

Masa libre de grasa a partir de variables antropométricas en jugadores de voleibol masculino

Fat-free mass from anthropometric variables in men's volleyball players

Rodrigo VARGAS VITORIA¹, Germano MUNIZ DA SILVA YURI², Marco COSSIO BOLAÑOS¹, Miguel ARRUDA², J SULLA TORRES³, Patricio GATICA MENDIOLA¹, Wilbert COSSIO BOLAÑOS⁴, Camilo URRRA ALBORNOZ⁵, Rossana GÓMEZ CAMPOS¹

1 Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

2 Universidad Estadual de Campinas, Sao Paulo, Brasil.

3 Universidad Católica Santa María, Arequipa, Perú.

4 Escuela de Posgrado, Universidad Privada San Juan Bautista, Lima, Perú.

5 Escuela de Kinesiología, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Talca, Chile.

Recibido: 31/julio/2020. Aceptado: 20/septiembre/2020.

RESUMEN

Introducción: La estimación de la masa muscular total es un importante componente que se relaciona con el rendimiento y con el control del entrenamiento en diversas modalidades deportivas. El objetivo del estudio fue proponer ecuaciones de regresión para estimar la masa libre de grasa a partir de variables antropométricas en jugadores de voleibol masculino y verificar la capacidad de reproducibilidad de las ecuaciones.

Métodos: Se efectuó un estudio descriptivo de corte transversal en 29 voleibolistas de un Club profesional de Brasil. El rango de edad oscila entre los 16.0 a 20.9 años. Se calculó el Índice de Masa Corporal. La Masa libre de grasa fue determinada por medio del escaneo de la *absorciometría* de rayos X de *doble energía*.

Resultados: Se generaron tres ecuaciones, cuyo poder de explicación varían entre 87 a 95%: Modelo 1: Masa libre de grasa = $-10.401 + 0.562 * \text{Peso} + 4.032 * \text{Diámetro del Tobillo}$ ($R^2=0.87$), Modelo 2: Masa libre de grasa = $-34.806 + 0.330 * \text{Peso} + 2.579 * \text{Circunferencia del Antebrazo}$ ($R^2=0.94$) y Modelo 3: Masa libre de grasa = $-41.830 + 0.292 * \text{Peso} + 2.270 * \text{Circunferencia del}$

Antebrazo $+2.638 * \text{Diámetro del Tobillo}$ ($R^2=0.95$). Los resultados del Índice de reproducibilidad deseable mostraron para los tres modelos predictivos valores de coeficiente de correlación de concordancia entre 0.93 a 0.95, para la Precisión entre 0.931 a 0.997 y para la exactitud entre 0.997 a 0.999.

Conclusión: Se concluye, que la Masa libre de grasa puede ser calculada con precisión y exactitud en jóvenes voleibolistas de sexo masculino a partir de variables antropométricas como el peso, diámetro del tobillo y circunferencia del antebrazo. Se sugiere el uso y la aplicación en programas de entrenamiento como un método no-invasivo y de campo.

PALABRAS CLAVE

Masa libre de grasa; DXA; ecuaciones; voleibol; Antropometría.

ABSTRACT

Introduction: The estimation of total muscle mass is an important component that is related to performance and training control in various sports modalities. The objective of the study was to propose regression equations to estimate fat-free mass from anthropometric variables in male volleyball players and to verify the reproducibility of the equations.

Methods: A descriptive cross-sectional study was carried out on 29 volleyball players from a professional Club in Brazil. The age range ranges from 16.0 to 20.9 years. The Body

Correspondencia:

Marco Cossio Bolaños
mcossio1972@hotmail.com

Mass Index was calculated. Fat Free Mass was determined by scanning dual energy X-ray absorptiometry.

