Relación entre la composición corporal con variables mecánicas y de rendimiento de fuerza en deportistas universitarios

Luis Benavides-Roca[1], Cristian Salazar-Orellana[1], Gastón Díaz-Coira[2], Miguel Alarcón-Rivera[1]

[1]Escuela de Ciencias del Deporte y Actividad Física, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Talca, Chile. [2]Universidad Católica de Maule. Chile.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00183

Recibido: 26/05/2023
Aceptado: 16/10/2024

Resumen

Objetivo: El objetivo de este estudio es determinar la relación entre la composición corporal con las variables de rendimiento y mecánicas de la fuerza en deportistas universitarios. La muestra está compuesta por veinticinco deportistas universitarios los cuales se desempañaban en deportes colectivos.
Material y método: Se midieron variables antropométricas de peso corporal, estatura y pliegues cutáneos. Por su parte, las variables de rendimiento fueron obtenidas con la medición de los saltos vertical (SJ), salto contra movimiento (CMJ), y prueba de tirón de medio muslo, con lo que se obtuvo la fuerza isométrica máxima (FIM). Junto con lo anterior, se determinó la potencia y la velocidad media propulsiva (VMP) con realización de 6 sentadillas al 60% del peso corporal de cada participante.
Resultados: Los principales resultados mostraron que el porcentaje de masa muscular no presentó relación significativa con la potencia (r = -0,187; p = 0,371) y la FIM (r = -0,155; p = 0,460). Con respecto los saltos, se pudo observar relaciones significativas moderadas para el SJ (r = 0,534; p = 0,006), CMJ (r = 0,552; p = 0,007) y la VMP (r = 0,545; p = 0,005). Por otra parte, el porcentaje de masa grasa no presentó correlación significativa con la potencia (r = -0,109; p = 0,606) y la FIM (r = -0,236; p = 0,255). A diferencia, la MG obtuvo correlaciones significativas moderadas con el SJ (r = -0,523; p = 0,007) y CMJ (r = -0,517; p = 0,008) y la VMP (r = -0,509; p = 0,009).
Conclusiones: Existe relación entre variables antropométricas de masa muscular y masa grasa con la altura de salto en SJ, CMJ y variables mecánicas de fuerza como la VMP, se sugiere profundizar en nuevas investigaciones que relacionen estas variables.

Palabras clave:
Composición corporal. Rendimiento. Deportes.

Relationship between body composition with mechanical and strength performance variables in university athletes

Summary

Objective: The purpose of this study is to determine the relationship between body composition and performance and mechanical strength variables in university athletes. The sample is composed of twenty-five university athletes who practiced team sports.
Material and method: Anthropometric variables of body weight, height and skinfolds were measured. Performance variables were obtained by measuring vertical jumps (SJ), countermovement jumps (CMJ) and the mid-thigh pull test, with which maximum isometric strength ("FIM") was obtained. In addition, power and mean propulsive velocity (MPV) were determined by performing 6 squats at 60% of each participant's body weight.
Results: The main results showed that the percentage of muscle mass did not present a significant relationship with power (R = -0.187; P = 0.371) and FIM (R = -0.155; P = 0.460). As for jumps, moderate significant relationships were observed for SJ (R = 0.534; P = 0.006), CMJ (R = 0.552; P = 0.007) and VMP (R = 0.545; P = 0.005). On the other hand, the percentage of fat mass did not present significant correlation with power (R = -0.109; P = 0.606) and FIM (R = -0.236; P = 0.255). On the contrary, MG obtained moderate significant correlations with SJ (R = -0.523; P = 0.007) and CMJ (R = -0.517; P = 0.008) and MPV (R = -0.509; P = 0.009).
Conclusions: There is a relationship between anthropometric variables of muscle mass and fat mass with jump height in SJ, CMJ and mechanical variables of strength such as MPV, it is suggested to deepen in new investigations that relate these variables.

Key words:
Body composition. Performance. Sports.

