

Talla, pes, somatotip i composició corporal en gimnastes d'elit espanyoles (gimnàstica rítmica) des de la infantesa fins a l'edat 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*****}

Correspondència amb autors/es

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

Resum

Introducció i objectius: L'objecte d'aquest estudi va ser caracteritzar el comportament de la talla i el pes, el somatotip i la composició corporal, al llarg de l'edat, en gimnastes d'elit espanyoles (gimnàstica rítmica), i comparar els valors esmentats amb els de la població espanyola de referència. **Mètode:** El disseny de l'estudi va ser retrospectiu, observacional, descriptiu i va presentar dues estratègies d'agrupació de la mostra: transversal ($n = 151$) i mixta-longitudinal ($n = 79$). Les variables analitzades van ser: talla, pes, somatotip (endomorfisme, ectomorfisme, mesomorfisme), i composició corporal (Σ 6 plecs, massa grassa, massa muscular, i massa lliure de greix). **Resultats:** En no observar diferències significatives ($p > 0,05$) entre la mostra transversal i la mixta-longitudinal en cap de les variables analitzades, els resultats de la primera es van considerar com a canvis relacionats amb l'edat. **Conclusions:** El grup de gimnastes d'elit, des dels 10 anys, presenta valors de talla superiors, i inferiors de pes, en comparació amb la població espanyola de referència. Ambdues variables mostren un perfil evolutiu paral·lel a allò que s'ha observat en altres estudis, amb sengles retards en el moment d'aparició de les puntes de creixement. Les gimnastes conformen, des de les primeres edats, un grup somatotípicament homogeni, en el qual destaca el component ectomòrfic. No s'observen increments significatius dels valors de massa grassa i massa muscular al llarg de l'edat. Des de les primeres edats, les característiques somàtiques descrites suggereixen un procés de selecció previ.

Paraules clau

Gimnàstica Rítmica, Creixement, Talla, Pes, Somatotip, Composició Corporal, Mixt-Longitudinal.

Abstract

Height, weight, somatotype and body composition trends 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 Institut Nacional d'Educació Física. Centre de Barcelona.

² Departament de Fisiologia del Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat del Vallès.

³ Consell Català de l'Esport.

Introducció

La gimnàstica rítmica (G) és una especialitat olímpica regulada per la Federació Internacional de Gimnàstica (FIG). Tenint en compte les hores d'entrenament, el volum de continguts i les intensitats de pràctica, pot ser que sigui una de les especialitats esportives que més exigeixi en etapes d'alta incidència evolutiva (Leglise, 1992). La GR és una modalitat esportiva on factors com ara l'elegància, la fluïdesa i l'amplitud de moviments, s'han d'interrelacionar amb la capacitat d'executar amb mestria unes habilitats tècniques determinades recollides en el Codi de Puntuació de la FIG. Les gimnastes han de dominar els cinc aparells en què s'estructura la competició: pilota, cinta, maces, corda i cèrcol.

Tal com s'assenyala a la literatura (Georgopoulos *et al.*, 1999; Klentrou *et al.*, 2003), gran part de l'èxit competitiu es troba associat a una estètica corporal caracteritzada per baixos índexs de massa grassa i extremitats preponderadament llargues.

Partint d'alguns estudis transversals, s'ha aconseguit caracteritzar un seguit d'adaptacions induïdes pel procés d'entrenament en GR, que van des de retards a nivell de maduració sexual (Weimann *et al.*, 2000) i edat esquelètica (Georgopoulos *et al.*, 1999), fins a patologies psicològiques relacionades amb desordres nutricionals diversos (Cupisti *et al.*, 2000; Bulca i Ersoz, 2000; Klentrou *et al.*, 2003).

Els estudis de disseny longitudinal o mixt-longitudinal realitzats en GR entorn de l'evolució de les dimensions antropomètriques, el somatotip i la composició corporal, continuen sent escassos (Maimoun *et al.*, 2005). En l'àmbit nacional, únicament hi ha un estudi, de sis mesos de durada, realitzat amb 21 joves gimnastes de nivell no internacional (López-Benedicto *et al.*, 1991).

El nostre estudi pretén de descriure i caracteritzar el comportament de la talla, el pes, el somatotip i la composició corporal de les millors gimnastes espanyoles (G) al llarg de l'edat.

Mètode

Disseny

El disseny de l'estudi és retrospectiu, observacional, descriptiu i presenta dues estratègies d'agrupació de la mostra: transversal i mixta-longitudinal. Les variables analitzades són: talla, pes, somatotip (endomorfisme,

ectomorfisme, mesomorfisme), i composició corporal (Σ 6 plecs, massa grassa -%MG-, massa muscular -%MM-, i massa lliure de greix -MLG-).

Les dades van ser recollides partint de les valoracions cineantropomètriques realitzades pel Departament de Fisiologia del Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat del Vallès (CAR) durant el període 1991-2006.

Criteris d'inclusió: a) Per a la mostra transversal, ser gimnasta, dona, de nacionalitat espanyola, amb nivell competitiu nacional o internacional; b) Per a la mostra mixta-longitudinal, a més a més dels anteriors, posseir un seguiment mínim de 4 anys de cada una de les variables analitzades, amb una periodicitat d'un mesurament a l'any.

