

Características antropométricas y capacidad cardiorrespiratoria de corredores de montaña masculinos y femeninos

July Melo¹, Oscar Niño², Gabriel Montoya², Yovany Castro², Miguel Garzón², Norma Quiroga², Daniel Castillo³, Javier Yanci⁴

¹Facultad de Educación y Deporte. Universidad del País Vasco. UPV/EHU. Vitoria-Gasteiz. España. ²Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física. Universidad de Cundinamarca. Fusagasugá. Colombia. ³Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Isabel I. Burgos. España. ⁴Society, Sports and Physical Exercise Research Group (GIKAFIT). Departamento de Educación Física y Deportiva, Facultad de Educación y Deporte, Universidad del País Vasco, UPV/EHU, Vitoria-Gasteiz, España.

doi: 10.18176/archmeddeporte.0005

Recibido: 14/10/2019

Aceptado: 02/07/2020

Resumen

Introducción: Los objetivos de este estudio fueron comparar las características antropométricas y cardiorrespiratorias de corredores de montaña masculinos y femeninos, y examinar la asociación entre las variables antropométricas y cardiorrespiratorias. **Material y métodos:** Un total de 48 corredores de montaña, 16 mujeres y 32 hombres participaron en el estudio. Se midieron los parámetros antropométricos y se realizó un test incremental máximo en tapiz rodante con rampa para la valoración cardiorrespiratoria.

Resultados: Los resultados arrojaron diferencias significativas en las características antropométricas correspondientes a masa, talla, índice de masa corporal (IMC), perímetros, diámetros, % masa muscular, % masa residual y componente mesomórfico entre hombres y mujeres, siendo significativamente superiores en el grupo masculino ($p < 0,05$). El grupo femenino obtuvo en pliegues tricipital, muslo, pierna e ileocrestal, así como en la suma Σ 8 pliegues, % de grasa, en la masa grasa, masa ósea y en el componente endomórfico valores significativamente mayores ($p < 0,05$). Con respecto a la capacidad cardiorrespiratoria, el grupo masculino obtuvo valores significativamente mayores en el volumen sistólico inicial ($p < 0,01$, TE = -1,45, alto), consumo de oxígeno en el segundo umbral ventilatorio (VO_2VT2) ($p < 0,01$, TE = -1,66, alto) y consumo de oxígeno máximo ($VO_{2m\acute{a}x}$) ($p < 0,05$, TE = -1,78, alto). Se obtuvo una correlación alta entre la suma de 8 pliegues y el $VO_{2m\acute{a}x}$ ($r = -0,79$, $p < 0,01$), entre el % de grasa y el $VO_{2m\acute{a}x}$ ($r = -0,81$, $p < 0,01$) y entre el % de grasa y el VO_2VT2 ($r = -0,79$, $p < 0,01$).

Conclusiones: Los resultados parecen evidenciar diferencias entre corredores de montaña hombres y mujeres en las características antropométricas y en la capacidad cardiorrespiratoria y que las características antropométricas pueden influir en el rendimiento cardiorrespiratorio de los corredores de montaña.

Palabras clave:

Carreras de montaña. Morfología.
Composición corporal.
Capacidad cardiovascular. Resistencia.
Alto rendimiento.

Anthropometric characteristics and cardiorespiratory capacity of male and female trail runners

Summary

Introduction: The objectives of this study were to compare the anthropometric characteristics and the cardiorespiratory capacity of male and female mountain runners, and to examine the association between anthropometric and cardiorespiratory variables.

Material and method: A total of 48 mountain runners, 16 women and 32 men take part in the study. Anthropometric parameters were measured and a maximum incremental test was performed on treadmill with ramp for cardiorespiratory assessment.

Results: The results showed significant differences in the anthropometric characteristics corresponding to mass, height, body mass index (BMI), perimeters, diameters, % muscle mass, % residual mass and mesomorphic component between men and women, being significantly higher in the male group ($p < 0.05$). The female group obtained significantly higher values ($p < 0.05$) in tricipital, thigh, leg and ileocrestal skinfolds, as well as in 8 folds sum, % fat, fat mass, bone mass and in the endomorphic component. With respect to cardiorespiratory capacity, the male group obtained significantly higher values in the initial systolic volume ($p < 0.01$, TE = -1.45, large), oxygen consumption at the second ventilatory threshold (VO_2VT2) ($p < 0.01$, TE = -1.66, large) and maximum oxygen consumption (VO_{2max}) ($p < 0.05$, TE = -1.78, large). A large correlation was obtained between the sum of 8 skinfolds and the VO_{2max} ($r = -0.79$, $p < 0.01$), between the % fat and the VO_{2max} ($r = -0.81$, $p < 0.01$) and between % fat and VO_2VT2 ($r = -0.79$, $p < 0.01$).

Conclusions: The results seem to show differences between male and female mountain runners in anthropometric characteristics and cardiorespiratory capacity and that anthropometric characteristics can influence the cardiorespiratory performance of mountain runners.

Key words:

Trail running. Morphology.
Body composition.
Cardiovascular capacity.
Endurance. High performance.

Correspondencia: Javier Yanci

E-mail: javier.yanci@ehu.es

Introducción

Las carreras de montaña son una modalidad de carrera a pie en el entorno natural¹, regulada por la *International Trail Running Association* (ITRA). Los participantes compiten en terrenos irregulares sometidos a distintas climatologías y en altitudes variables que oscilan entre los 0 m y los más de 4.000 m. A pesar de que hoy en día existen carreras de montaña con distintas distancias, las más comunes son las pruebas entre los 42 km y más de 100 km, pudiendo ser carreras de un solo día o en etapas de varios días². Debido a las características de la competición, los deportistas de esta modalidad están sometidos a altas demandas físicas y fisiológicas y requieren tener porcentajes bajos de grasa, un adecuado porcentaje de masa muscular, una gran estabilidad articular, y una correcta eficiencia metabólica que permitan mantener una buena economía de la carrera para tener un rendimiento óptimo^{3,4}. A pesar del importante auge de las carreras de montaña, hasta el momento existen escasos estudios científicos que analicen estas variables en concreto en este tipo de población deportiva⁵.