Results: Three equations were generated, whose explanatory power varies between 87 to 95%: Model 1: Fat-free mass = $-10.401 + 0.562 * \text{Weight} + 4.032 * \text{Ankle Diameter}$ ($R^2 = 0.87$), Model 2: Weight free of Fat = $-34.806 + 0.330 * \text{Weight} + 2.579 * \text{Forearm Circumference}$ ($R^2 = 0.94$) and Model 3: Fat Free Mass = $-41.830 + 0.292 * \text{Weight} + 2.270 * \text{Forearm Circumference} + 2.638 * \text{Ankle Diameter}$ ($R^2 = 0.95$). The results of the Desirable reproducibility index showed, for the three predictive models, values of the correlation coefficient between 0.93 to 0.95, for the Accuracy between 0.931 to 0.997 and for the accuracy between 0.997 to 0.999.

Conclusion: It is concluded that the Fat Free Mass can be calculated with precision and accuracy in young male volleyball players from anthropometric variables such as weight, ankle diameter and forearm circumference. Use and application in training programs is suggested as a non-invasive and field method

KEYWORDS

Fat-free mass; DXA; equations; volleyball; anthropometry.

ABREVIATURAS

DXA: *absorciometría de rayos X de doble energía*

MLG: masa libre de grasa

TAM: tomografía axial computarizada

RMN: resonancia magnética nuclear

IMC: índice de masa corporal

INTRODUCCIÓN

La estimación de la masa muscular total es un importante componente que se relaciona con el rendimiento y con el control del entrenamiento en diversas modalidades deportivas. Pues en virtud del alto nivel competitivo, la masa libre de grasa (MLG) es un componente altamente presente en los atletas de vóley¹, el cual, debe ser controlado y monitorizado de forma constante, al ser considerado uno de los factores decisivos sobre el desempeño deportivo².

De hecho, la determinación precisa de los cambios de la MLG necesita de métodos alternativos, prácticos y no-invasivos para vigilar la composición corporal de los atletas. En ese contexto, actualmente hay una necesidad urgente de desarrollar técnicas simples para evaluar la MLG en jugadores de Vóley, basados en medidas antropométricas, sin embargo, los estudios hasta la fecha se han limitado a estudiar las características antropométricas y fisiológicas de voleibolistas de alto rendimiento^{1,3-5}.

De hecho, hasta donde se sabe no hay estudios relacionados con la propuesta de ecuaciones para estimar la composición corporal y específicamente la MLG en voleibolistas brasileros, pues este componente en general afecta de forma importante a la locomoción y el mantenimiento de la postura corporal⁶, además como es el más abundante tejido del cuerpo humano, supone en cierta medida el aumento de la fuerza sobre el rendimiento del salto vertical en voleibolistas⁷. Por lo tanto, es importante el aumento de la MLG en lugar de masa grasa⁸, puesto que el exceso de tejido adiposo actúa como un peso muerto en las actividades del juego común⁹, lo que dificulta un adecuado rendimiento físico en los atletas.

Por lo tanto, el desarrollo de ecuaciones específicas para predecir la MLG tiene ventajas sobre las ecuaciones generales en poblaciones no-deportivas, especialmente para los voleibolistas, ya que podrían ser utilizadas para controlar los cambios en la composición corporal antes, durante y después de cada temporada, además las ecuaciones antropométricas se caracterizan por su aplicación en programas de entrenamiento¹⁰.

En ese contexto, es ampliamente conocida la existencia de una variedad de metodologías para validar ecuaciones, como, por ejemplo, la tomografía axial computarizada (TAC), resonancia magnética nuclear (RMN), absorciometría dual de rayos X (DXA), plestimografía y pesaje hidrostático.

De hecho, este estudio tiene por objetivo proponer ecuaciones de regresión para estimar la MLG a partir de variables antropométricas en jugadores de voleibol masculino y verificar la capacidad de reproducibilidad de las ecuaciones propuestas. Para ello se utilizó como método de referencia la absorciometría de rayos X de doble energía (DXA), debido a su elevada precisión y baja dosis de radiación durante el escaneo¹¹.