Aspectes ètics: es va respectar el compromís moral i ètic de la confidencialitat en el maneig de les dades recopilades en totes dues fonts i que conformen la mostra objecte d'estudi.

Per a l'anàlisi comparativa amb la població espanyola de referència, es van extreure les dades de dos dels pocs estudis afins realitzats fins al moment en el marc nacional: a) per a la talla i el pes es van utilitzar les corbes de creixement d'un estudi longitudinal ($n = 300$) amb un seguiment des dels 6 fins als 18 anys (Sobrado *et al.*, 2004); b) per a la comparació del somatotip i la composició corporal es va utilitzar un estudi mixt-longitudinal ($n = 829$) amb un seguiment des dels 7 fins als 16 anys (Muniesa *et al.*, 2004).

Mostra

Es van analitzar 71 informes cineantropomètrics de gimnastes femenines (G), d'edats compreses entre els 10 i els 18 anys. L'alta especificitat de la mostra (que inclou campiones nacionals, europees, medallistes mundials i olímpiques), igual com l'ampli rang d'edats analitzades, van delimitar la mida mostral a partir de les condicions següents (Taula 1).

	n_1 (n_2)	Rang d'edat (anys)
Transversal	151 (71)	10-18
Mixt-Longitudinal	79 (15)	

Taula 1

Mostra (n_1 : nombre de mesuraments; n_2 : nombre de subjectes) i rang d'edat (anys) per a cada una de les variables analitzades. Disseny transversal i mixt-longitudinal.

Instruments i procediments

Per a la realització de cada una de les valoracions es van seguir les normes i les tècniques de mesura recomanades per l' "International Working Group of Kinanthropometry", descrites per Ross i Marfell-Jones (1991) i adoptades per l' "International Society for the Advancement of Kinanthropometry" (ISAK) i pel Grup Espanyol de Cineantropometria (GREC).

Es va utilitzar el material antropomètric següent: a) tallímetre telescòpic Seca 220® (rang de mesurament: 85-200 cm; precisió: 1 mm); b) balança Seca 710® calibrada prèviament (capacitat: 200 kg; precisió: 50 g); c) cinta antropomètrica (precisió 1 mm); d) paquímetre o peu de rei (rang de mesurament: 0-250 mm; precisió: 1 mm); e) lipòmetre Holtein® (rang de mesurament: 0-48 mm; precisió: 0,2 mm; pressió constant de 10 g/mm²); f) antropòmetre (precisió 1 mm); g) material complementari (banc de fusta d'altura coneguda per mesurar l'alçada assegut; llapis dermatogràfic per marcar l'individu, nivell per assegurar la rectitud de l'antropòmetre).

El càlcul del somatotip es va realitzar mitjançant el mètode de Heath-Carter (1975). Per al càlcul de la composició corporal es va recórrer únicament al component gras (%MG i Σ 6 plecs: tricípital, subescapular, suprailíac, abdominal, cuixa anterior, cama medial), al component muscular (% MM) i a la MLG (kg).

Davant l'absència de fórmules validades per a l'estimació de la composició corporal en joves gimnastes de GR, es van seguir les recomanacions de Claessens *et al.* (2001), aplicades en gimnàstica artística femenina (GAF) amb subjectes de 6 a 17 anys d'edat. Aquests autors proposen la fórmula de Slaughter *et alii.* (1988) per estimar la composició corporal (% MG i MLG):

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

on $\Sigma 2$ (mm) = plec del tríceps + plec de la cama medial (bessons)

Equació 1. Segons Slaughter *et al.* (1988).

Quant al % MM, es va utilitzar la recent proposta antropomètrica, validada mitjançant absorciometria dual fotònica de raigs X (DXA) per Poortmans *et alii.*, (2005), per estimar la totalitat de la massa muscular en la infantesa i en l'adolescència ($r^2 = 0,966$, $p < 0,001$), que alhora està adaptada de la fórmula desenvolupada per Lee *et al.*, (2000).

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

on:

MM = Massa Muscular (kg)

h = talla (m)

PCB = perímetre corregit del braç (cm)

PCM = perímetre corregit de la cuixa (cm)

PCP = perímetre corregit cama medial o bessons (cm)

sexe = valor 0 per a dones, 1 per a homes;
edat (anys)

Equació 2. Segons Poortmans *et al.* (2005).

Les valoracions antropomètriques, necessàries per al càlcul del somatotip i la composició corporal, van ser realitzades per tres antropometristes experts. Com a criteri general, es van seguir les recomanacions de Ross i Marfell-Jones (1991), per les quals és vàlid un error tècnic de mesura interavaluador i intraavaluador inferior a un 5 % per als plecs cutanis i menor del 2 % per a la resta de mesuraments.

Anàlisi estadística

La distribució normal de la mostra, en cada una de les variables d'anàlisi, es va confirmar a través de la prova de normalitat Kolmogorov-Smirnov.

Es va efectuar una prova T de mostres no relacionades per comprovar, en cada edat i variable: a) les diferències entre la mostra transversal i la mixta-longitudinal en el grup de gimnastes; b) les diferències entre aquesta última i la població espanyola de referència.

Malgrat la diferència de mida mostral entre alguna de les edats, la prova de Levene va confirmar la igualtat de variàncies.

