

# Talla, pes, somatotip i composició corporal en gimnastes d'elit espanyols des de la infància fins a l'edat adulta

ALFREDO IRURTIA AMIGÓ<sup>a</sup>, ALBERT BUSQUETS FACIABÉN<sup>a</sup>, MICHEL MARINA EVRARD<sup>a</sup>, PEDRO A. GALILEA BALLARINI<sup>b</sup> I MARTA CARRASCO MARGINET<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Departament de Rendiment Esportiu de l'Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya. Centre adscrit a la Universitat de Barcelona. Barcelona. Espanya.

<sup>b</sup>Departament de Fisiologia i Valoració Funcional de la Unitat de Ciències del Centre d'Alt Rendiment. Sant Cugat del Vallès. Barcelona. Espanya.

<sup>c</sup>Servei de Nutrició i Dietètica. Centre d'Estudis d'Alt Rendiment Esportiu. Esplugues de Llobregat. Barcelona. Espanya.

## RESUM

**Introducció i objectius:** L'objecte d'aquest estudi va ser caracteritzar, en el transcurs de l'edat, el comportament de la talla i el pes (7-25 anys), el somatotip i la composició corporal (12-18 anys), en gimnastes masculins d'elit.

**Mètodes:** d'acord amb un disseny mixt longitudinal es va analitzar de cadascuna de les variables següents: a) la seva evolució en el transcurs de l'edat, i b) les diferències en relació amb una mostra de referència. El somatotip es va analitzar mitjançant el mètode Heath-Carter, la massa grasa mitjançant la fórmula de Slaughter i la massa muscular mitjançant la fórmula de Poortmans.

**Resultats:** Els gimnastes són significativament més baixos i lleugers que la mostra de referència. A més, els millors gimnastes ho són encara més que la resta de companys d'entrenament, excepte els especialistes en terra i salt, en què el tren inferior és protagonista. El pic de creixement de la talla es produeix a l'edat de 14 anys, a la mateixa edat que en la mostra de referència. El 90% dels gimnastes es classifica en un perfil ectomesomòrfic. Tenen un percentatge de massa grasa significativament inferior al de la mostra de referència. El somatotip, la massa lliure de greix i el percentatge de massa muscular no descriuen increments significatius en el transcurs de l'edat.

**Conclusions:** Es conclou que els gimnastes espanyols mostren un patró de creixement, en les variables d'estudi analitzades (talla, pes, somatotip i composició corporal), que respon a la normalitat. Les principals diferències entre aquests i la mostra de referència es produeixen des de les primeres edats analitzades. Tots aquests factors suggereixen la implicació d'un procés de selecció, tant previ com el que comporta el mateix procés d'entrenament en el decurs dels anys, abans d'aconseguir l'elit esportiva.

**PARAULES CLAU:** Gimnastes. Creixement. Talla. Pes. Somatotip. Composició corporal. Mixt longitudinal.

## ABSTRACT

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

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

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

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

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

**Història de l'article:** Rebut l'11 de juliol de 2008 / Acceptat l'1 de gener de 2009.

**Com citar aquest article:** Irurtia Amigó A, Busquets Faciabén A, Marina Evrard M, Galilea Ballarini PA, Carrasco Marginet M. Talla, pes, somatotip i composició corporal en gimnastes d'elit espanyols des de la infància fins a l'edat adulta. *Apunts Med Esport.* 2009;161:18-28.

Treball elaborat amb el suport de la Secretaria General de l'Esport i el Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya.

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

## INTRODUCCIÓ

La gimnàstica artística masculina (GAM) és una especialitat olímpica, regulada per la Federació Internacional de Gimnàstica (FIG), que consta de 6 aparells competitiu: terra, cavall amb arcs, anelles, plataforma de salts, paral·leles i barra fixa. Tenint en compte les hores d'entrenament, la diversitat de continguts i les intensitats de pràctica, es pot considerar una de les especialitats esportives més exigents en edats pediàtriques, caracteritzades per una alta incidència evolutiva quant a factors de creixement, desenvolupament i maduració<sup>1</sup>.

Al contrari del que s'esdevé en gimnàstica artística femenina, els estudis que utilitzen la tècnica antropomètrica per analitzar determinades variables somàtiques en GAM són escassos<sup>2-13</sup>.

De tots, només hi ha un estudi sobre població gimnasta espanyola, de disseny mixt longitudinal i transversal, en què es reflecteix el creixement de la talla i el pes des dels 7 fins als 24 anys d'edat<sup>11</sup>. L'evolució d'altres paràmetres somàtics rellevants, com la composició corporal o el mateix somatotip, que tenen una importància especial en els processos de selecció de talents esportius<sup>14</sup>, és una anàlisi no efectuada en GAM.

L'especialització precoç del jove gimnasta convida al debat i a la reflexió sobre els possibles avantatges i inconvenients. Certes revisions de la bibliografia suggereixen que un entrenament intensiu en aquest esport podria condicionar negativament el creixement<sup>15</sup>, mentre que d'altres suggereixen cautela i aconsellen de continuar investigant utilitzant seguiments longitudinals i/o mixts longitudinals<sup>16</sup>.

Amb tot, hi ha diverses qüestions que cal resoldre: els gimnastes d'elit masculins ¿creixen i es desenvolupen de la mateixa manera que ho fa la població control? Paràmetres somàtics com la talla, el pes, el somatotip i la composició corporal ¿es mostren estables o bé s'observen canvis significatius en la seva evolució en el transcurs de l'edat?

Aquest estudi pretén:

- Descriure el comportament de les dimensions corporals (talla i pes), el somatotip i la composició corporal dels gimnastes espanyols en el transcurs de l'edat.
- Comparar aquests resultats amb els valors masculins de la mostra de referència.

## MÈTODES

### 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 (components endomorf, mesomorf, ectomorf) i composició corporal ( $\Sigma$  6 plecs, massa grassa [%MG], massa muscular [%MM] i massa lliure de greix [MLG]).