MÉTODOS

Tipo de estudio y muestra

Se efectuó un estudio descriptivo de corte transversal en 29 voleibolistas de élite. Los jóvenes fueron reclutados de forma voluntaria de un Club profesional de primera división de la Liga Brasileira de Voleibol, con un rango de edad entre los 16.0 a 20.9 años. Las posiciones de juego consideradas en el estudio fueron: Levantador ($n = 6$), Central ($n = 9$), Puntero ($n = 8$), Opuesto ($n = 3$) y líbero ($n=3$).

De acuerdo a las características del programa de entrenamiento, los atletas fueron evaluados en el inicio del periodo competitivo. El número de sesiones de entrenamiento eran de 6 veces por semana con un día de descanso. La duración del entrenamiento por día era de aproximadamente 3horas/día. Todos los atletas firmaron el consentimiento informado y en el caso de los menores de edad, los padres autorizaron las

evaluaciones. El estudio se efectuó de acuerdo a las orientaciones del comité de ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Estadual de Campinas de Sao Paulo (UNICAMP, Brasil).

Se incluyeron en el estudio a los jóvenes comprendidos entre los 16.0 a 20.9 años y los que presentaron el consentimiento informado. Se excluyeron a los que presentaban lesiones físicas y descanso médico al momento de la evaluación.

Procedimientos

Las evaluaciones antropométricas y el escaneo por DXA se llevaron a cabo en el laboratorio de la Facultad de Medicina de la UNICAMP. Los atletas fueron organizados en horarios específicos para ser evaluados durante el mes de agosto (2014) en horario de lunes a viernes de 9.00 a 11.00 horas.

Para la evaluación antropométrica se adoptó las sugerencias descritas por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría¹². Se evaluó el peso corporal (kg) descalzo utilizando una báscula (Tanita Ltd) con una precisión de 0,1kg. La estatura (m) se midió por medio de un estadiómetro de pared de marca Seca Hamburgo, graduada en milímetros y con precisión de 0,1cm. El diámetro del tobillo (cm) se evaluó utilizando un antropómetro Cescorf (Made in Brasil) con una escala de 0 a 20 cm y una precisión de 1 mm. La circunferencia del antebrazo (cm) fue evaluada por medio de una cinta métrica de marca (Seca) graduada en milímetros con una precisión de 0,1 cm. El Índice de Masa Corporal (IMC) fue calculado por medio de la fórmula: $IMC = \text{Peso}(\text{kg})/\text{estatura}^2(\text{m})$.

Las evaluaciones antropométricas fueron medidas en dos oportunidades. El Error Técnico de Medida (ETM) intra-evaluador para el peso y estatura fue inferior al 2%, mientras que para el diámetro del tobillo y la circunferencia del antebrazo fue de 1,1%. Las evaluaciones fueron efectuadas por un solo evaluador (investigador principal).

El análisis de la composición corporal se efectuó por medio del DXA. El equipo utilizado fue modelo iDXA (GE Healthcare Lunar, Madison, WI, EUA) con detectores de haz en abanico (haz de abanico), software encore™ 2011, versão 13.6. Previo al escaneo, los atletas fueron advertidos del uso de joyerías, así como la presencia de algún tipo de metal en el cuerpo. Durante el escaneo, los atletas permanecieron en posición supina con los brazos extendidos a los costados y con las rodillas y los tobillos atados a una correa de velcro para asegurar el posicionamiento estándar. Los puntos de referencia fueron ajustados de acuerdo a las líneas que el software muestra. Se tomó la línea de la quijada para realizar una correcta lectura de la composición corporal sin cabeza. Se tuvo que realizar este ajuste, dado que la estatura de los jugadores superaba la plataforma del escáner.

Para asegurar el control de la calidad de las medidas, 11 atletas fueron evaluados en dos oportunidades. El ETM mostró valores inferiores al 3%.

