



Trabajo Original

Evolución de las variables antropométricas en relación con los parámetros de entrenamiento y nutricionales en corredores de ultrarresistencia de montaña *Evolution in anthropometric variables related to training and nutritional parameters in ultra-endurance mountain runners*

Raquel Vaquero-Cristóbal^{1,2}, Juan Alfonso García-Roca¹, Mario Albaladejo², Mercedes Fernández-Alarcón² y Francisco Esparza-Ros²

¹Facultad de Deporte. Universidad Católica de Murcia. Cartagena, Murcia. ²Cátedra Internacional de Cineantropometría. Universidad Católica de Murcia. Murcia

Resumen

Introducción: los hábitos alimentarios y de entrenamiento provocan modificaciones en los parámetros antropométricos.

Objetivos: analizar la evolución de las variables antropométricas en las once semanas previas a la competición en corredores de montaña populares e identificar los factores que explican dicha evolución.

Métodos: veintidós varones (media de edad: 41,4 ± 4,1 años), corredores de montaña recreacionales de ultrarresistencia, participaron en el estudio. Se midieron las variables antropométricas once semanas antes (pre-test) y en los días previos (post-test) a la competición objetivo del año. Los corredores realizaron un registro de su entrenamiento diario durante este periodo. Además, autocumplimentaron la primera y la última semana de estudio el "recordatorio de 24 horas" sobre la ingesta de alimentos, registrando dos días laborales y uno festivo.

Resultados: se encontró un descenso significativo en peso; índice de masa corporal; pliegues subescapular, supraespinal, abdominal y pierna; sumatorio de seis y ocho pliegues; perímetro del brazo corregido; área muscular transversal del brazo; porcentaje y peso graso; peso residual; y endomorfia. También hubo un aumento significativo del porcentaje de masa ósea y muscular, el índice ponderal y la ectomorfia. El análisis correlacional y la regresión lineal mostraron que estos cambios estaban relacionados con factores nutricionales, tales como el porcentaje de grasa consumida en el pre-test, las kilocalorías consumidas en el post-test y/o la diferencia en el porcentaje de grasas y kilocalorías consumidas entre ambas mediciones. No hubo relación con las variables de entrenamiento.

Conclusiones: los cambios antropométricos están influenciados en mayor medida por los hábitos alimentarios que por el entrenamiento en corredores de montaña recreacionales.

Palabras clave:

Adaptación fisiológica. Ciencias de la nutrición deportiva. Deportes. Entrenamiento deportivo. Rendimiento deportivo.

Abstract

Introduction: eating and training habits induce modifications in the anthropometric parameters.

Objectives: to analyze the evolution of the anthropometric variables in the eleven previous weeks to the competition in recreational mountain runners and to identify the factors that could explain those changes.

Methods: twenty-two recreational ultra-endurance mountain runners (mean age: 41.4 ± 4.1 years) took part in the study. Anthropometric variables were measured in the eleventh week before (pre-test) and in the previous days before (post-test) the main competition of the year. Runners registered their daily training during the study. Furthermore, they self-filled the "24-hour reminder" test about food intake, two week days and a weekend day, the first and last week of the study.

Results: it was found a significant decrease in weight; body mass index; subscapular, supraspinal, abdominal and calf skinfolds; six and eight skinfold sums; corrected arm girth, arm transversal muscle area; fat weight and percentage; residual mass; and endomorphy. Bone and muscle mass, ponderal index and ectomorphy showed a significant increase. Correlation analysis and linear regression showed that changes are due to nutritional factors, as fat percentage intake in pre-test, kilocalorie intake in the post-test and/or the differences in the fat percentage and kilocalorie intake between both measurements.

Conclusions: changes in anthropometric variables are influenced by nutritional habits instead of training factors in recreational mountain runners.

Key words:

Physiological adaptation. Sport nutritional sciences. Sports. Exercise training. Athletic performance.

Recibido: 27/09/2018 • Aceptado: 22/10/2018

Vaquero-Cristóbal R, García-Roca JA, Albaladejo M, Fernández-Alarcón M, Esparza-Ros F. Evolución de las variables antropométricas en relación con los parámetros de entrenamiento y nutricionales en corredores de ultrarresistencia de montaña. *Nutr Hosp* 2019;36(3):706-713

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.2333>

Correspondencia:

Raquel Vaquero Cristóbal. Facultad de Deporte. Universidad Católica de Murcia. Campus de Cartagena. C/ Porto Alegre. 30310 Cartagena, Murcia
e-mail: rvaquero@ucam.edu

INTRODUCCIÓN

Las carreras de ultrarresistencia han visto aumentada su popularidad en los últimos años. Diversos autores consideran pruebas de ultrarresistencia todas aquellas que se encuentran por encima de las cuatro horas de duración (1,2), estableciendo otros autores que son carreras cuya distancia es superior a la de una maratón clásica (41.195 km) (3). Dentro de este tipo de competiciones se encuentran las carreras por montaña, pruebas en las cuales los deportistas recorren diferentes senderos por la montaña, con considerables desniveles y en un entorno montañoso duro (3).

Fruto del creciente interés en este tipo de competiciones, numerosos estudios han analizado las variables que podrían predecir el rendimiento en carrera de ultrarresistencia (3,4). Se ha encontrado que el rendimiento depende principalmente de parámetros fisiológicos, antropométricos y factores relacionados con el entrenamiento (4,5). En relación a las variables antropométricas, el rendimiento en carreras de ultrarresistencia sobre asfalto mejora cuando el deportista presenta un menor índice de masa corporal (IMC), porcentaje de masa grasa, sumatorio de ocho pliegues y circunferencia del brazo (4-11). Menos numerosas son las investigaciones que han analizado los parámetros antropométricos que condicionan el rendimiento en corredores de ultrarresistencia por montaña. Se ha encontrado que los atletas con menor IMC, sumatorio de ocho pliegues, masa y porcentaje grasa y pliegue de la pierna tienen un mejor rendimiento en competición (12-15).

