

VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS, MADURACIÓN SOMÁTICA Y FLUJO ESPIRATORIO: DETERMINANTES DE LA MASA LIBRE DE GRASA EN JÓVENES NADADORES

ANTHROPOMETRIC VARIABLES, SOMATIC MATURATION AND EXPIRATORY FLOW: DETERMINANTS OF FAT-FREE MASS IN YOUNG SWIMMERS

*Marco Cossio-Bolaños, **Jessica Rubio-Gonzalez, ***Cristian Luarte-Rocha, ****Margot Rivera-Portugal,

*****Camilo Urrea-Albornoz, *Rossana Gomez-Campos

*Universidad Católica del Maule (Chile), **Universidad Católica de Valencia (España), ***Universidad San Sebastian (Chile),

****Universidad Nacional de San Agustín (Perú), *****Universidad Santo Tomás (Chile)

Resumen. Los objetivos de este trabajo fueron: a) analizar la relación entre las variables antropométricas, edad cronológica, maduración somática y flujo espiratorio máximo con la Masa libre de grasa (MLG) de jóvenes nadadores y b) proponer ecuaciones de regresión que permitan predecir la MLG de nadadores por edad biológica y sexo. Se estudió a 36 nadadores (21 hombres y 15 mujeres) entre los 10.0 a 16.9 años, de la selección de Natación del Maule (Chile). Se evaluó el peso, estatura, estatura sentada, longitud del antebrazo, circunferencia de la pantorrilla y el Flujo espiratorio Máximo (FEM). Se calculó la edad cronológica y edad biológica por antropometría. Se obtuvo los valores de la composición corporal (MLG, Masa ósea y masa grasa) por medio de la Absorciometría dual de rayos X (DXA). La MLG se relacionó con la edad cronológica ($R^2=0.46$), biológica ($R^2=0.69$), Peso ($R^2=0.86$), estatura ($R^2=0.77$), estatura sentada ($R^2=0.66$) longitud del antebrazo ($R^2=0.69$), circunferencia del brazo derecho ($R^2=0.55$) y FEM ($R^2=0.69$). Se generaron cuatro ecuaciones de regresión para cada sexo las que evidenciaron un R^2 Ajustado entre 86 a 90% en hombres y en mujeres entre 95 a 97%. La edad biológica, la longitud del antebrazo, la circunferencia de la pantorrilla y el FEM son excelentes predictores de la MLG. Las ecuaciones generadas sirven para controlar, diagnosticar, monitorizar la MLG de los jóvenes nadadores por edad biológica y sexo.

Palabras claves: Maduración biológica, antropometría, flujo espiratorio, nadadores.

Abstract. The objectives of this work were: a) to analyze the relationship between anthropometric variables, chronological age, somatic maturation and maximum expiratory flow with Fat Free Mass (MLG) of young swimmers and b) propose regression equations that allow to predict MLG of swimmers by biological age and sex. We studied 36 swimmers (21 men and 15 women) between 10.0 and 16.9 years old, from the selection of Maule Swimming (Chile). Weight, height, sitting height, forearm length, calf circumference and Maximum Expiratory Flow (FEM) were evaluated. Chronological age and biological age were calculated by anthropometry. The values of body composition (MLG, Bone Mass and fat mass) were obtained by means of Dual X-ray Absorptiometry (DXA). MLG was related to chronological age ($R^2=0.46$), biological age ($R^2=0.69$), weight ($R^2=0.86$), height ($R^2=0.77$), sitting height ($R^2=0.66$) forearm length ($R^2=0.69$), circumference of the right arm ($R^2=0.55$) and FEM ($R^2=0.69$). Four regression equations were generated for each sex, which showed an adjusted R^2 between 86% and 90% in men, and in women between 95% and 97%. The biological age, the length of the forearm, the circumference of the calf and the FEM are excellent predictors of MLG. The generated equations serve to control, diagnose, and monitor the MLG of young swimmers by biological age and sex.

Key words: Biological maturation, anthropometry, expiratory flow, swimmers.

Introducción

El análisis de la composición corporal es una forma fiable, práctica y no invasiva, para conocer aspectos que se modifican con el entrenamiento (Abraldes, Rodríguez-Suárez, Ferragut-Fiol, & Vila-Suárez, 2014); por lo que, el tamaño del cuerpo, la estructura y la composición corporal pueden ser utilizados como parámetros específicos para analizar la aptitud de un individuo deportista, así como para caracterizar el perfil óptimo para un adecuado rendimiento deportivo (Slaughter & Ruys, 1995). De hecho, la masa magra y la masa grasa juegan un papel fundamental en el desempeño de los deportes, especialmente donde la velocidad, la energía y fuerza son importantes (Hawes & Sovak, 1994).

