

Talla, peso, somatotipo y composición corporal en gimnastas de élite españolas (gimnasia rítmica) desde la infancia hasta la edad adulta

ALFREDO IRURTIA AMIGÓ^{1*}
 VICKY PONS SALA^{2**}
 ALBERT BUSQUETS FACIABÉN^{1***}
 MICHEL MARINA EVRARD^{1****}
 MARTA CARRASCO MARGINET^{3*****}
 LARA RODRÍGUEZ ZAMORA^{1*****}

Correspondencia con autores/as

* alfredo.irurtia@inefc.net
 ** vpons@car.edu
 *** albert.busquets@inefc.net
 **** michel.marina@inefc.net
 ***** marta.carrasco@wanadoo.es
 ***** lara_rodriguez@hotmail.com

Resumen

Introducción y objetivos: El objeto del presente estudio fue caracterizar el comportamiento de la talla y el peso, el somatotipo y la composición corporal, a lo largo de la edad, en gimnastas de élite españolas (gimnasia rítmica), y comparar dichos valores con los de la población española de referencia. **Método:** El diseño del estudio fue retrospectivo, observacional, descriptivo y presentó dos estrategias de agrupación de la muestra: transversal ($n=151$) y mixta-longitudinal ($n=79$). Las variables analizadas fueron: talla, peso, somatotipo (endomorfismo, ectomorfismo, mesomorfismo), y composición corporal (Σ 6 pliegues, masa grasa, masa muscular, y masa libre de grasa). **Resultados:** Al no observarse diferencias significativas ($p > 0,05$) entre la muestra transversal y la mixta-longitudinal en ninguna de las variables analizadas, los resultados de la primera se consideraron como cambios relacionados con la edad. **Conclusiones:** El grupo de gimnastas de élite, desde los 10 años, presenta valores de talla superiores, e inferiores de peso, en comparación con la población española de referencia. Ambas variables muestran un perfil evolutivo en consonancia con lo observado en otros estudios, con sendos retrasos en el momento de aparición de los picos de crecimiento. Las gimnastas conforman desde las primeras edades un grupo somatotípicamente homogéneo, en el que destaca el componente ectomórfico. No se observan incrementos significativos de los valores de masa grasa y masa muscular a lo largo de la edad. Desde las primeras edades, las características somáticas descritas sugieren un proceso de selección previo.

Palabras clave

Gimnasia Rítmica; Crecimiento; Talla; Peso; Somatotipo; Composición Corporal; Mixto-Longitudinal.

Abstract

Height, weight, somatotype and body composition in rhythmic Spanish elite gymnasts from childhood to adulthood

Introduction and aims: the aim of the present study is to characterize the evolution of the height and weight, somatotype and body composition, with age, in elite rhythmic female gymnasts (RG), and to compare these values with the Spanish reference population. **Method:** the design of the study is retrospective, observational, descriptive and has two grouping strategies of the sample: cross-sectional ($n=151$) and mixed-longitudinal ($n=79$). It has measured height, weight, somatotype and body composition. **Results:** the results of the transversal sample were considered as changes due to age because no significant differences were observed in the analysed variables between the cross-sectional sample and the mixed-longitudinal one, within the same age range. **Conclusions:** from de age of 10, the rhythmic female gymnasts are taller and lighter than de Spanish reference population. Both variables show a growth trend in agreement with previous studies, and support the delay of both peak height and peak weight velocity (PHV and PWV). The gymnasts conform from first ages a somatotypical homogenous group, with prevalence in ectomorphism. No significant differences are observed in fat mass and muscular mass through the age. From the first ages, the described somatic characteristics in RG, suggests a previous process of selection.

Key words

Rhythmic Gymnastics; Growth; Height; Weight; Somatotype; Body Composition; Mixed-Longitudinal.

¹ Instituto Nacional de Educación Física de Catalunya. Centro de Barcelona.

² Departamento de Fisiología del Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat del Vallés.

³ Consell Català de l'Esport.

Introducción

La gimnasia rítmica (GR) es una especialidad olímpica regulada por la Federación Internacional de Gimnasia (FIG). Atendiendo a las horas de entrenamiento, el volumen de contenidos e intensidades de práctica, puede que sea una de las especialidades deportivas que más exija en etapas de alta incidencia evolutiva (Leglise, 1992).

La GR es una modalidad deportiva donde factores como la elegancia, la fluidez y la amplitud de movimientos, deben interrelacionarse con la capacidad de ejecutar con maestría, determinadas habilidades técnicas recogidas en el Código de Puntuación de la FIG. Las gimnastas deben dominar los cinco aparatos en los que se estructura la competición: pelota, cinta, mazas, cuerda y aro.

Tal y como se señala en la literatura (Georgopoulos *et al.*, 1999; Klentrou *et al.*, 2003), gran parte del éxito competitivo está asociado a una estética corporal caracterizada por bajos índices de masa grasa y extremidades preponderadamente largas.

En base a algunos estudios transversales, se ha logrado caracterizar una serie de adaptaciones inducidas por el proceso de entrenamiento en GR, que van desde sendos retrasos a nivel de maduración sexual (Weimann *et al.*, 2000) y edad esquelética (Georgopoulos *et al.*, 1999), hasta patologías psicológicas relacionadas con desórdenes nutricionales diversos (Cupisti *et al.*, 2000; Bulca y Ersoz, 2000; Klentrou *et al.*, 2003).

Los estudios de diseño longitudinal o mixto-longitudinal realizados en GR entorno a la evolución de las dimensiones antropométricas, el somatotipo y la composición corporal, siguen siendo escasos (Maimoun *et al.*, 2005). En el ámbito nacional únicamente existe un estudio, de seis meses de duración, realizado con 21 jóvenes gimnastas de nivel no internacional (López-Benedicto *et al.*, 1991).

El presente estudio pretende describir y caracterizar el comportamiento de la talla, el peso, el somatotipo y la composición corporal de las mejores gimnastas españolas (GR) a lo largo de la edad.

Método

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 (endomorfismo, ectomorfismo, mesomorfismo), y composición corporal (Σ 6 pliegues, masa grasa -%MG-, masa muscular -%MM-, y masa libre de grasa -MLG-).

fismo, ectomorfismo, mesomorfismo), y composición corporal (Σ 6 pliegues, masa grasa -%MG-, masa muscular -%MM-, y masa libre de grasa -MLG-).

Los datos fueron recogidos en base a las valoraciones cineantropométricas realizadas por el Departamento de Fisiología del Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat del Vallés (CAR) durante el periodo 1991-2006.