Análisis estadístico

Previo al análisis estadístico, los datos pasaron la prueba de normalidad por medio de Shapiro-Wilk. Las variables de estudio fueron caracterizadas utilizando la estadística descriptiva de media aritmética (X), desviación estándar (DE) y rango. Las relaciones entre variables se obtuvieron a través del coeficiente de correlación de Pearson. Para desarrollar las ecuaciones de regresión se utilizó el análisis de regresión múltiple. Las ecuaciones fueron analizadas por medio de R², Error estándar de estimación (EEE) y por medio del Factor de inflación de la varianza (FIV). Se utilizó el plotaje de Bland y Altman¹³ para verificar la concordancia entre los valores de la referencia (DXA) con las ecuaciones desarrolladas. También se utilizó el índice de reproducibilidad deseable (IRD) de acuerdo a lo sugerido por Lin¹⁴. Este enfoque evalúa el grado de acuerdo a partir del coeficiente de correlación de concordancia (CCC) en términos de precisión (p) y exactitud (E). Anova de una vía fue utilizada y la prueba de especificidad de Tukey para determinar las diferencias entre las medias de los tres modelos predictivos. El nivel de significancia adoptado fue de 0.001. Los cálculos fueron efectuados en planillas de Excel, en SPSS 16.0 y en MedCalc 11.1.0.

RESULTADOS

Las características de la muestra estudiada se observan en la tabla 1. Nótese que el rango de edad de los atletas es de 16,0 hasta los 20,9 años.

Los modelos predictivos propuestos para estimar la MLG se pueden observar en la tabla 2. En los tres casos el R² explica entre 93 a 95%, los valores del Error Estándar de estimación (EEE) reflejan valores inferiores al 3.04%. Además, los valores del Factor de inflación de la varianza oscilan entre 2,64 a 7,19. En general, estos criterios demuestran un alto poder de precisión en las tres ecuaciones desarrolladas ($p < 0,001$).

El Plotaje de Bland-Altman (figura 1) muestra la concordancia entre el método de referencia DXA y los tres modelos predictivos desarrollados (ecuación 1, 2 y 3). En general, las tres ecuaciones desarrolladas mostraron amplios límites de acuerdo en relación al método de referencia. En la ecuación 1 los valores oscilan entre -5,8 a 5,8, en la ecuación 2 entre -5,3 a 5,3 y en la ecuación 3 entre -5,1 a 5,1, respectivamente. En el plotaje se puede observar que las correlaciones (r) de los tres modelos son altamente significativos ($p < 0,001$).

En la tabla 3 se observan las comparaciones de la MLG entre los tres modelos predictivos y los valores del índice de reproducibilidad deseable (IRD). No hubo diferencias significativas entre los tres modelos propuestos, además el % de

Tabla 1. Características antropométricas y de composición corporal de los voleibolistas estudiados.

Variables	X	DE	Mínimo	Máximo
Edad (Años)	18,1	1,2	16,0	20,9
Peso (kg)	86,1	10,9	63,7	109,8
Estatura (cm)	1,94	0,07	1,70	2,08
IMC (kg/m ²)	22,9	2,1	18,2	26,9
Diámetro del tobillo (cm)	7,2	0,4	6,5	8,0
Circunferencia del antebrazo (cm)	28,5	1,6	25,8	31,4
Composición corporal por DXA				
Masa Ósea (kg)	3,7	0,4	2,8	4,4
Masa Grasa (kg)	14,0	4,0	7,6	22,9
Masa Libre de Grasa (kg)	67,2	8,1	50,5	82,1
Porcentaje de Grasa (%G)	16,4	3,7	10,1	21,7

X: Media, DE: Desviación Estándar.

