

Composición Corporal, Parámetros Bioeléctricos y Fuerza de Presión Manual en Escaladores Chilenos Federados y Recreativos

Body Composition, Bioelectrical Parameters, and Handgrip Strength in Federated and Recreational Chilean Climbers

Francisco Olate-Gómez¹; Guillermo Gajardo-Araya^{2,3}; Rodrigo Yáñez-Sepúlveda⁴;
Jorge Olivares-Arancibia^{3,5}; Javier Sanchez-Martínez⁶ & Sam Hernández-Jaña³

OLATE-GÓMEZ, F.; GAJARDO-ARAYA, G.; YÁÑEZ-SEPÚLVEDA, R.; OLIVARES-ARANCIBIA, J.; SANCHEZ-MARTÍNEZ, J. & HERNÁNDEZ-JAÑA, S. Composición corporal, parámetros bioeléctricos y fuerza de presión manual en escaladores chilenos federados y recreativos. *Int. J. Morphol.*, 39(6):1547-1553, 2021.

RESUMEN: El objetivo del siguiente estudio fue determinar y comparar los valores de composición corporal, parámetros bioeléctricos y fuerza de presión manual de escaladores chilenos federados y recreativos. Participaron voluntariamente 13 escaladores chilenos, de los cuales 4 eran federados ($25,75 \pm 2,87$ años) y 9 recreativos ($22,33 \pm 1,41$ años). La composición corporal se evaluó por medio de un impedanciómetro bioeléctrico octopolar multifrecuencia, mientras que la fuerza de presión manual se determinó con un dinamómetro manual. Si bien no hubo diferencias en las variables de composición corporal entre ambos grupos, el ángulo de fase del tronco fue superior en los federados en comparación a los recreativos ($p = 0,011$ [95 % IC = 1,10; 5,20]). Respecto a la fuerza de presión manual, la fuerza relativa fue superior para los federados ($p = 0,025$ [95 % IC = 0,10; 0,22]), mientras que la diferencia de la fuerza entre la mano dominante y no dominante fue mayor para los recreativos ($p = 0,012$ [95 % IC = 1,60; 10,05]). Este es uno de los primeros estudios que explora las diferencias entre escaladores chilenos federados y recreativos. Los resultados sugieren una diferenciación a nivel de ángulo de fase y fuerza de presión manual, lo cual debería corroborarse con futuros estudios.

PALABRAS CLAVE: Masa muscular; Masa grasa; Dinamometría; Impedancia bioeléctrica; escalada.

INTRODUCCIÓN

La escalada es un deporte complejo y multifacético, caracterizado por contracciones isométricas repetidas de los músculos del antebrazo (Fryer *et al.*, 2018; Potter *et al.*, 2020). El interés a nivel mundial por la disciplina ha aumentado desde su aparición en los Juegos Olímpicos de la Juventud en el año 2018, así como su inclusión olímpica en los juegos de Tokio 2020 (Lutter *et al.*, 2017). Las modalidades descritas por la International Sports Climbing Federation (IFSC) son tres: speed, bouldering y lead. En la modalidad speed dos escaladores intentan escalar más rápido que su oponente una pared de 15 metros; en bouldering, los atletas escalan un número determinado de vías fijas en una pared de 4,5 metros en un tiempo específico; en lead, los deportistas intentan escalar lo más alto posible una pa-

red de más de 15 metros de altura dentro de un tiempo determinado (Hatch & Leonardon, 2020).

La popularidad ha mostrado un notorio aumento en la última década como deporte recreativo y competitivo (Lutter *et al.*). Según la Unión Internacional de Asociaciones de Alpinismo (UIAA, Consejo Internacional para la Escalada de Competencia), actualmente más de 45 países participan regularmente en el calendario oficial de las competiciones internacionales de escalada en interiores, por lo que se estima que la competitividad entre deportistas se incrementará paulatinamente. Por tanto, los deportistas tendrán que diferenciarse de sus pares a través del entrenamiento de las variables que mejoren el rendimiento deportivo.

¹ Universidad de Los Lagos, Técnico Deportivo Universitario, Chiloé, Chile.

² Magíster en Educación, Mención Política y Gestión Educativa, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Austral de Chile, Chile.

³ Grupo IRyS, Escuela de Educación Física, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

⁴ Escuela de Educación, Pedagogía en Educación Física, Universidad Viña del Mar, Chile.

⁵ Grupo AFySE, Investigación en Actividad Física y Salud Escolar, Escuela de Pedagogía en Educación Física, Facultad de Educación, Universidad de las Américas, Santiago, Chile.

⁶ Escuela de Kinesiología, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Viña del Mar, Chile.

A partir de lo anterior, diferentes variables se han asociado con el desempeño de escaladores (Sanchez *et al.*, 2019; Potter *et al.*), destacando principalmente las características físicas y funcionales como la composición corporal y la fatiga localizada del antebrazo (Arazi *et al.*, 2017). En este sentido, se ha enfatizado la importancia de elaborar descripciones y perfiles antropométricos de deportistas para ayudar en la planificación, captación, selección y formación de talentos (Rodríguez *et al.*, 2014). Para ello, la evaluación de la composición corporal es primordial para conocer el estado nutricional (Kuriyan, 2018), mientras que la evaluación de la fuerza de prensión manual podría asociarse con acciones y patrones específicos en el deporte (Cronin *et al.*, 2017).