Resulta fundamental que el deportista llegue a la competición en unas condiciones morfológicas óptimas. Un desequilibrio entre el aporte calórico y el gasto calórico, ya sea por déficit o superávit, tiene consecuencias en la morfología del individuo y su composición corporal, lo cual puede afectar sobre todo al tejido graso y muscular (16). Por lo tanto, una práctica deportiva sistematizada, junto con una nutrición adecuada, podrían inducir cambios en las variables antropométricas (16,17).

En población deportista se debe considerar la dieta como uno de los factores clave para optimizar el rendimiento deportivo. Una dieta adecuada acerca al atleta a la composición corporal idónea, mientras que una dieta no apropiada puede incluso potenciar la aparición de lesiones (18). Esto cobra especial relevancia en los corredores de ultrarresistencia, pues durante la carrera o el entrenamiento de larga duración no son capaces de compensar el déficit hídrico y energético que se produce, lo que los lleva a una pérdida de masa corporal que no solo se traduce en pérdida de grasa, sino también de masa muscular (19).

A lo largo de una temporada, las variables antropométricas y la composición corporal de los deportistas van variando como consecuencia de las fluctuaciones en el volumen de entrenamiento y la ingesta calórica (20,21). No obstante, no se encuentran estudios que hayan analizado la evolución de estas variables en corredores de ultrarresistencia por montaña, ni sobre los factores que afectan a estas fluctuaciones. Por lo tanto, los objetivos del presente estudio fueron analizar la evolución de las variables antropométricas, en las once semanas previas a la competición

objetivo de la temporada, en corredores de ultrarresistencia por montaña populares e identificar los factores que podrían explicar los cambios en dichas variables.

MATERIAL Y MÉTODOS

PARTICIPANTES

Veintidós hombres corredores populares de ultrarresistencia por montaña, de entre 30 y 50 años (media de edad: 41,4 \pm 4,1 años), participaron voluntariamente en este estudio. Los participantes tenían como objetivo de la temporada participar en una carrera de montaña de 53 kilómetros de distancia, compuesta por cinco grandes montañas de entre 219 y 485 m y dos pequeños picos de 56 m y 94 m, con un desnivel positivo de 1.941 m y negativo de 1.890 m. Los criterios de inclusión fueron: a) tener una experiencia ininterrumpida de al menos dos años realizando carreras de larga distancia por montaña; b) no haber sufrido lesiones en los últimos tres meses; y c) no presentar enfermedades no transmisibles. Los participantes fueron excluidos si: a) habían sufrido una lesión durante el transcurso del estudio.

DISEÑO DEL ESTUDIO

El estudio fue aprobado por el comité de bioética institucional en Murcia (España), con número de referencia 20/09/13. Todos los procedimientos seguidos estaban en consonancia con lo establecido por la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. Previamente a la realización del proyecto, los participantes fueron informados acerca de los objetivos y métodos del estudio y se obtuvo un consentimiento informado.

La presente investigación es descriptiva y de corte longitudinal. Se realizaron dos valoraciones antropométricas siguiendo los criterios establecidos por la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) (22). La valoración la realizó un antropometrista nivel 3 acreditado por la ISAK. La primera medición se realizó al comienzo del último macrociclo de entrenamiento previo a la competición objetivo del año, once semanas antes de la misma (pre-test). La segunda medición (post-test) se llevó a cabo al finalizar dicho macrociclo, entre tres y cinco días antes de la competición. Entre ambas mediciones transcurrieron entre 74 y 76 días.

Se valoraron las medidas básicas de peso y talla; los pliegues del tríceps, subescapular, bíceps, supraespinal, cresta iliaca, abdominal, muslo y pierna; los perímetros del brazo relajado, brazo contraído y flexionado, cintura, cadera y pierna; y los diámetros óseos del húmero, de la muñeca y del fémur. Cada medida se tomó dos veces. En caso de que la diferencia entre ambas fuera superior al 5% en los pliegues cutáneos y al 1% en el resto de las medidas, se realizó una tercera medida. Una vez realizadas las medidas correspondientes, se calculó el valor final de la variable. Este fue la media en caso de haber necesitado dos mediciones o la mediana en caso de que se hubiera medido tres veces la variable.

Para medir la masa corporal se utilizó una báscula Seca 862 (Seca®, Alemania) de 100 g de precisión. Para la talla se empleó un tallímetro de la marca Cescorf® (Cescorf®, Brasil) con una precisión de 0,1 cm. Los pliegues cutáneos se valoraron con un pliómetro Holtain (Holtain Ltd., Reino Unido) de 0,2 mm de precisión. Para los perímetros se empleó una cinta métrica milimetrada inextensible Lufkin W606PM (Lufkin, Estados Unidos). Los diámetros fueron valorados con un paquímetro Holtain (Holtain Ltd., Reino Unido). Con el objetivo de eliminar posibles errores en la toma de datos, el material fue calibrado antes de realizar las mediciones.

Las valoraciones fueron realizadas en unas condiciones de temperatura similares (25°). Respecto al protocolo de actividad física y alimentación, los participantes no realizaron ejercicio físico vigoroso ni comidas copiosas durante 24 horas previas a la medición.

