



Original



Evolución del perfil antropométrico y fisiológico de las gimnastas de rítmica españolas de ejercicios de conjuntos en los Juegos Olímpicos de 1996 y 2016

A. Canda^a, M. Rabadán^b, L. Sainz^b, L. Agorreta^a

^a Servicio de Antropometría. Centro de Medicina del Deporte. Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte. Consejo Superior de Deportes. España.

^b Servicio de Fisiología. Centro de Medicina del Deporte. Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte. Consejo Superior de Deportes. España.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO: Recibido el 26 de enero de 2017, aceptado el 25 de abril de 2017, online el 22 de marzo de 2019

RESUMEN

Objetivo: Determinar el perfil antropométrico y fisiológico de los equipos de gimnasia rítmica españoles de los Juegos Olímpicos 1996 y 2016; reflejo de los cambios en este deporte.

Método: El conjunto de los Juegos Olímpicos lo integraron seis gimnastas en 1996 y cinco en 2016. Se realizó estudio antropométrico de composición corporal, somatotipo y proporcionalidad; y prueba de esfuerzo máxima en tapiz rodante para determinación del consumo máximo de oxígeno y de los umbrales ventilatorios. Las diferencias estadísticas se determinaron por la U de Mann-Whitney, para una $p < 0.05$.

Resultados: Las gimnastas de 1996 fueron más jóvenes, con menor peso, talla y envergadura que las de 2016. El porcentaje de grasa y el sumatorio de pliegues cutáneos fueron similares en ambos conjuntos. El conjunto de 2016 tuvo mayor masa muscular (kg) y áreas musculares transversales a nivel de brazo, muslo y pierna. El conjunto de 1996 tuvo un componente ectomórfico más alto. La potencia aeróbica máxima fue superior en el conjunto de 2016 en valor absoluto (l/min) igualándose en valor relativo al peso corporal ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$).

Conclusión: El conjunto de gimnasia rítmica de 2016 está integrado por deportistas de más experiencia en alta competición y con mayor desarrollo músculo-esquelético lo que les confiere más fuerza muscular para la ejecución correcta de los nuevos elementos acrobáticos, saltos y lanzamientos que conforman el ejercicio en la actualidad.

Palabras Clave: Gimnasia rítmica, Antropometría, Capacidad funcional.

Anthropometric and physiological evolution of the spanish rhythmic gymnastics group at the 1996 and 2016 Olympic Games.

ABSTRACT

Objective: To determine the anthropometric and physiological profile of the Spanish rhythmic gymnastics teams at the 1996 and 2016 Olympic Games; reflection of the changes in this sport.

Method: the team consisted of six gymnasts in 1996 and five in 2016. It was performed an anthropometric study of body composition, somatotype and proportionality; and a test of maximum effort in treadmill for determination of the maximum consumption of oxygen and ventilatory thresholds. Statistical differences were determined by the Mann-Whitney U, $p < 0.05$.

Results: Gymnasts at the 1996 Olympics were younger and had lighter weight, size and wingspan than the ones of the group of 2016. The percentage of fat and the sum of skinfolds were similar in both sets. The group of 2016 had greater muscle mass (kg) and muscle cross-sectional areas at arm, thigh and leg. The group of 1996 had a higher ectomorphic component. The maximum aerobic power was superior in the group of 2016 in absolute values (l/min), but equal in relative values to body weight ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$).

Conclusion: 2016 rhythmic gymnastics team is integrated by athletes more experienced in high competition and greater muscle-skeletal development which gives them more muscle strength for the correct execution of the new acrobatic elements, jumps and throws that define the exercise today.

Keywords: Rhythmic gymnastics, Anthropometry, Functional capacity.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: alicia.canda@aepsad.gob.es (A. Canda).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2017.04.001>

Consejería de Educación y Deporte de la Junta de Andalucía. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Grupo de ginástica rítmica da Espanha nos Jogos Olímpicos de 1996 e 2016: evolução antropométrica e fisiológica.

RESUMO

Objetivo: Determinar o perfil antropométrico e fisiológico das equipes de ginástica rítmica espanhola dos Jogos Olímpicos de 1996 y 2016; reflexo das mudanças nesse esporte.

