



ARTÍCULO ORIGINAL

Relación entre indicadores antropométricos regionales de masa muscular y potencia de extremidades inferiores en deportistas juveniles de proyección



Carlos Bahamondes-Avila^{a,*}, Jaime Cárcamo-Oyarzún^{b,c}, Esteban Aedo-Muñoz^{d,e,f} y Marcelo Rosas-Mancilla^g

^a Universidad Mayor de Chile, Facultad de Ciencias, Escuela de Kinesiología, Temuco, Chile

^b Universidad de la Frontera, Departamento de Educación Física, Temuco, Chile

^c Instituto Nacional de Deportes, Departamento de Actividad Física, Región de Aysén, Chile

^d Universidad de Santiago, Escuela de Ciencias de la Actividad Física, Deporte y Salud, Santiago, Chile

^e Universidad UCINF, Santiago, Chile

^f Laboratorio de Biomecánica, Centro de Alto Rendimiento, Santiago, Chile

^g Instituto Nacional de Deportes, Centro de Entrenamiento Regional, Centro de Evaluación Funcional, Región de Aysén, Chile

Recibido el 7 de enero de 2016; aceptado el 20 de febrero de 2018

Disponible en Internet el 4 de mayo de 2018

PALABRAS CLAVE

Fuerza muscular;
Antropometría;
Prueba de Bosco

Resumen El propósito del estudio fue determinar el nivel de relación entre indicadores antropométricos segmentarios de muscularidad con los niveles de potencia expresados en la fuerza explosiva y elástico-explosiva. Para ello se evaluó a 31 deportistas varones (edad = $15,5 \pm 1,7$ años; peso = $61,4 \pm 11,5$ kg) de diversas disciplinas del Programa de Proyección Deportiva Nacional de la Región de Aysén, Chile, a través de los protocolos de la ISAK para las evaluaciones antropométricas y test de Bosco para la valoración de potencia de salto, tras lo cual se observó una alta intensidad de asociación entre potencia absoluta de los saltos SJ y CMJ, y todos los parámetros antropométricos de muslo ($r > 0,8$). Con ello se logró establecer un modelo predictivo del rendimiento en salto mediante 3 mediciones antropométricas.

© 2018 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

KEYWORDS

Muscle strength;
Anthropometric;
Bosco test

Relation between anthropometric muscle mass indicators and lower limbs power in talented young athletes

Abstract The purpose of this study was determined the level of relation between anthropometric segmental indicators of muscularity with the power levels expressed in the explosive and elastic strength, to carry it out 31 male athletes were (Age = 15.5 ± 1.7 years; Weight = 61.4

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: carlos.bahamondesa@mayor.cl (C. Bahamondes-Avila).

± 11.5 kg) of diverse disciplines from the Program of National Sportive Projection of the Region of Aysén-Chile, were evaluated. The protocols of the ISAK for the anthropometric evaluations and Test of Bosco for the assessment of power of jump were followed. Results: An association between absolute power of the jumps SJ and CMJ and all the anthropometric variables of thigh ($r > 0,8$) it was able to establish a predictive model of the performance in jump by means of 3 anthropometric measurements has been established.

© 2018 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

PALAVRAS-CHAVE

Força muscular;
Antropometria;
Teste de Bosco

Relação entre indicadores antropométricos de massa muscular e potência de extremidades inferiores em esportistas jovens talentosos

Resumo O objetivo deste trabalho foi determinar o nível de relação entre indicadores antropométricos segmentários de muscularidade com os níveis de potência expressados na força explosiva e elástico explosiva. Para tal, avaliaram-se a 31 esportistas varões (idade = 15,5 \pm 1,7 anos; peso = 61,4 \pm 11,5 kg) de diversas disciplinas do Programa de Projeção Esportiva Nacional da Região de Aysén, Chile. Seguiram-se os protocolos da ISAK para as avaliações antropométricas e teste de Bosco para a valoração de potência de salto. Observa-se uma alta intensidade de associação entre potência absoluta dos saltos SJ e CMJ e todas as variáveis antropométricas da coxa ($r > 0,8$). Estabeleceu-se um modelo preditivo do rendimento em salto mediante três medidas antropométricas.