Criterios de inclusión: a) Para la muestra transversal, ser gimnasta, mujer, de nacionalidad española, con nivel competitivo nacional o internacional; 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.

Para el análisis comparativo con la población española 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 años (Sobradillo *et al.*, 2004); b) para la comparación del somatotipo y la composición corporal se utilizó un estudio mixto-longitudinal ($n = 829$) con un seguimiento desde los 7 hasta los 16 años (Muniesa *et al.*, 2004).

Muestra

Se analizaron 71 informes cineantropométricos de gimnastas femeninas (GR), de edades comprendidas entre los 10 y 18 años. La alta especificidad de la muestra (que incluye campeonas nacionales, europeas, medallistas mundiales y olímpicas), así como el amplio rango de edades analizadas, delimitaron el tamaño muestral a partir de las siguientes condiciones (Tabla 1).

	n_1 (n_2)	Rango de edad (años)
Transversal	151 (71)	10-18
Mixto-Longitudinal	79 (15)	

▲
Tabla 1

Muestra (n_1 : número de mediciones; n_2 : número de sujetos) y rango de edad (años) para cada una de las variables analizadas. Diseño transversal y mixto-longitudinal.

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-Jones (1991) 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: a) tallímetro telescópico Seca 220® (rango de medición: 85-200 cm; precisión: 1 mm); b) balanza Seca 710®, previamente calibrada (capacidad: 200 kg; precisión: 50 g); c) cinta antropométrica (precisión 1mm); d) paquímetro o pie de rey (rango de medición: 0-250 mm; precisión: 1 mm); e) lipómetro Holtein® (rango de medición: 0-48 mm; precisión: 0,2 mm; presión constante de 10g/mm²); f) antropómetro (precisión 1mm); g) material complementario (banco de madera de altura conocida para medir la altura sentado; lápiz dermatográfico para marcar al individuo, nivel para asegurar la rectitud del antropómetro).

El cálculo del somatotipo se realizó mediante el método de Heath-Carter (1975). Para el cálculo de la composición corporal se recurrió únicamente al componente grasa (%MG y Σ 6 pliegues: tricipital, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo anterior, pierna medial), al componente muscular (%MM) y a la MLG (kg).

Ante la ausencia de fórmulas validadas para la estimación de la composición corporal en jóvenes gimnastas de GR, se siguieron las recomendaciones de Claessens *et al.* (2001), aplicadas en gimnasia artística femenina (GAF) con sujetos de 6 a 17 años de edad. Estos autores proponen la fórmula de Slaughter *et al.* (1988) para estimar la composición corporal (%MG y MLG):

$$\%MG = (0,61 \times \Sigma 2) + 5,1$$

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

Ecuación 1. Según Slaughter *et al.* (1988).

En cuanto al %MM, se utilizó la reciente propuesta antropométrica, validada mediante absorciometría dual fotónica de rayos X (DXA) por Poortmans *et al.*, (2005), para estimar la totalidad de la masa muscular en la infancia y la adolescencia ($r^2=0,966$, $p < 0,001$), que a su vez ésta adaptada de la fórmula desarrollada por Lee *et al.*, (2000).

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

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, 1 para hombres;

edad (años)

Ecuación 2. Según Poortmans *et al.* (2005).

Las valoraciones antropométricas, necesarias para el cálculo del somatotipo y la composición corporal, se realizaron por tres antropometristas expertos. Como criterio general, se siguieron las recomendaciones de Ross y Marfell-Jones (1991), por las cuales es válido un error técnico de medida interevaluador e intraevaluador inferior a un 5% para los pliegues cutáneos y menor al 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; b) las diferencias entre ésta última y la población española 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 GR, se utilizó el análisis de la varianza (ANOVA) de un factor con el test post-hoc de Tukey. Para dicho análisis se determinó, en el caso del somatotipo: a) el somatotipo medio; b) los tres componentes del somatotipo por separado (endormorfia, mesomorfia, ectomorfia); c) la dispersión morfogénica media del somatotipo (SAM). Éste último concepto, a partir de un análisis tridimensional, se utilizó para determinar el grado de dispersión 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 determi-

naron tres niveles de homogeneidad, siguiendo las recomendaciones de Carter *et al* (1997): dispersión elevada ($SAM \geq 1,0$); dispersión moderada ($SAM = 0,80-0,99$); dispersión reducida ($SAM \leq 0,79$).

Se utilizaron dos somatocartas para mostrar: *a*) los valores individuales de la muestra de gimnastas; *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 dispersión 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 (S_1 y S_2). La fórmula para su determinación es la siguiente (Ross y Wilson, 1973):

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

donde (X_1 , X_2) y (Y_1 , Y_2) representan las coordenadas somatotípicas de dos individuos.

Ecuación 3. Según Ross y Wilson (1973).

Finalmente, se expone la fórmula para llegar al Índice I (Ross, 1976):

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

Ecuación 4. Según Ross (1976).

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.

Se calculó el incremento anual para la talla (cm/año) y el peso (kg/año). Como pico de crecimiento se consideró el mayor incremento anual de talla o peso.

El análisis estadístico se realizó mediante el programa SPSS® 12.0 (Chicago, EEUU). El nivel de significación se estableció en $p \leq 0,05$.

Resultados

Los estadísticos descriptivos para la edad cronológica, la talla, el peso, el somatotipo (endomorfismo,

mesomorfismo, ectomorfismo, SAM) y la composición corporal (Σ 6 pliegues; %MG, %MM, MLG) se muestran en la *tabla 2*.

Al no observar diferencias significativas entre la muestra transversal y la mixta-longitudinal en ninguna de las variables utilizadas en la muestra GR, los resultados de la primera se consideraron como cambios relacionados con la edad (Marina, 2003).

Talla y peso

Los valores promedio de talla y peso en las gimnastas aumentan progresivamente desde los 10 años (talla: $144,1 \pm 4,3$ cm; peso: $28,3 \pm 4,7$ kg) hasta los 18 años (talla: $170,8 \pm 2,9$ cm; peso: $53,7 \pm 3,3$ kg). En relación a la talla, se hallan diferencias significativas entre los 13 y 15 años ($p \leq 0,05$). No se hallan diferencias significativas, en cambio, en la evolución del peso a lo largo de la franja de edad analizada (*Fig. 1*).

El valor promedio de la talla de las gimnastas es significativamente superior ($p \leq 0,05$) al de la población española de referencia, a excepción de los 13 años. El peso de las gimnastas siempre es, en cambio, significativamente muy inferior ($p \leq 0,001$) al de la población española de referencia (*Fig. 1*).