Método: O conjunto dos Jogos Olímpicos foi composto por seis ginastas em 1996 e cinco em 2016. Foi realizado um estudo antropométrico de composição corporal, somatotipo e proporcionalidade; teste de esforço máximo em uma esteira rolante para determinar o consumo máximo de oxigênio e limiares ventilatórios. As diferenças estatísticas se determinaram pelo teste de U de Mann-Whitney, com uma diferença estatística estabelecida em $p < 0,05$.

Resultados: As ginastas de 1996 foram mais jovens, com menos peso, tamanho e envergadura que as de 2016. O percentual de gordura e o somatório das dobras cutâneas foram similares em ambos os grupos. O conjunto de 2016 teve maior massa muscular (Kg) e áreas musculares transversais a nível de braço, coxa e perna. O conjunto de 1996 teve um componente ectomórfico mais alto. A potência aeróbica máxima foi superior no conjunto de 2016 em valor absoluto (l/min) igualando-se em valor relativo ao peso corporal ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$).

Conclusão: O conjunto de ginástica rítmica de 2016 está integrado por desportistas de maior experiência em alta competição e com maior desenvolvimento musculoesquelético, o que lhes confere mais força muscular para a execução correta de novos elementos acrobáticos, saltos e lançamentos que definem o esporte a atualidade.

Palavras Chave: Ginástica rítmica, Antropometria, Capacidade funcional.

Introducción

La gimnasia rítmica de conjunto es una disciplina olímpica que combina la dimensión deportiva y la estética. Los equipos que tradicionalmente han estado en la élite mundial han sido los procedentes de los países de la antigua URSS y Bulgaria. La primera selección española data de 1974 siendo el primer éxito internacional en el Campeonato de Europa de 1984, donde se obtuvo la medalla de bronce^{1,2}.

Las gimnastas requieren de unas condiciones físicas y fisiológicas determinadas a la vez que de una gran técnica en el manejo de los diferentes aparatos. Los ejercicios de conjunto además deben ejecutarse realizando intercambios de aparatos y colaboraciones entre las integrantes del equipo de forma sincronizada y siguiendo el acompañamiento musical. Han sido caracterizadas como más altas y ligeras y con menor grasa corporal que la población general y con un somatotipo ectomórfico dominante³⁻⁸. Se han identificado, como variables determinantes del éxito deportivo, las características antropométricas de envergadura, circunferencia de muslo medio y masa corporal, la potencia aeróbica ($\text{VO}_2\text{máx}$), la flexibilidad y la fuerza explosiva⁹.

La Federación Internacional de Gimnasia elabora, para cada ciclo olímpico, el Código de puntuación (CP)^{10,11} por el que deben regirse los jueces. Esta actualización constante es debida por un lado, a que es relativamente reciente, ya que fue en 1962 cuando se consideró disciplina independiente; y por otro, a que al ser un deporte de gran riqueza artística y originalidad aparecen nuevos elementos y dificultades técnicas.

El objetivo del trabajo fue, en primer lugar, determinar el perfil antropométrico y la capacidad funcional de los conjuntos de gimnasia rítmica de los Juegos Olímpicos (JJOO) de 1996 y 2016, y en segundo lugar analizar las diferencias entre ambos equipos.

Método

Muestra

Al Centro de Medicina del Deporte (Consejo Superior de Deportes, Madrid), del año 1993 al 2016, han acudido remitidas por su federación 154 gimnastas de la modalidad de rítmica. De esta muestra hemos seleccionado a las del conjunto español de los JJOO de Atlanta 1996 (C96), $n=6$ y edad media de 16.3 ± 0.8 años; y las de los JJOO de Río de Janeiro 2016 (C16), $n=5$ y edad media de 22.1 ± 1.3 años. La clasificación obtenida fue la medalla de oro y de plata respectivamente. El C96 llevaba 7.2 ± 1.5 años entrenando, 6

días/semana y 8 horas/día. El C16, 15.0 ± 1.9 años entrenando, 6 días/semana y entre 6 – 7 horas/día. Se recogió la edad de la menarquia y la regularidad de los ciclos menstruales. Se estableció como amenorrea primaria la ausencia de la menstruación a los 16 años; amenorrea secundaria, la falta de la menstruación en más de 3 meses consecutivos; y oligomenorrea la existencia de 3-6 ciclos/años, con intervalos de más de 38 a 45 días¹².