En ese contexto, la composición corporal y las características antropométricas de los nadadores están relacionadas con la minimización de la fuerza de arrastre y con el rendimiento deportivo competitivo (Siders, Lukaksi & Bolonchuk, 1993). Además, hay evidencias de que el ejercicio en el agua y la práctica de la natación aumentan la capa-

cidad aeróbica, mejora la aptitud cardiovascular y la calidad de vida, y consecuentemente producen menos resistencia de las vías aéreas en relación a otros tipos de actividades físicas vigorosas, como carreras en el atletismo y ciclismo (Weisel et al., 2009).

En general, el ejercicio físico tiene una relación recíproca con el sistema respiratorio (Sumartiniingsih & Setiowati, 2011), especialmente en la natación, donde los cambios en la función pulmonar debido al entrenamiento regular afectan el valor de los flujos espiratorios máximos (Yunus, 1997). De hecho, estudios recientes han demostrado que el entrenamiento de la natación es eficaz para mejorar la función respiratoria, aumentando el porcentaje de la capacidad vital forzada en relación a los ejercicios en tierra (Ide, Belini & Caromano 2005; Sato & Sakurai 2012).

De hecho, en el ambiente deportivo, los atletas son sometidos a constantes evaluaciones, siendo importante analizar su proceso de formación y así poder encontrar las variables clave que marcan las diferencias entre los deportistas considerados expertos y el resto (Arias-Estero, 2008).

Por ello, el análisis de la composición corporal es relevante en este tipo de población, especialmente cuando se evalúa la masa libre de grasa (MLG). Pues este comparti-

miento corporal es un marcador de rendimiento deportivo. En ese sentido, el seguimiento del rendimiento en natación es importante para analizar la progresión y estabilidad de las competencias y sirve como un parámetro de ayuda a los entrenadores (Gonzalez-Ravé et al, 2017).

Desde esa perspectiva, a nivel nacional e internacional no se han encontrado estudios en jóvenes nadadores que analicen las interrelaciones entre las variables antropométricas y fisiológicas con la MLG. Por lo que esta información podría ser relevante a la hora de evaluar, diagnosticar y monitorizar los programas de iniciación, formación y de alto rendimiento, especialmente si se trata de jóvenes deportistas, donde el crecimiento acelerado es un proceso complejo y constante, en el que pueden variar en intensidad y duración (Zugno et al, 2016).

Básicamente este estudio, hipotetiza que las variables antropométricas, la maduración somática y el flujo espiratorio máximo podrían ser determinantes de la MLG de jóvenes nadadores. Por lo tanto, estas variables estudiadas no sólo podrían servir para caracterizar a los nadadores, para detectar jóvenes talentos, sino también para generar ecuaciones de regresión que permitan predecir la MLG de nadadores en fase de crecimiento y desarrollo somático.

Por lo tanto, los objetivos de este estudio fueron: a) analizar la relación entre las variables antropométricas, edad cronológica, maduración somática y flujo espiratorio máximo con la MLG de jóvenes nadadores de forma independiente y b) proponer ecuaciones de regresión que permitan predecir la MLG de nadadores por edad biológica y sexo, usando como método de referencia la Absorciometría dual de rayos X (DXA).

Metodología

Tipo de estudio y muestra

Se efectuó un estudio de tipo descriptivo correlacional en 36 nadadores (21 hombres y 15 mujeres). Los deportistas pertenecen a la selección de la región del Maule. Los sujetos fueron seleccionados por conveniencia (No probabilística). El rango de edad oscila entre los 10.0 a 16.9 años. Fueron incluidos los nadadores que presentaban como mínimo tres años de experiencia en la modalidad y a los que formaron el consentimiento y asentimiento informado. Fueron retirados los que estuvieron lesionados, los que estaban con edades inferiores a 9,9 años y superior a 17,0 años y los que presentaban algún tipo de implante metálico.

El estudio contó con la aprobación del Comité de Ética de la Universidad Autónoma de Chile (sede Talca). Además, el estudio se desarrolló de acuerdo a la Declaración de Helsinki para seres humanos.

Procedimientos

Para calcular la edad decimal, se usó la fecha de nacimiento (día, mes y año) y la fecha de evaluación (día, mes y año). Los clubes deportivos al que pertenecían los nadadores facilitaron las fechas de nacimiento y los años de entrenamiento en la modalidad. Luego se organizó la evaluación de variables antropométricas, flujo espiratorio máximo y el escaneo a través de la Absorciometría dual de rayos X (DXA). Las evaluaciones se efectuaron en el mes de marzo del 2015

en el periodo de la mañana de lunes a viernes entre las 8:30 a 12:00 horas.

