



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Variaciones de la composición corporal medida por bioimpedancia eléctrica tras la realización de un ejercicio de corta duración

Variations in body composition measured by bioelectrical impedance after a short-term exercise

Autor/es

Ana Bailo Rincón

Director/es

Enrique Serrano Ostáriz

Facultad de Medicina. Departamento de Fisiatría y Enfermería
Curso académico: 2019 - 2020

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN / ABSTRACT | 2 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 4 |
| 1.1 Modelos de compartimentos corporales | 4 |
| 1.2 Medición de la composición corporal | 5 |
| 1.3 Ejercicio físico | 7 |
| 1.4 Respuestas fisiológicas y regulación corporal durante el ejercicio | 8 |
| 2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO Y OBJETIVOS | 9 |
| 3. METODOLOGÍA | 10 |
| 3.1 Características de la muestra | 10 |
| 3.2 Diseño del estudio | 10 |
| Valoración previa al ejercicio | 10 |
| Actividad física realizada | 10 |
| Valoración posterior al ejercicio | 11 |
| 3.3 Materiales | 11 |
| 3.4 Análisis estadístico de los datos | 11 |
| 3.5 Revisión bibliográfica | 11 |
| 4. RESULTADOS | 12 |
| 4.1 Análisis de la composición corporal por bioimpedancia | 12 |
| 4.2 Análisis de reproducibilidad de la medida por bioimpedancia | 12 |
| 4.3 Análisis de la influencia del tipo de ejercicio en la medida por bioimpedancia | 14 |
| 5. DISCUSIÓN | 16 |
| 5.1 Análisis de la composición corporal por bioimpedancia | 16 |
| 5.2 Análisis de reproducibilidad de la medida por bioimpedancia | 17 |
| 5.3 Análisis de la influencia del tipo de ejercicio en la medida por bioimpedancia | 18 |
| 6. CONCLUSIONES | 20 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA | 21 |

RESUMEN / ABSTRACT

RESUMEN

Introducción: El análisis de la composición corporal ha cobrado importancia en distintas especialidades médicas, pero también a la hora de valorar el rendimiento deportivo. Uno de los métodos más utilizados para su análisis es la bioimpedancia eléctrica (BIA) que mide la oposición de los tejidos corporales al paso de una corriente eléctrica. Permite determinar la masa libre de grasa y el agua corporal total y a partir de ella la masa grasa. El inconveniente de esta técnica es que se altera fácilmente en situaciones que modifiquen el estado de hidratación del individuo, como el ejercicio físico.

Objetivos: El principal objetivo es ver la influencia que tiene la realización de distintos tipos de ejercicio físico de corta duración en la medida de la composición corporal analizada por BIA. Se busca además determinar si la BIA es una técnica adecuada para realizar esta medición.

Metodología: La muestra de este estudio está formada por 585 estudiantes de 2º de medicina, 164 varones y 421 mujeres. Los sujetos se dividen en un grupo control (que no realiza ningún ejercicio) y en 4 grupos según la actividad física realizada (plataforma vibratoria, ejercicios de fuerza, bicicleta o marcha). Se mide la impedancia total y segmentales (brazo y pierna), el peso y varios parámetros de la composición corporal antes y después de la realización de 10 minutos de ejercicio físico.

Resultados: La disminución del peso es significativa en todos los grupos, incluido el grupo control y viene determinada por la pérdida de agua. Tras la realización de actividad física se obtienen cambios significativos ($p < 0,001$) en todas las variables. Los grupos de fuerza y marcha obtienen los mayores cambios. La impedancia total disminuye significativamente en todos los grupos.

Conclusiones: La BIA es un buen método de medida de la composición corporal si se siguen las recomendaciones. El peso es una medida muy válida para medir la deshidratación. Cualquier tipo de ejercicio, aunque sea de breve duración, conlleva cambios significativos en la bioimpedancia, lo que se traduce en un error en la medida de la grasa y del agua corporal total.

Palabras clave: composición corporal, bioimpedancia eléctrica, ejercicio físico.

ABSTRACT

Introduction: Body composition analysis has become important in different medical specialties, but also when assessing the sports performance. One of the most commonly used methods for its analysis is bioelectrical impedance (BIA) that measures the opposition of body tissues when an electrical current flow is passed through them. It allows to determine the fat-free mass and total body water and from it, the fat mass. The drawback of this technique is that it is easily altered in situations that modify the individual's hydration state, such as physical exercise.

Purpose: The main purpose of the study is to see the impact of performing different types of short-term physical exercise in the body composition measured by BIA. The aim is also to determine whether the BIA is an accurate technique for estimating this measurement.

Methodology: The sample of this study consists of 585 university students of 2nd grade of Medicine School, 164 men and 421 women. Subjects are divided into a control group (which does not perform any exercise) and into 4 groups according to the physical activity performed (vibrating platform, strength exercise, cycle or march). The total and segmental impedance (arm and leg), weight and other parameters of body composition are measured before and after 10 minutes of physical exercise.

Results: Weight decrease is significant in all groups, including the control group and it is due to water loss. After the performance of physical activity, significant changes ($p < 0,001$) are observed in all the variables. Strength and march groups obtained the greatest changes. Total impedance decreases significantly in all the groups.

Conclusions: BIA is a good method of measuring body composition if recommendations are followed. Weight is an accurate measure to assess the dehydration. Any kind of exercise, even if short-term, involves significant changes in the impedance, resulting in an error in the measurement of the fat mass and total body water.

Keywords: body composition, bioelectrical impedance analysis, physical exercise.

1. INTRODUCCIÓN

El análisis de la composición corporal tiene gran importancia no solo en el ámbito de la salud, donde es la base de la valoración nutricional, sino también en otros ámbitos como puede ser el estudio del rendimiento deportivo. Para realizar este análisis, los componentes que más se utilizan son la medida del peso magro y del peso graso. Sin embargo, las distintas técnicas de medida nos permitirán obtener las mediciones de otros componentes, determinando así la existencia de diferentes modelos compartimentales. De esta manera, podremos encontrar diferencias en las medidas de composición según el método utilizado y será necesario asegurarse de comparar los resultados con los obtenidos mediante la misma técnica de medida.

1.1 MODELOS DE COMPARTIMENTOS CORPORALES

El principal componente del cuerpo humano es el agua, que en el adulto de referencia estaría en torno al 60% del peso corporal total.

Desde la década de los 60, se han ido desarrollando modelos de la composición corporal con distinto número y composición de los compartimentos, midiéndose con técnicas también diferentes. De esta manera encontramos ⁽¹⁾:

- a) **Modelo bicompartimental.** Ha sido el modelo más utilizado. En él, existirían dos compartimentos, uno formado por la masa grasa (MG) y otro por el resto de componentes, lo que constituiría el compartimento de masa libre de grasa (MLG). Estos serían principalmente agua, proteínas (músculo) y minerales (hueso) aunque no se identificarían de forma independiente sino los tres juntos ⁽²⁾.
- b) **Modelo tricompartmental.** En este modelo, el compartimento MLG se subdivide en otros dos compartimentos. Por un lado, estaría el agua y por otro, el resto de componentes (en su mayoría minerales y proteínas). Este modelo, respecto al anterior, tendría la ventaja de que al medir la cantidad de agua del organismo se reducen las inexactitudes causadas por la variabilidad en el estado de hidratación del individuo.
- c) **Modelo de cuatro compartimentos.** En este modelo hay dos versiones según los autores. Por una parte, podríamos separar en la MLG no solo el agua sino también los minerales (masa ósea) y las proteínas en compartimentos distintos. A estos tres, le añadiríamos el de MG. La otra opción consistiría en dividir la MLG en masa celular corporal, líquido extracelular y el resto de compuestos sólidos extracelulares.
- d) **Modelo multicompartmental.** El cuerpo humano se dividiría en 4 niveles (atómico, molecular, celular y tisular) y dentro de cada nivel podríamos separar los compartimentos. Cada nivel estaría determinado por una ecuación matemática que relacionaría y permitiría obtener los valores de los distintos compartimentos.

