figura 2**).

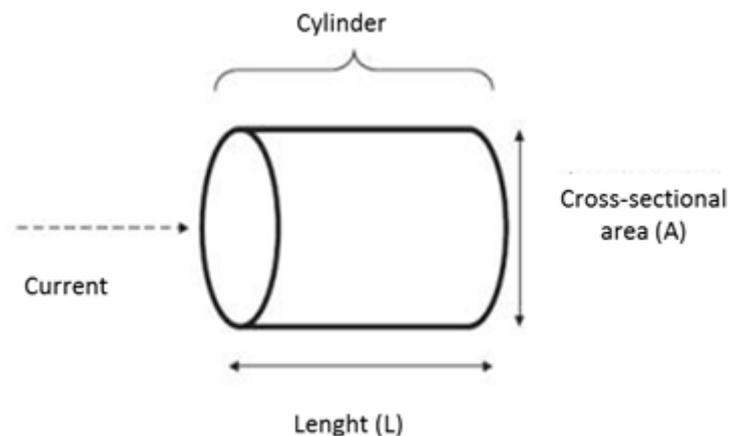


Figura 2. Distribución de la corriente según la Ley de Ohm¹⁵

Existen diferentes modalidades de bioimpedancia:

- En función de las frecuencias de corriente a las que se realice (monofrecuencia a 50 kHz, multifrecuencia y espectroscópica).
- En función del área analizada (BIA de cuerpo entero y BIA segmentaria).
- En función de la interpretación de los resultados (BIA convencional y BIA vectorial o BIVA).

Hasta la fecha el modo más habitual de análisis ha sido el BIA convencional de cuerpo entero en modo monofrecuencia. Esta técnica aplica una corriente eléctrica alterna utilizando una configuración tetrapolar de electrodos, colocados en la mano y el pie¹⁹. A partir de las variables eléctricas, en base a un modelo bicompartimental de composición

corporal, se puede estimar el agua corporal y la masa libre de grasa (MLG) aplicando modelos predictivos edad y sexo específicos¹⁵.

Algunas condiciones patológicas invalidan la aplicación del BIA, como aquellas que cursen con alteraciones en la hidratación²⁰, implantes o prótesis metálicos o disimetrías importantes.

En los últimos años se está imponiendo el modelo de BIA vectorial (BIVA), puesto que realiza una valoración semicuantitativa de la masa celular y del agua corporal a partir del análisis de la distribución bivariada del vector de impedancia de la población sana.²¹ Para construir los vectores, se normalizan la R y la Xc con la altura del sujeto, lo que se representa gráficamente en un sistema de coordenadas: elipses de confianza. Los datos de cada sujeto se comparan con los de una población de referencia mediante las elipses de tolerancia (**Figura 3**).^{22 23}

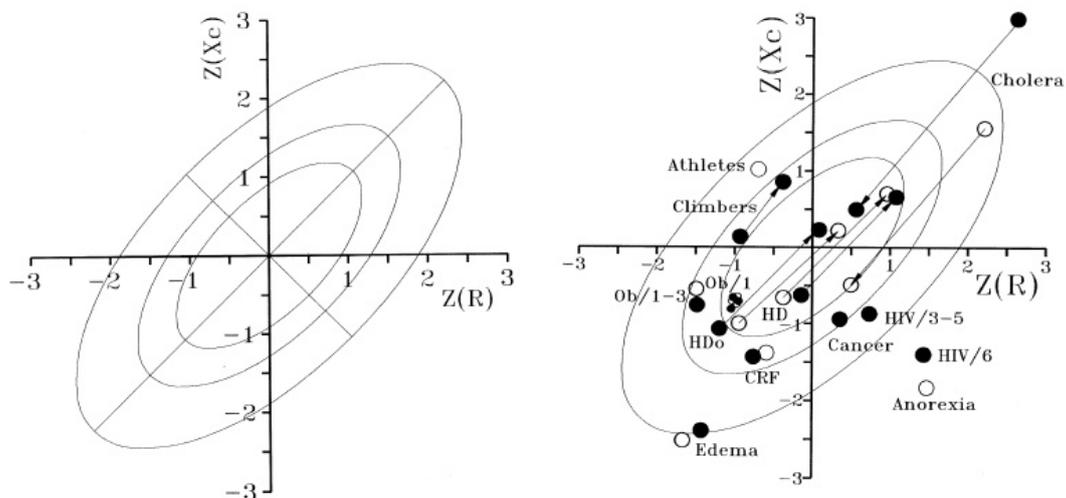


Figura 3: Elipses de tolerancia del BIVA.¹⁹

Este método permite comparar la composición corporal de un sujeto respecto a la población de referencia y también posibilita el seguimiento de los cambios en la composición corporal del mismo individuo a lo largo del tiempo. Esta nueva técnica de BIVA es válida tanto para población sana como para población con alteraciones en la salud o con características especiales en la composición corporal, dando estimaciones precisas y fiables.

Puesto que la BIVA es una técnica relativamente nueva, y que su interpretación requiere la comparación con poblaciones de referencia, es de especial interés realizar estudios con diferentes poblaciones para obtener elipses de referencia por edad, sexo, raza o distintos niveles de actividad física.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo general

Comparar la composición corporal valorada por análisis de bioimpedancia en sus distintas modalidades en un grupo de estudiantes universitarios deportistas y sedentarios.

2.2. Objetivos específicos

- Comparar la composición corporal estimada por bioimpedancia convencional entre un grupo de estudiantes universitarios deportista y otro sedentario.
- Comparar la composición corporal analizada por análisis vectorial de bioimpedancia entre un grupo de estudiantes universitarios deportista y otro sedentario.
- Comparar la composición corporal en cada grupo evaluada por las dos vertientes del análisis de bioimpedancia.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Diseño

Se ha realizado un estudio observacional transversal.