Para la evaluación de las variables antropométricas se utilizó el protocolo descrito por Ross & Marfell-Jones (1991). Se evaluó el peso corporal (kg) descalzo utilizando una balanza electrónica (Tanita, United Kingdom, Ltd), con una escala 0 - 150 kg y con precisión de 100g. La estatura de pie se evaluó mediante un estadiómetro portátil (Seca GmbH & Co. KG, Hamburg, Germany) con una precisión de 0,1mm., de acuerdo al plano de Frankfurt. La estatura sentada (altura tronco-cefálica) fue evaluada utilizando un banco de madera con una altura de 50 cm., y con estadiómetro de 1,50m y con precisión de 1mm.

La evaluación del flujo espiratorio máximo FEM (L/min) se efectuó mediante un dispositivo de marca Mini Wright (Clement Clarke International Ltd., Essex, England), con un rango de 60 a 900L/min (Douma, Van der Mark y Flogering, 1991). El FEM se obtiene de una maniobra espiratoria forzada partiendo de una inspiración máxima (igual que en una espirometría). Se efectuaron tres expiraciones forzadas y se registró el mejor resultado. La evaluación se efectuó de pie y sin flexionar el cuello siguiendo las sugerencias de Quanjer et al (1993). Previamente los adolescentes fueron informados sobre el uso del equipo y se familiarizaron para evitar posibles errores durante la evaluación.

El escaneo de cuerpo total y sin cabeza fue evaluado mediante DXA. El equipo utilizado fue: Lunar Prodigy; General Electric, Fairfield, CT. Para el procedimiento de evaluación se siguió las sugerencias descritas por Kelly, Berger y Richardson (1998). El equipo fue manipulado por un técnico capacitado y con amplia experiencia. Todos los días antes de evaluar el equipo fue calibrado de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Se extrajo del equipo los valores de composición corporal: Masa ósea (MO) y MLG.

El estado de maduración biológica (maduración somática) fue determinada por el método antropométrico. Se utilizó la propuesta de Mirwald y col (2002). Se aplicó una ecuación de regresión para predecir el estado de madurez para ambos sexos. Los resultados se interpretan mediante los valores -3APVC, -2APVC, -1APVC, 0APVC, 1APVC, 2APVC, 3APVC. Lo negativo significa antes de ocurrir el PVC, el cero es el momento exacto del PVC y lo positivo, es el tiempo después de los APVC (interpretado en años).

Análisis estadístico

El test de *Shapiro-Wilk* se usó para contrastar la normalidad de los datos. La homogeneidad de la varianza del residuo se verificó utilizando la prueba de Levene. Las comparaciones entre ambos sexos se verificaron por medio de test t para muestras independientes ($p < 0.05$). Las relaciones entre variables fueron verificadas por medio de Pearson y R^2 ajustado. Para la generación de ecuaciones se utilizó la regresión lineal simple y múltiple por pasos. Las ecuaciones fueron interpretadas por medio R^2 ajustado, Error Estándar de estimación (EEE), probabilidad ($p < 0.001$), colinealidad y el Factor de inflación de la varianza (FIV). También se utilizó el plotaje de Bland y Altman (1986) para verificar la concordancia entre los valores de la referencia (DXA) con las ecuaciones generadas. Los cálculos estadísticos se realizaron en hojas de cálculo Excel y en SPSS 18.0.

Resultados

Las variables que caracterizan a la muestra estudiada se pueden observar en la tabla 1. Los hombres presentaron mayor edad biológica, estatura de pie, estatura sentada, longitud del antebrazo, MLG y FEM en relación a las mujeres ($p < 0.05$). Por el contrario, las mujeres presentaron mayor MG en comparación con los hombres. Además, no hubo diferencias significativas en la edad cronológica, peso corporal, circunferencia de la pantorrilla y MO.

Tabla 1. Características antropométricas, composición corporal y flujo espiratorio máximo de los nadadores estudiados.-

Variables	Hombres (n=21)		Mujeres (n=15)		Ambos (n=36)	
	X	DE	X	DE	X	DE
Edad cronológica (años)	14,8	1,7	13,4	1,8	14,2	1,9
Edad biológica (APVC)	15,3*	0,69	11,7	0,7	14,7	2,1
Antropometría						
Peso (kg)	58,4	9,2	57,1	9,1	57,8	9
Estatura de Pie (cm)	166*	10,8	159	5,5	163	9,4
Estatura Sentada (cm)	85,1*	9,9	83,3	3,3	84,4	7,8
Longitud del antebrazo (cm)	26,4*	2,0	24,9	1,0	25,8	1,8
Circunferencia Pantorrilla (cm)	34,3	2,6	34,3	2,7	34,3	2,6
Composición Corporal (DXA)						
Masa Ósea (kg)	2,3	0,4	2,0	0,3	2,2	0,4
Masa grasa (kg)	10,6*	2,9	17,1	3,9	13,3	4,6
Masa Libre de Grasa (kg)	45,5*	8,5	38,1	6,5	42,4	8,5
Prueba funcional						
Flujo Espiratorio Máximo (L/min)	439*	110	377	84,1	413	103

X: Promedio, DE: Desviación estándar, APVC: Años de Pico de Velocidad de Crecimiento, DXA: Absorciometría dual de rayos X.

