

Estudio comparativo por bioimpedancia de parámetros eléctricos y composición corporal, entre individuos sanos y atletas

Ana Román Montoya¹, Ana Ibis Núñez Bourón¹, Alcibíades Lara Lafargue², Ricardo Morales Larramendi¹, Miriam Marañón Cardonne³, José Castillo Bonne³, Franger Reynaldo Balbuena⁴

1: Hospital Provincial Docente "Saturnino Lora", 2: Departamento de Física. Universidad de Oriente,

3: Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, 4: INDER Provincial Santiago de Cuba.

Dra. Ana Román Montoya. Hospital Provincial Docente "Saturnino Lora".

Carretera Central y Calle 4ta. Santiago de Cuba.

e-mail: anar@cnea.uo.edu.cu

RESUMEN

Este estudio tiene como propósito establecer una comparación entre sujetos sanos y atletas, mediante el análisis de sus parámetros bioeléctricos y de composición corporal por el método de bioimpedancia. Se demostró la eficacia del mismo y que las modificaciones tanto bioeléctricas como de la composición corporal, se producen por la práctica sistemática del ejercicio. Se aprecia que los atletas tienen un mayor peso, talla, índice de masa corporal (BMI), masa libre de grasa (FFM), alfa (?), índice de desarrollo muscular (AKS) y agua total, extra e intracelular (TBW, ECW e ICW). Con relación a los parámetros bioeléctricos se observó disminución de la reactancia (X_c), la impedancia (Z) y las resistencias (R), tanto para las mediciones a 50 kHz como a multifrecuencia.

Palabras clave: bioimpedancia, composición corporal, deporte.

ABSTRACT

This study is aimed to establish a comparison between healthy subjects and athletes, analyzing the bioelectric parameters and body composition using the bioimpedance methods. Its efficacy was demonstrated; and the fact that bioelectrical and body composition modifications are produced due to the systematic practice of exercises. A significant increment in size, body weight and BMI was observed. According to bioelectrical parameters, X_c , R and Z were decreased. The parameters obtained by multifrequency (R_{inf} , R_o , R_{intra}) have a significant lessening. There was a significant increment of alpha, Fat Free Mass (FFM), Muscle development (AKS) and total, extracellular and intracellular body water.

Keywords: bioimpedance, body composition, systematic practice of exercises.

1. INTRODUCCIÓN

El ejercicio físico produce cambios morfológicos y fisiológicos en las personas, que la mayoría de las veces son beneficiosos tanto para la salud como para la estética.

Cuando realizamos ejercicios regularmente durante un tiempo determinado nuestro cuerpo se adapta. Las adaptaciones fisiológicas que se producen mejoran tanto nuestra capacidad como nuestra eficiencia al ejercicio.

Con el entrenamiento aeróbico el corazón y los pulmones ganan eficiencia y la capacidad de resistencia se incrementa.

Hoy en día los entrenadores y deportistas son muy concientes de la importancia de conseguir un peso corporal óptimo para lograr el mejor rendimiento posible en los deportes.

Un tamaño, peso y composición corporal apropiados son críticos para obtener éxitos en casi todos los empeños deportivos, por lo que se han empleado diversas técnicas para su determinación. Uno de estos métodos es la bioimpedancia eléctrica.

Estos experimentos se han extendido como representación del estado nutricional en población sana, por lo que el objetivo del estudio es apreciar las modificaciones bioeléctricas que produce el ejercicio en el organismo, para lo que se compararon los parámetros bioeléctricos entre ambos grupos tanto a 50 kHz como a multifrecuencia en 54 puntos entre 10 y 225 kHz. Estos también se diferenciaron en cuanto a composición corporal.

2. METODOLOGÍA

El universo de estudio estuvo constituido por 40 individuos sanos del sexo masculino (grupo I) y 40 atletas del equipo de béisbol de la provincia Santiago de Cuba (grupo II). Ambos se pesaron en una balanza TZ 120 HEALTH SCALE de fabricación China, con un mínimo de ropa y un margen de error ± 0.1 kg y tallados con un estadiómetro cuyo margen de error fue de ± 0.5 cm.

Para las mediciones de bioimpedancia se utilizó un equipo BioScan de fabricación española de la firma Biológica, que fue calibrado con un dispositivo de valores conocidos (Phantom) antes de las mediciones, y su error de lectura fue de $\pm 1\%$.