Per a l'anàlisi de la població espanyola de gimnastes masculins es van recollir dades de talla i pes a partir de dues fonts: *a*) valoracions del Departament de Fisiologia del Centre d'Alt Rendiment (CAR) de Sant Cugat del Vallès durant el període 1991-2003, i *b*) tesi doctoral<sup>17</sup> *Valoració, entrenament i evolució de la capacitat de salt en gimnàstica artística de competició*. Tant per al somatotip com per a la composició corporal, únicament es van analitzar les dades del Departament de Fisiologia del CAR.

### criteris d'inclusió

*a*) Per a la mostra transversal, ser gimnasta, home, de nacionalitat espanyola, amb nivell competitiu nacional o internacional, i *b*) per a la mostra mixta longitudinal, a més dels anteriors, tenir un seguiment mínim de 4 anys de cadascuna de les variables analitzades, amb una periodicitat d'un mesurament per any.

### Aspectes ètics

Es va respectar el compromís moral i ètic de la confidencialitat en l'ús de les dades recopilades en ambdues fonts i que configuren la mostra objecte d'estudi.

### Anàlisi comparativa

Per a l'anàlisi comparativa amb la mostra 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<sup>18</sup>, i *b*) per a la comparació del somatotip i la composició corporal, es va utilitzar un estudi mixt longitudinal ( $n = 1.902$ ) amb un seguiment des dels 7 fins als 16 anys<sup>19</sup>.

### Mostra

Es van analitzar 102 informes cineantropomètrics de gimnastes masculins, d'edats compreses entre els 7 i els 25 anys. L'alta especificitat de la mostra (que inclou campions nacionals, europeus, medallistes mundials i olímpics), com també l'ampli rang d'edats analitzades, van delimitar la grandària de la mostra a partir de les condicions següents (taula I).

### Instruments i procediments

Per fer cadascuna de les valoracions es van seguir les normes i tècniques de mesurament recomanades per l'International Working Group of Kinanthropometry, descrites per Ross i Marfell-Jones<sup>20</sup> i adoptades per la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) i pel Grupo Español de Cineantropometría (GREC).

Es va utilitzar el material antropomètric següent:

- Tallímetre telescòpic Seca 220<sup>®</sup> (rang de mesurament: 85-200 cm; precisió: 1 mm).
- Balança Seca 710<sup>®</sup>, prèviament calibrada (capacitat: 200 kg; precisió: 50 g).
- Cinta antropomètrica (precisió: 1 mm).
- Paquímetre o peu de rei (rang de mesurament: 0-250 mm; precisió: 1 mm).
- Lipòmetre Holtain<sup>®</sup> (rang de mesurament: 0-48 mm; precisió: 0,2 mm; pressió constant de 10 g/mm<sup>2</sup>).
- Antropòmetre (precisió 1 mm).
- Material complementari (banc de fusta d'altura coneguda per mesurar l'altura assegut; llapis dermogràfic per marcar l'individu, nivell per garantir la rectitud de l'antropòmetre).

Per a les variables de talla i pes es va calcular individualment la velocitat de creixement seguint les recomanacions de Mirwald<sup>21</sup>: l'increment anual, expressat en centímetres/any per a la talla i en quilograms/any per al pes. Com a pic de creixement es va considerar l'increment anual més gran de talla o pes. D'altra banda, es va calcular la diferència en el transcurs de l'edat entre els valors tipificats (valor Z) de la mostra de gimnastes i aquells amb millors resultats competitiu (finalistes europeus, mundials i olímpics: n = 6).

El càlcul del somatotip es va fer mitjançant el mètode d'Heath-Carter<sup>22,23</sup>. Es va determinar:

- El somatotip mitjà.
- Els tres components del somatotip per separat (endomorfi, mesomorfi, ectomorfi).
- La distància posicional somatotípica (SAM).

Aquest últim concepte, a partir d'una anàlisi tridimensional, es va utilitzar per determinar la distància entre un somatotip individual i el somatotip mitjà corresponent al seu grup d'edat. Com més alts són els valors, menor és l'homogeneïtat d'un grup. Per a aquest estudi es van determinar 3 nivells d'homogeneïtat, seguint les recomanacions de Carter<sup>24</sup>: distància elevada (SAM ≥ 1,0); distància moderada (SAM = 0,80-0,99), i distància reduïda (SAM ≤ 0,79).

Es van utilitzar dues somatocartes per mostrar: *a*) els valors individuals de la mostra de gimnastes, i *b*) el grau de superposició entre els somatotips mitjans de cadascuna 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 distància del somatotip (SDI). L'SDI és la mitjana de les distàncies de dispersió del somatotip del grup (SDD) en relació amb un somatotip mitjà. L'SDD és una anàlisi de tipus bidimensional que determina la distància entre dos somatotips ( $S_1$  i  $S_2$ ). La fórmula per determinar-lo és la següent<sup>25</sup>:

Equació 3: segons Ross i Wilson (1973).

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

On ( $X_1, Y_1$ ) i ( $X_2, Y_2$ ) representen les coordenades somatotípiques de dos individus.

Finalment, la fórmula per arribar a l'índex I<sup>26</sup>:

Equació 4: segons Ross (1976).

$$\text{Índex I} = \frac{\text{Àrea comuna de les 2 circumferències}}{\sum \text{Àrees no comunes}} \times 100$$

**Taula I**

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

	Talla (cm) Pes (kg)		Somatotip Composició corporal	
	$n_1$ ( $n_2$ )	Rang d'edat (anys)	$n_1$ ( $n_2$ )	Rang d'edat (anys)
Transversal	219 (102)	7-25	79 (39)	12-18
Mixt-longitudinal	82 (17)	11-25	61 (12)	12-18

Quan l'índex  $I = 100$ , els cercles són concèntrics i tenen un radi igual. Quan l'índex  $I = 0$ , ambdós cercles no tenen cap àrea en comú.

