

# IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA COMO MÉTODO PARA ESTIMAR CAMBIOS EN LOS FLUIDOS CORPORALES EN REMEROS

## BIOELECTRIC IMPEDANCE ANALYSIS AS METHOD TO ESTIMATE BODY FLUID CHANGES IN ROWERS

### RESUMEN

La valoración de líquidos corporales en el deportista, agua corporal total (ACT), agua intracelular (AI) y agua extracelular (AE), es un factor de suma importancia para el entrenamiento y la competición. La impedancia bioeléctrica (BIA) es cada vez más utilizada en el ámbito de la salud y del deporte por ser un método simple y no invasivo. El objetivo de este estudio es analizar la capacidad de la BIA de última generación para detectar cambios en los fluidos corporales debidos a la deshidratación inducida por el ejercicio. Se estudiaron 19 remeros. Antes del ejercicio se valoró su composición corporal con método antropométrico como modelo de referencia y se estimaron el ACT, AI y AE con un aparato BIA segmental y multifrecuencia. Seguidamente se sometió a los deportistas a una sesión de entrenamiento sobre remoergómetro de 56 minutos de duración. Al finalizar fueron pesados nuevamente y sometidos a una segunda evaluación con BIA.

La pérdida de líquido corporal inducida por el ejercicio y medida con balanza arrojó resultados significativos, siendo de  $1,6 \pm 0,36$  kg. Sin embargo, las diferencias registradas por BIA, antes y después del ejercicio, para el ACT, AI y AE, no fueron significativas ( $p < 0,05$ ).

Tampoco se ha encontrado concordancia entre el método de balanza y el método BIA para estimar cambios en líquidos corporales y se ha hallado una media para las diferencias de 1,24 kg. Por lo tanto, concluimos que BIA no sirve para registrar cambios en los compartimentos acuosos corporales tras una sesión de ejercicio, ya que los niveles hídricos se registraron de forma cuantitativamente incorrecta.

**Palabras clave:** Impedancia bioeléctrica. Agua corporal total. Agua intracelular. Agua extracelular. Deporte. Remo.

### SUMMARY

Evaluating the body fluids in athletes, as well as their total body water (TBW), intra (ICW) and extracelular water (ECW), is an important factor for the training and competition. Bioelectric Impedance Analysis (BIA) is becoming more and more useful in both health and sport fields because it is a simple and non invasive method. The purpose of this study is to analyse the capability of state-of-the-art BIA devices in order to check any changes in body fluids due to dehydration as a consequence of exercise.

The 19 rowers participating in this study. Before the exercise we evaluated their body composition with the anthropometric method as a reference model, and we estimated the TBW, ICW and ECW with a segmental and multifrequency BIA. Afterwards, subjects went through a 56-minute training session by ergo-rower. When finishing they were weighed and subjected to a second evaluation.

The loss of body fluids due to exercise and measured with the bascule provided us with significant results,  $1,6 \pm 0,4$  kg. However, the different values recorded by BIA, before and after the exercise for the TBW, ICW and ECW were not significant ( $p < 0,05$ ).

Concordance Bland-Altman analysis not confirmed good agreement between the bascule and the BIA methods, in order to estimate the change in body fluids. The average one for the estimation difference was 1.24 kg. Therefore we conclude that BIA is not used to record changes in body water compartments after a workout because water levels were recorded on a quantitatively incorrect.

**Key words:** Bioelectrical impedance. Total body water. Intra-extra cellular fluids. Sport. Rowing.

Elizabeth C. Rodríguez-Bies<sup>1</sup>

Francis Holway<sup>2</sup>

José A. González Jurado<sup>1</sup>

Francisco Saravia<sup>3</sup>

Álvaro Rodríguez Baños<sup>1</sup>

Francisco J. Berral de la Rosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Deporte e Informática. Facultad del Deporte. Universidad Pablo de Olavide. Sevilla

<sup>2</sup>Departamento de Nutrición. Club Atlético River Plate. Buenos Aires. Argentina  
<sup>3</sup>Club de Remo Guadalquivir. Sevilla

### CORRESPONDENCIA:

Elizabeth C. Rodríguez-Bies  
Departamento de Deporte e Informática. Facultad del Deporte. Universidad Pablo de Olavide.  
E-mail: ecrodbie1@upo.es