La valoración e identificación de la composición corporal de los atletas de élite puede servir como una guía para planificar y monitorear el entrenamiento deportivo y, eventualmente, utilizarse para la selección de talentos en el deporte (Novoa-Vignau *et al.*, 2017). Para ello, un método ampliamente utilizado es la impedancia bioeléctrica (BIA), la cual es definida como un método simple, no invasivo y de bajo costo que estima diferentes variables corporales de utilidad para el entrenamiento como la masa magra, masa grasa, ángulo de fase (AnF), agua corporal, entre otras (Gonzalez *et al.*, 2016). En el caso específico del AnF, se ha destacado su utilización como variable bioeléctrica asociada con la actividad física y la fuerza muscular (de Blasio *et al.*, 2017; Mundstock *et al.*, 2019), así como también con el agua corporal (Marini *et al.*, 2020), lo cual podría ser de utilidad en la evaluación de la deshidratación en deportistas.

Por otra parte, la fuerza se ha usado como un importante predictor del rendimiento y puede ser medida a través de la fuerza de prensión manual en relación al peso corporal, denominada como fuerza relativa (Watts *et al.*, 1993). Si bien la evaluación de la fuerza muscular no siempre es sencilla, debido principalmente a que existen numerosas técnicas con diferentes protocolos, la dinamometría surge como una prueba simple y objetiva que estima la función del músculo esquelético a través de la prensión manual (Schlüssel *et al.*, 2008). Las diferencias de la fuerza de agarre entre ambas manos es una de las razones para fallar en la escalada (Gürer & Yıldız, 2015), ya que hay momentos durante las competencias o entrenamientos donde la mano debe soportar todo el peso del cuerpo (Stankovic *et al.*, 2011). De esta manera, la correcta evaluación permitirá identificar los desequilibrios entre las extremidades.

En Chile existe escasa información sobre las características de escaladores nacionales, siendo esto funda-

mental para el desarrollo de la disciplina. Por lo tanto, el objetivo de la siguiente investigación es determinar y comparar los valores de composición corporal, parámetros bioeléctricos y fuerza de prensión manual de escaladores chilenos federados y recreativos.

MATERIAL Y MÉTODO

Participantes. Participaron voluntariamente 13 escaladores chilenos de sexo masculino, de los cuales cuatro eran federados ($25,75 \pm 2,87$ años) y nueve recreativos ($22,33 \pm 1,41$ años). Los federados tenían una media de frecuencia semanal de entrenamiento de $4,38 \pm 1,38$ días, $11,88 \pm 7,49$ años de experiencia en práctica, competencias nacionales e internacionales en modalidad de lead y bouldering, así como también ranking en la Federación Chilena de Escalada. Por otra parte, los recreativos participaban regularmente del taller de escalada de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, aunque sin una frecuencia semanal determinada de tiempo ni sesiones.

Los participantes firmaron un consentimiento informado que declaraba las características, alcances, riesgos y uso de la información para investigación; además, el estudio se realizó a través de las normas éticas internacionales para la investigación con seres humanos de la actual Declaración de Helsinki (General Assembly of the World Medical Association, 2014).

Instrumentos. Para la evaluación de la masa corporal se utilizó una balanza digital Tanita® HD-314 (Tokio, Japón) con precisión de 100 g. La estatura fue medida usando un tallímetro de pared portátil marca Seca® (Hamburgo, Alemania) con una precisión de 0,1 cm. La fuerza de prensión manual fue valorada con un dinamómetro digital marca Baseline® modelo 12-0286 con precisión de 0,1 kg. La composición corporal fue evaluada con un impedanciómetro octopolar marca InBodyS10® (Seúl, Corea), utilizando 6 frecuencias de medición (1kHz, 5kHz, 50kHz, 250kHz, 500kHz, 1MHz), obteniendo la masa muscular, masa libre de grasa, masa grasa, AnF, reactancia, impedancia y agua corporal.

Procedimientos. Las evaluaciones se efectuaron durante el año 2018, siendo todas realizadas durante las primeras horas de la mañana. Se utilizó el protocolo propuesto por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) para obtener la masa corporal y estatura de los participantes (Stewart *et al.*, 2011). El cálculo del índice de masa corporal (IMC) se obtuvo mediante la división del peso por la estatura al cuadrado (kg/m^2).

La composición corporal y los parámetros bioeléctricos se evaluaron mediante impedancia bioeléctrica. Esta se realizó en posición sentado, sobre una superficie no conductora, descalzo, y sin elementos metálicos que pudieran alterar la información o poner en peligro al participante. Embarazadas y personas con marca pasos quedaron excluidos de la evaluación. Se limpió la superficie de contacto con alcohol y se ubicaron los electrodos en ambas manos y pies como se ha sugerido previamente (Rodríguez & Almagià, 2016). El cálculo del índice músculo-grasa se obtuvo a partir de la división de la masa muscular por la masa grasa (kg/kg).

El protocolo para la fuerza de prensión manual fue explicado por el evaluador antes de que los participantes realizaran la prueba. Cada escalador realizó dos intentos con cada mano, seleccionando el mejor intento de ambos para la determinación de la fuerza de prensión máxima. Además, se proporcionó un descanso de un minuto entre cada uno de los intentos para la recuperación de los escaladores (Watanabe *et al.*, 2005). Una vez explicado el protocolo, el sujeto probaba el instrumento y lo ajustaba a la medida de la mano para su comodidad. El brazo debía estar extendido paralelo al cuerpo y se ejercía una presión máxima durante 3 segundos, marcando el máximo de fuerza durante ese periodo. La fuerza relativa se obtuvo mediante la división de la fuerza de prensión manual (kg) por la masa corporal (kg).

