

# Perfil antropométrico del gimnasta desde la infancia hasta la madurez deportiva: reporte de 2 casos

Alicia S. Canda

Centro de Medicina del Deporte. Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte.

**Recibido:** 10.09.2015

**Aceptado:** 08.03.2016

## Resumen

**Introducción:** El objetivo del trabajo fue establecer la evolución del perfil antropométrico del gimnasta desde la categoría infantil hasta la senior, determinando tanto los efectos del crecimiento y maduración como los del entrenamiento de alta intensidad.

**Material y métodos:** Se realizó un estudio longitudinal retrospectivo a dos varones practicantes de gimnasia artística que competían a nivel internacional. El protocolo incluyó: peso, talla, talla sentado, envergadura, nueve diámetros óseos, once perímetros corporales y ocho pliegues cutáneos. La técnica antropométrica siguió las directrices de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría. Se determinaron sus características antropométricas generales, la composición corporal (porcentaje de grasa estimado por la ecuación de Withers) y la proporcionalidad (puntuación-z mediante el método del Phantom de Ross y Wilson) de las variables estudiadas en los nueve controles realizados desde los 14 años hasta los 22 años.

**Resultados:** La estatura adulta no se afectó por el entrenamiento intensivo, permaneciendo en su canal percentilar. La ganancia de peso de los gimnastas fue de 22,9 kg y 15,7 kg respectivamente; con un incremento del componente magro en relación a la talla ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), entre el primer y el último control, del 28 % y 19% respectivamente. La evolución del perfil de pliegues refleja un cambio en la distribución de la grasa subcutánea con pérdida en la extremidad inferior y ganancia en la zona escapular del tronco. Se constata la gran adaptación del sistema músculo-esquelético fundamentalmente a nivel del tren superior (hombros, tórax y brazos) y de forma más marcada hasta los 17- 18 años, aunque cada deportista de los estudiados tiene su propio ritmo biológico que marca pequeñas diferencias en el patrón evolutivo.

**Conclusiones:** Al final de la categoría infantil el gimnasta tiene el perfil antropométrico que le caracteriza debido a su especialización temprana el cual se va acentuando hasta la categoría senior.

## Palabras clave:

Gimnasia. Crecimiento.  
Composición corporal.  
Proporcionalidad.

## Anthropometric profile of gymnast from childhood to maturity sport: report of 2 cases

### Summary

**Introduction:** The aim of the present study was to establish longitudinal anthropometric profile of two gymnasts from infantile category to senior category, and determining the effects of both growth and maturation as well as of high intensity training.

**Material and methods:** We have carried out a retrospective longitudinal study of two caucasian males that competed at international level in artistic gymnastics. The protocol included 32 variables: weight, height, sitting height, arm span, nine breadths, eleven girths and eight skinfolds. The procedures followed the International Society for the Advancement of Kinanthropometry guidelines. Their general anthropometric characteristics, body composition (percentage of body fat according to the equation of Withers) and proportionality (z-score applying Ross and Wilson Phantom-strategy) of anthropometric variables were determined from nine medical check-ups from age 14 years to 22 years.

**Results:** Adult height is not affected by training intensity, with the athletes remaining in their percentile growth curve throughout the study. The gains of body mass in the gymnasts were 22.9 and 15.7 kg, with increase in lean tissue mass in relation to height ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), between the first and the last control, of 28% and 19%, respectively. The evolution of the skinfold profile reflects a change in the subcutaneous fat patterning with loss in lower limbs and increase in subscapular zone of trunk. The great adaptation of the musculoskeletal structure occurred primarily in the upper body (shoulders, chest and arms) and was more pronounced up to ages 17 to 18, although each athlete differed somewhat in their own biological rhythms.

**Conclusions:** At the end of the infantile category, the gymnast had the anthropometric profile which characterized the early gymnastic specialization and this continues to be accentuated up to the senior category.

## Key words:

Gymnasts. Growth.  
Body composition.  
Proportionality.

**Correspondencia:** Alicia Canda

E-mail: alicia.canda@aeapsad.gob.es

## Introducción

Algunas modalidades deportivas requieren de una especialización temprana y de entrenamientos intensos durante el periodo de crecimiento y maduración. Esto conlleva que la selección y detección de los talentos para estos deportes se inicie durante la niñez y por otro lado se presenta la duda de si esta actividad física intensa tendrá un efecto negativo sobre el desarrollo integral del niño<sup>1-5</sup>. Uno de los deportes de estas características es la gimnasia artística, en el que se ha asociado la baja estatura y la pubertad retrasada con el entrenamiento<sup>6-10</sup>. Malina *et al.*<sup>11</sup> tras un metaanálisis concluyeron que no se ven afectadas la talla adulta ni las longitudes de los segmentos corporales. Tampoco hallaron evidencia de alteraciones en el desarrollo puberal, salvo un retraso de la menarquia en mujeres adolescentes, si bien indican que son necesarios más análisis de tipo longitudinal para evaluar correctamente los potenciales efectos del entrenamiento.

La gimnasia artística es uno de los deportes más exigentes debido a las altas demandas de flexibilidad, equilibrio, coordinación, fuerza, potencia, resistencia, talento artístico y elevada capacidad técnica, necesitando una media de diez años de entrenamiento para conseguir resultados deportivos óptimos<sup>12-13</sup>.

Las características morfológicas constituyen una de las variables predictivas en la selección de talentos. El perfil del gimnasta se ha descrito como de baja estatura con menor la longitud miembro inferior, mínimo tejido adiposo subcutáneo, mayor desarrollo musculoesquelético en la parte superior del cuerpo, brazos largos, pelvis estrecha y alta mesomorfia<sup>6,7,13-20</sup>.

