

Talla, peso, somatotipo y composición corporal en gimnastas de elite españoles desde la infancia hasta la edad adulta

ALFREDO IRURTIA AMIGÓ^a, ALBERT BUSQUETS FACIABÉN^a, MICHEL MARINA EVRARD^a, PEDRO A. GALILEA BALLARINI^b Y MARTA CARRASCO MARGINET^c

^aDepartamento de Rendimiento Deportivo del Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña. Centro adscrito a la Universidad de Barcelona. Barcelona. España.

^bDepartamento de Fisiología y Valoración Funcional de la Unidad de Ciencias del Centro de Alto Rendimiento. Sant Cugat del Vallés. Barcelona. España.

^cServicio de Nutrición y Dietética. Centro de Estudios de Alto Rendimiento Deportivo. Esplugues de Llobregat. Barcelona. España.

RESUMEN

Introducción y objetivos: El objeto del presente estudio fue caracterizar, a lo largo de la edad, el comportamiento de la talla y el peso (7-25 años), el somatotipo y la composición corporal (12-18 años), en gimnastas masculinos de élite.

Métodos: Basándose en un diseño mixto-longitudinal se analizó de cada una de las variables: a) evolución a lo largo de la edad, y b) diferencias en relación con una muestra de referencia. El somatotipo se analizó mediante el método Heath-Carter, la masa grasa mediante la fórmula de Slaughter y la masa muscular mediante la fórmula de Poortmans.

Resultados: Los gimnastas son significativamente más bajos y ligeros que la muestra de referencia. Además, los mejores gimnastas lo son aún más que el resto de compañeros de entrenamiento, salvo los especialistas en suelo y salto, donde el tren inferior es protagonista. El pico de crecimiento de la talla se produce a la edad de 14 años, a la misma edad que en la muestra de referencia. El 90% de los gimnastas se clasifica en un perfil ecto-mesomórfico. Poseen un porcentaje de masa grasa significativamente inferior al de la muestra de referencia. El somatotipo, la masa libre de grasa y el porcentaje de masa muscular no describen incrementos significativos a lo largo de la edad.

Conclusiones: Los gimnastas españoles muestran un patrón de crecimiento, en las variables de estudio analizadas (talla, peso, somatotipo y composición corporal), que responde a la normalidad. Las principales diferencias entre éstos y la muestra de referencia se producen desde las primeras edades analizadas. Todos estos factores sugieren la implicación de un proceso de selección, tanto previo como el que el propio proceso de entrenamiento realiza a lo largo de los años, antes de alcanzar la elite deportiva.

PALABRAS CLAVE: Gimnastas. Crecimiento. Talla. Peso. Somatotipo. Composición corporal. Mixto-longitudinal.

ABSTRACT

Introduction and aims: The aim of the present study was to characterize the evolution of height and weight (from 7 to 25 years old) and somatotype and body composition (from 12 to 18 years old) in elite male gymnasts.

Method: For each of the variables, a mixed-longitudinal design was used to analyze: a) its evolution with age and b) its differences with respect to a reference population. Somatotype was analyzed with the Heath-Carter method, fat free mass with the Slaughter formula and muscle mass with the Poortman formula.

Results: Male gymnasts were significantly shorter and lighter than the reference population. The best gymnasts were even more so with respect to their fellow gymnasts, except for specialists in vault and floor where the lower limbs are especially important. The peak height velocity occurred at the age of 14, at the same age as in the reference population. The somatotype was ecto-mesomorphic in 90% of the gymnasts. Fat mass percentage was significantly lower than in the reference population. Somatotype, fat free mass and muscle mass showed no significant increases with age.

Conclusions: Gymnasts showed a growth pattern considered as normal in the variables analyzed in the present study. The main differences between the gymnasts and the reference group were observed from the beginning of the follow-up. These findings suggest the effects of a selection process, both before and during the training process, before the elite level is reached.

KEY WORDS: Gymnasts. Growth. Height. Weight. Somatotype. Body composition. Mixed-longitudinal.

Historia del artículo: Recibido el 11 de julio de 2008 / Aceptado el 1 de enero de 2009.

Cómo citar este artículo: Irurtia Amigó A, Busquets Faciabén A, Marina Evrard M, Galilea Ballarini PA, Carrasco Marginet M. Talla, peso, somatotipo y composición corporal en gimnastas de elite españoles desde la infancia hasta la edad adulta. *Apunts Med Sport*. 2009;161:18-28.

Trabajo elaborado con el apoyo de la Secretaria General de l'Esport y el Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya.

Correspondencia: Alfredo Irurtia Amigó (alfredo.irurtia@inefc.net).

INTRODUCCIÓN

La gimnasia artística masculina (GAM) es una especialidad olímpica, regulada por la Federación Internacional de Gimnasia (FIG), que consta de 6 aparatos competitivos: suelo, caballo con arcos, anillas, plataforma de saltos, paralelas y barra fija. Atendiendo a las horas de entrenamiento, a la diversidad de contenidos y a las intensidades de práctica, puede que sea una de las especialidades deportivas más exigentes en edades pediátricas, caracterizadas por una alta incidencia evolutiva en cuanto a factores de crecimiento, desarrollo y maduración se refiere¹.

Al contrario de lo que sucede en la gimnasia artística femenina, los estudios que utilizan la técnica antropométrica para analizar determinadas variables somáticas en GAM son escasos²⁻¹³.

De todos ellos, únicamente existe un estudio sobre población gimnasta española, de diseño mixto-longitudinal y transversal, donde se refleja el crecimiento de la talla y el peso desde los 7 hasta los 24 años de edad¹¹. La evolución de otros parámetros somáticos relevantes, como la composición corporal o el propio somatotipo, de especial importancia en los procesos de selección de talentos deportivos¹⁴, es un análisis no efectuado en GAM.

La especialización precoz del joven gimnasta invita al debate y a la reflexión acerca de sus posibles ventajas e inconvenientes. Ciertas revisiones de la literatura sugieren que el entrenamiento intensivo en este deporte podría condicionar negativamente el crecimiento¹⁵, mientras que otras sugieren cautela y aconsejan seguir investigando utilizando seguimientos longitudinales y/o mixto-longitudinales¹⁶.

Con todo, varias son las cuestiones que cabe resolver: los gimnastas de elite masculinos ¿crecen y se desarrollan de la misma forma que lo hace la población control? Parámetros somáticos como la talla, el peso, el somatotipo y la composición corporal ¿se muestran estables o bien se aprecian cambios significativos en su evolución a lo largo de la edad?