Diseño Experimental

El protocolo antropométrico¹³ incluyó: peso (kg), talla (cm), envergadura (cm), talla sentada (cm), perímetros (cuello, hombros, brazo relajado, brazo contraído, antebrazo, tórax, abdomen 1 -talle-, abdomen 2 -umbilical-, cadera, muslo superior, muslo medio y pierna, en cm), diámetros (biacromial, transverso de tórax, antero-posterior de tórax, biiliocrestal, bitroncatéreo, húmero, muñeca, fémur y tobillo, en cm) y pliegues cutáneos (pectoral, cresta iliaca, supraespinal, abdominal, subescapular, bíceps, tríceps, muslo anterior y pierna medial, en mm). El material utilizado fue: báscula, marca Seca; estadiómetro, tallímetro para talla sentado/a, calibrador óseo y plicómetro, marca Holtain; cinta antropométrica, marca Rosscraft; y antropómetro, marca GPM Siber Hegner. El antropómetro estaba acreditado como nivel III por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK).

La composición corporal se analizó mediante: sumatorio de 8 pliegues (los incluidos en el protocolo excepto el pectoral); porcentaje de grasa estimado por la ecuación de Withers¹⁴; masa muscular por la ecuación de Lee¹⁵ en valores absolutos (kg) y en relación a la talla; índice de masa corporal (IMC), kg/m^2 ; índice de masa corporal activa (IAKS, g/cm^3) calculado como masa magra en relación al cubo de la talla; y áreas musculares transversales (CSA)¹⁶ de brazo, muslo y pierna, en cm^2 . El somatotipo se calculó por el método de Heath-Carter¹⁷. El estudio de proporcionalidad fue realizado según Ross y Wilson, en 1974¹⁸, mediante las puntuaciones típicas o z-score.

La prueba de esfuerzo máxima se realizó en tapiz rodante, iniciándose a 6 km/h tras dos minutos de calentamiento a 4 km/h. Los incrementos de velocidad fueron de 2 km/h cada 2 min en el año 1996 y de 0.25 km/h cada 15 segundos en el 2016; con una pendiente constante del 1%. Los parámetros valorados fueron: frecuencia cardíaca (FC, lpm), ventilación pulmonar (VE, l/min), y consumo de oxígeno (VO_2) absoluto (l/min) y relativo al peso corporal ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). La transición aeróbica-anaeróbica se analizó mediante los umbrales ventilatorios 1 (VT1) y 2 (VT2). El tapiz rodante fue de la marca Jaeger LE 600 C y los analizadores de

gases respiratorios fueron el Jaeger Oxycon Champion (1996) y el Jaeger Oxycon Pro (2016).

Análisis Estadístico

Se realizó estadística descriptiva y comparativa mediante los tests no paramétricos. Para las diferencias de los equipos españoles se aplicó la prueba de U de Mann-Whitney y entre selecciones que hicieron pódium en los JJOO la prueba de Kruskal-Wallis. Se consideró significativo para una $p < 0.05$ y el programa utilizado fue el SPSS v.19.

Resultados

En la tabla 1 se muestran las variables antropométricas y fisiológicas de cada conjunto C96 y C16. Las gimnastas del C96, fueron más jóvenes, con menor peso, talla, talla sentada y envergadura que las del C16, con diferencia estadísticamente significativa. En el perfil de pliegues solo hubo diferencias en dos, teniendo el C96 menor panículo adiposo en cresta iliaca y supraespal, no dando diferencias en el sumatorio de los 8 pliegues. El porcentaje de grasa tampoco reflejó diferencias entre ambos conjuntos; si bien el rango entre el valor máximo y mínimo obtenido fue mayor en C96.

El desarrollo musculoesquelético valorado por el IAKS (g/cm^3) fue más alto en el C16, al igual que la masa muscular en kg con diferencia estadísticamente significativa, mientras que la masa muscular, ajustada por la talla, fue similar. Las CSA fueron mayores en las gimnastas del C16, a los tres niveles brazo, muslo y pierna.

El somatotipo de ambos conjuntos fue ectomórfico dominante. Las gimnastas del C96 tuvieron un mayor componente ectomórfico que las de C16, y su segundo componente en dominancia fue el mesomórfico; las del C16 se situaron en la ectomorfia balanceada.

