



Nutrición Hospitalaria



Trabajo Original

Valoración nutricional

Cambios de la composición corporal tras un periodo de desentrenamiento deportivo *Body composition changes after sport detraining period*

José Ramón Alvero-Cruz^{1,3}, Mauro Ronconi¹, Jerónimo C. García Romero¹, Margarita Carrillo de Albornoz Gil¹, Manuel Jiménez López⁴, Lorena Correas Gómez² y Elvis A. Carnero²

¹Andalucía Tech. Facultad de Medicina. Universidad de Málaga. Málaga. ²Laboratorio de Biodinámica y Composición Corporal. Universidad de Málaga. Málaga. ³Instituto de Investigaciones Biomédicas de Málaga (IBIMA). Málaga. ⁴Universidad Internacional de La Rioja. Logroño, La Rioja

Resumen

Introducción: la influencia del ejercicio físico en sujetos entrenados tiene efectos beneficiosos en la condición física y la composición corporal. Sin embargo, el desentrenamiento tiene un efecto desfavorable en todas ellas.

Objetivo: el propósito del estudio fue analizar los cambios de la composición corporal después de un periodo de desentrenamiento de seis semanas de duración en dos grupos: uno de 43 jóvenes varones jugadores de fútbol (grupo experimental [GE], n = 43), y un grupo control de escolares no activos de la misma edad (grupo control [GC], n = 10).

Métodos: las variables de composición corporal fueron evaluadas mediante antropometría, para estimar la masa grasa (MG) y la masa muscular esquelética (MME), y mediciones de bioimpedancia eléctrica, para estimar agua corporal total (ACT), agua extra (AEC) e intracelular (AIC). Las mediciones se realizaron tanto en situación de entrenamiento como de desentrenamiento.

Resultados: tras el desentrenamiento, se encontraron diferencias significativas en el ACT (35,5 ± 5,2 vs. 36,7 ± 4,9 kg), el AIC (14,2 ± 1,8 vs. 14,8 ± 1,6 kg) y el AEC (21,5 ± 3,6 vs. 22,0 ± 3,4 kg, p < 0,001 para todas las variables), sin existir diferencias en los ratios AEC/ACT (0,4 ± 0,02 vs. 0,4 ± 0,02) y AIC/ACT (0,6 ± 0,02 vs. 0,597 ± 0,02, ambos p > 0,05). La MG aumentó significativamente (8,6 ± 3,2 vs. 8,95 ± 3,1 kg, p < 0,01); sin embargo, la MME no sufrió modificaciones (21,2 ± 2,5 vs. 22,22 ± 2,8 kg, p > 0,05).

Conclusiones: el principal resultado de este estudio fue que en un periodo de desentrenamiento de seis semanas se observaron aumentos del ACT y de su distribución en el grupo de jóvenes futbolistas. La importancia fisiológica de esta desadaptación en el rendimiento deportivo tiene que ser analizada en futuros estudios.

Palabras clave:

Composición corporal.
Antropometría.
Bioimpedancia eléctrica.
Desentrenamiento.

Abstract

Introduction: The influence of exercise in trained subjects has beneficial effects in the physical fitness and body composition; however, detraining has an unfavorable effect in all of them.

Objective: The current study was designed to ascertain the influence of a six week-detraining period on body composition in both well-trained young soccer players (GE, n = 43) and sedentary male adolescents (GC, n = 10).

Methods: Forty-three well-trained soccer players and ten sedentary adolescents accepted to participate in the study. Body composition measurements included fat mass and skeletal muscle mass (SMM), which were estimated by anthropometry. In addition, total body water (TBW), intracellular water (ICW) and extracellular water (ECW) were assessed by bioelectrical impedance analysis (BIA) at the end of training and after detraining periods.

Results: After the six-week-detraining period, significant increments were found in TBW (35.5 ± 5.2 vs. 36.7 ± 4.9 kg; p < 0.001), ICW (14.2 ± 1.8 vs. 14.8 ± 1.6 kg; p < 0.001) and ECW (21.5 ± 3.6 vs. 22.0 ± 3.4 kg; p < 0.001) in soccer players. Conversely, no changes were observed in ECW/TBW (0.4 ± 0.02 vs. 0.4 ± 0.02; p > 0.05) and ICW/TBW (0.6 ± 0.02 vs. 0.597 ± 0.02; p > 0.05) ratios. Finally, fat mass was significantly increased (8.6 ± 3.2 vs. 8.95 ± 3.1 kg; p < 0.01) in the detrained group. No significant changes were found in SMM (21.2 ± 2.5 vs. 22.22 ± 2.8 kg, p > 0.05).

Conclusions: After a six-week detraining period, body composition changed significantly in well-trained adolescents. The main finding of this study was that increments of TBW and water distribution were observed in the soccer group, which reflects an increase of fat free mass compartment. The physiological importance of this miss-adaptation needs to be elucidated in future research. Further studies on this topic are still required to assess its impact on physical performance.

Key words:

Body composition.
Anthropometry.
Bioelectrical impedance analysis.
Detraining.