El presente estudio pretende:

- Describir el comportamiento de las dimensiones corporales (talla y peso), el somatotipo y la composición corporal de los gimnastas españoles a lo largo de la edad.
- Comparar dichos resultados con los valores masculinos de la muestra de referencia.

MÉTODOS

Diseño

El diseño del estudio es retrospectivo, observacional, descriptivo y presenta dos estrategias de agrupación de la muestra:

transversal y mixta-longitudinal. Las variables analizadas son: talla, peso, somatotipo (componentes endomorfo, mesomorfo, ectomorfo) y composición corporal (Σ 6 pliegues, masa grasa [%MG], masa muscular [%MM] y masa libre de grasa [MLG]).

Para el análisis de la población española de gimnastas masculinos se recogieron datos de talla y peso a partir de dos fuentes: *a)* valoraciones del Departamento de Fisiología del Centro de Alto Rendimiento (CAR) de Sant Cugat del Vallés durante el período 1991-2003, y *b)* tesis doctoral¹⁷ *Valoración, entrenamiento y evolución de la capacidad de salto en gimnasia artística de competición*. Tanto para el somatotipo como para la composición corporal, únicamente se analizaron los datos del Departamento de Fisiología del CAR.

Criterios de inclusión

a) Para la muestra transversal, ser gimnasta, varón, de nacionalidad española, con nivel competitivo nacional o internacional, y *b)* para la muestra mixta-longitudinal, además de los anteriores, poseer un seguimiento mínimo de 4 años de cada una de las variables analizadas, con una periodicidad de una medición al año.

Aspectos éticos

Se respetó el compromiso moral y ético de la confidencialidad en el manejo de los datos recopilados en ambas fuentes y que conforman la muestra objeto de estudio.

Análisis comparativo

Para el análisis comparativo con la muestra de referencia se extrajeron los datos de dos de los pocos estudios afines realizados hasta el momento en el marco nacional: *a)* para la talla y el peso se utilizaron las curvas de crecimiento de un estudio longitudinal ($n = 300$) con un seguimiento desde los 6 hasta los 18 años¹⁸, y *b)* para la comparación del somatotipo y la composición corporal se utilizó un estudio mixto-longitudinal ($n = 1.902$) con un seguimiento desde los 7 hasta los 16 años¹⁹.

Muestra

Se analizaron 102 informes cineantropométricos de gimnastas masculinos, de edades comprendidas entre los 7 y los 25 años. La alta especificidad de la muestra (que incluye campeonatos nacionales, europeos, medallistas mundiales y olímpicos),

así como el amplio rango de edades analizadas, delimitaron el tamaño muestral a partir de las siguientes condiciones (tabla I).

Instrumentos y procedimientos

Para la realización de cada una de las valoraciones se siguieron las normas y técnicas de medida recomendadas por el International Working Group of Kinanthropometry, descritas por Ross y Marfell-Jones²⁰ y adoptadas por la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) y por el Grupo Español de Cineantropometría (GREC).

Se utilizó el siguiente material antropométrico:

- Tallímetro telescópico Seca 220° (rango de medición: 85-200 cm; precisión: 1 mm).
- Balanza Seca 710°, previamente calibrada (capacidad: 200 kg; precisión: 50 g).
- Cinta antropométrica (precisión: 1 mm).
- Paquímetro o pie de rey (rango de medición: 0-250 mm; precisión: 1 mm).
- Lipómetro Holtain® (rango de medición: 0-48 mm; precisión: 0,2 mm; presión constante de 10 g/mm²).
- Antropómetro (precisión: 1 mm).
- Material complementario (banco de madera de altura conocida para medir la altura sentado; lápiz dermográfico para marcar al individuo, nivel para asegurar la rectitud del antropómetro).

Para las variables de talla y peso se calculó individualmente la velocidad de crecimiento siguiendo las recomendaciones de Mirwald²¹: el incremento anual, expresado en centímetros/año para la talla y en kilogramos/año para el peso. Como pico de crecimiento se consideró el mayor incremento anual de talla o peso. Por otra parte, se calculó la diferencia a lo largo de la edad entre los valores tipificados (valor Z) de la muestra de gimnas-

tas y aquellos con mejores resultados competitivos (finalistas europeos, mundiales y olímpicos: n = 6).

El cálculo del somatotipo se realizó mediante el método de Heath-Carter^{22,23}. Se determinó:

- El somatotipo medio.
- Los tres componentes del somatotipo por separado (endomorfo, mesomorfo, ectomorfo).
- La distancia posicional somatotípica (SAM).

Este último concepto, a partir de un análisis tridimensional, se utilizó para determinar la distancia entre un somatotipo individual y el somatotipo medio correspondiente a su grupo de edad. A mayores valores, menor es la homogeneidad de un grupo. Para este estudio se determinaron 3 niveles de homogeneidad, siguiendo las recomendaciones de Carter²⁴: distancia elevada (SAM ≥ 1,0); distancia moderada (SAM = 0,80-0,99), y distancia reducida (SAM ≤ 0,79).

Se utilizaron dos somatocartas para mostrar: *a)* los valores individuales de la muestra de gimnastas, y *b)* el grado de superposición entre los somatotipos medios de cada una de las edades analizadas (índice I). El índice I consiste en representar un grupo o población mediante una circunferencia cuyo centro es el somatotipo medio y el radio es el índice de distancia del somatotipo (SDI). El SDI es la media de las distancias de dispersión del somatotipo del grupo (SDD) en relación a un somatotipo medio. El SDD es un análisis de tipo bidimensional que determina la distancia entre dos somatotipos (S₁ y S₂). La fórmula para su determinación es la siguiente²⁵:

Ecuación 3: Según Ross y Wilson (1973).

$$SDD = \sqrt{3(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

Donde (X₁, Y₁) y (X₂, Y₂) representan las coordenadas somatotípicas de dos individuos.

Tabla I

Muestra (n₁: número de mediciones; n₂: número de sujetos) y rango de edad (años) para cada una de las variables analizadas. Diseño transversal y mixto-longitudinal

	Talla (cm) Peso (kg)		Somatotipo Composición corporal	
	n ₁ (n ₂)	Rango de edad (años)	n ₁ (n ₂)	Rango de edad (años)
Transversal	219 (102)	7-25	79 (39)	12-18
Mixto-longitudinal	82 (17)	11-25	61 (12)	12-18

Finalmente, la fórmula para llegar al índice I²⁶:

Ecuación 4: Según Ross (1976).

$$\text{Índice I} = \frac{\text{Área común de las 2 circunferencias}}{\sum \text{Áreas no comunes}} \times 100$$

Cuando el índice I = 100, los círculos son concéntricos y poseen igual radio. Cuando el índice I = 0, ambos círculos no poseen ningún área en común.