Las variables que predicen la MLG en ambos sexos se observan en la tabla 2. Se observó en ambos sexos que la edad biológica mostró mayor poder de explicación en relación a la edad cronológica. Las variables antropométricas (peso, estatura de pie, estatura sentada, longitud del antebrazo y la circunferencia de la pantorrilla) y el FEM predicen

la MLG en hombres desde 55 a 86% y en mujeres desde 54 a 84%.

Tabla 2. Variables que predicen la MLG en nadadores de ambos sexos.

Variable dependiente	Variable Independiente	Hombres				Mujeres				
		R	R ²	EEE	p	R	R ²	EEE	p	
MLG (kg)	Edad cronológica (Años)	0,68	0,46	6,40	0,00	0,87	0,67	3,89	0,001	
	Edad Biológica (APVC)	0,83	0,69	4,88	0,00	0,92	0,85	2,58	0,001	
	Antropometría									
	Peso (kg)	0,93	0,86	3,26	0,00	0,92	0,84	2,69	0,001	
	Estatura de Pie (cm)	0,88	0,77	4,21	0,00	0,77	0,59	4,30	0,001	
	Estatura sentada (cm)	0,81	0,66	5,12	0,00	0,78	0,61	4,20	0,001	
	Longitud Antebrazo (cm)	0,83	0,69	4,85	0,00	0,74	0,54	4,55	0,001	
	Circunferencia de la Pantorrilla (cm)	0,74	0,55	5,82	0,00	0,80	0,63	4,09	0,001	
	Prueba funcional									
	Flujo espiratorio máximo (L/min)	0,83	0,69	4,88	0,00	0,82	0,71	3,89	0,001	

APVC: Años de Pico de Velocidad de Crecimiento, MLG: Masa Libre de Grasa.

Las ecuaciones generadas a partir de la edad biológica, variables antropométricas y del FEM se observan en la tabla 3. En ambos sexos las ecuaciones 2, 4, 6 y 7 fueron las que explican en mayor porcentaje en relación a las ecuaciones 1, 3 y 5. En hombres los valores del R² oscilan entre 86 a 90% y en mujeres 95 a 97%. Los valores de la Tolerancia son inferiores a 0.79 en hombres y 0.66 en mujeres, además los valores del Factor de inflación de la varianza (FIV) en hombres fueron inferiores a 3.64 y en mujeres inferior a 5.40. En todos los casos y en ambos sexos no hubo colinealidad.

Los valores de la concordancia se observan en la figura 1. El Plotaje de Bland-Altman muestra que las cuatro ecuaciones desarrolladas (ecuación 2, 4, 6 y 7) evidenciaron amplios límites de acuerdo en relación al método de referencia DXA. En los hombres, los valores oscilan desde -6.3 hasta 6.3kg y en mujeres desde -2.8 hasta 2,8kg. En general, las correlaciones son altamente significativas en ambos sexos ($p < 0.001$), a pesar de que los hombres ($r = 0.93$ a 0.95) reflejan valores relativamente inferiores respecto a las mujeres ($r = 0.98$).

Discusión

El primer objetivo de este estudio fue analizar la relación entre las variables antropométricas, edad cronológica, edad biológica y flujo espiratorio máximo con la MLG de jóvenes nadadores. Los resultados mostraron en ambos sexos que la edad biológica explica en mayor porcentaje la MLG en relación a la edad cronológica. De hecho, estudios previos han verificado la utilidad del control de la maduración biológica en jóvenes deportistas (Seabra et al. 2012; Santi et al., 2015; Gómez-Campos et al., 2017) puesto que, por lo general, durante la adolescencia existen grandes discrepancias interindividuales entre la edad cronológica y la edad biológica, debido a la variabilidad de los sistemas corporales en el tiempo y en el ritmo de progreso (Beunen & Malina, 1996).

Tabla 3. Valores de Regresión lineal múltiple para generar ecuaciones predictivas de la MLG por edad biológica y género.