Recibido: 29/09/2016
Aceptado: 13/12/2016

Alvero-Cruz JR, Ronconi M, García Romero JC, Carrillo de Albornoz Gil M, Jiménez López M, Correas Gómez L, Carnero EA. Cambios de la composición corporal tras un periodo de desentrenamiento deportivo. Nutr Hosp 2017;34:632-638

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.618>

Correspondencia:

José Ramón Alvero Cruz. Escuela de Medicina de la Educación Física y del Deporte. Facultad de Medicina. Universidad de Málaga. Ed. López de Peñalver. Campus de Teatinos, s/n. 29071 Málaga
e-mail: alvero@uma.es

INTRODUCCIÓN

La influencia del ejercicio físico en sujetos sometidos a entrenamiento tiene efectos beneficiosos en la condición física, la composición corporal (CC) y el perfil lipídico; sin embargo, el desentrenamiento (DT) tiene un efecto desfavorable en todos ellos (1,2). Las consecuencias del DT son complejas y caracterizadas por diferentes ritmos de desadaptación, como son la disminución de la fuerza, la potencia y el equilibrio (2), y, en general, por sus efectos sobre la disminución de la función neuromuscular (3).

Está bien demostrado que la CC y la morfología corporal se asocian a los diferentes patrones de juego y a la competencia en jóvenes futbolistas (4), y por ello el DT también debe de interferir y representar un mecanismo fisiológico que explique la pérdida de rendimiento físico. Estas modificaciones pueden circunscribirse solamente a ciertos marcadores de adiposidad regional central como el perímetro abdominal o el índice cintura-cadera, sin afectar al índice de masa corporal (IMC) (5). Por todo ello es importante el control de la CC, pues tras cinco semanas de desentrenamiento se ha observado un aumento de la masa grasa y del perímetro de la cintura y estos cambios estuvieron asociados a disminuciones del consumo máximo de oxígeno y la tasa metabólica de reposo en jóvenes nadadores (6). Otro componente también afectado es la estructura ósea, ya que en gimnastas que cesaron su actividad deportiva se pudo observar un descenso de la mineralización y de la densidad ósea (7).

Otro aspecto que influye en las consecuencias producidas por el DT es el entrenamiento previo. En un estudio aleatorio y controlado con jóvenes se confirmó que los sujetos que realizaron entrenamiento aeróbico experimentaron una pérdida más rápida de la masa magra después de 24 semanas de DT que aquellos que lo realizaron de fuerza (8). Por otro lado, estas adaptaciones del entrenamiento son menores si ocurren anteriormente al máximo pico de crecimiento (MPC) y las desadaptaciones son más rápidas y viceversa una vez culminado el MPC, sobre todo en cualidades como la fuerza, la potencia y la velocidad.

Aunque está bien definido que a partir de seis semanas el DT es considerado como un periodo de larga duración (9), no todas las adaptaciones conseguidas desaparecen a la misma velocidad. Son sobre todo las capacidades anaeróbicas las que más rápidamente se ven afectadas, entre ellas, la fuerza muscular explosiva y los componentes asociados al metabolismo anaeróbico (10). Estas capacidades anaeróbicas parecen estar afectadas por la hidratación (11) e incluso por el grado de adiposidad. Entre los métodos de campo para la evaluación de la CC, figuran las técnicas antropométricas y el análisis de bioimpedancia eléctrica multifrecuencia (BIA) (12). La utilización de ambos métodos nos permitirá una evaluación más funcional de la CC y de sus modificaciones con el ejercicio y con los estados clínicos y nutricionales relacionados con los periodos de entrenamiento o de desentrenamiento (13).

Un periodo de DT puede producir cambios de la masa grasa (MG) y de la masa libre de grasa (MLG); sin embargo, los cambios de la MLG son difíciles de evaluar con el método clásico de dos componentes (14). Por ejemplo, el análisis individual de algunos componentes de la MLG puede ayudar a explicar cambios aso-

ciados al proceso de entrenamiento. Entre estos componentes, uno de los más importantes es el agua corporal total (ACT), que representa el componente más abundante del cuerpo humano y cuyas alteraciones modifican el rendimiento y las estimaciones de otros componentes (11,15).

Por otro lado, el ACT se distribuye en agua intracelular (AIC) y agua extracelular (AEC), que no puede considerarse fija puesto que puede estar influida por el nivel de adiposidad, la maduración y el nivel de entrenamiento (16). Utilizando modelos de CC multi-compartimental para evaluar los componentes de la MLG después de un periodo de desentrenamiento, LaForgia detectó pequeñas alteraciones hídricas que en ocasiones pueden ser significativas (14). Por el contrario, en otro estudio no fue posible detectar la pérdida de fluidos corporales tras un entrenamiento, tanto con el control de las variaciones del peso corporal como por medio de medidas de ACT, AEC y AIC mediante BIA (17).