3.2. Sujetos

El estudio se llevó a cabo con una muestra de estudiantes voluntarios de la Universidad de Valladolid de diferentes titulaciones. Para reclutar estudiantes deportistas se recurrió a los equipos de baloncesto y bádminton de la Universidad de Valladolid.

Como criterios de inclusión se admitieron aquellos estudiantes que estuviesen dispuestos a participar en el estudio, cumplimentar los cuestionarios necesarios y acudir a la Unidad de Valoración del Estado Nutricional de la Facultad de Medicina para someterse a una valoración del estado nutricional.

Los participantes fueron debidamente informados sobre el objetivo del estudio y el protocolo de recogida de información. Todos firmaron el consentimiento informado.

Finalmente se seleccionaron 49 sujetos, 27 estudiantes relativamente sedentarios y 22 estudiantes de los equipos de baloncesto y bádminton de la Universidad de Valladolid.

3.3. Metodología

La recogida de información tuvo lugar entre los meses de febrero y marzo del curso académico 2014-2015.

Los voluntarios fueron citados en diferentes días para que acudieran a la Unidad de Valoración del Estado Nutricional de la Facultad de Medicina. Una vez allí se les explicó detalladamente el objetivo del estudio y en qué consistía su participación. Todos los voluntarios firmaron el impreso de consentimiento informado (**Anexo 1**).

A continuación se les realizó una entrevista personal que incluía un cuestionario estructurado de elaboración propia, con el que se recogieron los datos personales del alumno. También se les realizó una valoración del estado nutricional completa.

3.3.1. Recogida de datos generales

Se diseñó un cuestionario (elaboración propia) estructurado, en el que se recogían los datos personales del alumno (facultad, titulación que estudia, curso, sexo, edad), actividad física que realiza, algunas variables antropométricas y datos sobre los hábitos del estudiante, tales como número de ingestas realizadas al día, toma de picoteos y tipo de picoteos, ingesta de suplementos nutricionales, etc. **(Anexo 2)**.

3.3.2. Antropometría

3.3.2.1. Determinaciones antropométricas

Todas las medidas fueron realizadas por el mismo explorador, siguiendo los protocolos del NHANES ²⁴ y de la OMS ²⁵. Antes de realizar cada una de las determinaciones, todos los equipos fueron calibrados siguiendo las normas de los fabricantes. Todas las medidas se determinaron por duplicado, considerando el valor de la media de las dos determinaciones.

Peso corporal (kg)

Se determinó con una báscula SECA (Hamburgo, Alemania), con una precisión de 100 g. Los sujetos se colocaron de pie, en ropa interior y descalzos, en el centro de la plataforma de la báscula, en posición estándar erecta, con las manos en los laterales del cuerpo, la mirada al frente y de espaldas al registro de medida, de manera que se distribuyese el peso por igual en ambas piernas. La lectura se realizó en el momento en el que el aparato mostraba un valor estable.

Talla (cm)

Se utilizó un tallímetro SECA (Hamburgo, Alemania), con una precisión de 0,1 cm. Los voluntarios se colocaron de pie y descalzos sobre la plataforma del tallímetro, habiendo retirado previamente todos los complementos del pelo, con las piernas juntas y la espalda recta; los talones juntos y los dedos de los pies apuntando ligeramente hacia fuera en un ángulo de 60°. Los talones, glúteos, espalda y región occipital debían contactar con el plano vertical del tallímetro, y la cabeza debía estar colocada según el plano de Frankfort. La plataforma horizontal del tallímetro se deslizó hasta contactar con la cabeza del sujeto, cuando éste realizaba una inspiración profunda, con presión suficiente como para comprimir el cabello.

3.3.2.2. Cálculo de índices antropométricos derivados

a) *Índice de masa corporal (IMC) (en kg/m²)*

Este parámetro se considera de mayor interés epidemiológico como indicador de la adiposidad. Se calculó a partir de la fórmula de Quetelet:

$$\text{IMC (kg/m}^2\text{)} = \text{Peso (kg)} / [(\text{Talla})^2 \text{ (m}^2\text{)}]$$

La catalogación del IMC se realizó siguiendo la clasificación de la OMS de 2004 ²⁶ (**Tabla 1**).

Tabla 1: Catalogación nutricional internacional para adultos según el IMC.

Clasificación	IMC (Kg/m ²)
Desnutrición	<18,50
Normalidad nutricional	18,50–24,99
Sobrepeso	25,00–29,99
Obesidad tipo I	30,00–34,99
Obesidad tipo II	35,00-39,99
Obesidad tipo III	≥40,00

3.3.3. Cuestionario GPAQ

Para la evaluación de la actividad física de los participantes se utilizó el instrumento GPAQ (cuestionario mundial sobre la práctica de actividad física), versión 2, diseñado y validado por la OMS ³³ en su versión en español. Este cuestionario consta de 16 ítems distribuidos en distintos módulos que evalúan la actividad física por un lado (actividad física en el trabajo, para desplazamientos y en el tiempo libre), y el sedentarismo, por otro.

3.3.4. Análisis de bioimpedancia (BIA)

3.3.4.1. BIA convencional

El BIA de cuerpo entero se realizó con una configuración de electrodos tetrapolar en modo monofrecuencia a 50 kHz, siguiendo el protocolo estándar de Lukaski ¹⁹. El set de electrodos señal (por los que se introduce la corriente) se colocó en la muñeca (en

la línea media entre los procesos estiloides) y en el tobillo (en la línea media entre los maléolos) del hemicuerpo derecho. El segundo set de electrodos (detectores, los que recogen el voltaje) se colocó a 5 cm de los electrodos señal en las líneas metacarpofalángica y metatarsofalángica, respectivamente.