Al acudir a las curvas de crecimiento de la población española de referencia (Sobradillo *et al.*, 2004), se observa que a los 10 y 11 años, la talla de las gimnastas se ubica en el percentil 75. Desde los 12 hasta los 14 años, esta variable se sitúa en el percentil 50. A partir de los 15 hasta los 18 años, la talla de las gimnastas se situará entre los percentiles 75 y 90. Respecto al peso, durante toda la franja de edad analizada (10-18 años), las gimnastas se sitúan en el percentil 25.

El mayor incremento anual de la talla de las gimnastas, expresado como pico de crecimiento (PCT), se produce a la edad de 13 años ($5,9 \pm 1,9$ cm/año), un año más tarde que en la población española de referencia ($7,7 \pm 1,2$ cm/año). La magnitud de la diferencia de PCT entre ambas poblaciones es significativa ($p \leq 0,05$). En las edades previas (10-12 años) las gimnastas mantienen incrementos de talla siempre significativamente inferiores a los de la población control ($p \leq 0,05$). Por el contrario, es a partir de los 13 hasta los 18 años, cuando las gimnastas mantienen un incremento de talla significativamente superior ($p \leq 0,05$) al de la población española de referencia (*Fig. 2*).

Estadística	Edad (años)	Talla (cm)	Peso (kg)	Endo.	Meso.	Ecto.	SAM	Σ 6 pliegues				MG (%)	MM (%)	MLG (kg)	Muestra (n=151)
								TS	TR	TI	Total				
\bar{x}	10,3	144,1	28,3	1,4	2,6	5,5	0,7	10,3	7,6	13,5	31,4	10,6	42,7	25,3	12
de	0,15	4,26	4,73	0,55	0,31	0,60	0,40	2,01	2,53	3,50	2,68	2,28	2,20	4,63	
\bar{x}	11,2	147,7	30,5	1,4	2,5	5,4	0,7	11,0	8,8	13,7	33,5	10,1	46,2	27,4	11
de	0,18	4,15	4,80	0,35	0,42	0,71	0,40	2,35	1,49	2,52	2,12	0,88	1,51	4,76	
\bar{x}	12,1	152,0	34,5	1,4	2,4	5,5	0,8	11,1	9,0	14,5	34,6	10,1	46,4	31,1	15
de	0,10	4,03	4,09	0,41	0,44	0,75	0,50	2,74	1,99	3,51	2,75	1,20	1,83	4,04	
\bar{x}	13,1	157,1	38,6	1,5	2,4	5,5	0,8	11,3	9,1	15,4	35,8	10,8	45,9	34,5	23
de	0,14	5,11	4,85	0,54	0,39	0,61	0,50	2,65	2,82	3,25	2,91	2,05	2,76	4,75	
\bar{x}	14,1	162,1	42,8	1,6	2,7	5,2	0,9	12,5	10,9	17,4	40,8	10,5	46,8	38,3	27
de	0,14	3,87	3,87	0,49	0,65	0,76	0,60	2,34	2,93	3,76	3,01	1,52	2,13	3,81	
\bar{x}	15,1	165,7	47,2	1,7	2,5	5,1	0,8	12,8	11,3	18,0	42,1	10,9	47,6	42,0	25
de	0,18	3,43	3,36	0,51	0,41	0,67	0,50	2,42	2,87	3,93	3,07	1,64	2,10	3,31	
\bar{x}	16,1	167,2	49,5	1,7	2,6	4,8	0,4	13,4	12,7	18,6	44,7	11,4	47,5	43,8	14
de	0,16	3,39	3,70	0,19	0,27	0,47	0,20	2,15	2,14	3,53	2,61	1,33	2,38	3,65	
\bar{x}	17,1	168,6	51,4	1,9	2,7	4,8	0,5	15,2	15,2	18,9	49,3	11,2	46,9	45,7	14
de	0,17	3,13	3,40	0,27	0,33	0,38	0,30	2,78	2,59	3,43	2,93	1,27	2,20	3,36	
\bar{x}	18,2	170,8	53,7	1,8	2,6	4,9	0,8	15,7	15,3	19,1	50,1	11,3	47,7	47,6	10
de	0,18	2,86	3,28	0,34	0,50	0,73	0,40	2,27	2,52	2,86	2,55	1,43	1,69	3,23	

\bar{x} : media; desviación estándar; SAM: "somatotype altitudinal mean"; TS: tren superior; TR: tronco; TI: tren inferior; MG: masa grasa; MM: masa muscular; MLG: masa libre de grasa.

Tabla 2

Talla, peso, somatotipo y composición corporal de las gimnastas de rítmica españolas -GR- a largo de la edad.

En cuanto al peso, el mayor incremento de éste (PCP) se produce a la edad de 14 años ($3,9 \pm 1,3$ kg/año), dos años más tarde que en la población española de referencia (7,0 kg/año). Las gimnastas, en las edades previas a los 14 años, mantienen incrementos de peso inferiores a los de la población control, a partir de esta edad, en cambio, mantienen incrementos de peso superiores (Fig. 2).

Somatotipo

Tal y como queda reflejado en la somatocarta (Fig. 3), el 84% de los somatotipos individuales de la muestra de gimnastas se clasifica en un perfil meso-ectomorfo. El resto de gimnastas se distribuyen en perfiles ectomorfo balanceado (14%) y mesomorfo ectomorfo (2%).

No se han hallado diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los valores medios del somatotipo que representa a cada grupo de edad analizado (Fig. 4). Si se analiza el endomorfismo, mesomorfismo y ectomorfismo por separado, la falta de diferencias significativas

($p \leq 0,05$) indica la alta estabilidad del somatotipo de las gimnastas a lo largo de la edad.

Las diferencias entre la dispersión de cada somatotipo individual y su valor promedio correspondiente a cada edad (SAM), no muestra diferencias significativas ($p \leq 0,05$). El 24,5% de los casos se sitúa en valores de elevada dispersión ($SAM \geq 1,0$), el 11,3% en valores moderados ($SAM = 0,80 - 0,99$), y el 64,2% en valores reducidos ($SAM \leq 0,79$).

El cálculo del Índice I entre años consecutivos ratifica el elevado grado de homogeneidad somatotípica de la muestra objeto de estudio, estableciéndose la relación entre los grupos de edad de 13 y 14 años, como la más dispersa (Índice I = 64,5). A partir de aquí, el promedio del resto de edades se sitúa en $87,3 \pm 12,3$.