Con los datos obtenidos se calculó el IMC, dividiendo el peso en kilogramos entre la altura en metros al cuadrado; los sumatorios de seis y ocho pliegues, estando en el primero recogidos todos los pliegues menos el del bíceps y la cresta iliaca; los perímetros del brazo y de la pierna corregidos (perímetro corregido = perímetro - π x pliegue); el área muscular transversal de la pierna y el brazo (área muscular transversal = $[\text{perímetro} - \text{pliegue} \times \pi]^2 / 4$); y la ratio cintura-cadera (ratio cintura-cadera = perímetro cintura / perímetro cadera).

Para la estimación de la composición corporal se utilizaron las fórmulas de Faulkner, derivada de Yuhasz, para porcentaje grasa (23), la de Lee para la masa muscular (24), el porcentaje de masa ósea según Rocha (25) y el peso residual según Würch (26). A partir de estos datos se calcularon el peso grasa y el peso óseo (peso del componente = porcentaje del componente x peso actual) y el porcentaje de masa muscular y residual (porcentaje del componente = peso del componente / peso actual x 100). Para hallar el somatotipo se siguió la estrategia de Kerr (27), con la cual se obtuvo el valor de endomorfia, mesomorfia y ectomorfia.

Durante el periodo en que transcurrió la investigación no se realizaron indicaciones ni recomendaciones a los participantes acerca de sus hábitos de entrenamiento y alimentarios. Se solicitó a los participantes que realizaran un registro diario de sus entrenamientos durante este macrociclo, indicando el día que entrenaban, la distancia recorrida, el tiempo empleado para cubrir esa distancia y el desnivel positivo. Para ello se les proporcionó una hoja de registro modelo.

También se les solicitó una recogida de datos de hábitos alimenticios, mediante el test de "recordatorio de 24 horas" sobre el consumo de alimentos, que se realizó durante tres días de una misma semana, dos de ellos laborales y uno festivo (26). Este cuestionario se llevó a cabo durante la primera semana de entrenamiento tras el pre-test y en la última semana de entrenamiento previa al post-test. Para realizar el cálculo sobre los macronutrientes consumidos y las kilocalorías ingeridas se utilizó el programa Easydiet (Biocentury S.L.U., España).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Todo el análisis se realizó con el paquete estadístico SPSS (versión 21.0, IBM, Estados Unidos). Se valoró la distribución de la

muestra mediante el test de normalidad de Shapiro-Wilks y el test de homogeneidad de la varianza (test de Levene). Las variables siguieron una distribución normal, por lo que para el análisis de las mismas se utilizaron pruebas paramétricas. El nivel de significación para todas las pruebas fue establecido en $p < 0,05$. Mediante la realización de estadística descriptiva se obtuvieron los valores medios y la desviación típica de las variables. Para determinar las diferencias entre el pre- y post-test en las medidas antropométricas y variables derivadas, se utilizó una prueba t de Student para variables dependientes. Para hallar las diferencias entre los parámetros relacionados con el entrenamiento en las once semanas de registro, se utilizó un análisis ANOVA de medidas repetidas para un factor. Para aquellas variables con diferencias significativas, se realizó la corrección de Bonferroni para la comparación por pares, siendo el nivel de significación ajustado a 0,004 (0,05/11). Para analizar los valores de correlación entre los cambios producidos en las variables antropométricas y derivadas con los parámetros relacionados con el entrenamiento deportivo y con los hábitos alimentarios, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de regresión lineal simple para aquellas variables que habían mostrado una correlación significativa. El tamaño del efecto se calculó utilizando el coeficiente d de Cohen con el programa Microsoft® Excel XP (Microsoft Corporation, Estados Unidos). Un valor menor de 0,2 se consideró como tamaño de efecto bajo; un valor entre 0,2 y 0,4, un tamaño del efecto bajo-moderado; un valor entre 0,4 y 0,6, un tamaño del efecto moderado; un valor entre 0,6 y 0,8, un tamaño del efecto moderado-alto; y un valor superior a 0,8, un tamaño del efecto alto (28).

RESULTADOS

En la tabla I se pueden encontrar la media y la desviación típica de las variables antropométricas en el pre-test y el post-test, la significación estadística entre ambas mediciones y el tamaño del efecto. Se encontró una disminución significativa con un tamaño del efecto entre bajo y moderado para peso e IMC, varios pliegues individuales y sumatorio de pliegues; perímetro de brazo corregido y área muscular transversal del brazo; porcentaje y peso grasa; peso residual; y endomorfia. También se halló un aumento significativo con un tamaño del efecto entre bajo y moderado en el porcentaje de masa ósea, porcentaje de masa muscular, índice ponderal y ectomorfia. No se encontraron diferencias significativas en el resto de medidas. Los corredores mostraron un somatotipo endomesomorfo en ambas mediciones.

Los resultados relacionados con la dieta de los deportistas en la primera y segunda medición, así como las diferencias y el tamaño del efecto entre ambos momentos se muestran en la tabla II. No se encontraron cambios significativos en ninguna de las variables analizadas.

En la tabla III se encuentran los valores descriptivos de los parámetros de entrenamiento del macrociclo analizado, así como resultados del ANOVA. Si bien se encontraron diferencias significativas en todas las variables, el posterior ajuste de Bonferroni no mostró diferencias significativas en ninguno de los pares.