Con las puntuaciones "z" se elaboraron los perfiles de proporcionalidad que se muestran en la figura 1. Las "z" tomaron valores negativos, excepto la del biacromial del C16. Las diferencias se dieron en los perímetros de cuello ($p = 0.028$), hombros ($p = 0.018$), tórax ($p = 0.011$), abdomen 1 ($p = 0.028$) y 2 ($p = 0.011$), cadera ($p = 0.006$) y muslo superior ($p = 0.011$); en los diámetros biacromial ($p = 0.018$), transverso de tórax ($p = 0.045$), antero-posterior de tórax ($p = 0.018$) y bitrocantéreo ($p = 0.006$); y en los pliegues de cresta iliaca ($p = 0.028$) y supraespal ($p = 0.011$). Siendo las puntuaciones "z" más negativas en el C96 que en el C16.

En la prueba de esfuerzo tanto en los parámetros máximos como submáximos calculados en los umbrales aeróbico (VT1) y anaeróbico (VT2), solo se encontraron diferencias en el máximo consumo de oxígeno (l/min) obtenido en valor absoluto, siendo este significativamente mayor en las gimnastas del C16.

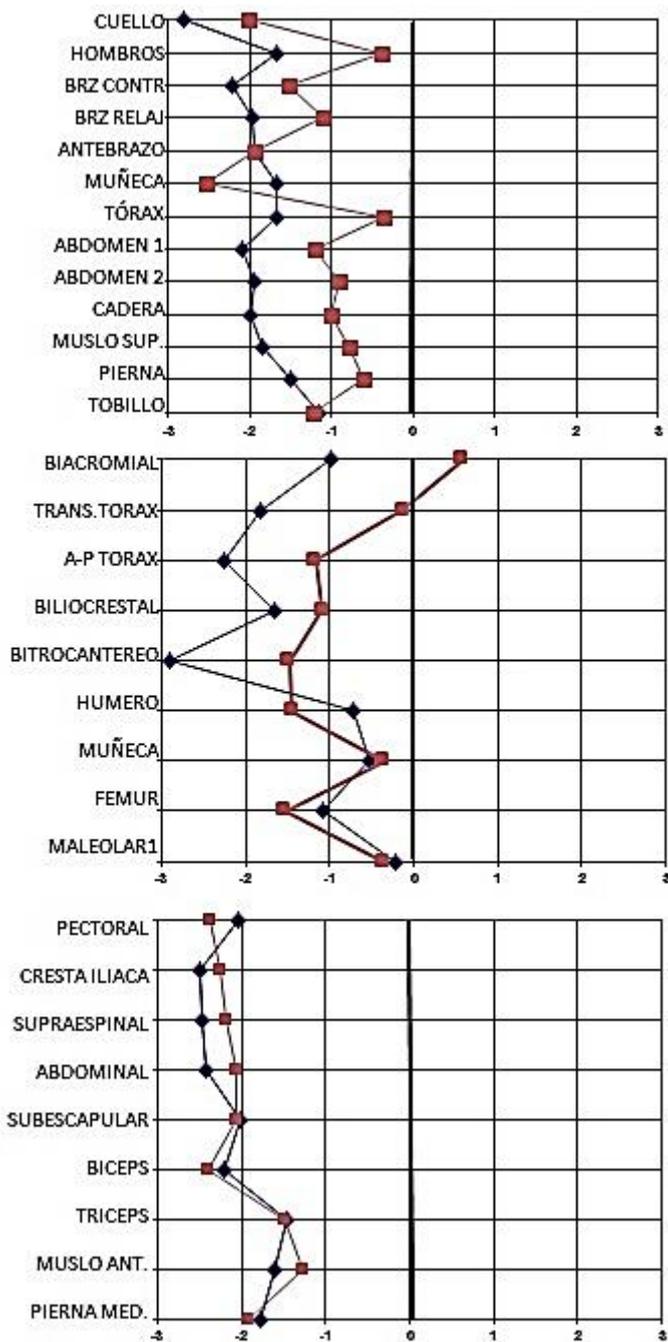
En relación a los ciclos menstruales, de las gimnastas del C96, cuatro de ellas no habían tenido la primera menstruación, aunque no habían cumplido aún los 16 años cuando fueron estudiadas (edad media de 15.4 ± 0.4 años), y las dos restantes tras un año de la aparición de la menarquia, con 15.7 y 15.8 años, tenían ausencia total de menstruaciones (amenorrea secundaria). Las gimnastas del C16 en el momento del estudio (22.1 ± 1.2 años) tenían ya los ciclos regulares, con edad de la menarquia a los 15.6 ± 1.1 años, amenorrea primaria en una de ellas y amenorrea secundaria y/o oligomenorrea en el resto hasta los 18 años.