El objetivo del trabajo es establecer la evolución del perfil antropométrico a lo largo de la vida deportiva de dos gimnastas de élite desde la categoría infantil a la categoría senior, resultado tanto del desarrollo y crecimiento de la etapa puberal como del entrenamiento de alta intensidad y contrastarlo con las referencias de la población general y las específicas de su deporte.

## Material y método

Se realizó un estudio descriptivo, longitudinal y retrospectivo de los perfiles antropométricos pertenecientes a 2 varones caucásicos (GIMN1 y GIMN2), practicantes de gimnasia artística seguidos durante un periodo 9 años, desde la edad de 14 años (categoría infantil) hasta la edad de los 22 años (categoría senior). Los deportistas fueron integrantes de las categorías infantil, juvenil, junior y senior, habiendo participado en campeonatos nacionales e internacionales.

El primer control, se les realizó en su último año de la categoría infantil, entrenando 3 a 6 horas al día durante 5 a 6 días a la semana; con una práctica deportiva de 7 a 9 años. Posteriormente el seguimiento fue anual, con entrenamientos de 6 horas al día durante los 6 días a la semana.

El material utilizado: báscula (Seca), precisión 0,1 kg; estadiómetro (Holtain), precisión 1 mm; antropómetros (GPM), precisión 1 mm; paquímetro (Holtain), precisión 1 mm; plicómetro (Holtain), precisión 0,2 mm; cinta antropométrica (Rosscraft), precisión 1 mm. El mismo técnico, acreditado como Nivel III por la ISAK (Sociedad Internacional

para el Avance en Antropometría) realizó las medidas siguiendo las recomendaciones de esta Sociedad científica<sup>21</sup>, excepto en los perímetros de hombros y muslo medio<sup>22</sup>. El perímetro de hombros se midió a nivel de la máxima prominencia del músculo deltoides e inferior a cada acromion; el perímetro de muslo medio, al mismo nivel donde se toma el pliegue cutáneo de muslo anterior, en el punto medio entre el pliegue inguinal y el borde superior de la rótula.

El protocolo antropométrico incluyó: peso; estatura; envergadura; talla sentado; diámetros biacromial, biiliocrestal, bitrocantéreo, transverso de tórax, antero-posterior de tórax, biepicondileo de húmero, biestiloideo de muñeca, bicondíleo de fémur, bimaleolar de tobillo; perímetros corporales cuello, hombros, tórax, cintura (perímetro abdominal mínimo), cadera, brazo relajado, antebrazo, muslo superior (a 1 cm del pliegue glúteo), muslo medio, pierna y tobillo; y pliegues cutáneos, cresta iliaca, supraespinal, abdominal, subescapular, bíceps, tríceps, muslo anterior y pierna medial. Los pliegues cutáneos fueron tomados en el lado derecho dando el valor medio de tres mediciones, descartándose previamente las claramente erróneas, por superar el error técnico de medición.

El estudio de la composición corporal se realizó mediante el perfil de pliegues, sumatorio de ocho pliegues cutáneos; índice de masa corporal (IMC, kg/m<sup>2</sup>); porcentaje de grasa (% Grasa), estimando primero la densidad corporal por Withers *et al.* ( $DC = 1,0988 - 0,0004 * (\text{tríceps} + \text{subescapular} + \text{bíceps} + \text{supraespinal} + \text{abdominal} + \text{muslo anterior} + \text{pierna medial}, \text{ en mm})$ ) y posteriormente por la ecuación de Siri, 1961 ( $\% \text{grasa} = ((4,95 / DC \text{ Withers}) - 4,5) * 100$ )<sup>23</sup>; e índice de masa magra (IMM, kg/m<sup>2</sup>), componente magro (peso corporal menos peso grasa) en relación al cuadrado de la talla. También se calcularon las áreas musculares transversales (CSA), cm<sup>2</sup>, a nivel del brazo, muslo y pierna, según Heymsfield, 1982<sup>24</sup>.

Para el cálculo de los percentiles respecto a la población general se utilizaron los recomendados por Estudios Españoles de Crecimiento de Carrascosa *et al.*<sup>25</sup> La valoración del grado de madurez de los gimnastas se estimó retrospectivamente mediante el estudio de la evolución de la talla: velocidad de crecimiento (cm/año), porcentaje alcanzado en cada control respecto a la talla adulta final, y edad en la que esta se alcanza, comparando estos datos con las referencias descritas por Ferrández *et al.*<sup>26</sup> en las que caracterizan a los maduradores puberales en cinco grupos (muy temprano, temprano, intermedio, tardío y muy tardío).

Para el análisis de la proporcionalidad se calcularon los índices: envergadura relativa (envergadura/talla), y talla sentado relativa (talla sentado/talla). Y siguiendo el método de proporcionalidad de Ross y Wilson, 1974<sup>27</sup>, se tipificaron las variables de diámetros y perímetros, calculándose la puntuación-z del Phantom.

Los deportistas firmaron un consentimiento informado para la utilización de sus datos con fines de investigación mientras se mantuviera la confidencialidad y el trabajo se realizó siguiendo las normas éticas de la Declaración de Helsinki.