A los sujetos incluidos en la investigación se les comunicó sobre la naturaleza de la misma y se obtuvo su consentimiento. Luego se les explicaron las condiciones que debían cumplir que fueron las siguientes:

- Estomago vacío como mínimo 3 horas.
- Vejiga vacía.
- No haber realizado ejercicios 12 horas antes.
- Acostado en una superficie no conductora en posición supina, con brazos separados del tórax y piernas sin contacto entre ellas.
- Piel preparada con alcohol y electrodos colocados según método tetrapolar, que utiliza dos electrodos estimuladores en posición medial de la superficie dorsal de la mano y el pie próximas a las articulaciones metacarpo y metatarsofalángicas y a una distancia de 5 cm los electrodos sensores, estos fueron ubicados entre las epífisis distales del radio y el cúbito a nivel de la eminencia pisciforme así como en el punto medio entre ambos maleolos respectivamente.

Se aplicó una corriente alterna de 800 μ A y se realizaron mediciones a 50 kHz para obtener X_c , R, Z, y ángulo de fase, todos normalizados por talla para hacerlos comparables entre individuos.

La multifrecuencia entre 10 y 225 kHz (54 mediciones). Se utilizó el modelo de Cole-Cole para estimar Resistencia cuando la frecuencia tiende a infinito (R_{inf}), Resistencia a frecuencia 0 (R_0), Resistencia intracelular (R_{intra}), Frecuencia característica (F_c) y ϕ . Para calcular FFM, TBF y AKS por bioimpedancia se utilizaron las fórmulas propuestas por Jansen, Heimsfield, Baungarten, Ross, Lukaski y Kloter. Para el agua (TBW) se utilizó la de Cornish de 1996.

Posteriormente la muestra fue procesada mediante el paquete estadístico para Ciencias Sociales (SPSS) Versión 9, las variables obtenidas se les calculó la media, desviación estándar y luego se compararon las medias.

El universo de estudio estuvo constituido por 40 individuos masculinos sanos (grupo I) y 40 atletas del equipo de béisbol de la provincia Santiago de Cuba (grupo II). Ambos se pesaron en una balanza TZ 120 HEALTH SCALE de fabricación China, con un mínimo de ropa y un margen de error ± 0.1 kg y tallados con un estadiómetro cuyo margen de error fue de ± 0.5 cm.

Para las mediciones de bioimpedancia se utilizó un equipo BioScan de fabricación española de la firma Biológica, que fue calibrado con un dispositivo de valores conocidos (Phantom) antes de las mediciones, y su error de lectura fue de $\pm 1\%$.

A los sujetos incluidos en la investigación se les comunicó sobre la naturaleza de la misma y se obtuvo su consentimiento. Luego se les explicaron las condiciones que debían cumplir que fueron las siguientes:

- Estomago vacío como mínimo 3 horas.
- Vejiga vacía.
- No haber realizado ejercicios 12 horas antes.
- Acostado en una superficie no conductora con brazos separados del tórax y piernas sin contacto entre ellas.
- Piel preparada con alcohol y electrodos en posición supina según método tetrapolar, que utiliza dos electrodos estimuladores en posición medial de la superficie dorsal de la mano y el pie próximas a las articulaciones metacarpo y metatarsofalángicas y a una distancia de 5 cm los electrodos sensores, estos fueron ubicados entre las epífisis distales del radio y el cúbito a nivel de la eminencia pisciforme así como en el punto medio entre ambos maleolos respectivamente.

Se aplicó una corriente alterna de 800 μ A y se realizaron mediciones a 50 kHz para obtener X_c , R, Z, y ángulo de fase, todos normalizados por talla para hacerlos comparables entre individuos.

La multifrecuencia entre 10 y 225 kHz (54 mediciones), se utilizó el modelo de Cole-Cole para estimar Resistencia cuando la frecuencia tiende a infinito (R_{inf}), Resistencia a frecuencia 0 (R_0), Resistencia intracelular (R_{intra}), Frecuencia característica (F_c) y ρ . Para calcular FFM, TBF y AKS por bioimpedancia se utilizaron las fórmulas propuestas por Jansen, Heimsfield, Baungarten, Ross, Lukaski y Kloter. Para el agua (TBW) se utilizó la de Cornish de 1996.