**Aceptado:** 15.05.2009 / Original nº 559

## INTRODUCCIÓN

Los remeros en Andalucía están sometidos la mayor parte del año a entrenamientos y competiciones en ambiente caluroso, soportando temperaturas ambientales y humedad relativa durante la época estival de 40 °C y 60%, respectivamente. En un ambiente tan adverso, los deportistas incurrir en niveles de deshidratación elevados debido a las importantes pérdidas de agua a través de la sudoración, lo que puede provocar estrés fisiológico por calor ambiental durante el ejercicio (calambres, fatiga, golpe de calor, etc.)<sup>1</sup>. Por tanto, la deshidratación no sólo reduce el rendimiento atlético, sino que también puede poner en riesgo la salud del deportista<sup>2</sup>. Para los deportistas, la valoración de los líquidos corporales, agua corporal total (ACT), agua intracelular (AIC) y agua extracelular (AEC) es un factor de suma importancia tanto para el entrenamiento como en la competición. La reposición suficiente de líquidos conserva el volumen plasmático, ayuda a mantener el ritmo cardíaco y permite a la sangre fluir hacia la piel a mayores niveles para así promover la sudoración y la disipación del calor, previniendo una excesiva acumulación del calor en el cuerpo<sup>3</sup>. Por este motivo, los entrenadores deben controlar la hidratación de los deportistas y su impacto sobre el rendimiento y seguridad del ejercicio.

En la búsqueda de un método preciso y sensible para evaluar cambios en el estado de hidratación de los atletas, hemos revisado la bibliografía publicada al respecto, observando que aún no existe consenso científico respecto de cuál es la mejor forma de evaluación. No obstante, hay métodos que pueden ser utilizados para dar a los atletas una retroalimentación útil acerca de su nivel de hidratación.

Dentro de las técnicas de evaluación de la hidratación conocidas actualmente podemos citar:

- Dilución de isótopos (dilución de deuterio y agua tritiada)<sup>4,5</sup>.
- Análisis de impedancia bioeléctrica monofrecuencia y multifrecuencia<sup>4-9</sup>.

- Indicadores de plasma, tales como la osmolalidad, sodio y los cambios en la hemoglobina y el hematocrito, o las concentraciones de hormonas que ayudan a regular los fluidos corporales<sup>4,6</sup>.
- Indicadores de orina, como la osmolalidad, la gravedad específica o el color<sup>4,5</sup>.
- Cambios en la masa corporal<sup>4,5</sup>.
- Otras variables, como el flujo salival o signos y síntomas físicos comunes de deshidratación clínica<sup>4,5</sup>.

En la mayoría de los contextos deportivos, para detectar cambios en la hidratación del deportista se ha utilizado el control del peso corporal antes y después del ejercicio, en combinación con algunas medidas de concentración de orina<sup>5,10</sup>, por ser éste un método sencillo y poco costoso.

Actualmente las técnicas de impedancia bioeléctrica (BIA) son cada vez más utilizadas en el ámbito de la salud y del deporte por tratarse de un método simple y no invasivo. Sin embargo, para asegurar la fiabilidad y la validez intrínseca del método de impedancia eléctrica se debe tener en cuenta un estricto protocolo de medición, donde los sujetos deben ser medidos en condiciones estándar previo a la realización del ejercicio.

Considerando que BIA es válida en condiciones estándar, nos proponemos en este estudio analizar la capacidad del método para estimar los fluidos corporales en condiciones no estándares y determinar así con mayor precisión los cambios en los compartimientos acuosos tras el ejercicio.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Población y muestra

La población estuvo constituida por 19 deportistas varones, con una edad  $17,8 \pm 4$  años, un peso corporal de  $72,5 \pm 9$  kg y una estatura de  $176 \pm 8$  cm, pertenecientes al equipo competitivo del Club de Remo Guadalquivir de Sevilla, España; cabe

destacar que el 52% de la población ha participado en competiciones nacionales e internacionales.

La investigación se llevó a cabo la tercera semana de abril de 2006, correspondiendo este mes al período precompetitivo del programa de entrenamiento fijado para los deportistas evaluados.

### **Procedimiento y recogida de datos**

A la hora de evaluar a los sujetos se tuvieron en cuenta los tres principios éticos básicos en investigación humana: respeto, beneficencia y justicia<sup>11</sup>. A su vez recibieron un consentimiento informado que fue debidamente firmado por los deportistas o por sus padres en caso de no tener la mayoría de edad.