La población española de referencia presenta características meso-endomórficas en todas las edades representadas (Fig. 4). Al comparar ambas muestras, en todas las edades las gimnastas obtienen valores significativamente inferiores en el endomorfismo y el mesomorfismo ($p \leq 0,001$), y significativamente superiores en el ectomorfismo ($p \leq 0,001$).

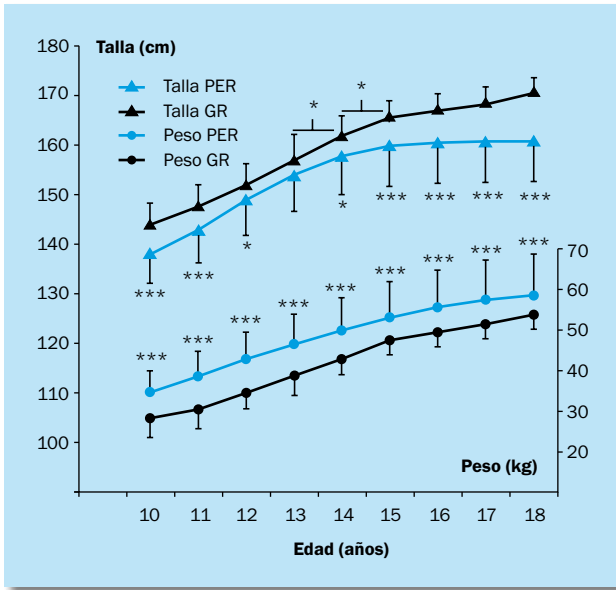


Figura 1
Talla y peso de las gimnastas españolas -GR- y la población española de referencia -PER- (Sobradillo et al., 2004) a lo largo de la edad. Diferencias significativas entre edades en GR y entre ambas muestras para una misma edad ($p \leq 0,05$).

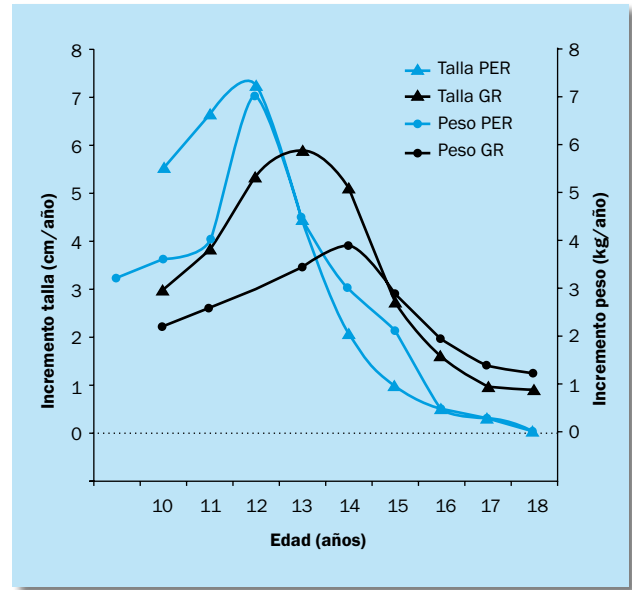


Figura 2
Incremento de talla (cm/año) y peso (kg/año) a lo largo de la edad de las gimnastas españolas -GR- y la población española de referencia -PER- (Sobradillo et al., 2004).

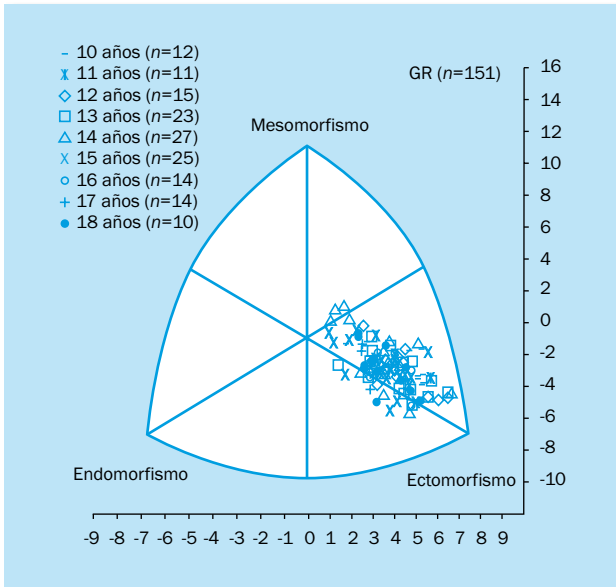


Figura 3
Distribución por edades del somatotipo individual de las gimnastas españolas -GR- en la somatocarta ($n=151$).

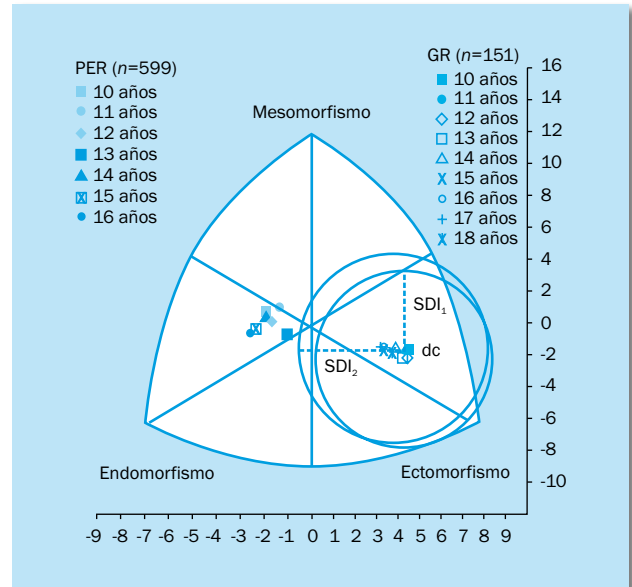


Figura 4
Distribución por edades del somatotipo medio de las gimnastas españolas -GR- y la población española de referencia -PER- (Muniesa et al., 2004) en la somatocarta. Se destaca, en GR, el Índice I entre los 13 y 14 años. El SDI de cada somatotipo medio corresponde a sus respectivos radios ($SDI_1=2,7$; $SDI_2=3,1$). La distancia entre centros (dc) corresponde al SDD entre ambos somatopuntos ($dc=0,9$). Así, se obtiene un Índice I = 64,5.