Per comprovar les diferències entre edats de cada una de les variables a analitzar en GR, es va utilitzar l'anàlisi de la variància (ANOVA) d'un factor amb el test *posthoc* de Tukey. Per a l'anàlisi esmentada es va determinar, en el cas del somatotip: a) el somatotip mitjà; b) els tres components del somatotip separatament (endomòrfia, mesomòrfia, ectomòrfia); c) la dispersió morfogènica mitjana del somatotip (SAM). Aquest últim concepte, a partir d'una anàlisi tridimensional, es va utilitzar per determinar el grau de dispersió entre un somatotip individual i el somatotip mitjà corresponent al seu grup d'edat. A majors valors, menor és l'homogeneïtat d'un grup. Per a aquest estudi es van determinar tres

nivells d'homogeneïtat, seguint les recomanacions de Carter *et al.* (1997): dispersió elevada ($SAM \geq 1,0$); dispersió moderada ($SAM = 0,80-0,99$); dispersió reduïda ($SAM \leq 0,79$).

Es van utilitzar dues somatocartes per mostrar: a) els valors individuals de la mostra de gimnastes; b) el grau de superposició entre els somatotips mitjans de cada una de les edats analitzades (Índex I). L'Índex I consisteix a representar un grup o població mitjançant una circumferència el centre de la qual és el somatotip mitjà i el radi és l'índex de dispersió del somatotip (SDI). El SDI és la mitjana de les distàncies de dispersió del somatotip del grup (SDD) en relació amb un somatotip mitjà. El SDD és una anàlisi de tipus bidimensional que determina la distància entre dos somatotips (S_1 i S_2). La fórmula per a determinar-la és la següent (Ross i Wilson, 1973):

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

on (X_1 , X_2) y (Y_1 , Y_2) representen les coordenades somatotípiques de dos individus.

Equació 3. Segons Ross i Wilson (1973).

Finalment, s'exposa la fórmula per arribar a l'Índex I (Ross, 1976):

$$\text{Índex} = \frac{\text{Àrea comuna de les dues circumferències}}{\sum \text{Àrees no comunes}} \times 100$$

Equació 4. Segons Ross (1976).

Quan l'Índex I = 100, els cercles són concèntrics i tenen el radi igual. Quan l'Índex I = 0, els dos cercles no tenen cap àrea en comú.

Es va calcular l'increment anual per a la talla (cm/any) i el pes (kg/any). Com a punta de creixement es va considerar l'increment més alt anual de talla o pes.

L'anàlisi estadística es va realitzar mitjançant el programa SPSS® 12.0 (Chicago, EUA). El nivell de significació es va establir en $p \leq 0,05$.

Resultats

Els estadístics descriptius per a l'edat cronològica, la talla, el pes, el somatotip (endomorfisme, me-

somorfisme, ectomorfisme, SAM) i la composició corporal (Σ 6 plecs; % MG, % MM, MLG) es mostren a la *taula 2*.

En no observar diferències significatives entre la mostra transversal i la mixta-longitudinal en cap de les variables utilitzades a la mostra GR, els resultats de la primera es van considerar com a canvis relacionats amb l'edat (Marina, 2003).

Talla i pes

Els valors mitjans de talla i pes en les gimnastes augmenten progressivament des dels 10 anys (talla: $144,1 \pm 4,3$ cm; pes: $28,3 \pm 4,7$ kg) fins als 18 anys (talla: $170,8 \pm 2,9$ cm; pes: $53,7 \pm 3,3$ kg). En relació amb la talla, es troben diferències significatives entre els 13 i els 15 anys ($p \leq 0,05$). No es troben diferències significatives, en canvi, en l'evolució del pes al llarg de la franja d'edat analitzada (*Figura 1*).

El valor mitjà de la talla de les gimnastes és significativament superior ($p \leq 0,05$) al de la població espanyola de referència, a excepció dels 13 anys. El pes de les gimnastes sempre és, en canvi, significativament molt inferior ($p \leq 0,001$) al de la població espanyola de referència (*Figura 1*).

En acudir a les corbes de creixement de la població espanyola de referència (Sobradillo *et al.*, 2004), s'observa que als 10 i 11 anys, la talla de les gimnastes s'ubica en el percentil 75. Des dels 12 fins als 14 anys, aquesta variable se situa en el percentil 50. A partir dels 15 fins als 18 anys, la talla de les gimnastes se situarà entre els percentils 75 i 90. Respecte al pes, durant tota la franja d'edat analitzada (10-18 anys), les gimnastes se situen en el percentil 25.

El major increment anual de la talla de les gimnastes, expressat com a punta de creixement (PCT), es produeix a l'edat de 13 anys ($5,9 \pm 1,9$ cm/any), un any més tard que en la població espanyola de referència ($7,7 \pm 1,2$ cm/any). La magnitud de la diferència de PCT entre ambdues poblacions és significativa ($p \leq 0,05$). En les edats prèvies (10-12 anys) les gimnastes mantenen increments de talla sempre significativament inferiors als de la població control ($p \leq 0,05$). Al contrari, és a partir dels 13 anys fins als 18, quan les gimnastes mantenen un increment de talla significativament superior ($p \leq 0,05$) al de la població espanyola de referència (*Figura 2*).