Los sujetos llegaron al lugar de evaluación con cuatro horas de ayuno, durante ese período previo no consumieron ningún tipo de bebidas o alimentos. A su llegada, vaciaron su vejiga y reposaron, y después de quince minutos comenzaron las evaluaciones. La habitación donde fueron realizados los estudios estaba cerrada y reunía las siguientes condiciones climáticas: 22 °C de temperatura y 66% de humedad durante todo el período de la evaluación.

Antes del ejercicio se valoraron la talla de pie y en sedestación, con estadiómetro portátil Stanley con precisión de 1 mm y el peso corporal (en slip de natación) con báscula SECA700 exactitud de 50 g, según protocolo ISAK. El programa BIA PROMIS requiere de dichos parámetros para realizar el análisis de bioimpedancia.

La estimación del ACT, AIC y AEC se realizó mediante un equipo BIA segmental y multifrecuencia (PROMIS, España) (señal de salida, frecuencia de 4 a 100 kHz, incertidumbre  $\pm 0,5$  kHz). Para asegurar la fiabilidad y la validez intrínseca del método de impedancia eléctrica, se tuvo en cuenta un estricto protocolo de medición, antes y durante la evaluación<sup>12</sup>.

#### *Antes de la medición*

No usar diuréticos por una semana. No beber alcohol 48 horas antes del examen. No realizar

el ejercicio intenso por lo menos 12 horas antes. No ingerir alimentos, ni bebidas 4 horas antes. Vaciar la vejiga antes del análisis. No utilizar objetos metálicos. Posición del sujeto en decúbito supino. Miembros ligeramente abducidos, 45° con respecto al tronco. Antes de acostarse en la camilla el atleta deberá tocar una superficie metálica que esté en contacto con el suelo para asegurarse que no esté cargado electrostáticamente. Con el fin de reducir diferencias interevaluación, preejercicio y postejercicio, se ha marcado el sitio de colocación de los electrodos. Para evitar que la interfase electrolito-piel se vea afectada por las células muertas de la epidermis y el vello, se procedió a remover esta capa de células con frotamiento con papel mojado con 70% de alcohol y a rasurar la zona, en caso de ser necesario. Los electrodos proximales de detección de voltaje se ubicaron justo debajo la falange metacarpiana en el medio del dorso de la mano y justo debajo del arco transversal, en la cara superior del pie, detrás de la segunda falange metatarsiana y los distales de inyección de corriente, se colocaron en el centro de la muñeca junto al proceso estilóideo y en la parte superior del tobillo, dividiéndolo en dos partes entre el maléolo lateral y el maléolo medio.

#### *Durante la medición*

Cuidar que el atleta y los cables estén alejados de cualquier aparato que emita radiaciones, que no toquen el suelo o estén entrelazados. Evitar movimientos bruscos e inspiraciones profundas ya que podrían verse afectados los parámetros de registro.

Seguidamente al análisis de impedancia se sometió a los deportistas a una sesión de entrenamiento sobre remoergómetro (Concept 2 - DYNO)<sup>13</sup> de una duración de 56 minutos como indica el siguiente programa (Tabla 1).

Al finalizar y tras quince minutos de reposo, sin beber ningún líquido, los deportistas se secaron completamente y fueron sometidos a una segunda evaluación para registrar el peso corporal con balanza y los compartimientos de agua corporal con BIA, siguiendo el protocolo anteriormente

citado. Se asume el criterio de Shirreffs en *Markers of hydration* status que la diferencia antes y después del ejercicio observada en el peso corporal registrado por la balanza, representa la pérdida de fluidos corporales<sup>5</sup>.

### Análisis de datos

Se emplearon la prueba de la t o la de Wilcoxon para muestras relacionadas para el tratamiento de datos. El nivel de significación establecido fue de 0,5. En caso de hallar diferencias significativas se utilizó el coeficiente de Cohen<sup>14</sup>, para interpretar la magnitud de estas diferencias. Para determinar la concordancia entre dos métodos se utilizó el test de Bland y Altman (paquete estadístico MedCal, versión 8.2.1.0, 2006).

## RESULTADOS

### Modificación del peso corporal

La diferencia de peso corporal registrada después del ejercicio, mediante el pesaje con balan-

za, fue considerada como el método control para valorar el cambio en los fluidos corporales tras una sesión de entrenamiento.