© 2018 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

En edades pediátricas las evidencias indican elevados niveles de sedentarismo, con el consecuente sobrepeso u obesidad (Perez et al., 2010); sin embargo, existe un grupo minoritario que desarrolla deporte de manera habitual, lo que trae altos beneficios para su salud (Singh et al., 2012). Este grupo es de interés, por un lado para el desarrollo de talentos como potenciales atletas de elite (Burgess y Naughton, 2010); y por otro, para profesionales de la salud y el ejercicio físico (Acikada, 2004). Es así como en el ámbito del entrenamiento deportivo, permanentemente se realizan evaluaciones de diversos parámetros fisiológicos, biomecánicos, psicológicos, etc. que puedan influir en el rendimiento, y en el caso de niños deportistas, estos se abocan a la valoración antropométrica y test físicos para establecer índices ponderales y cualidades físicas básicas usados como criterios fundamentales para el control de la condición de salud, el rendimiento deportivo o el monitoreo del sistema educacional (Ortega et al., 2011). La valoración antropométrica para la determinación de la composición corporal en el ámbito del deporte es una técnica accesible, de bajo costo y aplicable a un sinnúmero de disciplinas, puede aportar información relevante respecto a las dimensiones corporales. Es así que la medición de la masa muscular es de interés por varias razones, una de estas son las modificaciones que la actividad física puede provocar sobre la composición corporal (Al-Gindan et al., 2014), por tanto, cuantificar las masas plásticas, como la adiposa y muscular, facilita cuantificar el peso extra o de lastre y su relación con la eficiencia o rendimiento mecánico, ayudando a interpretar mejor los efectos anabólicos del entrenamiento físico y su relación con

el coste metabólico, la producción de fuerza, la capacidad de trabajo físico y el rendimiento muscular (Berral de la Rosa et al., 2010); esto toma relevancia en el desempeño deportivo, donde la contractibilidad y/o generación de tensión y la elasticidad del músculo, que en su expresión dinámica han sido descritas como un factor de rendimiento deportivo, tal como ocurre en un salto (Harries et al., 2012), existiendo una correlación entre las características físicas y el éxito en diferentes deportes (Vila et al., 2012). La valoración de saltabilidad mediante el test de Bosco busca determinar las características funcionales del músculo mediante la ejecución de diferentes tipos de salto. En él es posible calcular las alturas y potencias de cada salto, a partir del uso de una plataforma de contacto (Bosco et al., 1983a; Di Giminiani, 2006). Fisiológicamente se fundamenta en el modelo mecánico de Hill, en el ciclo estiramiento-acortamiento (CEA) (Markovic, 2007), a través del aprovechamiento de la energía elástica, reflejo miotático, resistencia a la fatiga del sistema energético predominante (Bosco, 1994), distribución y tipos de fibras musculares del aparato extensor de extremidades inferiores (AE-EEII) (Bosco, 1994; Bosco et al., 1983a), acciones hormonales (Bosco et al., 2000), eficiencia mecánica de las articulaciones de extremidad inferior (EEII) (Hubley y Wells, 1983) y la musculatura agonista-antagonista del mismo; así como en la velocidad de reclutamiento y activación de las motoneuronas implicadas, en el número de unidades motoras reclutadas y su frecuencia de descarga, en el tiempo de acople entre estimulación y contracción, y finalmente, en la adecuada dirección del vector de fuerza resultante, de tal manera que se maximice su componente vertical sobre el centro de masas, proceso ligado a la actuación de los músculos biarticulares de EEII (Ferragut et al.,

2010), entre los cuales se destacan los músculos recto femoral y gastrocnemio medial, los cuales cumplirían un papel central en la coordinación de los saltos (Fábrica et al., 2013).

Basados en el CEA, Vittori (1990) ha propuesto una clasificación fundada en las manifestaciones activas (MA) y manifestaciones reactivas (MR) de la generación de fuerza; la primera corresponde a un ciclo simple de trabajo muscular (solo acortamiento), y la segunda, a un ciclo doble, del tipo estiramiento-acortamiento, ambas producidas durante un salto; es así como el salto Squat Jump (SJ), valora la MA explosiva y la sincronización de las unidades motoras del aparato extensor de EEII, y el salto Counter Movement Jump (CMJ), la MR elástico-explosiva agregando además el aporte del componente elástico de tendones y puentes de actina-miosina, y en menor medida al reflejo miotático de la musculatura del AE-EEII. La valoración con los saltos individuales y continuos, por medio de los tiempos de vuelo y/o contacto, ha permitido calcular las alturas de salto, potencias (Bosco et al., 1983b; Di Giminiani, 2006) y estimar el porcentaje de fibras rápidas en el vasto lateral; siendo una prueba ampliamente utilizada para medir la potencia y salto en altura en el ámbito deportivo (Markovic, 2007), y por ende, del rendimiento en éste.

Dado todo lo anterior, el objetivo del estudio es determinar correlaciones entre indicadores antropométricos segmentarios de muscularidad con la fuerza explosiva y elástico explosiva, medidas en los saltos SJ y CMJ del test de Bosco en deportistas pertenecientes al programa de Proyección Deportiva Nacional de la Región de Aysén, Chile; además de establecer, mediante un método sencillo de tipo antropométrico, un modelo predictivo del rendimiento en salto para los deportistas de esta Región.