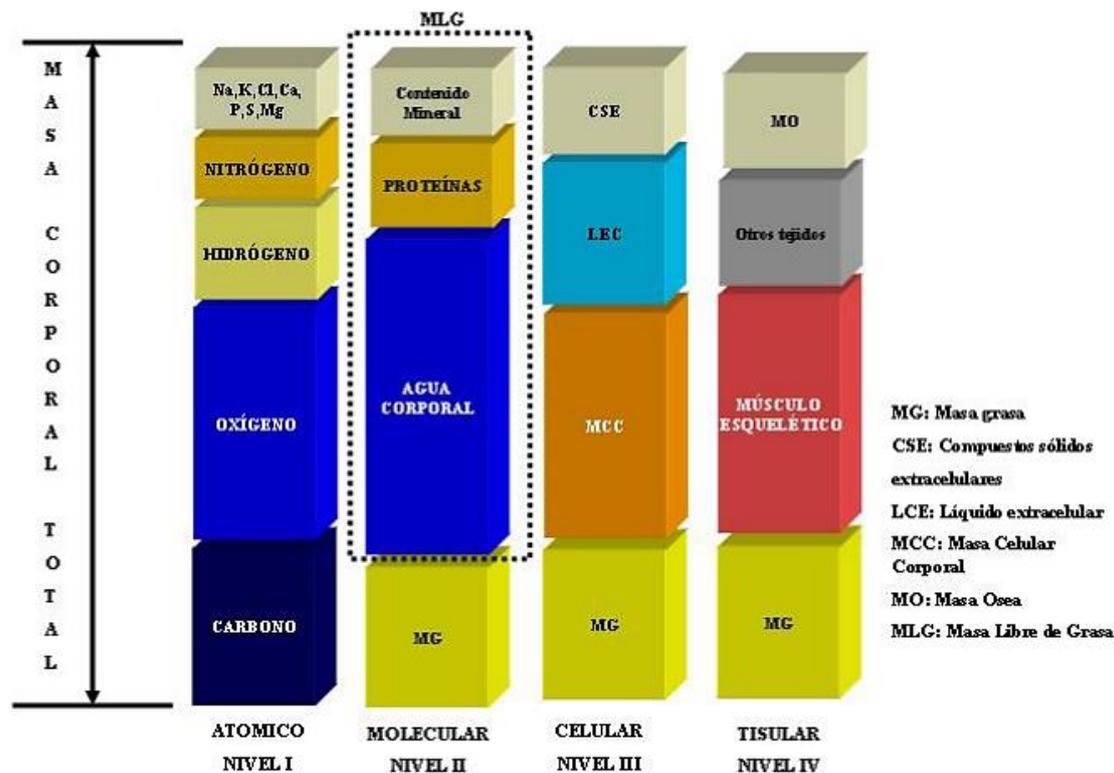


Ilustración 1. Niveles y compartimentos en el análisis de la composición corporal. Adaptada de Carreira et al.⁽¹⁾

De estos modelos, el más utilizado a la hora de analizar la composición corporal del ser humano es el modelo bicompartimental y también será en el que se basará nuestro estudio. Este modelo, como ya se ha comentado, divide el cuerpo en dos compartimentos: la masa grasa y la masa libre de grasa. La masa grasa sufre variaciones con respecto a la edad del sujeto, al sexo y al transcurso del tiempo, viéndose un aumento de la misma a partir de la pubertad⁽³⁾. En cuanto a la masa libre de grasa, su composición de referencia estaría formada por un 73,8% de agua, 19,4% de proteínas (músculo) y un 6,8% de minerales (tejido óseo)⁽²⁾. Las densidades de estos dos compartimentos son iguales en todos los individuos, siendo la de la grasa de 0,901 g/cc y la de la masa libre de grasa de 1,1g/cc. Entre individuos la variabilidad viene dada por el contenido de grasa⁽²⁾.

1.2 MEDICIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

Encontramos distintos métodos para obtener la medida de la composición del cuerpo^(1,2).

- a) **Hidrodensitometría.** Permite estimar la MG y MLG a partir del volumen corporal medido basándose en el principio de Arquímedes. El volumen del cuerpo vendría determinado por la cantidad de agua desplazada al sumergirse en un tanque de agua; la densidad corporal (DC) se calcularía pesando al sujeto en el exterior y el resto de datos se calcularían mediante fórmulas matemáticas; siendo la más utilizada para determinar el porcentaje de grasa la ecuación de Siri:

$$\% \text{ grasa corporal: } \frac{495}{DC} - 450$$

- b) **Pletismografía por desplazamiento de aire.** Es similar a la técnica anterior, pero en lugar de calcular el volumen corporal midiendo el desplazamiento de agua, se mide el desplazamiento de aire en el interior de una cámara al entrar el sujeto en ella. De la misma manera, con ecuaciones matemáticas se calculan el resto de medidas.

- c) **Absorciometría dual de rayos X.** Se basa en la distinta atenuación que sufren los rayos X al atravesar los distintos componentes (grasa, tejido magro, hueso)⁽²⁾. Permite obtener estimaciones exactas no sólo de la composición corporal total (masa grasa y masa libre de grasa), sino también de la composición corporal segmentaria y de la masa ósea⁽⁴⁾.
- d) **Pliegues cutáneos.** Mide el espesor del tejido adiposo subcutáneo en determinadas localizaciones. Los pliegues más utilizados son el pliegue bicipital, el tricipital, el subescapular y el suprailíaco. A partir de estas medidas se estima la densidad corporal con diversas ecuaciones.
- e) **Índice de masa corporal (IMC).** Índice que relaciona el peso corporal y la altura para obtener una estimación de la cantidad de grasa corporal total. Se asume que los cambios en el IMC son debidos a variaciones en la masa corporal, y, dentro de esta, a variaciones en el compartimento grasa⁽¹⁾. Sin embargo, este marcador está muy influenciado por diversos factores (como el sexo) por lo que su extendido uso es más bien debido a su fácil acceso que a su exactitud.
- f) **Impedancia bioeléctrica (BIA).** Es un método rápido, barato y no invasivo para la evaluación de la composición corporal⁽⁵⁾. Mide la oposición al paso de una corriente eléctrica por el cuerpo. La impedancia corporal (Z) viene determinada por dos componentes: la resistencia o R (resistencia de los tejidos al paso de la corriente eléctrica) y la reactancia o Xc (oposición debida a la capacitancia de los tejidos) según la siguiente ecuación:

$$Z^2 = R^2 + Xc^2$$

La conductividad del organismo para la corriente depende de su contenido en agua y electrolitos; así la conductividad de la MLG será mayor que la de la MG⁽¹⁾. De igual forma, se puede expresar como que la MG tiene una impedancia mayor, es decir, la corriente encuentra mayor resistencia para pasar por ese tejido.

Como el volumen de agua de la MLG es grande (73% aproximadamente), se puede estimar el valor de MLG a partir del volumen de agua corporal total (ACT). De esta manera, a mayor cantidad de ACT (menor resistencia al paso de corriente) se podría decir que hay mayor MLG⁽⁵⁾.

Por otro lado, la MG se podría calcular a partir de las siguientes fórmulas, usando el peso corporal (PC) y la MLG:

$$MG = PC - MLG$$

$$\%MG = (MG/PC) \times 100$$

Los resultados obtenidos, serán muy frágiles por las asunciones consideradas, siendo la más importante la que hace referencia a la hidratación de los tejidos⁽¹⁾.

El análisis de la composición corporal mediante bioimpedancia puede clasificarse en 2 tipos según el método de medida de la impedancia. Así, existe la BIA monofrecuencia, que utiliza una frecuencia fija a 50kHz y la BIA multifrecuencia, que aplica varias frecuencias (0-500kHz) permitiendo poder determinar dentro del agua corporal total los compartimentos de agua intracelular y extracelular⁽⁶⁾. De esta forma, el agua extracelular se calcularía usando frecuencias bajas ($\leq 50\text{kHz}$) mientras que para el agua intracelular serían necesarias altas frecuencias ($\geq 200\text{kHz}$)⁽⁷⁾.