Análisis estadístico. Los datos descriptivos se presentan como mediana y rango intercuartílico (RIQ). Las variables de composición corporal, parámetros bioeléctricos y fuerza de prensión manual se compararon entre escaladores federados y recreativos a través del test no paramétrico U de Mann-Whitney para muestras independientes, mientras que la comparación de la fuerza de la mano dominante y no dominante de cada grupo de escaladores se evaluó a través del test de Wilcoxon para muestras relacionadas. El nivel de

significancia se estableció en $p < 0.05$. Todos los análisis se realizaron con el software JAMOVI (R Core Team, 2018; The Jamovi Project, 2019).

RESULTADOS

Composición corporal y parámetros bioeléctricos.

La Tabla I muestra las características generales de los escaladores y la comparación de la composición corporal entre federados y recreativos, de las cuales ninguna fue estadísticamente significativa.

En relación con las variables de impedancia bioeléctrica (Tabla II), se identificó que el AnF del tronco fue significativamente mayor en los escaladores federados en comparación a los recreativos ($p = 0,011$ [95 % IC = 1,10; 5,20]). Por otro lado, ningún otro parámetro como el AnF total o segmental, reactancia, resistencia y agua corporal tuvo diferencias estadísticas significativas entre los escaladores.

Fuerza de prensión manual. En relación con los resultados de fuerza de prensión manual (Tabla III), los escaladores federados tuvieron un valor estadísticamente superior en la fuerza relativa ($p = 0,025$ [95 % IC = 0,10; 0,22]). Por otra parte, los recreativos tuvieron un valor más alto en la mano dominante y un delta de 7,1 kg en comparación con la mediana de la no dominante, siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,012$ [95 % IC = 1,60; 10,05]). En la Figura 1 se ilustra la comparación de la fuerza de prensión manual entre la mano dominante y no dominante, según la categoría de escaladores. Se observó que no hay una diferencia en este indicador en los escaladores federados ($p = 1,000$), mientras que, en los escaladores recreativos, la mano no dominante fue menor que la dominante ($p = 0,012$ [95 % IC = 1,60; 10,05]).

Tabla I. Valores antropométricos y de composición corporal de escaladores federados y recreativos, Chile.

	Todos (n=13)	Federados (n=4)	Recreativos (n=9)	p-valor (95% IC)
	Mediana (RIQ)	Mediana (RIQ)	Mediana (RIQ)	
Peso (kg)	63,70 (60,40-78,10)	61,90 (59,65-63,70)	73,60 (61,50-82,70)	0,142 (-22,70; -3,00)
Estatura (cm)	170,50 (165,25-174,50)	165,25 (162,00-169,25)	174,00 (167,00-178,50)	0,053 (-17,00; 1,00)
IMC (kg/m ²)	23,93 (21,62-24,44)	22,00 (21,77-23,95)	24,03 (21,05-24,84)	0,817 (-3,50; 2,40)
Masa muscular (kg)	31,70 (30,25-36,35)	31,55 (28,73-33,18)	35,30 (30,25-37,70)	0,330 (-9,10; 3,50)
Masa muscular (%)	49,45 (45,59-51,36)	51,18 (47,06-53,06)	47,96 (45,10-51,11)	0,199 (-1,95; 7,77)
Masa libre de grasa (kg)	56,20 (53,45-63,90)	55,45 (51,40-58,08)	61,70 (53,45-66,10)	0,330 (-14,50; 6,00)
Masa libre de grasa (%)	87,28 (81,38-89,92)	89,87 (84,34-92,82)	83,83 (80,44-89,13)	0,199 (-2,92; 12,07)
Masa grasa (kg)	9,40 (6,20-12,35)	6,45 (4,35-9,53)	9,50 (7,65-14,60)	0,106 (-11,30; 1,00)
Masa grasa (%)	12,72 (10,09-18,62)	10,13 (7,18-15,66)	16,17 (10,87-19,56)	0,199 (-12,07; 2,92)
Índice músculo-grasa	3,89 (2,45-5,08)	5,46 (3,06-7,40)	2,97 (2,32-4,74)	0,199 (-1,31; 4,97)
Masa magra brazo derecho (kg)	3,42 (2,96-3,65)	3,35 (2,94-3,35)	3,50 (2,96-3,85)	0,643 (-0,88; 0,71)
Masa magra brazo izquierdo (kg)	3,37 (3,03-3,71)	3,32 (2,98-3,52)	3,45 (2,94-3,84)	0,710 (-0,80; 0,85)
Masa magra tronco (kg)	25,70 (24,10-28,45)	25,65 (23,73-26,83)	27,30 (23,90-29,35)	0,604 (-6,20; 4,30)
Masa magra pierna derecha (kg)	8,31 (7,91-9,52)	7,91 (7,27-8,22)	9,46 (8,06-10,17)	0,076 (-3,22; 0,25)
Masa magra pierna izquierda (kg)	8,21 (7,83-9,60)	7,83 (7,24-8,14)	9,50 (8,05-10,17)	0,076 (-3,26; 0,18)

RIQ: rango intercuartílico p25-p75; IC: intervalo de confianza; IMC: índice de masa corporal.