Correspondencia: Miguel Alarcón-Rivera
E-mail: mrivera3@santotomas.cl

Introducción

Las características antropométricas del ser humano son parte de las variables biológicas y por consecuencia, aportan información relevante acerca de la composición corporal del sujeto. Por lo cual, es posible relacionar estas características con el rendimiento físico y el estilo de vida que el individuo actualmente posee[1]. La antropometría se presenta como una herramienta fiable, segura y de bajo costo para monitorear variables de la composición corporal, tales como el porcentaje de grasa subcutánea y masa muscular en atletas cuando es comparada con métodos indirectos[2,3]. Actualmente, la antropometría se posiciona como una de las evaluaciones más utilizadas en el mundo deportivo, ya que ayuda a definir los rasgos morfológicos de los atletas y entrega la oportunidad de caracterizar a distintos grupos, determinar el estado nutricional, monitorear el crecimiento físico y contrastar cambios en el somatotipo, la proporcionalidad y la composición corporal en las fases del desarrollo biológico[4-6].

Se ha declarado que los distintos fenotipos de atletas juegan un papel relevante en el rendimiento, en conjunto con variables como el peso corporal, la estatura, la masa grasa (MG), y masa muscular (MM)[7]. Específicamente, se ha observado que existen correlaciones positivas entre la MM y el desempeño deportivo en pruebas de fuerza explosiva de miembros inferiores como salto vertical (SJ) y salto a contra movimiento (CMJ)[8] y el volumen muscular con la fuerza máxima en sentadilla[9]. A su vez, se ha postulado que un predictor del desempeño deportivo estará determinado por las características de la arquitectura muscular, el grosor del músculo, el ángulo y longitud del fascículo[10].

De manera reciente, con el avance tecnológico se han podido obtener variables mecánicas relacionadas a la fuerza, tales como la velocidad media propulsiva (VMP), potencia y fuerza isométrica máxima (FIM) las cuales son de gran utilidad de cara al control de la fatiga y el describir el rendimiento neuromuscular de los atletas[11-13]. En referencia a estas variables, se han observado correlaciones positivas entre la producción de fuerza máxima, potencia y altura de salto en CMJ[14].

A partir de lo anterior, la evidencia muestra que existen relaciones entre las características antropométricas y variables de rendimiento como el CMJ. No obstante, a nuestro conocimiento, hay una escasa información que se relacione a variables mecánicas de fuerza que vincule la velocidad de ejecución y de máxima demanda energética. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es relacionar la composición corporal de dimensión de grasa corporal y masa muscular con variables mecánicas y de rendimiento de la fuerza en deportistas universitarios.

Material y método

Se trata de un estudio cuantitativo-descriptivo, observacional y transversal. Todos los participantes leyeron y firmaron voluntariamente un consentimiento informado que se enmarca dentro de las normativas éticas de la universidad y del tratado de Helsinki.

Se trabajó con una muestra no probabilística por conveniencia, donde los criterios de inclusión fueron ser deportista del programa de capitación de la universidad y poseer una compatibilidad física con las evaluaciones realizadas, mientras que los criterios de inclusión fueron, no haber terminado el total de las evaluaciones o que presentaran algún impedimento para realizar los test.

Por tanto, la muestra quedo compuesta por 25 deportistas varones universitarios de la región del Maule, Chile.

Evaluación antropométrica

Para la evaluación antropométrica, se precedió a determinar el peso corporal con una balanza digital de marca Seca® (precisión de 100 gr), la estatura fue medida con un tallímetro digital marca Camry®, (precisión de 25 a 200 mm). Para las mediciones de perímetro y diámetros, se utilizó un caliper y segmómetro marca Avanturi, por su parte los pliegues cutáneos, fueron registrados con un adipómetro Slim Guide (precisión de 1 mm).

La composición corporal siguió los protocolos de la Sociedad Internacional para el avance de la Cineantropometría (ISAK)[15], donde se procedió a ubicar al sujeto en el plano de Frankfurt y con la menor ropa posible para determinar el peso y la estatura, luego se realizó la marcación de las zonas requeridas para obtener los perímetros (brazo relajado, antebrazo no corregido, muslo corregido, pantorrilla corregida y tórax corregido), diámetros (biacromial, bicrestal, húmero y fémur) y pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal muslo frontal, pantorrilla media). Con estos datos y las fórmulas de Kerr (1988)[16], se obtuvieron las variables de MM y MG, tanto en kilogramos como en porcentaje.