Composición Corporal

El %MG de la muestra de gimnastas en relación a la población española de referencia es significativamente inferior ($p \leq 0,001$) en todas las edades susceptibles de ser analizadas (10-16 años). No se observan diferencias significativas ($p > 0,05$) en el comportamiento del %MG de las gimnastas a lo largo de la edad (10-18 años).

En relación a la evolución a lo largo de la edad del %MM y la MLG, en el primero las gimnastas muestra incrementos significativos ($p > 0,05$) entre los 10 años y el resto de edades analizadas. En la MLG no existen diferencias significativas si éstas se analizan entre años consecutivos. En cambio, éstas sí se producen hasta los 15 años cada dos años. A partir de esta edad hasta los 18 años, la masa libre de grasa no se incrementa con la edad de forma significativa ($p > 0,05$). Cuando se compara la MLG entre gimnastas y población española de referencia, ésta es significativamente inferior ($p \leq 0,001$) en las primeras, excepto a los 15 y 16 años.

Discusión

Talla y peso

Si bien son escasos aquellos estudios que analizan longitudinalmente alguno de los factores que intervienen en los procesos de crecimiento, desarrollo y maduración de las gimnastas de rítmica (Bulca y Ersoz, 2000; Miletic *et al.*, 2004; Maimoun *et al.*, 2005), más numerosos son aquellos que se centran en un momento puntual de la carrera de las gimnastas (Hume *et al.*, 1993; Weimann *et al.*, 2000; Muñoz *et al.*, 2004; Vicente Rodríguez *et al.*, 2007; d'Allessandro *et al.*, 2007), o bien cuando éstas han alcanzado la élite deportiva (Georgopoulos *et al.*, 1999, 2001, 2002; Klentrou y Plyley, 2003; Theodoropoulou *et al.*, 2005). El presente estudio, además de abarcar una franja de edad considerablemente más amplia (10-18 años), analiza el comportamiento de cada una de las variables objeto de estudio, en cada franja de edad.

La mayoría de estudios que comparan la talla y el peso entre gimnastas de rítmica y población no deportista describen valores inferiores, no significativos de talla y significativos de peso, por parte de las primeras (Cupisti *et al.*, 2000; Bulca y Rezos, 2000; Vicente-Rodríguez, 2007; D'Alesandro *et al.*, 2007). Cabe señalar, no obstante, que esto no es así en las máximas categorías internacionales, donde las gimnastas registran valores de

talla superiores a los de la población control (Douda *et al.*, 2002; Klentrou y Plyley, 2003).

Las gimnastas del presente estudio, en cambio, son significativamente más altas (excepto a los 13 años) y ligeras que la población de referencia desde los 10 años hasta el final de la franja de edad analizada (18 años). Varias son las posibles explicaciones que nos ofrece la literatura a este hecho: desde la más que posible influencia del componente genético, que explica el estricto nivel de selección inicial, hasta el propio proceso de entrenamiento hacia la élite, que hace que a medida que el nivel de exigencia aumenta, únicamente queden las mejores gimnastas, es decir, aquellas que se ajustan más a los parámetros, en este caso biotípicos, característicos de la élite deportiva (Bailey y Martin, 1988; Malina 1986). En este sentido, actualmente no se discute que la forma corporal de las gimnastas favorece el éxito competitivo en esta disciplina (Douda *et al.*, 2000; Douda *et al.*, 2002).

Las diferencias significativas halladas en la talla de las gimnastas entre los 13 y 15 años se enmarcan dentro de la normalidad, ya que son edades cercanas al PCT, fenómeno que las personas experimentan de forma específica e individual (Tanner, 1966).

La diferencia en la cinética de crecimiento de la talla y el peso entre las gimnastas y la población española de referencia, está en consonancia con las observaciones de otros estudios, que destacan en las primeras sendos retrasos de maduración esquelética (Georgopoulos *et al.*, 1999; Theodoropoulou *et al.*, 2005) y de maduración sexual (Klentrou y Plyley, 2003). El fenómeno anterior no debe hacer presuponer que exista una afectación negativa en la talla final genéticamente predeterminada (Georgopoulos *et al.*, 1999). De hecho podría ocurrir todo lo contrario. Las gimnastas, después del PCT, compensarían dicho retraso puberal acelerando el crecimiento lineal y alcanzando valores de talla final superiores, incluso, a los genéticamente predeterminados (Georgopoulos *et al.*, 2001). El continuado incremento anual de la talla de las chicas de GR a los 18 años de edad, en comparación con la obtención de la talla final observada en la población española de referencia, parece confirmar la hipótesis de Georgopoulos *et al.* (1999).

En este sentido, los bajos niveles de masa grasa, que son uno de los principales motivos del retraso puberal en las gimnastas (Georgopoulos *et al.*, 1999), favorecería el establecimiento de un déficit hormonal (Schmidt *et al.*, 1998) que repercutiría en una calcificación tardía de los cartílagos de crecimiento, alargando así los proce-

sos de condrogénesis y osteogénesis (Savendahl, 2005; Christoforidis *et al.*, 2005), y con ello el crecimiento de las gimnastas (Georgopoulos *et al.*, 2002). No obstante, diversos autores recomiendan prudencia a la hora de interpretar este fenómeno como una medida de recuperación ya que dicho potencial de crecimiento depende en gran medida de otros factores no controlados en los actuales estudios, como los factores genéticos, nutricionales y aquellos vinculados a la carga del entrenamiento (Georgopoulos *et al.*, 1999; Baxter-Jones *et al.*, 2003).

Respecto al PCP en GR, cabe observar que el incremento de peso no viene acompañado por incrementos significativos de masa grasa, tal y como ocurre en la población normal no deportista (Malina *et al.*, 2004d). De nuevo, factores no controlados en este estudio como posibles dietas hipocalóricas (Bulca y Ersoz, 2000; Weimann *et al.*, 2000), o los propios regímenes de entrenamiento de alta competición (Georgopoulos *et al.*, 2001), podrían justificar este hecho.

Somatotipo

La valoración y el control de los tres componentes del somatotipo son particularmente interesantes para los deportistas. Las gimnastas del presente estudio poseen un somatotipo meso-ectomorfo y ectomorfo balanceado, perfil que coincide con el establecido en gimnastas internacionales de élite de edades comprendidas entre los 15 y 17 años (Cabañero *et al.*, 1999).