La controversia de estos estudios puede ser debida a diversos motivos, entre ellos, los más importantes son los referentes al ámbito metodológico, destacando el tipo de modelo y método de CC utilizado, así como el tiempo necesario para provocar las modificaciones de la CC y la propia magnitud de estas. Con respecto a la BIA, el análisis de los vectores de impedancia es una herramienta que permite estudiar los cambios de la hidratación corporal y de la masa celular, sin la influencia del modelo matemático utilizado para estimar la composición corporal (18). Utilizando los vectores estimados a partir de las medidas físicas de la BIA, como la resistencia y la reactancia, normalizadas para la altura (19), se ha demostrado en jugadores de fútbol de élite que el acortamiento de estos vectores indica una desviación hacia elipses de mayor hidratación y masa celular (20). El desentrenamiento asociado a la ausencia de cargas de competición es una razón suficiente para provocar alteraciones de la CC susceptibles de ser evaluadas con precisión, por ejemplo, con la BIA; sin embargo, estas han sido poco estudiadas rigurosamente en jóvenes deportistas.

El objetivo del presente estudio fue evaluar los cambios de la CC referentes a la masa grasa y la masa muscular esquelética (MME) por técnicas antropométricas, así como los cambios del agua corporal total, del agua intracelular y del agua extracelular, por medio de BIA, tras un periodo de desentrenamiento de seis semanas de duración.

MATERIAL Y MÉTODOS

SUJETOS

La población de estudio estuvo compuesta por 43 jóvenes varones, sanos, de las categorías infantil y cadete (edad: $14,11 \pm 1,07$ años) de la ciudad de Málaga (España), así como diez escolares adolescentes ($14,5 \pm 1,08$ años) que sirvieron como grupo control (GC) y caracterizados por no realizar ningún tipo de actividad física de entrenamiento deportivo extraescolar, los cuales fueron evaluados en nuestro laboratorio a finales del mes de junio (grupo control - primera determinación [CON1]) y

en la primera semana de septiembre (grupo control - segunda determinación [CON2]).

El grupo experimental (GE) estaba compuesto por jóvenes futbolistas que entrenaron durante once meses, cuatro sesiones semanales de 90 minutos (360 minutos por semana). Adicionalmente, en el fin de semana se jugaba un partido de competición oficial de 90 min. El periodo de desentrenamiento establecido por el cuerpo técnico fue de seis semanas completas, desde la segunda mitad de junio de 2009 hasta final de julio de 2009.

PROCEDIMIENTO

Todas las evaluaciones se realizaron al final de la fase (temporada) de entrenamiento (GE-ENT), en la primera quincena de junio y durante la primera semana de inicio del entrenamiento de la siguiente temporada (grupo experimental fase desentrenamiento [GE-DT]), en la última semana de julio e inicio de agosto. Se explicaron los procedimientos y objetivos de las exploraciones a los padres y/o tutores y entrenadores, procediendo a la firma del consentimiento informado para poder participar en el estudio. Todos los protocolos se ajustaron a la Declaración de Helsinki para estudios biomédicos en humanos y el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad de Málaga aprobó los procedimientos del estudio. A todos los sujetos se les realizó una batería de exploraciones médicas y fisiológicas consistentes en una historia médica-deportiva, antecedentes familiares, bioimpedancia eléctrica de cuerpo entero, antropometría, auscultación, espirometría forzada, electrocardiograma de reposo y esfuerzo y prueba de esfuerzo incremental máxima, con análisis de gases respiración a respiración. Todos los sujetos estuvieron exentos de enfermedades agudas o crónicas y en el momento de las exploraciones no estaban tomando ninguna medicación.

MÉTODOS

Estimación de la composición corporal

Evaluación antropométrica

Se midió el peso (en kg) utilizando una balanza digital Seca 770 (Hamburgo, Alemania), con una precisión de 0,1 kg, y la estatura (H, en cm) mediante un tallímetro de pared Seca 208 (Hamburgo, Alemania), con una precisión de 1 mm. Se obtuvieron los pliegues tricipital, muslo anterior y medial de la pierna con un calibre de pliegues cutáneos Holtain (Holtain, Crymych, Reino Unido), con una precisión de 0,2 mm. El porcentaje de MG fue calculado con la ecuación de Slaughter (21). La masa muscular esquelética (MME) se estimó a partir de la ecuación de Poortmans (22), basada en perímetros musculares corregidos de brazo, muslo medio y pierna. Todas las medidas antropométricas fueron tomadas por el mismo antropometrista, con un error técnico de medida menor de un 2% para pliegues de grasa y menor de un 1% para el resto de medidas, según los criterios

internacionales estandarizados por la International Society for Advancement in Kinanthropometry (23).

Análisis de bioimpedancia eléctrica

Se utilizó un equipo multifrecuencia MediSystem (Sanocare Human System, Madrid). La evaluación fue realizada en la primera hora de la mañana, en condiciones de ayuno y sin haber realizado ejercicio físico moderado o intenso en las últimas 24 horas. Antes de efectuar la evaluación, todos los sujetos realizaron una micción, se ordenó retirar todos los elementos metálicos de su cuerpo y permanecieron en posición de decúbito supino sobre una camilla no conductora entre ocho y diez minutos (24). Los valores de impedancia (Z), resistencia (R) y reactancia (Xc) se obtuvieron habiendo dispuesto cuatro electrodos de contacto (PKR 170, Sanocare Human System, Madrid) en el dorso de la mano y del pie derechos, haciendo pasar una corriente alterna de 800 mA por los mismos (8). Los cálculos del AEC fueron obtenidos con la aplicación de las ecuaciones de Deurenberg (25) y el AIC, por sustracción ($AIC = ACT - AEC$). Adicionalmente, se obtuvo el vector de impedancia a partir de las relaciones índice reactancia-altura (Xc/H) (ordenadas) e índice resistencia-altura (R/H) (abscisas), conformando el gráfico resistencia-reactancia (gráfico RXc) con el objetivo de monitorizar los cambios de fluidos con independencia de la propia composición corporal (19,26).