Estadística	Edat (anys)	Talla (cm)	Pes (kg)	Endo.	Meso.	Ecto.	SAM	Σ 6 plecs				MG (%)	MM (%)	MLG (kg)	Mostra (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} : mitjana; desviació estàndard; SAM: "somatotype altitudinal pixon"; TS: tren superior; TR: tronç; TI: tren inferior; MG: massa grassa; MM: massa muscular; MLG: massa lliure de greix.

Taula 2

Talla, pes, somatotip i composició corporal de las gimnastes de rítmica espanyoles -GR- al llarg de l'edat.

Quant al pes, el major increment d'aquest (PCP), es produeix a l'edat de 14 anys ($3,9 \pm 1,3$ kg/any), dos anys més tard que en la població espanyola de referència (7,0 kg/any). Les gimnastes, en les edats prèvies als 14 anys, mantenen increments de pes inferiors als de la població control; a partir d'aquesta edat, en canvi, mantenen increments de pes superiors (Figura 2).

Somatotip

Tal com queda reflectit a la somatocarta (Figura 3), el 84 % dels somatotips individuals de la mostra de gimnastes es classifica en un perfil mesoectomorfe. La resta de gimnastes es distribueixen en perfils ectomorfe balancejat (14%) i mesomorfe ectomorfe (2 %).

No s'han trobat diferències significatives ($p > 0,05$) entre els valors mitjans del somatotip que representa cada grup d'edat analitzat (Figura 4). Si s'analitza l'endomorfisme, el mesomorfisme i l'ectomorfisme separatament, la falta de diferències significatives ($p \leq 0,05$)

indica l'alta estabilitat del somatotip de les gimnastes al llarg de l'edat.

Les diferències entre la dispersió de cada somatotip individual i el seu valor mitjà corresponent a cada edat (SAM), no mostra diferències significatives ($p \leq 0,05$). El 24,5 % dels casos se situa en valors de dispersió elevada ($SAM \geq 1,0$), l'11,3 % en valors moderats ($SAM = 0,80 - 0,99$), i el 64,2 % en valors reduïts ($SAM \leq 0,79$).

El càlcul de l'Índex I entre anys consecutius ratifica l'elevat grau d'homogeneïtat somatotípica de la mostra objecte d'estudi; la relació entre els grups d'edat de 13 i 14 anys s'estableix com la més dispersa (Índex I = 64,5). A partir d'aquí, la mitjana de la resta d'edats se situa en $87,3 \pm 12,3$.

La població espanyola de referència presenta característiques mesoendomòrfiques en totes les edats representades (Figura 4). En comparar ambdues mostres, en totes les edats les gimnastes obtenen valors significativament inferiors en l'endomorfisme i el mesomorfisme ($p \leq 0,001$), i significativament superiors en l'ectomorfisme ($p \leq 0,001$).

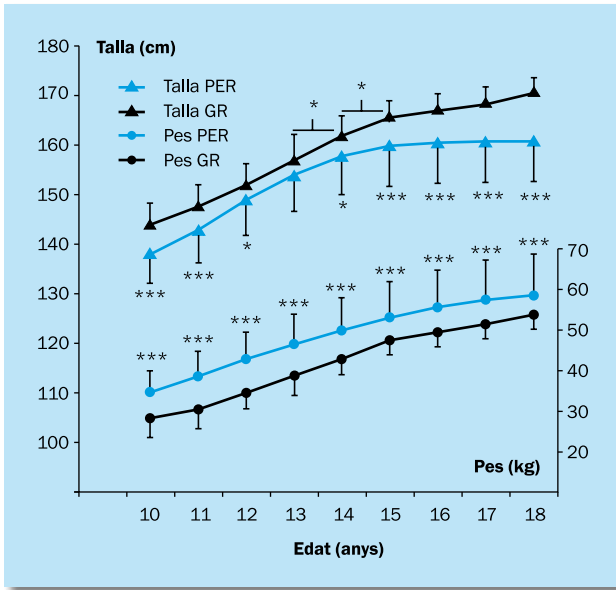


Figura 1
Talla i pes de les gimnastes espanyoles -G- i la població espanyola de referència -PER- (Sobradillo et al., 2004) al llarg de l'edat. Diferències significatives entre edats en GR i entre ambdues mostres per a una mateixa edat ($p \leq 0,05$).

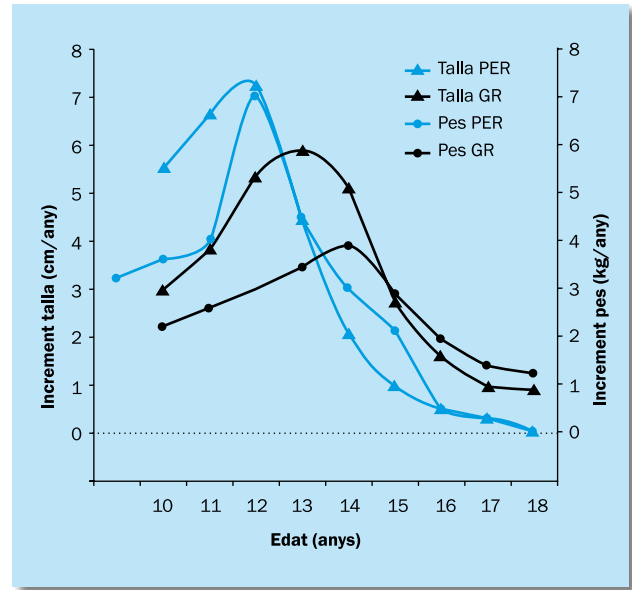


Figura 2
Increment de talla (cm/any) i pes (kg/any) al llarg de l'edat de les gimnastes espanyoles -G- i la població espanyola de referència -PER- (Sobradillo et al., 2004).