Debido a las altas demandas físicas de la competición, la antropometría se ha descrito como uno de los factores relevantes del rendimiento deportivo en esta modalidad⁶. Concretamente en corredores de carreras de montaña, un estudio realizado por Ramírez-Vélez *et al.*⁵ analizó la composición corporal y el somatotipo de corredores de categoría elite observando que los corredores participantes tenían un 13,3±3,2% de grasa corporal, un sumatorio de seis pliegues de 67,8±32,0 mm y un somatotipo endomorfo (3,6±1,5), mesomorfo (4,0±1,4) y ectomorfo (2,1±1,1). Otro estudio reciente⁷ analizó las diferencias en las características antropométricas entre corredores de montaña de distinto sexo, concluyendo que había diferencias en las características antropométricas entre hombres y mujeres (índice de masa corporal: 71,9±5,6 vs. 59,9±4,8 kg.m⁻², porcentaje de grasa corporal: 12,4±3,0 vs. 20,0±4,9%, masa magra total: 60,9±5,7 vs. 46,2±2,6 kg, masa magra total de piernas: 20,1±1,9 vs. 15,5±2,0). A pesar de que se ha estudiado la antropometría en corredores de montaña en distintos contextos y también antes y después de disputar una competición⁸, existen pocos estudios que analicen las diferencias entre corredores masculinos y femeninos de montaña, tal y como si se ha estudiado en otras modalidades de resistencia⁹⁻¹¹. Por lo tanto, existe una necesidad de realizar estudios que caractericen y determinen si existen diferencias en las características antropométricas y en el somatotipo de corredores de montaña en función del sexo.

Por otro lado, se ha descrito que en corredores de montaña, además de requerir de una composición corporal adecuada, la capacidad cardiorrespiratoria es otro de los factores cruciales del rendimiento⁶. Su valoración es de interés para deportistas y entrenadores con el fin de poder planificar el entrenamiento de forma individualizada y como predictor del rendimiento deportivo¹². Por ejemplo, Hausswirth *et al.* (2015), analizaron la capacidad cardiorrespiratoria [el consumo de oxígeno máximo ($VO_{2m\acute{a}x}$), la velocidad aeróbica máxima y los umbrales ventilatorios (VT1 y VT2)] en corredores de montaña. En la misma línea, estudios recientes también han analizado el consumo de oxígeno (VO_2), los umbrales ventilatorios (VT1 y VT2), los umbrales de lactato, la economía de la carrera, la potencia mecánica y máxima¹⁴ o la frecuen-

cia cardíaca máxima (FCmáx), el ($VO_{2m\acute{a}x}$), el umbral ventilatorio (VT), la concentración de lactato en sangre o la percepción de esfuerzo (RPE)¹⁵. Concretamente estos autores¹³ observaron que los corredores de montaña participantes en el estudio tenían un $VO_{2m\acute{a}x}$ de 62,0±63,9 ml.min⁻¹.kg⁻¹, una velocidad aeróbica máxima (VAM) de 18,7±1,1 km.h⁻¹, un VT1 a 14,2±60,7 km.h⁻¹ y un VT2 a 16,7±61,2 km.h⁻¹. A pesar de que actualmente existen estudios sobre la valoración de la capacidad cardiorrespiratoria en corredores de montaña^{14,15}, los estudios que analizan las diferencias en función del sexo son escasos. Puede resultar necesario realizar más estudios que analicen si hay diferencias de la capacidad cardiorrespiratoria entre corredores femeninos y masculinos de montaña.

Por lo tanto, los objetivos de este estudio fueron: 1) comparar las características antropométricas y cardiorrespiratorias de corredores de montaña masculinos y femeninos, y 2) examinar la asociación entre las características antropométricas y cardiorrespiratorias.

Material y método

Participantes

Cuarenta y ocho corredores de montaña colombianos de alto nivel (30,81±2,56 años; 165,2±7,5 cm; 61,04±8,47 kg; 22,29±2,50 kg.m⁻²) tomaron parte en el estudio. Del total de participantes, 16 eran mujeres (29,5±7,6 años; 158,9±6,2 cm; 53,37±3,64 kg; 20,89±1,53 kg.m⁻²) y 32 hombres (32,0±12,7 años; 168,1±6,2 cm; 64,87±7,53 kg; 22,99±2,61 kg.m⁻²). Todos los participantes competían frecuentemente a nivel nacional (Colombia) e internacional, y entrenaban activamente entre 4 y 6 días a la semana y 1 o 2 días de descanso o recuperación. Los entrenamientos realizados eran de 1 o 2 días de rodaje recuperativo, 1 día de rodaje extensivo, 1 día de rodaje intensivo, 1 día de series, 1 día de intervalos y realizaban entre 1 o 2 días de entrenamiento de fuerza. La relación en la cantidad de horas entrenamiento realizada por los deportistas variaba siendo entre 10 y 20 h a la semana y llegando a sumar entre 5.000 a 10.000 m de desnivel acumulado semanal. Los criterios de inclusión para la participación en el estudio fueron que los corredores de montaña estuvieran entrenando de manera estructurada y consecutiva, que hubieran participado en competiciones oficiales durante el trimestre anterior a la realización de las pruebas y que no presentaran ningún tipo de lesión, enfermedad metabólica o inflamatoria, que pudiera poner en riesgo la integridad de los deportistas. Antes de realizar la investigación a cada uno de atletas se le informó sobre los protocolos y test que se realizarían en el estudio y todos ellos firmaron un consentimiento informado. El estudio fue revisado y aprobado por el consejo de Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física de la Universidad de Cundinamarca (Fusagasugá, Colombia), el cuál seguía las guías éticas establecidas en la Declaración de Helsinki (2013).

Procedimiento

Las pruebas y mediciones se realizaron en el laboratorio de fisiología de la Universidad de Cundinamarca (Fusagasugá, Colombia), situado aproximadamente a 1.700 m de altitud sobre el nivel del mar. En una única

sesión, los participantes acudieron al laboratorio, donde se midieron en primer lugar las medidas antropométricas y en segundo lugar se realizó un test incremental máximo en tapiz rodante. Las condiciones en el laboratorio fueron de 21-23 °C de temperatura y una humedad relativa del 70-75%. A todos los participantes se les indicó que no realizaran ejercicio intenso y no tomaran cafeína ni bebidas alcohólicas 48 h antes de la sesión de test.