Tabla II. Indicadores de impedancia bioeléctrica de escaladores federados y recreativos, Chile.

	Todos (n=13) Mediana (RIQ)	Federados (n=4) Mediana (RIQ)	Recreativos (n=9) Mediana (RIQ)	p-valor (95% IC)
AnF (°) total	7,16 (6,75-8,15)	8,02 (7,05-8,38)	6,90 (6,60-7,78)	0,199 (-0,34; 1,68)
AnF (°) 50kHz brazo derecho	6,10 (5,90-6,75)	6,55 (6,08-6,80)	6,00 (5,80-6,70)	0,243 (-0,50; 1,00)
AnF (°) 50kHz brazo izquierdo	6,30 (5,80-6,65)	6,60 (6,05-6,85)	6,10 (5,55-6,55)	0,246 (-0,60; 1,30)
AnF (°) 50kHz tronco	9,90 (8,35-12,00)	12,55 (11,05-13,38)	8,60 (7,70-10,05)	*0,011 (1,10; 5,20)
AnF (°) 50kHz pierna derecha	7,10 (6,80-7,50)	7,25 (6,05-7,48)	7,00 (6,80-7,70)	0,999 (-1,30; 0,60)
AnF (°) 50kHz pierna izquierda	7,20 (6,70-7,55)	7,05 (6,00-7,50)	7,20 (6,70-7,90)	0,698 (-1,50; 0,60)
Xc (Ω) total	22,60 (21,87-25,86)	24,23 (20,32-26,13)	22,60 (21,87-25,55)	0,816 (-4,94; 4,16)
Xc (Ω) 50kHz brazo derecho	30,60 (28,65-31,70)	31,10 (25,90-31,80)	30,00 (28,65-33,10)	0,825 (-6,80; 3,10)
Xc (Ω) 50kHz brazo izquierdo	29,70 (28,15-31,85)	29,95 (26,50-32,13)	29,70 (28,15-31,85)	0,940 (-5,90; 3,00)
Xc (Ω) 50kHz tronco	2,90 (2,55-3,45)	3,45 (3,08-3,68)	2,60 (2,45-3,05)	0,052 (-0,20; 1,20)
Xc (Ω) 50kHz pierna derecha	27,00 (24,50-30,35)	27,70 (23,03-31,55)	27,00 (24,50-29,45)	0,877 (-6,10; 6,30)
Xc (Ω) 50kHz pierna izquierda	26,40 (24,90-31,55)	28,45 (23,10-32,00)	26,40 (25,10-30,70)	0,999 (-6,50; 6,70)
Z(Ω) total	199,10 (192,80-216,96)	208,03 (176,68-216,45)	197,58 (192,80-221,56)	0,940 (-48,44; 22,74)
Z(Ω) 50kHz brazo derecho	283,60 (261,85-295,80)	267,65 (232,93-287,68)	285,10 (261,85-300,00)	0,414 (-80,50; 21,50)
Z(Ω) 50kHz brazo izquierdo	275,70 (258,55-291,35)	266,55 (234,20-283,08)	288,30 (264,90-296,40)	0,148 (-73,90; 13,30)
Z(Ω) 50kHz tronco	16,80 (15,80-18,90)	15,85 (14,95-17,28)	18,30 (16,25-19,70)	0,105 (-4,80; 0,80)
Z(Ω) 50kHz pierna derecha	212,30 (202,55-245,50)	241,35 (196,48-246,40)	209,90 (202,55-246,90)	0,710 (-27,60; 43,00)
Z(Ω) 50kHz pierna izquierda	215,20 (200,20-252,80)	246,25 (201,10-254,05)	210,50 (200,20-246,70)	0,710 (-24,60; 52,60)
AIC (L)	25,80 (24,75-29,40)	25,70 (23,60-26,98)	28,60 (24,75-30,45)	0,315 (-6,90; 2,80)
AEC (L)	15,40 (14,35-17,35)	15,00 (14,13-15,58)	16,60 (14,35-17,95)	0,330 (-3,70; 1,40)
ACT (L)	41,20 (39,10-46,75)	40,70 (37,73-42,55)	45,20 (39,10-48,40)	0,330 (-10,60; 4,60)
AEC/ACT	0,37 (0,37-0,37)	0,37 (0,36-0,38)	0,37 (0,37-0,37)	0,938 (-0,01; 0,01)

* Significancia estadística ($p < 0,05$); RIQ: rango intercuartílico p25-p75; IC: intervalo de confianza; AnF: ángulo de fase; Xc: reactancia; z: impedancia; Ω: ohmios; AIC: agua intracelular; AEC: agua extracelular; ACT, agua corporal.

Tabla III. Dinamometría manual de escaladores federados y recreativos, Chile.