Tal y como ocurre en el patrón evolutivo del somatotipo de la población femenina (Muniesa *et al.*, 2004), los cambios producidos en cada uno de los componentes del somatotipo de las gimnastas, aún y existiendo, no son significativos. El componente endomórfico presenta una evolución ajustada a la normalidad, ya que pese a hacerlo de forma contenida, aumenta progresivamente desde la infancia hasta la adolescencia. Los componentes mesomórfico y ectomórfico, sin embargo, difieren ligeramente del perfil evolutivo estándar (Malina *et al.*, 2004b). Mientras que en la población femenina la mesomorfia desciende con la edad, en el caso de las gimnastas éste fenómeno no resulta tan evidente, mostrándose un ligero incremento a partir de la edad de aparición del PCP (14 años). El componente ectomórfico normalmente aumenta hasta llegar al pico de crecimiento y a partir de aquí desciende hasta llegar a la edad adulta. En las gimnastas objeto de estudio si bien sucede lo mismo, desde las primeras edades ya se alcanzan los máximos valores de este componente, manteniéndose

se así hasta llegar a la edad del PCT. Si se comparan los reducidos incrementos anuales de peso (kg/año) con los proporcionalmente superiores incrementos anuales de talla (cm/año) desde los 10 hasta la edad de 14 años (PCP), se constata el biotipo de la actual gimnasta de élite (GR), preponderadamente ectomórfico (Cabañero *et al.*, 1999).

Tal y como demuestran las diferencias entre población española de referencia y las gimnastas del presente estudio, el ectomorfismo es el componente somatotípico que caracteriza en mayor medida a las gimnastas de rítmica (GR). Si bien este hecho está bien documentado en GR de élite (Cabañero *et al.*, 1999), hasta ahora no había constancia de que ocurriera lo mismo en edades previas. Así, el somatotipo de las gimnastas españolas ratifica la estabilidad de éste a lo largo de la edad, situándose generalmente en el perfil meso-ectomorfo.

Desde los 7 a los 16 años, el somatotipo de la población española de referencia varía poco con la edad, tendiendo las chicas al meso-endomorfismo (Muniesa *et al.*, 2004). Las gimnastas son menos endomórficas y menos mesomórficas en cualquiera de las edades representadas. Las diferencias somáticas entre gimnastas y población normal, existentes ya desde edades tempranas, hace pensar de nuevo en una selección inicial específica y un paulatino sesgo de gimnastas a medida que las demandas del entrenamiento se hacen más exigentes (Douda *et al.*, 2002).

El Índice I ratifica la elevada estabilidad somatotípica de las gimnastas a lo largo de la edad. Éste fenómeno coincide con estudios realizados a deportistas olímpicos de otras modalidades, donde se observa que en la élite cada deporte posee un determinado patrón somatotípico, y que a medida que aumenta el nivel de la élite mundial, es más restringido (Carter *et al.*, 1984). En este sentido, cabe señalar como normal que la mayor dispersión en GR (Índice I = 64,5) se alcance entre las edades de 13 y 14 años, precisamente en los respectivos momentos de aparición del PCT y PCP, donde los cambios morfológicos y dimensionales de las personas se hacen más evidentes (Bell, 1993).

Composición corporal

Desde el punto de vista de la composición corporal, los indicadores más utilizados para la valoración del deportista son la masa grasa y la masa muscular. Con el entrenamiento regular se produce una disminución del componente graso, aumentando la masa muscular, y

asociándose habitualmente un aumento del peso corporal (Malina, 1989).

El porcentaje graso de las gimnastas objeto de estudio es más bajo que el de la población de referencia (Muniesa *et al.*, 2004), datos que concuerdan con los resultados obtenidos, tanto en gimnastas de élite españolas (Cabañero *et al.*, 1999) y extranjeras (Georgopoulos *et al.*, 1999, 2001, 2002; Theodoropoulou *et al.*, 2005; Douda *et al.*, 2007), como en gimnastas de nivel nacional y regional (López-Benedicto *et al.*, 1991). Por otra parte, los valores de masa grasa de las gimnastas del presente estudio son siempre inferiores, en todas y cada una de las edades susceptibles de ser comparadas, respecto a la totalidad de los citados estudios. Cabe señalar, no obstante, que la comparación con éstos resulta difícil, ya sea por la escasa muestra representada, porque no se facilitan datos para cada franja de edad, o porque se utilizan diferentes fórmulas para la valoración de la composición corporal (Roemmich *et al.*, 1997). Además, otras variables como las diferentes exigencias de entrenamiento (Douda *et al.*, 2002; Georgopoulos *et al.*, 1999), el diferente momento de la temporada en las que éstas hayan sido tomadas (López-Benedicto, 1991; Sands, 1995) e incluso el hecho de contemplar dietas diferenciadas (Cupisti *et al.*, 2000; Bulca y Ersoz, 2000; Weimann *et al.*, 2000), podrían condicionar dicha valoración.

Respecto al componente muscular en GR, las únicas referencias halladas pertenecen a un estudio nacional (López-Benedicto, 1991) efectuado a 21 gimnastas de nivel nacional de edades comprendidas entre los 11 y 15,8 años, con un peso muscular de $34,2 \pm 3,16$ kg, estimado al final de la temporada deportiva en base a la ecuación derivada de la fórmula de Matiegka (1921). Parece no entenderse el escaso interés por el componente muscular en GR, que si bien anteriormente podría estar justificado, debería ser tenido en consideración en la actualidad a tenor de las nuevas exigencias de dificultad impuestas por el Código de Puntuación 2004/08 de la Federación Internacional de Gimnasia.

En relación a la evolución de la masa grasa a lo largo de la edad, pese a no hallarse diferencias significativas, se observa una tendencia al paulatino aumento de ésta en toda la franja de edad analizada (10-18 años). Dicha evolución, pese a ser más contenida, se adecua a la del perfil normal de desarrollo (Malina *et al.*, 2004c). El componente muscular se muestra estable a lo largo de la edad, hecho que coincide la estabilidad del soma-

totipo (Tabla 2). La excepción hecha a los 10 años podría deberse tanto a las limitaciones de todo estudio no longitudinal, como a las propias de un tamaño muestral reducido (Kemper, 1996).

En GR, la MLG es siempre inferior a la de la población española de referencia, hasta los 14 años de edad. Momento en el que se verifica el PCP en GR. Parece ser que jóvenes gimnastas de alto nivel competitivo (edad: $13,6 \pm 1$ años), ya sean prepúberes ($29,6 \pm 4,2$ kg) o púberes ($35,8 \pm 3,3$ kg) mantienen niveles de MLG inferiores a los de la población control (Weimann *et al.*, 2000). Por el contrario, gimnastas adolescentes, registran valores de MLG semejantes a los de la población de referencia (D'Allessandro, 2007). Tal y como se ha argumentado en líneas precedentes, el PCP en GR no conlleva aumentos significativos de masa grasa con lo que el aumento del peso total estaría condicionado de igual manera por aquellos componentes que intervienen en la MLG. En efecto, el hecho de que la MLG aumente significativamente cada dos años hasta la edad posterior al PCP, ratifica la aproximación paulatina de las gimnastas a los valores normales de MLG en la población española de referencia.