Los sujetos acudieron en situación de post-ingesta (al menos 2 horas después de comer). Durante la prueba los voluntarios permanecieron tumbados en posición de decúbito supino sobre una camilla de material no conductor, con los brazos ligeramente separados del cuerpo (formando aproximadamente un ángulo de 30°), con las piernas separadas de forma que los tobillos distaban al menos 20 cm y sin contacto entre los muslos. Todos los sujetos estaban vestidos, a excepción de zapatos y calcetines, y fueron despojados de cualquier objeto metálico.

3.3.4.2. Cálculo de la composición corporal por bioimpedancia

A partir de los parámetros bioeléctricos se realizó el análisis de composición corporal aplicando modelos de predicción específicos por edad y sexo.

a) *Masa libre de grasa*

En este estudio se seleccionó la ecuación de Kyle ²⁰:

$$MLG = (-4,104) + [0,518 (T^2/R)] + (0,231 P) + (0,130 Xc) + (4,229 S)$$

donde MLG: masa libre de grasa (kg); T: talla (cm); R: resistencia (ohm); P: peso (kg); Xc: reactancia (ohm); S: sexo (1=varón; 0=mujer).

b) *Masa grasa*

Se calculó, teniendo en cuenta el modelo bicompartimental, mediante la fórmula:

$$MG = P - MLG$$

donde MG: masa grasa; MLG: masa libre de grasa (kg); P: peso (kg).

c) *Masa muscular esquelética*

Se calculó mediante la ecuación de Janssen ²⁷:

$$\text{MME} = [(T^2/R \ 0,401) + (S \ 3.825) + (E \ (-0.071))] + 5.102$$

donde MME: masa muscular esquelética (kg); T: talla (cm); R: resistencia (ohm); S: sexo (1=varón; 0=mujer); E: edad (años).

3.3.4.3. BIA vectorial (BIVA)

El BIVA fue utilizado para realizar el análisis semi-cuantitativo de la composición corporal. Los componentes del vector impedancia (R y Xc) fueron normalizados por la altura (H) de los sujetos valorados (R/H (ohm/m) y Xc/H (ohm/m), respectivamente y representados en el gráfico R-Xc (eje de abscisas, R/H; eje de ordenadas, Xc/H).

Los vectores de impedancia individuales fueron confrontados con la distribución de los vectores de la población adulta sana de referencia (elipses de tolerancia al 50%, 75% y 95% sexo-específicas de la población adulta sana)²⁸. Para comparar el subgrupo de deportistas frente al subgrupo de sujetos sedentarios se utilizaron las elipses de confianza de ambos grupos, que fueron calculadas con los vectores medios de impedancia de cada grupo.

3.3.5. Análisis estadístico

Las variables paramétricas se describieron como media (DS), y las variables que no seguían una distribución normal, como mediana (p5-p95, o el intervalo de percentiles más próximo que el tamaño muestral permitiera calcular). La normalidad de las variables se determinó mediante el test de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilk.

Para evaluar las diferencias entre las distintas variables en función de una variable dicotómica (sexo, deportista) se empleó la t de Student para medidas independientes o la U de Mann-Whitney, en función de la normalidad de las variables.

Para comparar el BIVA de los deportistas y los sujetos sedentarios se calculó la distancia de Mahalanobis (dM) y se utilizó el estadístico T² de Hotelling²⁹.

La significación estadística se alcanzó con p<0,05. El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SPSS 19.0 para Windows.

4. RESULTADOS

4.1. Características de la muestra

La muestra estuvo formada por estudiantes deportistas y no deportistas (65% de mujeres y 35% de varones), con una mediana de edad de 22,4 años.

La Tabla 2 muestra la edad y las principales características antropométricas de la muestra en función del sexo y de la actividad deportiva. Los varones presentaron significativamente mayores valores de peso, talla e IMC. En función de la práctica deportiva regular, sólo se observaron diferencias estadísticamente significativas en la talla de los varones, que fue mayor en los deportistas.

Variables	Hombres (n=17)		Mujeres (n=32)		Muestra total (n=49)	
	Deportistas (n=10)	No deportistas (n=7)	Deportistas (n=12)	No deportistas (n=20)	Hombres (n=17)	Mujeres (n=32)
Edad (años)	22.2 (2.4)	22.8 (3.2)	23.5 (3.8)	21.7 (1.3)	21.6 (20.4 – 24.5)	21.9 (21.1 – 23.0)
Peso (kg)	78.1 (6.2)	72.7 (6.9)	56.3 (53.4 – 59.6)	56.7 (7.7)	75.9 (6.8)*	57.0 (6.9)
Talla (m)	1.85 (0.10)	1.74 (1.72 – 1.86) ^a	1.62 (1.60 – 1.72)	1.62 (0.07)	1.82 (0.10)*	1.63 (0.07)
IMC (kg/m ²)	22.9 (2.1)	22.9 (2.0)	21.0 (1.7)	21.5 (2.3)	22.9 (2.0)*	21.3 (2.1)

IMC: índice de masa corporal.

Los resultados se describen como media (DE) o *mediana (intervalo intercuartil)*.

^aDiferencias significativas con respecto a los deportistas: $p < 0.05$.

*Diferencias significativas con respecto a las mujeres: $p < 0.05$.

Tabla 2: Edad y características antropométricas de la muestra en función del sexo y de la actividad deportiva.

Las Figuras 3 y 4 presentan la catalogación de la actividad física en los varones y mujeres, respectivamente, en función de la práctica regular de deporte. Como se esperaba, en el grupo de varones ningún deportista presenta una actividad ligera, y la mayoría de ellos tiene una actividad intensa. Mientras que en las mujeres la catalogación de la actividad física es más heterogénea, con mujeres deportistas con actividad ligera y estudiantes no deportistas con actividad intensa.



Figura 3: Catalogación de la actividad física de los varones en función de la práctica deportiva.