Salto vertical y contra movimiento

Para las pruebas de salto, se utilizó la batería de Bosco[17] con la cual fue medida a partir de la plataforma DM JUMP procesando sus datos con el *software* DM jump V2.2 Beta. Este instrumento fue validado en Chile por Saavedra y Vergara (2013). En el caso del SJ, el protocolo consiste en que los individuos deben tratar de alcanzar la máxima elevación del centro de gravedad realizando una flexo-extensión controlada de cadera, rodilla y tobillo, aguantando 2 a 3 segundos en 90º de triple flexión de miembros inferiores manteniendo extendidos los miembros inferiores durante la fase de vuelo. Se realizaron 3 saltos, con una pausa de minuto entre cada intento. Para el CMJ, se realiza el mismo protocolo con la diferencia en que se omite la pausa isométrica en 90º.

Velocidad media propulsiva y potencia

En cuanto a los VMP y potencia, los datos fueron recogidos a través de un transductor de posición lineal de 1019 Hz (Chronojump-BoscoSystem, España). En el caso de la VMP, los datos se expresaron en $m \cdot s^{-1}$ y para la potencia, los datos fueron expresados en watts (W). Estas variables fueron obtenidas a partir de la evaluación de seis sentadillas a 90º con el 60% del peso corporal. La obtención del resultado final fue a partir de la ejecución con mayor valor de acuerdo con estas variables.

Fuerza isométrica máxima

Por su parte, la FIM fue valorada por medio de la prueba de tirón de medio muslo. El instrumento utilizado fue una galga de fuerza de 80 Hz (Chronojump-BoscoSystem, España). La prueba consistió en que

cada sujeto partía en una posición de semi flexión de rodillas, ubicando la barra en la parte media del muslo y se procedía a jalar con la mayor fuerza posible[11].

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó en el programa SPSS Statiscs 22. Los datos se sometieron a la prueba de normalidad Shapiro Wilk, para cada variable se obtuvo los estadísticos descriptivos de media y desviación estándar. Se efectuaron las correlaciones de Pearson y Spearman en función de la normalidad de cada parámetro, considerando un intervalo de confianza del 95%. Basándose en el coeficiente de correlación (valor r), las relaciones se interpretaron como débiles (0 a 0,39), moderadas (0,4 a 0,69) y fuertes (0,7 a 1). Para el análisis se utilizó un nivel de significancia de ≤0,05.

Resultados

La Tabla 1 muestra las características de los deportistas universitarios en función de la composición corporal, las variables de rendimiento y parámetros mecánicos de fuerza. La composición corporal describe el %MM (45,2 ± 4%) y el %MG (11,7 ± 3,7%). Por su parte, las variables de fuerza son representados por los valores de los saltos SJ (33,9 ± 5,2 cm), CMJ (37,2 ± 6,2 cm). También se observa la VMP (0,97±0,14 m/s), la potencia (1057,6 ± 359,1 w) y la FIM (1432,1 ± 292,8 N).

Las correlaciones señalan que la MM (%) presenta resultados significativos con los saltos SJ (r = 0,534; p = 0,006) y CMJ (r = 0,552; p = 0,007) (Figura 1). También, se obtuvieron relaciones significativas moderadas para la VMP (r = 0,545; p = 0,005) observables en la Figura 2. Por otro lado, no se evidencio relaciones significativas con la potencia (r = -0,187; p = 0,371) ni la FIM (r = -0,155; p = 0,460).

La Figura 1 muestra las correlaciones entre MM (%) y la altura del SJ y CMJ. En ambos casos las correlaciones fueron significativas (p >0,05).

La Figura 2 describe las correlaciones entre el porcentaje de MM y la VMP (p <0,05).

Todas las correlaciones significativas se presentan en las figuras 1, 2, 3 y 4.

Tabla 1. Resultado de las características generales, composición corporal y variables de fuerza.

Datos generales	Media (±DE)
Edad	19,5 (±1,69)
Peso (kg)	72,7 (±11,7)
Altura (kg)	174,5 (±7,3)
Composición corporal	
MM (%)	45,2 (±4)
MG (%)	11,7 (±3,7)
Variables de fuerza	
SJ (cm)	33,9 (±5,2)
CMJ (cm)	37,2 (±6,2)
VMP ($m \cdot s^{-1}$)	0,97 (±0,14)
Potencia (W)	1057,6 (±359,1)
FIM (N)	1432,1 (±292,8)

Kg: kilogramos; cm: centímetros; MM: Masa muscular; MG: Masa grasa; W: Watts; N: Newton; DE: Desviación estándar

Figura 1. Correlaciones entre MM (%) y la altura del SJ y CMJ. En ambos casos las correlaciones fueron significativas (p >0,05).