	Todos (n=13) Mediana (RIQ)	Federados (n=4) Mediana (RIQ)	Recreativos (n=9) Mediana (RIQ)	p-valor (95% IC)
Fuerza máxima (kg)	46,90 (42,85-50,90)	48,45 (42,93-51,35)	46,60 (42,85-51,25)	0,825 (-6,90; 8,80)
Fuerza relativa	0,69 (0,65-0,75)	0,76 (0,71-0,84)	0,66 (0,62-0,71)	*0,025 (0,10; 0,22)
Fuerza MD (kg)	46,60 (42,85-50,45)	46,45 (42,63-50,58)	46,60 (42,85-50,60)	0,940 (-7,60; 8,80)
Fuerza MND (kg)	43,40 (37,10-50,70)	48,20 (42,80-51,13)	39,50 (34,05-50,01)	0,260 (-5,00; 16,80)

* Significancia estadística ($p < 0,05$); RIQ: rango intercuartílico p25-p75; IC: intervalo de confianza; MD: mano dominante; MND: mano no dominante.

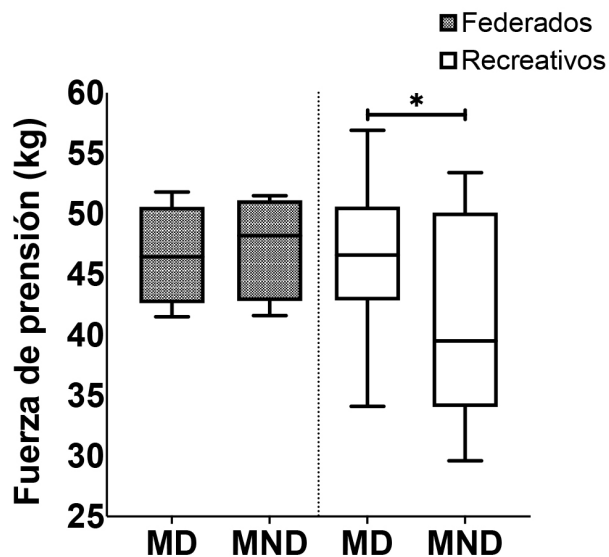


Fig. 1. Comparación de los niveles de fuerza entre mano dominante y no dominante de escaladores federados y recreativos. MD: mano dominante; MND: mano no dominante. * Diferencia significativa ($p < 0,05$).

DISCUSIÓN

El objetivo de esta investigación fue determinar y comparar las características de composición corporal, parámetros bioeléctricos y fuerza de prensión manual de escaladores chilenos federados y recreativos. Los principales resultados fueron que los escaladores federados tuvieron un AnF de tronco mayor que los recreativos y mayor fuerza relativa de prensión manual que los escaladores recreativos. Además, los escaladores recreativos alcanzaron menor fuerza en la mano no dominante, en comparación con la dominante.

Composición corporal y parámetros bioeléctricos. Diversos estudios han identificado variables que se asocian al rendimiento deportivo en la escalada (Saul *et al.*, 2019; MacKenzie *et al.*, 2020; Mermier *et al.*, 2000); sin embargo, en nuestro estudio no se encontraron diferencias significativas en las variables de composición corporal entre los escaladores federados y recreativos. Esto es preocupante ya que, en deportes como la escalada en donde se requiere movilizar el peso corporal, la masa muscular o grasa adicional pueden ser desfavorables para el rendimiento (Grant *et al.*, 1996). En este sentido, un estudio con escaladores elite españoles encontró valores promedio inferiores a ambos grupos de nuestro estudio en la masa muscular, tanto en valores absolutos como porcentuales (Alvero-Cruz *et al.*, 2011). Sin embargo, aquel estudio utilizó antropometría e impedancia de 4 electrodos, por lo que la comparación estaría limitada por las diferencias metodológicas. En cuanto a la masa grasa, un estudio en escaladores italianos encontró valores superiores a los federados de nuestro estudio (Barbieri *et al.*, 2012). Este grupo de escaladores poseía experiencia en escalada en montaña y la evaluación se realizó previo a un ascenso, lo que podría explicar la diferencia a favor de los participantes de nuestro estudio quienes tienen una edad menor a los escaladores italianos, menos años de experiencia y práctica en otras modalidades (bouldering y lead).

Pese a que los escaladores federados tuvieron aproximadamente un tercio más en la mediana del índice músculo-grasa que los recreativos, esta diferencia no fue significativa. En este sentido, se realza la importancia de poseer una proporción mayor de masa muscular sobre la masa grasa para los deportistas, ya que el exceso de grasa podría perjudicar el desempeño, sobre todo el de aquellos con un menor nivel competitivo. De hecho, los escaladores podrían beneficiarse al mejorar este índice de masa muscular y grasa, especialmente en el rendimiento de ciertas modalidades de escalada como speed. En esta última debe alcanzarse una altura de 15 metros en el menor tiempo posible y el peso extra podría convertirse en una desventaja (Macleod *et al.*, 2007).

En relación con los valores de bioimpedancia, solamente se observó una diferenciación en el AnF de tronco, siendo mayor en los escaladores federados. Al respecto, se ha observado que el AnF tiende a ser mayor en sujetos deportistas en comparación a la población normal (Marra *et al.*, 2019). Lo anterior respaldaría en parte nuestros hallazgos, considerando las diferencias en el nivel competitivo entre los escaladores federados y recreativos. Esto se debe principalmente a que el AnF refleja parámetros como la salud celular, masa celular corporal y la integridad de la membrana celular (Norman *et al.*, 2012), los cuales tienden a ser más elevados en deportistas. De hecho, un valor elevado de AnF se podría explicar por una menor resistencia, la cual se ve beneficiada por valores altos de masa muscular, ya que aumenta el agua intracelular y, por consecuencia, el AnF (Kyle *et al.*, 2004; Ribeiro *et al.*, 2014; Mundstock *et al.*). Si bien no hubo diferencias significativas en los valores de masa muscular entre ambos grupos, podría ser que la impedancia, al entregar indicadores de la calidad de la membrana celular (Norman *et al.*; Di Vincenzo *et al.*, 2019), pueda detectar modificaciones en la calidad y la función muscular que la masa por sí sola no puede demostrar. Por tanto, esto podría explicar un valor más bajo en el AnF del tronco de los recreativos debido al aumento de la resistencia en aquellos con un menor nivel competitivo (Norman *et al.*).