Para el cálculo de la composición corporal se recurrió únicamente al componente graso (%MG y \sum 6 pliegues: tricipital, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo anterior y pierna medial), al componente muscular (%MM) y a la MLG (kg). Debido a la no existencia de fórmulas validadas para la estimación de la composición corporal en jóvenes gimnastas masculinos, se siguieron las recomendaciones de Claessens²⁷ aplicadas a jóvenes gimnastas femeninas de entre 6 y 17 años de edad. Estos autores proponen la fórmula de Slaughter²⁸ para estimar la composición corporal en gimnastas (%MG y MLG). Así, al tratarse de varones, la fórmula a aplicar sería, finalmente:

Ecuación 1: Según Slaughter et al (1988).

$$\%MG = (0,735 \times \sum 2) + 1,0$$

Donde $\sum 2$ (mm) = pliegue del tríceps + pliegue de la pierna medial (gemelos)

El \sum 6 pliegues (mm) se incluye a modo de medida directa de MG, complementaria a la estimación del %MG, y previa al error inherente de toda fórmula estimativa²³.

En cuanto al %MM, se utilizó la reciente propuesta antropométrica, validada mediante absorciometría dual fotónica de rayos X (DXA) por Poortmans²⁹, para estimar la totalidad de la masa muscular en la infancia y en la adolescencia ($r^2 = 0,966$; $p < 0,001$), que a su vez está adaptada de la fórmula desarrollada por Lee³⁰.

Ecuación 2: Según Poortmans et al (2005).

$$\text{MM (kg)} = h \times [(0,0064 \times \text{PCB}^2) + (0,0032 \times \text{PCM}^2) + (0,0015 \times \text{PCP}^2)] + (2,56 \times \text{sexo}) + (0,136 \times \text{edad})$$

Donde: MM = masa muscular (kg); h = talla (m); PCB = perímetro corregido del brazo (cm); PCM = perímetro corregido del muslo (cm); PCP = perímetro corregido pierna medial o gemelos (cm); sexo = valor "0" para mujeres y valor "1" para hombres; edad (años).

Las valoraciones antropométricas, necesarias para el cálculo del somatotipo y la composición corporal, se realizaron por 3 antropometristas expertos. Como criterio general, a lo largo del tiempo en que se efectuaron las mediciones (1991-2003) se siguieron las recomendaciones de Ross y Marfell-Jones²⁰, por las cuales es válido un error técnico de medida interevaluador e intraevaluador inferior al 5% para los pliegues cutáneos y menor del 2% para el resto de mediciones.

Análisis estadístico

La distribución normal de la muestra, en cada una de las variables de análisis, se confirmó a través de la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov. Se efectuó una prueba T de muestras no relacionadas para comprobar, en cada edad y variable: a) las diferencias entre la muestra transversal y la mixta-longitudinal en el grupo de gimnastas, y b) las diferencias entre esta última y la muestra de referencia. A pesar de la diferencia de tamaño muestral entre alguna de las edades, la prueba de Levene confirmó la igualdad de varianzas. Para comprobar las diferencias entre edades de cada una de las variables a analizar en el grupo de gimnastas, se utilizó el análisis de la varianza (ANOVA) de un factor con el test post hoc de Tukey. El análisis estadístico se realizó mediante el programa SPSS® 12.0 (Chicago, EE.UU.). El nivel de significación se estableció en $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Los estadísticos descriptivos para la edad cronológica, la talla y el peso se muestran en la tabla II, mientras que en la tabla III se presentan los del somatotipo (componentes endomorfo, mesomorfo, ectomorfo, SAM) y la composición corporal (\sum 6 pliegues, %MG, %MM, MLG).

Al no observar diferencias significativas ($p > 0,05$) entre la muestra transversal y la mixta-longitudinal en ninguna de las variables utilizadas en la muestra GAM, los resultados de la muestra transversal, en los rangos de edad comunes a ambas muestras, se consideraron como cambios relacionados con la edad¹⁷.

Talla y peso

Los valores promedio de talla y peso en los gimnastas aumentan progresivamente desde los $7,2 \pm 0,3$ años hasta empezar a estabilizarse a los $19,1 \pm 0,3$ años (talla: $170,1 \pm 5$ cm; peso: $64,2 \pm 4,3$ kg). Se hallan diferencias significativas ($p \leq$

Tabla II Talla y peso de los gimnastas españoles a lo largo de la edad. El sombreado gris advierte sobre la transversalidad de la muestra en las cuatro primeras edades (7-10 años)

Edad (años)	\bar{X}	7,2	8,1	9,1	10,2	11,0	12,1	13,2	14,3	15,1	16,1	17,1	18,1	19,1	20,2	21,0	22,1	23,3	24,1	25,0
	DE	0,32	0,45	0,37	0,42	0,38	0,41	0,52	0,5	0,23	0,27	0,41	0,38	0,29	0,36	0,28	0,49	0,39	0,42	0,41
Talla (cm)	\bar{X}	117,9	123,9	128,1	133,1	136,8	141,2	148,2	153,9	159,2	163,6	165,6	167,3	170,1	170,3	170,2	168,7	168,9	168,3	170,6
	DE	4,73	4,92	6,15	6,02	7,48	8,82	8,60	8,37	7,95	7,59	6,34	5,94	5,02	6,24	4,60	6,11	5,67	6,65	5,93
Peso (kg)	\bar{X}	21,4	23,6	26,8	29,0	32,4	37,1	41,8	45,3	50,9	56,7	60,3	62,3	64,2	65,3	64,3	64,7	63,6	63,6	65,9
	DE	1,02	1,52	3,02	3,74	4,36	7,55	8,24	9,49	8,65	8,85	8,51	6,61	4,34	7,35	2,47	5,14	4,88	6,05	6,18
Muestra (n = 219)		6	7	7	14	15	12	15	18	27	20	18	13	9	7	5	9	7	4	6

\bar{X} : promedio; DE: desviación estándar; sombreado gris: datos transversales.