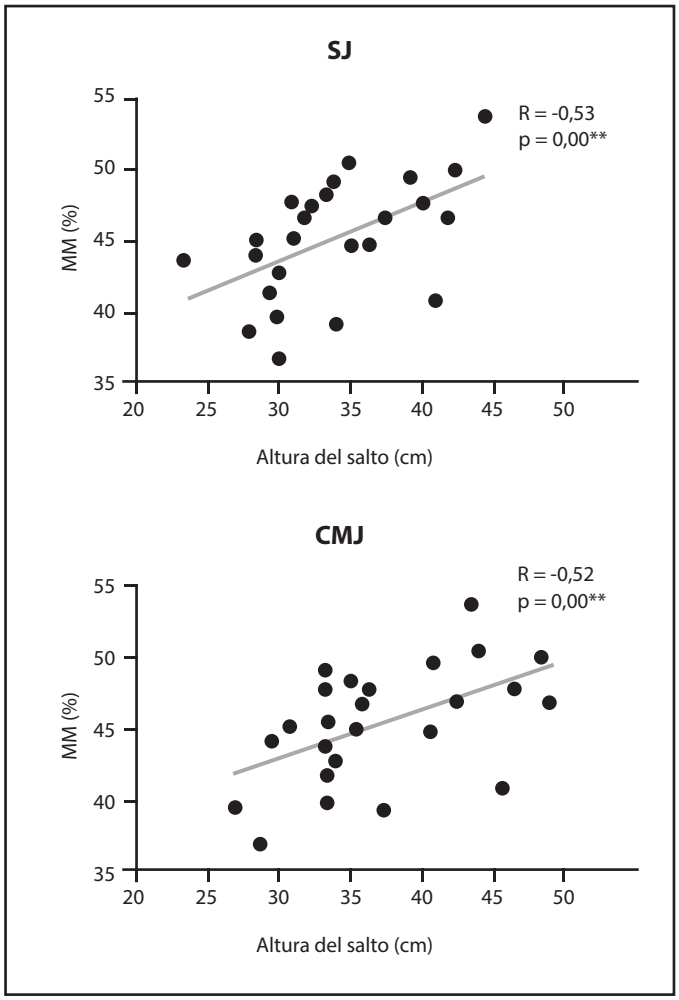
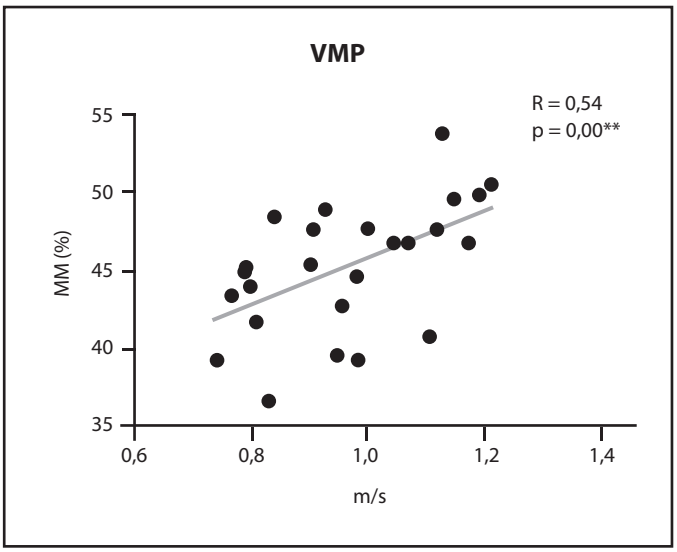


Figura 2. Correlación entre %MM y VMP (p<0,05).



Con respecto a la MG (%), esta no presentó correlación significativa con la potencia (r = -0,109; p = 0,606) ni con la FIM (r = -0,236; p = 0,255). A diferencia, si se observaron correlaciones significativas moderadas de la MG (%) con la altura del SJ (r = -0,523; p = 0,007) y CMJ (r = -0,517; p = 0,008) (Figura 3). Por último, la MG (%) obtuvo correlaciones significativas moderadas con la VMP (r = -0,509; p = 0,009) en los atletas evaluados (Figura 4).