Fuerza de prensión manual. Algunos estudios señalan que la fuerza de prensión manual es un buen predictor del rendimiento deportivo en la escalada (Watts *et al.*; Grant *et al.*). Por ejemplo, una investigación encontró que la fuerza de prensión manual era mayor en escaladores elite en comparación a los recreativos (Grant *et al.*). Sin embargo, un reciente estudio identificó que la fuerza de prensión manual sería una variable secundaria para el rendimiento de escalada en roca, siendo la fuerza y resistencia del hombro, mejores predictores (MacKenzie *et al.*). Al respecto, podría inferirse que las demandas de la disciplina en roca podrían diferir a las realizadas en speed o lead, debido principalmente al tiempo de esfuerzo en cada modalidad, siendo el hombro un factor más determinante dada la mayor fuerza y resistencia a esfuerzos prolongados y a la participación de un complejo funcional más grande (Pühringer *et al.*, 2017). De hecho, al comparar la fuerza del hombro y las manos podría inferirse una mayor capacidad al esfuerzo en el hombro en comparación a las manos, las cuales se componen principalmente de un grupo de pequeños músculos como los flexores de los dedos (Macleod *et al.*). A pesar de lo anterior, el esfuerzo y la demanda muscular estaría más ligada a la dificultad del esfuerzo, ya que se ha encontrado que a medida que aumenta el nivel de la escalada, se incrementa la dependencia del complejo escapular (Birkett, 1988; Watts *et al.*).

Por otra parte, si bien no se encontraron diferencias significativas entre los grupos en la fuerza de prensión de la mano dominante, se identificó un desbalance en la fuerza de las manos de los escaladores recreativos. Al respecto, podría inferirse que aquellos escaladores con mejor rendimiento y mayor experiencia no dependerían solamente de una extremidad, siendo necesario que ambas respondan de igual manera a las demandas de la disciplina. Lo anterior parecer ser clave, considerando que hay ocasiones durante la práctica en la que el cuerpo es sostenido completamente por una mano (Stankovic *et al.*). De esta manera, las diferencias de agarre entre ambas manos son consideradas como una de las razones para fallar en la competencia o el entrenamiento (Gürer & Yıldız). En este sentido, las diferencias en la fuerza relativa halladas entre ambos grupos respaldan la teoría sobre la importancia de nivelar el desempeño de la fuerza en ambas extremidades, debido a que es un buen predictor del rendimiento de escaladores (Saul *et al.*).

Limitaciones. Los resultados deben tomarse con cautela, debido a la presencia de algunas limitaciones. Una de ellas es el tamaño muestral y la diferencia en el número de participantes entre ambos grupos. Asimismo, la falta de especificidad en las modalidades de competición podría realzar las diferencias debido a las características específicas que cada una tiene para optimizar el desempeño. Por último, los métodos doblemente indirectos como la impedancia bioeléctrica y la antropometría podrían aumentar la variabilidad de los resultados, lo que limitaría la comparación con otros métodos de evaluación más precisos.

CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación permitieron conocer las diferencias entre escaladores chilenos federados y recreativos. Estos hallazgos son importantes para los deportistas, ya que los valores de referencia permiten orientar las estrategias para mejorar el desempeño; del mismo modo, los escaladores recreativos pueden comparar sus características y rendimiento en pruebas que son determinantes para la disciplina deportiva. Por lo tanto, mejorar los porcentajes de masa grasa e índice músculo-grasa podría repercutir en el desempeño relacionado a la disminución del peso de lastre en ciertas modalidades, lo que aumentaría el valor de la fuerza relativa que ha demostrado ser una variable importante en cuanto al rendimiento en la escalada. A la vez, reducir la diferencia entre la fuerza de prensión manual entre ambas manos de los escaladores recreativos podría ayudar a mejorar su rendimiento, ya que esto permitiría acercarse a una de las características propias de un escalador de elite.

Finalmente, futuros estudios deberían incluir mujeres y una proporción mayor de participantes de diversas categorías y niveles competitivos, obteniendo así una visión más amplia de la diversidad de deportistas de la disciplina, así como de las diferentes modalidades dentro del mismo deporte, lo cual permitiría establecer perfiles específicos por modalidad. Del mismo modo, la inclusión de pruebas cognitivas, fisiológicas y la utilización de métodos más precisos para la valoración de la composición corporal como la absorciometría dual de rayos X o la imagen por resonancia magnética serían útiles para corroborar los datos obtenidos, considerando las limitaciones de la antropometría y la impedancia bioeléctrica para proporcionar valores estándar y representativos de la población deportiva.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los escaladores que participaron desinteresadamente en la investigación. Del mismo modo, a Campus Climbing Viña del Mar y a la Dirección de Deporte y Actividad Física de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso por facilitar los espacios requeridos.