Tabla I. Valor medio \pm desviación típica de las variables antropométricas y derivadas y valor de significación estadística entre ambas medias de los corredores de *trail*

Variable	Pre-test	Post-test	t	d	p
Peso	81,72 \pm 9,84	80,65 \pm 9,29	3,52	0,11	0,002
Talla	177,47 \pm 5,81	177,84 \pm 5,11	-0,87	0,06	0,201
PL tríceps	9,54 \pm 3,71	9,84 \pm 3,41	-1,43	0,08	0,167
PL subescapular	13,56 \pm 5,68	12,56 \pm 4,85	3,94	0,19	0,001
PL bíceps	5,06 \pm 2,11	4,70 \pm 1,52	1,45	0,20	0,163
PL cresta iliaca	18,47 \pm 5,95	17,42 \pm 4,71	2,02	0,19	0,057
PL supraespinal	12,21 \pm 4,09	11,16 \pm 3,50	2,48	0,27	0,022
PL abdominal	22,25 \pm 6,92	20,13 \pm 6,15	5,08	0,32	< 0,001
PL muslo	12,98 \pm 3,54	12,02 \pm 3,67	1,68	0,27	0,107
PL pierna	8,98 \pm 3,86	7,53 \pm 2,34	2,99	0,45	0,007
PR brazo relajado	31,81 \pm 2,61	31,63 \pm 2,48	1,70	0,07	0,105
PR brazo contraído	33,38 \pm 2,52	33,18 \pm 2,35	1,50	0,08	0,149
PR cintura	86,36 \pm 8,65	85,88 \pm 8,19	1,43	0,06	0,167
PR cadera	99,78 \pm 5,68	99,66 \pm 5,50	0,59	0,02	0,568
PR pierna	39,23 \pm 2,31	39,14 \pm 2,13	0,99	0,04	0,332
D húmero	7,19 \pm 0,28	7,16 \pm 0,30	1,54	0,14	0,149
D fémur	10,29 \pm 0,41	10,35 \pm 0,38	1,93	0,15	0,093
D biestiloideo	6,02 \pm 0,29	6,07 \pm 0,23	1,16	0,18	0,370
PR brazo corregido	28,82 \pm 2,05	28,54 \pm 2,01	2,65	0,14	0,015
PR pierna corregido	36,41 \pm 2,21	36,77 \pm 1,96	-1,94	0,17	0,066
AMT brazo	66,42 \pm 9,41	65,13 \pm 9,11	2,69	0,14	0,014
AMT pierna	105,89 \pm 12,82	107,91 \pm 11,34	-1,88	0,17	0,074
IMC	26,00 \pm 3,48	25,65 \pm 3,26	3,49	0,10	0,002
Sumatorio 6 PL	77,11 \pm 21,45	70,80 \pm 17,89	4,50	0,32	< 0,001
Sumatorio 8 PL	100,65 \pm 28,01	92,93 \pm 22,86	4,02	0,30	0,001
Ratio cintura/cadera	0,86 \pm 0,05	0,86 \pm 0,05	1,11	0,06	0,279
Índice ponderal	41,01 \pm 1,91	41,18 \pm 1,85	-3,77	0,09	0,001
Peso graso	9,25 \pm 2,77	8,60 \pm 2,32	4,17	0,25	< 0,001
% grasa	11,12 \pm 2,08	10,50 \pm 1,73	4,50	0,32	< 0,001
Peso óseo	13,05 \pm 0,94	13,06 \pm 0,89	-0,13	0,00	0,872
% masa ósea	16,12 \pm 1,61	16,32 \pm 1,55	-3,77	0,12	0,001
Peso residual	19,69 \pm 2,37	19,43 \pm 2,24	3,52	0,11	0,002
% residual	24,1 \pm 0,0	24,1 \pm 0,0	0,00	0,00	1,000
Peso muscular	39,71 \pm 4,51	39,55 \pm 4,45	1,25	0,04	0,226
% masa muscular	48,65 \pm 1,51	49,06 \pm 1,28	-3,91	0,30	0,001
Endomorfia	3,39 \pm 1,19	3,24 \pm 1,03	2,28	0,14	0,033
Mesomorfia	5,87 \pm 1,28	5,842 \pm 1,221	1,16	0,03	0,260
Ectomorfia	1,63 \pm 1,03	1,72 \pm 1,03	-3,31	0,09	0,003

t: distribución de probabilidad; d: tamaño del efecto de Cohen; p: significación estadística; PL: pliegue; PR: perímetro; D: diámetro; AMT: área muscular transversal; IMC: índice de masa muscular; %: porcentaje.

En la tabla IV se muestran las correlaciones significativas entre las variables antropométricas que mostraron un cambio significativo y los parámetros relacionados con el entrenamiento deportivo y con los hábitos alimentarios. Las correlaciones que no se muestran en la tabla fueron no significativas. Se encontraron correlaciones significativas entre algunos parámetros antropométricos y las variables relacionadas con los hábitos alimentarios, pero no con

los parámetros de entrenamiento. El posterior análisis de regresión lineal mostró que los mayores predictores para los cambios antropométricos fueron el porcentaje de grasa consumido en el pre-test, que explica el 28% de la varianza en el peso y el 31% en el IMC, y la diferencia en kilocalorías entre ambas mediciones, que explica el 30% de la varianza del pliegue supraespinal y el 43% de la ectomorfia (Tabla V).

Tabla II. Valor medio \pm desviación típica de los porcentajes de macronutrientes y las kilocalorías consumidas

	Pre-test	Post-test	t	d	p
% HC	55,86 \pm 7,85	56,59 \pm 9,88	-0,501	0,08	0,622
% Pr	26,88 \pm 6,42	27,64 \pm 7,91	-0,792	0,1	0,438
% Gr	17,25 \pm 4,43	15,76 \pm 4,54	1,563	0,33	0,135
kcal totales	11.594,77 \pm 3.555,67	10.934,91 \pm 3.079,37	1,814	0,20	0,086

t: distribución de probabilidad; d: tamaño del efecto de Cohen; p: significación estadística; HC: hidratos de carbono; Pr: proteínas; Gr: grasas; kcal: kilocalorías.