Mediciones

Valoración antropométrica, composición corporal y somatotipo: Todas las mediciones se realizaron siguiendo las normas estandarizadas por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK)¹⁶. Se realizaron mediciones de los pliegues subescapular, tricípital, abdominal, suprailíaco, muslo, pierna, bicipital e ileocrestal con un plicómetro (Harpenden, West Sussex, Reino Unido). Posteriormente, la altura de los participantes se midió con un tallímetro (Seca 217, Hamburgo, Alemania) y la masa corporal con una báscula mecánica (Detecto Scale, Missouri, EEUU). Los perímetros de tórax neutro, abdomen, cadera, brazo extendido, brazo flexionado, antebrazo, muslo y pierna de cada participante se midieron con una cinta antropométrica (Mabis Healthcare 35-780-010, Alabama, EEUU). Las mediciones de diámetros biacromial, tórax transversal, biileocrestal y codo se realizaron con un antropómetro (GPM Siber Hegner Machinery tipo Martin, Zúrich, Suiza). Finalmente para determinar la composición corporal y el somatotipo se utilizó el protocolo del Grupo Español de Cineantropometría (GREC), a partir del cual se estableció el porcentaje de masa muscular, masa ósea, resto y la mesomorfia, ectomorfia y endomorfia¹⁷.

Test incremental máximo en tapiz rodante con rampa: todos los participantes realizaron un test incremental máximo atendiendo a las consideraciones realizadas por Davis *et al.*¹⁸ para determinar la capacidad cardiorrespiratoria. La prueba iniciaba con un calentamiento a velocidad constante de 3 km.h⁻¹ durante 3 min. Posteriormente se aumentaba la velocidad de trabajo a 9 km.h⁻¹ para dar inicio a la prueba con una pendiente inicial de 0°. La pendiente aumentaba progresivamente en 2° cada 1 min hasta alcanzar los 15°. A partir de este momento, se iniciaba un aumento de la velocidad de 1 km.h⁻¹ por cada min, hasta llegar a la extenuación volúmica. Antes de iniciar el test, se registró la frecuencia cardíaca de reposo (FCR) de cada deportista mediante una banda (Polar H3, Kempele, Finlandia) y un pulsómetro (Polar RCX3, Kempele, Finlandia). Tanto antes como al finalizar el test se midió la presión arterial (sistólica y diastólica) con un medidor de presión arterial automático (Omrom M6, Kyoto, Japón) y la saturación de oxígeno en sangre (SaO₂) con un pulsioxímetro de dedo (Deluxe SM-110, Tustin, EE.UU.). Durante todo el test se registró constantemente la frecuencia cardíaca (FC) mediante una banda (Polar H3, Kempele, Finlandia) y un pulsómetro (Polar RCX3, Kempele, Finlandia). Además, los atletas durante la prueba portaban un sistema portátil para la medición de parámetros ventilatorios (Córtes Biophysik, MetaMax 3B portable CPX System, Leipzig, Alemania) con una máscara oro-nasal de silicona (Hans Rudolph, Shawnee, EEUU). Los datos se analizaron mediante un software específico (Córtes Biophysik MetaSoft® Studio (MSS) CPX, Leipzig, Alemania). Para la determinación del umbral ventilatorio 1 (VT1) y 2 (VT2), se utilizó el método expuesto por López-Chicarro J, *et al.*¹⁹. Al final de la prueba, todos los deportistas

declararon su percepción del esfuerzo (RPE final) mediante una escala de 6-20 por Abellán Alemán²⁰.

Análisis estadístico

Los resultados se presentan como media±desviación típica (DT). La prueba de normalidad de los datos se realizó mediante el test de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de la varianza (homocedasticidad) mediante el test de Levene. Las variables siguieron una distribución normal, por lo que se optó por realizar pruebas paramétricas. Las diferencias entre el grupo masculino y femenino en las características antropométricas, composición corporal, somatotipo y en la capacidad cardiorrespiratoria, se determinaron mediante una prueba *t* para muestras independientes. Adicionalmente, se calculó el porcentaje de diferencia de medias (Dif. %) y el tamaño del efecto (TE)²¹ para conocer las diferencias a efectos prácticos entre los grupos. TE menores a (0,2), entre (0,2 a 0,5), entre (0,5 a 0,8) o mayores de (0,8) fueron considerados triviales, bajos, moderados o altos, respectivamente²¹. Las asociaciones entre variables se calcularon mediante el coeficiente de correlación de Pearson (*r*). Para la interpretación de las magnitudes de las correlaciones se utilizó la siguiente escala: menor que (0,1) trivial; de (0,1 a 0,3) baja; de (0,3 a 0,5) moderada; de (0,5 a 0,7) alta; (0,7 a 0,9) muy alta; mayor que (0,9) casi perfecta. Los datos se analizaron utilizando el paquete estadístico Statistical Package for Social Science (SPSS® Inc, versión 23.0 para Windows, Chicago, IL, EEUU). El nivel de significación se estableció en *p* < 0,05. En los casos en los que a pesar de que las diferencias no fueran significativas pero los TE fueran altos (TE > 0,8), se consideraron diferencias a efectos prácticos.

Resultados

Los resultados correspondientes a las características antropométricas, la composición corporal y el somatotipo de los corredores de montaña que participaron en el estudio, así como la comparación en función del sexo se exponen en la Tabla 1, en la Figura 1 y en la Figura 2. Los resultados obtenidos en este estudio muestran diferencias significativas entre el grupo masculino y femenino, siendo los valores correspondientes a la masa, talla, IMC, perímetros, diámetros, porcentaje de masa muscular, porcentaje de resto y componente mesomórfico superiores en el grupo masculino (*p* < 0,01 o *p* < 0,05). Sin embargo, el grupo de corredoras femenino obtuvo significativamente mayores valores (*p* < 0,01 o *p* < 0,05) en los pliegues tricípital, muslo, pierna e ileocrestal así como en el sumatorio de pliegues, en el porcentaje graso, en la masa grasa, masa ósea y en el componente endomórfico. No se observaron diferencias significativas en lo que respecta a los pliegues subescapular, abdominal, suprailíaco e ileocrestal, al perímetro de cadera, del muslo y al componente ectomórfico.

En la Tabla 2, se exponen los resultados del test incremental máximo obtenidos en laboratorio por los corredores de montaña. El grupo masculino obtuvo valores significativamente mayores en el valor sistólico inicial (*p* < 0,01, TE = -1,45, alto), en el VO₂VT2 (*p* < 0,01, TE = -1,66 alto) y en el VO₂máx (*p* < 0,05, TE = -1,78 bajo). Sin embargo, el grupo de corredoras femenino obtuvo valores significativos más altos que el grupo masculino en SaPO₂ Ejer. máx (*p* < 0,01, TE = 1,16, alto).