OLATE-GÓMEZ, F. ;GAJARDO-ARAYA, G.;YÁÑEZ-SEPÚLVEDA, R.; OLIVARES-ARANCIBIA, J.;SANCHEZ-MARTINEZ, J. & HERNÁNDEZ-JAÑA, S. Body composition, bioelectrical parameters, and handgrip strength in federated and recreational Chilean climbers. *Int. J. Morphol.*, 39(5):1547-1553, 2021.

SUMMARY: This study aimed to determine and compare the body composition, bioelectric parameters, and handgrip strength in federated and recreational Chilean climbers. Thirteen Chilean climbers voluntarily participated, being 4 federated (25.75 ± 2.87 years) and 9 recreational (22.33 ± 1.41 years). Body composition was measured using a multifrequency octopolar bioelectrical impedance meter, while handgrip strength was determined with a dynamometer. Although there were no statistical differences in the body composition variables between groups, the trunk phase angle was statistically higher in the federated compared to the recreational climbers ($p = 0,011$ [95 % CI = 1,10; 5,20]). Regarding handgrip strength, the relative strength was higher for federated ($p = 0,025$ [95 % CI = 0,10; 0,22]), while the difference in strength between dominant and non-dominant hand was higher for recreational climbers ($p = 0,012$ [95 % CI = 1,60; 10,05]). This study is one of the first that explore the differences between federated and recreational Chilean climbers. These results suggest a differentiation at the level of phase angle and handgrip strength, which should be corroborated in future studies.