Materiales y método

Participantes: Fueron evaluados 31 deportistas varones del Programa de Proyección Deportiva Nacional del Instituto Nacional de Deportes de la Región de Aysén (Edad = $15,5 \pm 1,7$ años; Masa corporal = $61,4 \pm 11,5$ kgs.; Talla = $165,8 \pm 11,5$ cms.; Años de entrenamiento = $2,8 \pm 0,3$ años) pertenecientes a las disciplinas de Atletismo (n=5), Ciclismo (n=6), Judo (n=8), Karate (n=2) y Tenis de Mesa (n=10). Al pertenecer a este programa de Proyección Deportiva Nacional, tanto los deportistas como sus padres o apoderados firman un consentimiento informado para participar de estas evaluaciones como control rutinario al entrenamiento. Además el protocolo de investigación en específico fue aprobado por el Comité de Ética del Centro de Investigación en Educación de la Universidad UCINF, Chile.

Instrumentos: Las medidas antropométricas las realizó personal instruido y capacitado como Nivel I y supervisado por un instructor de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK), Nivel III. Se utilizó para ello un estadiómetro marca Seca® modelo 217 y con una precisión de 1 mm; una balanza clínica marca Seca® modelo 769, con una precisión de 100 grs; un plicómetro marca Harpenden® con una precisión de 0,2 mm.; y una cinta antropométrica marca Rosscraft®, con una precisión de 1 mm. Para la valoración de las alturas de salto se utilizó una plataforma de contacto, marca Axonjump® modelo

C, siguiendo la metodología del test de Bosco para saltos individuales.

Metodología: Para la evaluación antropométrica se siguió el protocolo establecido por la ISAK (Stewart et al., 2011), realizando el marcaje y medición de las variables de interés: masa corporal; perímetro de muslo máximo, medio y pantorrilla; y pliegues de muslo frontal y pantorrilla media, con ello se determinaron los perímetros corregidos de acuerdo a lo establecido por Ross y Kerr (1991) y las áreas musculares, según lo indicado por Housh et al. (1995). Para la determinación de las alturas de los saltos SJ y CMJ, se utilizó la metodología del test de Bosco (Bosco, 1994) y se calcularon las potencias absolutas para cada salto según lo establecido por Sayers et al. (1999). El salto SJ se ejecuta desde la posición de media sentadilla con 2-3'' de mantención en esa posición, se parte con una flexión previa de rodillas (90°) y pies paralelos, con las manos en la pelvis para evitar su impulso, desde ahí se debe generar un salto lo más alto posible; en cambio el CMJ corresponde a un salto en contra movimiento donde la posición de partida es con rodillas extendidas y manos en la pelvis, luego se flexionan rápidamente las rodillas a 90° y se ejecuta el salto. Todos los procedimientos fueron realizados en el Centro de Evaluación Funcional del Centro de Entrenamiento Regional de Aysén, Coyhaique, Chile. La valoración antropométrica se llevó a cabo en una sala especialmente acondicionada para tales fines, que cuenta con iluminación, temperatura, humedad y ventilación apropiada, junto a todo el material de evaluación. Las pruebas de salto se ejecutaron en la sala de valoración de la fuerza del mismo recinto.

Procedimientos

Las evaluaciones fueron llevadas a cabo dos semanas previas al principal periodo competitivo de la temporada de cada deporte. Estas se desarrollaron siguiendo las siguientes etapas:

Evaluación antropométrica: se realizó la marcación de las variables de estudio y luego se procedió a medir en duplicado la masa corporal, los perímetros y pliegues. El error técnico de medición (% ETM) del antropometrista evaluador era de 0,43% en los perímetros y 3,57% en los pliegues cutáneos. Los sujetos protocolarmente debían de presentarse a evaluación fuera de horario de entrenamiento, sin práctica deportiva por al menos 24 horas, con una ingesta alimenticia previa de más de 4 horas y con vaciado gástrico y vesical previo a la evaluación. Para los posteriores cálculos se usó la mediana.

Test de Bosco: se ejecutó un calentamiento general, donde se desarrollaban 8 minutos de trote de intensidad progresiva, 5 minutos de elongación balística para musculatura de extremidad inferior y 2 minutos de multisaltos de intensidad submáxima. Dado que este procedimiento estaba dentro de las evaluaciones rutinarias de estos deportistas, estas eran ampliamente conocidas por ellos; con esto, todos los participantes, usando zapatillas, desarrollaron 2 intentos para los saltos SJ y CMJ, obteniendo los tiempos de vuelo (tv) de cada salto y seleccionando luego el mejor de cada intento para el cálculo de las alturas y potencias. Ellos se subían a la plataforma, se posicionaban según la técnica descrita para cada salto y recibían la orden de saltar por parte del evaluador; entre cada intento se dejó una pausa de 3 minutos.