En la Figura 3 se observan las correlaciones entre la MG (%) y la altura del SJ y el CMJ. En ambos casos las correlaciones fueron significativas (p >0,05).

La Figura 4 muestra las correlaciones entre porcentaje de MG (%) y la VMP (p <0,05).

Figura 3. Correlaciones entre la MG (%) y la altura del SJ y el CMJ. En ambos casos las correlaciones fueron significativas (p >0,05).

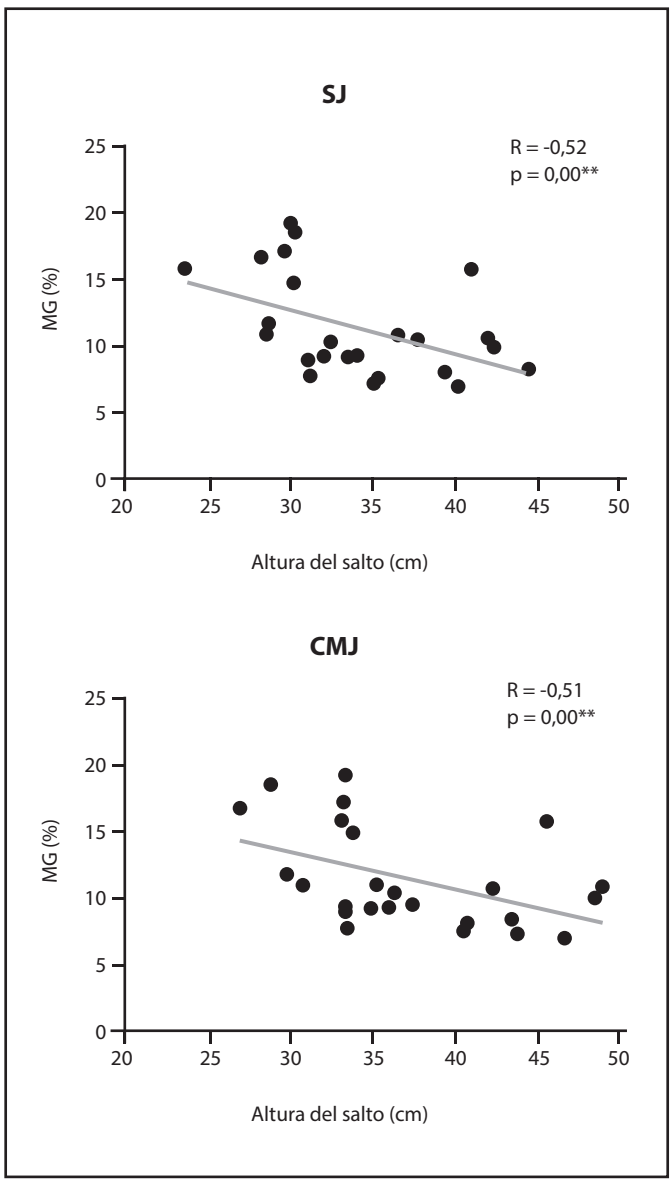
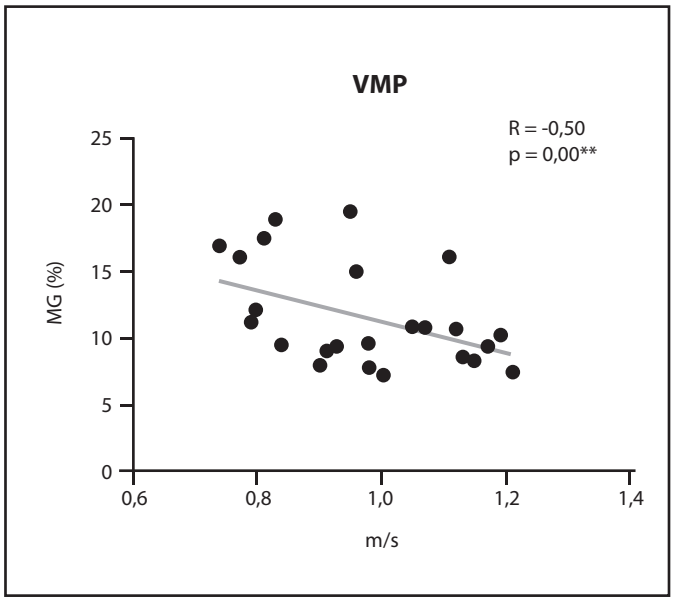


Figura 4. Correlación entre %MG y VMP (p<0,05).