La mayor desventaja de este método de medida es que está muy influenciado por el estado de hidratación del individuo por lo que cualquier modificación del mismo (ejercicio, temperatura ambiental y corporal, hidratación e ingestión reciente...) podrá alterar la medida. De esta manera, habrá que seguir una serie de recomendaciones previas a la medición mediante bioimpedancia: ^(5,6)

- No comer ni beber en las 4h previas al test.
- No realizar ejercicio en las 12 horas previas.
- Orinar antes de las mediciones.
- No consumir alcohol 48 horas antes.

- No tomar diuréticos durante la semana anterior a la medición.
- Tener en cuenta situaciones especiales (por ejemplo, evitar la realización de la medida en la fase lútea del ciclo menstrual).
- Retirar elementos metálicos del cuerpo.
- Mantener en posición de decúbito supino durante un tiempo de 8-10 minutos previos a la medición.
- Colocar correctamente los electrodos.
- Mantener los brazos y las piernas separados del tronco durante la medición.

Si se siguen estas recomendaciones se asegura una estimación más precisa de la composición corporal mediante este método medida.⁽⁶⁾

1.3 EJERCICIO FÍSICO

La OMS define la actividad física como “cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos, con el consiguiente consumo de energía”, considerando al ejercicio como una subcategoría de ella. Así, el ejercicio sería “aquella actividad física que se planea, está estructurada, es repetitiva y tiene como objetivo mejorar o mantener uno o más componentes del estado físico”⁽⁸⁾.

TIPOS DE EJERCICIO

Podemos diferenciar 2 clases de ejercicio según el tipo de contracción muscular que se realiza: isométricos e isotónicos⁽⁹⁾.

- Los **ejercicios isométricos**, también llamados **estáticos**, son aquellos en los que la longitud del músculo que realiza la contracción no varía.
- Los **ejercicios isotónicos**, o **dinámicos**, son aquellos en los que sí que varía la longitud del músculo cuando realiza la contracción. Puede ser una contracción isotónica concéntrica (si disminuye la distancia entre el origen y la inserción muscular) o excéntrica (si el músculo aumenta la distancia entre el origen y la inserción).

Por otro lado, podemos clasificar el ejercicio según el sistema utilizado por el organismo para obtener la energía durante su realización: aeróbico o anaeróbico^(9,10).

- Los **ejercicios aeróbicos** se caracterizan por ser de intensidad baja, con carga continua y de duración prolongada. Además, tienen oxígeno suficiente en el aporte de energía. En esta categoría se incluiría la marcha, nadar o ir en bicicleta.
- Los **ejercicios anaeróbicos**, en cambio, usan vías metabólicas alternativas por la ausencia de oxígeno. Se caracterizan por ser ejercicios de corta duración y alta intensidad. Un ejemplo sería el levantamiento de pesas.

La plataforma vibratoria, por sus efectos producidos (estimulación de la fuerza, de los reflejos...), se incluiría en este tipo de ejercicio. Las vibraciones producen unos efectos en el organismo que vienen determinados por la frecuencia, la amplitud, la duración y la dirección de las mismas. Además, dependen también del reflejo tónico vibratorio que será de distinta intensidad según la longitud inicial de la musculatura implicada, la localización del aparato vibratorio y los factores antes mencionados (frecuencia, amplitud...)⁽¹¹⁾.

Las vibraciones actúan no solo sobre los receptores musculares sino también sobre la vía medular y estructuras de la corteza. Así, los efectos que se producen no estarían limitados solamente a un aumento de la fuerza y la potencia muscular (por activación de los receptores cutáneos y el huso muscular, excitando a las motoneuronas) sino que también se producen adaptaciones en el sistema cardiorrespiratorio e incluso a nivel endocrino, aunque esto último es todavía controvertido ⁽¹¹⁾.

1.4 RESPUESTAS FISIOLÓGICAS Y REGULACIÓN CORPORAL EN EL EJERCICIO

Cuando se inicia el ejercicio, se produce un *desplazamiento del agua del compartimento intravascular hacia el espacio intersticial e intracelular*. Este desplazamiento está condicionado, por un lado, por una acumulación de productos metabólicos de desecho en los músculos activos que causan un aumento de la presión osmótica a su alrededor y por tanto un *acúmulo de agua*. Por otro lado, la actividad muscular provoca un incremento en la presión arterial, que al aumentar la presión hidrostática del interior de los capilares hace que el agua se desplace del compartimento vascular al intersticial ^(4,12).

Como mecanismo compensador, se produce un *incremento del gasto cardiaco* (se multiplica por 4 veces) ⁽¹³⁾ y una *redistribución del flujo sanguíneo*, quien aumenta su desplazamiento hacia los músculos que están activos (se puede llegar a multiplicar hasta unas 50 veces) ⁽¹³⁾ reduciendo el flujo a otros órganos como el hígado, los riñones o el bazo ⁽¹²⁾.

Además, el ejercicio produce un *incremento de la temperatura corporal* que tiene como consecuencias la redistribución del flujo sanguíneo hacia la superficie del cuerpo para eliminar el calor por evaporación y un aumento en la producción de sudor ⁽⁴⁾. El sudor está compuesto principalmente por cloruro de sodio y en menor cantidad por el potasio, el calcio y el magnesio ⁽¹²⁾ y es el principal mecanismo de pérdida de agua durante el ejercicio ⁽⁴⁾. Ante esta pérdida se activa la liberación de aldosterona y de hormona antidiurética, gracias a las cuales se retiene agua y sodio a nivel renal ^(4,12).

Se han llegado a registrar pérdidas de peso de hasta 2-5 Kg en deportistas que realizaban actividades de resistencia de una hora de duración siendo causadas por la pérdida de agua a través del sudor ⁽¹⁴⁾. De esta manera, la pérdida de peso corporal durante el ejercicio sería equivalente a la pérdida de agua y permitiría indicar el grado de deshidratación del deportista ⁽¹⁵⁾.

2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO Y OBJETIVOS

Ante la importancia de conocer la composición corporal en distintos ámbitos de la medicina (como por ejemplo en el manejo de trastornos nutricionales en endocrinología) o fuera de ella (como puede ser el estudio del rendimiento deportivo), es necesaria una medida precisa y correcta de la composición corporal.

Para minimizar los errores en la medición, se han estudiado los factores que pueden alterar las medidas según el método utilizado. Como se ha citado anteriormente, el análisis de la composición corporal mediante impedancia está expuesto a algunos errores, ocasionados por aquellos factores que modifiquen la distribución de los líquidos en el organismo. Entre estos factores, se incluye el ejercicio físico, debido a las respuestas fisiológicas que se producen en el mismo (desplazamiento del agua, redistribución del flujo sanguíneo, incremento de la sudoración...).

Así, son numerosos los estudios que se han llevado a cabo con el fin de averiguar cuál es la influencia del ejercicio en la medida de la composición corporal. La mayoría de estos estudios analizan los cambios en la composición corporal tras la realización de actividades de larga duración, sin embargo, nosotros hacemos este análisis tras la realización de una actividad física de corta duración. Con ello, veremos si 10 minutos de actividad física a intensidad moderada son suficientes para alterar de manera significativa la medida obtenida mediante bioimpedancia.

OBJETIVOS

En este estudio se plantean 3 objetivos:

1. Analizar el peso, la talla, la impedancia (total y segmentales) y la composición corporal (grasa, peso magro y agua corporal total) en estudiantes de segundo curso de medicina.
2. Dada la amplitud de la muestra, el segundo objetivo es analizar la reproducibilidad y la sensibilidad de la medida de composición corporal mediante el método de bioimpedancia.
3. Determinar si el tipo de ejercicio físico realizado (aeróbico, anaeróbico o de fuerza) influye en la modificación de la impedancia, en relación a los distintos cambios fisiológicos generados por cada uno de ellos.