Nº	Ecuaciones	R	R ²	EEE	p	Colinealidad Variables		
						T	VIF	
Hombres								
1	MLG= -8,228+2,173*APVC+2,049*LA	0,88	0,78	4,223	0,001	APVC	0,41	2,46
						LA	0,41	2,46
2	MLG= -5,645+2,887*APVC+1,502*CP	0,93	0,86	3,410	0,001	APVC	0,79	1,27
						CP	0,79	1,27
3	MLG= 29,765+2,198*APVC+0,037*FEM	0,88	0,78	4,201	0,001	APVC	0,42	2,38
						FEM	0,42	2,38
4	MLG=-36,930+1,839*APVC +1,420*LA +1,303*CP	0,95	0,90	2,975	0,001	APVC	0,40	2,50
						LA	0,38	2,64
						CP	0,74	1,36
5	MLG=-7,212+1,316*APVC +1,543* LA +0,028*FEM	0,91	0,83	3,841	0,001	APVC	0,32	3,15
						LA	0,37	2,74
						FEM	0,38	2,65
6	MLG=-3,749+2,429*APVC + 1,276*CP + 0,013*FEM	0,93	0,86	3,405	0,001	APVC	0,42	2,41
						CP	0,54	1,84
						FEM	0,29	3,46
7	MLG=-33,696+1,646*APVC + 1,343*LA + 1,191*CP + 0,007*FEM	0,95	0,90	3,03	0,001	APVC	0,31	3,22
						LA	0,36	2,77
						CP	0,54	1,86
						FEM	0,28	3,64
Mujeres								
1	MLG= 6,193+2,704*APVC+0,943*LA	0,93	0,86	2,600	0,001	APVC	0,48	2,10
						LA	0,48	2,10
2	MLG= -0,573+2,303*APVC+0,943*CP	0,98	0,95	1,550	0,001	APVC	0,66	1,52
						CP	0,66	1,52
3	MLG= 27,769+2,787*APVC+0,007*FEM	0,93	0,86	2,670	0,001	APVC	0,26	3,79
						FEM	0,26	3,79
4	MLG=-21,560+1,997*APVC +0,887*LA +0,934*CP	0,98	0,96	1,480	0,001	APVC	0,39	2,58
						LA	0,48	2,11
						CP	0,66	1,52
5	MLG=5,409+2,501*APVC +0,948* LA +0,006*FEM	0,93	0,87	2,690	0,001	APVC	0,22	4,60
						LA	0,47	2,12
						FEM	0,26	3,82
6	MLG=-5,190+1,800*APVC + 0,974*CP + 0,013*FEM	0,98	0,96	1,490	0,001	APVC	0,22	4,66
						CP	0,65	1,55
						FEM	0,26	3,84
7	MLG=-24,013+1,565*APVC + 0,814*LA + 0,964*CP + 0,012*FEM	0,98	0,97	1,430	0,001	APVC	0,19	5,40
						LA	0,47	2,13
						CP	0,65	1,55
						FEM	0,26	3,88

APVC: Años de Pico de Velocidad de Crecimiento, MLG: Masa Libre de Grasa, LA: Longitud del Antebrazo, CP: Circunferencia de la Pantorrilla, FEM: Flujo Espiratorio Máximo, T: Tolerancia, EEE: Error Estándar de Estimación, VIF: Factor de inflación de la varianza.