Tabla III Somatotipo y composición corporal de los gimnastas españoles a largo de la edad

Estadística	Edad (años)	Endo.	Meso.	Ecto.	SAM	Σ 6 pliegues				MG (%)	MM (%)	MLG (kg)	Muestra (n = 79)
						ES	TR	EI	Total				
\bar{X}	12,1	1,8	5,6	2,8	0,6	12,4	12,9	15,3	40,6	9,3	47,7	34,2	6
DE	0,36	0,33	0,84	0,51	0,14	2,07	1,48	2,91	2,15	1,56	2,65	3,53	
\bar{X}	13,2	1,3	5,5	3,6	0,7	11,4	11,1	13,6	36,1	7,9	46,8	36,8	9
DE	0,43	0,36	1,12	1,23	0,27	1,87	1,78	2,95	2,20	1,11	3,88	4,63	
\bar{X}	14,2	1,5	5,6	2,9	0,9	10,8	11,0	13,1	34,9	7,5	47,3	41,3	13
DE	0,41	0,45	1,32	1,21	0,56	1,87	2,40	2,83	2,37	0,77	2,10	6,20	
\bar{X}	15,0	1,5	5,9	2,6	1,1	11,1	10,3	12,8	34,2	7,5	47,8	46,7	13
DE	0,36	0,31	1,25	0,90	0,49	1,83	2,49	2,32	2,21	0,73	1,66	7,99	
\bar{X}	16,1	1,6	6,2	2,6	0,9	11,8	11,0	12,6	35,4	7,8	48,8	51,8	14
DE	0,32	0,53	0,95	0,91	0,57	2,14	2,76	2,51	2,47	1,23	1,53	7,40	
\bar{X}	17,3	1,5	6,1	2,5	1,1	10,8	10,6	12,4	33,8	7,4	49,5	54,2	14
DE	0,39	0,43	1,15	1,07	0,58	1,99	2,07	2,57	2,21	0,91	1,70	6,95	
\bar{X}	18,1	1,7	6,3	2,4	1,0	11,2	10,4	11,6	33,2	7,3	49,5	56,2	10
DE	0,42	0,30	1,43	1,11	0,57	1,75	1,87	2,59	2,07	0,81	1,12	4,60	

SAM: distancia morfogénica media del somatotipo; Σ 6 pliegues: ES (extremidad superior: tricipital, subescapular); TR (tronco: supraespal, abdominal); EI (extremidad inferior: muslo anterior, pierna medial); MG: masa grasa; MM: masa muscular; MLG: masa libre de grasa; \bar{X} : promedio; DE: desviación estándar.

0,05) entre los $12,1 \pm 0,4$ años y $15,1 \pm 0,2$ años para la talla y entre los $14,3 \pm 0,5$ y $16,1 \pm 0,3$ años para el peso (fig. 1).

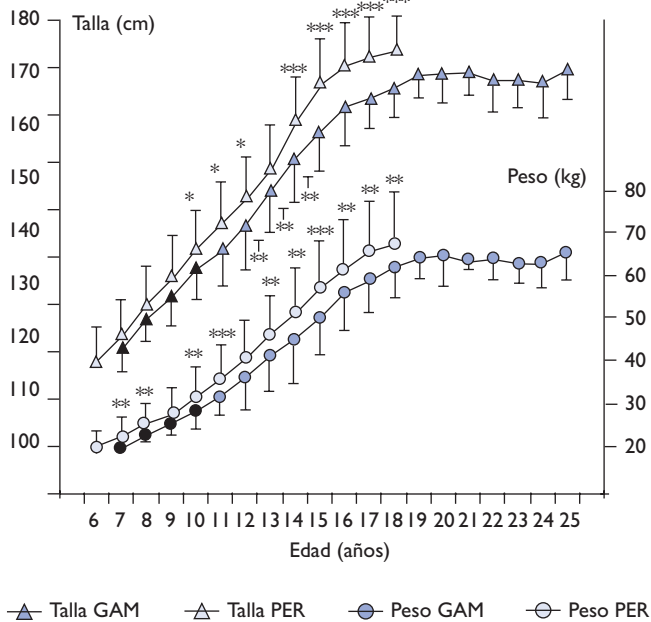
En todas las edades, el valor promedio de la talla de los gimnastas es inferior al de la muestra de referencia, hallándose diferencias significativas entre los $10,2 \pm 0,4$ y $12,1 \pm 0,4$ años ($p \leq 0,05$), y entre los $14,3 \pm 0,5$ y $18,1 \pm 0,4$ años ($p \leq 0,001$). La tendencia es similar con el peso, excepto entre la franja de $9,1 \pm$

$0,4$ a $12,1 \pm 0,4$ años, observándose valores significativamente inferiores ($p \leq 0,05$) a los de la muestra de referencia (fig. 1).

Consultando las curvas de crecimiento de la muestra de referencia¹⁸ se observa que desde los $7,2 \pm 0,3$ años hasta los $13,2 \pm 0,5$ años la talla de los gimnastas se ubica entre los percentiles 25-50. Desde los $14,3 \pm 0,5$ años hasta los $18,1 \pm 0,4$ años, esta variable se sitúa entre los percentiles 10-25. Respecto al peso,

Figura 1

Talla y peso de los gimnastas españoles y de la población española de referencia a lo largo de la edad. Diferencias significativas entre edades y entre ambas muestras para una misma edad (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$). Se advierte, en negro, sobre la transversalidad de la muestra en las cuatro primeras edades de GAM (7-10 años).



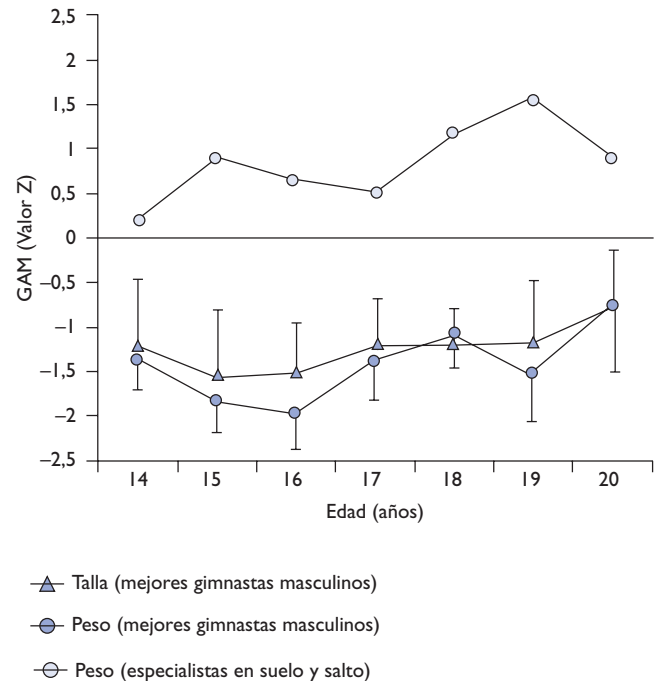
durante toda la franja de edad analizada ($7,2 \pm 0,3$ a $18,1 \pm 0,4$ años), los gimnastas se sitúan entre los percentiles 25-50.