## Resultados

Las características antropométricas generales y de composición corporal se muestran en la Tabla 1. El aumento del peso corporal desde

**Tabla 1. Variables antropométricas generales y de composición corporal.**

<b>Gimnasta 1</b>									
Edad (años)	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Peso (kg)	45	48,3	54,8	58,1	61,5	63,6	64,7	63,6	67,9
Talla (cm)	155	159,1	164,3	166,8	167,6	168,0	168,1	168,4	169,2
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	18,7	19,1	20,3	20,9	21,9	22,5	22,9	22,4	23,7
Envergadura (cm)	164,2	169,9	176,4	180,1	180,1	180	180,2	180,1	180,4
Talla Sentado (cm)	78,3	80,3	84,9	86,8	87,4	88,4	88,2	88,5	88,2
Envergadura/talla	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,07	1,07	1,07	1,07
Talla sentado/talla	50,5	50,5	51,7	52	52,2	52,6	52,5	52,6	52,1
Sum 8 P (mm)	46,3	40,9	42,4	43,5	46,3	45,7	44,5	40,8	40,2
% Grasa	6,7	6,3	6,6	6,8	7,2	7	6,8	6,3	6,2
IMM (kg/m <sup>2</sup> )	17,42	17,88	18,96	19,47	20,32	20,95	21,33	21,01	22,25
<b>Gimnasta 2</b>									
Edad (años)	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Peso (kg)	54,2	62,7	66	68,5	70,8	68,7	70,3	71,5	69,9
Talla (cm)	163,4	168,5	169,9	170,0	170,3	170,6	170,7	170,6	170,7
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	20,3	22,1	22,9	23,7	24,4	23,6	24,1	24,6	24
Envergadura (cm)	170,5	177,9	180,3	180,9	181,1	181,1	181,3	181,2	181,4
Talla Sentado (cm)	82,8	86,3	88,1	88,2	89,2	88,7	89,1	88,3	88,6
Envergadura/talla	1,04	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Talla sentado/talla	50,7	51,2	51,8	51,9	52,4	52	52,2	51,8	51,9
Sum 8 P (mm)	49,8	45,9	41,9	47,3	45,2	42,5	47,4	44,4	44,9
% Grasa	7,8	7,2	6,5	7,3	7	6,6	7,3	6,9	6,9
IMM (kg/m <sup>2</sup> )	18,72	20,50	21,37	21,96	22,71	22,04	22,37	22,88	22,34

SUM 8 P: sumatorio de 8 pliegues cutáneos (cresta iliaca, supraespinal, abdominal, subescapular, bíceps, muslo anterior y pierna medial). % Grasa respecto al peso corporal total estimada por la ecuación de Withers *et al.*<sup>23</sup> IMM: índice de masa magra: peso magro (peso corporal – peso graso) dividido por la talla en kg/m<sup>2</sup>.

el primer al último control fue de 22,9 y de 15,7 kg, y el de la talla fue 14,2 y 7,3 cm respectivamente en cada gimnasta. El GIMN1 mantiene su peso corporal entre los percentiles 15-20, la talla en percentil 10 y el IMC en percentil 20. En el GIMN2 el peso se sitúa entre percentiles 30-50, la talla al principio está próxima al percentil 50 y baja al percentil 15 a los 18 años; el IMC oscila entre percentil 20-25. En la Tabla 2 se recoge la velocidad de crecimiento (cm/año) de la estatura registrada en los sucesivos controles y el porcentaje que representa la talla alcanzada respecto a la talla adulta final. La velocidad de crecimiento (cm/año) en el GIMN1 está entre percentiles 60-70 y en el GIMN2 entre percentiles 20-40. El perímetro de brazo en el GIMN1 tiene un aumento acentuado pasando de un percentil 60 a los 14 años (25,4 cm) al percentil 95 a los 18 años (32,1 cm). Mientras que en el GIMN2 el perímetro de brazo pasa del percentil 90 (28,1 cm) al 99,9 (35,7 cm). El pliegue tricipital, en el GIMN1 osciló entre percentiles 10-20 (6,6 – 6,4 mm) y en el GIMN2 entre percentiles 10-15 (5,2 – 4,7 mm) en relación a la población de referencia española de 14 y 18 años.

En ambos gimnastas a los 22 años, el peso corporal e índice de masa corporal están en un rango intermedio, mientras que su talla adulta se sitúa en el percentil 10 y percentil 15 respectivamente.

La envergadura superó a la talla en todos los controles, y fue aumentando la diferencia hasta los 17 años, manteniéndose posteriormente estable. La talla sentado aumento en el GIMN1 hasta los 19 años y en el

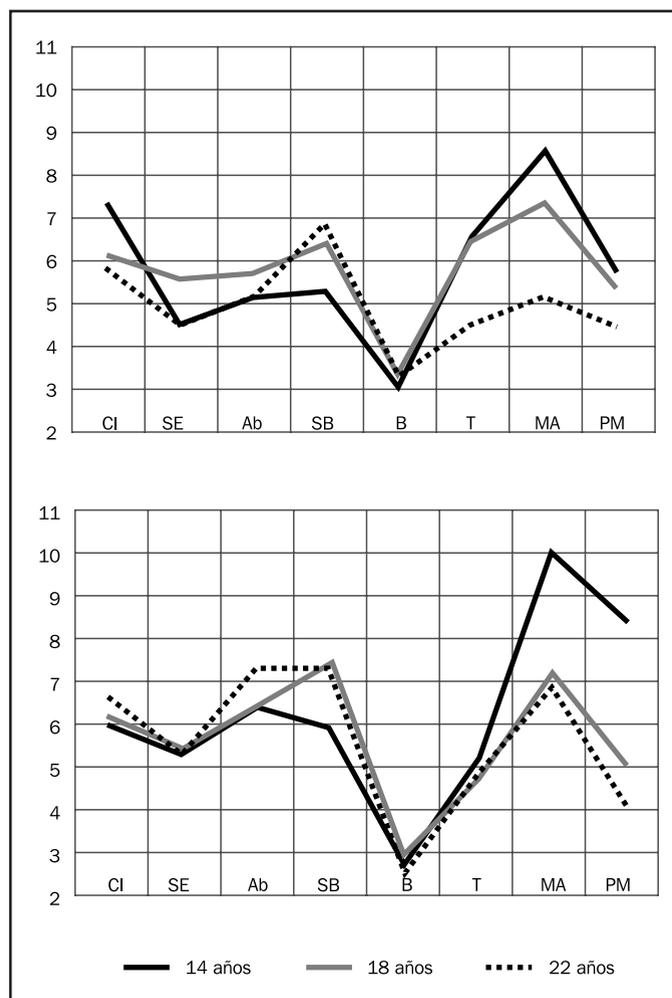
**Tabla 2. Estudio evolutivo de la estatura de los gimnastas.**