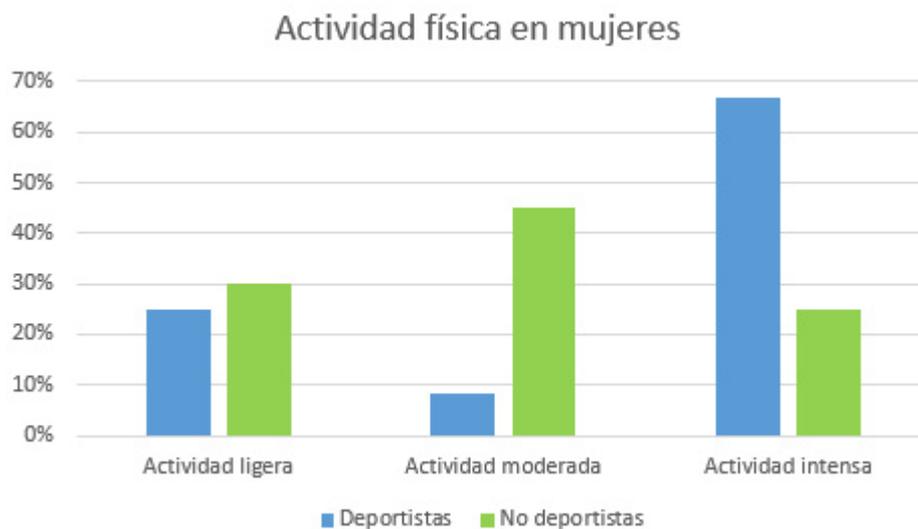


Figura 4: Catalogación de la actividad física de las mujeres estudiantes en función de la práctica deportiva.

Respecto a la actividad física de la muestra total, sin tener en cuenta si forman parte de algún equipo deportivo universitario, los resultados se resumen en la Figura 5. La mayor parte de la muestra presenta una actividad intensa.



Figura 5: Catalogación de la actividad física de la muestra evaluada.

Por último, la Figura 6 presenta el grado de actividad física en función del sexo. Se observa que los varones realizan una actividad más intensa que las mujeres.



Figura 6: Catalogación de la actividad física de la muestra evaluada en función del sexo.

4.2. Características bioeléctricas de la muestra

La Tabla 3 muestra los valores de las variables bioeléctricas de la muestra en función del sexo y de la actividad deportiva. Los varones presentan significativamente menores valores de resistencia/talla, reactancia/talla y un mayor ángulo de fase que las mujeres. No se observaron diferencias significativas en estas variables en los varones en función de la práctica regular de deporte, pero sí en las mujeres para la R/H y el ángulo de fase.

Variables	Hombres (n=17)		Mujeres (n=32)		Todos (n=49)	
	Deportistas (n=10)	No deportistas (n=7)	Deportistas (n=12)	No deportistas (n=20)	Hombres	Mujeres
R/H (Ohm/m)	275.0 (26.5)	291.6 (19.8)	345.6 (15.4)	395.8 (40.3) ^a	281.8 (24.8) [*]	377.0 (41.1)
Xc/H (Ohm/m)	38.4 (2.7)	38.0 (4.0)	43.5 (4.5)	42.3 (4.9)	38.2 (3.2) [*]	42.8 (4.7)
PA (grados)	8.0 (0.5)	7.4 (0.6)	7.2 (0.7)	6.1 (0.6) ^a	7.7 (0.6) [*]	6.5 (0.8)

R/H, resistencia / talla; Xc/H, reactancia / talla; PA, ángulo de fase (phase angle).

Los resultados se describen como media (DE).

^aDiferencias significativas con respecto a los no deportistas: $p < 0.05$.

^{*}Diferencias significativas con respecto a las mujeres: $p < 0.05$.

Tabla 3: Características bioeléctricas de la muestra en función del sexo y de la actividad deportiva.

4.3. Composición corporal

4.3.1. BIA convencional

La composición corporal estimada por bioimpedancia en función del sexo, según el modelo bicompartimental, se resume en la Tabla 4. Los varones presentaron significativamente mayor porcentaje de masa libre de grasa y masa muscular esquelética, y menor porcentaje de masa grasa que las mujeres.

Composición corporal	Hombres (n=17)	Mujeres (n=32)	Muestra total (n=49)
MG (%) Kyle	20.1 (4.2) ^a	27.9 (5.7)	25.2 (6.4)
MLG (%) Kyle	79.9 (4.2) ^a	72.1 (5.7)	74.8 (6.4)
MME (%) Janssen	44.2 (3.1) ^a	37.3 (3.8)	39.7 (4.9)

MG Kyle, masa grasa estimada con la ecuación de Kyle; MLG Kyle, masa libre de grasa estimada con la ecuación de Kyle; MME Janssen, masa muscular esquelética estimada con la ecuación de Janssen.

Los resultados se describen como media (DE).

^aDiferencias significativas con respecto a las mujeres: $p < 0.05$.

Tabla 4: Composición corporal de la muestra en función del sexo.

En el grupo de varones, no se observaron diferencias significativas en la composición corporal entre los sujetos que forman parte de un equipo deportivo y los que no (**Tabla 5**). Mientras que las mujeres no deportistas tenían mayor porcentaje de masa grasa y menor de MLG y MME que las que practicaban deporte de forma regular (**Tabla 6**).

Variables	No deportistas (n=7)	Deportistas (n=10)	Todos (n=17)
MG (%) Kyle	20.7 (4.6)	19.8 (4.0)	20.1 (4.2)
MLG (%) Kyle	79.3 (4.6)	80.2 (4.0)	79.9 (4.2)
MME (%) Janssen	44.1 (3.6)	44.3 (2.9)	44.2 (3.1)

MG Kyle, masa grasa estimada con la ecuación de Kyle; MLG Kyle, masa libre de grasa estimada con la ecuación de Kyle; MME Janssen, masa muscular esquelética estimada con la ecuación de Janssen.

Los resultados se describen como media (DE).

Tabla 5: Composición corporal de los varones en función de la práctica deportiva.