Per al càlcul de la composició corporal es va recórrer únicament al component gras (%MG i  $\Sigma$  6 plecs: tricípital, subescapular, suprailíac, abdominal, cuixa anterior i cama medial), al component muscular (%MM) i a l'MLG (kg). A causa de la no existència de fórmules validades per al càlcul de la composició corporal en joves gimnastes masculins, es van seguir les recomanacions de Claessens<sup>27</sup> aplicades a joves gimnastes femenines d'entre 6 i 17 anys d'edat. Aquests autors proposen la fórmula de Slaughter<sup>28</sup> per calcular la composició corporal en gimnastes (%MG i MLG). Així, en tractar-se d'homes, la fórmula que caldria aplicar seria, finalment:

Equació 1: segons Slaughter et al (1988).

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

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

El  $\Sigma$  6 plecs (mm) s'inclou com a mesurament directe d'MG, complementari al càlcul del %MG, i previ a l'error inherent de tota fórmula estimativa<sup>23</sup>.

Quant al %MM, es va utilitzar la recent proposta antropomètrica, validada mitjançant absorciometria dual fotònica de raigs X (DXA) per Poortmans<sup>29</sup> per calcular la totalitat de la massa muscular en la infància i l'adolescència ( $r^2 = 0,966$ ;  $p < 0,001$ ), que al seu torn està adaptada de la fórmula desenvolupada per Lee<sup>30</sup>.

Equació 2: segons Poortmans et al (2005).

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

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 i valor "1" per a homes; edat (anys).

Les valoracions antropomètriques, necessàries per al càlcul del somatotip i la composició corporal, les van fer 3 antropometristes experts. Com a criteri general, durant el temps en què es van fer els mesuraments (1991-2003), es van seguir les recomanacions de Ross y Marfell-Jones<sup>20</sup>, per les quals és vàlid un error tècnic de mesurament interavaluador i intraavaluador inferior al 5% per als plecs cutanis i menor del 2% per a la resta de mesuraments.

## Anàlisi estadística

La distribució normal de la mostra, en cadascuna de les variables d'anàlisi, es va confirmar per 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, i b) les diferències entre aquesta darrera i la mostra de referència. Malgrat la diferència de grandària de la mostra entre alguna de les edats, la prova de Levene va confirmar la igualtat de variàncies. Per comprovar les diferències entre edats de cadascuna de les variables analitzades en el grup de gimnastes, es va utilitzar l'anàlisi de la variància (ANOVA) d'un factor amb el test *post-hoc* de Tukey. L'anàlisi estadística es va dur a terme mitjançant el programa SPSS® 12.0 (Chicago, EUA). El nivell de significació es va establir en  $p \leq 0,05$ .

## RESULTATS

Les estadístiques descriptives d'edat cronològica, talla i pes es mostren a la taula II, mentre que en la taula III es presenten les del somatotip (components endomorf, mesomorf, ectomorf, SAM) i la composició corporal ( $\Sigma$  6 plecs, %MG, %MM, MLG).

En no observar diferències significatives ( $p > 0,05$ ) entre la mostra transversal i la mixta longitudinal en cap de les variables utilitzades en la mostra GAM, els resultats de la mostra transversal, en els rangs d'edat comuns a ambdues mostres, es van considerar canvis relacionats amb l'edat<sup>17</sup>.

## Talla i pes

Els valors mitjans de talla i pes en els gimnastes augmenten progressivament des dels  $7,2 \pm 0,3$  anys fins a començar a estabilitzar-se als  $19,1 \pm 0,3$  anys (talla:  $170,1 \pm 5$  cm; pes:  $64,2 \pm 4,3$  kg). Es troben diferències significatives ( $p \leq 0,05$ ) entre els  $12,1 \pm 0,4$  anys i els  $15,1 \pm 0,2$  anys per a la talla i entre els  $14,3 \pm 0,5$  i els  $16,1 \pm 0,3$  anys per al pes (fig. 1).

En totes les edats, el valor mitjà de la talla dels gimnastes és inferior al de la mostra de referència, però es troben diferències significatives entre els  $10,2 \pm 0,4$  i els  $12,1 \pm 0,4$  anys ( $p \leq 0,05$ ), i entre els  $14,3 \pm 0,5$  i els  $18,1 \pm 0,4$  anys ( $p \leq 0,001$ ). La tendència és semblant amb el pes, excepte entre la franja de  $9,1 \pm 0,4$  a  $12,1 \pm 0,4$  anys, tot observant-s'hi valors significativament inferiors ( $p \leq 0,05$ ) als de la mostra de referència (fig. 1).

Consultant les corbes de creixement de la mostra de referència<sup>18</sup>, s'observa que des dels  $7,2 \pm 0,3$  anys fins als  $13,2 \pm 0,5$

**Taula II**

Talla i pes dels gimnastes espanyols en el transcurs de l'edat. En ombrejat gris s'observa la transversalitat de la mostra en les quatre primeres edats (7-10 anys)

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

$\bar{X}$ : mitjana; DE: desviació estàndard; ombrejat gris: dades transversals.

**Taula III**

Somatotip i composició corporal dels gimnastes espanyols en el transcurs de l'edat

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

SAM: distància morfològica mitjana del somatotip;  $\Sigma$  6 plecs: ES (extremitat superior: tricipital, subescapular); TR (tronc: supraspinal, abdominal); EI (extremitat inferior: cuixa anterior, cama medial); MG: massa grassa; MM: massa muscular; MLG: massa lliure de greix;  $\bar{X}$ : mitjana; DE: desviació estàndard.