3. METODOLOGÍA

3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

En este estudio se analizan a 585 estudiantes de segundo curso de Medicina que han realizado la práctica de la asignatura de Rehabilitación “Composición corporal y ejercicio. Valoración de la composición corporal mediante bioimpedancia”.

La muestra está compuesta por 164 varones y 421 mujeres. La media de edad en varones fue de $20,01 \pm 3,54$ años y en mujeres de $19,74 \pm 2,94$ años.

Las características antropométricas de la muestra aparecen recogidas en la tabla 1.

3.2 DISEÑO DEL ESTUDIO

Este estudio está basado en los resultados obtenidos en la práctica de “Composición corporal y ejercicio físico. Valoración de la composición corporal mediante bioimpedancia” de la asignatura de Rehabilitación de 2º curso de Medicina. Esta práctica tenía como objetivo evaluar la influencia del ejercicio físico en la composición corporal medida por bioimpedancia.

Valoración previa al ejercicio.

Antes de realizar el ejercicio se anotaba la edad y se pesaba y tallaba al estudiante para así obtener también su índice de masa corporal (IMC). Además, mediante la báscula de bioimpedancia se valoraban los siguientes parámetros:

- Peso magro.
- Porcentaje de grasa corporal.
- Cantidad (kg) de agua corporal total y su porcentaje.
- Impedancia total e impedancia de la extremidad superior e inferior.

Actividad física realizada

La actividad física tenía una duración de 10 minutos. Se agrupó la muestra según el tipo de ejercicio realizado.

- **Grupo 1 o grupo control (n=123).** Este grupo no realizaba ningún tipo de ejercicio. Igualmente se realizaban 2 mediciones, una al comienzo de la práctica y otra a los 10 minutos.
- **Grupo 2 o grupo de ejercicio sobre plataforma vibratoria (n=143).** La persona se colocaba de pie sobre la plataforma, flexionaba las rodillas formando un ángulo de 120° en su parte posterior y manteniendo la espalda recta. Todos los alumnos realizaban los mismos programas de ejercicios en la plataforma modificando las amplitudes y frecuencias en el mismo ejercicio de vibración.
- **Grupo 3 o grupo de fuerza muscular (n=130).** En este grupo, el ejercicio consistía en realizar 2 ejercicios de fuerza, *press de banca* y *curl de bíceps* con mancuerna de 2 o 5 kg en el caso de las alumnas y de 5 o 7,5 kg en el caso de los alumnos. En el *press de banca* los varones levantaban 30 kg mientras las mujeres movían un peso de 15 kg. Realizaban series alternas de 10 repeticiones hasta completar los 10 minutos.
- **Grupo 4 o grupo de bicicleta (n=95).** El estudiante pedaleaba a una potencia de 120-150 w si era varón y de 80-90 w si era mujer.
- **Grupo 5 o grupo de marcha (n=94).** Caminaban a un ritmo de 6,5 a 7,5 km/h y la inclinación de la rampa permanecía constante a un 2%.

Valoración posterior al ejercicio

Después de la realización de la actividad física se volvían a medir los mismos parámetros (peso corporal, peso magro, grasa corporal, agua corporal total e impedancias).

3.3 MATERIALES

- El instrumento utilizado para la medición de la bioimpedancia eléctrica fue la báscula TANITA total InnerScan BC545N, que mediante sus electrodos en manos y pies permitió obtener los valores de impedancia tanto total como segmentales según extremidad inferior o superior.
- Para la realización de los diversos ejercicios se utilizaron:
 - Plataforma vibratoria power plate MI5
 - *Press de banca* con barra y pesos en banco fijo.
 - Mancuernas para realizar el *curl de bíceps*.
 - Ergómetro profesional para pruebas de esfuerzo Ergo select 100
 - Cinta de correr PROFIT V8

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

La normalidad de la distribución de las variables obtenidas se analizó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Las variables al ser cuantitativas y normales se describieron con su media y desviación estándar.

Para el análisis comparativo de la muestra, al tener una distribución normal, aplicamos la T de Student para muestras repetidas.

El nivel de significación para todo el estudio es de $p < 0,001$.

Para el análisis relacional de la muestra se aplicó el índice de correlación de Pearson.

3.5 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se utilizaron las bases de datos incluidas en el buscador Alcorze de la Universidad de Zaragoza. Se consultaron algunos libros, tanto en formato papel como en formato digital de la Biblioteca de Medicina y de la Biblioteca de Ciencias de la Salud de esta universidad. Otras investigaciones fueron encontradas al cruzar referencias y autores de otros artículos.

4. RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL POR BIOIMPEDANCIA

En la tabla 1 se reflejan los resultados de edad, talla, peso, IMC, peso magro, grasa corporal, agua corporal total (ACT) y las impedancias total y segmentales de los estudiantes de 2º de medicina agrupados según sexo. Excepto la edad, todos los resultados presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$).

| | Varones (n = 164) | | Mujeres (n = 421) | |
|--------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|
| | Media \pm desviación típica | Rango de valores | Media \pm desviación típica | Rango de valores |
| Edad (años) | 20,0 \pm 3,5 | 18 – 43 | 19,7 \pm 2,9 | 18 – 41 |
| Peso (Kg) | 71,1 \pm 8,9 | 54 – 100 | 59,0 \pm 9,2 | 39,8 – 94,0 |
| Talla (cm) | 177,5 \pm 6,5 | 160 – 195 | 165,2 \pm 6,4 | 148 – 185 |
| IMC | 22,6 \pm 2,7 | 13 – 32 | 21,6 \pm 3,0 | 15,3 – 35,3 |
| Peso magro (kg) | 59,4 \pm 6,3 | 43,6 – 77,4 | 42,8 \pm 4,0 | 33,4 – 59,6 |
| % grasa | 16,3 \pm 4,2 | 7,7 – 27,6 | 26,8 \pm 6,0 | 7,7 – 43,8 |
| Kg Agua corporal total | 43,4 \pm 4,6 | 31,9 – 56,7 | 31,4 \pm 2,9 | 24,5 – 43,6 |
| % Agua corporal total | 61,2 \pm 3,0 | 53 – 67,6 | 53,7 \pm 4,5 | 40,9 – 67,5 |
| Impedancia Total (Ω) | 600,6 \pm 64,7 | 474 – 769 | 738,1 \pm 69,2 | 517 – 931 |
| Impedancia Brazo (Ω) | 325,6 \pm 37,9 | 242 – 430 | 418,8 \pm 45,2 | 274 – 573 |
| Impedancia Pierna (Ω) | 246,8 \pm 28,3 | 189 – 331 | 286,1 \pm 29,6 | 203 – 383 |

Tabla 1. Valores descriptivos de composición corporal e impedancia total y segmentales de los estudiantes de 2º de medicina agrupados según sexo.

4.2 ANÁLISIS DE REPRODUCIBILIDAD DE LA MEDIDA POR BIOIMPEDANCIA

En la tabla 2 se observan los resultados obtenidos en el grupo 1 (n=123) que no realizó ningún ejercicio físico y que fue considerado como grupo control. Se compara la primera medida (medida 1) con la medida tomada 10 minutos después (medida 2).

Si observamos la tabla 2, vemos que hay una ligera caída en la medida del peso corporal de 25 g con respecto a la medida de peso inicial, siendo la única variable con significación estadística ($p < 0,001$). En ninguna de las demás variables analizadas aparecen diferencias importantes entre las dos medidas.