Tabla 2. Modelos predictivos para la estimación de la Masa libre de grasa (MLG) en jóvenes voleibolistas.

n°	Ecuaciones	VIF	R	R ²	EEE	p
1	MLG = -10,401+0,562*Peso + 4,032*DT	—	0,93	0,87	3,04	0,000
	Peso	2,45				
	DT	2,45				
2	MLG = -34,806+0,330*Peso + 2,579*CA	—	0,94	0,89	2,81	0,000
	Peso	6,67				
	CA	6,67				
3	MLG = -41,830+0,292*Peso + 2,270*CA+2,638*DT	—	0,95	0,90	2,77	0,000
	Peso	7,19				
	CA	7,02				
	DT	2,64				

MLG: Masa Libre de Grasa, DT: Diámetro del tobillo, CA: Circunferencia del antebrazo, FIV: Factor de inflación de la varianza, EEE= Error estándar de estimación.

diferencia con la referencia oscila entre 3,0 a 3,2%. Por otro lado, el IRD que evalúa el grado de acuerdo por medio del coeficiente de correlación de concordancia (CCC) mostró valores entre 0,93 a 0,95, inclusive los valores de Precisión y Exactitud aumentan conforme las ecuaciones presentan mayor cantidad de variables predictoras en sus modelos.

DISCUSIÓN

Para el desarrollo de los modelos predictivos, este estudio utilizó como posible predictores las variables antropométricas del peso corporal, diámetro del tobillo y circunferencia del antebrazo. Los resultados evidenciaron fuertes correlaciones y elevados niveles de explicación en las tres ecuaciones (R²=

Figura 1. Plotaje de Bland-Altman para la concordancia entre los valores de MLG determinado por el método de referencia (DXA) y los tres modelos predictivos.