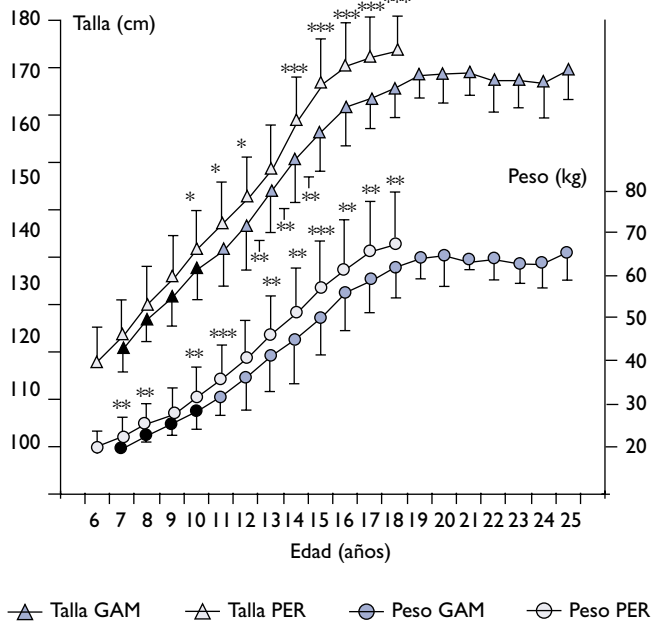
anys, la talla dels gimnastes se situa entre els percentils 25-50. Des dels 14,3  $\pm$  0,5 anys fins als 18,1  $\pm$  0,4 anys, aquesta variable se situa entre els percentils 10-25. Respecte del pes, durant tota la franja d'edat analitzada (7,2  $\pm$  0,3 fins a 18,1  $\pm$  0,4 anys), els gimnastes se situen entre els percentils 25-50.

La prova Z mostra que els millors gimnastes continuen sent

més baixos i lleugers que els valors mitjans corresponents als seus companys d'entrenament, sigui quina sigui l'edat. Cal assenyalar, però, el comportament del pes en el millor especialista de terra i plataforma de salts, que manté els seus valors per sobre de la mitjana dels seus companys en qualsevol de les edats representades (fig. 2).

**Figura 1**

Talla i pes dels gimnastes espanyols i la població espanyola de referència en el transcurs de l'edat. Diferències significatives entre edats i entre ambdues mostres per a una mateixa edat (\*:  $p \leq 0,05$ ; \*\*:  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*:  $p \leq 0,001$ ). En color negre, s'observa la transversalitat de la mostra en les quatre primeres edats de GAM (7-10 anys).

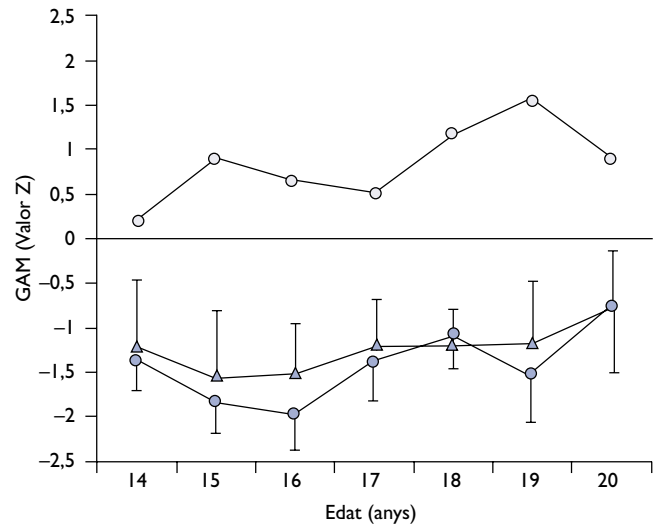


L'increment anual més gran en la talla dels gimnastes o pic de creixement (PCT) es produeix a l'edat de  $14,3 \pm 0,5$  anys ( $7,4 \pm 2,3$  cm/any), a la mateixa edat que en la mostra de referència ( $9,0 \pm 1,0$  cm/any). La magnitud de la diferència de PCT entre ambdues poblacions és significativa ( $p \leq 0,05$ ). En les edats prèvies al PCT, els gimnastes mantenen increments de talla sempre inferiors als de la població control. En canvi, és a partir dels  $16,1 \pm 0,3$  anys fins als  $18,1 \pm 0,4$  anys que els gimnastes mantenen un increment de talla significativament superior ( $p \leq 0,05$ ) al de la mostra de referència (fig. 3).

L'increment més gran de pes (PCP) s'esdevé als  $14,3 \pm 0,5$  anys ( $7,0 \pm 2,2$  kg/any), a la mateixa edat que en la mostra de referència ( $9,5$  kg/any). Cal assenyalar l'aparició d'un segon pic en la mostra de gimnastes a l'edat de  $17,1 \pm 0,4$  anys ( $5,5 \pm 1,8$  kg/any). En edats prèvies al PCP, els gimnastes mantenen increments de pes sempre inferiors als de la mostra de referència, ben al contrari que en edats posteriors ( $15,1 \pm 0,2$  anys fins als

**Figura 2**

Valors tipificats (valor Z) corresponents al valor mitjà de talla i pes de la mostra de gimnastes espanyols en el transcurs de l'edat (14-20 anys). Comparació amb els valors dels millors gimnastes de la mostra (medallistes olímpics i mundials).



- ▲ Talla (millors gimnastes masculins)
- Pes (millors gimnastes masculins)
- Pes (especialistes en sòl i salt)

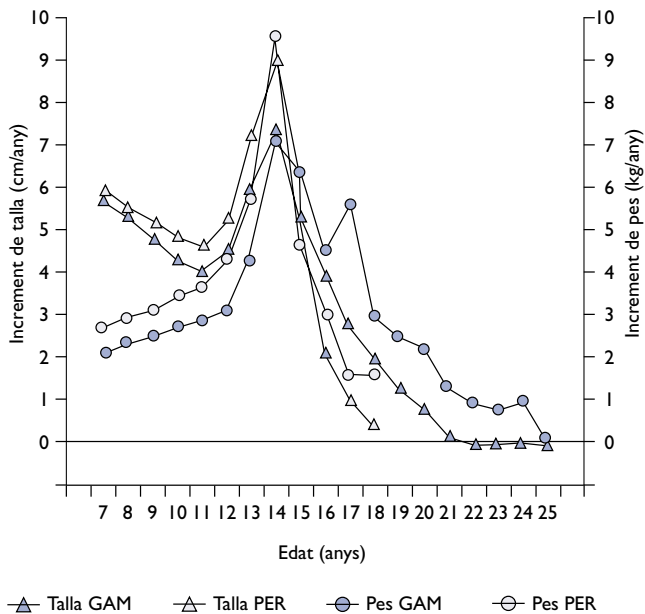
$18,1 \pm 0,4$  anys), en què els gimnastes tenen increments de pes superiors (fig. 3).