Con lo anterior, se determinaron de forma individual las variables de interés: perímetro de muslo medio corregido

Tabla 1 Ecuaciones usadas para el cálculo de las variables de interés

Variable	Ecuación	Autor
Perímetro de muslo medio corregido (cm)	[PM Medio - (PAM (cm) * π)]	Ross y Kerr (1991)
Perímetro de muslo máximo corregido (cm)	[PM Máximo - (PAM (cm) * π)]	Ross y Kerr (1991)
Perímetro de pantorrilla corregido (cm)	[PP - (PPM (cm) * π)]	Ross y Kerr (1991)
Área de sección muscular de cuádriceps (cm ²)	(2,52 * PM) - (1,25 * PAM) - 45,13	Housh et al. (1995)
Área de sección muscular de isquiotibiales (cm ²)	(1,98 * PM) - (0,64 * PAM) - 22,69	Housh et al. (1995)
Área de sección muscular total de muslo (cm ²)	(4,68 * PM) - (2,09 * PAM) - 80,99	Housh et al. (1995)
Altura de salto (cm)	tv ² * (g/8)	Bosco, (1994)
Potencia absoluta para SJ (W)	(60,7 * altura SJ (cm)) + (45,3 * MC) - 2055	Sayers et al. (1999)
Potencia absoluta para CMJ (W)	(51,9 * altura CMJ (cm)) + (48,9 * MC) - 2007	Sayers et al. (1999)

π = Pi (3,1416), PM = perímetro de muslo (cm.), PAM = pliegue anterior del muslo (mm), PP: perímetro de pantorrilla (cm), PPM: pliegue de pierna medial (mm), tv = tiempo de vuelo, g = fuerza de gravedad (9,8 m/s²) y MC = Masa Corporal (kg).

(PCMMED), perímetro de muslo máximo corregido (PCM-MAX), perímetro de pantorrilla corregido (PCPANT), área de sección muscular de cuádriceps (ASMCU), área de sección muscular de isquiotibiales (ASMIT), área de sección muscular total de muslo (ASMTOT), alturas de los saltos SJ y CMJ, potencia absoluta para SJ (POTSJ) y potencia absoluta para CMJ (POTCMJ). Las ecuaciones usadas para su cálculo se presentan en la [tabla 1](#).

Análisis estadístico: Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa IBM SPSS Statistics® 19.0. Los valores se expresaron como media aritmética \pm desviación estándar. Para determinar la normalidad de los datos se aplicó el test de Shapiro-Wilk. La asociación entre las diferentes variables de fuerza explosiva y antropométricas se establecieron mediante un análisis de regresión lineal simple, indicando los coeficientes de correlación (r) y determinación (r²), además de valores p mediante un análisis de varianza, asignándose como nivel de significación $p < 0,05$.

Resultados y discusión

En referencia a la altura de los saltos, los valores medios correspondieron a 30,9 \pm 7,0 cms. para el salto SJ y 32,2 \pm 7,2 cms. para el salto CMJ. Las variables relacionadas

con las manifestaciones de la fuerza (MA - MR) arrojaron valores medios de 2599,7 \pm 764,0 watts para la potencia absoluta del salto SJ (POTSJ), y 2665,6 \pm 745,5 watts para la potencia absoluta del salto CMJ (POTCMJ). Para las variables antropométricas se encontraron valores medios de 45,2 \pm 4,6 cms. para PCMMED; 49,2 \pm 4,6 cms. para PCMMAX; 32,2 \pm 2,8 cms. para PCPANT; 63,3 \pm 12,4 cms² para ASMCU; 66,5 \pm 9,2 cms² para ASMIT; y 123,1 \pm 22,7 cms² para ASMTOT. En la [tabla 2](#) se presentan los valores medios, así como los resultados del análisis de regresión entre las variables relacionadas con la manifestación de la fuerza, los indicadores antropométricos y las respectivas ecuaciones de predicción.

Variables relacionadas con la Manifestación Activa (MA) y Manifestación Reactiva (MR) de la fuerza: potencia absoluta para Squat Jump (POTSJ) y potencia absoluta para Counter Movement Jump (POTCMJ). Variables antropométricas: perímetro de muslo medio corregido (PCMMED), perímetro de muslo máximo corregido (PCMMAX), perímetro de pantorrilla corregido (PCPANT), área de sección muscular de cuádriceps (ASMCU), área de sección muscular de isquiotibiales (ASMIT), área de sección muscular total de muslo (ASMTOT). Para las ecuaciones, y = potencia absoluta; x = variable antropométrica, según corresponda.