Discusión

La presente investigación tuvo como propósito evidenciar la relación de la composición corporal con las variables de fuerza de un grupo de deportistas universitarios. Los principales hallazgos describen una relación de la MM (%) y MG (%) con variables de fuerza y rendimiento como el SJ, CMJ y la VMP.

Con respecto al porcentaje de MM, en el presente estudio se observaron relaciones significativas de carácter moderada. Resultados similares fueron declarados por investigaciones previas[18,19]. Pérez-Contreras *et al.*[18], reportaron datos similares en futbolistas sub-15 (CMJ: r = 0,58 y SJ: r = 0,51). De igual forma, la investigación de Ojeda-Aravena *et al.*[19], se encontraron relaciones moderadas entre la masa muscular y los saltos SJ (r = 0,58) y CMJ (r = 0,58).

Se ha observado que el desarrollo muscular está relacionado con un mejor rendimiento deportivo en jugadores de rugby[20]. Estos resultados pueden explicarse debido a que las demandas de producción de fuerza están influenciadas por el contexto en el que se desarrolla el deportista, ya que las acciones propias del deporte requieren un reclutamiento intenso de unidades motoras. Por lo tanto, tener una mayor masa muscular podría ser indicativo de una mejor capacidad física para cumplir con estas demandas[21]. Sin embargo, estas afirmaciones no son absolutas, ya que el artículo de Bustos-Viviescas *et al.*[22] establece que la masa muscular no es un predictor confiable para los saltos verticales. Dentro de los datos de la MM (%), es posible observar una relación moderada con la VMP, lo cual resulta relevante para la determinar y monitorear el rendimiento deportivo. Específicamente, la VMP se encuentra dentro de los modelos de entrenamiento basados en la velocidad (VBT), tal como se expresa en la investigación de Liao *et al.*[23], donde se confirma que el VBT es efectiva en la mejora de la fuerza, la capacidad de salto, los sprints lineales y los cambios de dirección, esto debido al desarrollo

de los componentes neuromusculares que favorecen las adaptaciones músculos esqueléticas[23-25]. Junto con lo anterior Fernández-Ortega *et al.*[24], comprobaron que el entrenamiento enfocado en la VMP produce un incremento en la masa muscular de miembro inferior en jugadores de fútbol. Lo anteriormente mencionado va en linea con la evidencia actual, la cual señala que la VMP se posiciona como una herramienta fiable en el entrenamiento deportivo. Debido a que es posible conducir al sujeto a velocidades específicas para el reclutamiento de las unidades motoras de alto umbral, que por consecuencia favorecen distintas adaptaciones neurales y estructurales del musculo esquelético[25-27].

Con respecto al % de MG, nuestra investigación reveló correlaciones moderadas de carácter inversas con el rendimiento de SJ, CMJ y VMP. Investigaciones con distintos tipos de población (atletas universitarios y profesionales) reportan hallazgos similares a nuestro estudio. En particular, en la investigación de Legg *et al.*[29] se encontraron correlaciones similares (r = -0,61), entre el CMJ y la MG (%) en atletas de voleibol universitarios[29]. Asimismo, McDonald *et al.*[28], encontraron una fuerte relación inversa (r = -0,82) entre la altura del CMJ y la MG (%) en deportistas universitarios[30]. Por otra parte, Alemdaroğlu[31], observó que en atletas profesionales la correlación entre MG (%) con la altura del salto es de -0,487 en CMJ y -0,494 en SJ respectivamente. Estos hallazgos parecen indicar que los sujetos del presente estudio no están muy alejados en valores de MG (%) con deportistas de mayor nivel.

Estas relaciones observadas concuerdan con reportes previos en los que, se declara que un elevado % de MG puede ser un precursor de un pobre rendimiento neuromuscular en acciones deportivas[32].