La pérdida de líquido corporal registrada fue de  $1,6 \pm 0,36$  kg, lo que representa un 2,2% para la población estudiada (Tabla 2).

### Sensibilidad de BIA para estimar cambios en los fluidos corporales

En este apartado, se pretendió establecer si los cambios acontecidos en cada uno de los compartimentos acuosos estimados mediante BIA, son estadísticamente significativos y se corresponden con la pérdida de masa corporal evaluada con balanza (Tabla 3 y Figura 1).

Los cambios registrados mediante el análisis de impedancia bioeléctrica, después del ejercicio, son estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%, pero según el coeficiente de Cohen menores de 0,2, por lo que estas diferencias en los compartimentos acuosos se consideran insignificantes (Tabla 4 y Figura 2).

**TABLA 1.**  
Plan de sesión de entrenamiento sobre remoergómetro por repeticiones

| Programa/minutos                       | Recuperación en min | Frecuencia cardíaca p/min | Paladas p/min | km/h  |
|--|---------------------|---------------------------|---------------|-------|
| Calentamiento en remo: 10 min          |                     | 130-150                   | 18            | 4     |
| Remo: series 3 × 12 min (total 36 min) | 6                   | 160-180                   | 24-26         | 12-14 |
| Recuperación en remo: 10 min           |                     | 120-140                   | 16            | 3     |

**TABLA 2.**  
Pérdida de peso corporal en kg (balanza)  
Valores medios y desviación típica

|               | Preejercicio | Postejercicio | Pérdida relativa en kg | Pérdida relativa en % |
|---------------|--------------|---------------|------------------------|-----------------------|
| Peso corporal | 72,54 ± 8,75 | 70,94 ± 8,53  | 1,6 ± 0,36*            | 2,2 ± 0,4             |

\*Diferencia estadísticamente significativa. Prueba de la t,  $p < 0,05$

**TABLA 3.**  
Estimación de líquidos corporales antes y después del ejercicio (BIA)

|     | Preejercicio  | Postejercicio | Pérdida relativa en kg | Pérdida relativa en % |
|-----|---------------|---------------|------------------------|-----------------------|
| ACT | 41,22 ± 4,45* | 40,86 ± 4,52* | 0,36 ± 0,28            | 0,89 ± 0,76           |
| AEC | 19,27 ± 1,55* | 19,17 ± 1,53* | 0,10 ± 0,16            | 0,51 ± 0,83           |
| AIC | 21,95 ± 3,91* | 21,72 ± 3,95* | 0,23 ± 0,33            | 1,09 ± 1,58           |

ACT: agua corporal total; AEC: agua extracelular; AIC: agua intracelular.

\*Diferencias estadísticamente significativas. Pruebas de la t y de Wilcoxon,  $p < 0,05$

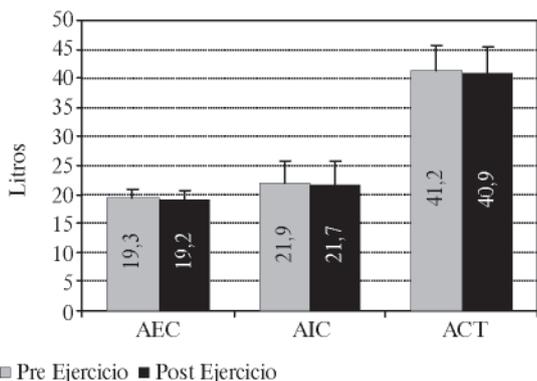


FIGURA 1. Estimación de líquidos corporales por BIA (Microsoft Office Excel 2002)

Cabe destacar que en diez sujetos (el 52% de la muestra) se registraron valores superiores luego de la sesión de entrenamiento por lo menos en alguno de los compartimentos del agua corporal (Tabla 5).

### Análisis de concordancia entre los dos métodos para evaluar la pérdida de fluidos corporales (Figura 1 y 2)

La concordancia entre los dos métodos, BALANZA (pérdida del peso corporal) y BIA (pérdida de fluidos corporales) fue calculada con la prueba de Bland y Altman (Figura 3).