Existe una muy alta intensidad de asociación entre POTSJ y todas las variables antropométricas ($r > 0,8$), a excepción

Tabla 2 Correlaciones y ecuaciones de predicción entre las variables relacionadas con la manifestación de la fuerza (MA - MR) y las diversas variables antropométricas

Manifestación de la Fuerza (Watts)	Parámetro antropométrico	r	r ²	p	Ecuación de predicción
MA: POTSJ 2599,7 \pm 764,0	PCMMED (45,2 \pm 4,6)	0,831	0,690	0,001	y = 136,51x - 3565,1
	PCMMAX (49,2 \pm 4,6)	0,822	0,676	0,001	y = 135,63x - 4068,9
	PCPANT (32,2 \pm 2,8)	0,746	0,558	0,003	y = 207,01x - 4063,3
	ASMCU (63,3 \pm 12,4)	0,838	0,702	0,001	y = 51,436x - 656,73
	ASMIT (66,5 \pm 9,2)	0,831	0,692	0,001	y = 68,871x - 1981,2
	ASMTOT (123,1 \pm 22,7)	0,838	0,703	0,001	y = 28,251x - 878,15
MR: POTCMJ 2665,6 \pm 745,5	PCMMED (45,2 \pm 4,6)	0,889	0,790	0,001	y = 142,55x - 3771,8
	PCMMAX (49,2 \pm 4,6)	0,857	0,734	0,001	y = 137,86x - 4112,8
	PCPANT (32,2 \pm 2,8)	0,756	0,573	0,001	y = 204,61x - 3920,3
	ASMCU (63,3 \pm 12,4)	0,897	0,804	0,001	y = 53,712x - 734,91
	ASMIT (66,5 \pm 9,2)	0,890	0,792	0,001	y = 71,916x - 2117,9
	ASMTOT (123,1 \pm 22,7)	0,897	0,805	0,001	y = 29,501x - 966,1

del PCPANT que muestra una intensidad de asociación alta ($r = 0,746$). Lo mismo sucede con la correlación entre POTCMJ y el PCPANT, mostrando una intensidad de asociación alta ($r = 0,756$) mientras que con el resto de las variables antropométricas existe una intensidad de relación muy alta ($r > 0,8$). Todos los valores p son inferiores a 0,05; indicando que existe una relación significativa entre las variables analizadas.

Considerando que el objetivo del presente estudio fue determinar el nivel de relación entre indicadores antropométricos segmentarios de muscularidad con los niveles de potencia absoluta expresados en la fuerza explosiva y elástico explosiva, en deportistas masculinos adscritos al Programa Proyección Deportiva Nacional en la Región de Aysén, los resultados arrojan altos y muy altos niveles de relación entre las variables evaluadas. También se buscaba establecer, mediante un método sencillo de tipo antropométrico, un modelo predictivo del rendimiento en salto para los deportistas evaluados; logrando con esto que mediante tres sencillas mediciones antropométricas (perímetro, pliegue de muslo y la masa corporal) y dos pasos matemáticos, se pueda establecer con un 74,6% a 83,8% de seguridad la altura de salto en el SJ, y entre 75,6% a 89,7% para la altura del CMJ. Con el pliegue y perímetro es posible calcular el perímetro corregido o el área muscular, y reemplazando ese valor en las ecuaciones propuestas por este estudio, es posible establecer la potencia absoluta para el SJ o CMJ; y luego, conociendo la masa corporal y utilizando la ecuación original de Sayer para la potencia del SJ o del CMJ, se estima finalmente la altura del salto. Esto es relevante desde el punto de vista práctico, pues ante la imposibilidad de contar con una plataforma de contacto o salto, se puede estimar con cierta precisión la MA y MR de la fuerza de estos dos saltos a partir de parámetros antropométricos. Como es sabido, la antropometría se encuentra cada vez más validada en los procesos deportivos como un método de estimación económico, fácil y transportable hacia los lugares de entrenamiento (Rodríguez et al., 2010), por ello estos parámetros sumados a los de saltabilidad, representan herramientas importantes en los procesos deportivos, los cuales debiesen considerarse en la planificación de entrenamientos que contribuyan a la evolución en la capacidad de rendimiento deportivo.