Finalmente, es importante destacar que, aunque nuestra investigación destaca la relación entre un menor porcentaje de MG y un mayor porcentaje de MM con el rendimiento deportivo, la literatura existente cuenta con evidencia limitada sobre la variable de VMP y su relación con la composición corporal. Por lo tanto, una de las principales limitaciones de este estudio es el tamaño reducido de la muestra y el uso de métodos de medición doblemente indirectos para evaluar la composición corporal. No obstante, dentro de las fortalezas de la presente investigación se encuentran la utilización de herramientas tecnológicas válidas y fiables para la valoración de SJ, CMJ y VMP.

Conclusión

Los datos entregados en esta investigación muestran relaciones significativas entre un mayor porcentaje de MM y un menor porcentaje MG con variables mecánicas y de rendimiento de fuerza como lo es la VMP y la capacidad de salto en atletas universitarios. Es importante destacar que existe una escasa evidencia que vincule la VMP con la composición corporal en atletas universitarios. Por lo tanto, se recomienda que futuras investigaciones profundicen en la influencia de la masa muscular y la grasa corporal en las variables mecánicas relacionadas con la fuerza.

Esta área de estudio presenta un potencial significativo para comprender mejor la relación entre la composición corporal y el rendimiento deportivo en atletas universitarios, lo que permitiría optimizar los programas de entrenamiento y mejorar los resultados en este grupo de deportistas.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

1. García DM, Sánchez OE, Cabrera CE, Restrepo B. Perfil lipídico, antropométrico y condición física de estudiantes deportistas universitarios. *Univ Salud*. 2017;19:267.
2. Bonilla DA, De León LG, Alexander-Cortez P, Odriozola-Martínez A, Herrera-Amante CA, Vargas-Molina S, *et al.* Simple anthropometry-based calculations to monitor body composition in athletes: scoping review and reference values. *Nutr Health*. 2022;28:95-109.
3. Al-Gindan YY, Hankey CR, Leslie W, Govan L, Lean ME. Predicting muscle mass from anthropometry using magnetic resonance imaging as reference: a systematic review. *Nutr Rev*. 2014;72:113-26.
4. Yeargin SW, Kingsley P, Mensch JM, Mihalik JP, Monsma EV. Anthropometrics and maturity status: a preliminary study of youth football head impact biomechanics. *Int J Psychophysiol*. 2018;132:87-92.
5. Madden AM, Smith S. Body composition and morphological assessment of nutritional status in adults: a review of anthropometric variables. *J Hum Nutr Diet*. 2016;29:7-25.
6. Sánchez Muñoz C, Muros JJ, López Belmonte Ó, Zabala M. Anthropometric characteristics, body composition and somatotype of elite male young runners. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17:674.
7. Lukaski H, Raymond-Pope CJ. New frontiers of body composition in sport. *Int J Sports Med*. 2021;42:588-601.
8. Bahamondes-Avila C, Cárcamo-Oyarzún J, Aedo-Muñoz E, Rosas-Mancilla M. Relación entre indicadores antropométricos regionales de masa muscular y potencia de extremidades inferiores en deportistas juveniles de proyección. *Rev Bras Ciênc Esporte*. 2018;40:295-301.
9. Hermassi S, Chelly MS, Wagner H, Fieseler G, Schulze S, Delank KS, *et al.* Relationships between maximal strength of lower limb, anthropometric characteristics and fundamental explosive performance in handball players. *Sportverletz Sportschaden*. 2019;33:96-103.
10. Zaras N, Stasinaki AN, Spiliopoulou P, Hadjicharalambous M, Terzis G. Lean body mass, muscle architecture, and performance in well-trained female weightlifters. *Sports*. 2020;8:67.
11. James LP, Roberts LA, Haff GG, Kelly VG, Beckman EM. Validity and reliability of a portable isometric mid-thigh clean pull. *J Strength Cond Res*. 2017;31(5):1378-86.
12. Stone MH, Moir G, Glaister M, Sanders R. How much strength is necessary? *Phys Ther Sport*. 2002;3:88-96.
13. Wilson GJ, Murphy AJ. The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. *Sports Med*. 1996;22:19-37.
14. Ferná Ortega JA, Mendoza Romero D, Sarmento H, Prieto Mondragón L, Rodríguez Buitrago JA. Relationship between dynamic and isometric strength, power, speed, and average propulsive speed of recreational athletes. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2022;7:79.
15. Silva VS da, Vieira MFS. International society for the advancement of kinanthropometry (ISAK) global: international accreditation scheme of the competent anthropometrist. *Rev Bras Cineantropometria Desempenho Hum*. 2020;22:e70517.
16. Kerr, D.A. *An anthropometric method for the fractionation of skin, adipose, muscle, bone and residual tissue masses in males and females age 6 to 77 years*. Thesis Doctoral, Simon Fraser University; 1988.
17. Bosco C, Luhtanen P, Komi PV. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol*. 1983;50:273-82.
18. Pérez-Contreras J, Merino-Muñoz P, Aedo-Muñoz E. Vínculo entre composición corporal, sprint y salto vertical en futbolistas jóvenes de élite de Chile. *Rev En Cienc Mov Hum Salud*. 2021;18:1-17.
19. Ojeda-Aravena A, Herrera-Valenzuela T, García-García JM. Relación entre las características de la Composición Corporal y el Rendimiento Físico en atletas hombres de karate: un estudio observacional. *Rev Esp Nutr Humana Dietética*. 2020;24:366-73.
20. Pasin F, Caroli B, Spigoni V, Dei Cas A, Volpi R, Galli C, *et al.* Performance and antrhropometric characteristics of elite rugby players. *Acta Bio Medica Atenei Parm*. 2017;88(2).
21. Hornsby WG, Gentles JA, Haff GG, Stone MH, Buckner SL, Dankel SJ, *et al.* What is the impact of muscle hypertrophy on strength and sport performance? *Strength Cond J*. 2018;40:99-111.
22. Bustos-Viviescas BJ, Acevedo-Mindiola AA, Osorio RDM. Asociación de la masa muscular de miembros inferiores con el rendimiento en el salto vertical. *Rev Cubana Invest Bioméd*. 2020;39:e645.