Tabla III. Valor medio \pm desviación típica de los parámetros relacionados con el entrenamiento de los corredores durante las once semanas

	km	Sesiones/semana	Tiempo (min)	Desnivel positivo (m)
Semana nº 1	33,38 \pm 21,92	2,75 \pm 1,37	235,53 \pm 132,14	783,22 \pm 637,89
Semana nº 2	39,59 \pm 25,83	3,05 \pm 1,57	285,32 \pm 169,77	895,19 \pm 775,08
Semana nº 3	32,79 \pm 23,80	2,50 \pm 1,46	222,76 \pm 151,16	813,58 \pm 688,05
Semana nº 4	32,83 \pm 18,52	2,70 \pm 1,21	295,81 \pm 236,89	943,69 \pm 703,15
Semana nº 5	40,79 \pm 26,41	2,95 \pm 1,53	314,26 \pm 176,13	1.137,66 \pm 933,05
Semana nº 6	38,95 \pm 24,65	3,05 \pm 1,23	279,89 \pm 168,77	836,86 \pm 994,36
Semana nº 7	30,14 \pm 23,71	2,20 \pm 1,28	204,79 \pm 154,43	706,67 \pm 644,18
Semana nº 8	31,05 \pm 25,71	2,35 \pm 1,72	221,07 \pm 192,22	836,84 \pm 839,17
Semana nº 9	43,01 \pm 36,95	2,65 \pm 1,81	329,93 \pm 339,62	1.191,02 \pm 1.183,54
Semana nº 10	50,14 \pm 30,10	2,90 \pm 1,02	392,15 \pm 273,21	1.854,37 \pm 1.617,01
Semana nº 11	32,61 \pm 20,69	2,70 \pm 1,59	205,77 \pm 126,63	703,93 \pm 622,01
Valor de F y p	F = 75,35; p < 0,001	F = 140,65; p < 0,001	F = 92,44; p < 0,001	F = 60,88; p < 0,001

F: coeficiente del grado de variación; p: significación estadística; m: kilómetros; min: minutos; m: metros.

Tabla IV. Análisis de las correlaciones entre las variables antropométricas y las variables nutricionales

	Porcentaje de grasa consumida pre-test	Kilocalorías consumidas post-test	Diferencia de grasas (pre-post)	Diferencia de kilocalorías (pre-post)
Peso	r = -0,53; p = 0,01			
PL subescapular		r = 0,45; p = 0,04		
PL supraespinal			r = 0,44; p = 0,04	r = 0,55; p = 0,01
PL abdominal	r = -0,49; p = 0,03			
IMC	r = -0,55; p = 0,01			
Sum 8 PL				r = 0,48; p = 0,03
Endomorfia			r = 0,45; p = 0,04	
Ectomorfia				r = 0,66; p = 0,002

r: coeficiente de correlación; p: significación estadística; PL: pliegue; IMC: índice de masa corporal; Sum: sumatorio.

DISCUSIÓN

Los objetivos de esta investigación fueron analizar la evolución de las variables antropométricas, en las once semanas previas a la competición objetivo de la temporada, en corredores de ultraresistencia por montaña populares, e identificar los factores

ambientales que podrían explicar los cambios en dichas variables. Entre los principales hallazgos se evidenció una reducción de los parámetros que dependen de la grasa corporal, como son los pliegues individuales, especialmente en el tronco y miembro inferior, el sumatorio de seis y ocho pliegues, el porcentaje y peso graso y la endomorfia. Los resultados del presente estudio coinciden

Tabla V. Análisis de regresión lineal para determinar la relación entre los cambios antropométricos y las variables nutricionales

	R ²	F	p
<i>Peso</i>			
Porcentaje grasa pre-test	0,28	6,94	0,01
<i>PL subescapular</i>			
kcal post-test	0,20	4,62	0,04
<i>PL supraespinal</i>			
Diferencia en kcal	0,30	7,67	0,01
<i>PL abdominal</i>			
Porcentaje grasa pre-test	0,24	5,64	0,03
<i>IMC</i>			
Porcentaje grasa pre-test	0,31	7,9	0,01
<i>Sumatorio 8 pliegues</i>			
Diferencia en Kcal	0,23	5,36	0,03
<i>Endomorfia</i>			
Diferencia en porcentaje grasas	0,20	4,46	0,04
<i>Ectomorfia</i>			
Diferencia en Kcal	0,43	13,66	0,002

R²: coeficiente de determinación; F: valor de la prueba F de Snedecor; p: significación estadística; kcal: kilocalorías; IMC: índice de masa corporal.

con los hallados en investigaciones previas que encuentran una disminución de la adiposidad a lo largo de la temporada conforme el atleta se acerca a su pico máximo de rendimiento (20,21).

La masa grasa ha sido uno de los parámetros más analizados en las últimas décadas por su relación con el estado de salud del individuo. Se ha encontrado que mayores porcentajes de grasa corporal están relacionados con la aparición de enfermedades cardiovasculares, sobrepeso y obesidad, hipertensión arterial, diabetes y síndrome metabólico (29-31). La disminución de tejido grasa mostrada por los corredores de la presente investigación podría reducir la probabilidad de estos deportistas de padecer las enfermedades mencionadas. Esto es especialmente importante si se tiene en cuenta la gran incidencia de este tipo de patologías entre los varones adultos (29).