Diferentes estudios para diferentes edades, generos y/o tipo de actividad han reportado relaciones entre diferentes componentes o indicadores de muscularidad y la fuerza explosiva en el salto; en jóvenes no entrenados de 11-19 años de edad, la masa libre de grasa fue considerada un buen predictor de potencia (Almuzaini, 2007). Asimismo, en un estudio que involucro a 240 niños y 239 niñas de 11-16 años, se registraron fuertes correlaciones entre la potencia muscular y la masa magra o el volumen muscular para cada grupo, con diferencias de género sobre los 14 años debido al aumento mucho mayor de la longitud de la pierna y volumen muscular en niños (Temfemo et al., 2009). En esta misma línea, en 407 niños deportistas de clubes tunecinos (218 varones y 189 damas) seleccionados al azar, de edad entre 7-13 años, se observó que el sexo, la edad, la estatura, la masa corporal y la masa libre de grasa fueron los principales factores que afectan el rendimiento del salto vertical (Aouichaoui et al., 2014); no obstante entre deportistas de fútbol infantil (14-15 años) y juvenil (16-17 años) no exis-

ten diferencias en los niveles de saltabilidad (Nascimento et al., 2015). Así también, en otros grupos etáreos, Davis et al. (2003), indican que la grasa corporal, los resultados de la prueba de potencia anaeróbica de Margaria-Kalamen, la edad, la producción de fuerza excéntrica de cuádriceps, la circunferencia de pantorrilla y el equilibrio monopodal contribuyen a la predicción de salto vertical en atletas masculinos recreativos; igualmente en 40 bailarines de ballet de ambos géneros, donde se concluye que la altura del salto parece ser específico al género y la posición coreográfica del bailarín, encontrándose una relación con el área de la sección transversa de pantorrilla y el muslo (Wyon et al., 2006).

En esta investigación, las diferencias de los niveles de potencia absoluta en los saltos SJ y CMJ presentaron un comportamiento similar pero en menor cuantía a lo observado en jugadoras de voleibol con valores de POTSJ 2310 ± 456 y POTCMJ 2703 ± 450 a través del estudio que realiza Sánchez et al. (2005), utilizando la fórmula que propone Sayers. Para alcanzar los valores ideales de potencia en los entrenamientos de saltabilidad, se acepta que la carga óptima para una elevada producción de potencia mecánica en los saltos verticales debiese ser el propio peso corporal (Markovic y Jaric, 2007). Así también, la composición de la masa corporal, independiente de su origen (grasa, muscular, visceral, piel y residual), mejoran la potencia absoluta en los saltos que determinan la fuerza explosiva (SJ) y elástico explosiva (CMJ) (Markovic et al., 2013); y en ello, la redistribución de la composición corporal mejorando los indicadores antropométricos de masas musculares en el miembro inferior, determinan un aumento en la capacidad de salto (Ferragut et al., 2010).

Este estudio presenta la limitante de no haber considerado el estado de madurez de la muestra en cuestión, a pesar de existir evidencia que indican los efectos del crecimiento y maduración en el desarrollo de la fuerza muscular en la infancia y adolescencia (Lloyd et al., 2013; Moran et al., 2017); por ejemplo, se ha observado que el entrenamiento de fuerza generalmente es menos eficaz antes del brote de crecimiento puberal, comparado con entrenamientos de fuerza durante o post-brote de crecimiento (Meylan et al., 2014). Aún así el componente muscular pareciera tener relevancia, considerando diversos predictores de rendimiento en basquetbolistas adolescentes se ha indicado que la maduración esquelética, el tamaño corporal y la masa muscular de muslo puede explicar la generación de potencias máximas de corta duración (Carvalho et al., 2011). En este aspecto, es sabido que la potencia de corta duración, expresada de forma absoluta o relativa, ya sea en ciclismo, salto o carrera, es menor en niños que en adolescentes y adultos; y mayor en niños que en niñas. Y si esta se relaciona a la masa corporal, continúa incrementándose desde la niñez hasta el adulto joven en los varones y hasta la pubertad en las damas; observación consistente con un incremento de la masa muscular corregida para la masa corporal total, apreciándose que después de los 6-7 años de edad, los niños tienen una mayor cantidad de masa muscular, de forma absoluta y relativa (kg. de músculo/kg. de masa corporal) que las niñas (Van Praagh y Doré, 2002). Complementariamente, y a pesar que la evidencia no es concluyente en cuanto a las diferencias entre adultos y niños, gran parte o la totalidad de ellas se pueden explicar

por la composición de la fibra muscular, el perfil metabólico, la activación de la unidad motora y la combinación de ellos (Dotan et al., 2012).

Considerando que los resultados de este estudio son específicos para la población estudiada, sería interesante aumentar el número de la muestra, utilizar una metodología test-retest, realizar seguimiento a estos deportistas en torno a esta forma de valoración-predicción, considerar el estado de madurez u otros parámetros biológicos y comprobar las ecuaciones obtenidas en otras poblaciones de similares características, para así concluir de forma más categórica la efectividad de dichas formulas predictivas; sin embargo, los resultados de esta investigación ofrecen una herramienta objetiva para medir en el campo el rendimiento en jóvenes deportistas con proyección a la alta competencia deportiva.