En el presente estudio se verifican valores de MLG en GR a la edad del PCT (13 años) semejantes a los resultados obtenidos por Weimann (2000), mediante la ecuación de Slaughter (1988), en el grupo puberal de gimnastas.

Conclusiones

A partir de los 10 años, el grupo GR presenta valores de talla y peso superiores e inferiores respectivamente en comparación con la población española de referencia. Ambas variables muestran un perfil evolutivo de talla y peso en consonancia con lo observado en otros estudios, con sendos retrasos en el momento de aparición de los picos de crecimiento. Se observa en GR un somatotipo homogéneo, preponderando el componente ectomórfico, desde las primeras edades. La masa grasa y la masa muscular tampoco aumentan de forma significativa a lo largo de la edad. Todo lo dicho anteriormente sugiere un proceso de selección previo. Factores no controlados en el presente estudio no permiten efectuar más valoraciones y deben animar a seguir investigando sobre los procesos de crecimiento, maduración y desarrollo de las jóvenes gimnastas en su camino hacia la élite deportiva.

Referencias

- Bailey, A. D. y Martin, A. D. (1988). The growing child and sport. Physiological considerations. In F. L. Smoll, R. A. Magill, & M. J. Ash (Eds.), *Children in Sports*. (pp. 103-117). USA: Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
- Baxter-Jones, A. D. G.; Maffulli, N. y Mirwald, R. L. (2003). Does Elite Competition Inhibit growth and delay maturation in some gymnasts? Probably Not. *Pediatric Exercise Science* (15), 373-382.
- Bell, W. (1993). Body size and shape: a longitudinal investigation of active and sedentary boys during adolescence. *J Sports Sci*, 11(2), 127-3
- Bulca, Y. y Ersoz, G. (2000). The effects of exercise and nutrition on growth in rhythmic gymnasts. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(5), S97.
- Cabañero, M.; Canda, A.; Bonilla, M.; Calderón, C. y Rubio, S. (1999). Gimnasia rítmica de alta competición: composición corporal y somatotipo. *Archivos de Medicina del Deporte* (16), 505-506.
- Carter, J. (1975). The Heath-Carter somatotype method. (ed.). San Diego: San Diego State University.
- Carter, J.; Ross, W.; Aubry, S.; Hebbelinc, M. y Borms, J. (1984). Anthropometry of Montreal olympic athletes. In J. Carter (Ed.), *Physical structure of olympic athletes*. (pp. 25-42). Basel: Karger.
- Christoforidis, A.; Maniadaki, I. y Stanhope, R. (2005). Growth hormone / insulin-like growth factor-1 axis during puberty. *Pediatr Endocrinol Rev*, 3(1), 5-10.
- Claessens, A. L.; Delbroek, W. y Lefevre, J. (2001). The use of different prediction equations for the assessment of body composition in young female gymnasts. Is there a best equations? In T. Jürimäe y A. P. Hills (Eds.), *Body Composition Assessment in Children and Adolescents*. (pp. 139-154). Basel (Switzerland): Karger.
- Cupisti, A.; D'Alessandro, C.; Castrogiovanni, S.; Barale, A. y Morelli, E. (2000). Nutrition survey in elite rhythmic gymnasts. *J Sports Med Phys Fitness*, 40(4), 350-5.
- D'Alessandro, C.; Morelli, E.; Evangelisti, I.; Galetta, F.; Franzoni, F.; Lazzeri, D.; Piazza, M. y Cupisti, A. (2007). Profiling the diet and body composition of subelite adolescent rhythmic gymnasts. *Pediatr Exerc Sci*, 19(2), 215-27.
- Douda, H.; Lapidis, K.; Tokmakidis, P. y Savvas, P. (2002). Long-term training induces specific adaptations on the physique of rhythmic sports and female artistic gymnasts. *European Journal of Sport Science*, 2(3), 1-14.
- Douda, H.; Tokmakidis, S. y Nikolaidis, K. (2000). Kinanthropometric characteristics and physical fitness attributes as predictors of attainment in rhythmic sports gymnastics. *Journal of Sports Sciences* (18), 510.
- Georgopoulos, N.; Markou, K.; Theodoropoulou, A.; Paraskevopoulou, P.; Varaki, L.; Kazantzi, Z.; Leglise, M. y Vagenakis, A. G. (1999). Growth and pubertal development in elite female rhythmic gymnasts. *J Clin Endocrinol Metab*, 84(12), 4525-30.
- Georgopoulos, N. A.; Markou, K. B.; Theodoropoulou, A.; Benardot, D.; Leglise, M. y Vagenakis, A. G. (2002). Growth retardation in artistic compared with rhythmic elite female gymnasts. *J Clin Endocrinol Metab*, 87(7), 3169-73.
- Georgopoulos, N. A.; Markou, K. B.; Theodoropoulou, A.; Vagenakis, G. A.; Benardot, D.; Leglise, M.; Dimopoulos, J. C. y Vagenakis, A. G. (2001). Height velocity and skeletal maturation in elite female rhythmic gymnasts. *J Clin Endocrinol Metab*, 86(11), 5159-64.
- Hume, P. A.; Hopkins, W. G.; Robinson, D. M.; Robinson, S. M. y Hollings, S. C. (1993). Predictors of attainment in rhythmic sportive gymnastics. *J Sports Med Phys Fitness*, 33(4), 367-77.
- Kemper, H. C. (1996). Longitudinal studies during growth and training: Importance and principles. In O. Bar-Or (Ed.), *The child and adolescent athlete*. (pp. 617-633). Oxford, England: Blackwell Science, Ltd.
- Klentrou, P. y Plyley, M. (2003). Onset of puberty, menstrual frequency, and body fat in elite rhythmic gymnasts compared with normal controls. *Journal of Sports Medicine*, 37(6), 490-494.
- Lee, R. C.; Wang, Z.; Heo, M.; Ross, R.; Janssen, I. y Heymsfield, S. B. (2000). Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr*, 72(3), 796-803.
- Leglise, M. (1992). Age and competitive gymnastics. *FIG World of Gymnastics* (3), 23
- López-Benedicto, A.; Franco, L. y Terreros, J. (1991). Gimnasia rítmica: evolución fisiológica y antropométrica en una temporada. *Archivos de medicina del deporte*, 8(30), 127-133.
- Maimoun, L.; Coste, O.; Paris, F.; Jeandel, C.; Rossi, M. y Sultan, C. (2005). Effect of intensive training in rhythmic gymnastics on the growth and pubertal development. *Science & Sports*, (20), 165-167.
- Malina, R. M. (1986). Maturational considerations in elite young athletes. In J. A. P. Day (Ed.), *Perspectives in Kinanthropometry*. (pp. 29-43). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Malina, R. M. (1989). Growth and maturation: normal variation and effect of training. In C. V. Gisolfi y D. R. Lamb (Eds.), *Perspectives in exercise science and sports medicine*. (pp. 223-272). Indianapolis: Benchmark.
- Malina, R. M.; Bouchard, C. y Bar-Or, O. (2004a). Somatic Growth. In: *Growth, maturation, and physical activity*. (pp. 41-81). Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Malina, R. M.; Bouchard, C. y Bar-Or, O. (2004b). Development of physique. In: *Growth, maturation, and physical activity*. (pp. 83-100). Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Malina, R. M.; Bouchard, C. y Bar-Or, O. (2004c). Body Composition. In: *Growth, maturation, and physical activity*. (pp. 101-119). Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Malina, R. M.; Bouchard, C. y Bar-Or, O. (2004d). Timing and sequence of changes during adolescence. In: *Growth, maturation, and physical activity*. (pp. 307-333). Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Marina, M. (2003). Valoración, entrenamiento y evolución de la capacidad de salto en gimnasia artística de competición. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona.
- Matiegka, J. (1921). The testing of physical efficiency. *American Journal Physical Anthropometry*, (4), 223-230.
- Miletic, D.; Katic, R. y Males, B. (2004). Some anthropologic factors of performance in rhythmic gymnastics novices. *Coll Antropol*, 28(2), 727-37.
- Muniesa, A.; Casajús, J. A. y Terreros, J. L. (2004). Valoración antropométrica y funcional de niños deportistas aragoneses. Diputación General de Aragón. (ed.). Zaragoza: Servicio de Publicaciones DGA.
- Muñoz, M. T.; De la Piedra, C.; Barrios, V.; Garrido, G. y Argente, J. (2004). Changes in bone density and bone markers in rhythmic gymnasts and ballet dancers: implications for puberty and leptin levels. *European Journal of Endocrinology* (151), 491-496.
- Poortmans, J. R.; Boisseau, N.; Moraine, J. J.; Moreno-Reyes, R. y Goldman, S. (2005). Estimation of total-body skeletal muscle mass in children and adolescents. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 37(2), 316-322.
- Roemmich, J. N.; Clark, P. A.; Weltman, A. y Rogol, A. D. (1997). Alterations in growth and body composition during puberty. I. Comparing multicompartment body composition models. *J Appl Physiol*, 83(3), 927-35.
- Ross, W. D. (1976). Metaphorical models in the study of human shape and proportionality. In J. Broekhoff (Ed.), *Physical Education, Sports and the Sciences*. (pp. 284-304). Oregon: Microcard Publications.