### Somatotip

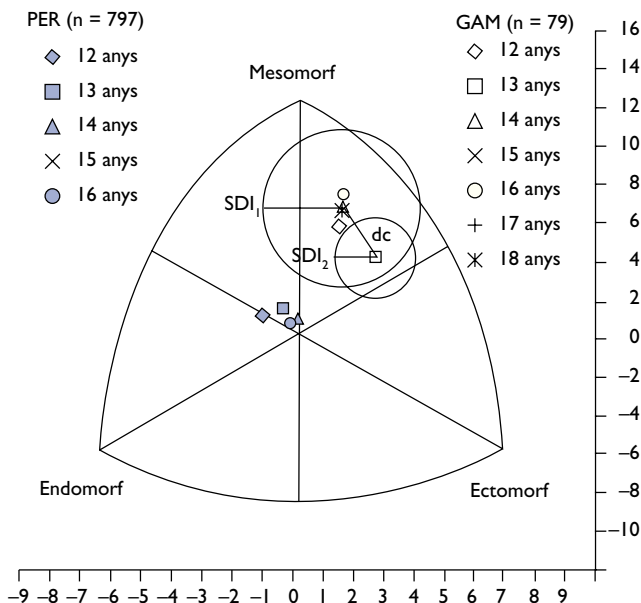
Tal com queda reflectit en la somatocarta (fig. 4), en el 90% dels casos, i de forma independent de l'edat, els somatotips individuals de la mostra de gimnastes es classifiquen en un perfil ectomesomòrfic. El 10% que resta es distribueix en perfils mesomorf ectomòrfics (4%), mesoectomòrfics (3%) i mesomorfs balancejats (3%).

Malgrat que la somatocarta mostra que el somatotip mitjà dels gimnastes als  $13,2 \pm 0,4$  anys tendeix cap a l'eix ectomòrfic (fig. 5), no s'han trobat diferències significatives entre cap de les edats representades ( $p > 0,05$ ). Si s'analitzen els components endomorf, mesomorf i ectomorf per separat, la manca de diferències significatives ( $p \leq 0,05$ ) indica l'alta estabilitat del somatotip dels gimnastes en el transcurs de l'edat.

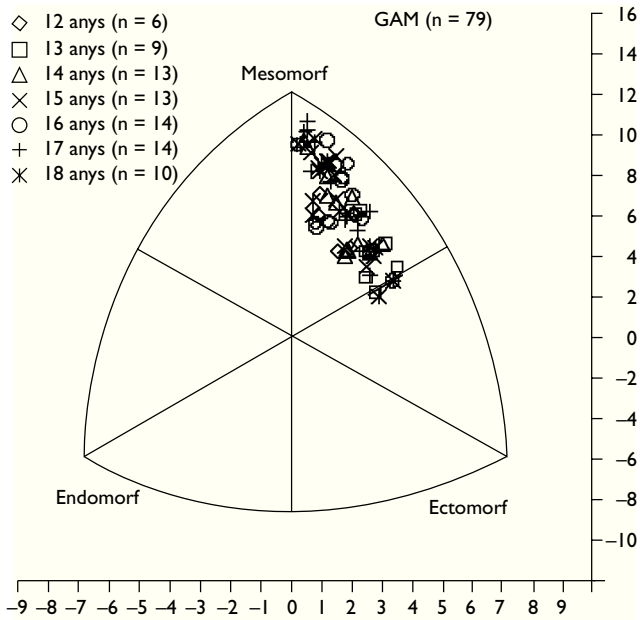
**Figura 3** Increment de talla (cm/any) i pes (kg/any) en el transcurs de l'edat dels gimnastes espanyols (GAM) i la mostra de referència (PER). En ombrejat gris, s'observa la transversalitat de la mostra en les quatre primeres edats de GAM (7-10 anys).



**Figura 5** Distribució per edats del somatotip mitjà dels gimnastes espanyols (GAM) i la mostra de referència (PER) en la somatocarta. Destaca, en GAM, l'índex I entre els 13 i 14 anys. L'SDI de cada somatotip mitjà correspon als radis respectius ( $SDI_1 = 3,5$ ;  $SDI_2 = 2,1$ ). La distància entre centres (dc) correspon a l'SDD entre ambdós somatopunts (dc = 3,3). Així, s'obté un índex I = 15,1.



**Figura 4** Distribució per edats del somatotip individual dels gimnastes espanyols en la somatocarta (n = 79).



Les diferències entre la distància de cada somatotip individual i el seu valor mitjà corresponent a cada edat (SAM) no són diferències significatives ( $p > 0,05$ ). El 41% dels casos se situa en valors d'elevada distància ( $SAM = 1,0$ ), el 21,3% en valors moderats ( $SAM = 0,80-0,99$ ) i el 37,7% en valors reduïts ( $SAM \leq 0,79$ ).

El càlcul de l'índex I entre anys consecutius indica un grau de dispersió elevat entre les primeres edats de la mostra ( $12,1 \pm 0,4$  anys i  $13,2 \pm 0,4$  anys, índex  $I = 10,1$ ;  $13,2 \pm 0,4$  i  $14,2 \pm 0,4$  anys, índex  $I = 15,1$ ). A partir d'aquí, la mitjana se situa en  $88,6 \pm 9,2$ . Els valors més baixos es registren entre els  $13,2 \pm 0,4$  anys i els  $16,1 \pm 0,3$  anys (índex  $I = 9,8$ ).