Conclusiones

Se establecieron altos y muy altos niveles de relación entre indicadores antropométricos segmentarios de muscularidad en muslo con los niveles de potencia expresado en la fuerza explosiva y elástico explosiva medidas con el SJ y CMJ, en deportistas masculinos adscritos al programa proyección deportiva nacional en la Región de Aysén. Además se pudo construir, un modelo predictivo del rendimiento en salto para estos deportistas mediante la medición de 3 sencillas mediciones antropométricas (perímetro y pliegue de muslo y la masa corporal) logrando establecer con un 74,6% a 83,8% de seguridad la altura de salto en el SJ, y entre 75,6 a 89,7% para la altura del CMJ. Finalmente se sugiere profundizar este tema realizando mas estudios, incluyendo otras variables biológicas propias del estado de maduración de la muestra, de manera tal que el concluir sea de forma más genérica.

Financiación

El presente trabajo no dispuso de apoyo financiero de ninguna naturaleza para su realización.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no hay conflictos de interés.

Referencias

- Acikada C. *Training in children*. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2004;1:16–26.
- Al-Gindan YY, Hankey CR, Leslie W, Govan L, Lean MEJ. *Predicting muscle mass from anthropometry using magnetic resonance imaging as reference: a systematic review*. *Nutr Rev* 2014;72(2):113–26.
- Almuzaini KS. *Muscle function in Saudi children and adolescents: relationship to anthropometric characteristics during growth*. *Pediatr Exerc Sci* 2007;19:319–33.
- Aouichaoui C, Trabelsi Y, Tabka Z, Dogui M, Richalet J, Bouhleb E. *Effect of Anthropometric Characteristics and Socio-Economic Status on Vertical Jumping Performances in Tunisian Athletic Children*. *Am J Sport Sci Med* 2014;2(1):6–16.
- Berral de la Rosa FJ, Rodríguez-Bies EC, Berral de la Rosa CJ, Rojano Ortega D, Lara Padilla E. *Comparación de ecuaciones antropométricas para evaluar la masa muscular en jugadores de bádminton*. *Int J Morphol* 2010;28(3):803–10.
- Burgess DJ, Naughton GA. *Talents development in adolescent team sports: a review*. *Int J Sports Physiol Perform* 2010;5(1):103–16.
- Bosco C, Luhtanen P, Komi P. *A simple method for measurement of mechanical power in jumping*. *Eur J Appl Physiol O* 1983a;50(2):273–82.
- Bosco C. *Test de Bosco. La valoración de la fuerza por el test de Bosco*. Barcelona: Paidotribo; 1994.
- Bosco C, Colli R, Pozzo R, Pulvirenti, Tsarpela O, Tranquilli C, Tihanyi J, Viru A. *Relación entre testosterona y comportamiento muscular en velocistas de ambos sexos. La fuerza muscular. En: aspectos metodológicos*. Barcelona: Inde; 2000.
- Bosco C, Komi P, Tihanyi J, Fekete G, Apor P. *Mechanical power test and fiber composition of human leg extensor muscles*. *Eur J Appl Physiol O* 1983b;51(1):129–35.
- Carvalho H, Silva MC, Figueiredo A, Gonçalves C, Philippaerts R, Castagna C, et al. *Predictors of maximal short-term power outputs in basketball players 14-16 years*. *Eur J Appl Physiol* 2011;111(5):789–96.
- Davis DS, Briscoe DA, Markowski CT, Saville SE, Taylor CJ. *Physical characteristics that predict vertical jump performance in recreational male athletes*. *Phys Ther Sport* 2003;4(4):167–74.
- Di Giminiani SR. *Center of gravity height calculation and average mechanical power during jump performance*. *Ital J Sport Sci* 2006;13:78–84.
- Dotan R, Mitchell C, Cohen R, Klentrou P, Gabriel D, Falk B. *Child—adult differences in muscle activation—a review*. *Pediatr Exerc Sci* 2012;24(1):2–21.
- Fábrica G, González-Rodríguez P, Fagundes-Loss J. *Cambios en el control neuromuscular de seis músculos de miembro inferior durante CMJ máximos realizados con fatiga*. *Rev Bras Ciênc Esporte* 2013;35(2):389–407.
- Ferragut C, Cortadellas J, Arteaga R, Calbet JA. *Predicción de la altura de salto vertical. Importancia del impulso mecánico y de la masa muscular de las extremidades inferiores*. *Eur J Hum Mov* 2010;10:7–22.
- Harries SK, Lubans DR, Callister R. *Resistance training to improve power and sports performance in adolescent athletes: A systematic review and meta-analysis*. *J Sci Med Sport* 2012;15(6):532–40.
- Housh DJ, Housh TJ, Weir JP, Weir LL, Johnson GO, Stout JR. *Anthropometric estimation of thigh muscle cross-sectional area*. *Med Sci Sport Exer* 1995;27(5):784–91.
- Hubley C, Wells R. *A work-energy approach to determine individual joint contributions to vertical jump performance*. *Eur J Appl Physiol O* 1983;50(2):247–54.
- Lloyd RS, Faigenbaum AD, Stone MH, Oliver JL, Jeffreys I, Moody JA, et al. *Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus*. *Brit J Sport Med* 2013;48:490–505.
- Markovic G. *Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review*. *Brit J Sport Med* 2007;41(6):349–55.
- Markovic G, Jaric S. *Positive and negative loading and mechanical output in maximum vertical jumping*. *Med Sci Sport Exer* 2007;39(10):1757–64.
- Markovic S, Mirkov DM, Nedeljkovic A, Jaric S. *Body size and countermovement depth confound relationship between muscle power output and jumping performance*. *Hum Movement Sci* 2013;33:203–10.
- Meylan CMP, Cronin JB, Oliver JL, Hopkins WG, Contreras B. *The effect of maturation on adaptations to strength training and detraining in 11-15-year-olds*. *Scand J Med Sci Spor* 2014;24(3):156–64. Moran JJ, Sandercock GRH,