Nivel de actividad física

La cuantificación de la actividad física del grupo control se realizó para confirmar que presentaban un patrón diario de movimiento relativamente sedentario. Para este efecto, se utilizó el cuestionario *Physical Activity Questionnaire-Adolescents* (PAQ-A), con aplicación para adolescentes de 14 a 20 años. Este cuestionario ha demostrado una buena precisión y una razonable validez en un estudio en adolescentes españoles (27). Igualmente, el PAQ-A presenta una sensibilidad y especificidad altas para la valoración de actividades moderadas-vigorosas de 60 min (sensibilidad de 87% y especificidad de 93%) y para actividades vigorosas de 30 min (sensibilidad de 87% y especificidad de 77%) (28).

Análisis estadístico

El procesamiento de datos se realizó utilizando el programa estadístico MedCalc para Windows, versión 12.7.5.0 (Mariakerke, Bélgica). Todas las variables cuantitativas se expresaron con el valor medio y la desviación estándar (DE), después de confirmar su distribución normal mediante el test de Shapiro-Wilk. La comparación de valores medios entre el grupo experimental y el grupo control se realizó mediante el test no paramétrico de Mann-Whitney, para muestras independientes. Las comparaciones entre las evaluaciones del grupo control se realizaron mediante una prueba t de Student para datos apareados. En todas las pruebas estadísticas, se aceptó como significativo un valor de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Grupo ENT y CON1: se observan diferencias significativas en la talla y en el porcentaje de ACT, así como mayores valores de AEC y AIC entre el grupo ENT y el grupo CON1 ($p < 0,05$). Así mismo, el ratio AEC/ACT es mayor también en el grupo CON1 ($p < 0,001$) (Tabla I).

Tabla I. Características antropométricas básicas y de composición corporal entre el grupo experimental (GE) en fase de entrenamiento (ENT) con el grupo control (CON1)

Variables		ENT		CON 1		p
		Media	DT	Media	DT	
Edad	años	14,11	1,07	13,3	± 0,58	ns
Peso	(kg)	55,99	± 8,65	60,69	± 5,73	ns
Talla	(kg)	166,5	± 6,3	171,3	± 4,82	*
ACT	(kg)	35,52	± 5,2	38,63	± 5,55	ns
ACT	(%)	62,25	± 3,31	60,24	± 4,19	*
AEC	(kg)	14,19	± 1,76	15,75	± 1,86	*
AIC	(kg)	21,47	± 3,65	22,88	± 3,71	*
AEC/ACT		0,4	± 0,02	0,41	± 0,01	**
AIC/ACT		0,6	± 0,02	0,59	± 0,01	ns

* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; ns: no significativo.

Grupo ENT y DT: se observan cambios significativos en la talla, en el ACT, tanto en el valor porcentual como en el absoluto, y en el AEC y el AIC ($p < 0,05$) (Tabla II).

Grupo control: no se observan diferencias significativas de ninguna de las variables ($p > 0,05$) desde la primera (CON1) a la segunda evaluación (CON2) (Tabla II).

Hay que destacar que el GC no presentó cambios en la puntuación del cuestionario PAQ-A del mes de junio a septiembre ($2,75 \pm 0,5$ vs. $2,8 \pm 0,8$; $p > 0,05$), confirmándose que su nivel de actividad física no se modificó; por tanto, fueron clasificadas como personas muy poco activas durante este periodo. En el GE, después del periodo de DT, se encontraron diferencias significativas entre los dos momentos de estudio (ENT vs. DT) en las variables de Z y R, así como aumentos significativos de la MG por métodos antropométricos ($8,63 \pm 3,2$ vs. $9,95 \pm 3,2$ kg; $p < 0,05$) (Tabla II). Los valores de la MME no experimentaron cambios significativos tras el periodo de DT ($p > 0,05$) (Tabla III).

En la figura 1 se representa el gráfico de los vectores de impedancia (ENT y DT), mostrando un desplazamiento, en un doble sentido, hacia la izquierda, lo que denota un aumento de los tejidos, y hacia abajo, por un aumento del componente hídrico.