Control	Velocidad de crecimiento (cm/año)		% Talla adulta alcanzada	
	GIMN 1	GIMN2	GIMN 1	GIMN2
14 años			91,61	95,72
15 años	6,83	4,64	94,03	98,71
16 años	4,73	1,27	97,10	99,53
17 años	1,92	0,10	98,58	99,59
18 años	0,73	0,30	99,05	99,77
19 años	0,44	0,30	99,29	99,94
20 años	0,10	0,11	99,35	100,00
21 años	0,30	-0,09	99,53	99,94
22 años	0,80	0,11	Talla final	Talla final

GIMN 1: gimnasta 1; GIMN 2: gimnasta 2. Se considera que se alcanza la estatura adulta cuando el cambio no supera 0,5 cm entre dos controles consecutivo 6-12 meses<sup>26</sup>.

GIMN2 hasta los 18 años. En relación a los percentiles la talla sentada de ambos gimnastas se situaba en percentiles bajos, cercanos al percentil 5, aumentado progresivamente hasta situarse en un rango medio, percentil 60 y 25 a los 19 años.

Figura 1. Evolución del perfil de pliegues. Gimnasta 1 y 2.



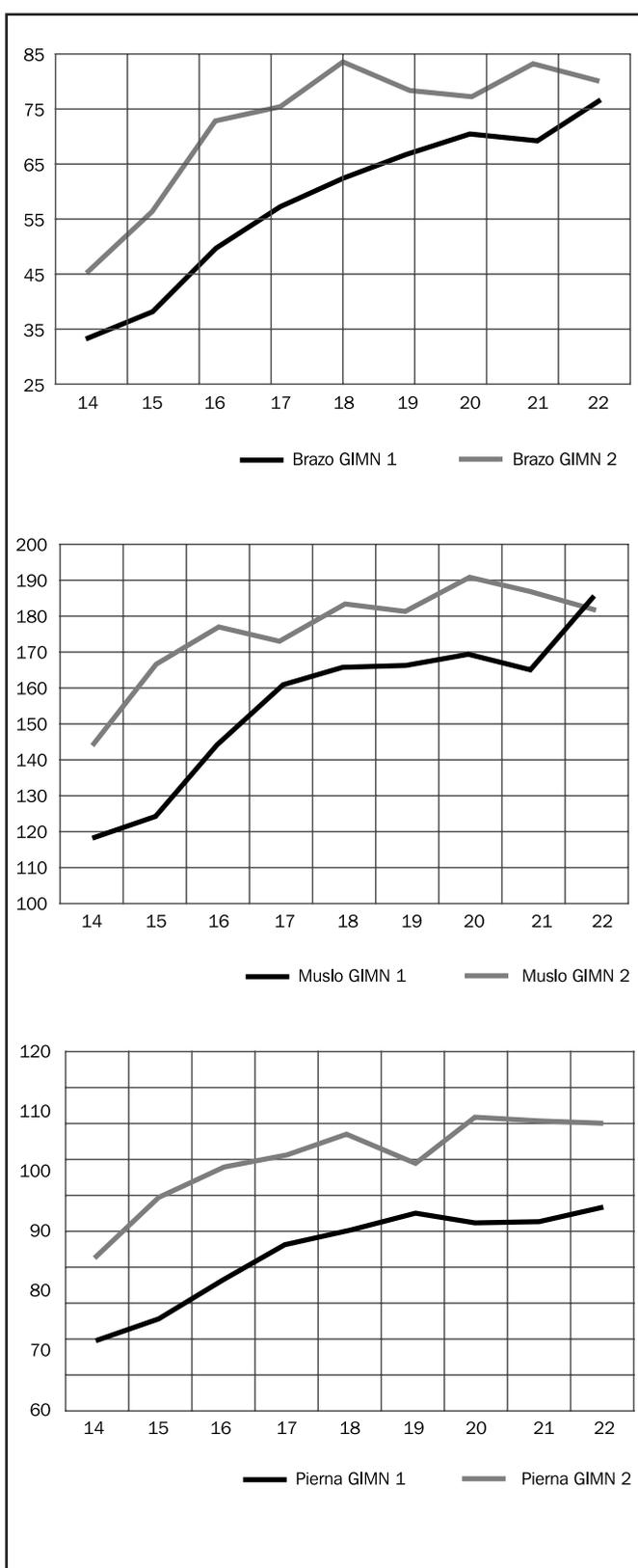
Valores en los controles de los 14 años, 18 años y 22 años. Parte superior Gimnasta 1 y parte inferior gimnasta2. CI: cresta iliaca; SE: supraespinal; Ab: abdominal; SB: subescapular; B: bíceps; T: tríceps; MA: muslo anterior; PM: pierna medial. (mm.).

La evolución del perfil de pliegues se muestra en la Figura 1. En ambos gimnastas hay una disminución de los pliegues de miembro inferior, muslo anterior y pierna medial; y un aumento del pliegue subescapular. Esta tendencia se mantiene a lo largo de los 9 años. En el GIMN 1 disminuye también el tríceps y la cresta iliaca. El GIMN2 aumentó ligeramente el abdominal. Los pliegues más estables son el bíceps y el supraespinal. El sumatorio total de los 8 pliegues cutáneos, disminuyó mínimamente en el GIMN1 a partir de los 18 años; mientras que se mantuvo en el GIMN2.