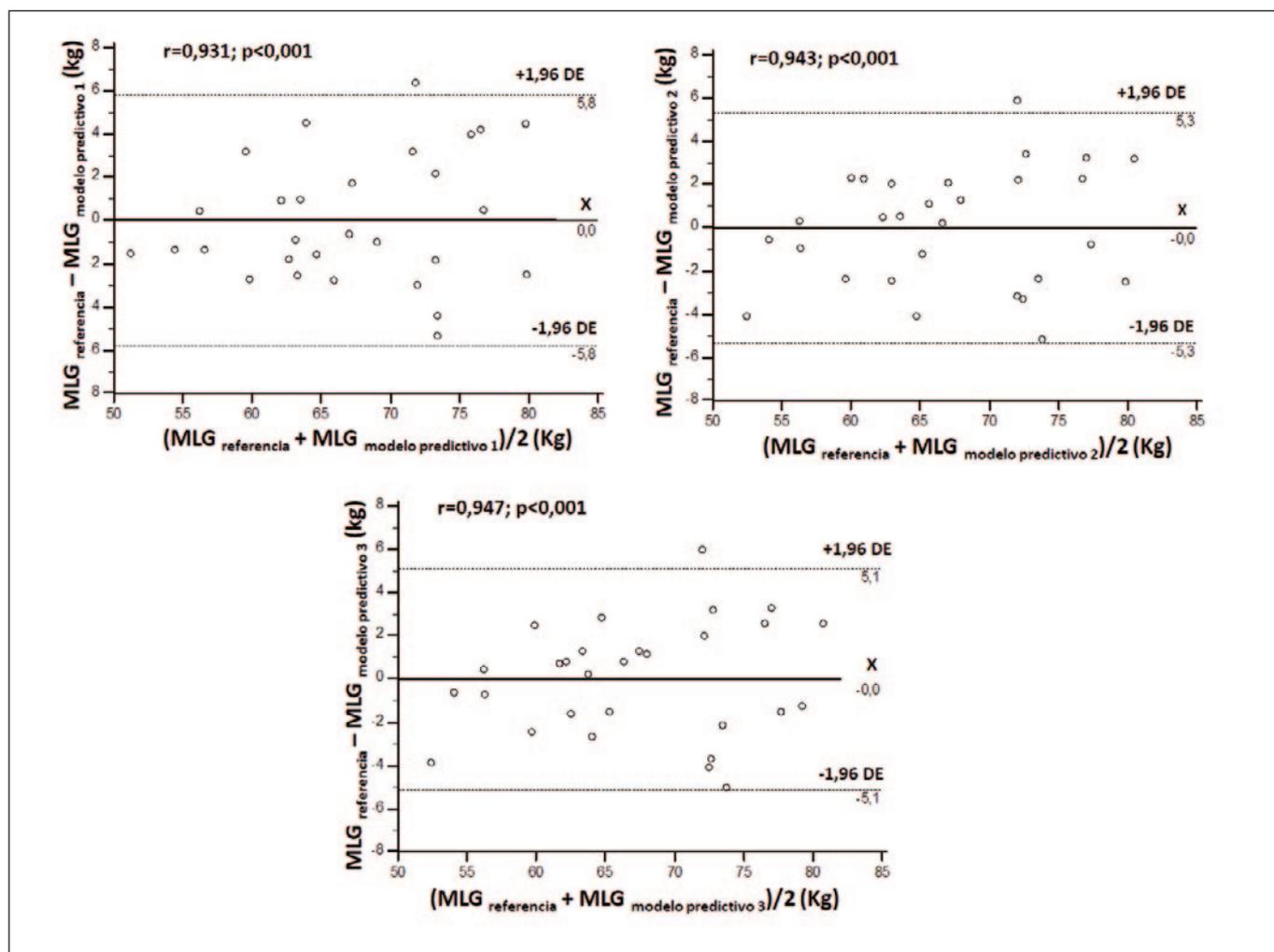


Tabla 3. Valores medios y \pm DE de la MLG y del índice de reproducibilidad deseable (IRD) de los modelos predictivos.

Ecuaciones	MLG				Diferencia con DXA			IRD		
	X	DE	Mínimo	Máximo	X	DE	%	CCC	P	E
Ecuación 1	67,2	7,6	52,0	81,1	0,1	4,2	3,0	0,93	0,931	0,997
Ecuación 2	67,2	7,7	54,3	81,1	0,2	4,0	3,2	0,94	0,943	0,998
Ecuación 3	67,2	7,7	54,3	79,9	0,2	3,8	2,7	0,95	0,947	0,999

MLG: Masa Libre de Grasa, IRD: índice de reproducibilidad deseable, CCC: Coeficiente de correlación de concordancia, P: Precisión, E: Exactitud, X: Promedio, DE: desviación Estándar.

93-95%). Estos hallazgos son similares a otros estudios efectuados en muestras de deportistas¹⁵⁻¹⁷, los que especifican adecuada precisión en sus modelos de regresión.

En general, los modelos predictivos desarrollados de acuerdo al plotaje de Bland-Altman¹³ muestran buen acuerdo

respecto a la referencia DXA. Pues los límites del 95% son relativamente estrechos en los tres modelos, lo que garantiza el grado de acuerdo con el método de referencia.

Cabe resaltar, que otros criterios relacionados con la precisión se utilizaron en el estudio, como, por ejemplo, el factor

de inflación de la varianza VIF y el EEE. Ambos resultados evidenciaron valores inferiores a los establecidos como límites según la literatura^{18,19}.

En cuanto a la reproductibilidad de los modelos predictivos propuestos, los resultados del IRD indican que el CCC de las tres ecuaciones desarrolladas refleja de moderada a elevada reproductibilidad según lo descrito por McBride²⁰. De hecho, el uso del CCC como una medida de fiabilidad ha ganado popularidad en la práctica desde su introducción por Lin¹⁴, aunque en general, en la literatura se describen varias medidas de reproductibilidad, como la correlación intra-clase²¹, el coeficiente de variación, el coeficiente kappa, entre otros, ya que son básicamente los procedimientos populares que ampliamente han sido utilizados para medir el grado de acuerdo entre métodos^{22,23}.