Los índices de correlación son muy altos y están próximos a la unidad, comprobando así que la medida mediante una báscula de bioimpedancia tiene un alto índice de sensibilidad y es reproducible.

| Diferencia medida 1- medida 2 | Medida 1 | Medida 2 | Pérdidas o ganancias entre medidas | Valor p | Correlación |
|----------------------------------|-------------|-------------|---------------------------------------|------------|-------------|
| Peso (kg) | 62,027 | 62,002 | -25 g | ,000 | 1,000 |
| Peso magro (kg) | 45,707 | 45,691 | -16 g | ,833 | ,999 |
| Grasa (%) | 25,778 | 25,777 | -,001 % | ,889 | ,996 |
| Agua Corporal Total (Kg) | 33,256 | 33,268 | +12 g | ,750 | ,998 |
| % Agua Corporal Total | 54,354 | 54,328 | -,026 % | ,592 | ,997 |
| Impedancia Total (Ω) | 722,14 | 722,94 | +80 Ω | ,615 | ,985 |
| Impedancia Brazo (Ω) | 410,31 | 411,71 | +1,40 Ω | ,224 | ,976 |
| Impedancia Pierna (Ω) | 281,98 | 282,02 | +0,04 Ω | ,741 | ,955 |

Tabla 2. Cambios obtenidos en el peso, composición corporal, impedancia total e impedancias segmentales en los estudiantes del grupo control (n=123).

A continuación, en la tabla 3, se agrupan todos los sujetos que han realizado algún tipo de actividad física en un solo grupo, aunque más tarde se analizarán estos resultados por separado (véase tablas 4 y 5). Así, se obtiene una muestra de 462 estudiantes procedentes de los grupos 2, 3, 4 y 5.

| Diferencia medida 1 -medida 2 | Valoración 1 | Valoración 2 | Pérdidas o ganancias entre medidas | Valor de p |
|--------------------------------|--------------|--------------|---------------------------------------|------------|
| Peso (Kg) | 62,309 | 62,256 | -53 g | ,000 |
| Peso Magro (Kg) | 47,583 | 48,602 | +1 kg | ,000 |
| % Grasa | 23,262 | 22,667 | -,595 % | ,000 |
| Agua Corporal Total (Kg) | 34,953 | 35,286 | +333 g | ,000 |
| Agua Corporal Total (%) | 56,053 | 56,680 | +6,27 % | ,000 |
| Impedancia Total (Ω) | 696,69 | 682,02 | -14,67 Ω | ,000 |
| Impedancia Brazo (Ω) | 390,20 | 379,93 | -10,23 Ω | ,000 |
| Impedancia Pierna (Ω) | 273,96 | 269,41 | -4,55 Ω | ,000 |

Tabla 3. Cambios obtenidos en el peso, composición corporal, impedancia total e impedancias segmentales en los estudiantes que realizaron actividad física (n = 462)

4.3 ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL TIPO DE EJERCICIO EN LA MEDIDA POR BIOIMPEDANCIA

En la tabla 4 se recogen las mediciones obtenidas antes y después del tiempo de ejercicio de las variables peso, peso magro, porcentaje de grasa corporal, agua corporal total e impedancia total y segmental, agrupadas según el tipo de ejercicio realizado.

| | Gr1. Control (n=123) | Gr2. Plat. V (n=143) | Gr3. Fuerza (n=130) | Gr4. Bicicleta (n=95) | Gr5. Caminar (n=94) |
|--|-------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| Peso (Kg) | 62,027 62,002 *** | 61,080 61,044 *** | 65,736 65,690 *** | 62,148 62,078 *** | 60,272 60,211 *** |
| Peso magro (Kg) | 45,707 45,691 NS | 45,280 45,531 *** | 52,376 53,199 *** | 46,496 46,750 *** | 46,180 46,766 *** |
| % Grasa | 25,778 25,777 NS | 25,061 25,425 *** | 20,104 18,886 *** | 24,677 24,212 *** | 23,206 22,146 *** |
| Kg Agua Corporal Total | 33,256 33,268 NS | 33,171 33,354 *** | 38,449 38,942 *** | 34,292 34,481 *** | 33,901 34,368 *** |
| % Agua Corporal Total | 54,354 54,328 NS | 54,280 54,623 *** | 58,500 59,379 *** | 55,031 55,530 *** | 56,401 57,188 *** |
| Impedancia Total (Ω) | 722,14 722,94 NS | 718,29 710,49 *** | 649,36 628,93 *** | 707,01 695,98 *** | 712,09 692,69 *** |
| Impedancia Brazo (Ω) | 410,31 411,71 NS | 403,07 400,08 NS | 359,59 337,09 *** | 395,84 387,03 *** | 402,31 395,51 *** |
| Impedancia Pierna (Ω) | 281,98 282,02 NS | 279,04 273,01 *** | 260,83 263,49 *** | 276,30 274,68 ** | 279,67 266,46 *** |

Tabla 4. Cambios en el peso, composición corporal, impedancia total e impedancias segmentales según el tipo de actividad física realizada (n = 585). [NS: no significativo; **: (p = 0,001); ***: (p < 0,001)]

En la tabla 5 se muestran los resultados del estudio, en los que se analiza la pérdida o ganancia de las variables en el grupo control y en los 4 grupos de actividad.

Tanto en el grupo control como en todos los grupos de actividad encontramos una pérdida de peso que es estadísticamente significativa (p < 0,001).

A nivel de peso magro, todos los grupos de actividad tienen una ganancia en este componente; si bien el que alcanza la mayor ganancia es el grupo 3, es decir, el grupo que realiza ejercicios de fuerza muscular de extremidad superior.

Todos los grupos disminuyen el componente grasa; si bien los que lo hacen en mayor grado son el grupo 3, realizando ejercicios de fuerza muscular, y el grupo 5, caminando sobre la cinta.

Analizando el agua corporal total tanto en gramos como en porcentaje, vemos que todos los grupos muestran una ganancia de la misma; si bien los que muestran un mayor incremento son los grupos de fuerza (grupo 3) y marcha (grupo 5).

Si analizamos los resultados de impedancia total en ohmios, observamos que todos los grupos la disminuyen de manera significativa (p < 0,001). Son el grupo de fuerza (grupo 3) y el de marcha (grupo 5) los que muestran una caída de la impedancia más importante.

En cuanto al cambio de impedancia en el brazo, observamos una disminución de impedancias en los grupos 3, 4 y 5. La caída más relevante se observa en el grupo que realiza actividad física con los brazos y no con las

piernas (grupo 3 o grupo de fuerza). Solo el grupo que realiza ejercicios en la plataforma vibratoria (grupo 2) no obtiene cambios significativos en la impedancia de brazos.

En relación a los cambios observados en la impedancia en extremidades inferiores, observamos una disminución de la impedancia en los grupos 2, 4 y 5 ($p < 0,001$) y hay una ganancia, muy pequeña pero también significativa ($p < 0,001$), en el que hace ejercicios de las extremidades superiores (grupo 3).

| | Gr1. Control (n=123) | Gr2. Plat. Vibrat. (n=143) | Gr3. Fuerza (n=130) | Gr4. Bicicleta (n=95) | Gr5. Caminar (n=94) |
|--|-------------------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| Peso (g) | -25 g *** | -36 g *** | -46 g *** | -70 g *** | -61 g *** |
| Peso magro (g) | -16 g NS | + 251 g *** | + 823 g *** | + 254 g *** | + 586 g *** |
| % Grasa | 0,0 % NS | + 0,4 % *** | -1,2% *** | -0,5% *** | -1,1% *** |
| Agua Corporal Total (g) | 0,0 g NS | + 183 g *** | + 493 g *** | + 189 g *** | + 467 g *** |
| % Agua Corporal Total | 0,0% NS | + 0,3% *** | + 0,9% *** | + 0,5% *** | + 0,8% *** |
| Impedancia Total (Ω) | + 0,8 NS | - 7,8 *** | -20 *** | -11 *** | -19,4 *** |
| Impedancia Brazo (Ω) | + 1,4 NS | -3 NS | -22,5 *** | -8,8 *** | -6,8 *** |
| Impedancia Pierna (Ω) | 0,0 NS | -6 *** | + 2,7 *** | -1,6 ** | -13,2 *** |

Tabla 5. Resultados del estudio. Cambios (pérdidas o ganancias) en el peso, composición corporal, impedancia total e impedancias segmentales según el tipo de actividad física realizada (n=585). [NS: no significativa; **: ($p = 0,001$); ***: ($p < 0,001$)].