Tabla 1. Características antropométricas y fisiológicas de ambas selecciones.

	Selección Nacional 1996 (N = 6)		Selección Nacional 2016 (N = 5)		p
	Media \pm SD	Mín - Máx	Media \pm SD	Mín - Máx	
Edad (años)	16.3 \pm 0.8	15.2 - 17.3	22.1 \pm 1.3	20.6 - 23.5	0.006
Peso (kg)	40.2 \pm 3.4	36.4 - 44.4	53.3 \pm 2.1	49.9 - 55.6	0.006
Talla (cm)	160.7 \pm 3.2	154.9 - 163.5	170.5 \pm 3.5	166.2 - 175.4	0.006
Talla sentada (cm)	82.3 \pm 1.4	80.6 - 84.1	89.1 \pm 2.4	87.1 - 93.2	0.006
Envergadura (cm)	163.3 \pm 4.3	159.1 - 168.2	177.8 \pm 4.6	173.1 - 182.6	0.006
Perfil de Pliegues (mm)					
Pectoral	4.8 \pm 2.1	2.8 - 8.4	4.0 \pm 0.9	2.8 - 5.3	ns
Cresta Iliaca	5.1 \pm 1.0	3.8 - 6.8	7.1 \pm 1.2	6.0 - 8.5	0.028
Supraespal	4.2 \pm 0.6	3.3 - 5.1	5.6 \pm 0.4	5.3 - 6.3	0.006
Abdominal	6.2 \pm 2.2	3.1 - 9.3	9.4 \pm 1.8	7.7 - 12.4	ns
Subescapular	6.6 \pm 1.2	5.1 - 8.0	6.7 \pm 0.8	5.4 - 7.5	ns
Bíceps	3.4 \pm 0.8	2.2 - 4.5	3.2 \pm 0.5	2.7 - 3.9	ns
Tríceps	8.4 \pm 1.6	5.4 - 10.3	8.8 \pm 1.4	7.6 - 11.1	ns
Muslo anterior	12.8 \pm 2.4	9.3 - 16	16.4 \pm 3.8	11.9 - 21.9	ns
Pierna medial	7.3 \pm 2.6	3.8 - 11.1	7.1 \pm 1.5	6.1 - 9.7	ns
Sumatorio 8 Pliegues (mm)*	54.0 \pm 10.8	36.2 - 64.6	64.3 \pm 5.1	56.0 - 69.6	ns
% grasa Withers	11.5 \pm 2.9	6.4 - 14.3	12.6 \pm 0.9	11.2 - 13.5	ns
IAKS (g/cm^3)	0.85 \pm 0.03	0.82 - 0.88	0.94 \pm 0.04	0.88 - 0.98	0.011
Masa muscular Lee (kg)	18.5 \pm 0.9	17.5 - 19.7	22.6 \pm 1.2	20.7 - 23.6	0.006
Muscular/ m^2 Lee (kg/m^2)	7.1 \pm 0.2	6.8 - 7.4	7.8 \pm 0.6	6.7 - 8.2	ns
CSA (cm^2)					
Brazo	20.6 \pm 3.6	16.8 - 26.1	30.6 \pm 4.2	23.2 - 33.5	0.018
Muslo	105.0 \pm 8.8	94.3 - 118.3	127.9 \pm 7.1	122.5 - 139.5	0.006
Pierna	61.4 \pm 4.2	55.6 - 66.4	79.7 \pm 6.1	69.5 - 84.8	0.006
Somatotipo					
Endomorfismo	1.9 \pm 0.4	1.3 - 2.4	2.1 \pm 0.3	1.6 - 2.4	ns
Mesomorfismo	2.5 \pm 0.4	1.8 - 2.9	2.6 \pm 0.9	1.2 - 3.7	ns
Ectomorfismo	5.8 \pm 0.5	5.2 - 6.6	4.6 \pm 0.6	4.0 - 5.5	0.018
Ergoespirometría					
VE (l/min)	79.5 \pm 8.3	68.1 - 90.3	90.6 \pm 7.8	77.0 - 97.0	ns
VO ₂ máx (l/min)	2.0 \pm 0.1	1.9 - 2.2	2.4 \pm 0.2	2.1 - 2.7	0.027
VO ₂ máx ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	51.1 \pm 6.1	43.5 - 59.7	45.4 \pm 3.9	41.4 - 50.5	ns
FC basal (lpm)	59.0 \pm 10.3	48 - 72	61.2 \pm 9.8	50 - 76	ns
FC máxima (lpm)	191.0 \pm 4.8	184 - 198	187.4 \pm 6.0	181 - 196	ns
Umbral VT1					
VO ₂ ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	26.9 \pm 6.9	21.5 - 39.2	28.8 \pm 4.7	23.6 - 34.4	ns
% VO ₂ máx.	52.4 \pm 10.0	43.9 - 70.5	63.3 \pm 6.9	55.1 - 70.8	ns
FC (lpm)	133.7 \pm 15.4	114 - 160	144.8 \pm 10.6	133 - 158	ns
% FC máx.	70.1 \pm 8.8	57.6 - 83.8	77.2 \pm 4.1	73.3 - 82.7	ns
Umbral VT2					
VO ₂ ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	40.88 \pm 6.91	33.0 - 50.7	36.71 \pm 4.51	30.0 - 41.4	ns
% VO ₂ máx.	79.9 \pm 7.4	71.1 - 91.2	80.8 \pm 6.6	70.1 - 87.0	ns
FC (lpm)	167.7 \pm 6.9	157 - 175	169.2 \pm 7.1	159 - 179	ns
% FC máx.	87.3 \pm 4.6	82.2 - 93.5	90.3 \pm 2.8	86.4 - 93.9	ns