DISCUSIÓN

Los hallazgos más importantes del presente estudio radican principalmente en que diversas variables de la CC, estimadas por BIA o por técnicas antropométricas, cambian de forma significativa después del periodo de DT, fundamentalmente en lo

Tabla II. Características antropométricas básicas y de composición corporal del grupo experimental (GE) en fase de entrenamiento (ENT) vs. desentrenamiento (DT) y del grupo control (GC)

Variables		GE (n = 43)					GC (n = 10)				
		ENT		DT			CON1		CON2		
		Media	DT	Media	DT	p	Media	DT	Media	DT	p
Edad	años	14,11	± 1,1	14,12	± 1,07	ns	14,05	± 1,08	14,05	± 1,08	ns
Peso	(kg)	55,99	± 8,7	56,56	± 8,42	ns	60,69	± 5,7	59,5	± 6,72	ns
Talla	(kg)	166,5	± 6,3	167,6	± 5,89	*	171,3	± 4,8	171	± 5,03	ns
<i>Antropometría</i>											
MG	(kg)	8,63	± 3,26	8,95	± 3,16	*					
MME	(kg)	21,2	± 2,49	21,22	± 2,83	ns					
ACT	(kg)	35,52	± 5,2	36,75	± 4,89	*	38,63	± 5,6	36,3	± 4,78	ns
ACT	(%)	62,25	± 3,3	65,31	± 3,38	*	60,24	± 4,2	60,9	± 3,45	ns
AEC	(kg)	14,19	± 1,8	14,76	± 1,63	*	15,75	± 1,9	15	± 1,76	ns
AIC	(kg)	21,47	± 3,7	21,99	± 3,39	*	22,88	± 3,7	19,4	± 3,88	ns
AEC/ACT		0,4	± 0,02	0,4	± 0,02	ns	0,41	± 0,01	0,42	± 0,01	ns
AIC/ACT		0,6	± 0,02	0,6	± 0,02	ns	0,59	± 0,01	0,53	± 0,07	ns

* $p < 0,05$ para el t-test de muestras emparejadas para las diferencias entre ENT y DT. MG: masa grasa; MME: masa muscular esquelética; ACT: agua corporal total; AEC: agua extracelular; AIC: agua intracelular; ns: no significativo.

Tabla III. Modificaciones de la composición corporal por BIA y antropometría en el grupo experimental

Variables		ENT		DT		p
		Media	DE	Media	DE	
<i>Bioimpedancia</i>						
Impedancia	Ω	545,51	± 57	514,98	± 51	**
Resistencia	Ω	532,94	$\pm 61,4$	502,19	$\pm 52,7$	**
Reactancia	Ω	117,45	$\pm 20,7$	112,66	$\pm 21,6$	ns
Angulo de Fase		12,61	$\pm 2,81$	12,76	$\pm 2,9$	ns
<i>Antropometría</i>						
Masa grasa	kg	8,63	$\pm 3,26$	8,95	$\pm 3,16$	*
Masa musc. Esquelética	kg	21,2	$\pm 2,49$	21,22	$\pm 2,83$	ns

* $p < 0,01$; ** $p < 0,001$ para el t-test de muestras emparejadas para las diferencias entre ENT y DT; ns: no significativo.

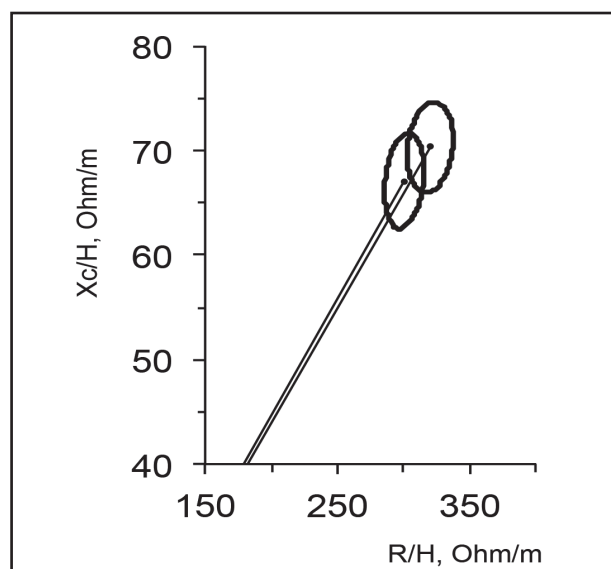
**Figura 1.**

Gráfico RX_c de la migración del vector de impedancia tras el desentrenamiento en el grupo Experimental. Vector derecho: ENT; Vector izquierdo: DT. Elipses corresponden al 95% IC.

que respecta al compartimento de la hidratación. Una fortaleza a destacar de este estudio es que los resultados han sido obtenidos en el momento en el cual los sujetos del GE se sometieron al descanso natural de la temporada competitiva, en el llamado periodo de transición y/o de descanso de seis semanas, considerado como el periodo clásico de desentrenamiento y no un protocolo artificial, por lo que constituyen datos descriptivos poco comunes en jóvenes futbolistas adolescentes (29,30) y, como tales, datos que probablemente se repitan cada temporada.

Datos complementarios de este estudio confirman que el GE, tras el periodo de DT, ha sufrido una serie de cambios a nivel de diversas

variables fisiológicas consideradas importantes para el rendimiento aeróbico-anaeróbico, como son el consumo de oxígeno, que descendió entre el 21 y el 26%, en los puntos correspondientes al umbral aeróbico, en el punto de compensación respiratoria (PCR) y en el máximo consumo de oxígeno, así como disminuciones de las velocidades, del 7% tanto en el umbral aeróbico como en el PCR, entre otras desadaptaciones del ámbito cardiorrespiratorio (31). Se confirma de esta manera que durante esas seis semanas ha existido un deterioro del rendimiento físico debido al periodo de DT.