La mostra de referència presenta característiques endomesomòrfiques en totes les edats representades, excepte als  $12 \pm 0,5$  anys, en què són mesoendomòrfiques (fig. 5). En comparar ambdues mostres, en totes les edats es troben diferències significatives en els components mesomorf i endomorf ( $p \leq 0,001$ ), essent els gimnastes més mesomòrfics i menys endomòrfics que els altres.

## Composició corporal

El %MG de la mostra de gimnastes en relació amb la mostra de referència és significativament inferior ( $p \leq 0,001$ ) en totes les edats susceptibles de ser analitzades (12-16 anys).

En relació amb el comportament del %MG en el transcurs de l'edat, s'observa en els gimnastes una tendència a la reducció gradual d'aquest percentatge, malgrat que en cap cas les diferències són significatives ( $p > 0,05$ ).

Ni en l'MLG, ni en el %MM dels gimnastes, s'han trobat diferències significatives ( $p > 0,05$ ) en els seus respectius comportaments en el transcurs de l'edat. En comparar el pes de l'MLG entre els gimnastes i la mostra de referència, sempre s'observen valors inferiors dels primers, i de forma significativa ( $p \leq 0,01$ ) des dels 13 fins als 15 anys.

## DISCUSSIÓ

### Talla i pes

Els diversos estudis sobre la determinació de variables antropomètriques en GAM s'han centrat en un moment específic de la carrera dels gimnastes, generalment quan aquests han aconseguit l'elit esportiva<sup>12,13</sup>. Aquest estudi, a més d'incloure una franja d'edat considerablement més àmplia (7-25 anys), analitza aquestes variables per a cada franja d'edat.

Malgrat la limitació que suposa la transversalitat de la mostra en les primeres edats (7-10 anys), les dades mostren que els gimnastes espanyols són més baixos i lleugers que la mostra de referència des del principi fins al final de la franja d'edat estudiada. Les dades d'aquest estudi confirmen, a més, que els millors gimnastes són encara més baixos i lleugers que els seus companys. Aquestes dades vénen a ratificar la tendència dels darrers 25 anys, en què els gimnastes cada vegada són més joves, més baixos i més lleugers en comparació amb la mitjana de la població<sup>31</sup>.

La bibliografia ofereix diverses explicacions a aquest fet: des de la més que possible influència del component genètic, que explica l'estricta selecció inicial efectuat pels entrenadores, fins a l'exigent procés d'entrenament en el transcurs de l'edat<sup>10,32</sup>. Actualment no es discuteix que valors reduïts de talla i pes afavoreixen als gimnastes la realització de les exigències tècniques d'aquesta disciplina<sup>8,31</sup>.

L'excepció es troba en les característiques biotipològiques dels especialistes de terra i plataforma de salts, que recorda que la GAM és una especialitat esportiva que consta de 6 aparells, els quals reclamen als gimnastes diferents tipus d'aptituds i habilitats<sup>31</sup>. Els millors especialistes espanyols en aquests aparells

mostren en el transcurs de la seva edat valors de pes superiors a la resta dels seus companys, possiblement per una més gran massa muscular de les cames dels primers.

Les diferències significatives trobades a la talla dels gimnastes entre els  $12,1 \pm 0,4$  anys i els  $15,1 \pm 0,2$  anys s'emmarquen en la normalitat<sup>33</sup>. Tant en GAM com en la mostra de referència, el major increment d'altura es localitza als 14 anys. No obstant això, la magnitud d'aquest increment sempre és inferior en GAM (fig. 3). A partir d'aquesta edat, els gimnastes mantenen un ritme de creixement superior a la mostra de referència. Tanmateix Baxter-Jones<sup>16</sup> recomana prudència a l'hora d'interpretar aquest fenomen com una mesura de recuperació, ja que aquest potencial de creixement depèn en gran mesura de factors no controlats en l'actual estudi, com els factors genètics, hormonal, nutricionals i els vinculats a la càrrega de l'entrenament.

Quant al pes, cal assenyalar l'aparició de dos pics: el primer, localitzat als  $14,3 \pm 0,5$  anys, mostra un perfil de creixement semblant al patró estàndard ofert en la bibliografia<sup>33</sup>. El segon, als  $17,1 \pm 0,4$  anys, podria venir donat pel desenvolupament muscular provocat pel mateix procés d'entrenament, tot i que no ho puguem afirmar, ja que les dades en relació amb la composició corporal no mostren diferències significatives.

### Somatotip

La valoració i el control dels 3 components del somatotip són particularment interessants per als esportistes. Els gimnastes tenen un somatotip mesomorf balancejat i ectomesomorf, tot confirmant-se una possible associació entre el component mesomorf i el rendiment esportiu<sup>8</sup>. Igualment, es poden evidenciar diferències del somatotip en funció de la seva especialitat en un aparell o bé un altre, i del seu nivell esportiu<sup>6</sup>.

El perfil evolutiu del somatotip dels gimnastes espanyols presenta un patró normal en relació amb subjectes homes. Des de la infància a l'adolescència, els canvis observats en cadascun dels components del somatotip són reduïts: l'endomorfisme tendeix a disminuir i els components mesomòrfic i ectomòrfic augmenten. Un cop assolit el final de l'adolescència, el mesomorfisme continua augmentant fins als seus valors màxims (18 anys) i es produeix un descens gradual de l'ectomorfisme fins a arribar a l'edat adulta. L'endomorfisme, però, és molt variable<sup>34</sup>.

El somatotip dels gimnastes espanyols ratifica l'estabilitat d'aquest en el transcurs de l'edat, i se situa sempre al perfil ectomesomòrfic. La lleu tendència cap a l'ectomorfisme a l'edat de 13 anys podria venir pels efectes propis del creixement<sup>34</sup>, o



bé per les limitacions pròpies de l'estudi, sense un disseny longitudinal pur i amb una grandària de la mostra certament escassa en alguna de les franges d'edat analitzades.