N: tamaño muestral; SD: desviación estándar; Mín: mínimo; Máx: máximo; p: valor de la p (Prueba U de Mann - Whitney); ns: no significativo; IAKS: índice de masa corporal activa; CSA: sección de área transversal; VE: volumen espirado; VO₂: consumo de oxígeno; FC: Frecuencia Cardíaca; VT1: umbral aeróbico; VT2: umbral anaeróbico. *: el Sumatorio de 8 pliegues incluye el perfil de pliegues, excepto el pectoral.

Figura 1. Perfil de proporcionalidad de ambas selecciones.



BRZ: Brazo; CONTR: Contraído; RELAJ: Relajado; SUP: Superior; A-P: Anteroposterior, ANT: Anterior. Valor de la "z" por el método Phantom¹⁶ Selección 1996 rombo y selección 2016 cuadrado.

Discusión

La primera diferencia entre las gimnastas es la edad en la que participaron en los juegos olímpicos. Las del C96 tenían 16 años mientras que las del C16 compitieron con 22 años, siendo todas ellas post-puberales. La distinta edad puede ser en parte la causa de algunas de las diferencias encontradas en el resto de las variables pero no la única. La edad, peso, talla e IMC de las gimnastas de los otros países que compartieron el pódium con las españolas, los conjuntos de Rusia (CR) y Bulgaria (CB) se muestran en la tabla 2^{19,20}. La edad media de estas gimnastas en los JJOO de 1996 fue 17.4 años y en los JJOO de 2016 fue 21.8

años; existiendo diferencia estadísticamente significativa (p=0.001). Hay por tanto una tendencia a conjuntos integrados por gimnastas de mayor edad.