Todos los valores registrados a través de la balanza son superiores a los estimados mediante BIA. Existen diferencias de hasta 1,9 kg entre un método y otro. El sesgo es de 1,24 y el error es sistemático y no depende de la magnitud del peso corporal, es decir, que la diferencia entre un método y otro se mantiene independientemente del peso corporal que tenga el sujeto.

## DISCUSIÓN

El porcentaje de peso corporal perdido por los remeros de nuestro estudio fue del 2,20% tras realizar un esfuerzo de 36 minutos a intensidad elevada en condiciones ambientales neutras. La actividad física incrementa la producción de calor y la evidente pérdida de agua a través de sudor; por esta razón, es de suma importancia saber que ante la pérdida de un 2% de peso

|     | Pérdida relativa en kg | Contraste de medias | Coefficiente de Cohen |
|-----|------------------------|---------------------|-----------------------|
| ACT | 0,36 ± 0,28            | 0,000*              | 0,07**                |
| AEC | 0,10 ± 0,16            | 0,007*              | 0,06**                |
| AIC | 0,23 ± 0,33            | 0,014*              | 0,05**                |

ACT: agua corporal total; AEC: agua extracelular; AIC: agua intracelular. \*Diferencias estadísticamente significativas. Pruebas de la t y de Wilcoxon,  $p < 0,05$ . \*\*Según coeficiente de Cohen, diferencias insignificantes a efectos clínicos

TABLA 4. Contraste de fluidos corporales estimados mediante BIA, preesfuerzo y postesfuerzo

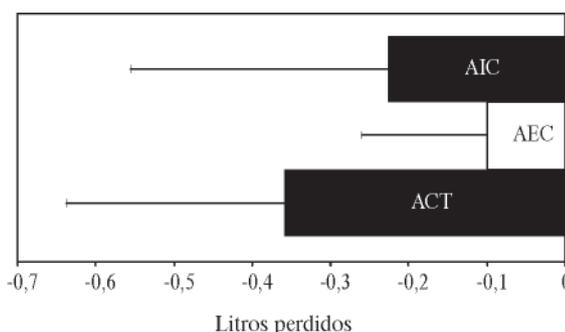


FIGURA 2. Sensibilidad de BIA para detectar cambios en los fluidos corporales postejericio (Microsoft Office Excel 2002)

| Error en la estimación en el 52,63% de la muestra (en 10 de los 19 remeros) | Incremento de los líquidos corporales postejericio |
|---|--|
| 1 remero (5,2%)   | 0,5% ACT   |
| 3 remeros (17,29%)  | 0,5% AEC   |
| 6 remeros (31,58%)  | 1,4% AIC   |

TABLA 5. Errores en la estimación de fluidos corporales postejericio

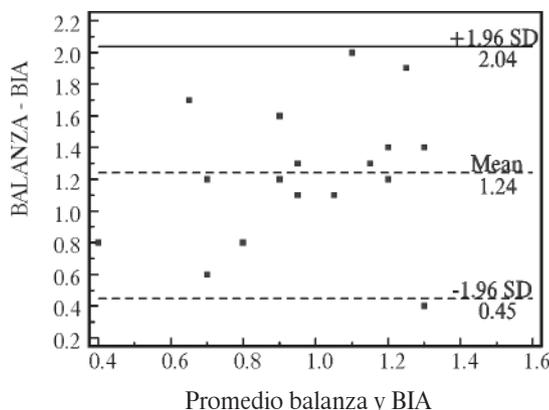


FIGURA 3. Concordancia entre métodos para estimar los cambios en los fluidos corporales. Balanza frente a BIA (paquete estadístico MedCal, versión 8.2.1.0, 2006)

corporal empeora la respuesta cardiovascular y termorreguladora, y se reduce la capacidad para realizar ejercicio<sup>10,15-18</sup>.

Coincidiendo con otros autores<sup>5,19-21</sup>, se constató que el método BIA de multifrecuencia es capaz de detectar pequeños cambios, tanto de los fluidos corporales como de las variables de composición corporal. No obstante, si bien los valores medios registrados por BIA, después de la sesión de entrenamiento, son estadísticamente diferentes a un nivel de confianza del 95% necesitamos saber cuán importante es esta diferencia. Como sabemos en la aplicación clínica, una pérdida hídrica del 0,36 kg no es relevante y estadísticamente lo confirmamos a través del coeficiente de Cohen que nos indica que esos cambios detectados en los fluidos corporales son insignificantes.