Variables	No deportistas (n=20)	Deportistas (n=12)	Todas (n=32)
MG (%) Kyle	31.9 (28.1 – 33.0) ^a	24.3 (4.0)	27.9 (5.7)
MLG (%) Kyle	68.1 (67.0 – 77.2) ^a	75.7 (4.0)	72.1 (5.7)
MME (%) Janssen	35.1 (33.3 – 37.7) ^a	39.6 (2.7)	37.3 (3.8)

MG Kyle, masa grasa estimada con la ecuación de Kyle; MLG Kyle, masa libre de grasa estimada con la ecuación de Kyle; MME Janssen, masa muscular esquelética estimada con la ecuación de Janssen.

Los resultados se describen como media (DE) o *mediana (intervalo intercuartil)*.

^aDiferencias significativas con respecto a las mujeres: $p < 0.05$.

Tabla 6: Composición corporal de las mujeres en función de la práctica deportiva.

4.3.1. BIA vectorial (BIVA)

Las elipses de tolerancia de las mujeres estudiadas en función de la práctica deportiva se muestran en la Figura 7. El 28% de las mujeres no deportistas se situaron fuera del percentil 75 de las elipses de la población sana de referencia, mientras que sólo el 9,3% de las mujeres deportistas sobrepasaron el percentil que indica normalidad nutricional (percentil 75).

Del mismo modo, las elipses de tolerancia de los varones se representan en la Figura 8. Todos los hombres, tanto deportistas como no deportistas, se situaron dentro de las elipses de tolerancia de la población sana de referencia.

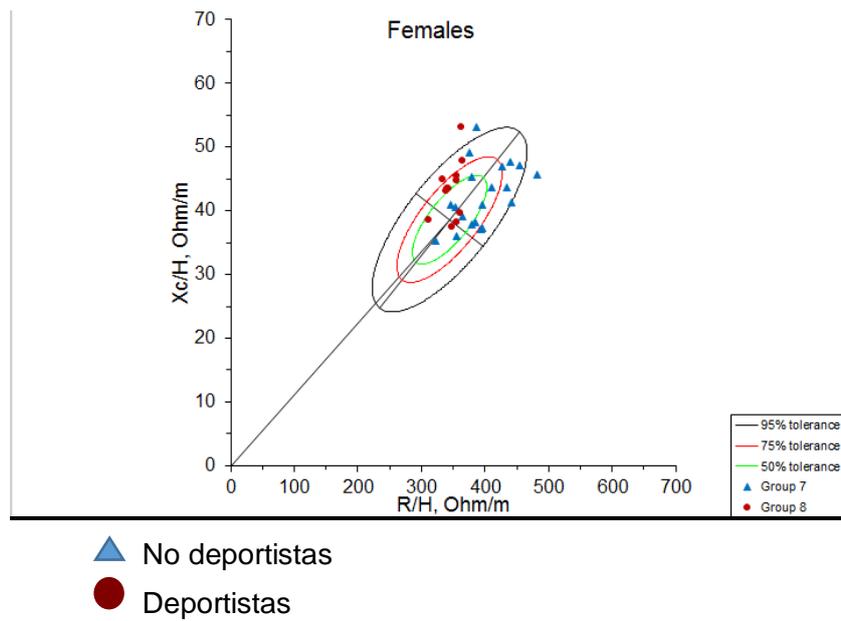


Figura 7: Elipses de tolerancia de las mujeres en función de la práctica deportiva.

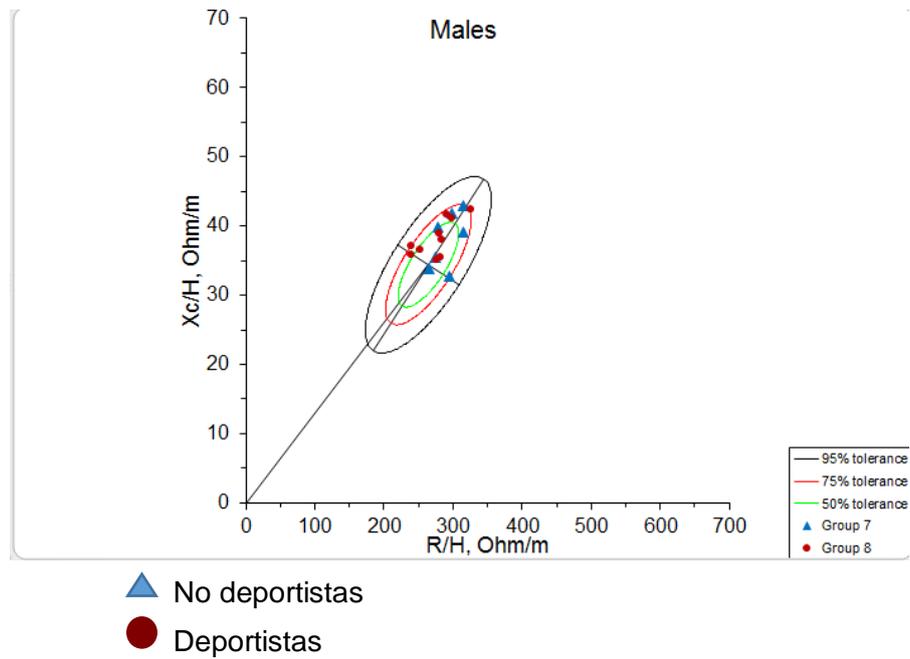


Figura 8: Elipses de tolerancia de los varones en función de la práctica deportiva.

Por otra parte, cuando se analizó la BIVA de la muestra evaluada en función del sexo (elipses de confianza), no se observaron diferencias significativas en los valores de resistencia y reactancia de los varones deportistas y sedentarios (Figura 9). Mientras

que en las elipses de las mujeres se aprecia que las estudiantes deportistas presentaron menores valores de resistencia que las mujeres sedentarias (Figura 10).