Tabla 2. Características generales. Selecciones Internacionales 1996-2016

JJO0		País	Edad (años)	Peso (kg)	Talla (cm)	IMC (kg/m ²)
1996	Oro	España	16.3 ± 0.8	40.2 ± 3.4	160.7 ± 3.2	15.5 ± 0.8
	Plata	Bulgaria	18.2 ± 1.2	47.5 ± 2.7	171.8 ± 3.2	16.1 ± 0.6
	Bronce	Rusia	17.7 ± 1.4	45.0 ± 3.6	169.7 ± 5.1	15.6 ± 0.6
	Total	N = 18	17.4 ± 1.3	44.2 ± 4.4	167.4 ± 6.2	15.7 ± 0.7
2016	Oro	Rusia	20.6 ± 2.9	49.0 ± 3.5	170.4 ± 4.3	16.9 ± 0.5
	Plata	España	22.1 ± 1.3	53.3 ± 2.1	170.5 ± 3.5	18.3 ± 0.7
	Bronce	Bulgaria	22.6 ± 2.3	53.6 ± 3.1	172.4 ± 3.6	18.0 ± 0.5
	Total	N = 15	21.8 ± 2.3	52.0 ± 3.5	171.1 ± 3.7	17.7 ± 0.8

JJO0: Juegos Olímpicos; IMC: índice de masa corporal, N: tamaño de la muestra. Resultados de la Prueba de Kruskal-Wallis: JJOO 1996: Entre España y Bulgaria, peso p<0.011; talla p<0.010. JJOO 2016: Entre España y Rusia, IMC p< 0.008. Resultados de la Prueba U de Mann - Whitney entre JJOO de 1996 y 2016: Edad p<0.001, Peso e IMC p<0.0001.

Entre los equipos C96-C16, la diferencia en la estatura fue de casi 10 cm y en la envergadura de 14.5 cm. En cuanto al peso, las gimnastas del C16, superó en 13 kg de media al peso de las del C96. Este aumento se debe a su componente magro, con mayor desarrollo óseo y muscular. En el componente óseo, destacar su mayor altura, cintura escapular, caja torácica y cadera. El desarrollo muscular es mayor a nivel de hombros, brazo, muslo y pierna. La masa muscular (kg) es mayor en el C16, pero en relación a la estatura (kg/m²) es similar. La masa magra en relación al cubo de la talla (IAKS, g/cm³) fue superior en las del C16, pasando de situarse del percentil 1 en el C96 al percentil 10 respecto a la población deportista española²¹.

Además de la diferencia en la edad, las gimnastas pertenecientes a las selecciones internacionales del pódium en los JJOO de 2016^{19,20} tenían también mayor peso corporal (52 vs. 44.2 kg) y mayor IMC (17.7 vs. 15.7 kg/m²) que las selecciones de los JJOO de 1996.

La fuerza que puede desarrollarse en cada segmento corporal se relaciona directamente con su CSA y en las gimnastas del C16 fueron superiores. Si situamos las CSA medias de ambos conjuntos en los percentiles de la población deportista española²¹ comprobamos que a nivel de brazo y muslo pasan del percentil 1 al percentil 25 y 15 respectivamente, y a nivel de pierna del percentil 3 al percentil 50. Constatamos que es a nivel de pierna donde se da la mayor diferencia en el desarrollo muscular y en segundo lugar en brazo.

Al ser las gimnastas más altas su centro de gravedad parte de mayor altura, lo que junto a una mayor fuerza del tren inferior, les confiere una capacidad de salto superior, con mayor altura y amplitud y mejor dominio corporal durante la fase de vuelo y en el aterrizaje. Esto propicia que los ejercicios puedan aumentar en dificultad manteniendo una correcta ejecución. También la mayor envergadura y fuerza muscular en los brazos proporciona ventajas en relación a los intercambios, lanzamientos y manejo de los aparatos con más intensidad y seguridad.

En el somatotipo ambos conjuntos tienen el componente ectomorfo dominante, indicando el predominio de las dimensiones longitudinales sobre las transversales (linealidad); alcanzando valores superiores en las gimnastas del C96 debido a su menor volumen (peso) en relación a su longitud (talla) que las del C16.

La gimnasia rítmica es un deporte de corta duración, el tiempo del ejercicio de conjunto en competición es de 2 minutos y 15 segundos; considerándose un deporte de vía energética mixta aeróbica-anaeróbica²². La potencia aeróbica máxima fue superior en las gimnastas del C16; esta mayor capacidad de producción de energía aeróbica fue consecuencia de su mayor peso corporal, ya que cuando se obtuvo en valores relativos la media fue similar en ambos conjuntos, aunque con un rango amplio en ambas muestras. Las medias de VO₂max en la gimnasia de elite^{3,23} se sitúan entre 50 ml·kg⁻¹·min⁻¹ y 54.8 ml·kg⁻¹·min⁻¹. Varias gimnastas

quedaron con un VO_2 inferior; no parece pues que la potencia aeróbica sea un limitante, explicando en el estudio de Douda⁹ el 7.4% de la varianza en el rendimiento.