Tabla 1. Resultados de las características antropométricas, composición corporal y somatotipo del total de participantes y diferencias atendiendo al sexo de los corredores de montaña.

Variable	Todos	Hombres	Mujeres	Dif. (%)	TE	P
General						
Masa (kg)	61,04±8,47	64,87±7,53	53,37±3,64	-17,72	-2,06	**
Talla (cm)	165,02±7,49	168,06±6,15	158,94±6,18	-5,43	-1,48	**
IMC (kg.m ²)	22,29±2,50	22,99±2,61	20,89±1,53	-9,11	-1,01	*
Pliegues						
Subescapular (mm)	13,21±5,16	12,85±5,20	13,98±5,18	8,34	0,21	
Tricipital (mm)	9,53±3,04	7,86±1,61	12,86±2,42	63,58	2,48	**
Abdominal (mm)	17,43±6,67	16,66±7,10	18,97±5,61	13,88	0,36	
Suprailíaco (mm)	10,72±5,24	9,78±5,70	12,59±3,64	28,80	0,60	
Muslo (mm)	11,98±6,01	9,10±3,03	17,74±6,40	94,98	1,83	**
Pierna (mm)	8,04±4,67	5,90±1,96	12,32±5,57	108,68	1,70	**
Bicipital (mm)	4,64±2,43	3,59±1,31	6,73±2,80	87,47	1,53	**
Ileocrestal (mm)	11,65±5,92	10,77±6,48	13,39±4,27	24,34	0,49	
Σ 8 Pliegues (mm)	87,19±29,88	76,51±26,37	108,53±24,14	41,85	1,24	**
Perímetros						
Tórax neutro (cm)	92,13±7,27	95,38±5,79	85,64±5,37	-10,21	-1,75	**
Abdomen 2 (cm)	79,15±6,92	81,32±6,44	74,80±5,84	-8,02	-1,06	**
Cadera (cm)	92,71±3,97	92,74±4,41	92,66±3,03	-0,09	-0,02	
Brazo extendido (cm)	28,15±2,37	28,85±2,27	26,73±1,94	-7,35	-1,01	*
Brazo flexionado (cm)	29,26±2,80	30,51±2,42	26,78±1,61	-12,21	-1,85	**
Antebrazo (cm)	24,50±1,95	25,51±1,38	22,49±1,22	-11,82	-2,31	**
Muslo (cm)	55,15±7,00	55,66±8,00	54,13±2,51	-2,75	-0,28	
Pierna (cm)	34,50±2,26	35,06±2,33	33,48±1,75	-4,50	-0,77	*
Diámetros						
Biacromial (cm)	37,22±2,72	38,23±2,63	35,22±1,57	-7,86	-1,43	**
Tórax transversal (cm)	27,43±2,25	28,43±1,93	25,43±1,34	-10,56	-1,84	**
Bileocrestal (cm)	27,99±2,91	27,90±1,36	28,16±4,75	0,92	0,08	
Codo (cm)	6,38±0,54	6,62±0,40	5,89±0,46	-11,04	-1,70	**
Composición corporal						
Índice cintura y cadera	22,29±2,50	0,54±0,20	0,78±0,34	44,69	0,89	*
% Masa grasa	14,36±5,13	12,45±4,75	18,18±3,52	46,02	1,38	**
% Masa ósea	26,57±5,31	24,87±5,34	29,97±3,29	20,49	1,18	**
% Masa muscular	42,92±4,05	44,41±3,57	39,93±3,31	-10,08	-1,30	**
% Resto	16,86±6,95	19,64±6,46	11,29±3,95	-42,51	-1,60	**
Somatotipo						
Endo	4,28±5,40	3,17±1,14	6,50±8,99	105,49	0,66	*
Meso	4,28±5,40	4,81±1,29	4,07±0,80	-15,35	-0,71	*
Ecto	4,56±1,19	2,19±1,14	2,33±0,92	6,06	0,13	
Índice ponderal	42,02±1,60	41,91±1,75	42,23±1,27	0,77	0,21	

Dif. (%): diferencia de medias en porcentaje; TE: tamaño del efecto; IMC: índice de masa corporal; Σ: sumatorio de 8 pliegues; Endo: componente endomórfico; Meso: componente mesomórfico; Ecto: componente ectomórfico. **($p < 0,01$) *($p < 0,05$) diferencia significativa entre el grupo masculino y femenino.

Con respecto a la asociación entre la edad de los corredores y las características antropométricas, se observó una correlación baja ($r = 0,37$ a $0,49$, $p < 0,01$) entre la edad y el peso, pliegue abdominal, IMC, perímetro tórax neutro, perímetro brazo flexionado, diámetro tórax transversal, porcentaje de masa ósea, porcentaje de resto e índice ponderal y una correlación moderada ($r = 0,51$ a $-0,65$, $p < 0,01$) entre la edad y el perímetro abdominal, el perímetro del brazo extendido y la FC pico en el test incremental máximo.

Finalmente, con respecto a la asociación entre las características antropométricas o de composición corporal con los resultados del test incremental en laboratorio, se observó una correlación moderada entre la mayor parte de pliegues cutáneos o las variables de composición

corporal con los resultados obtenidos en el test incremental. Se obtuvo una correlación alta entre el Σ pliegues y el $VO_{2m\acute{a}x}$ ($r = -0,79$, $p < 0,01$) (Figura 3A), entre el % grasa y el $VO_{2m\acute{a}x}$ ($r = -0,81$, $p < 0,01$) (Figura 3B) y entre el % grasa y el VO_{2VT2} ($r = -0,79$, $p < 0,01$) (Figura 3C).

Discusión

Los objetivos de este estudio fueron comparar las características antropométricas y cardiorrespiratorias de corredores de montaña masculinos y femeninos y examinar la asociación entre las características antropométricas y la capacidad cardiorrespiratoria. A pesar de

Tabla 2. Resultados en el test incremental máximo en laboratorio obtenidos por el total de participantes y diferenciado atendiendo al sexo de los corredores de montaña.