Posteriormente la muestra fue procesada mediante el paquete estadístico para Ciencias Sociales (SPSS) Versión 9, las variables obtenidas se les calculó la media, desviación estándar y luego se compararon las medias.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1. Características físicas de los sujetos estudiados

	GRUPO I	GRUPO II
No	40	40
Edad (años)	22.88 \pm 7.10	24.68 \pm 5.20
Peso (Kg)	**66.28 \pm 9.40	80.78 \pm 10.77
Talla (cm)	**171.43 \pm 6.72	180.52 \pm 6.49
BMI (kg/m ²)	**22.57 \pm 6.72	24.76 \pm 2.78
COLOR DE LA PIEL		
Blanco	18	2
Mestizo	16	7
Negro	6	31

**p<0.001

En la tabla 1 se puede apreciar una diferencia significativa en el peso y la talla que pudiera deberse a factores nutricionales, genéticos, hormonales, etc.

Consideramos que al ser ambos grupos sanos se deba a que los atletas son seleccionados por sus características físicas, y además, que el ejercicio influye en el desarrollo físico del individuo, lo que explica lo observado también en el BMI.

Tabla 2. Parámetros Bioeléctricos a 50 kHz

	GRUPO I	GRUPO II
Número	40	40
Xc/Talla	**37.27 ? 5.11	32.89 ? 4.03
R/Talla	**307.04 ? 41.75	264.38 ? 25.37
Z/Talla	**309.31 ? 41.86	266.44 ? 25.46
?	6.95 ? 0.70	7.11 ? 0.75

**p<0.001

Al analizar los parámetros obtenidos a 50 kHz se aprecia una disminución significativa en el grupo de atletas de la Xc, R y Z que hace pensar que el ejercicio provoca una disminución del porcentaje de grasa en relación con su peso corporal, lo que ofrece mayor resistencia al paso de la corriente y a esto se suma la menor vascularización de este tejido.

Tabla 3. Estimación de parámetros según modelo de Cole-Cole.

	GRUPO I	GRUPO II
Número	40	40
Rinf/Talla	**223.81 ? 27.05	188.56 ? 21.32
Ro/Talla	**356.03 ? 47.59	305.98 ? 30.67
Rintra/Talla	**606.45 ? 78.17	498.12 ? 81.98
Fc	43.32 ? 0.43	42.37 ? 0.37
Alfa	*0.82 ? 0.14	0.89 ? 0.12

*p<0.05

Esto mismo podemos apreciarlo en la tabla 3 donde se observa la disminución significativa tanto de la resistencia extracelular (Ro) como la resistencia intracelular (Rintra). En atletas esto se corresponde con un incremento del agua extracelular, intracelular y agua total (tabla 4), lo que demuestra que el ejercicio mejora la perfusión sanguínea de los tejidos y por tanto la conducción eléctrica.

Tabla 4. Estimación de valores de composición corporal en ambos grupos.

	GRUPO I	GRUPO II
Número	40	40
FFM (kg)	**53.52 ? 4.61	67.35 ? 6.60
%FFM	85.89 ? 6.41	83.84 ? 5.10
TBF (kg)	**9.72 ? 5.46	17.00 ? 6.09
%TBF	14.11 ? 6.41	12.42 ? 4.88
AKS	*1.13 ? 0.13	1.20 ? 0.11
TBW (L)	**44.03 ? 5.80	53.28 ? 5.77
ECW (L)	**17.75 ? 4.73	24.73 ? 4.49
ICW (L)	**26.38 ? 1.11	28.54 ? 1.50

*p<0.05 **p<0.001

Se observa en el grupo II un aumento del desarrollo muscular como parte de la hipertrofia producida por el ejercicio sistemático, con una evidente disminución del tejido graso que es utilizado como fuente de energía.

El aumento significativo de los volúmenes de agua en los atletas se debe al incremento de la producción de aldosterona y hormona antidiurética (ADH) que aparece en los individuos que se someten a días repetidos de ejercicio.

Esto produce un incremento significativo en el volumen de plasma que continúa elevándose durante el período de actividad y que posteriormente se eliminará por la orina al interrumpirse el entrenamiento. Todo se hace más evidente si el entrenamiento se hace a temperaturas elevadas.

4. CONCLUSIONES

En el desarrollo de esta investigación se observaron variaciones significativas en cuanto a los parámetros bioeléctricos (disminución de la resistencia al paso de la corriente en los atletas) y en la composición corporal (aumento de la FFM, AKS y de los volúmenes hídricos con disminución del % TBF), debido a los efectos del ejercicio sistemático, lo que demuestra la sensibilidad del método de impedancia para apreciar estas diferencias. Consideramos que este trabajo debe extenderse a otras disciplinas deportivas.