De hecho, un problema importante con respecto a la interpretación de fiabilidad, es que a menudo los investigadores interpretan los resultados usando los puntos de corte de guías o textos, como es el caso de del coeficiente de correlación de Pearson y Coeficiente kappa, los que ilustran valores más bajos que los valores apropiados para examinar fiabilidad²⁴.

En este sentido, los valores observados en este estudio en cuanto a la precisión oscilan entre 0,931 a 0,947 y en la exactitud entre 0,931 a 0,947, los que pueden ser interpretados de buena a excelente reproductibilidad para las tres ecuaciones propuestas según lo descrito por Lin¹⁴, Lin²⁴. Por lo tanto, los nuevos modelos predictivos desarrollados representan un paso más para encontrar la equivalencia con el método de referencia, puesto que pueden reproducir los resultados obtenidos de forma similar a la referencia o criterio estándar²⁵.

El estudio presenta algunas limitaciones como, por ejemplo, no se efectuó la validación cruzada y el tamaño de la muestra es relativamente pequeño. Esto podría limitar su uso y aplicación, inclusive podría afectar la generalización de los resultados a otros contextos socioculturales, aunque sin desmerecer los resultados obtenidos en esta investigación, hasta donde se sabe, este es el primer estudio efectuado en Brasil, en el que se propone ecuaciones de regresión para estimar la MLG en jóvenes voleibolistas de alto rendimiento. Como tal, las estimaciones por medio de variables antropométricas son ventajas prácticas para estimar la MLG de voleibolistas, además son menos costosas y fáciles de efectuar en relación a las técnicas sofisticadas que requieren de personal médico y equipamiento sofisticado²⁶, además pueden servir de base para los investigadores, a través, del cual, pueden contrastar con otras metodologías utilizadas en voleibolistas.

Por lo tanto, estas ecuaciones pueden ser introducidas para el control de los programas de entrenamiento y pueden ayudar a optimizar el rendimiento competitivo de los jóvenes voleibolistas.

CONCLUSIÓN

La MLG puede ser calculada con precisión y exactitud en jóvenes voleibolistas de sexo masculino a partir de variables an-

tropométricas como el peso, diámetro del tobillo y circunferencia del antebrazo. Los conjuntos de los procedimientos estadísticos sugieren amplia concordancia y apoyan la capacidad de reproducibilidad de los valores teóricos a predecir. Se sugiere el uso y la aplicación de las ecuaciones desarrolladas en programas de entrenamiento de jóvenes voleibolistas como una alternativa no-invasiva y de campo.