Variable	Todos	Hombres	Mujeres	Dif. (%)	TE	P
Valores reposo						
FC Reposo (lat. min ⁻¹)	64,50±11,55	63,63±11,52	66,25±11,78	4,12	0,22	
FC Reserva (lat. min ⁻¹)	118,67±13,96	122,03±14,57	111,94±9,96	-8,27	-0,82	
Sístole Inicial (mmHg)	123,15±14,39	128,88±12,17	111,69±11,53	-13,34	-1,45	**
Diástole Inicial (mmHg)	76,56±9,31	77,38±10,10	74,94±7,52	-3,15	-0,27	
SaPO ₂ Reposo (mmHg)	96,88±1,41	96,72±1,51	97,19±1,17	0,48	0,35	
VO ₂ Reposo (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	8,23±4,57	7,28±1,42	10,13±3,46	39,05	0,64	
Valores VT1						
VO ₂ VT1 (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	42,33±7,80	44,19±8,34	38,63±5,00	-12,58	-0,83	
VT1% VO ₂ pico (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	74,59±12,09	72,06±11,27	79,66±12,45	10,55	0,64	
Valores VT2						
VO ₂ VT2 (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	52,33±8,50	55,94±7,50	45,13±5,51	-19,32	-1,66	*
VT2% VO ₂ pico (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	91,43±5,63	91,04±5,38	92,22±6,21	1,28	0,20	
Valores pico						
FC pico (lat. min ⁻¹)	182,60±11,19	185,66±10,92	176,50±9,30	-4,93	-0,90	
Valor Sistólico pico (mmHg)	149,60±25,16	156,81±24,96	135,19±19,04	-13,79	-0,98	
Valor Diastólico pico (mmHg)	82,85±9,34	84,03±8,60	80,50±10,57	-4,20	-0,36	
VO ₂ máx (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	64,24±10,90	66,56±8,81	51,62±7,92	-22,45	-1,78	**
SaPO ₂ Pico (mmHg)	91,52±3,87	90,31±3,96	93,94±2,16	4,01	1,16	*
RPE Final	15,69±2,43	16,13±1,72	14,81±3,35	-8,13	-0,51	

% Dif: porcentaje de diferencia; TE: tamaño del efecto; SaPO₂: Saturación de oxígeno en sangre; FC: Frecuencia cardiaca; VO₂: volumen de oxígeno; VT1: Umbral ventilatorio 1; VT2: Umbral ventilatorio 2, RPE: escala de percepción del esfuerzo.

** (p<0,01) * (p<0,05) diferencia significativa entre el grupo masculino y femenino.

Figura 1. Somatocarta mujeres.

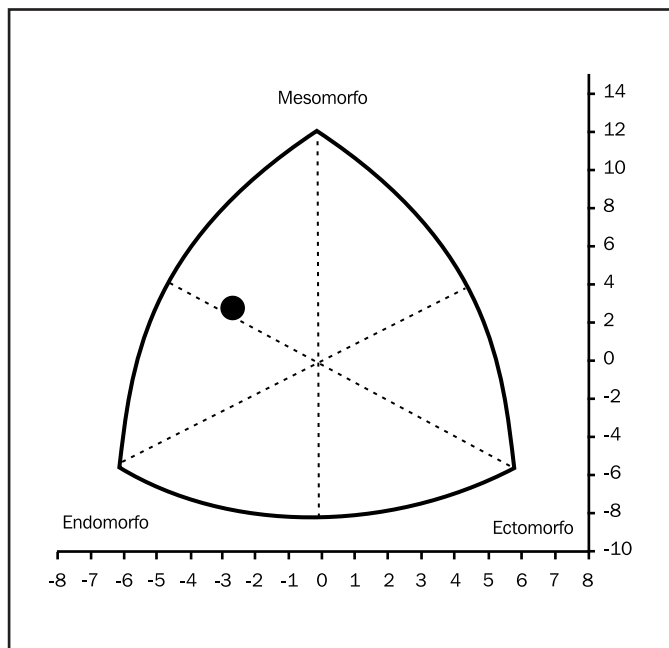
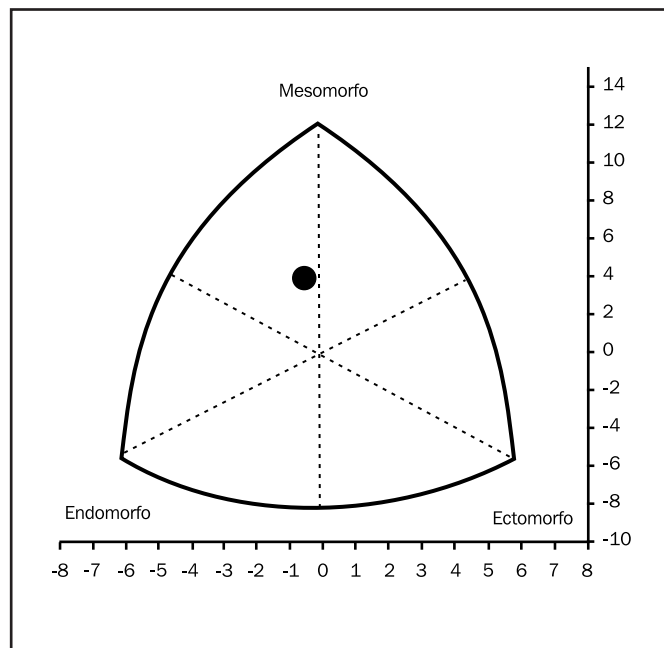