Numerosos artículos han encontrado una relación inversa entre las variables relacionadas con la adiposidad y el rendimiento en competiciones de larga distancia en diferentes modalidades (4-11). Más concretamente, en corredores por montaña las variables que han demostrado tener una mayor importancia sobre el rendimiento del deportista son el sumatorio de ocho pliegues, la masa y porcentaje grasa y el pliegue de la pierna (12-15). Los participantes del presente estudio mostraron una disminución de todas estas variables, lo que podría suponer una mejora de su rendimiento en carrera.

Otro hallazgo importante de la presente investigación fue que eran los atletas que más habían disminuido su consumo energético total y de grasas, los que menos kilocalorías consumían en el post-test y/o más grasas consumían en el pre-test, y los

que más cambios mostraron en los parámetros antropométricos relacionados con la adiposidad, pudiendo explicar entre el 20 y el 30% de la varianza. La disminución del aporte calórico podría haber desencadenado en un déficit calórico. Esto, a su vez, pudo originar cambios en la morfología y la composición corporal, relacionados sobre todo con el tejido graso como consecuencia de la reducción en la ingesta de grasas (17).

En la presente investigación no se ha encontrado una relación entre la disminución de las variables relacionadas con la adiposidad del atleta y los parámetros de entrenamiento. Estudios previos señalan que no existe relación entre el entrenamiento y la disminución del grosor de los pliegues o el sumatorio de los mismos tanto en corredores de larga distancia como en corredores de montaña, estando estos parámetros más influidos por otros factores como la nutrición (13,14), lo que concuerda con lo encontrado en la presente investigación. Por otro lado, los corredores que formaron parte de este estudio eran corredores por montaña antes de participar en la presente investigación. Con la realización sistemática de ejercicio se producen una serie de adaptaciones y es necesario que el entrenamiento progrese respetando los principios básicos de entrenamiento para que se produzcan nuevas adaptaciones (32). En la presente investigación no se intervino sobre el entrenamiento realizado por los participantes. Por lo tanto, la ausencia de relación entre las variables relacionadas con el entrenamiento y los parámetros antropométricos podría deberse al no cumplimiento de estos principios por parte de los participantes.

Los perímetros corregidos y áreas musculares se han propuesto como indicadores válidos y fiables de la masa muscular en las extremidades (33). Los corredores de montaña mostraron una disminución significativa del perímetro corregido y área muscular del brazo tras el macrociclo de entrenamiento, lo que indica que se redujo la masa muscular del miembro superior. Los cambios encontrados podrían deberse a las adaptaciones morfológicas que se producen en función del entrenamiento. Los corredores del presente estudio no realizaron ningún entrenamiento del tren superior. Esto, añadido al gasto calórico inducido por la larga duración de los entrenamientos y las adaptaciones fisiológicas al mismo (29), pudo provocar la disminución de la masa muscular del miembro superior. En línea con los hallazgos de la presente investigación, se ha encontrado que en periodos de gran volumen de entrenamientos hay pérdidas selectivas de masa muscular en aquellos miembros que menos intervienen en la acción deportiva (34).

Estudios previos han señalado que un menor perímetro del brazo es un indicador de un mayor rendimiento deportivo en corredores de diferentes distancias, al reducirse el coste energético en carrera (10,35,36). Por lo tanto, el cambio encontrado en los corredores de montaña podría suponer una mejora del rendimiento deportivo en carrera.

No se encontraron cambios significativos en el perímetro corregido y el área muscular transversal de la pierna, lo que indica que no se produjeron alteraciones en la masa muscular del miembro inferior. Esto podría ser consecuencia de que el entrenamiento llevado a cabo por los corredores se focalizó en el miembro inferior.

Estudios previos ya han reportado que ante un gran gasto calórico se podría mantener la masa muscular en aquellas extremidades que más intervienen en la acción deportiva (20,21,37).

El peso, el IMC y el índice ponderal han sido clásicamente relacionados con el estado de salud del sujeto. No obstante, su utilización en población deportista ha sido cuestionada al no permitir diferenciar entre masa grasa y muscular (38). En el presente estudio se hallaron una disminución del peso y el IMC y un aumento del índice ponderal y la ectomorfia tras el periodo de seguimiento. Al no haber cambiado la talla de los participantes, todas las variaciones encontradas en estos parámetros son consecuencia directa de la disminución del peso tras el macrociclo de entrenamiento. Al analizar la evolución de la composición corporal se encontró que se produjo una disminución del peso grasa, mientras que el peso muscular se mantuvo. Por tanto, el cambio en el peso podría deberse a la disminución de la masa grasa. La disminución del peso de los participantes podría implicar una mejora de su estado de salud (38), así como del rendimiento en carreras de larga distancia (3,4,6,12,13) al disminuir el gasto energético (35,36).

Al analizar el peso, el IMC y la ectomorfia en relación a los hábitos deportivos y nutricionales de los corredores, se halló que fueron los atletas que más porcentaje de grasas consumían en la primera medición y/o quienes más disminuyeron su ingesta de kilocalorías entre ambas mediciones quienes mayores cambios mostraron, explicando el modelo entre el 28% y el 43% de la varianza. Esto podría ser consecuencia, principalmente, del déficit calórico provocado por los cambios en las variables nutricionales, junto con el mantenimiento de la práctica sistemática de ejercicio (17).

Respecto al resto de factores de la composición corporal, los corredores mostraron un aumento del porcentaje muscular y óseo transcurridas las once semanas de duración del estudio. Esto podría deberse a que se produjo una disminución del peso total de los sujetos sin modificaciones en la masa muscular y ósea de los mismos al mantenerse el nivel de práctica deportiva realizado por los participantes (20,21,37). También se encontró una disminución significativa del peso residual en la segunda medición. Al tratarse de una variable calculada con un porcentaje constante dependiente del sexo (26), la disminución observada en este peso se debe a la variación producida en el peso total de los corredores.