BIBLIOGRAFIA

1. Al-Hatib F. Patient-Instrument connection errors in bioelectrical impedance measurement. *Physiol Meas* 1998; 19: 285-296
2. Armstrong LE, Kenefick RW, Castellani JW, Riebe D, Kavouras SA, Kuznicki JT, Maresh CM. Bioimpedance spectroscopy technique: Intra, extra and total body water. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29(12): 1657-1663
3. Bolton MP, Ward LC, Khan A, Campbell I, Nightingale P, Dewit O, Elia M. Sources of error in bioimpedance spectroscopy. *Physiol Meas* 1998; 19(2): 235-45
4. Catalano PM, Wong WW, Drago NM, Amini SB. Estimating body composition in late gestation: a new hydration constant for body density and total body water. *Am J Physiol* 1995; 268(Endocrinol Metab 31): E153-E158
5. Morales-Larramendi R, Lara-Lafargue A, Marañón- Cardonne M, Nescolarde Selva LD, Román-Montoya AC, Núñez-Bourón AI, Castillo-Bonne J. Impedancia bioeléctrica. Monografía CNEA. 2003; 1-64
6. Núñez C, Kovera A, Wang ZM, Heymsfield SB. Weight loss-induced skeletal muscle loss: Accurate stimation by BIA. *Br J Nutr* 1985; 9:147-53
7. Pietrobelli A, Morini P, Battistini N, Chiumello G, Núñez C, Heymsfield SB. Appendicular skeletal muscle mass: Prediction from multiple frequency segmental bioimpedance analysis. *Europ J Clin Nutr* 1998; 52:507- 11

INSTRUCCIONES PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS

Los trabajos se aceptan en español, portugués e inglés y para auxiliar a los autores en la preparación de estos, está disponible, en inglés o español, una plantilla que puede obtenerse solicitándola a la Sra. Esther Ma. López (emlopez@icid.edu.cu).

Al solicitar la plantilla especifique, por favor, el idioma en que desea recibirla.

La plantilla contiene las orientaciones destinadas a los autores, incluyendo los márgenes, tipos de letras, textos y títulos e indicaciones acerca de las figuras y las tablas. El texto deberá estar escrito en Word 6 ó versiones posteriores, precedido por un resumen en el idioma en que se escriba el trabajo.

El resumen (abstract) tendrá un máximo de 300 palabras en un solo párrafo y describirá el trabajo de forma breve, incluyendo objetivos, materiales y métodos, síntesis de los resultados, limitaciones y conclusiones. Cada trabajo debe incluir un mínimo de tres palabras claves en el idioma en que está escrito. Los trabajos que se escriban en idioma inglés deberán acompañarse, en página separada, del correspondiente título, resumen y palabras claves en español, mientras que los trabajos redactados en español o en portugués deberán acompañarse, en página aparte, del título, el resumen y las palabras claves en inglés.

Se recomienda usar corrector ortográfico y gramatical para garantizar la corrección del documento. El autor debe enviar el trabajo por correo electrónico, procesándolo previamente para transmitirlo, ya sea en bloques o compactado, con extensión inferior a 500 Kb para cada fichero.

INSTRUCTIONS FOR PAPERS SUBMISSION

Manuscripts are accepted in Spanish, Portuguese or English and in order to help authors in preparing them, a template is available in Spanish or English. You may receive the template requesting it to Ms. Esther Ma. López (emlopez@icid.edu.cu).

Please specify in what language you want to receive the template.

The template contains information for the authors, regarding margins, fonts, texts and titles, as well as some notes on figures and tables. The text should be written in Word 6 or later versions, starting with an abstract in the language chosen to write the manuscript.

The abstract should contain maximum of 300 words in a single paragraph and should describe the work briefly, including objectives, materials and methods, synthesis of the results, limitations if any and conclusions. Each manuscript must include a minimum of three keywords in the language chosen for its preparation. Manuscripts written in English must include a separate page with the title, abstract and keywords in Spanish, while those written in Spanish or Portuguese must include an additional page with the title, abstract and keywords in English.

The use of spelling and grammar corrector before submitting the manuscript is recommended. The author should send the manuscript via e-mail either in full or compacted, in blocks smaller than 500 Kb in size each.