L'índex I confirma el que s'ha afirmat anteriorment, tot descrivint una elevada superposició entre els somatopunts que corresponen a l'adolescència ( $14,3 \pm 0,5$  fins a  $18,1 \pm 0,4$  anys) i una major distància en la franja d'edats prèvia. Aquestes dades coincideixen amb els estudis realitzats amb esportistes olímpics, en què s'observa que en l'esport d'elit hi ha un determinat somatotip patró per a cada modalitat esportiva i que aquest patró, a mesura que augmenta el nivell de l'elit mundial, és més restringit<sup>35</sup>.

De la mateixa manera que s'esdevé amb la talla i el pes, les diferències del somatotip entre els gimnastes i la mostra de referència es verifiquen des d'edats primerenques i es mantenen fins a arribar a l'edat adulta. La constatació anterior suggereix que el component genètic i la selecció prèvia, combinades posteriorment amb una alta exigència d'entrenament, podrien potenciar les característiques somatotípiques necessàries per a l'èxit en gimnàstica artística<sup>6</sup>. En aquest mateix sentit, convé advertir que, malgrat la dificultat que suposa la modificació del somatotip mitjançant un determinat tipus d'entrenament durant la infància i l'adolescència, podrien donar-se certs casos, com en la gimnàstica artística –en què s'hipertrofen significativament braços i tronc–, en què això sí que seria possible<sup>36</sup>.

### Composició corporal

Els indicadors més utilitzats pels entrenadores són el percentatge gras i muscular. Amb l'entrenament regular es produeix una disminució del component gras, tot augmentant la massa muscular, i habitualment amb un augment associat del pes corporal<sup>36</sup>.

En el GAM, el component gras, expressat en aquest estudi mitjançant valors percentuals i  $\Sigma$  6 plecs, és més baix que el de la mostra de referència, i el seu percentatge muscular és més alt<sup>5</sup>. Els gimnastes de l'estudi tenen uns percentatges grassos molt reduïts, que confirmen una vegada més les asseveracions i les dades publicades per altres autors<sup>5,37</sup>.

Malgrat no trobar-se diferències significatives, s'observa una tendència a la disminució gradual del percentatge gras i  $\Sigma$  6 plecs en tota la franja d'edat analitzada ( $12,1 \pm 0,4$  fins a  $18,1 \pm 0,4$  anys). Aquesta evolució varia lleument en relació amb la del perfil normal de desenvolupament, en què el percentatge gras en homes minva fins als 16 anys, per incrementar-

se gradualment a partir d'aquesta edat<sup>38</sup>. Respecte del  $\Sigma$  6 plecs i la seva distribució per zones corporals, els gimnastes mostren novament un patró de creixement diferenciat. En la població masculina no esportista, el  $\Sigma$  6 plecs es manté estable durant la infància, i varia a partir de l'adolescència mitjançant una acumulació gradual de massa de greix al tronc i per contra una disminució a les extremitats<sup>36</sup>. La comparació amb altres estudis en GAM resulta difícil, principalment per la no aportació de dades, o bé per no fer aquest  $\Sigma$  amb els mateixos plecs<sup>5,10</sup>.

El component muscular es mostra estable en el transcurs de l'edat, fet que coincideix amb l'estabilitat del somatotip (taula III). No s'han trobat estudis de gimnastes que analitzin l'evolució del component muscular en edats pediàtriques. En la mostra de referència s'han trobat valors de massa lliure de greix superiors als de GAM, fet que es considera normal a causa d'un pes total més gran i la dimensionalitat dels subjectes que configuren la mostra de referència.

### CONCLUSIONS

Els gimnastes espanyols mostren un patró de creixement, en les variables d'estudi analitzades (talla, pes, somatotip i composició corporal), que respon a la normalitat. No obstant això, hi ha certes característiques que s'han d'esmentar:

- Els gimnastes, ja des de les primeres edats, sempre són més baixos i lleugers que la mostra de referència. Hi ha excepcions en alguns aparells com el de terra i el salt, en què el tren inferior és el protagonista.
- La velocitat de creixement dels gimnastes, malgrat ser més lenta que la de la mostra de referència en les edats prèvies al pic de creixement, augmenta a les edats posteriors.
- El somatotip i la composició corporal dels gimnastes es mostra estable en el decurs de la franja d'edat analitzada. Novament, les diferències entre la mostra de referència i aquests, es fan paleses des de les primeres edats.

Tots aquests factors suggereixen un procés de selecció; tant previ com el que el mateix procés d'entrenament comporta en el transcurs dels anys. Finalment, factors no controlats en aquest estudi no permeten formular més valoracions i han d'esperonar a seguir investigant sobre els processos de creixement, maduració i desenvolupament dels joves gimnastes en el seu camí vers l'elit esportiva.