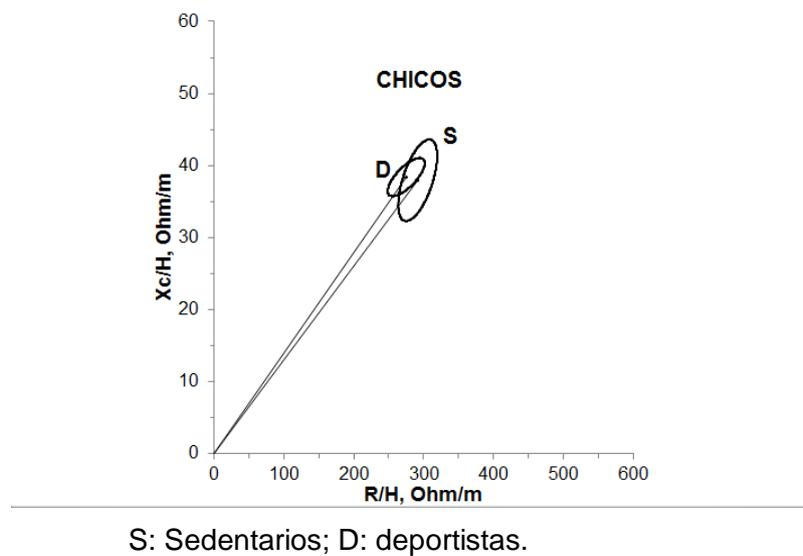


Figura 9: Elipses de confianza de los varones en función de la práctica deportiva.

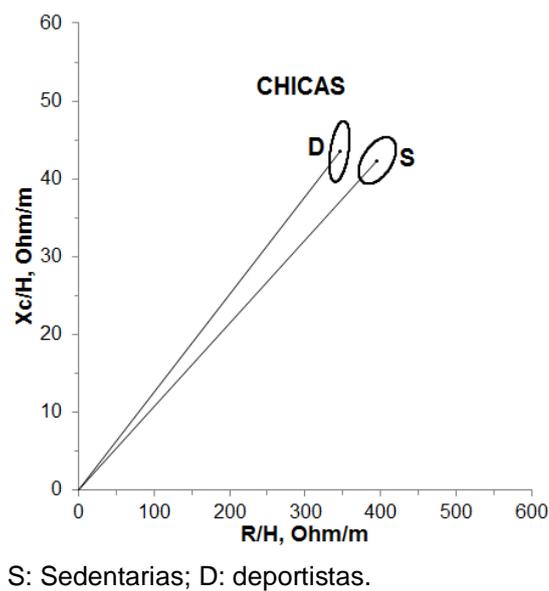


Figura 10: Elipses de confianza de las mujeres en función de la práctica deportiva.

5. DISCUSIÓN

Se ha evaluado la composición corporal por bioimpedancia en una muestra de estudiantes universitarios, de los que un grupo formaba parte de equipo deportivo de la Universidad de Valladolid, y el otro no practicaba una actividad física reglada. El análisis del IMC no mostró diferencias estadísticamente significativas en función de la práctica deportiva, ni en varones ni en mujeres. Sin embargo, el análisis de bioimpedancia, tanto convencional, como vectorial, evidenció que las mujeres no deportistas presentaban mayor porcentaje de masa grasa que las que practicaban deporte. Este hallazgo no se observó en los varones.

Resulta difícil discutir estos resultados, pues diversos estudios han demostrado que la práctica regular de actividad física se asocia a una mejor composición corporal y estado de salud. Ekelund U et al.³⁰ realizaron un estudio prospectivo de cohortes en el que participaron 334.161 hombres y mujeres europeos, y observaron que aquellos que realizaban cierta actividad física tenían un IMC y una circunferencia de cintura menor que aquellos que eran sedentarios. Kohrt et al.³¹ examinaron los efectos de la edad y la actividad física en la composición corporal y la distribución de la masa grasa en varones y mujeres entrenados y sedentarios. Aunque la edad era un factor que influía en los resultados encontrados, la práctica de actividad física regular protegía frente al acúmulo de masa grasa propio de la edad, puesto que los sujetos que practicaban deporte tenían menos cantidad de grasa que los sedentarios. En otro estudio realizado en una muestra de 734 universitarios italianos Zaccagni L. et al.³² se observó una asociación entre un estilo de vida activo y la composición corporal: los varones más activos tenían menor cantidad de grasa y las mujeres más activas tenían mayor cantidad de masa libre de grasa.

Conviene considerar que el deporte universitario es una actividad lúdica que, aunque tiene un componente competitivo considerable, no está sujeto a las exigencias del deporte de élite, ni en cuanto a la condición física requerida, ni al nivel de entrenamiento y competición, etc. Por lo tanto, los sujetos estudiados deben considerarse como población general activa.

Por otra parte, en nuestro estudio, los resultados parecen aún más inconsistentes si se considera que la mayoría de los varones deportistas realizaban una actividad intensa, mientras que los no deportistas fueron catalogados como actividad ligera. Las mujeres, en cambio, no seguían un patrón homogéneo catalogación de la actividad vs. práctica de deporte. En este sentido es importante tener en cuenta que para la catalogación del nivel de actividad física se ha empleado el cuestionario GPAQ.

Este cuestionario desarrollado por la OMS es autoadministrado.³³ Sin embargo, a pesar de que ha sido validado^{34 35}, Cleland C.L et al ³⁶ demostraron que el GPAQ sobreestimaba la actividad física en comparación con el acelerómetro en personas sedentarias. Es posible que las mujeres del presente trabajo hayan sobreestimado la actividad física que realizan.