KEY WORDS: Muscle mass; Fat mass; Dynamometer; Bioelectrical impedance; Climbing.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvero-Cruz, J. R.; Giner Arnabat, L.; Alacid Cárceles, F.; Rosety-Rodríguez, M. Á. & Ordóñez Muñoz, F. J. Somatotype, fat and muscle mass of elite Spanish climbers. *Int. J. Morphol.*, 29(4):1223-30, 2011.
- Arazi, H.; Saedi, T. & Izadi, M. Association of anthropometric, physiological and physical traits to success of elite male mountain climbers. *Fizicka Kultura*, 71(1):12-20, 2017.
- Barbieri, D.; Zaccagni, L.; Cogo, A. & Gualdi-Russo, E. Body composition and somatotype of experienced mountain climbers. *High Alt. Med. Biol.*, 13(1):46-50, 2012.
- Birkett, B. *Modern Rock and Ice Climbing*. London, A C Black, 1988.
- Cronin, J.; Lawton, T.; Harris, N.; Kilding, A. & McMaster, D. T. A brief review of handgrip strength and sport performance. *J. Strength Cond. Res.*, 31(11):3187-217, 2017.
- de Blasio, F.; Santaniello, M. G.; de Blasio, F.; Mazzarella, G.; Bianco, A.; Lionetti, L.; Franssen, F. M. E. & Scalfi, L. Raw BIA variables are predictors of muscle strength in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 71(11):1336-40, 2017.
- Di Vincenzo, O.; Marra, M. & Scalfi, L. Bioelectrical impedance phase angle in sport: A systematic review. *J. Int. Soc. Sports Nutr.*, 16:49, 2019.
- Fryer, S. M.; Giles, D.; Palomino, I. G.; de la O Puerta, A. & España-Romero, V. Hemodynamic and cardiorespiratory predictors of sport rock climbing performance. *J. Strength Cond. Res.*, 32(12):3534-41, 2018.
- General Assembly of the World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *J. Am. Coll. Dent.*, 81(3):14-8, 2014.
- Gonzalez, M. C.; Barbosa-Silva, T. G.; Bielemann, R. M.; Gallagher, D. & Heymsfield, S. B. Phase angle and its determinants in healthy subjects: influence of body composition. *Am. J. Clin. Nutr.*, 103(3):712-6, 2016.
- Grant, S.; Hynes, V.; Whittaker, A. & Aitchison, T. Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers. *J. Sports Sci.*, 14(4):301-9, 1996.
- Gürer, B., & Yıldız, M. Investigation of Sport Rock Climbers' Handgrip Strength. *Biol. Exerc.*, 11:55-71, 2015.
- Hatch, T. & Leonardon, F. *Rules 2020. Version No 1.5.1. International Federation of Sport Climbing, 2020*. Disponible en: https://cdn.ifsc-climbing.org/images/World_Competitions/IFSC_Rules_2020_v151_PUBLIC_compressed.pdf
- Kuriyan, R. Body composition techniques. *Indian J. Med. Res.*, 148(5):648-58, 2018.
- Kyle, U. G.; Bosaeus, I.; De Lorenzo, A. D.; Deurenberg, P.; Elia, M.; Gómez, J. M.; Heitmann, B. L.; Kent-Smith, L.; Melchior, J. C.; Pirlich, M.; et al. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clin. Nutr.*, 23(5):1226-43, 2004.
- Lutter, C.; El-Sheikh, Y.; Schöffl, I. & Schöffl, V. Sport climbing: medical considerations for this new Olympic discipline. *Br. J. Sports Med.*, 51(1):2-3, 2017.
- MacKenzie, R.; Monaghan, L.; Masson, R. A.; Werner, A. K.; Caprez, T. S.; Johnston, L. & Kemi, O. J. Physical and physiological determinants of rock climbing. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 15(2):168-79, 2020.
- MacLeod, D.; Sutherland, D. L.; Buntin, L.; Whitaker, A.; Aitchison, T.; Watt, I.; Bradley, J. & Grant, S. Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance. *J. Sports Sci.*, 25(12):1433-43, 2007.
- Marini, E.; Campa, F.; Buffa, R.; Stagi, S.; Matias, C. N.; Toselli, S.; Sardinha, L. B. & Silva, A. M. Phase angle and bioelectrical impedance vector analysis in the evaluation of body composition in athletes. *Clin. Nutr.*, 39(2):447-54, 2020.
- Marra, M.; Sammarco, R.; De Lorenzo, A.; Iellamo, F.; Siervo, M.; Pietrobelli, A.; Donini, L. M.; Santarpia, L.; Cataldi, M.; Pisanis, F.; et al. Assessment of body composition in health and disease using Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) and Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DXA): a critical overview. *Contrast Media Mol. Imaging*, 2019:e3548284, 2019.
- Mermier, C. M.; Janot, J. M.; Parker, D. L. & Swan, J. G. Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *Br. J. Sports Med.*, 34(5):359-65, 2000.
- Mundstock, E.; Amaral, M. A.; Baptista, R. R.; Sarria, E. E.; dos Santos, R. R. G.; Detoni Filho, A.; Rodrigues, C. A. S.; Forte, G. C.; Castro, L.; Padoin, A. V.; et al. Association between phase angle from bioelectrical impedance analysis and level of physical activity: Systematic review and meta-analysis. *Clin. Nutr.*, 38(4):1504-10, 2019.
- Norman, K.; Stobäus, N.; Pirlich, M. & Bösly-Westphal, A. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis--clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin. Nutr.*, 31(6):854-61, 2012.
- Novoa-Vignau, M. F.; Salas-Fraire, O.; Salas-Longoria, K.; Hernández-Suárez, G. & Menchaca-Pérez, M. A comparison of anthropometric characteristics and somatotypes in a group of elite climbers, recreational climbers and non-climbers. *Med. Univ.*, 19(75):69-73, 2017.
- Potter, J. A.; Hodgson, C. I.; Broadhurst, M.; Howell, L.; Gilbert, J.; Willems, M. E. T. & Perkins, I. C. Effects of New Zealand blackcurrant extract on sport climbing performance. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 120(1):67-75, 2020.
- Pühringer, M.; Strutzenberger, G.; Leitl, D.; Holzner, K. & Schwameder, H. Possibilities of altering arm and shoulder muscle activation in a static therapeutic climbing exercise through arm position, hand support and wall inclination. *Eur. J. Sport Sci.*, 17(9):1212-9, 2017.
- R Core Team. *A Language and environment for statistical computing*. Computer Software, 2018. Disponible en: <https://cran.r-project.org/>
- Ribeiro, A. S.; Avelar, A.; Schoenfeld, B. J.; Dias, R. M. R.; Altimari, L. R. & Cyrino, E. S. Resistance training promotes increase in intracellular hydration in men and women. *Eur. J. Sport Sci.*, 14(6):578-85, 2014.
- Rodríguez, F. & Almagià, A. *Evaluación y Ciencia de la Morfoestructura Humana*. Valparaíso, Ediciones Universitarias de Valparaíso, 2016.
- Rodríguez, X.; Castillo, V. O.; Tejo, C. J. & Rozowski, N. J. Somatipo de los deportistas de alto rendimiento de Santiago, Chile. *Rev. Chil. Nutr.*, 41(1):29-39, 2014.
- Sanchez, X.; Torregrossa, M.; Woodman, T.; Jones, G. & Llewellyn, D. J. Identification of parameters that predict sport climbing performance. *Front. Psychol.*, 10:1294, 2019.
- Saul, D.; Steinmetz, G.; Lehmann, W. & Schilling, A. F. Determinants for success in climbing: A systematic review. *J. Exerc. Sci. Fit.*, 17(3):91-100, 2019.
- Schlüssel, M. M.; dos Anjos, L. A. & Kac, G. A dinamometria manual e seu uso na avaliação nutricional. *Rev. Nutr.*, 21(2):233-5, 2008.
- Stankovic, D.; Joksimovic, A. & Aleksandrovic, M. Relation and influences of sports climbers' specific strength on the success in sports climbing. *S. Afr. J. Res. Sport Phys. Educ. Recreat.*, 33(1):121-31, 2011.
- Stewart, A.; Marfell-Jones, M.; Olds, T. & De Ridder, J. *International Standards for Anthropometric Assessment*. Vol. 137. Potchefstroom, ISAK, 2011.
- The Jamovi Project. *Jamovi Version 1.1*. Computer Software, 2019. Disponible en: <https://www.jamovi.org>
- Watanabe, T.; Ohashi, K.; Kanauchi, Y.; Mura, N.; Takahara, M. & Ogino, T. The short-term reliability of grip strength measurement and the effects of posture and grip span. *J. Hand Surg.*, 30(3):603-9, 2005.
- Watts, P. B.; Martin, D. T. & Durtschi, S. Anthropometric profiles of elite male and female competitive sport rock climbers. *J. Sports Sci.*, 11(2):113-7, 1993.

Dirección para correspondencia:

Sam Hernández Jaña
Avenida El Bosque 1290
Viña del Mar
Valparaíso - CHILE

E-mail: sam.hernandez.jana@gmail.com

Recibido : 07-07-2021

Aceptado: 13-09-2021