## Bibliografia

1. Leglise M. Age and competitive gymnastics. *FIG World of Gymnastics*. 1992;3:23
2. Carter J, Sleet DA, Martin GN. Somatotypes of male gymnasts. *J Sports Med Phys Fitness*. 1971;11:162-71.
3. LeVeau B, Ward T, Nelson RC. Body dimensions of Japanese and American gymnasts. *Med Sci Sports Exerc*. 1974;6:146-50.
4. Caldarone G, Leglise M, Giampietro M, Berlutti G. Anthropometric measurements, body composition, biological maturation and growth predictions in young male gymnasts of high agnostic level. *J Sports Med Phys Fitness*. 1986;26:406-15.
5. Faria IE, Faria EW. Relationship of the anthropometric and physical characteristics of male junior gymnasts to performance. *J Sports Med Phys Fitness*. 1989;29:369-78.
6. Claessens AL, Veer FM, Stijnen V, Lefevre J, Maes H, Steens G, et al. Anthropometric characteristics of outstanding male and female gymnasts. *J Sports Sci*. 1991;9:53-74.
7. Gualdi-Russo E, Gruppioni G, Guerresi P, Belcastro MG, Marchesini V. Skinfolts and body composition of sports participants. *J Sports Med Phys Fitness*. 1992;32:303-13.
8. Gualdi-Russo E, Graziani I. Anthropometric somatotype of Italian sport participants. *J Sports Med Phys Fitness*. 1993;33:282-91.
9. Daly RM, Rich PA, Klein R, Bass SL. Short stature in competitive prepubertal and early pubertal male gymnasts: the result of selection bias or intense training? *J Pediatr*. 2000;137:510-6.
10. Damsgaard R, Bencke J, Matthiesen G, Petersen JH, Muller J. Body proportions, body composition and pubertal development of children in competitive sports. *Scand J Med Sci Sports*. 2001; 11:54-60.
11. Marina M, Rodríguez FA. Age-related changes in dynamic strength as indicated by vertical jumping capacity in gymnasts. En: Mester J, King G, Strüder H, Tsolakidis E, Osterburg A, editors. *Perspectives and profiles of 6th ECSS Congress*. Cologne, Germany: German Society of Sport Science; 2001.
12. Gurd B, Klentrou P. Physical and pubertal development in young male gymnasts. *J Appl Physiol*. 2003;95:1011-5.
13. Georgopoulos NA, Theodoropoulou A, Leglise M, Vagenakis AG, Markou KB. Growth and skeletal maturation in male and female artistic gymnasts. *J Clin Endocrinol Metab*. 2004;89:4377-82.
14. Reilly T, Williams AM, Nevill A, Franks A. A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *J Sports Sci*. 2000; 18:695-702.
15. Caine D, Bass SL, Daly R. Does elite competition inhibit growth and delay maturation in some gymnasts? Quite possibly. *Pediatric Exercise Science*. 2003;15:360-72.
16. Baxter-Jones AD, Maffulli N, Mirwald RL. Does elite competition inhibit growth and delay maturation in some gymnasts? Probably not. *Pediatric Exercise Science*. 2003;15:373-82.
17. Marina M. Valoración, entrenamiento y evolución de la capacidad de salto en gimnasia artística de competición. Tesis doctoral. Barcelona: Universidad de Barcelona; 2003.
18. Sobradillo B, Aguirre A, Aresti U, Bilbao A, Fernández Ramos C, Lizárraga A, et al. Curvas y tablas de crecimiento: estudios longitudinal y transversal. Bilbao: Instituto de Investigación sobre Crecimiento y Desarrollo. Fundación Faustino Orbegoza Eizaguirre; 2004.
19. Muniesa A, Casajús JA, Terreros JL. Valoración antropométrica y funcional de niños deportistas aragoneses. Zaragoza: Diputación General de Aragón. Servicio de Publicaciones; 2004.
20. Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinanthropometry. En: MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ, editors. *Physiological testing of elite athlete*. London: Human Kinetics; 1991. p. 223-308.
21. Mirwald RL, Baxter-Jones AD, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34:689-94.
22. Heath BH, Carter JEL. A modified somatotype method. *Am J Phys Anthr*. 1967;27:57-74.
23. Carter J. *The Heath-Carter somatotype method*. San Diego: San Diego University; 1975.
24. Carter J, Mirwald RL, Heath-Roll BH, Bailey DA. Somatotypes of 7- to 16-year-old boys in Saskatchewan, Canada. *Am J Human Biol*. 1997;9:257-72.
25. Ross WD, Wilson NC. A somatotype dispersion distance. *Res Quart*. 1973;44:372-4.
26. Ross WD. Metaphorical models in the study of human shape and proportionality. En: Broekhoff J, editor. *Physical education, sports and the sciences*. Oregon: Microcard Publications; 1976. p. 284-304.
27. Claessens AL, Delbroek W, Lefevre J. The use of different prediction equations for the assessment of body composition in young female gymnasts. Is there a best equations? En: Jürimäe T, Hills AP, editors. *Body composition assessment in children and adolescents*. Basel (Suiza): Karger; 2001. p. 139-54.
28. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan M, et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol*. 1988;60:709-23.
29. Poortmans JR, Boisseau N, Moraine JJ, Moreno-Reyes R, Goldman S. Estimation of total-body skeletal muscle mass in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37:316-22.
30. Lee RC, Wang Z, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield SB. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr*. 2000;72:796-803.
31. Jemni M, Friemel F, Sands W, Mikesky A. Evolution of the physiological profile of gymnasts over the past 40 years. A review of the literature. *Can J Appl Physiol*. 2001;26:442-56.

32. Bass S, Bradney M, Pearce G, Hendrich E, Inge K, Stuckey S, et al. Short stature and delayed puberty in gymnasts: influence of selection bias on leg length and the duration of training on trunk length. *J Pediatr.* 2000;136:149-55.
33. Tanner JM, Whitehouse RH, Takaishi M. Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965. Part I. *Arch Dis Child.* 1966;41:454-71.
34. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Development of physique. En: Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O, editors. *Growth, maturation, and physical activity.* Champaign, Illinois: Human Kinetics; 2004. p. 83-100.
35. Carter J. Somatotypes of olympic athletes from 1948 to 1976. En: Carter J, editor. *Physical structure of Olympic athletes.* Basel: Karger; 1984. p. 80-119.
36. Malina RM. Growth and maturation: normal variation and effect of training. En: Gisolfi CV, Lamb RD, editors. *Perspectives in exercise science and sports medicine.* Indianapolis: Benchmark; 1989. p. 223-72.
37. Caldarone G, Giampetro M, Berlutic G, Leglise M, Giastella G, Mularoni M. Caractéristiques morphologiques et biotype des gymnastes. En: Petitto B, Salmela JH, Hoshizaki TB, editors. *World identification systems for gymnastics talent.* Montreal: Sport Psyche Editions; 1987. p. 62-7.
38. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Body composition. En: Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O, editors. *Growth, maturation, and physical activity.* Champaign, Illinois: Human Kinetics; 2004. p. 101-19.