En el presente estudio, aunque no se encontraron diferencias en la composición corporal en los varones, los parámetros eléctricos sí sugieren una asociación positiva entre la práctica regular de actividad física, la composición corporal y la salud: mayor ángulo de fase y menor resistencia en los deportistas. A este respecto, en las elipses de tolerancia generadas con los datos obtenidos con la muestra de varones, se aprecia un desplazamiento de los vectores de impedancia de los deportistas hacia el cuadrante superior izquierdo, y de los no deportistas hacia el cuadrante superior derecho. Las elipses de confianza muestran un patrón similar, aunque el reducido tamaño muestral no es suficiente como para que las elipses (IC bivariado al 95%) se separen. En términos de composición corporal, los citados desplazamientos del vector de impedancia de los sujetos no deportistas indican mayor porcentaje de grasa corporal. Esto mismo se ha observado en las mujeres, pero de forma mucho más apreciable, tanto en las elipses de tolerancia, como en las de confianza, en las que los dos grupos llegan a separarse por completo.

Por último, se deben considerar las limitaciones del reducido tamaño muestral, especialmente la menor potencia estadística para detectar cambios entre los grupos.

6. CONCLUSIONES

1. El índice de masa corporal (IMC) no mostró diferencias estadísticamente significativas ni en función del sexo ni de la práctica deportiva.
2. Los varones presentaron significativamente mayor porcentaje de masa libre de grasa y masa muscular esquelética, y menor porcentaje de masa grasa que las mujeres.
3. No se observaron diferencias significativas en el análisis de composición corporal mediante BIA convencional entre los varones deportistas y los que no practicaban deporte. Sin embargo, las mujeres no deportistas presentaron mayor porcentaje de masa grasa que las que practicaban deporte de forma regular.
4. En ambos sexos, los desplazamientos del vector de impedancia en el gráfico de BIVA indicaron un mayor porcentaje de grasa corporal en los sujetos no deportistas.
5. El análisis de los parámetros eléctricos sugiere una asociación positiva entre la práctica regular de actividad física, la composición corporal y la salud.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ¹ Helajärvi H, Rosenström T., Pahkala K., Kähönen M., Lehtimäki T., Olli J. Heinonen et al. Exploring Causality between TV Viewing and Weight Change in Young and Middle-Aged Adults. The Cardiovascular Risk in Young Finns Study. PLoS ONE 9(7): e101860. doi:10.1371/journal.pone.0101860
- ² Mamun A.A, O'Callaghan M.J, Williams G and Najman J.M. Television watching from adolescence to adulthood and its association with BMI, waist circumference, waist-to-hip ratio and obesity: a longitudinal study. Public Health Nutrition (2012): 16(1), 54–64
- ³ Martínez Roldán C., Veiga Herreros P., López de Andrés A., Cobo Sanz J. M^a y Carbajal Azcona A. Evaluación del estado nutricional de un grupo de estudiantes universitarios mediante parámetros dietéticos y de composición corporal. Nutr. Hosp. (2005) XX (3) 197-203.
- ⁴ Pribis P, Burtneck C.A, McKenzie S.O. and Thayer J. Trends in Body Fat, Body Mass Index and Physical Fitness Among Male and Female College Students. Nutrients 2010, 2, 1075-1085.
- ⁵ García E.C. Genética, actividad física y deporte para la salud. Arch Med Deporte (2013) ;30(3):167-171
- ⁶ Jorge J. Márquez, Gustavo Ramón S, Jhony Márquez T. Actualidad en ejercicio y diabetes tipo 2 (II). Archivos de medicina del deporte. Volumen XXVIII Número 143 2011 188-198
- ⁷ Haskell, W. L., Lee, I-M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., Bauman, A. Physical activity and public health: Updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. Circulation (2007), 116(9), 1081-1093.
- ⁸ Ladabaum U, Mannalithara A., Myer P.A, Singh G. Obesity, Abdominal Obesity, Physical Activity, and Caloric Intake in US Adults: 1988 to 2010. The American Journal of Medicine (2014) 127, 717-727
- ⁹ Dideriksen K., Reitelseder S., Holm L. Influence of Amino Acids, Dietary Protein, and Physical Activity on Muscle Mass Development in Humans. Nutrients (2013), 5, 852-876.
- ¹⁰ JR Moon. Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique. European Journal of Clinical Nutrition (2013) 67, S54–S59
- ¹¹ Ackland T.R, Lohman T.G, Sundgot-Borgen J, Maughan R.J, Meyer N.L, Stewart A.D and Müller W. Current status of body composition assessment in sport. European Journal of Clinical Nutrition (2013) 67, S54–S59
- ¹² Hughes V.A, Frontera W.R, Roubenoff R, Evans W.J, and Fiatarone Singh M.A. Longitudinal changes in body composition in older men and women: role of body weight change and physical activity. Am J Clin Nutr 2002;76:473–81
- ¹³ B. Knechtle, A. Wirth, P. Knechtle, T. Rosemann, C. A. Rust and R. Bescos, A comparison of fat mass and skeletal muscle mass estimation in male ultra-endurance athletes using bioelectrical impedance analysis and different anthropometric methods. Nutr Hosp. 2011;26(6):1420-1427
- ¹⁴ International Standards for Anthropometric Assessment. The international society for the advancement of kinanthropometry.(2001)