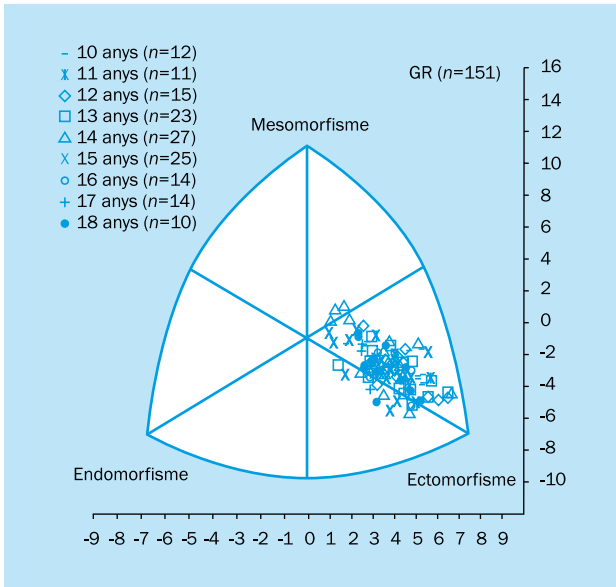


Figura 3
Distribució per edats del somatotip individual de les gimnastes espanyoles -G- en la somatocarta ($n = 151$).

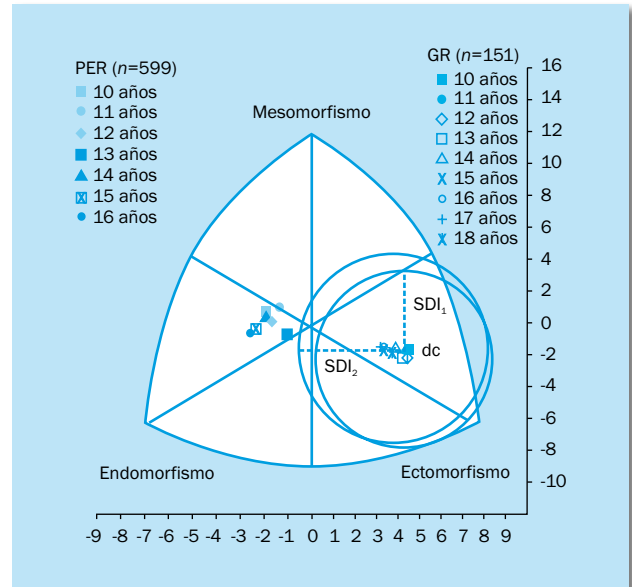


Figura 4
Distribució per edats del somatotip mitjà de les gimnastes espanyoles -G- i la població espanyola de referència -PER- (Muniesa et al., 2004) en la somatocarta. Es destaca, en GR, l'Índex I entre els 13 i els 14 anys. El SDI de cada somatotip mitjà correspon als seus respectius radis ($SDI1 = 2,7$; $SDI2 = 3,1$). La distància entre centres (dc) correspon al SDD entre tots dos somatopunts ($dc = 0,9$). Així, s'obté un Índex I = 64,5.

Composició Corporal

El % MG de la mostra de gimnastes en relació amb la població espanyola de referència és significativament inferior ($p \leq 0,001$) en totes les edats susceptibles de ser analitzades (10-16 anys). No s'observen diferències significatives ($p > 0,05$) en el comportament del % MG de les gimnastes al llarg de l'edat (10-18 anys).

En relació amb l'evolució al llarg de l'edat del % MM i de la MLG, en el primer les gimnastes mostren increments significatius ($p > 0,05$) entre els 10 anys i la resta d'edats analitzades. En la MLG no hi ha diferències significatives si aquestes s'analitzen entre anys consecutius. En canvi, aquestes sí que es produeixen fins als 15 anys cada dos anys. A partir d'aquesta edat fins als 18 anys, la massa lliure de greix no s'incrementa amb l'edat de forma significativa ($p > 0,05$). Quan es compara la MLG entre gimnastes i població espanyola de referència, aquesta és significativament inferior ($p \leq 0,001$) en les primeres, excepte als 15 i 16 anys.

Discussió

Talla i pes

Tot i que són escassos els estudis que analitzen longitudinalment algun dels factors que intervenen en els processos de creixement, desenvolupament i maduració de les gimnastes de rítmica (Bulca i Ersoz, 2000; Miletic *et al.*, 2004; Maimoun *et al.*, 2005), són més nombrosos els que se centren en un moment puntual de la carrera de les gimnastes (Hume *et al.*, 1993; Weimann *et al.*, 2000; Muñoz *et al.*, 2004; Vicente Rodríguez *et al.*, 2007; d'Allessandro *et al.*, 2007), o bé quan aquestes han assolit l'elit esportiva (Georgopoulos *et al.*, 1999, 2001, 2002; Klentrou i Plyley, 2003; Theodoropoulou *et al.*, 2005). El nostre estudi, a més a més d'incloure una franja d'edat considerablement més àmplia (10-18 anys), analitza el comportament de cada una de les variables objecte d'estudi, a cada franja d'edat.