- Ramirez-Campillo R, Meylan CMP, Collison JA, Parry DA. Age-Related Variation in Male Youth Athletes' Countermovement Jump After Plyometric Training: A Meta-Analysis of Controlled Trials. *J Strength Cond Res* 2017;31(2):552–65.
- Nascimento ACV, Raider LS, Macedo VJ, Da Silva NG, De Oliveira DV. Explosive force in different stages of maturation in young footballers of infantile and juvenile categories. *Rev Bras Cie^{nc} Esporte* 2015;37(2):199–203.
- Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, España-Romero V, Jiménez-Pavón D, Vicente-Rodríguez G, et al. Physical fitness levels among European adolescents: the HELENA study. *Brit J Sport Med* 2011;45(1):20–9.
- Pérez SV, Rodríguez-Martín A, Ruiz JN, Nieto JM, Campoy JL. Hábitos y estilos de vida modificables en niños con sobrepeso y obesidad. *Nutr Hosp* 2010;25(5):823–31.
- Rodríguez Rodríguez FJ, Almagià Flores AA, Berral de la Rosa FJ. Estimación de la masa muscular de los miembros apendiculares, a partir de densitometría fotónica dual (DEXA). *Int J Morphol* 2010;28(4):1205–10.
- Ross WD, Kerr DA. Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina deportiva. *Apunts* 1991;18:175–87.
- Sánchez AJL, Vicén JA, Durán LMA, Linares LJ, Jódar XA, de Armas CTAF. Medición directa de la potencia con tests de salto en voleibol femenino. *Arch Med Deporte* 2005(106):111.
- Sayers SP, Harackiewicz DV, Harman EA, Frykman PN, Rosenstein MT. Cross-validation of three jump power equations. *Med Sci Sport Exer* 1999;31(4):572–7.
- Singh A, Uijtdewilligen L, Twisk JW, van Mechelen W, Chinapaw MJ. Physical activity and performance at school: a systematic review of the literature including a methodological quality assessment. *Arch Pediatr Adol Med* 2012;166(1): 49–55.
- Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, de Ridder H. International Standards for Anthropometric Assessment. Lower Hutt. International Society for the Advancement of Kinanthropometry 2011.
- Temfemo A, Hugues J, Chardon K, Mandengue S-H, Ahmaidi S. Relationship between vertical jumping performance and anthropometric characteristics during growth in boys and girls. *Eur J Pediatr* 2009;168(4):457–64.
- Van Praagh E, Doré E. Short-term muscle power during growth and maturation. *Sports Med* 2002;32(11):701–28.
- Vila H, Manchado C, Rodríguez N, Abraldes JA, Alcaraz PE, Ferragut C. Anthropometric profile, vertical jump, and throwing velocity in elite female handball players by playing positions. *J Strength Cond Res* 2012;26(8):2146–55.
- Vittori C. El entrenamiento de la fuerza para el sprint. *Rev Entren Deport* 1990;4(3):2–8.
- Wyon M, Allen N, Angioi M, Nevill A, Twitchett E. Anthropometric factors affecting vertical jump height in ballet dancers. *J Dance Med Sci* 2006;10(3–4):106–10.