-
- ¹⁵ Kyle U.G., Bosaeus I., De Lorenzo A. D., Deurenberg P., Marinou E., Gómez J.M., et al. Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition* (2004) 23, 1226–1243.
- ¹⁶ Nyboer E. Electrorheometric properties of tissues and fluids. *Ann NY Acad Sci.* 1970;170:410-20.
- ¹⁷ Thomasset A. Bioelectrical properties of tissue impedance measurements. *Lyon Medical.* 1962;207:107-18.
- ¹⁸ Hoffer E, Meador C, Simpson D. Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *J Appl Physiol.* 1969;27:531-4.
- ¹⁹ Lukaski HC. Assessment of body composition using tetrapolar impedance analysis. In: Whitehead RG, Prentice A, editors. *New techniques in nutritional research.* San Diego: Academic Press. 1991. pp. 303-15.
- ²⁰ Kyle UG, Genton L, Karsegard L, Slosman DO, Pichard C. Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20-94 years. *Nutrition*, 2001; 17:248-53.
- ²¹ Sánchez-Iglesias A., Fernández-Lucas M., Teruel J.L. Fundamentos eléctricos de la bioimpedancia. *Nefrología* (2012); 32(2):133-5
- ²² Piccoli A, Luana Pillon and Francis Dumler, MD. Impedance Vector Distribution by Sex, Race, Body Mass Index, and Age in the United States: Standard Reference Intervals as Bivariate Z Scores. *Nutrition* (2002) 18:153–167
- ²³ Josely C Kourya, Alexandre G Torresb and Nádia M F Trugob. Phase Angle and Body Impedance Vectors in Adolescent and Adult Male Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance* (2014).
- ²⁴ NHANES. CDC. Anthropometry Procedures Manual, 2007.
- ²⁵ WHO. Report of a WHO Expert Committee. *Physical Status: The Use and Interpretation of Anthropometry.* Geneva: WHO Technical Report Series, 1995.
- ²⁶ WHO. Clasificación internacional para adultos de bajo peso, sobrepeso y obesidad en relación al IMC: Criterios de la OMS, 2006.
- http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html
- ²⁷ Janssen I, Heymsfield SB, Baumgartner RN, Ross R. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol.* 2000; 89:465–71.
- ²⁸ Piccoli A, Nigrelli S, Caberlotto A, Bottazzo S, Rossi B, Pillon L. Bivariate normal values of the bioelectrical impedance vector in adult and elderly populations. *Am J Clin Nutr.* 1995; 61:269-270.
- ²⁹ Hotelling H. The generalization of Student's ratio. *Ann Math Statist.* 1931; 2:360-78.
- ³⁰ Ekelund U, Ward H.A, Norat T, Luan J, May A.M, Weiderpass E et al. Physical activity and all-cause mortality across levels of overall and abdominal adiposity in European men and women: the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition Study (EPIC). *Am J Clin Nutr* 2015; 101:613–21.
- ³¹ Kohrt W.M, Malley M.T, Dalsky G.P, Holloszy J.O. Body composition of healthy sedentary and trained, young and older men and women. *Med. Sci. Sports Exerc* (1992); 24(7): 832-837

³² Zaccagni L, Barbieri D and Gualdi-Russo E. Body composition and physical activity in Italian university students *Journal of Translational Medicine* (2014), 12:120

³³ Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ). Analysis guide. World Health Organization.

³⁴ Hoos T, Espinoza N, Marshall S, Elva M. Arredondo E.M. Validity of the Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) in Adult Latinas. *J Phys Act Health* (2012); 9(5): 698–705.

³⁵ Misra P, Upadhyay RP, Krishnan A, Sharma N, Kapoor SK. A Community Based Study to Test the Reliability and Validity of Physical Activity Measurement Techniques. *International Journal of Preventive Medicine* (2014); 5(8):952-959.

³⁶ Claire L Cleland C.L, Ruth F Hunter R.F, Kee F, Cupples M.E, Sallis J.F, and Tully M.A. Validity of the Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) in assessing levels and change in moderate-vigorous physical activity and sedentary behaviour. Cleland et al. *BMC Public Health* (2014), 14:1255

Anexo 1

IMPRESO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL VOLUNTARIO

Aplicación de técnicas y métodos útiles en la valoración del estado nutricional en una población de jóvenes universitarios.

Yo,.....
(Nombre completo del participante en el estudio)

He leído la hoja de información que se me ha entregado.

He podido hacer preguntas sobre el estudio.

He recibido respuestas satisfactorias a mis preguntas.

He recibido suficiente información sobre el estudio.

He hablado con.....
(Nombre del investigador)

Y presto mi conformidad a participar en el estudio.

Valladolid, a / /

Firma del participante

Firma del investigador

Según la ley 15/1999 de 13 de diciembre el consentimiento para el tratamiento de sus datos personales y para su cesión es revocable. Usted puede ejercer el derecho de acceso, rectificación y cancelación dirigiéndose al investigador, que lo pondrá en conocimiento de quien corresponda.

Anexo 2**Aplicación de técnicas y métodos útiles en la valoración del estado nutricional en una población de jóvenes universitarios.**

Código:..... Fecha exploración:.....

Datos del participante:

- Nombre:.....Apellidos:.....
- Fecha de nacimiento:..... Edad:..... Sexo:.....
- Teléfono de contacto:.....Correo electrónico:.....
- Titulación (curso):.....

Actividad física:

- Deporte que realiza:.....
- Horas diarias/semanales:.....

Datos antropométricos:

Peso (kg)	Peso habitual (kg)	Talla (cm)	Distancia talón-rodilla

- Fluctuaciones de peso en el último año:.....

Segmentos corporales (cm)	
Acromiale-radiale	
Radial-Biestiloideo	
Trocanter-femorale	
Tibial medial-maleolo medial	
Acromial-trocanter	

Perímetros (cm)		Pliegues (mm)	
P. Brazo		P. Bicipital	
P. Cintura		P. Tricipital	
P. Cadera		P. Subescapular	
P. Muslo		P. suprailíaco	
P. Pantorrilla		P muslo medial	
		P medial pierna	

Bioimpedancia:

Variables	Total	Bíceps	Cuádriceps	Pantorrilla
R (Ohm)				
Xc (Ohm)				
PhA				
Dist. electrodos (cm)				

Hábitos de ingesta

- Patrón de ingesta:

DE AL CO ME CE RE

- ¿Realiza picoteos entre horas? SÍ NO

- Fumador: SÍ NO

Nº cigarrillos/día:

- Alcohol: SÍ NO

Diario

Fin de semana

Ocasional