Desde el primer al último control, el porcentaje de grasa disminuyó en el GIMN1 en medio punto y en cerca de un punto en el GIMN2. Mientras que el componente magro el aumento fue de 4,83 kg/m<sup>2</sup> (27,7%) y de 3,62 kg/m<sup>2</sup> (19,3%), GIMN 1 y GIMN2 respectivamente.

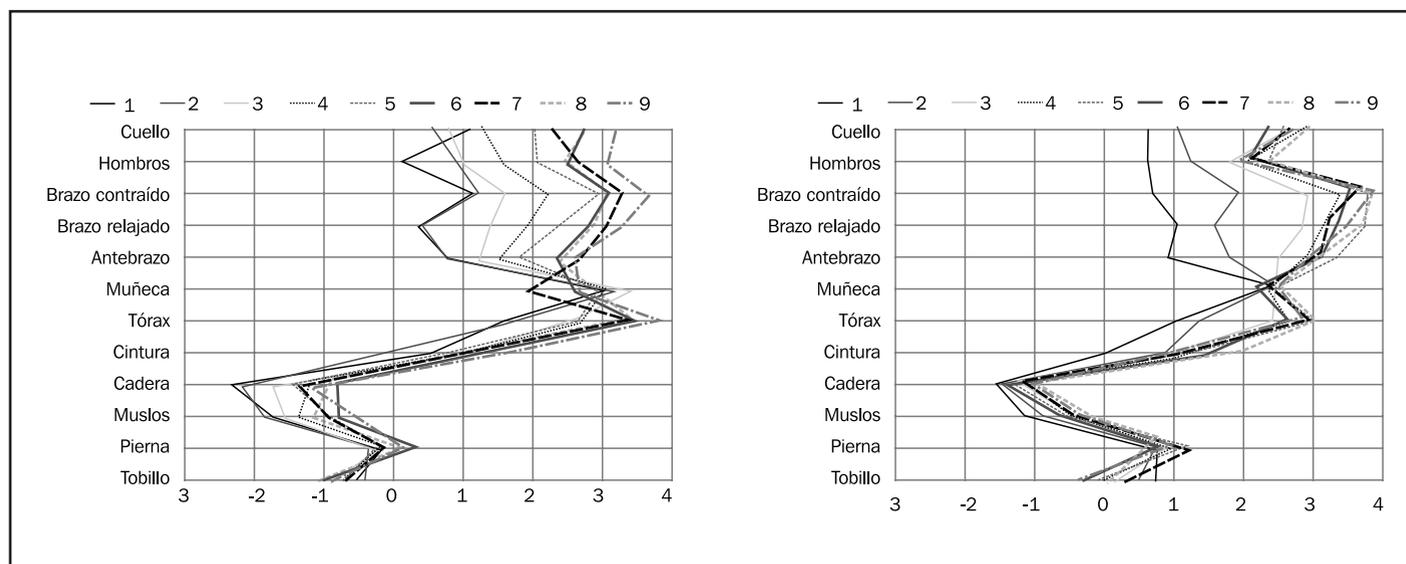
Las áreas de sección muscular (CSA) se recogen en la Figura 2. La de brazo aumenta de forma marcada en ambos gimnastas, en el gimnasta que parte de valores más bajos el aumento es continuo hasta los 22 años, mientras que en el otro se estabiliza, llegando ambos a valores

Figura 2. Áreas de brazo, muslo y pierna (CSA, cm<sup>2</sup>).



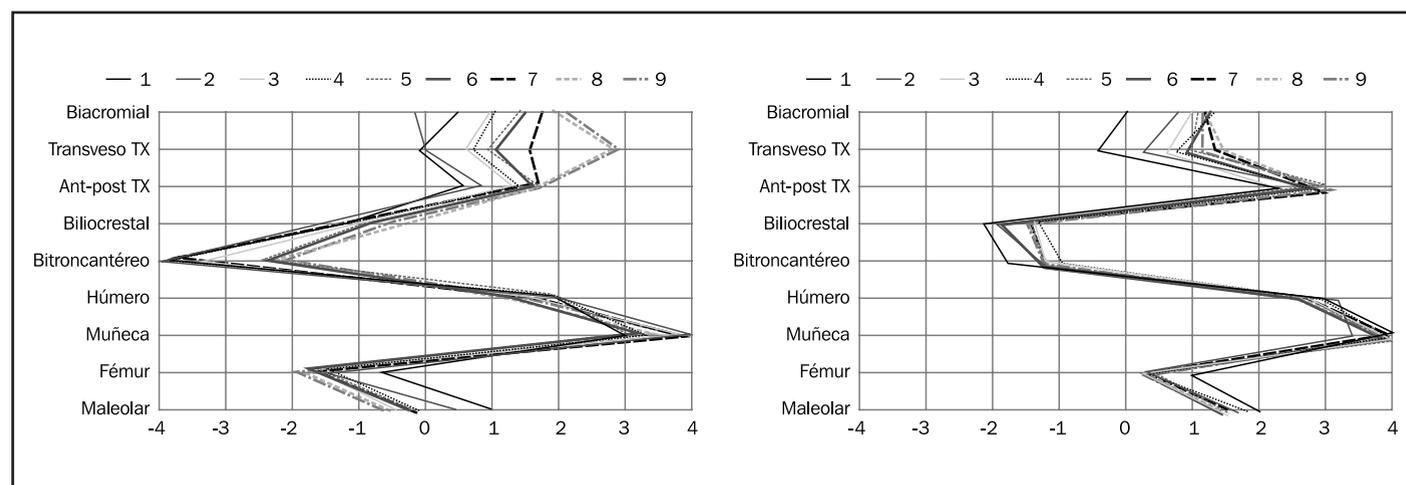
CSA: áreas musculares transversales, estimadas por ecuación de Heymsfield<sup>24</sup> en los 9 controles de cada gimnasta de los 14 a los 22 años.