En este trabajo se destaca que el periodo de DT produce una recuperación de todos los compartimentos acuosos, tanto en los términos absolutos del ACT como de los compartimentos intra y extracelular. Con respecto a los cambios en los compartimentos hídricos, la literatura sugiere que estos pueden estar afectados por la adiposidad corporal total (16). Al verificarse la existencia de cambios significativos de la MG tras el DT, se exploró la posible relación con correlaciones parciales. Sin embargo, los cambios de la MG no se correlacionaron con los cambios del ACT ($r = 0,18$; $p = 0,32$; IC 95%: $-0,17$ a $0,49$), por lo cual, se podría afirmar que los cambios del ACT con el periodo de desentrenamiento no estuvieron influenciados por los cambios de la MG.

Con respecto a los diferentes ratios de los compartimentos hídricos intra y extracelular, no se han encontrado trabajos en la literatura que comprueben dichos cambios tras un periodo de desentrenamiento. Sin embargo, nuestros datos confirman evidencias de la literatura que sugieren que los sujetos más hidratados intracelularmente muestran rendimientos en el salto y la velocidad mayores que aquellos que presentan una menor fracción o ratio de AIC (11). En nuestro GE durante el momento ENT ($0,6 \pm 0,02$) se observó una diferencia significativa con respecto al GC ($0,59 \pm 0,01$) (Tabla I); por otro lado, aunque la reducción del ratio de AIC no fue significativa entre los momentos ENT ($0,6 \pm 0,02$) vs. DT ($0,597 \pm 0,02$) (Tabla II), la diferencia con el GC en el momento DT dejó de ser significativa y los valores se aproximaron $0,597$.

En jóvenes atletas adolescentes de diversas modalidades, se ha confirmado que existe una relación entre las horas de entrenamiento y las modificaciones moleculares (ACT) y celulares (masa libre de grasa y masa ósea) en el grupo que practicaba más de nueve horas de entrenamiento en relación a los practicantes de menos de nueve horas, y, por tanto, parece ser que las personas que entrenan más desarrollan un estatus celular y molecular de composición corporal más favorable (32).

Los cambios significativos del porcentaje de grasa corporal total tras el DT están en concordancia con los datos aportados por otros autores en diversas modalidades deportivas y tras periodos de DT (3,4,6,9,14). El ligerísimo aumento no significativo de la MME podría ser debido a la asociación del ACT con la masa muscular y sus componentes tanto extra como intracelular que se observa tras el DT, habiéndose descrito modelos de regresión múltiple de los cambios del peso corporal a través de cambios del AEC que explicarían un 55% de la varianza en el cambio del peso corporal (13). La migración del vector de impedancia eléctrica (19,26) indica una doble dirección: hacia abajo y hacia la izquierda, lo cual denota un aumento del líquido corporal o rehidratación y un aumento de la masa grasa, que está en consonancia con los resultados encontrados en nuestras pruebas antropométricas y con la literatura (5). El análisis del vector de impedancia es considerado una buena herramienta para detectar cambios en la hidratación ya que no depende del peso del sujeto y permite la visualización gráfica de cambios tanto de la hidratación como de la masa celular activa (19,26,33,34).

En los estudios longitudinales de CC, los métodos utilizados no siempre poseen una buena sensibilidad para detectar cambios, pues pueden realizar estimaciones cuantitativas de la MG y la MLG diferentes y que dependen fundamentalmente de la ecuación utilizada y la validez de las mismas en relación a la población de estudio (22), afectando sobre todo a las mediciones longitudinales. La determinación de la MG y la MLG y la distribución de los fluidos corporales son importantes para observar los efectos funcionales, tanto de periodos de entrenamiento como de desentrenamiento (9,12). Nuestros resultados confirman este paradigma, pues se constataron resultados diferentes. Así pues, los cambios más significativos tras el DT parecen encontrarse con las variables que se obtienen de la BIA, siendo los de la antropometría menos sensibles. Esto puede indicar que la antropometría no es un método tan bueno para controlar los cambios de la densidad de la masa libre de grasa como lo es para estimar la densidad corporal total.

Con respecto al control de los cambios hídricos, la BIA sí parece ser un método más sensible a los cambios en los fluidos corporales. Además, es el único método de campo disponible para este efecto; sin embargo, los cambios agudos asociados a las sesiones de entrenamiento reportados en la literatura (29,30) no han sido siempre confirmados con los resultados de impedancia y/o resistencia corporal, así como las fracciones del ACT tras sesiones de entrenamiento (17). No obstante, en otro estudio, en el cual se analizó el efecto sobre los fluidos corporales de una sesión de entrenamiento de remo de resistencia de larga duración de más de dos horas y a una intensidad del 75% del umbral anaeróbico, sí se encontraron disminuciones significativas del agua corporal

total y del agua extracelular a los 30, 60 y 120 minutos tras el ejercicio y con respecto al momento previo y posterior al ejercicio (35). Esto parece indicar que es necesario un periodo más amplio de entrenamiento y recuperación para poder comprobar cambios significativos en este compartimento. Los cambios detectados mediante la BIA (aumento del ACT) parecen ser válidos a juzgar por lo ocurrido en el periodo entre ENT y DT.