La prueba Z muestra que los mejores gimnastas siguen siendo más bajos y ligeros que los valores promedio correspondientes a sus compañeros de entrenamiento, cualquiera que sea la edad. Cabe señalar, no obstante, el comportamiento del peso en el mejor especialista de suelo y plataforma de saltos, que mantiene sus valores por encima de la media de sus compañeros en cualquiera de las edades representadas (fig. 2).

El mayor incremento anual en la talla de los gimnastas o pico de crecimiento (PCT) se produce a la edad de $14,3 \pm 0,5$ años ($7,4 \pm 2,3$ cm/año), a la misma edad que en la muestra de referencia ($9,0 \pm 1,0$ cm/año). La magnitud de la diferencia de PCT entre ambas poblaciones es significativa ($p \leq 0,05$). En las edades previas al PCT, los gimnastas mantienen incrementos de talla siempre inferiores a los de la población control. Por el contrario, es a partir de los $16,1 \pm 0,3$ años hasta los $18,1 \pm 0,4$ años, cuando los gimnastas mantienen un incremento de talla significativamente superior ($p \leq 0,05$) al de la muestra de referencia (fig. 3).

Figura 2

Valores tipificados (valor Z) correspondientes al valor promedio de talla y peso de la muestra de gimnastas españoles a lo largo de la edad (14-20 años). Comparación con los valores de los mejores gimnastas de la muestra (medallistas olímpicos y mundiales).



El mayor incremento de peso (PCP) se produce a los $14,3 \pm 0,5$ años ($7,0 \pm 2,2$ kg/año), a la misma edad que en la muestra de referencia ($9,5$ kg/año). Cabe señalar la aparición de un segundo pico en la muestra de gimnastas a la edad de $17,1 \pm 0,4$ años ($5,5 \pm 1,8$ kg/año). En edades previas al PCP, los gimnastas mantienen incrementos de peso siempre inferiores a los de la muestra de referencia, todo lo contrario que en edades posteriores ($15,1 \pm 0,2$ años hasta los $18,1 \pm 0,4$ años), donde los gimnastas tienen incrementos de peso superiores (fig. 3).

Somatotipo

Como queda reflejado en la somatocarta (fig. 4), en el 90% de los casos, y de forma independiente a la edad, los somatotipos individuales de la muestra de gimnastas se clasifican en un perfil ecto-mesomórfico. El 10% restante se distribuye en perfiles mesomorfo ectomórficos (4%), meso-ectomórficos (3%) y mesomorfos balanceados (3%).

Pese a que la somatocarta muestra que el somatotipo medio de los gimnastas a los $13,2 \pm 0,4$ años tiende hacia el eje ecto-

Figura 3 Incremento de talla (cm/año) y peso (kg/año) a lo largo de la edad de los gimnastas españoles (GAM) y la muestra de referencia (PER). Se advierte, en sombreado gris, sobre la transversalidad de la muestra en las cuatro primeras edades de GAM (7-10 años).

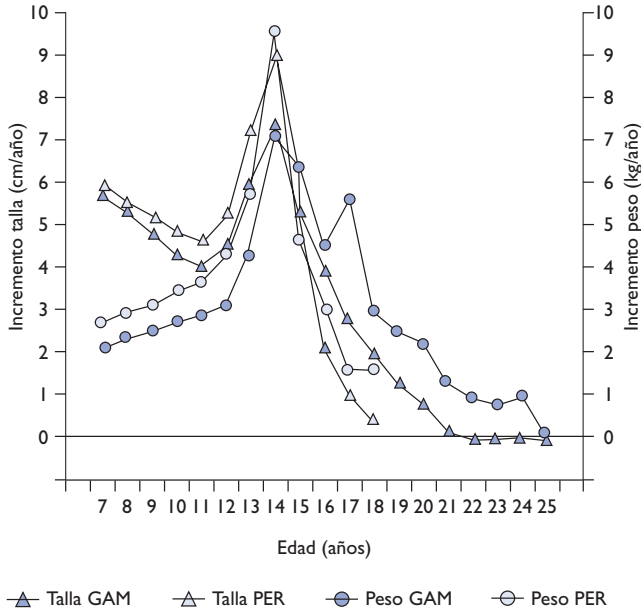


Figura 5 Distribución por edades del somatotipo medio de los gimnastas españoles (GAM) y la muestra de referencia (PER) en la somatocarta. Se destaca, en GAM, el índice I entre los 13 y 14 años. El SDI de cada somatotipo medio corresponde a sus respectivos radios ($SDI_1 = 3,5$; $SDI_2 = 2,1$). La distancia entre centros (dc) corresponde al SDD entre ambos somatopuntos (dc = 3,3). Así, se obtiene un índice I = 15,1.

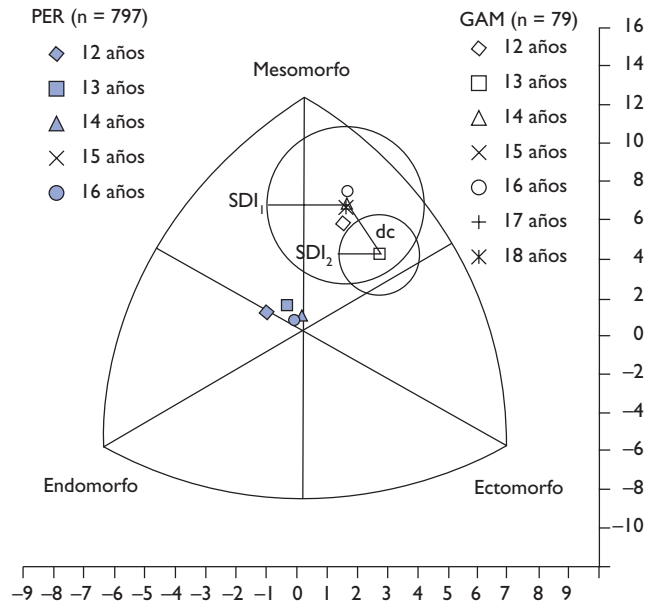
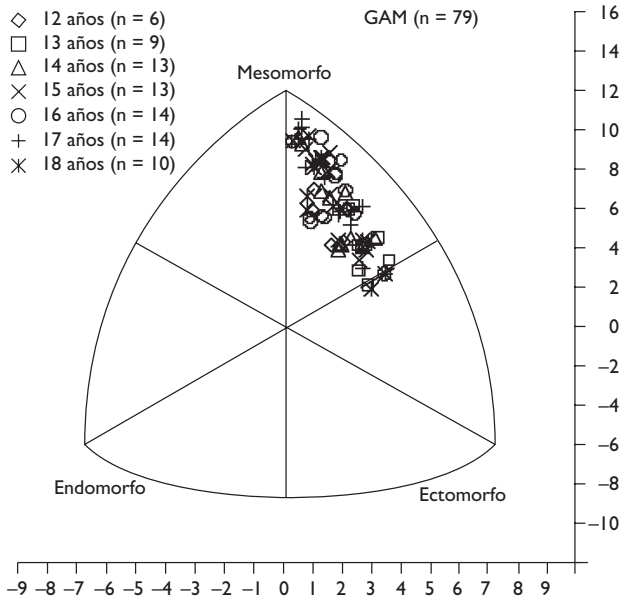