23. Liao KF, Wang XX, Han MY, Li LL, Nassis GP, Li YM. Effects of velocity based training vs. traditional 1rm percentage-based training on improving strength, jump, linear sprint and change of direction speed performance: a systematic review with meta-analysis. Boullosa D, editor. *PLOS ONE.* 2021;16:e0259790.
24. Fernandez Ortega JA, Los Reyes YGD, Garavito Peña FR. Effects of strength training based on velocity versus traditional training on muscle mass, neuromuscular activation, and indicators of maximal power and strength in girls soccer players. *Apunts Sports Med.* 2020;55:53-61.
25. Hirsch SM, Frost DM. Considerations for velocity-based training: the instruction to move "as fast as possible" is less effective than a target velocity. *J Strength Cond Res.* 2021;35:S89-94.
26. Siddique U, Rahman S, Frazer AK, Pearce AJ, Howatson G, Kidgell DJ. Determining the sites of neural adaptations to resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2020;50:1107-28.
27. Škarabot J, Brownstein CG, Casolo A, Del Vecchio A, Ansdell P. The knowns and unknowns of neural adaptations to resistance training. *Eur J Appl Physiol.* 2021;121:675-85.
28. MacDonald CJ, Israetel M, Dabbs NC, Chander H, Allen Ch, Lamont HS, *et al.* Influence of body composition on selected jump performance measures in collegiate female athletes. *J Trainol.* 2013;2:33-7.
29. Legg L, Rush M, Rush J, McCoy S, Garner JC, Donahue PT. Association between body composition and vertical jump performance in female collegiate volleyball athletes. *Int J Kinesiol Sports Sci.* 2021;9:43.
30. Aikawa Y, Murata M, Omi N. Relationship of height, body mass, muscle mass, fat mass, and the percentage of fat with athletic performance in male Japanese college sprinters, distance athletes, jumpers, throwers, and decathletes. *J Phys Fit Sports Med.* 2020;9(1):7-14.
31. Alemdaroğlu U. The relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. *J Hum Kinet.* 2012;31:149-58.
32. Mathisen TF, Ackland T, Burke LM, Constantini N, Haudum J, Macnaughton LS, *et al.* Best practice recommendations for body composition considerations in sport to reduce health and performance risks: a critical review, original survey and expert opinion by a subgroup of the IOC consensus on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). *British Journal of Sports Medicine.*.2023;57:1148-60.