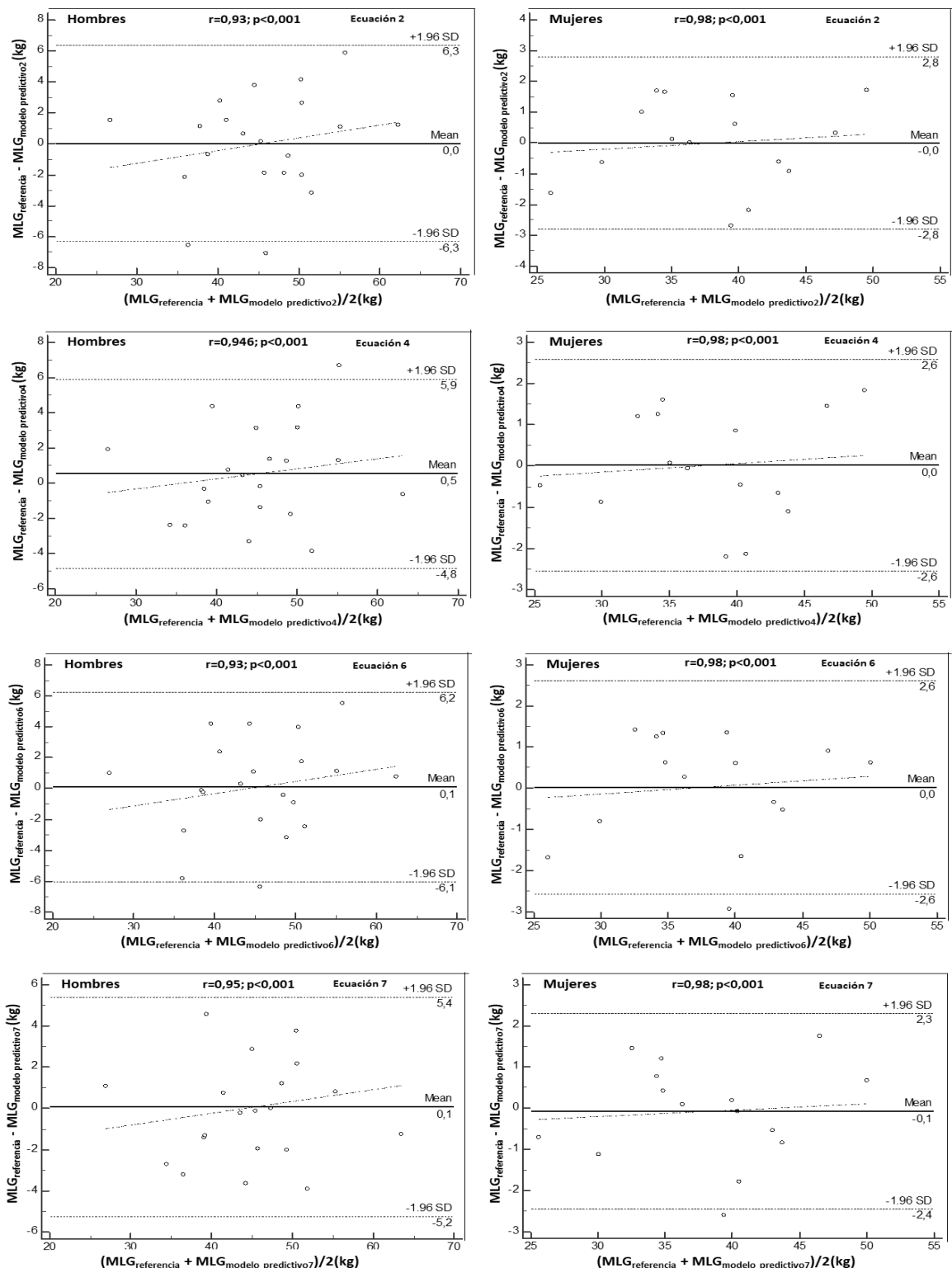


Figura 1. Concordancia por medio del Plotaje de Bland-Altman entre los valores de MLG determinado por el método de referencia (DXA) con los cuatro modelos predictivos.

Por lo tanto, la determinación precisa de la maduración biológica en los atletas juveniles, tanto en pre y post APVC es de gran importancia, ya que permite a los investigadores y entrenadores explicar el efecto de confusión de una maduración avanzada o retrasada entre los atletas (Fransen et al., 2017).

Respecto a las variables antropométricas que predicen los valores de la MLG, se observó que el peso, la estatura de pie, estatura sentada, longitud del antebrazo y la circunferencia de la pantorrilla son predictores aceptables. En ambos sexos (hombres 55 a 86% y mujeres 54 a 84%) los valores son significativos y el EEE son inferiores a 4,5%. Estos hallazgos

confirman la utilidad de las variables antropométricas, los que pueden ser utilizados como indicadores de predicción para estimar la MLG en jóvenes nadadores.

Estos resultados son consistentes con otros estudios, independientemente del rango de edad y muestra estudiada (Dupler & Tolson, 2000; Thomas et al., 2010). Los hallazgos de estas investigaciones confirman la utilidad de las variables antropométricas para establecer métodos de campo alternativos no-invasivos para la evaluación de la composición corporal en poblaciones específicas, como los investigados en este estudio. Por lo tanto, la medición de la composición corporal es vital para analizar el desempeño deportivo, debido a la asociación con la masa grasa y masa libre de grasa (Willems, Paulson, Keil, Brooke & Goosey, 2015).

En esencia, estos resultados encontrados proporcionan una opción atractiva para generar ecuaciones de regresión para predecir la MLG de jóvenes nadadores. En ese sentido, este estudio como segundo objetivo, desarrolló 7 ecuaciones para estimar la MLG de nadadores por edad biológica y sexo, en especial aquellas que combinan con tres y cuatro variables.

Los resultados evidenciaron que los APVC, la CP, la LA y el FEM son las variables que mejor se ajustan a los modelos generados para ambos sexos. En hombres el R^2 Ajustado explica entre 78-90% y en mujeres entre 95-97%. En general, estos valores obtenidos son consistentes con otros estudios efectuados en deportistas (Fornetti, Pivarnik, Foley & Fiechtner, 1999; Silva, Minderico, Teixeira, Pietrobelli & Sardinha, 2006; Muniz et al., 2017), independientemente de la modalidad deportiva y de las variables predictoras utilizadas. De hecho, los hallazgos obtenidos en este estudio son relativamente similares para ambos sexos, inclusive, los valores relacionados con la precisión, como el factor de inflación de la varianza VIF, la tolerancia y el FEE coinciden con los rangos establecidos por la literatura (Slinker & Glantz, 1984; Lohman, 1996).

En general, los cuatro modelos de regresión mostraron buen acuerdo respecto al criterio DXA. Los límites del 95% son estrechos en los modelos generados y los coeficientes de correlación son altamente significativos. Estos resultados son evidentemente una clara muestra, de que las ecuaciones generadas pueden ser aplicables a jóvenes nadadores de ambos sexos de la región del Maule de Chile.