En el aspecto nutricional, los hidratos de carbono son la fuente principal de energía implicada en la actividad física. Existe un consenso acerca de que los hidratos de carbono deben suponer entre un 55% y un 65% del consumo total de calorías en deportistas (19,39). Los corredores del presente estudio mostraron valores dentro de los recomendados en ambos momentos de medición. Respecto al resto de macronutrientes, las necesidades proteicas varían en función de la modalidad deportiva, de manera que los deportistas de resistencia necesitan un aporte que suponga el 10-15% de las calorías consumidas (39). Los corredores estudiados consumieron un porcentaje mayor al indicado por la bibliografía, que llegó a alcanzar el 27%. A su vez, el consumo de grasas se situó por debajo del recomendado en corredores (20-35%) (39). Estos hallazgos son similares a los encontrados en otros

corredores de ultrarresistencia durante la fase de entrenamiento antes de la competición principal (40,41). Por tanto, se encuentra que los hábitos alimentarios de los corredores recreacionales de ultrarresistencia son mejorables (41). Sería recomendable que esta población de deportistas contara con asesoramiento profesional de un nutricionista con el fin de realizar una ingesta suficiente, equilibrada y adaptada a las necesidades fisiológicas de esta modalidad deportiva. Así podrían alcanzar una morfología corporal que potenciara su rendimiento en competición (12-15).

La principal fortaleza del presente estudio radica en la aportación de información relevante sobre los cambios antropométricos que se producen con el entrenamiento en corredores por montaña recreacionales, así como las variables relacionadas con dichos cambios, ya que se trata del primer estudio que analiza estas cuestiones. Como principal limitación destaca el tamaño de la muestra, así como las características de la misma, por lo que serían necesarios futuros estudios que analicen la evolución de estos parámetros en deportistas de élite, sin experiencia previa o de diferente sexo y rango de edad. Otra limitación se encuentra en que en la presente investigación no se intervino sobre la planificación del entrenamiento o los hábitos de ingesta alimentaria de los corredores. Sería necesario en el futuro analizar la influencia de un programa de intervención sobre estos parámetros. Otra posible limitación es la falta de veracidad de las respuestas de los participantes en los cuestionarios realizados.

En conclusión, en los meses previos a la competición se produce una disminución de las variables relacionadas con la adiposidad del corredor. Estos cambios están influenciados por los hábitos alimentarios en el consumo de macronutrientes y el déficit o superávit de kilocalorías. Los factores relacionados con el entrenamiento como la distancia recorrida, el tiempo de entrenamiento, las sesiones realizadas y los metros de desnivel positivo no parecen afectar en las variaciones producidas en los parámetros antropométricos.

BIBLIOGRAFÍA

- Zaryski C, Smith DJ. Training principles and issues for ultra-endurance athletes. *Curr Sports Med Rep* 2005;4:165-70.
- Hawley JA, Hopkins WG. Aerobic glycolytic and aerobic lipolytic power systems. A new paradigm with implications for endurance and ultraendurance events. *Sports Med* 1995;19:240-50.
- Vernillo G, Savoldelli A, Zignoli A, Trabucchi P, Pellegrini B, Millet GP, et al. Influence of the world's most challenging mountain ultra-marathon on energy cost and running mechanics. *Eur J Appl Physiol* 2014;114:929-39.
- Knechtle B. Relationship of anthropometric and training characteristics with race performance in endurance and ultra-endurance athletes. *Asian J Sports Med* 2014;5:73-90.
- Tanda G, Knechtle B. Marathon performance in relation to body fat percentage and training indices in recreational male runners. *Open Access J Sports Med* 2013;4:141-9. DOI: 10.2147/OAJSM.S44945
- Tanda G, Knechtle B. Effects of training and anthropometric factors on marathon and 100 km ultramarathon race performance. *Open Access J Sports Med* 2015;6:129-36. DOI: 10.2147/OAJSM.S80637
- Barandun U, Knechtle B, Knechtle P, Klipstein A, Rüst CA, Rosemann T, et al. Running speed during training and percent body fat predict race time in recreational male marathoners. *Open Access J Sports Med* 2012;3:51-8. DOI: 10.2147/OAJSM.S33284
- Hoffman MD. Anthropometric characteristics of ultramarathoners. *Int J Sports Med* 2008;29:808-11. DOI: 10.1055/s-2008-1038434