5. DISCUSIÓN

5.1 ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL POR BIOIMPEDANCIA

Si tenemos en cuenta los valores de referencia para un adulto, los varones son aproximadamente 13 cm más altos que las mujeres y entre 14 y 18 kg más pesados⁽⁴⁾. Esto concuerda con los valores obtenidos en nuestro estudio (12,097 kg y 12.26 cm de diferencia). Kenney et al.⁽⁴⁾ encuentra una diferencia en el componente grasa de la mujer de un 6-10% superior al del varón, mientras que nosotros encontramos una diferencia algo mayor, un 10,45% a favor de la mujer. Esta discordancia podría deberse a la diferencia entre los sujetos valorados por Kenney⁽⁴⁾ (adulto en edad media) y los de nuestro estudio (estudiante universitario). Son varios los estudios que afirman que la entrada en la universidad repercute en el estilo de vida de la persona, incluyendo un desarrollo de malos hábitos alimentarios (poco tiempo para comer, saltarse comidas, inexperiencia para cocinar...), siendo esto una posible causa por la cual encontramos un porcentaje de grasa mayor del de referencia.^(16,17)

Es importante tener en cuenta las costumbres de los sujetos, la edad, el sexo, la etnia y el método de análisis de la composición corporal, entre otros, para que estas comparaciones sean fiables.

Con el fin de comparar los resultados con una muestra más similar a la nuestra, se han buscado estudios que también analicen la composición corporal en estudiantes universitarios españoles (véase tabla 6). Así, se han comparado nuestros sujetos con los estudiantes de Medicina de la Universidad de Córdoba⁽¹⁸⁾ y con los estudiantes de la facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Murcia⁽¹⁶⁾.

En el estudio realizado en la Universidad de Córdoba⁽¹⁸⁾ con alumnos de 2º curso se presenta un peso en mujeres prácticamente coincidente ($59,0 \pm 9,1$ kg y $59,8 \pm 10,9$ kg) mientras que el peso de los estudiantes de la Universidad de Murcia⁽¹⁶⁾ era algo superior ($62,4 \pm 11,9$ kg). En los varones hay una diferencia mayor entre el peso de los estudiantes de nuestro análisis con el de las otras dos universidades que tienen valores más parecidos ($71,1 \pm 8,9$ kg frente $75,7 \pm 11,3$ kg y $75,3 \pm 10,3$ kg). Si comparamos la talla, en ambos sexos los resultados son prácticamente idénticos en las 3 universidades, siendo la media masculina entorno a los 177-178 cm y la femenina entre los 163 y 165 cm.

El IMC en todos los casos se sitúa entre los valores de normalidad (18,5-24,9) según los parámetros de clasificación del consenso SEEDO⁽¹⁹⁾.

Si observamos el resto de variables, los resultados obtenidos para los porcentajes de grasa corporal y agua corporal total son también similares con respecto a los del estudio de la Universidad de Murcia⁽¹⁶⁾ mientras que los de peso magro tienen una diferencia de medias de entre 3 y 5 kg según el sexo. Esta discrepancia en la cantidad de peso magro podría deberse a los diferentes estudios universitarios cursados, ya que el grado de Ciencias del Deporte tendría una formación basada en prácticas que conllevan la realización de actividad física mientras que el grado de Medicina implicaría un mayor sedentarismo.

En conjunto, vemos que a pesar de que todos los sujetos eran universitarios, existen diferencias en los resultados obtenidos. Estas diferencias podrían deberse, como ya hemos comentado, al tipo de formación, a los hábitos alimentarios, a la cantidad de actividad física que realizan...

Como se ha mencionado, un factor importante a considerar cuando se comparan los resultados es el método de medida. En el estudio de la Universidad de Murcia⁽¹⁶⁾ la medida ha sido realizada por impedancia y los resultados obtenidos en el porcentaje de agua y de grasa corporal son similares a los de nuestro estudio, que utilizaba el mismo método. Sin embargo, Cossio-Bolaños et al.⁽¹⁸⁾ utilizó la medida de pliegues corporales para estimar la grasa corporal y su resultado se aleja más del nuestro.

| | Resultados obtenidos | | Estudio Cossio-Bolaños ⁽¹⁸⁾ | | Estudio González-Carcelén ⁽¹⁶⁾ | |
|------------------------------|----------------------|---------------|--|----------------|---|----------------|
| | ♂ = 164 | ♀ = 421 | ♂ = 85 | ♀ = 40 | ♂ = 105 | ♀ = 42 |
| Peso (Kg) | 71,127 ± 8,91 | 59,030 ± 9,17 | 75,700 ± 11,30 | 59,800 ± 10,90 | 75,310 ± 10,34 | 62,430 ± 11,86 |
| Talla (cm) | 177,45 ± 6,47 | 165,19 ± 6,36 | 178,00 ± 0,06 | 163,00 ± 0,06 | 178,00 ± 0,07 | 165,00 ± 0,07 |
| IMC | 22,567 ± 2,66 | 21,588 ± 3,05 | 23,950 ± 2,98 | 22,430 ± 3,44 | 23,640 ± 2,50 | 22,860 ± 2,75 |
| Peso magro (kg) | 59,392 ± 6,35 | 42,791 ± 3,96 | ———— | ———— | 63,930 ± 6,68 | 45,530 ± 8,45 |
| % grasa | 16,337 ± 4,15 | 26,789 ± 6,05 | 22,950 ± 4,48 | 32,850 ± 3,69 | 14,730 ± 5,00 | 26,770 ± 4,78 |
| % Agua corporal total | 61,241 ± 3,05 | 53,669 ± 4,47 | ———— | ———— | 62,820 ± 4,93 | 54,020 ± 6,02 |

Tabla 6. Diferencia de los resultados obtenidos de composición corporal con los observados en otros estudios. Valores comparativos recogidos de Cossio-Bolaños et al. ⁽¹⁸⁾ y González-Carcelén et al. ⁽¹⁶⁾

5.2 ANÁLISIS DE REPRODUCIBILIDAD DE LA MEDIDA POR BIOIMPEDANCIA

Las diferencias encontradas en el análisis de bioimpedancia y composición corporal en el grupo de control son mínimas. Solo en el peso se observa una pequeña diferencia que, a pesar de ser pequeña, la báscula es capaz de detectar. Esta caída es significativa ($p < 0,001$). Esta pérdida en el peso se debe a la pérdida de agua en el contexto de la regulación de la temperatura corporal mediante los procesos de radiación y convección. ^(4,15) Es decir, reflejaría una ligera deshidratación en el individuo que, al ser mínima, no se traduciría en ninguna clínica.

Como se observa en la figura 1, al comparar los valores de la medida de la impedancia total 1 y la impedancia total 2 los niveles de correlación son muy buenos. Esto se traduce en que el análisis de impedancia es muy sensible. Siendo así los resultados, si nos ajustamos a las recomendaciones que se asocian a esta técnica de medida^(5,6), muy objetivos. Si estas recomendaciones no se siguen, los resultados estarían expuestos a un error.