En esencia, en este estudio se ha demostrado que el FEM es un excelente predictor de la MLG, conjuntamente con otras variables antropométricas, por lo que la fuerza muscular en general (incluyendo los músculos respiratorios) se desarrolla mediante un entrenamiento sistemático en nadadores (Lazovic-Popovic, Zlatkovic-Svenda, Durmic, Djordjevic & Zugic, 2016). Esta información supone que tiene un efecto positivo sobre la función pulmonar y consecuentemente en la masa muscular en practicantes de natación.

Por lo tanto, estos indicadores deben ser considerados por los profesionales de las ciencias del deporte y de la salud dentro de sus actividades rutinarias en los programas de enseñanza y de formación en diferentes contextos, como la escuela, clubes deportivos y centros de alto rendimiento para la monitorización, control y diagnóstico de los nadadores.

El estudio presenta algunas limitaciones, como, por ejemplo, no fue posible valorar la fuerza muscular de las extremidades superiores e inferiores de los nadadores estudiados. Por lo que esta información hubiera permitido relacionar con la MLG de los nadadores. Además, no se pudo contar con un mayor número de nadadores para desarrollar la validación cruzada. Estos aspectos probablemente reflejen ligeros sesgos a la hora de analizar los resultados, por lo que se sugiere el uso de las ecuaciones generadas con precaución. También, es necesario mencionar, que las ecuaciones propuestas son una herramienta esencial para el control del entrenamiento cotidiano de los nadadores, ya que implican facilidad en su uso, son de bajo costo y sirven como un método alternativo no-invasivo para estimar la MLG de los jóvenes nadadores.

Se concluye que la edad biológica, la longitud del antebrazo, la circunferencia de la pantorrilla y el Flujo espiratorio Máximo son excelentes predictores de la MLG. Las ecuaciones generadas sirven para controlar, diagnosticar, monitorizar la MLG de los jóvenes nadadores por edad biológica y sexo. Se sugiere su uso y aplicación de las ecuaciones 2, 4, 6 y 7 en contextos deportivos.

Referencias

- Abraldes, J., Rodríguez-Suárez, N., Ferragut-Fiol, C., & Vila-Suárez, M. (2014). Características antropométricas, composición corporal y somatotipo en deportistas de élite de salvamento *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 26, 66-70
- Arias-Estero, J. (2008). El proceso de formación deportiva en la iniciación a los deportes colectivos fundamentado en las características del deportista experto. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 13, 28-32
- Beunen, G., & Malina, R. M. (1996). Growth and biologic maturation: Relevance to athletic performance. In: Hebestreit H., Bar-Or O., editors. *The Child and Adolescent Athlete*. Blackwell Publishing Ltd.; Oxford, UK.
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 8, 307-310.
- Douma, W. R., Van der Mark, T. W., & Folgering, H. T. (1997) Mini-Wright peak flow meters are reliable after 5 years use. *Eur Respir J*, 10, 457-9.
- Dupler, T. L., & Tolson, H. (2000). Body Composition Prediction Equations for Elderly Men. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 55 (1), M180-M184.
- Fornetti, W. C., Pivarnik, J. M., Foley, J. M., & Fiechtner, J. J. (1999). Reliability and validity of body composition measures in female athletes. *J Appl Physiol*, 87(3), 1114-1122.
- Fransen, J., Bush, S., Woodcock, S., Novak, A; Deprez, D., Baxter-Jones, ADG, ... & Matthieu, L. (2017). Improving the Prediction of Maturity From Anthropometric Variables Using a Maturity Ratio. *Pediatr Exerc Sci*, 12, 1-28.
- Gómez-Campos, R., Cofré-Huenul, R., Urra, A. C., Luarte-Rocha, C., Ibáñez, Q.V., & Cossio-Bolaños, M.A. (2017). Densidad mineral ósea en una muestra de jóvenes chile-