Un estudio de LaForgia no detectó cambios en la CC tras solo tres semanas de DT, lo cual está en contraposición con nuestros resultados, tanto con el método antropométrico como con el de BIA, que sí detectó cambios significativos con el desentrenamiento (14). El origen de esta diferencia de resultados puede radicar en el hecho de que nuestro periodo de DT fue el doble que el de este estudio, lo cual puede sugerir un efecto de dosis-respuesta (entendiendo dosis como el tiempo de DT), más que un efecto inmediato que actúe en horas o días.

Cabría destacar finalmente que la limitación principal de este estudio es que ha sido realizado con un número limitado de sujetos y en jóvenes en fase de crecimiento y maduración, y los datos deberían ser corroborados en sujetos con diferentes edades y estadios de maduración. Además, las evaluaciones repetidas en diferentes momentos del DT podrían ayudar a encontrar tiempos medios de desadaptación al entrenamiento.

CONCLUSIONES

Se confirmaría que tras el periodo de DT existen cambios de componentes moleculares, tanto del ACT como de sus compartimentos extra e intracelular, y que estos son recuperados tras el periodo de inactividad o desentrenamiento de seis semanas, sin modificación de las proporciones de agua extracelular e intracelular con el agua corporal total y sin verse afectados por los cambios en la grasa corporal. No todos los métodos de campo utilizados en la estimación de la CC son sensibles de igual manera a los cambios tras periodos de entrenamiento o desentrenamiento.

AGRADECIMIENTOS

El análisis de los vectores de impedancia ha sido posible por las orientaciones y la utilización del BIVA software (2002) del profesor Piccoli, de la Universidad de Padova (Padova, Italia), disponible en apiccoli@unipd.it.

BIBLIOGRAFÍA

1. Giada F, Vigna GB, Vitale E, Baldo-Enzi G, Bertaglia M, Crecca R, et al. Effect of age on the response of blood lipids, body composition, and aerobic power to physical conditioning and deconditioning. *Metabolism* 1995;44(2):161-5. DOI: 10.1016/0026-0495(95)90259-7.
2. Faigenbaum AD, Farrell AC, Fabiano M, Radler TA, Naclerio F, Ratamess NA, et al. Effects of detraining on fitness performance in 7-year-old children. *J Strength Cond Res* 2013;27(2):323-30. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31827e135b.
3. García-Pallarés J, Sánchez-Medina L, PÉrez CE, Izquierdo-Gabarrén M, Izquierdo M. Physiological effects of tapering and detraining in world-class