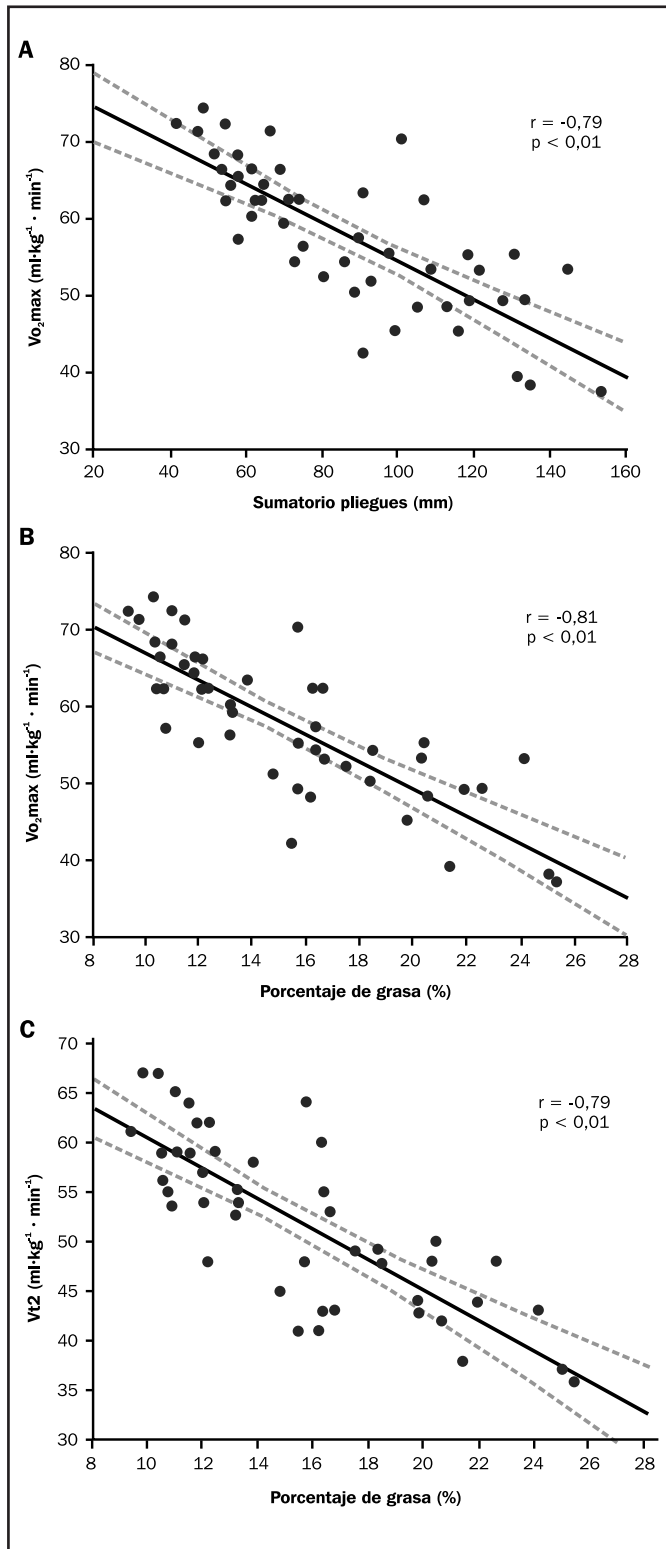
Figura 2. Somatocarta hombres.



que hay estudios que analizan las características antropométricas y el rendimiento cardiorrespiratorio en corredores de montaña^{5,7,12,14}, son escasos los estudios que analizan las diferencias entre corredores de montaña masculinos y femeninos. Aunque son conocidas las diferencias

en función del sexo en los factores físicos, fisiológicos y metabólicos en distintas modalidades deportivas, los protocolos de los estudios son heterogéneos y siguen siendo poco concluyentes en atletas altamente entrenados o de élite, ya que las diferencias entre deportistas masculinos

Figura 3. Resultados de la correlación entre el sumatorio de pliegues y el $VO_{2\text{máx}}$ (3A), el porcentaje de grasa y el $VO_{2\text{máx}}$ (3B) y entre el porcentaje de grasa y el $VO_{2\text{VT2}}$ (3C). En los corredores de montaña. $VO_{2\text{máx}}$: consumo máximo de oxígeno; $VO_{2\text{VT2}}$: consumo de oxígeno en el umbral ventilatorio 2.



y femeninos son menores a medida que se iguala el nivel de rendimiento en comparación con deportistas *amateurs*²³.

Conocer las características antropométricas de los corredores de resistencia puede ser relevante ya que se ha descrito que existe una importante asociación con el rendimiento en competición²⁴. Anteriores estudios han expuesto que las características antropométricas suelen ser distintas en deportistas masculinos y femeninos debido principalmente al dimorfismo sexual²⁵. Sin embargo, se desconoce si esas diferencias en función del sexo en las características antropométricas también se dan en corredores de montaña altamente entrenados. Un estudio realizado con corredores de media maratón de asfalto, expone que las mujeres tenían mayores valores en los pliegues cutáneos, un mayor porcentaje de grasa corporal y una menor masa muscular en comparación con los hombres⁹. En la misma línea, en otro estudio se observó que, en triatletas de *IronMan*, existían diferencias significativas en el porcentaje de grasa entre los triatletas hombres y mujeres¹¹. En un estudio realizado con ciclistas que competían en pruebas regionales y nacionales, se observó que el volumen de la pierna fue significativamente menor para las ciclistas femeninas en comparación con el grupo masculino, parámetro relacionado con la eficiencia bruta¹⁰. La mayor parte de los estudios publicados en la literatura que analizan las diferencias en las características antropométricas en función del sexo en otras modalidades deportivas coinciden con los resultados obtenidos en nuestro estudio realizado con corredores de montaña altamente entrenados, ya que en el presente estudio se ha observado que las mujeres poseían una mayor suma de los 8 pliegues cutáneos y una mayor masa grasa que los hombres, mientras que el grupo de corredores hombres tenía un IMC mayor y más masa muscular. Parece ser que, igual que ocurre en otras modalidades deportivas, el sexo puede condicionar las características antropométricas también en los corredores de montaña y puede ser un factor a tener en cuenta debido a la asociación que tiene con el rendimiento en carreras de resistencia²⁶. Se ha descrito que las características antropométricas de los corredores dependen en gran medida de la naturaleza de la competición, de las demandas energéticas de la misma, del nivel competitivo y de los hábitos de entrenamiento y nutricionales de los deportistas^{27,28}. Teniendo en cuenta que tanto los corredores hombres como mujeres deben salvar importantes desniveles positivos y negativos en las competiciones y en los entrenamientos, puede ser necesario que tengan unas adecuadas características antropométricas que permitan tener un mejor rendimiento⁷.