Figura 4 Distribución por edades del somatotipo individual de los gimnastas españoles en la somatocarta (n = 79).



mórfico (fig. 5), no se han hallado diferencias significativas entre ninguna de las edades representadas ($p > 0,05$). Si se analizan los componentes endomorfo, mesomorfo y ectomorfo por separado, la falta de diferencias significativas ($p \leq 0,05$) indica la alta estabilidad del somatotipo de los gimnastas a lo largo de la edad.

Las diferencias entre la distancia de cada somatotipo individual y su valor promedio correspondiente a cada edad (SAM) no son diferencias significativas ($p > 0,05$). El 41% de los casos se sitúa en valores de elevada distancia ($SAM \geq 1,0$), el 21,3% en valores moderados ($SAM = 0,80-0,99$), y el 37,7% en valores reducidos ($SAM \leq 0,79$).

El cálculo del índice I entre años consecutivos indica un elevado grado de dispersión entre las primeras edades de la muestra ($12,1 \pm 0,4$ años y $13,2 \pm 0,4$ años, índice I = 10,1; $13,2 \pm 0,4$ y $14,2 \pm 0,4$ años, índice I = 15,1). A partir de aquí, el promedio se sitúa en $88,6 \pm 9,2$. Los valores más bajos se registran entre los $13,2 \pm 0,4$ años y $16,1 \pm 0,3$ años (índice I = 9,8).

La muestra de referencia presenta características endomesomórficas en todas las edades representadas, excepto a los $12 \pm 0,5$ años, en que son meso-endomórficos (fig. 5). Al comparar ambas muestras, en todas las edades se hallan diferencias significativas en los componentes mesomorfo y endomorfo ($p \leq 0,001$), y los gimnastas son más mesomórficos y menos endomórficos que los demás.

Composición corporal

El %MG de la muestra de gimnastas en relación a la muestra de referencia es significativamente inferior ($p \leq 0,001$) en todas las edades susceptibles de ser analizadas (12-16 años).

En relación al comportamiento del %MG a lo largo de la edad, se observa en los gimnastas una tendencia a la paulatina reducción de dicho porcentaje, aunque en ningún caso las diferencias son significativas ($p > 0,05$).

Ni en la MLG, ni en el %MM de los gimnastas, se han hallado diferencias significativas ($p > 0,05$) en sus respectivos comportamientos a lo largo de la edad. Al comparar el peso de la MLG entre los gimnastas y la muestra de referencia, se observan siempre valores inferiores por parte de los primeros, y de forma significativa ($p \leq 0,01$) desde los 13 hasta los 15 años.

DISCUSIÓN

Talla y peso

Los diferentes estudios sobre la determinación de variables antropométricas en GAM se han centrado en un momento puntual de la carrera de los gimnastas, generalmente cuando éstos han alcanzado la elite deportiva^{12,13}. El presente estudio, además de abarcar una franja de edad considerablemente más amplia (7-25 años), analiza dichas variables para cada franja de edad.

Pese a la limitación que supone la transversalidad de la muestra en las primeras edades (7-10 años), los datos muestran que los gimnastas españoles son más bajos y ligeros que la muestra de referencia desde el principio hasta el final de la franja de edad estudiada. Los datos del presente estudio confirman, además, que los mejores gimnastas son aún más bajos y ligeros que sus respectivos compañeros. Estos datos vienen a ratificar la tendencia de los últimos 25 años, donde los gimnastas son cada vez más jóvenes, más bajos y más ligeros en comparación con la media de la población³¹.

La literatura ofrece varias explicaciones a este hecho: desde la más que posible influencia del componente genético, que explica el estricto nivel de selección inicial efectuado por los

entrenadores, hasta por el exigente proceso de entrenamiento a lo largo de la edad^{10,32}. Actualmente no se discute que valores reducidos de talla y peso favorecen a los gimnastas en la realización de las exigencias técnicas de esta disciplina^{8,31}.

La excepción la hallamos en las características biotipológicas de los especialistas de suelo y plataforma de saltos, que recuerda que la GAM es una especialidad deportiva que consta de 6 aparatos, los cuales demandan a los gimnastas diferentes tipos de aptitudes y habilidades³¹. Los mejores especialistas españoles en estos aparatos muestran a lo largo de la edad valores de peso superiores al resto de sus compañeros, posiblemente por una mayor masa muscular de las piernas de los primeros.

Las diferencias significativas halladas en la talla de los gimnastas entre los $12,1 \pm 0,4$ años y $15,1 \pm 0,2$ años se enmarcan dentro de la normalidad³³. Tanto en GAM como en la muestra de referencia, el mayor incremento de altura se localiza a los 14 años. Sin embargo, la magnitud de dicho incremento siempre es inferior en GAM (fig. 3). A partir de esta edad, los gimnastas mantienen un ritmo de crecimiento superior a la muestra de referencia. No obstante, Baxter-Jones¹⁶ recomienda prudencia a la hora de interpretar este fenómeno como una medida de recuperación, ya que dicho potencial de crecimiento depende en gran medida de factores no controlados en el actual estudio, como los factores genéticos, hormonales, nutricionales y los vinculados a la carga del entrenamiento.

En cuanto al peso, cabe señalar la aparición de dos picos: el primero, localizado a los $14,3 \pm 0,5$ años, muestra un perfil de crecimiento similar al patrón estándar ofrecido en la literatura³³. El segundo, a los $17,1 \pm 0,4$ años, podría deberse al desarrollo muscular provocado por el propio proceso de entrenamiento, aunque no podemos afirmarlo, puesto que los datos en relación a la composición corporal no muestran diferencias significativas.