Estadísticamente consideramos que, para determinar si la pérdida de peso corporal calculada con balanza concuerda con la pérdida de agua corporal total registrada mediante BIA, lo más adecuado es utilizar el test de Bland y Altman, antes que una prueba de correlación<sup>22</sup>. Este test se utiliza en clínica para conocer la concordancia que tienen dos métodos para evaluar una misma variable. A pesar de la gran utilidad que tiene, no hemos encontrado artículos que recurran a esta herramienta estadística para valorar la concordancia entre balanza y BIA para estimar cambios en los fluidos corporales. Los resultados nos revelan que el método BIA tiene un sesgo proporcional con respecto al pesaje con balanza de 1,24 kg y que no depende de la magnitud del peso, lo cual nos indica que BIA no es capaz de registrar la pérdida real de fluidos corporales producida por deshidratación.

Esto nos conduce a la siguiente pregunta: ¿tiene importancia clínica una diferencia de 1,24 kg entre un método y el otro? La respuesta indiscutiblemente es positiva, ya que el propósito de nuestro trabajo fue determinar con mayor precisión modificaciones en los compartimientos acuosos después de una sesión de entrenamiento, para asegurar de esta manera la correcta rehidratación del atleta. Además, al perder el 2% del peso corporal ya se ve afectado el rendimiento físico y, si a través del análisis de impedancia, sólo

se registra una pérdida del 0,89% en contraste con la pérdida del 2,2% registrada con balanza, nos enfrentamos ante un importante error de estimación tras condiciones de ejercicio, que nos llevará a un diagnóstico equivocado que pondrá en riesgo la salud de nuestros deportistas.

Por otro lado, hemos detectado errores en la estimación, como lo demuestran las valoraciones posteriores al ejercicio; en efecto, en una valoración hecha en uno de los sujetos (5,2% de la muestra) se ha evidenciado un aumento del 0,50% para el agua corporal total. Similares incrementos se han registrado en tres atletas (15% de la muestra), en el compartimiento de agua extracelular. Este error es más notable en el líquido intracelular, donde BIA ha registrado volúmenes mayores después de la sesión de ejercicio, en seis deportistas (31% de la muestra), alcanzando una cuantía superior de 1,40% en uno de los sujetos. Por lo tanto, BIA muestra que los líquidos corporales aumentan después de una sesión de entrenamiento, sin beber agua durante la misma. ¿Puede ser esto real? Sabemos que metabólicamente se produce agua en la fosforilación oxidativa, pero esas cantidades son mínimas (350 g), en relación con el sudor que se pierde, por lo cual la respuesta a nuestro interrogante es negativa.

En estado de euhidratación y condiciones de medición óptima, BIA provee una estimación precisa del ACT en comparación con la estimación hecha mediante isótopos marcados, como se verifica en la literatura<sup>23-26</sup>, pero cuando se alteran los factores fisiológicos y de hidratación después del ejercicio, el análisis BIA sólo puede predecir parcialmente la pérdida de ACT. En este sentido los hallazgos comunicados por Koulman<sup>19</sup> y Pialoux<sup>27</sup> son semejantes.

Los resultados presentados en este estudio nos indican que la metodología empleada actualmente por BIA no es lo suficientemente precisa ni confiable para evaluar el ACT en condiciones no estándares tras el ejercicio, como ha sido comunicado por algunos investigadores<sup>28-30</sup>.

Finalmente, hay que decir que el análisis de BIA es sensible a un cúmulo de variables adi-

cionales que pueden alterar las medidas de la impedancia (Z), como el lugar de ubicación de los electrodos, el lado del cuerpo, la posición de las extremidades, la postura<sup>11,31,32</sup> o la conductancia de la camilla de medición<sup>11,33</sup>. No obstante, incluso teniendo la total precaución de controlar estas variables nos encontraremos con otras que pueden ser otros de los factores de error en la medición de BIA después de un ejercicio físico. La hipohidratación<sup>28</sup> podría incrementar la impedancia (Z), porque hay menos fluidos para conducir la corriente. La osmolalidad del plasma y la concentración de sodio<sup>18,24,33</sup> alteran la Z. Los cambios en la temperatura corporal y de la piel<sup>27,34-36</sup> observados después del ejercicio provocan una reducción en la Z. El incremento de la perfusión vascular y la temperatura muscular también podrían reducir la Z y la resistividad muscular<sup>29</sup>. Estos autores destacan la importancia de asociar una concentración constante de electrolitos con una estabilización de los fluidos corporales, para detectar acertadamente los cambios en el volumen de ACT mediante BIA. Ambas condiciones raramente puedan coexistir cuando se altera el