Con respecto a la capacidad cardiorrespiratoria, en otras modalidades deportivas de resistencia se han analizado anteriormente las diferencias entre hombres y mujeres²⁵⁻²⁷. Por ejemplo, en un estudio previo realizado con deportistas de esquí de travesía se observó que los hombres alcanzaron mayores velocidades finales (17%) que las mujeres en una prueba incremental y valores más altos de $VO_{2\text{máx}}$ (7-14%)³⁰. En la misma línea, otro estudio realizado con ciclistas de alto nivel competitivo, observó que los ciclistas masculinos tenían un $VO_{2\text{máx}}$ significativamente más alto que las mujeres, aunque estos resultados variaban en función del nivel de entrenamiento¹⁰. Por otro lado, otro estudio realizado con nadadores entrenados que realizaron una prueba incremental discontinua, mostró valores más altos de $VO_{2\text{máx}}$ en hombres, aunque las mujeres mostraron valores mayores de consumo de oxígeno asociado al primer umbral ventilatorio ($VO_{2\text{VT1}}$) y en la FC³². La mayor parte de

los resultados publicados en la literatura coinciden con los obtenidos en el presente estudio, donde los hombres obtuvieron valores más altos que las mujeres en la FC reserva, en el volumen sistólico inicial, en el VO_2 VT2, en la FC pico y en el $VO_{2m\acute{a}x}$. Parece ser que, al igual que ocurre en otras modalidades deportivas de resistencia, la capacidad cardiorrespiratoria puede ser determinante para expresar la diferencia entre hombres y mujeres corredores de montaña bien entrenados. Estas diferencias pueden ser debidas a factores de composición corporal, al potencial biológico, a la cantidad de hemoglobina (Hb) y glóbulos rojos o al factor de volumen sistólico (asiduamente menor en las mujeres)³³, entre otros factores. Sin embargo, teniendo en cuenta que la capacidad cardiorrespiratoria puede verse mejorada debida al entrenamiento³⁴, podría ser especialmente relevante que los entrenamientos de corredoras de montaña se centraran en la mejora de esta capacidad.

En la literatura científica existen multitud de estudios en distintas modalidades deportivas de resistencia donde se analiza la asociación entre las características antropométricas y los parámetros cardiorrespiratorios o de rendimiento deportivo^{31,32}. Por ejemplo, un estudio realizado con triatletas competidores en una prueba IronMan expone que el IMC está asociado con el tiempo total de la prueba y con el tiempo conseguido en el sector de carrera a pie³⁷. En la misma línea, y concretamente en corredores de montaña, un estudio con corredores participantes en el *Western States Endurance Run*, con una distancia de carrera de 161 km, mostró una correlación significativa entre el IMC y la velocidad de la carrera³⁸. Los resultados obtenidos en estudios anteriores son acordes a los resultados obtenidos en el presente estudio, donde se observó una correlación alta y negativa entre el Σ pliegues y el $VO_{2m\acute{a}x}$ ($r = -0,79$, $p < 0,01$), entre el %grasa y el $VO_{2m\acute{a}x}$ ($r = -0,81$, $p < 0,01$) y entre el % grasa y el VO_2 VT2 ($r = -0,79$, $p < 0,01$) en corredores de montaña. A pesar de que en el presente estudio se observó que un mayor Σ pliegues o un mayor % grasa perjudicaban al rendimiento en un test incremental en laboratorio, este estudio no analiza la asociación entre las características antropométricas con el rendimiento en competición. En algunos estudios se ha expuesto que las características antropométricas y la composición corporal de los atletas dependen del estado de entrenamiento, la distancia a cubrir en las pruebas y del tipo de modalidad³⁹, por lo que sería interesante analizar la influencia que pueden tener las características antropométricas en el rendimiento en competición de corredores de montaña. No obstante, atendiendo a los resultados obtenidos en el presente estudio se puede concluir que un % de grasa menor y un menor sumatorio de pliegues puede ir asociado a una mejora de la capacidad cardiorrespiratoria. Por lo tanto, uno de los objetivos del entrenamiento en corredores de montaña podría ir encaminada a reducir el % de grasa y el sumatorio de pliegues de los corredores.

El presente estudio no está exento de limitaciones. La principal limitación radica en el hecho del limitado número de participantes y un menor número de atletas femeninas. En futuros estudios se deberían realizar evaluaciones con un número mayor de corredores de montaña. Por otro lado, en el presente estudio se analizó la capacidad cardiorrespiratoria en una prueba en laboratorio, por lo que se sugiere, para estudios posteriores, realizar una prueba de campo, alguna prueba de competición o protocolos que simulen la competición. Por último, la prueba incremental se realizó a una altura de aproximadamente 1.726

m de altitud sobre el nivel del mar. Este aspecto ha podido condicionar considerablemente los resultados obtenidos para los corredores.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio ponen de manifiesto las diferencias existentes entre corredores de montaña hombres y mujeres en las características antropométricas y en la capacidad cardiorrespiratoria. El sumatorio de pliegues cutáneos y el porcentaje graso fueron más altos en las mujeres. Con respecto al $VO_{2m\acute{a}x}$ el grupo de corredores hombres obtuvo valores más altos que el grupo de mujeres en la FC reserva, en el volumen sistólico inicial, en el VO_2 VT2, en la FC pico y en el $VO_{2m\acute{a}x}$. Por otro lado, los resultados obtenidos en el presente estudio muestran una correlación inversamente significativamente y alta entre el porcentaje de grasa y el $VO_{2m\acute{a}x}$ y el porcentaje de grasa y el VO_2 VT2, poniendo de manifiesto que las características antropométricas pueden influir en el rendimiento cardiorrespiratorio de los corredores de montaña.

Conflicto de intereses

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

Bibliografía

- Baena Extremera A, Rebollo Rico S. Análisis del perfil sociodemográfico y competitivo del practicante de raids de aventura de ámbito nacional. *Apunt Educ Física y Deport*. 2009;98:68–77.
- Goig RL, Vilanova A. Spain: a Sociological analysis of the evolution and characteristics of running. In: *Running Across Europe*. Palgrave Macmillan, London; 2015. p. 1–21.
- Barnes KR, Kilding AE. Running economy: measurement, norms, and determining factors. *Sport Med - Open*. 2015;8(1):1–15.
- Sáinz-Fernández L, Rabadán-Ruiz M. Valoración de la condición aeróbica del corredor de orientación a pie de alto nivel español. *Arch Med Deporte*. 2013;30(158):359–64.
- Ramírez-Vélez R, Argothy-Bucheli R, Sánchez-Puccini MB, Meneses-Echávez JF, López-Albán CA. Características antropométricas y funcionales de corredores colombianos de élite de larga distancia. *Iatreia*. 2015;28(3):240–7.
- Knechtle B, Duff B, Welzel U, Götz K. Body mass and circumference of upper arm are associated with race performance in ultraendurance runners in a multistage race-The Isarrun 2006. *Res Q Exerc Sport*. 2008;80(2):262–8.
- Björklund G, Swarén M, Born DP, Stöggli T. Biomechanical adaptations and performance indicators in short trail running. *Front Physiol*. 2019;10:1–10.
- Giovanelli N, Biasutti L, Salvadego D, Alemayehu HK, Grassi B, Lazzar S. Changes in skeletal muscle oxidative capacity after a trail-running race. *Int J Sports Physiol Perform*. 2020;15(2):278–84.
- Friedrich M, Rüst CA, Rosemann T, Knechtle P, Barandun U, Lepers R, et al. A comparison of anthropometric and training characteristics between female and male half-marathoners and the relationship to race time. *Asian J Sports Med*. 2014;5(1):10–20.
- Hopker J, Jobson S, Carter H, Passfield L. Cycling efficiency in trained male and female competitive cyclists. *J Sport Sci Med*. 2010;9(2):332–7.
- Knechtle B, Knechtle P, Barandun U, Rosemann T. Anthropometric and training variables related to half-marathon running performance in recreational female runners. *Phys Sportsmed*. 2011;39(2):158–66.
- Scheer V, Janssen TI, Vieluf S, Heitkamp H-C. Predicting trail running performance with laboratory exercise tests and field based results. *J Int J Sport Physiol Perform*. 2018;14(1):1–13.
- Hausswirth C, Louis J, Bieuzen F, Pournot H, Fournier J, Filiard JR, et al. Effects of whole-body cryotherapy vs. far-infrared vs. passive modalities on recovery from exercise-induced muscle damage in highly-trained runners. *PLoS One*. 2015;6(12):1–7.
- Scheer V, Ramme K, Reinsberger C, Heitkamp H-C. VO_2 máx testing in trail runners: Is there a specific exercise test protocol? *Int J Sports Med*. 2018;39(06):456–61.