Somatotipo

La valoración y el control de los 3 componentes del somatotipo son particularmente interesantes para los deportistas. Los gimnastas poseen un somatotipo mesomorfo balanceado y ectomesomorfo, y se corrobora la posible asociación entre el componente mesomorfo y el rendimiento deportivo⁸. Asimismo, pueden evidenciarse diferencias del somatotipo en función de su especialidad en uno u otro aparato, y de su nivel deportivo⁶.

El perfil evolutivo del somatotipo de los gimnastas españoles presenta un patrón normal en relación a sujetos varones. Desde la infancia a la adolescencia los cambios observados en cada uno de los componentes del somatotipo son reducidos: la

endomorfia tiende a disminuir y los componentes mesomórfico y ectomórfico aumentan. Una vez alcanzado el final de la adolescencia, la mesomorfia continúa aumentando hasta sus valores máximos (18 años) y se produce un paulatino descenso de la ectomorfia hasta llegar a la edad adulta. La endomorfia, sin embargo, es muy variable³⁴.

El somatotipo de los gimnastas españoles ratifica la estabilidad de éste a lo largo de la edad, situándose siempre en el perfil ecto-mesomórfico. La ligera tendencia hacia el ectomorfismo a la edad de 13 años podría deberse a efectos propios del crecimiento³⁴, o bien a las limitaciones propias del estudio, sin un diseño longitudinal puro y con un tamaño muestral ciertamente escaso en alguna de las franjas de edad analizadas.

El índice I corrobora lo afirmado anteriormente, describiendo una elevada superposición entre los somatopuntos que corresponden a la adolescencia ($14,3 \pm 0,5$ a $18,1 \pm 0,4$ años) y una mayor distancia en la franja de edades previa. Estos datos coinciden con los estudios realizados con deportistas olímpicos, en los que se observa que en el deporte de elite existe un determinado somatotipo patrón para cada modalidad deportiva y que ese patrón, a medida que aumenta el nivel de la elite mundial, es más restringido³⁵.

De la misma forma que sucede con la talla y el peso, las diferencias del somatotipo entre los gimnastas y la muestra de referencia se verifican desde edades tempranas y se mantienen hasta llegar a la edad adulta. La constatación anterior sugiere que el componente genético y la selección previa, combinadas posteriormente con una alta exigencia de entrenamiento, podrían potenciar las características somatotípicas necesarias para el éxito en gimnasia artística⁶. En este mismo sentido conviene advertir que, pese a la dificultad que supone la modificación del somatotipo mediante un determinado tipo de entrenamiento durante la infancia y la adolescencia, podrían darse ciertos casos, como en la gimnasia artística donde se hipertrofian significativamente brazos y troncos, donde esto sí sería posible³⁶.

Composición corporal

Los indicadores más utilizados por los entrenadores son el porcentaje graso y el muscular. Con el entrenamiento regular se produce una disminución del componente graso y un aumento de la masa muscular, que habitualmente se asocia al aumento del peso corporal³⁶.

En GAM el componente graso, expresado en el presente estudio mediante valores porcentuales y Σ 6 pliegues, es más bajo que el de la muestra de referencia, y su porcentaje muscu-

lar es más alto⁵. Los gimnastas del presente estudio poseen porcentajes grasos muy reducidos que confirman una vez más las aseveraciones y los datos publicados por otros autores^{5,37}.

Pese a no hallarse diferencias significativas, se observa una tendencia a la paulatina disminución del porcentaje graso y Σ 6 pliegues en toda la franja de edad analizada ($12,1 \pm 0,4$ a $18,1 \pm 0,4$ años). Dicha evolución varía ligeramente en relación a la del perfil normal de desarrollo, donde el porcentaje graso en varones disminuye hasta los 16 años, para incrementarse paulatinamente a partir de esa edad³⁸. Respecto al Σ 6 pliegues y su distribución por zonas corporales, los gimnastas muestran, de nuevo, un patrón de crecimiento diferenciado. En la población masculina no deportista el Σ 6 pliegues se mantiene estable durante la infancia, variando a partir de la adolescencia mediante una paulatina acumulación de masa grasa en el tronco por contra de una disminución en las extremidades³⁶. La comparación con otros estudios en GAM resulta difícil, principalmente por la no aportación de datos, o bien por no realizar dicho Σ con los mismos pliegues^{5,10}.

El componente muscular se muestra estable a lo largo de la edad, hecho que coincide con la estabilidad del somatotipo (tabla III). No se han hallado estudios de gimnastas que analicen la evolución del componente muscular en edades pediátricas. En la muestra de referencia se han hallado valores de masa libre de grasa superiores a los de GAM, hecho que se considera normal debido al mayor peso total y dimensionalidad de los sujetos que conforman la muestra de referencia.

CONCLUSIONES

Los gimnastas españoles muestran un patrón de crecimiento, en las variables de estudio analizadas (talla, peso, somatotipo y composición corporal), que responde a la normalidad. No obstante, existen ciertas características que deben anotarse:

- Los gimnastas, ya desde las primeras edades, son siempre más bajos y ligeros que la muestra de referencia. Existen excepciones en algunos aparatos como el suelo y el salto, donde el tren inferior es el protagonista.
- La velocidad de crecimiento de los gimnastas, pese a ser más lenta que la de la muestra de referencia en las edades previas al pico de crecimiento, aumenta en las edades posteriores.
- El somatotipo y la composición corporal de los gimnastas se muestra estable a lo largo de la franja de edad analizada. De nuevo, las diferencias entre la muestra de referencia y éstos quedan patentes desde las primeras edades.

Todos estos factores sugieren un proceso de selección, tanto previo como el que el propio proceso de entrenamiento comporta a lo largo de los años. Finalmente, factores no controlados en el presente estudio no permiten efectuar más valoracio-

nes y deben animar a seguir investigando sobre los procesos de crecimiento, maduración y desarrollo de los jóvenes gimnastas en su camino hacia la elite deportiva.