9. Hoffman MD, Lebus DK, Ganong AC, Casazza GA, Van Loan M. Body composition of 161-km ultramarathoners. *Int J Sports Med* 2010;31:106-9. DOI: 10.1055/s-0029-1241863
10. Knechtle B, Knechtle P, Schulze I, Kohler G. Upper arm circumference is associated with race performance in ultra-endurance runners. *Br J Sports Med* 2008;42:295-9.
11. Gianoli D, Knechtle B, Knechtle P, Barandun U, Rüst CA, Rosemann T. Comparison between recreational male Ironman triathletes and marathon runners. *Percept Mot Skills* 2012;115:283-99.
12. Knechtle B, Knechtle P, Rosemann T, Senn O. What is associated with race performance in male ultra-marathoners - Anthropometry, training or marathon best time? *J Sports Sci* 2011;29:571-7. DOI: 10.1080/02640414.2010.541272
13. Knechtle B, Knechtle P, Rosemann T. No association of skin-fold thicknesses and training with race performance in male ultra-endurance runners in a 24-hour run. *J Hum Sport Exerc* 2011;6:94-100. DOI: 10.4100/jhse.2011.61.11
14. Knechtle B, Rosemann T. Skin-fold thickness and race performance in male mountain ultra-marathoners. *J Hum Sport Exerc* 2009;4:211-20. DOI: 10.4100/jhse.2009.43.03
15. Clemente-Suárez VJ, Nikolaidis PT. Use of bioimpedanciometer as predictor of mountain marathon performance. *J Med Syst* 2017;41:73. DOI: 10.1007/s10916-017-0722-7
16. Rivera-Sosa JM. Propiedades antropométricas y somatotipo de jugadores de baloncesto de diferente nivel competitivo. *Int J Morphol* 2016;34:179-88.
17. Vargas M, Lancheros L, Barrera MP. Energy expenditure in repose related to body composition in adults. *Rev Fac Med* 2011;59:43-58.
18. González-Neira M, San Mauro-Martín I, García-Angulo B, Fajardo D, Garicano-Vilar E. Valoración nutricional, evaluación de la composición corporal y su relación con el rendimiento deportivo en un equipo de fútbol femenino. *Rev Esp Nutr Hum Diet* 2015;19:36-48. DOI: 10.14306/renhyd.19.1.109
19. Knechtle B. Nutrition in ultra-endurance racing - Aspects of energy balance, fluid balance and exercise-associated hyponatremia. *Med Sport* 2013;17:200-10. DOI: 10.5167/uzh-92140
20. Carling C, Orhant E. Variation in body composition in professional soccer players: interseasonal and intraseasonal changes and the effects of exposure time and player position. *J Strength Cond Res* 2010;24:1332-9. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181cc6154
21. Egan E, Wallace J, Reilly T, Chantler P, Lawlor J. Body composition and bone mineral density changes during a premier league season as measured by dual-energy X-ray absorptiometry. *Int J Body Comp Res* 2006;4:61-6.
22. Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, De Ridder H. International standards for anthropometric assessment. Portsmouth: International Society for Advancement in Kinanthropometry; 2011.
23. Faulkner J. Physiology of swimming and diving. En: Falls H, editor. *Exercise Physiology*. Baltimore: Academic Press; 1968.
24. Lee R, Wang Z, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield S. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr* 2000;72:796-803.
25. Rocha MSL. Peso ósseo do brasileiro de ambos os sexos de 17 a 25 años. *Arg Anat Antropol* 1975;1:445-51.
26. Würch A. La femme et le sport. *Med Sport Française* 1974;4:441-5.
27. Kerr D. An anthropometric method for fractionation of skin, adipose, bone, muscle and residual tissue masses, in males and females age 6 to 77 years. Burnaby: Simon Fraser University; 1988.
28. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral science*. 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
29. Cruz-Mejía S, Durán HH, Navarro M, Xochihua I, De la Peña S, Arroyo OE. Body mass index is associated with interleukin-1, adiponectin, oxidative stress and ioduria levels in healthy adults. *Nutr Hosp* 2018;35:841-6. DOI: 10.20960/nh.1614
30. González-Jiménez E, Aguilar-Cordero MJ, García-García CJ, García-López PA, Álvarez-Ferre J, Padilla-López CA. Prevalencia de sobrepeso y obesidad nutricional e hipertensión arterial y su relación con indicadores antropométricos en una población de escolares de Granada y su provincia. *Nutr Hosp* 2011;26:1004-10. DOI: 10.1590/S0212-16112011000500013
31. Rosety-Rodríguez M, Fornieles G, Rosety I, Díaz AJ, Rosety MA, Camacho-Molina A, et al. Central obesity measurements predict metabolic syndrome in a retrospective cohort study of postmenopausal women. *Nutr Hosp* 2013;28:1912-7. DOI: 10.3305/nutr.hosp.v28in06.6911
32. Bomba T. Periodización: teoría y metodología del entrenamiento. *L'Hospitalet de Llobregat: Editorial Hispano Europea*; 2003.
33. Prado C, Marrodán MD, Del Valle A. Crecimiento y maduración. En: Cabañas MD, Esparza F (eds.). *Compendio de Cineantropometría*. Madrid: CTO Editorial; 2009. pp. 239-48.
34. Koutedakis Y. Seasonal variation in fitness parameters in competitive athletes. *Sports Med* 1995;19:373-92.
35. Maldonado S, Mujika I, Padilla S. Influence of body mass and height on the energy cost of running in highly trained middle- and long-distance runners. *Int J Sports Med* 2002;23:268-72.
36. Tanaka K, Matsuura Y. A multivariate analysis of the role of certain anthropometric and physiological attributes in distance running. *Ann Hum Biol* 1982;9:473-82.
37. Koutedakis Y. Seasonal variation in fitness parameters in competitive athletes. *Sports Med* 1995;19:373-92.
38. Abernethy P, Olds T, Eden B, Neill M, Baines L. Anthropometry, health and body composition. En: Norton K, Olds T (eds.). *Anthropometrica*. Sydney: UNSW Press; 1996. pp. 171-98.
39. Martínez-Sanz JM, Urdampilleta A, Mielgo-Ayuso J. Necesidades energéticas, hídricas y nutricionales en el deporte. *Motricidad. Eur J Hum Mov* 2013;30:37-52.
40. Wardenaar FC, Dijkhuizen R, Ceelen IJ, Jonk E, De Vries JH, Witkamp RF, et al. Nutrient intake by ultramarathon runners: can they meet recommendations? *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2015;25:375-86. DOI: 10.1123/ijnsn.2014-0199
41. Durán S, Herrera T, Poblete C, Durán A, Valdés P. Patrones alimentarios de ultramaratonistas chilenos. *Nutr Hosp* 2016;33:401-4.