La majoria d'estudis que comparen la talla i el pes entre gimnastes de rítmica i població no esportista descriuen valors inferiors, no significatius de talla i significatius de pes, per part de les primeres (Cupisti *et al.*, 2000; Bulca i Rezos, 2000; Vicente Rodríguez, 2007; D'Allessandro *et al.*, 2007). Es pot assenyalar, tanmateix, que això no és així en les màximes categories internacionals, on les gimnastes registren valors de talla superiors

als de la població control (Douda *et al.*, 2002; Klentrou i Plyley, 2003).

Les gimnastes del nostre estudi, en canvi, són significativament més altes (excepte als 13 anys) i lleugeres que la població de referència des dels 10 anys fins al final de la franja d'edat analitzada (18 anys). Hi ha diverses explicacions possibles ofertes per la literatura a aquest fet: des de la més que possible influència del component genètic, que explica l'estricta nivell de selecció inicial, fins al mateix procés d'entrenament cap a l'elit, que fa que a mesura que el nivell d'exigència augmenta, únicament quedin les millors gimnastes, és a dir, les que s'ajusten més als paràmetres, en aquest cas biotípics, característics de l'elit esportiva (Bailey i Martin, 1988; Malina 1986). En aquest sentit, a hores d'ara no es discuteix que la forma corporal de les gimnastes afavoreix l'èxit competitiu en aquesta disciplina (Douda *et al.*, 2000; Douda *et al.*, 2002).

Les diferències significatives trobades en la talla de les gimnastes entre els 13 i els 15 anys s'emmarquen dins de la normalitat, perquè són edats properes al PCT, fenomen que les persones experimenten de forma específica i individual (Tanner, 1966).

La diferència en la cinètica de creixement de la talla i el pes entre les gimnastes i la població espanyola de referència, concorda amb les observacions d'altres estudis, que destaquen en les primeres retards de maduració esquelètica (Georgopoulos *et al.*, 1999; Theodoropoulou *et al.*, 2005) i de maduració sexual (Klentrou i Plyley, 2003). El fenomen anterior no ha de fer pressuposar que hi hagi una afectació negativa en la talla final genèticament predeterminada (Georgopoulos *et al.*, 1999). De fet, podria passar el contrari. Les gimnastes, després del PCT, compensarien el retard puberal esmentat accelerant el creixement lineal i assolint valors de talla final superiors, fins i tot, als predeterminats genèticament (Georgopoulos *et al.*, 2001). L'increment continuat anual de la talla de les noies de GR als 18 anys d'edat, en comparació amb l'obtenció de la talla final observada en la població espanyola de referència, sembla confirmar la hipòtesi de Georgopoulos *et al.* (1999).

En aquest sentit, els baixos nivells de massa grasa, que són un dels motius principals del retard puberal en les gimnastes (Georgopoulos *et al.*, 1999), afavoriria l'establiment d'un dèficit hormonal (Schmidt *et al.*, 1998) que repercutiria en una calcificació tardana dels cartílags de creixement, i allargaria així els processos de condrogènesi i osteogènesi (Savendahl, 2005; Chris-

toforidis *et al.*, 2005), i amb això el creixement de les gimnastes (Georgopoulos *et al.*, 2002). No obstant això, diversos autors recomanen prudència a l'hora d'interpretar aquest fenomen com una mesura de recuperació, atès que el potencial de creixement esmentat depèn en gran mesura d'altres factors no controlats en els estudis actuals, com ara els factors genètics, nutricionals i els vinculats a la càrrega de l'entrenament (Georgopoulos *et al.*, 1999; Baxter-Jones *et al.*, 2003).

Respecte al PCP en GR, es pot observar que l'increment de pes no va acompanyat per increments significatius de massa grassa, tal com passa en la població normal no esportista (Malina *et al.*, 2004d). Un altre cop, factors no controlats en aquest estudi, com ara possibles dietes hipocalòriques (Bulca i Ersoz, 2000; Weimann *et al.*, 2000), o els mateixos règims d'entrenament d'alta competició (Georgopoulos *et al.*, 2001), podrien justificar aquest fet.

Somatotip

La valoració i el control dels tres components del somatotip són particularment interessants per als esportistes. Les gimnastes d'aquest estudi tenen un somatotip mesoectomorfi i ectomorfi balancejat, perfil que coincideix amb l'establert en gimnastes internacionals d'elit d'edats compreses entre els 15 i els 17 anys (Cabañero *et al.*, 1999).