Figura 3. Proporcionalidad: z-score de los perímetros corporales en los 9 controles.



Perímetros tipificados por el método de Ross y Wilson<sup>26</sup>, gimnasta 1 en la parte izquierda y gimnasta 2 en la parte derecha.

Figura 4. Proporcionalidad: z-score de los diámetros óseos en los 9 controles.



Diámetros tipificados por el método de Ross y Wilson<sup>27</sup>, gimnasta 1 en la parte izquierda y gimnasta 2 en la parte derecha.

similares. Lo mismo a nivel de muslo, en el GIMN2 se estabiliza a los 18 años, mientras que en el GIMN1 tiene un incremento muy marcado de los 15 a los 17 años, continúa el desarrollo de forma menos acentuada hasta los 21 años, para igualarse con el otro gimnasta en el último control a los 22 años. A nivel de pierna el aumento es más acentuado al principio manteniéndose las diferencias entre ambos gimnastas

Los índices envergadura relativa y talla sentado relativa se muestran en la Tabla 1. El primer índice indica una mayor longitud de miembro superior en relación a la talla en todos los controles, estabilizándose a los 15 años. El segundo índice aumenta en los primeros controles pasando de tener un valor en rango de tronco corto, para pasar por un

aumento proporcionalmente mayor de la longitud de tronco en relación al aumento de la talla al rango de tronco medio.

En las Figuras 3 y 4 se muestran los perfiles de proporcionalidad. Los valores más altos de los perímetros corresponden a la extremidad superior, parte superior del tronco y cuello; mientras que los valores más bajos son los de cadera y muslo superior. En el GIMN1 se observa un aumento más progresivo, mientras que en el GIMN2 el aumento es más marcado en los primeros controles. Comparando los perfiles de ambos gimnastas del último control, observamos que el GIMN1 tiene proporcionalmente más desarrollo en cuello, hombros y tórax mientras que el GIMN2 más en antebrazo, pierna y tobillo. A lo largo de los 9 años

aumenta la puntuación "z" de todos los perímetros, excepto la del tobillo que disminuye y la de la muñeca que se mantiene. En las puntuaciones "z" de los diámetros destaca el mayor valor del diámetro biestiloideo de muñeca; seguido del diámetro transversal tórax, biacromial, antero-posterior de tórax y humeral en el GIMN1; y del antero-posterior de tórax, humeral y maleolar en el GIMN2. Los mayores cambios en el GIMN1 se dan en el transversal de tórax, seguido del trocántero y biacromial; mientras que en el GIMN2 los cambios son menos marcados, destacando el aumento del tórax y del biacromial.

## Discusión

Se ha realizado un seguimiento longitudinal de dos gimnastas de alto nivel desde su último año en la categoría infantil con 14 años hasta la categoría senior con 22 años, edad que se considera ya han alcanzado la madurez tanto a nivel físico como técnico. En el ranking mundial (2014-2015)<sup>28</sup>, la edad media de los 10 mejores gimnastas se sitúa en 22,4 años. Podemos considerar por tanto que es la edad en la que mayores éxitos se alcanzan en esta modalidad deportiva.

El "tempus madurativo" es una característica individual con una variabilidad en la edad de inicio de la pubertad de unos 4 a 5 años<sup>29</sup>. Se considera que se alcanza la estatura adulta cuando el cambio no supera 0,5 cm entre dos controles consecutivos 6-12 meses<sup>26</sup>. El primer control realizado a los 14 años, corresponde a la fase de desaceleración del segundo pico rápido de crecimiento. Los dos gimnastas aunque tienen la misma edad cronológica, no están en el mismo momento madurativo, según refleja su patrón de velocidad de crecimiento y el porcentaje de la talla adulta alcanzada. El GIMN 1 tiene una maduración más tardía, con aumento significativo (velocidad de crecimiento > 0,5 cm/año)<sup>26</sup> hasta los 18 años, siguiendo en progresión hasta el último control; mientras que el GIMN 2 los aumentos son solo significativos hasta los 16 años y a los 18 años ya tiene estabilizada su talla; y si valoramos su talla en los percentiles correspondientes para este grupo madurativo<sup>26</sup>, se sitúa en el percentil 10 desde los 14 a los 18 años. Manteniendo por tanto ambos gimnastas su talla en el percentil 10 desde el inicio y acabando ambos con una talla adulta a sus 22 años alrededor del percentil 10, es decir, mantienen su canal genético de crecimiento, no viéndose comprometida por el entrenamiento intensivo. La estatura media de los gimnastas internacionales varía entre 161 y 173 cm<sup>17</sup>, situándose el percentil 50 en 167 cm, mientras que para la población general este valor quedaría entre los percentil 3 – 10. Esta talla baja, biomecánicamente les es favorable, con el centro de gravedad cerca de los ejes de rotación. El actual campeón olímpico (JJOO 2012) y oro en cinco campeonatos mundiales mide 160 cm. A esta menor talla se acompaña también un menor peso corporal, debido también a un bajo componente graso. El peso del gimnasta varía entre 57 y 70 kg, situándose el percentil 50 en 63,2 kg<sup>17</sup>, el cual en relación a la población general quedaría en el percentil 15. Nuestros gimnastas han tenido en los controles una talla y peso dentro de los rangos según edad y deporte, excepto el GIMN2 en los dos primeros años de seguimiento en que tanto su peso corporal y como la talla eran ligeramente superiores; debido como comentamos que inicio su maduración antes. La relación talla sentado/talla también está dentro de las medias para su deporte<sup>17,18,30</sup>.

Los pliegues cutáneos se encuentran dentro de los rangos referidos para gimnasia masculina<sup>17,18</sup>. Por otro lado, en relación a la población general española de la misma edad, los pliegues tríceps y subescapular se sitúan entre percentiles 10-20 y 20-25 respectivamente a lo largo de los nueve controles.