- nos practicantes de diversas modalidades deportivas. *Salud Uninorte. Barranquilla (Col.)*, 33(1), 104-48
- González-Ravé, JM., Yustres-Amores, I., & Santos-García, DJ. (2017). Análisis del rendimiento de las pruebas de natación en los JJOO «Rio2016. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 32, 256-259.
- Hawes, M.R., & Sovak, D. (1994). Morphological prototypes, assessment and change in elite athletes. *JSS*, 12, 234-242.
- Ide, M.R., Belini, M.A.V., & Caromano, F.A. (2005). Effects of an aquatic versus non-aquatic respiratory exercise program on the respiratory muscle strength in healthy aged persons. *Clinics*, 60, 151-158.
- Kaori, S., Yu, K., Masakatsu, N., & Tadayoshi, S. (2013). Swimming Exercises Increase Peak Expiratory Flow Rate in Elderly Men. *American Journal of Sports Science and Medicine* 1(4), 56-58.
- Kelly, T.L., Berger, N., & Richardson, T.L. (1998). DXA body composition: theory and practice. *Appl Radiat Isot*, 49, 511-3.
- Lazovic-Popovic, B., Zlatkovic-Svenda, M., Durmic, T., Djelic, M., Djordjevic, S.S., & Zugic V. (2016). Superior lung capacity in swimmers: Some questions, more answers. *Revista Portuguesa de Pneumologia*, 22(3), 151-156.
- Lohman, T.G. (1996). Dual energy X-ray absorptiometry. In: *Human Body Composition*. (Editors). AF Roche, SB Heymsfield, TG Lohman, pp. 63-78. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 689-694.
- Muniz, Y., Cossio-Bolaños, M. A., Gómez-Campos, R., Gonçalves, E., Lázari, E., Urrea-Albornoz, C., & Arruda, M. (2017). Estimate of Body Fat Percentage in Male Volleyball Players: Assessment Based on Skinfolts. *Journal of Exercise Physiologyonline*, 20(3), 14-24.
- Quanjer, PhH., Tammeling, G. J., Cotes, J. E., Pedersen, O. F., Peslin, R., & Yernault, J. C. (1993) Lung volumes and forced ventilator flows; 1993 update. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Coal and Steel Community, and European Respiratory Society. *Eur Respir J*, 6 (Suppl. 16), 5-40.
- Ross, W. D & Marfell-Jones, M. J. (1991). *Kinanthropometry*. In: MacDougall JD, Wenger HA, Geeny HJ, editors. Physiological testing of elite athlete. London: Human Kinetics, 223-308.
- Santi Maria, T., Gómez Campos, R., Andruske, C., Gamero, D., Luarte, C., Arruda, M., ... & Cossio-Bolaños. M. (2015). Percentage of Body Fat of Young Soccer Players: Comparison of Proposed Regression Frequencies between Goalkeepers and Soccer Camp Players. *Journal of Exercise Physiologyonline*, 18(6), 70-80.
- Sato, K., & Sakurai, T. (2012) Effects of Water Exercise Compared to Land Walking on Cardiopulmonary Functions of the Elderly. *Journal of Physical Exercise and Sports Science*, 18, 1-8.
- Seabra, A., Marques, E., Brito, J., Krstrup, P., Abreu, S., Oliveira, J., ... & Rabelo, A. (2012). Muscle strength and soccer practice as major determinants of bone mineral density in adolescents. *Joint Bone Spine*, 79, 403-408.
- Siders, W. A., Lukaksi, H. C., & Bolonchuk, W.W. (1993). Relationship among swimming performance, body composition and somatotype in competitive collegiate swimmers. *J Sports Med Phys Fitness*, 3, 166-71.
- Silva, A. M., Minderico, S. C., Teixeira, P. J., Pietrobelli, A & Sardinha, L. B. (2006). Body fat measurement in adolescent athletes: Multicompartment molecular model comparison. *Eur J Clin Nutr*, 60, 955-964.
- Slaughter, M. H., & Christ, C. B. (1995). *The role of body physique assessment in sport science*. In: Body Composition Techniques and Assessment in Health and Disease, Davies PSW, Cole TJ (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 166-94.
- Slinker, B. K., & Glantz, S. A. (1985). Multiple regression for physiological data analysis: the problem of multicollinearity. *Am J Physiol*, 249, R1-12.
- Sumartiningsih, S., & Setiowati, A. (2011). The Effect of Breaststroke Swimming Exercise to Increase the value of Peak Expiratory Flow. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 5(5), 505-7.
- Thomas, T., Krupa, D. S., Levine, J. A., Martin, C. K., Mayer, L., McDougall A., ... & Heymsfield, B. (2010). Research New fat free mass - fat mass model for use in physiological energy balance equations. *Nutrition & Metabolism*, 7(39):2-11.
- Weisel, C. P., Richardson, S. D., Nemery, B., Aggazzotti, G., Baraldi, E., Blatchley, E. R., ... & Sattar, A. (2009). Childhood asthma and environmental exposures at swimming pools: state of the science and research recommendations. *Environ Health Perspect*, 117:500-7. Epub 2008 Sep 30.
- Willems, A., Paulson, T., Keil, M., Brooke, K., & Goosey-Tolfrey, V. L. (2015). Dual-Energy X-Ray Absorptiometry, Skinfold Thickness, and Waist Circumference for Assessing Body Composition in Ambulant and Non-Ambulant Wheelchair Games Players. *Frontiers in Physiology*, 6:p1-7.
- Yunus, F. (1997). Paru dan Olahraga. *Journal Respiratologi Indonesia*, 17:100-5.
- Zugno, T., Martínez-de-Haro, V., Lara, MT., & Sanz-Arribas, I. (2016). Velocidad de crecimiento de deportistas adolescentes tecnificados de natación, waterpolo, saltos y natación sincronizada. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 30, 98-100.