Tal com passa en el patró evolutiu del somatotip de la població femenina (Muniesa *et al.*, 2004), els canvis produïts en cada un dels components del somatotip de les gimnastes, encara que existeixen, no són significatius. El component endomòrfic presenta una evolució ajustada a la normalitat, perquè malgrat fer-ho de forma continguda, augmenta progressivament des de la infantesa fins a l'adolescència. Els components mesomòrfic i ectomòrfic, tanmateix, difereixen lleugerament del perfil evolutiu estàndard (Malina *et al.*, 2004b). Mentre que en la població femenina la mesomòrfia minva amb l'edat, en el cas de les gimnastes aquest fenomen no resulta tan evident, car es mostra un lleuger increment a partir de l'edat d'aparició del PCP (14 anys). El component ectomòrfic normalment augmenta fins a arribar a la punta de creixement i a partir d'aquí minva fins a arribar a l'edat adulta. En les gimnastes objecte d'estudi, tot i que passa el mateix, des de les primeres edats ja s'assoleixen els màxims valors d'aquest component, i es mantenen així fins a arribar a l'edat del PCT. Si

es comparen els reduïts increments anuals de pes (kg/any) amb els proporcionalment superiors increments anuals de talla (cm/any) des dels 10 anys fins a l'edat de 14 (PCP), es constata el biotip de l'actual gimnasta d'elit (G), preponderadament ectomòrfic (Cabañero *et al.*, 1999).

Tal com demostren les diferències entre la població espanyola de referència i les gimnastes del nostre estudi, l'ectomorfisme és el component somatotípic que caracteritza en major mesura les gimnastes de rítmica (G). Tot i que aquest fet està ben documentat en GR d'elit (Cabañero *et al.*, 1999), fins ara no hi havia constància que passés el mateix en edats prèvies. Així, el somatotip de les gimnastes espanyoles ratifica l'estabilitat d'aquest al llarg de l'edat, i se situa generalment en el perfil mesoectomorfi.

Des dels 7 anys fins als 16, el somatotip de la població espanyola de referència varia poc amb l'edat, i les noies tendeixen al mesoendomorfisme (Muniesa *et al.*, 2004). Les gimnastes són menys endomòrfiques i menys mesomòrfiques en qualsevol de les edats representades. Les diferències somàtiques entre gimnastes i població normal, existents, ja des d'edats primerenques, torna a fer pensar en una selecció inicial específica i un biaix gradual de gimnastes a mesura que les demandes de l'entrenament es fan més exigents (Dou-da *et al.*, 2002).

L'Índex I ratifica l'elevada estabilitat somatotípica de les gimnastes tot al llarg de l'edat. Aquest fenomen coincideix amb estudis realitzats a esportistes olímpics d'altres modalitats, on s'observa, que en l'elit, cada esport té un patró somatotípic determinat, i que a mesura que augmenta el nivell de l'elit mundial, és més restringit (Carter *et al.*, 1984). En aquest sentit, cal assenyalar com a normal que la major dispersió en GR (Índex I = 64,5) s'assoleixi entre les edats de 13 i 14 anys, precisament en els respectius moments d'aparició del PCT i PCP, on els canvis morfològics i dimensionals de les persones es fan més evidents (Bell, 1993).

Composició corporal

Des del punt de vista de la composició corporal, els indicadors més utilitzats per a la valoració de l'esportista són la massa grassa i la massa muscular. Amb l'entrenament regular es produeix una disminució del component gras, augmenta la massa muscular, i s'hi associa habitualment un augment del pes corporal (Malina, 1989).

El percentatge gras de les gimnastes objecte d'estudi és més baix que el de la població de referència (Muniesa *et al.*, 2004), dades que concorden amb els resultats obtinguts, tant en gimnastes d'elit espanyoles (Cabañero *et al.*, 1999) i estrangeres (Georgopoulos *et al.*, 1999, 2001, 2002; Theodoropoulou *et al.*, 2005; Douda *et al.*, 2007), com en gimnastes de nivell nacional i regional (López-Benedicto *et al.*, 1991). D'altra banda, els valors de massa grassa de les gimnastes del nostre estudi són sempre inferiors, en totes i cadascuna de les edats susceptibles de ser comparades, respecte a la totalitat dels estudis esmentats. Es pot assenyalar, no obstant això, que la comparació amb aquests resulta difícil, ja sigui per l'escassa mostra representada, perquè no es faciliten dades per a cada franja d'edat, o perquè s'utilitzen diferents fórmules per a la valoració de la composició corporal (Roemmich *et al.*, 1997). A més a més, altres variables, com les diferents exigències d'entrenament (Douda *et al.*, 2002; Georgopoulos *et al.*, 1999), el diferent moment de la temporada en què aquestes hagin estat preses (López-Benedicto, 1991; Sands, 1995) i fins i tot el fet de contemplar dietes diferenciades (Cupisti *et al.*, 2000; Bulca i Ersoz, 2000; Weimann *et al.*, 2000), podrien condicionar la valoració esmentada.

Respecte al component muscular en GR, les úniques referències trobades pertanyen a un estudi nacional (López-Benedicto, 1991) efectuat a 21 gimnastes de nivell nacional d'edats compreses entre els 11 i els 15,8 anys, amb un pes muscular de $34,2 \pm 3,16$ kg, estimat al final de la temporada esportiva, partint de l'equació derivada de la fórmula de Matiegka (1921). Sembla que no s'entengui l'escàs interès pel component muscular en GR, que tot i que anteriorment podria estar justificat, hauria de ser tingut en consideració en l'actualitat, d'acord amb les noves exigències de dificultat imposades pel Codi de Puntuació 2004/08 de la Federació Internacional de Gimnàstica.