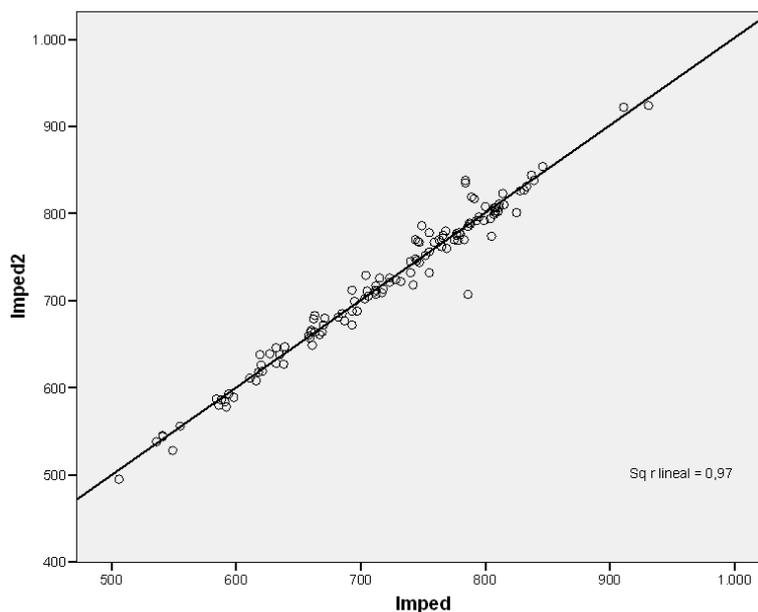


Figura 1. Correlación entre la medida de impedancia total 1 e impedancia total 2.

5.3 ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL TIPO DE EJERCICIO EN LA MEDIDA POR BIOIMPEDANCIA

Es bien conocido que hay diferentes condiciones que pueden alterar las mediciones por bioimpedancia y afectar a su precisión como son la posición, la hidratación, la ingestión reciente de comida o bebida, la temperatura ambiental y corporal, el estado de repleción de la vejiga y la actividad física reciente ⁽⁶⁾. En la revisión de Alvero Cruz et al ⁽⁶⁾, se expone que con la realización de un ejercicio moderado se produce una disminución de la impedancia total, que viene determinada por la disminución de la resistencia y de la reactancia en un 3% y un 8% respectivamente. Si esta medida se toma inmediatamente después de la realización del ejercicio se puede alcanzar un descenso de aproximadamente 17 Ω en la impedancia total. Nosotros observamos un descenso de 14,67 Ω , que es el valor medio de la impedancia total (recogido de la tabla 3 en la que se agrupan todos los tipos de ejercicio en uno solo). Este autor ⁽⁶⁾, no describe la tipología ni la duración del ejercicio, sólo que es de intensidad moderada. Esto lo diferencia de nuestro estudio, en el que la duración es corta (10 minutos) y la intensidad no es alta, y explicaría el valor inferior recogido en nuestros resultados.

Kushner et al. ⁽²⁰⁾ asociaría esta disminución en la resistencia y la reactancia, y por tanto en la impedancia, a varios mecanismos; por un lado, a la respuesta hemodinámica que se produce con el ejercicio y que consiste en un incremento del gasto cardiaco y del flujo sanguíneo a los músculos estriados siendo este aumento de perfusión el que determinaría la disminución de la resistencia del tejido muscular y por tanto de la impedancia. Por otro lado, esta disminución se correlacionaría con el aumento de flujo cutáneo, la vasodilatación y el aumento de la temperatura de la piel y la sudoración, mecanismos que participan en la disipación del calor durante el ejercicio.

En cuanto al porcentaje de grasa corporal, la variación media encontrada entre los sujetos de nuestro estudio es de 0,6% (véase tabla 3) siendo bastante variable según el tipo de ejercicio realizado, como está representado en las tablas 4 y 5. Alvero et al. ⁽⁶⁾ encuentra que se puede producir una reducción en torno al 2% en la grasa corporal si se realiza la medición inmediatamente postejercicio.

Si analizamos los resultados obtenidos para cada tipo de ejercicio vemos que las actividades físicas en las que encontramos más cambios son en los ejercicios de fuerza y en la marcha (grupos 3 y 5 respectivamente). Estos cambios significativos también se dan en las otras actividades, pero en menor valor.

La pérdida de peso es significativa en todos los grupos, incluido el grupo control. Como ya hemos comentado, esta disminución del peso viene condicionada por una pérdida de agua. Esta pérdida de agua será de diferente cantidad según la duración del ejercicio o la intensidad del mismo, pero también estará influenciada por la temperatura del ambiente, la carga de calor radiante, la humedad, el tamaño corporal y la tasa metabólica ⁽⁴⁾.

Nuestros grupos realizan un trabajo de intensidad moderada y corta duración en todas las actividades. A pesar de ello, encontramos, como hemos visto, cambios estadísticamente significativos ($p < 0,001$) en las impedancias, que disminuyen en prácticamente todos los sujetos. La mayor disminución encontrada en la impedancia total es en el grupo de fuerza o grupo 3 (-20 Ω).

Gracias a la técnica de impedancia segmental y a su capacidad de determinar la impedancia por separado en los segmentos corporales, observamos que en los sujetos que han trabajado brazos, la impedancia cae específicamente en la extremidad superior, mientras que en los que han realizado trabajo de piernas, la mayor caída es en la extremidad inferior. Podríamos por ello afirmar que este método de medida es bastante sensible.

Los cambios que se producen a nivel de la grasa, el peso magro y el agua se deben a los cambios de impedancia (redistribución de líquidos corporales) y no al ejercicio físico como tal. Es simplemente, un error de la medida

por haber sido obtenida justo después de la realización del ejercicio físico. En cambio, la valoración del peso corporal sí que sería correcta para la medición de la deshidratación del deportista tras el ejercicio físico.

Hay varios artículos que han analizado la variación de la composición corporal tras determinados ejercicios. En la tabla 7 se muestran los resultados para las variables de nuestro estudio obtenidos en algunos de ellos.

Aunque todos ellos analizan la composición corporal medida por bioimpedancia eléctrica, la técnica utilizada es diferente. Así, encontramos estudios que utilizan *leg-to-leg bioelectrical impedance analysis (LBIA)*, en los que los electrodos se colocan uno en cada pierna; *hand-to-hand bioelectrical impedance analysis (HBIA)*, que tiene los electrodos posicionados en las manos; *segmental bioelectrical impedance analysis (SBIA)*, capaz de medir la impedancia por separado en los distintos segmentos corporales (extremidad superior, extremidad inferior y tronco) y *multi-frequency bioelectrical analysis (MBIA)*, que mediante el uso de diferentes frecuencias eléctricas (5, 50 y 500 kHz) permite medir otros compartimentos como el agua intracelular y extracelular. Esto explica por qué, a pesar de que todos los estudios concuerdan en que con el ejercicio físico se producen cambios en la composición corporal y una disminución de la impedancia total, los valores obtenidos difieren tanto.

Además de la técnica de medida, la duración y la intensidad del ejercicio son distintas y, en general, mayores que en el nuestro, lo que podría explicar los valores más altos obtenidos por ellos.

Por otro lado, Kenney et al. ⁽⁴⁾ hace hincapié en la importancia de las condiciones ambientales del lugar de medida (temperatura, humedad, cantidad de luz, ruido...) ya que pueden llevar a error las mediciones realizadas al afectar a las respuestas fisiológicas del organismo tanto en reposo como durante el ejercicio.

| | Resultados (grupos 3, 4, 5) | | | Kyle et al ⁽⁷⁾ | | Andreacci et al ⁽²²⁾ | | Dixon et al ^(21,23) | | Weaver et al ⁽²⁵⁾ | Liang, Scott ⁽²⁴⁾ | |
|------------------------|-----------------------------|------------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------------------|-------|--------------------------------|---------------|------------------------------|------------------------------|-------|
| | Fuerza 10 min | Bicicleta 10 min | Marcha 10 min | Fuerza 45 min | Marcha 45 min | Bicicleta 30 min | | Fuerza 60 min | Marcha 40 min | Marcha 30 min | Marcha 30 min | |
| | SBIA | | | SBIA - MBIA | | LBIA | SBIA | LBIA | SBIA | SBIA | HBIA | SBIA |
| Peso (Kg) | -46 g | -70 g | -61 g | + 100g | -100g | -300g | -300g | -200g | -200g | _____ | _____ | _____ |
| Grasa (%) | -1,2% | -0,5% | -1,1% | -1,6% | -0,7% | -0,3% | -0,8% | -0,4% | -1,2% | -1% | -0,3% | -0,7% |
| ACT (Kg) | + 493 g | + 189 g | + 467 g | +1Kg | +300g | _____ | _____ | +100g | 600-900g | _____ | _____ | _____ |
| Imped total (Ω) | -20 | -11 | -19,4 | -29 | -32 | -2,9 | -10,2 | -2,6 | -22 | -19 | _____ | -15,6 |

Tabla 7. Análisis comparativo de los resultados obtenidos para peso, grasa, agua corporal total, impedancia total y segmental con los obtenidos en otros estudios ^(7,21-25).

6. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos al analizar el peso, la talla, la composición corporal y las impedancias de nuestros sujetos se asemejan a los obtenidos por otros autores en estudios con muestras semejantes (estudiantes universitarios). Sin embargo, no son completamente concordantes debido a otros factores que influyen en esta valoración como son la técnica de medida, la dieta o la actividad física realizada.
- La bioimpedancia eléctrica es un buen método de medida de la composición corporal. Es sencillo, no invasivo y está al alcance de todos, pero hay que cumplir las recomendaciones establecidas para evitar cometer errores en la medición.
- El peso es una medida muy válida para medir la deshidratación. Sus valores están relacionados con la duración, la intensidad y el tipo de ejercicio realizado.
- Cualquier tipo de ejercicio, a pesar de sus diferentes características, va a conllevar cambios significativos en los valores de impedancia y consecuentemente en los parámetros de composición corporal. Por tanto, estos cambios no se pueden entender como consecuencia del ejercicio sino de la variación de la medida de la impedancia.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Carreira Arias J, Bellido Guerrero D, Cordido Carballido F. Desarrollo de modelos matemáticos por bioimpedancia para estimación de la masa libre de grasa en sobrepeso y obesidad en individuos adultos de la población española. Universidad de A Coruña; 2008.
2. Heyward V. Evaluación de la composición corporal. En: Heyward V. Evaluación de la aptitud física y prescripción de ejercicio. Madrid: Panamericana; 2008. p. 171-212.
3. González Jiménez E. Composición corporal: estudio y utilidad clínica. *Endocrinol y Nutr* [Internet]. 2013; 60 (2): 69–75. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.endonu.2012.04.003>
4. Kenney WL, Wilmore JH, Costill DL. Fisiología del deporte y el ejercicio. 5ª ed. Human Kinetics; 2012.
5. Alvero Cruz JR, Cabañas Armesilla MD, Herrero De Lucas A, Martínez Rianza L, Moreno Pascual C, Porta i Manzanido J, et al. Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del grupo español de cineantropometría de la federación española de medicina del deporte. *Arch Med Deporte* [Internet] . 2009; 26 (31): 166-179. Disponible en: http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/documento_consenso_131.pdf
6. Alvero Cruz JR, Correas Gómez L, Ronconi M, Fernández Vázquez R, Porta i Manzanido J. La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: normas prácticas de utilización. *Rev Andal Med Deporte* [Internet]. 2011; 4 (4): 167–174. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323327668006>
7. Romanowski KL, Fradkin AJ, Dixon CB, Andreacci JL. Effect of an acute exercise session on body composition using multi-frequency bioelectrical impedance analysis in adults. *J Sport Sci* [Internet]. 2015; 3(4): 171-178.
8. World Health Organisation [Internet]. [citado 19 mar 2020] Actividad física . Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
9. Sociedad Española de Medicina del Deporte [Internet]. [citado 19 mar 2020]. Ejercicio físico. Disponible en: <http://www.femede.es/page.php?/OtrosDocumentos/EjercicioFisico>
10. Barbany J. Adaptaciones fisiológicas al entrenamiento. En: Fisiología del ejercicio físico y del entrenamiento. 2ª ed. Barcelona: Paidotribo México; 2002.
11. García-Artero E, Ortega Porcel FB, Ruiz Ruiz J, Carreño Gálvez F. Entrenamiento vibratorio. Base fisiológica y efectos funcionales. *Selección*. 2006; 15 (2): 78–86.
12. Ramos Caballero DM. Cambios hidroelectrolíticos con el ejercicio: El porqué de la hidratación. Universidad del Rosario; 2007.
13. Calderón Montero FJ. Respuesta integrada del organismo al ejercicio. En: Fisiología aplicada al deporte [Internet]. 2ª ed. Madrid: Editorial Tébar Flores; 2009 [citado 19 mar 2020]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/unizarsp/detail.action?docID=3193822#>
14. Guyton AC, Hall JE. Tratado de Fisiología Médica. 12ªed. Barcelona: Elsevier Health Sciences; 2011.
15. Cremades Arroyos D, Serrano Ostáriz E. Alteraciones fisiológicas, hematológicas, bioquímicas y electrolíticas al participar en pruebas deportivas de larga duración (XV edición Quebrantahuesos. 2005). [Tesis doctoral]. Zaragoza: Universidad de Zaragoza; 2010.
16. González-Carcelén CM, López Sánchez GF, Sánchez-García C, Ibáñez Ortega EJ, Díaz Suárez A. Composición corporal e imagen corporal de estudiantes de Ciencias del Deporte. *Sportis Sci J* [Internet]. 2018; 4 (3): 411 - 425. Disponible en: <https://doi.org/10.17979/sportis.2018.4.3.3443>

17. Durán S, Castillo M, Vio F. Diferencias en la calidad de vida de estudiantes universitarios de diferente año de ingreso del campus Antumapu. *Rev Chil Nutr* [Internet]. 2009; 36 (3): 200–209. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v36n3/art02.pdf>
18. Cossio-Bolaños MA, De Arruda M, Moyano Portillo Á, Gañán Moreno E, Pino López LM, Lancho Alonso JL. Composición corporal de jóvenes universitarios en relación a la salud. *Nutr clín diet hosp*. 2011; 31 (3): 15–21. Disponible en: <https://revista.nutricion.org/PDF/Composicion-corporalCossio.pdf>
19. Salas-Salvadó J, Rubio MA, Barbany M, Moreno B, Aranceta J, Bellido D, et al. Consenso SEEDO 2007 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Med Clin* [Internet]. 2007; 128 (5): 184-196. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0025-7753\(07\)72531-9](https://doi.org/10.1016/S0025-7753(07)72531-9)
20. Kushner RF, Gudivaka R, Schoeller DA. Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 1996; 64 (3) : 423S - 427S. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/ajcn/64.3.423S>
21. Dixon CB, Andreacci JL, Ledezma C. Effect of aerobic exercise on percent body fat using leg-to-leg and segmental bioelectrical impedance analysis in adults. *Int J Body Compos Res*. 2008; 6 (1): 27–34.
22. Andreacci JL, Nagle T, Fitzgerald E, Rawson ES, Dixon CB. Effect of exercise intensity on percent body fat determined by leg-to-leg and segmental bioelectrical impedance analyses in adults. *Res Q Exercise Sport* [Internet]. 2013; 84 (1): 88–95. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/02701367.2013.762314>
23. Dixon CB, Andreacci JL. Effect of resistance exercise on percent body fat using leg-to-leg and segmental bioelectrical impedance analysis in adults. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2009; 23 (7): 2025–2032. Disponible en: <https://journals.lww.com/nsca-jscr>
24. Liang MT, Scott N. Effects of skin blood flow and temperature on bioelectric impedance after exercise. *Med Sci Sport Exerc* [Internet]. 1993; 25(11):1231–1239. Disponible en: https://journals.lww.com/acsm-msse/Abstract/1993/11000/Effects_of_skin_blood_flow_and_temperature_on.5.aspx
25. Weaver AM, Hill AC, Andreacci JL, Dixon CB. Evaluation of hand-to-hand bioelectrical impedance analysis for estimating percent body fat in young adults. *Int J Exerc Sci* [Internet]. 2009; 2 (4): 254-263. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4738910/>