Bibliografía

- Leglise M. Age and competitive gymnastics. *FIG World of Gymnastics*. 1992;3:23
- Carter J, Sleet DA, Martin GN. Somatotypes of male gymnasts. *J Sports Med Phys Fitness*. 1971;11:162-71.
- LeVeau B, Ward T, Nelson RC. Body dimensions of Japanese and American gymnasts. *Med Sci Sports Exerc*. 1974;6:146-50.
- Caldarone G, Leglise M, Giampietro M, Berlutti G. Anthropometric measurements, body composition, biological maturation and growth predictions in young male gymnasts of high agnostic level. *J Sports Med Phys Fitness*. 1986;26:406-15.
- Faria IE, Faria EW. Relationship of the anthropometric and physical characteristics of male junior gymnasts to performance. *J Sports Med Phys Fitness*. 1989;29:369-78.
- Claessens AL, Veer FM, Stijnen V, Lefevre J, Maes H, Steens G, et al. Anthropometric characteristics of outstanding male and female gymnasts. *J Sports Sci*. 1991;9:53-74.
- Gualdi-Russo E, Gruppioni G, Gueresi P, Belcastro MG, Marchesini V. Skinfolds and body composition of sports participants. *J Sports Med Phys Fitness*. 1992;32:303-13.
- Gualdi-Russo E, Graziani I. Anthropometric somatotype of Italian sport participants. *J Sports Med Phys Fitness*. 1993;33:282-91.
- Daly RM, Rich PA, Klein R, Bass SL. Short stature in competitive prepubertal and early pubertal male gymnasts: the result of selection bias or intense training? *J Pediatr*. 2000;137:510-6.
- Damsgaard R, Bencke J, Matthiesen G, Petersen JH, Muller J. Body proportions, body composition and pubertal development of children in competitive sports. *Scand J Med Sci Sports*. 2001;11:54-60.
- Marina M, Rodríguez FA. Age-related changes in dynamic strength as indicated by vertical jumping capacity in gymnasts. En: Mester J, King G, Strüder H, Tsolakidis E, Osterburg A, editors. *Perspectives and profiles of 6th ECSS Congress*. Cologne, Germany: German Society of Sport Science; 2001.
- Gurd B, Klentrou P. Physical and pubertal development in young male gymnasts. *J Appl Physiol*. 2003;95:1011-5.
- Georgopoulos NA, Theodoropoulou A, Leglise M, Vagenakis AG, Markou KB. Growth and skeletal maturation in male and female artistic gymnasts. *J Clin Endocrinol Metab*. 2004;89:4377-82.
- Reilly T, Williams AM, Nevill A, Franks A. A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *J Sports Sci*. 2000; 18:695-702.
- Caine D, Bass SL, Daly R. Does elite competition inhibit growth and delay maturation in some gymnasts? Quite possibly. *Pediatric Exercise Science*. 2003;15:360-72.
- Baxter-Jones AD, Maffulli N, Mirwald RL. Does elite competition inhibit growth and delay maturation in some gymnasts? Probably not. *Pediatric Exercise Science*. 2003;15:373-82.
- Marina M. Valoración, entrenamiento y evolución de la capacidad de salto en gimnasia artística de competición. Tesis doctoral. Barcelona: Universidad de Barcelona; 2003.
- Sobradillo B, Aguirre A, Aresti U, Bilbao A, Fernández Ramos C, Lizárraga A, et al. Curvas y tablas de crecimiento: estudios longitudinal y transversal. Bilbao: Instituto de Investigación sobre Crecimiento y Desarrollo. Fundación Faustino Orbeagoiz Eizaguirre; 2004.
- Muniesa A, Casajús JA, Terreros JL. Valoración antropométrica y funcional de niños deportistas aragoneses. Zaragoza: Diputación General de Aragón. Servicio de Publicaciones; 2004.
- Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinanthropometry. En: MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ, editors. *Physiological testing of elite athlete*. London: Human Kinetics; 1991. p. 223-308.
- Mirwald RL, Baxter-Jones AD, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34:689-94.
- Heath BH, Carter JEL. A modified somatotype method. *Am J Phys Anthr*. 1967;27:57-74.
- Carter J. The Heath-Carter somatotype method. San Diego: San Diego University; 1975.
- Carter J, Mirwald RL, Heath-Roll BH, Bailey DA. Somatotypes of 7- to 16-year-old boys in Saskatchewan, Canada. *Am J Human Biol*. 1997;9:257-72.
- Ross WD, Wilson NC. A somatotype dispersion distance. *Res Quart*. 1973;44:372-4.
- Ross WD. Metaphorical models in the study of human shape and proportionality. En: Broekhoff J, editor. *Physical education, sports and the sciences*. Oregon: Microcard Publications; 1976. p. 284-304.
- Claessens AL, Delbroek W, Lefevre J. The use of different prediction equations for the assessment of body composition in young

- female gymnasts. Is there a best equations? En: Jürimae T, Hills AP, editors. *Body composition assessment in children and adolescents*. Basel (Suiza): Karger; 2001. p. 139-54.
28. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan M, et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol*. 1988;60:709-23.
 29. 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;37:316-22.
 30. Lee RC, Wang Z, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield SB. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr*. 2000;72:796-803.
 31. Jemni M, Friemel F, Sands W, Mikesky A. Evolution of the physiological profile of gymnasts over the past 40 years. A review of the literature. *Can J Appl Physiol*. 2001;26:442-56.
 32. Bass S, Bradney M, Pearce G, Hendrich E, Inge K, Stuckey S, et al. Short stature and delayed puberty in gymnasts: influence of selection bias on leg length and the duration of training on trunk length. *J Pediatr*. 2000;136:149-55.
 33. Tanner JM, Whitehouse RH, Takaishi M. Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965. Part I. *Arch Dis Child*. 1966;41:454-71.
 34. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Development of physique. En: Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O, editors. *Growth, maturation, and physical activity*. Champaign, Illinois: Human Kinetics; 2004. p. 83-100.
 35. Carter J. Somatotypes of olympic athletes from 1948 to 1976. En: Carter J editor. *Physical structure of Olympic athletes*. Basel: Karger; 1984. p. 80-119.
 36. Malina RM. Growth and maturation: normal variation and effect of training. En: Gisolfi CV, Lamb RD, editors. *Perspectives in exercise science and sports medicine*. Indianapolis: Benchmark; 1989. p. 223-72.
 37. Caldarone G, Giampetro M, Berlutic G, Leglise M, Giastella G, Mularoni M. Caractéristiques morphologiques et biotype des gymnastes. En: Petito B, Salmela JH, Hoshizaki TB, editors. *World identification systems for gymnastics talent*. Montreal: Sport Psyche Editions; 1987. p. 62-7.
 38. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Body composition. En: Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O, editors. *Growth, maturation, and physical activity*. Champaign, Illinois: Human Kinetics; 2004. p. 101-19.