BIBLIOGRAFÍA

- Petroski EL, Fraro J, Fidelix YL, Santos Silva DA, Pires-Neto CS, Dourado AC, Rocha MA, Stanganelli LC, Oncken P, Soares Viera F. Características antropométricas, morfológicas e somatotípicas de atletas da seleção brasileira masculina de voleibol: estudo descritivo de 11 anos. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2013; 15(2):184-192.
- Moreno R, Hernández Gallardo D, Linares Girela D, Naranjo Rodríguez J, Troya Rosas M, Linares Manrique M. Perfil Antropométrico y Energético Nutricional del Equipo de Rugby Cerberos RFC Masculino, Cerberos Rugby Football Club, Quito. *Nutr. clín. diet. hosp.* 2017; 37(2):28-35
- Hascelik Z, Basgoeze O, Turker K, Narman S, Ozker R. The effects of physical training on physical fitness tests and auditory and visual reaction times of volleyball players. *J. Sport Med. Phys. Fitness.* 1989; 29: 234-239.
- Thissen-Milder M, Mayhew JL. Selection and classification of high school volleyball players from performance tests. *J. SportMed. Phys.Fitness.* 1991; 31:380-384.
- Gabbett T, Georgieff B. Physiological and anthropometric characteristics of junior national, state, and novice volleyball players. *J. Strength Cond.Res.* 2007; 21(3):902-908.
- Kim K, Hong S, Kim EY. Reference Values of Skeletal Muscle Mass for Korean Children and Adolescents Using Data from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey 2009-2011. *PLoS ONE.* 2016; 11(4): e0153383.
- Sheppard JM, Cronin JB, Gabbett TJ, McGuigan MR, Etxebarria N, Newton RU. Relative importance of strength, power, and anthropometric measures to jump performance of elite volleyball players. *Strength Cond Res.* 2008; 22(3), 758-765.
- Carlson BR, Carter JE, Patterson P, Petti K, Orfanos SM, Noffal GJ. Physique and motor performance characteristics of US national rugby players. *J Sports Sci.* 1994; 12:403-12.
- Reilly T. Fitness assessment. In *Science and Soccer.* (Editor). Reilly, T. London: E & FN Spon. 1996; pp. 25-49.
- Warner ER, Fornetti WC, Jallo JJ, Pivarnik JM. A Skinfold Model to Predict Fat-Free Mass in Female Athletes. *Journal of Athletic Training.* 2004;39(3):259-262.
- Toombs RJ, Ducher G, Shepherd JA, De Souza MJ. The impact of recent technological advances on the trueness and precision of DXA to assess body composition. *Obesity (Silver Spring).* 2012; 20: 30-39.
- Sociedad Internacional para el Avance de la Kineantropometría (ISAK). Estándares internacionales para la valoración antropométrica. Australia. 2001.

13. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986; 8, 307–310.
14. Lin LI. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics*. 1989; 45, 255–268.
15. Fornetti-Willa C, James M, Pivarnik, Jeanne M, Foley, and Justus J. Fiechtner. Reliability and validity of body composition measures in female athletes. *J. Appl Physiol*. 1999; 87(3): 1114–1122.
16. Stewart AD, Hannan BW. Prediction of fat and fat-free mass in male athletes using dual X-ray absorptiometry as the reference method. *Journal of Sports Sciences*. 2000; 18:4, 263-274.
17. Oliver JM, Lambert BS, Martin SE, Green JS, Crouse SF. Predicting Football Players' Dual-Energy X-Ray Absorptiometry Body Composition Using Standard Anthropometric Measures. *Journal of Athletic Training*. 2012; 47(3):257–263.
18. Slinker BK, Glantz SA. Multiple regression for physiological data analysis: the problem of multicollinearity. *Am J Physiol*. 1985, 249, R1–12.
19. Lohman TG. Dual energy X-ray absorptiometry. In *Human Body Composition*, eds AF Roche, SB Heymsfield & TG Lohman, pp 63–78. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996.
20. McBride GB. A proposal for strength-of-agreement criteria for Lin's Concordance Correlation Coefficient. NIWA Client Report: HAM2005-062, 2005.
21. Quan H, Shih WJ. Assessing reproducibility by the within-subject coefficient of variation with random effects models. *Biometrics*. 1996; 52:1195–1203.
22. Fleiss JL. *Statistical Methods for Rates and Proportions*, 2nd Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1981.
23. Kottner J, Audige L, Brorson S, Donner A, Gajewski BJ, Hrobjartsson A, Roberts C, Shoukri M, Streiner DL. Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies (GRRAS) were proposed. *J Clin Epidemiol*. 2011; 64: 96–106.
24. Lin L. A note on the concordance correlation coefficient. *Biometrics*. 2000; 56: 324-325.
25. Li R, Chow M. Evaluation of reproducibility for paired functional data. *Journal of Multivariate Analysis*. 2005; 93: 81–101.
26. Poortmans JR, Boisseau N, Moraine JJ, Moreno-Reyes R, Goldman S. Estimation of total-body skeletal muscle mass in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc*. 2005; 37(2):316-22.