Pel que fa a l'evolució de la massa grassa al llarg de l'edat, malgrat no trobar-s'hi diferències significatives, s'observa una tendència a l'augment gradual d'aquesta a tota la franja d'edat analitzada (10-18 anys). L'evolució esmentada, malgrat ser més continguda, s'adequa a la del perfil normal de desenvolupament (Malina *et al.*, 2004c). El component muscular es mostra estable al llarg de l'edat, fet que coincideix amb l'estabilitat del somatotip (Taula 2). L'excepció feta als 10 anys podria ser deguda tant a les limitacions de qualsevol estudi no longitudinal, com a les pròpies d'una mida mostral reduïda (Kemper, 1996).

En GR, la MLG és sempre inferior a la de la població espanyola de referència, fins als 14 anys d'edat. Moment en què es verifica el PCP en GR. Sembla ser que joves gimnastes d'alt nivell competitiu (edat: $13,6 \pm 1$ anys), ja siguin prepúbbers ($29,6 \pm 4,2$ kg) o púbbers ($35,8 \pm 3,3$ kg) mantenen nivells de MLG inferiors als de la població control (Weimann *et al.*, 2000). Al contrari, gimnastes adolescents, registren valors de MLG semblants als de la població de referència (D'Allessandro, 2007). Tal com s'ha argumentat en línies precedents, el PCP en GR no comporta augments significatius de massa grassa, amb la qual cosa l'augment del pes total estaria condicionat de la mateixa manera pels components que intervenen en la MLG. En efecte, el fet que la MLG augmenti significativament cada dos anys fins a l'edat posterior al PCP, ratifica l'aproximació gradual de les gimnastes als valors normals de MLG en la població espanyola de referència.

En el nostre estudi es verifiquen valors de MLG en GR a l'edat del PCT (13 anys) semblants als resultats obtinguts per Weimann (2000), mitjançant l'equació de Slaughter (1988), en el grup puberal de gimnastes.

Conclusions

A partir dels 10 anys, el grup GR presenta valors de talla i pes superiors i inferiors, respectivament, en comparació amb la població espanyola de referència. Ambdues variables mostren un perfil evolutiu de talla i pes en consonància amb allò que s'ha observat en altres estudis, amb retards en el moment d'aparició de les puntes de creixement. S'observa en GR un somatotip homogeni, on predomina el component ectomòrfic, des de les primeres edats. La massa grassa i la massa muscular tampoc no augmenten de forma significativa al llarg de l'edat. Tot el que hem dit anteriorment suggereix un procés de selecció previ. Factors no controlats en el nostre estudi no permeten efectuar més valoracions i han d'encoratjar a continuar investigant sobre els processos de creixement, maduració i desenvolupament de les joves gimnastes en el seu camí cap a l'elit esportiva.

Referències

- Bailey, A. D. i Martin, A. D. (1988). The growing child and sport. Physiological considerations. A. 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. i Mirwald, R. L. (2003). Does Elite Competition Inhibit growth and delay maturation in some

- gymnasts? Probably Not. *Pediatric Exercise Scienc (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. i 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. i 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. i Borms, J. (1984). Anthropometry of Montreal olympic athletes. A 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. i Lefevre, J. (2001). The use of different prediction equations for the assessment of body composition in young female gymnasts. Is there a best equations? A T. Jürimae 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. i 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. i Cupisti, A. (2007). Profiling the diet and body composition of subelite adolescent rhythmic gymnasts. *Pediatr Exerc Sci*, 19(2), 215-27.
- Douda, H.; Lapididis, K.; Tokmakidis, P. i 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. i 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. i 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. i 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. i 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. i 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. A O. Bar-Or (Ed.), *The child and adolescent athlete*. (pp. 617-633). Oxford, England: Blackwell Science, Ltd.
- Klentrou, P. i Pleyley, 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. i 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. i 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. i 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. A 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. A C. V. Gisolfi i D. R. Lamb (Eds.), *Perspectives in exercise science and sports medicine* (pp. 223-272). Indianapolis: Benchmark.
- Malina, R. M.; Bouchard, C. i Bar-Or, O. (2004a). Somatic Growth. In: *Growth, maturation, and physical activity*. (pp. 41-81). Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Malina, R. M.; Bouchard, C. i 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. i Bar-Or, O. (2004c). Body Composition. A *Growth, maturation, and physical activity*. (pp. 101-119). Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Malina, R. M.; Bouchard, C. i 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. i Males, B. (2004). Some anthropologic factors of performance in rhythmic gymnastics novices. *Coll Antropol*, 28(2), 727-37.
- Muniesa, A.; Casajús, J. A. i 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. i 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. i 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. i 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. A J. Broekhoeff (Ed.), *Physical Education, Sports and the Sciences*. (pp. 284-304). Oregon: Microcard Publications.
- Ross, W. D. i Marfell-Jones, M. J. (1991). Kinanthropometry. A J. D. MacDougall, H. A. Wenger, i 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. i Major, J. A. (1995). Women's gymnastics

- tics: 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. i 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. i 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. i 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. i Hernández, M. (2004). Curvas y tablas de crecimiento: estudios longitudinal y transversal. In: Instituto de Investigación sobre Crecimiento y Desarrollo (ed). Bilbao: Fundación Faustino Orbegozo Eizaguirre.
- Tanner, J. M.; Whitehouse, R. H. i 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. i 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. i 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. i 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.