15. Balducci P, Cléménçon M, Morel B, Quiniou G, Saboul D, Hautier CA. Comparison of level and graded treadmill tests to evaluate endurance mountain runners. *J Sport Sci Med*. 2016;15:239–46.
16. Marfell-Jones M, Stewart A, Olds T. *International society for advancement of kinanthropometry*. 1st ed. London, England: Engineering & Technology, Sports and Leisure; 2006. 1–168 p.
17. Mazza JC. *Antropometría* (Spanish version of Anthropometrica). Norton K, Olds T, editors. Rosario, Argentina: Biosistem Servicio Educativo; 1995. 1–274 p.
18. Davis JA, Whipp NL, Huntsman DJ, Frank MH, Wasserman K. Effect of ramp slope on determination of aerobic parameters from the ramp exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1982;14(5):339–43.
19. López-Chicarro J, Vicente-Campos D, Cancino-Lopez J. Capítulo 3. Transición aeróbica-anaeróbica: concepto, metodología de determinación y aplicaciones. In: Editorial Médica Panamericana, editor. *Fisiología del Entrenamiento Aeróbico*. 2004. p. 39–45.
20. Abellán Alemán J, Sainz De Baranda Andujar P, Ortín Ortín EJ. *Guía para la prescripción de ejercicio físico en pacientes con riesgo cardiovascular*. 2nd ed. Murcia, España; 2014. 237 p.
21. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed. Lawrence Erlbaum Associates P, editor. New York, United States; 1988. 216 p.
22. Amarin S, Costa R, Vardasca R, Pontinga M. Resting metabolic rate, somatotype and body composition of Trail Running. *Int J Sports Physiol Perform*. 2016;11:1–6.
23. Ruby BC, Robergs RA. Gender differences in substrate utilisation during exercise. *Sport Med*. 1994;17(6):393–410.
24. Knechtle B, Knechtle P, Roseman T, Senn O. Sex differences in association of race performance, skin-fold thicknesses, and training variables for recreational Half-Marathon Runners. *Percept Mot Skills*. 2011;111(3):653–68.
25. Canda AS. *Variables antropométricas de la población deportista española*. Consejo Superior de Deportes. Madrid, España; 2012. 121 p.
26. Knechtle B, Wirth A, Baumann B, Knechtle P, Rosemann T, Seen O. Differential correlations between anthropometry, training volume, and performance in male and female ironman triathletes. *J Strength Cond Res*. 2010;24(10):2785–93.
27. Clemente-Suárez VJ. Psychophysiological response and energy balance during a 14-h ultraendurance mountain running event. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2015;40(3):269–73.
28. Belinchón-de Miguel P, Tornero-Aguilera JF, Dalamitros AA, Nikolaidis PT, Rosemann T, Knechtle B, et al. Multidisciplinary analysis of differences between finisher and non-finisher ultra-endurance mountain athletes. *Front Physiol*. 2019;10: 1507.
29. Maldonado-Martín S, Mujika I, Padilla S. Physiological variables to use in the gender comparison in highly trained runners. *J Sports Med Phys Fitness*. 2004;44(1):8–14.
30. Sandbakk Ø, Ettema G, Leirdal S, Holmberg HC, Lacour JR. Gender differences in the physiological responses and kinematic behaviour of elite sprint cross-country skiers. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(3):1087–94.
31. Schumacher YO, Mueller P, Keul J. Development of peak performance in track cycling. *J Sports Med Phys Fitness*. 2001;41(2):139–46.
32. Reis JF, Millet GP, Bruno PM, Vleck V, Alves FB. Sex and exercise intensity do not influence oxygen uptake kinetics in submaximal swimming. *Front Physiol*. 2017;8(72):1–8.
33. Gallo Flórez R. Cambios fisiológicos en la mujer deportista. Universidad de Antioquia, editor. *Educ Física y Deport*. 1995;17(1):103–9.
34. Hoffman MD. Ultramarathon trail running comparison of performance-matched men and women. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(9):1681–6.
35. Belli T, Meireles CLDS, Costa M de O, Ackermann MA, Gobatto CA. Somatotype, body composition and performance in ultramarathon. *Rev Bras Cineantropometria e Desempenho Hum*. 2016;18(2):127–35.
36. Cureton K, Bishop P, Hutchinson P, Newland H, Vickery S, Zwirner L. Sex difference in maximal oxygen uptake - Effect of equating haemoglobin concentration. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1986;54(6):656–60.
37. Knechtle B. Relationship of anthropometric and training characteristics with race performance in endurance and ultra-endurance athletes. *Asian J Sports Med*. 2014;5(2):73–90.
38. Hoffman MD. Anthropometric characteristics of ultramarathoners. *Int J Sports Med*. 2008;29(10):808–11.
39. Larry-Kenney W, Wilmore JH, Costill DL. *Physiology of sport and exercise*. 5th ed. Champaign, United States: Human Kinetics; 2012. 1–642 p.