estado de hidratación. Por ello, será imprescindible estandarizar la metodología para reducir errores durante la medición y controlar el estado de hidratación de los sujetos.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en nuestro estudio mostraron que el análisis BIA multifrecuencia parece no ser adecuado para analizar los cambios en los compartimientos hídricos producidos por la deshidratación inducida por el ejercicio. Ya que tras una sesión de entrenamiento los niveles del ACT, AIC y AEC se registraron en forma cuantitativamente incorrecta.

Considerando que BIA es cada vez más utilizado en las ciencias de la salud y el deporte proponemos, pues, una revisión y ajuste en cuanto a la especificidad de las fórmulas utilizadas internamente por este tipo de equipos para solventar los problemas de exactitud y precisión que hemos encontrado.

## B I B L I O G R A F Í A

1. McArdle WD, Katch FI, Match VL. *Fundamentos de fisiología del ejercicio* (2.ª ed.). Madrid: McGraw-Hill/Interamericana, 2004;3:70-97.
2. González-Alonso J, Coyle EF. Efectos fisiológicos de la deshidratación. ¿Por qué los deportistas deben ingerir líquidos durante el ejercicio en el calor? *APUNTS Educación Física y Deportes* 1998;54:46-52.
3. Montain SJ, Coyle EF. Fluid ingestion during exercise increases skin blood flow independent of increases in blood volume. *J App Physiol* 1992;73:930-10.
4. Cheuvront SN, Sawka MN. *Hydration assessment of athletes*. Sports Sci Exchange No. 97. Barrington, IL: Gatorade Sports. Science Institute, 2005;18(2):1-10.
5. Shirreffs SM. Markers of hydration status. *J Sports Med* 2000;40(1):80-4.
6. Berral FJ, Rodríguez E. Impedancia bioeléctrica y su aplicación en el ámbito hospitalario. *Rev Hosp Jua Mex* 2007;74(2):104-12.
7. González Iturri JJ, Villegas García JA. *Valoración del deportista. Aspectos biomédicos y funcionales*. España: Ed. FEMEDE, 1999.
8. Esparza F. Valoración de la composición corporal. Utopías y realidades. En: Porta J (ed.). III MONOGRAFÍAS FEMEDE. Manual Cineantropometría. Pamplona (España): Ed. FEMEDE 1993;5113-70.
9. Aragonés MT, Quílez J, Layús F. Tratamiento de la composición corporal en deportistas masculinos: BIA (impedancia bioeléctrica) versus pliegues cutáneos. *Arch Med Dep* 1999;16-especial:502-3.