- kayakers. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42(6):1209-14. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181c9228c.
4. Alvero Cruz JR, Fernández Vázquez R, Jiménez López M, Ronconi M. Relationships between morphological characteristics and playing position in young male soccer players. *Rev Bras Futeb* 2012;5(2):3-10.
 5. Chen SY, Chen SM, Chang WH, Lai CH, Chen MC, Chou CH, et al. Effect of 2-month detraining on body composition and insulin sensitivity in young female dancers. *Int J Obes (Lond)* 2006;30(1):40-4. DOI: 10.1038/sj.ijo.0803073.
 6. Ormsbee MJ, Arciero PJ. Detraining increases body fat and weight and decreases VO2 peak and metabolic rate in swimmers. *J Strength Cond Res* 2012;26(8):2087-95. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31823b874c.
 7. Kudlac J, Nichols DL, Sanborn CF, DiMarco NM. Impact of detraining on bone loss in former collegiate female gymnasts. *Calcif Tissue Int* 2004;75(6):482-7. DOI: 10.1007/s00223-004-0228-4.
 8. Lo MS, Lin LL, Yao WJ, Ma MC. Training and detraining effects of the resistance vs. endurance program on body composition, body size, and physical performance in young men. *J Strength Cond Res* 2011;25(8):2246-54. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181e8a4be.
 9. Ronconi M, Alvero-Cruz JR. Cambios fisiológicos debidos al desentrenamiento. *Apunts Med Esport* 2008;(160):192-8.
 10. Kraemer WJ, Koziris LP, Ratamess NA, Hakkinen K, Triplett-McBride NT, Fry AC, et al. Detraining produces minimal changes in physical performance and hormonal variables in recreationally strength-trained men. *J Strength Cond Res* 2002;16(3):373-82. DOI: 10.1519/1533-4287(2002)016<0373:DPM-CIP>2.0.CO;2.
 11. Álvarez Carnero E, Benítez Flores S, Carrillo de Albornoz M, López Raya JF, Rojo Rodríguez J, Guerrero Gil T. Relation between hydration and jump performance; differences between young elite and regional basketball players. *Nutr Hosp* 2013;28(S6):14.
 12. 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 Andaluza Med Deport* 2011;4:167-74.
 13. Alvero-Cruz JR, Fernández Vázquez R, Ronconi M, Jiménez López M. Un estudio de modelos explicativos en los cambios en el peso corporal producidos por el desentrenamiento deportivo. *Nutr Hosp* 2012;(151):906-7.
 14. LaForgia J, Withers RT, Williams AD, Murch BJ, Chatterton BE, Schultz CG, et al. Effect of 3 weeks of detraining on the resting metabolic rate and body composition of trained males. *Eur J Clin Nutr* 1999;53(2):126-33. DOI: 10.1038/sj.ejcn.1600689.
 15. Wang ZM, Pierson RN, Heymsfield SB. The five-level model: A new approach to organizing body-composition research. *Am J Clin Nutr* 1992;56(1):19-28.
 16. Chumlea WC, Schubert CM, Sun SS, Demerath E, Towne B, Siervogel RM. A review of body water status and the effects of age and body fatness in children and adults. *J Nutr Health Aging* 2007;11(2):111-8.
 17. Rodríguez Bies EC, Holway F, González Jurado JA, Saravia F, Rodríguez Baños A, Berral de la Rosa FJ. Impedancia bioeléctrica como método para estimar cambios en los fluidos corporales en remeros. *Arch Med Deport* 2009;(134):421-9.
 18. Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* 1986;60(4):1327-32.
 19. Piccoli A. Bioelectric impedance measurement for fluid status assessment. In: *Fluid Overload*; 2010. p. 143-52. DOI: 10.1002/9783805594172.ch13.
 20. Micheli ML, Pagani L, Marella M, Gulisano M, Piccoli A, Angelini F, et al. Bioimpedance and impedance vector patterns as predictors of league level in male soccer players. *Int J Sports Physiol Perform* 2014;9(3):532-9. DOI: 10.1123/IJSP.2013-0119.
 21. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol an Int Rec Res* 1988;60(5):709-23. DOI: 10.1017/CBO9781107415324.004.
 22. Poortmans JR, Boisseau N, Moraine JJ, Moreno-Reyes R, Goldman S. Estimation of total-body skeletal muscle mass in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37(2):316-22. DOI: 10.1249/01.MSS.0000152804.93039.CE.
 23. Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A CL. International Standards for Anthropometric Assessment. *Potschefstroom (South Africa): International Society for Advancement in Kinanthropometry (ISAK)*; 2006.
 24. Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* 1986;60(4):1327-32.
 25. Deurenberg P, Tagliabue A, Schouten FJ. Multi-frequency impedance for the prediction of extracellular water and total body water. *Br J Nutr* 1995;73(3):349-58. DOI: 10.1079/BJN19950038.
 26. Piccoli A, Piazza P, Noventa D, Pillon L, Zaccaria M. A new method for monitoring hydration at high altitude by bioimpedance analysis. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28(12):1517-22. DOI: 10.1097/00005768199612000-00012.
 27. Martínez-Gómez D, Martínez-de-Haro V, Pozo T, Welk GJ, Villagra A, Calle ME, et al. Reliability and Validity of the PAQ-A Questionnaire to Assess Physical activity in Spanish adolescents. *Rev Esp Salud Pública* 2009;83(3):427-39. DOI: 10.1590/S1135-57272009000300008.
 28. Benítez-Porres J, Alvero-Cruz JR, Sardinha LB, López-Fernández I, Carnero EA. Cut-off values for classifying active children and adolescents using the Physical Activity Questionnaire: PAQ-C and PAQ-A. *Nutr Hosp* 2016;33(5):1036-44. DOI: 10.20960/nh.564.
 29. Silva RP, Mündel T, Natali AJ, Bara Filho MG, Lima JR, Alfenas RC, et al. Fluid balance of elite Brazilian youth soccer players during consecutive days of training. *J Sports Sci* 2011;29(7):725-32. DOI: 10.1080/02640414.2011.552189.
 30. Shirreffs SM, Maughan RJ. Water and salt balance in young male football players in training during the holy month of Ramadan. *J Sports Sci* 2008;26(Suppl 3)(790890290):S47-S54. DOI: 10.1080/02640410802428097.
 31. Melchiorri G, Ronconi M, Triossi T, Viero V, De Sanctis D, Tancredi V, et al. Detraining in young soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2014;54(1):27-33.
 32. Quiterio AL, Carnero EA, Silva AM, Baptista F, Sardinha LB. Weekly training hours are associated with molecular and cellular body composition levels in adolescent athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 2009;49(1):54-63.
 33. Bozzetto S, Piccoli A, Montini G. Bioelectrical impedance vector analysis to evaluate relative hydration status. *Pediatr Nephrol* 2010;25(2):329-34. DOI: 10.1007/s00467-009-1326-3.
 34. Fernández Vázquez R, Alvero-Cruz JR, Ronconi M, Schneider JL. Efectos del desentrenamiento sobre el vector de impedancia en jóvenes futbolistas. *Arch Med Deport* 2011;(145):167.
 35. Jürimäe J, Jürimäe T, Pihl E. Changes in body fluids during endurance rowing training. *Ann N Y Acad Sci* 2000;904:353-8.