El patrón de distribución de la grasa cambia con el crecimiento y maduración, en los varones se pierde grasa en extremidades y se acumula a nivel de tronco. Como vimos esta tendencia se mantiene durante todo el periodo de seguimiento tanto puberal como postpuberal con ligeras diferencias entre ambos gimnastas, en parte debidas a valores iniciales distintos.

Los índices de composición corporal en relación a la talla, ponen de manifiesto que el aumento del peso total es a expensas fundamentalmente del componente magro, siendo en el GIMN1 este aumento progresivo durante los 9 años, mientras que en el GIMN2 que partía de valores más altos se estabiliza a partir de los 18 años, llegando ambos a valores similares. En relación a la población general española, el porcentaje de grasa se sitúa en los controles del primer periodo (14 a 18 años), en el percentil 10 en ambos gimnastas. Es decir, al igual que vimos en los pliegues cutáneos, se encuentra en rango inferior pero sin llegar a valores extremadamente bajos. En el segundo periodo, en relación a la población española deportista<sup>20</sup>, el GIMN1 pasa del percentil 25 a los 18 años al percentil 10 a los 22 años; mientras que el GIMN2 se mantiene en el percentil 20.

Las áreas musculares transversales determinantes de la fuerza muscular, aumentan con el crecimiento, luego se estabilizan y posteriormente disminuyen con el envejecimiento en la población general. Se observa que el GIMN2 que parte de valores más altos sigue este patrón estabilizándose a los 18 años, mientras que en el GIMN1 el aumento continúa tras los 18 años fundamentalmente a nivel de brazo y en menor medida en muslo, terminando ambos gimnastas con valores similares, salvo a nivel de pierna donde se mantienen las diferencias. El mayor desarrollo e incremento se localiza en el brazo, ya que si lo comparamos en relación a la población general, el perímetro de brazo del GIMN1 pasa de un percentil 60 a los 14 años a un percentil 97 a los 18 años; mientras que el GIMN2 se sitúa ya en el percentil 90 a los 14 años pasando a ser superior al percentil 99 a los 18 años. Este gran desarrollo muscular a nivel de brazo se acompaña de longitudes de palanca más largas de lo esperado para su talla, ya que poseen una envergadura relativa muy alta (1,06 y 1,07), lo cual favorecerá un mayor incremento de la fuerza que pueden aplicar.

El perfil de proporcionalidad nos ayuda a valorar la evolución durante el crecimiento y maduración y nos muestra un desarrollo ligeramente diferente de un gimnasta a otro. En ambos y desde el primer control a los 14 años tanto el perímetro como el diámetro óseo de la muñeca, tienen ya una puntuación-z muy alta, mostrando una de las características propias de este deporte, lo mismo que la "z" de diámetro biepicondileo humeral. Ambas articulaciones, codo y muñeca, reciben altos impactos y deben soportar con frecuencia el peso del gimnasta. El perfil de proporcionalidad también indica un mayor desarrollo de la cintura escapular (estimada mediante el diámetro biacromial y perímetro de hombros) y de la caja torácica (representada por los diámetros y perímetro de tórax), en contraste con el menor desarrollo de la cintura pélvica (estimada por los diámetros biliocrestal y bitrocantéro). El

GIMN1 en relación al GIMN2 desarrolla más el diámetro biacromial y la anchura de la caja torácica sobre todo entre los 16-17 años y entre 20-21 años. El GIMN2 partía ya de valores más altos en su desarrollo óseo, aumentando de forma menos marcada también a nivel de tórax, con mayor profundidad antero-posterior que el GIMN1.

Una limitación del estudio fue no contar con otros criterios además de los antropométricos para fijar su estadio madurativo, como la edad ósea y/o la madurez sexual; si bien como hemos comentado la evolución del crecimiento de la talla nos sirvió para fijar a posteriori el tipo de grupo madurativo. El gimnasta que tuvo una maduración más temprana estabilizó su perfil antropométrico sobre los 20 años, mientras que el otro gimnasta siguió con su desarrollo. A los 22 años las únicas diferencias iniciales que se mantienen entre ambos deportistas es un mayor desarrollo a nivel de pierna del GIMN2; mientras que el GIMN1 le supera a nivel de cuello, hombros y tórax. Estos datos avalan que por lo menos hasta los 22 años se pueden conseguir mejoras en la composición corporal del gimnasta. Las pequeñas diferencias entre los gimnastas podrían reflejarse en su nivel de rendimiento en las distintas pruebas de la competición.

## Conclusiones

Hemos constatado que existe una gran adaptación del sistema musculoesquelético al entrenamiento, aunque los mayores aumentos se dan hasta los 17-18 años, localizándose la respuesta a la demanda mecánica impuesta por la gimnasia a nivel del tren superior. En el último año de la categoría infantil los deportistas tienen ya un perfil antropométrico determinado reflejo de su especialización temprana que se va acentuando con los años de entrenamiento hasta la categoría senior, pudiendo tener ligeras variaciones que en parte dependen del nivel inicial de maduración y del propio ritmo biológico del deportista.

Esta adaptación que se traduce en un importante aumento del componente magro, junto a los requerimientos energéticos que conlleva entrenar 36 horas semanales plantea la necesidad de un especial control por parte del médico deportivo para que la ingesta nutricional sea la adecuada.

La técnica antropométrica es una herramienta útil para el seguimiento de los deportistas adolescentes debiéndose realizar la valoración de forma individual y periódica; siendo importante iniciar el estudio de forma precoz para incluir el pico de velocidad de crecimiento y asociarlo a otros criterios biológicos para determinar su grado madurativo.