- Ross, W. D. y Marfell-Jones, M. J. (1991). Kinanthropometry. In J. D. MacDougall, H. A. Wenger, y H. J. Green (Eds.), *Physiological Testing of Elite Athlete*. (pp. 223-308). London: Human Kinetics.
- Ross, W. D. y Wilson, N. C. (1973). A somatotype dispersion distance. *Res Quart* (44), 372-74.
- Sands, W. A.; Irvin, R. C. y Major, J. A. (1995). Women's gymnastics: The time course of fitness acquisition. A 1 year study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9(2), 110-115.
- Savendahl, L. (2005). Hormonal regulation of growth plate cartilage. *Horm Res*, 64 Suppl (2), 94-7.
- Schmidt, W.; Tamberg, K.; Bartel, A.; Weber, B. y R"cker, L. (1998). Low plasma [IGF-1] could be responsible for delayed development in rhythmic sports gymnasts. *International Journal of Sports Medicine*, 19(Suppl), S42 (Abstract)
- Silva, M. R. y Lebre, E. (2002). Alterações induzidas pelo novo código de pontuação no treino de força em ginástica rítmica. I Simposium Internacional de Actividades Gimnásticas y Acrobáticas; Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura (Cáceres).
- Slaughter, M. H.; Lohman, T. G.; Boileau R. A.; Horswill, C. A.; Stillman, R.J.; Van Loan, M. y Bembem, D. A. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol.* (60), 709-23.
- Sobradillo, B.; Aguirre, A.; Aresti, U.; Bilbao, A.; Fernández Ramos, C.; Lizárraga, A.; Lorenzo, H.; Madariaga, L.; Rica, I.; Ruiz, I.; Sánchez, E.; Santamaría, C.; Serrano, J. M.; Zabala, A.; Zurimendi, B. y Hernández, M. (2004). Curvas y tablas de crecimiento: estudios longitudinal y transversal. In: Instituto de Investigación sobre Crecimiento y Desarrollo (ed). Bilbao: Fundación Faustino Orbeago Eizaguirre.
- Tanner, J. M.; Whitehouse, R. H. y Takaishi, M. (1966). Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965. Part I. *Archives of Disease in Childhood* (41), 454-471.
- Theodoropoulou, A.; Markou, K. B.; Vagenakis, G. A.; Benardot, D.; Leglise, M.; Kourounis, G.; Vagenakis, A. G. y Georgopoulos, N. A. (2005). Delayed but normally progressed puberty is more pronounced in artistic compared with rhythmic elite gymnasts due to the intensity of training. *J Clin Endocrinol Metab*, 90(11), 6022-7.
- Vicente-Rodriguez, G.; Dorado, C.; Ara, I.; Perez-Gomez, J.; Olmedillas, H.; Delgado-Guerra, S. y Calbet, J. A. (2007). Artistic versus rhythmic gymnastics: effects on bone and muscle mass in young girls. *Int J Sports Med*, 28(5), 386-93.
- Weimann, E.; Witzel, C.; Schwidergall, S. y Böhles, H. J. (2000). Peripubertal Perturbations in Elite Gymnasts Caused by Sport Specific Training Regimes and Inadequate Nutritional Intake. *Int J Sports Med* (21), 210-215.