10. Lamb DR, Sherata AH. Benefits and Limitations to Prehydration. *Sports Science Exchange* 1999;12(2):73.
11. Cantú Martínez P, Moreno García D, Rojas Márquez M. Consideraciones sobre Ética, Deontología, Ética médica, Bioética e Investigaciones en salud. *RESPYN (revista electrónica)* 2002;4(1). Consultado 01/12/2004. Disponible en: <http://www.respyn.uanl.mx/iii/1/ensayos/bioetica.html>
12. Professional Medical Information System. *Promis Cardio Fitness*. Manual del Usuario. Cádiz: Promis, 2005;3-4;22-26;42-57.
13. Arrizabalaga R, Aramendi JF, Samaniego JC. ¿Cuál es el "Drag Factor" del Concept 2 que mejor simula el remo en trainera? *Arch Med Dep* 2007;XXIV(120):245-52.
14. Hopkins WG. A spreadsheet for analysis of straightforward controlled trials. *Sportscience* 2003;7. Disponible en [www.sportsci.org/jour/03/wghtrials.htm](http://www.sportsci.org/jour/03/wghtrials.htm)
15. Costa IA, Petruccelli F. La Deshidratación en los Trabajos Aeróbicos de Natación. *PubliCE Standard* 28/01/2005. Pid:424. Consultado 12/10/2007. Disponible en: [www.sobrentrenamiento.com/PubliCE/Imprimible.asp?Ida=424&tp=s](http://www.sobrentrenamiento.com/PubliCE/Imprimible.asp?Ida=424&tp=s)
16. Naghii MR. The significance of water in sport and weight control. *Nutr Health* 2000;14(2):127-32.
17. Herrero González JA, González Boto R, García López D. La Hidratación del Deportista. *Efdeportes.com (revista electrónica)* 2003;9(66). Consultado 12/10/2007. Disponible en <http://www.efdeportes.com>
18. Coyle E. Fluid and fuel intake during exercise. En: Maughan RJ, Burke LM, Coyle EF (eds.). *Food, Nutrition and Sports Performance II* (3.<sup>a</sup> ed.). Oxon: Routledge, 2006;63-91.
19. Koulmann N, Jimenez GH, Regal D, Bolliet P, Launay JC, Savourey G, et al. Use of bioelectrical impedance analysis to estimate body fluid compartments after acute variations of the body hydration level. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(4):857-64.
20. Román Montoya A, Núñez Bourón AI, Lara Lafargue A, Morales Larramendi R, Marañón Cardonne M, Castillo Bonne J, et al. Estudio Comparativo por Bioimpedancia de parámetros eléctricos y composición corporal, entre individuos sanos y atletas. Memorias V Congreso de la Sociedad Cubana de Bioingeniería; 2003;10-13; Habana, Cuba.
21. Soderberg M, Hahn RG, Cederholm T. Bioelectrical impedance analysis of acute body water changes in congestive heart failure. *Scand J Clin Lab Invest* 2001;61:89-94.
22. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-10.
23. Bauer J, Capra S, Davies P. Estimation of total body water front foot-to-foot bioelectrical impedance analysis in patients with cancer cachexia-agreement between three prediction methods and deuterium oxide dilution. *J Hum Nutr Dietet* 2005;18:295-300.
24. Martín Moreno V, Gómez Gandoy JB, Antoranz González MJ, Fernández Herranz S, Gómez de la Cámara A, De Oya Otero M. Validación del monitor de medición de la grasa corporal por impedancia bioeléctrica OMRON BF 300. *Aten Primaria* 2001;28:174-81.
25. Smith D, Engel B, Diskin AM, Spanel P, Davies SJ. Comparative measurements of total body water in healthy volunteers by online breath deuterium measurement and other near-subject methods. *Am J Clin Nutr* 2002;76:1295-301.
26. Kenneth JE. Selected Body Composition Methods Can Be Used in Field Studies. *J Nutr* 2001;131:1589S-1595S.
27. Pialoux V, Mischler I, Mounier R, Gachon P, Ritz P, Coudert J, et al. Effect of equilibrated hydration changes on total body water estimates by bioelectrical impedance analysis. *British Journal of Nutrition* 2004;91:153-9.
28. O'Brien C, Young AJ, Sawka MN. Bioelectrical impedance to estimate changes in hydration status. *Int J Sports Med* 2002;23:361-6.
29. Kushner RF, Gudivaka R, Schoeller DA. Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. *Am J Clin Nutr* 1996;64(Suppl):423S-7S.
30. Denura S, Yamaji S, Goshi F, Nagasawa Y. The influence of transient change of total body water on relative body fats based on three bioelectrical impedance analysis methods. *J Sports Med Phys Fitness* 2002;42:38-44.
31. Zhu F, Schneditz D, Wang E, Levin N. Dynamics of segmental extracellular volumens during chan-

- ges in body position by bioimpedance analysis. *J Appl Physiol* 1998;85(2):497-504.
- 32. Slinde F, Bark A, Jansson A, Rossander-Hulthél L.** Bioelectrical impedance variation in healthy subjects during 12h in the supine position. *Clin Nutr* 2003;22(2):153-7.
- 33. American Society for Clinical Nutrition.** Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology. Assessment Conference Statement. *Am J Clin Nutr* 1996;64(Suppl):524S-32S.
- 34. Caton JR, Mole PA, Adams WC, Heustis DS.** Body composition analysis by bioelectrical impedance: effect of skin temperature. *Med Sci Sports Exerc* 1988;20(5):489-91.
- 35. Gudivaka R, Schoeller D, Kushner RF.** Effects of skin temperature on multifrequency bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol* 1996;81:838-45.
- 36. Liang MT, Norris S.** Effects of skin blood flow and temperature on bioelectrical impedance alters exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25(11):1231-9