## Bibliografía

- Malina RM. Physical growth and biological maturation of young athletes. *Exerc Sport Sci Rev*. 1994;22:389-433.
- Rogol AD, Clark PA, Roemmich JN. Growth and pubertal development in children and adolescents: effects of diet and physical activity. *Am J Clin Nutr*. 2000; 72(2 Suppl):521S-85.
- Damsgaard R, Bencke J, Matthiesen G, Petersen JH, Müller J. Body proportions, body composition and pubertal development of children in competitive sports. *Scand J Med Sci Sports*. 2001;11:54-60.
- Roemmich JN, Richmond RJ, Rogol AD. Consequences of sport training during puberty. *J Endocrinol Invest*. 2001;24:708-715.
- Bergeron MF, Mountjoy M, Armstrong N, et al. *Br J Sports Med*. 2015;49:843-51.
- 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.
- Daly RM, Caine D, Bass SL, Pieter W, Broekhoff J. Growth of Highly versus Moderately Trained Competitive Female Artistic Gymnasts. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37:1053-60.
- Caine D, Lewis R, O'Connor P, Howe W, Bass S. Does gymnastics training inhibit growth of females? *Clin J Sport Med*. 2001;11:260-70.
- Caine D, Bass S, Daly R. Does Elite Competition Inhibit Growth and Delay Maturation in Some Gymnasts? Quite Possibly. *Pediatric Exercise Science*. 2003;15:360-72.
- 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.
- Malina RM, Baxter-Jones ADG, Armstrong N, Beunen GP, Caine D, Daly RM, et al. Role of Intensive Training in the Growth and Maturation of Artistic Gymnasts. *Sports Med*. 2013;43:783-802.
- Bajin B. Talent Identification Program for Canadian Female Gymnasts. En: Petiot B, Salmela JH, Hoshizaki TB, editores. World Identification Systems for Gymnastic Talent. Montreal: Sports Psyche Editions. 1987. p. 34-44.
- Smolevsky V, Gaverdovsky I. *Tratado General de Gimnasia Artística Deportiva*. Barcelona: Editorial Paidotribo; 1996. p.28-35.
- Carter JEL. Somatotypes of Olympic Athletes from 1948 to 1976. En Carter JEL (Ed): Physical Structure of Olympic Athletes. Part II: Kinanthropometry of Olympic Athletes. Karger: *Med Sport Sci*; 1984. p.80-109.
- Carter JEL, Sleet DA, Martin GN. Somatotypes of male gymnasts. *J Sports Med Phys Fitness*. 1971;11:162-71.
- Bale P, Goodway J. Performance Variables Associated with the Competitive Gymnast. *Sports Med*. 1990;10:139-45.
- 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.
- Irurtia A, Busquets A, Marina M, Galilea PA, Carrasco M. Talla, peso, somatotipo y composición corporal en gimnastas de elite españolas desde la infancia hasta la edad adulta. *Apunts Med Esport*. 2009;161:18-28.
- Cuk I, Korencić T, Tomazo-Ravnik T, Pecek M, Bucar M, Hraski Z. Differences in Morphologic Characteristics Between Top Level Gymnasts of Year 1933 and 2000. *Coll Antropol*. 2007;31:613-9.
- Canda AS. Variables antropométricas de la población deportista española. Colección: Investigación en Ciencias del Deporte Nº 60. Consejo Superior de Deportes. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Madrid; 2012.p.129-95
- Norton K, Whittingham N, Carter L, Kerr D, Gore C, Marfell-Jones M. Measurement techniques in anthropometry. En: Norton K, Olds T. *Anthropometrica*. Sydney: University of New South Wales Press; 1996. p. 25-75.
- Lohmann TC, Roche AF, Martorell R, editores. Anthropometric Standardization Reference Manual. Champaign, IL: *Human Kinetics*; 1988. p. 48.
- Norton K. Anthropometric Estimation of Body Fat. En: Norton K, Olds T. *Anthropometrica*. Sydney: UNSW Press; 1996. pp. 171-98.
- Heymsfield SB, McManus A D, Smith J, Stevens V, Nixon DW. Anthropometric measurement of muscle-mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *Am J Clin Nutr*. 1982;36:680-90.
- Carrascosa A, Fernández JM, Fernández C, Ferrández A, López-Siguero JP, Rueda C, et al. Estudio Transversal Español de Crecimiento II. Valores de talla, peso e índice de masa corporal in 32.064 sujetos (16.607 varones, 15.457 mujeres) desde el nacimiento hasta alcanzar la talla adulta. *An Pediatr (Bar)*. 2008; 68:552-69.
- Ferrández A, Carrascosa A, Audí L, Bager L, Rueda C, Bosch-Castañé J, et al. Longitudinal pubertal growth according to age at pubertal growth spurt onset: data from a Spanish study including 458 children (223 boys and 235 girls). *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2009; 22:715-26.
- Ross WD, Wilson NC. A strategy for proportional growth assessment *Acta Paediatr Belg*. 1974; 28 suppl:169-82. Citado En: MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ. Physiological Testing of the High Performance Athlete. Champaign, IL: *Human Kinetics*, 1991.
- Federación Internacional de Gimnasia. (consultado 24/6/2014) Disponible en: <http://www.fig-gymnastics.com/site/page/view?id=244>.
- Sánchez González E, Carrascosa A, Fernández García JM, Ferrández Longás A, López de Lara D, López-Siguero JP. Estudios españoles de crecimiento: situación actual, utilidad y recomendaciones de uso. *An Pediatr (Barc)*. 2011;74(3):193.e1-193.e16.
- Caldarone G, Leglise M, Giampietro M, Berlutti G. Anthropometric measurements, body composition, biological maturation and growth predictions in young female gymnasts of high agonistic level. *J Sports Med Phys Fitness*. 1986;26:263-7