En cuanto a los umbrales, aunque no se obtuvieron diferencias significativas, debido en parte al tamaño de la muestra y a su dispersión, si parece que las gimnastas del C16 tienen tendencia a tener el umbral VT1 en un porcentaje mayor del VO_2 y de FC máxima que las del C96. Ello se podría reflejar en una mayor resistencia a la fatiga en ejercicios tipo continuo extensivo, resistencia general, con una mejor capacidad oxidativa a partir de las grasas a intensidades de esfuerzo submáximas.

Aunque la edad de la menarquia está retrasada en las gimnastas e inicialmente son frecuentes las alteraciones en el ciclo menstrual, en las del C16 se constató que todas terminaron teniendo un ciclo regular. Georgopoulos et al.²⁴ en su estudio de 255 gimnastas (11 a 23 años) encontró hallazgos similares; únicamente el 32% habían tenido la menarquia a una edad media de 14.3 ± 1.5 años.

Entre las limitaciones de este estudio figura no contar con los datos específicos del tipo de entrenamiento de cada conjunto así como de las puntuaciones obtenidas en los diferentes apartados en cada una de las competiciones. También el pequeño número de la muestra, al ser solo las representantes del conjunto español, hubiera sido preferible determinar los perfiles incluyendo a las gimnastas olímpicas del resto de los países.

Los técnicos deportivos deberán tener en cuenta que las gimnastas de rítmica pueden aumentar su peso corporal debido al componente magro, lo que requerirá para valorarlo de una técnica que determine su composición corporal para distinguir entre los diferentes componentes. Por otra parte, al mantenerse las gimnastas durante más años en el alto rendimiento, se pudiera plantear en el futuro un cambio en la clasificación por edades de las diferentes categorías.

El CP ha ido evolucionando desde el primer ciclo olímpico, se han ido incorporando mayor número de elementos corporales y tomando relevancia cualidades físicas como la fuerza explosiva y la resistencia específica²⁵. En el último ciclo olímpico (2013-2016) se ha primado el componente artístico, el dominio de los aparatos y la combinación de pasos de danza, con disminución del número de dificultades. La flexibilidad extrema ya no es lo más esencial, requiriéndose de más fuerza y coordinación neuromuscular por el mayor tipo de saltos, dinamismo y elementos acrobáticos que integran actualmente la composición del ejercicio^{1,11,25,26}.

En este estudio hemos constatado que se ha producido un cambio en el perfil de la gimnasta de rítmica que compite en los ejercicios de conjuntos en los últimos veinte años. Las diferencias encontradas son su mayor edad, estatura, envergadura, desarrollo musculoesquelético y VO_{2max} en valores absolutos. Este cambio puede ser consecuencia de las diferentes demandas que la gimnasia rítmica tiene en la actualidad.

Por último, la gimnasia rítmica al ser una combinación de deporte, expresión corporal y música, requiere además de unas cualidades físicas determinadas de una gran fuerza expresiva y artística que se desarrolla con la experiencia y la madurez de la gimnasta.

Autoría. Todos los autores han contribuido intelectualmente en el desarrollo del trabajo, asumen la responsabilidad de los contenidos y, asimismo, están de acuerdo con la versión definitiva del artículo. **Financiación.** Los autores declaran no haber recibido financiación. **Agradecimientos.** Queremos agradecer a las gimnastas de los conjuntos y al equipo técnico de la Real Federación Española de Gimnasia por su confianza y generosidad en la cesión de los datos para este estudio y al personal de apoyo de los servicios de fisiología y antropometría del Centro de Medicina del Deporte: Maite García, Pilar Antón, Cristina Arribas y Susana Higuera por su colaboración en el trabajo. **Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener conflicto de intereses. **Origen y revisión.** No se ha realizado por encargo, la revisión ha sido externa y por pares. **Responsabilidades éticas.** Protección de personas y animales: Los autores declaran que los procedimientos seguidos están conforme a las normas éticas de la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. Confidencialidad: Los autores declaran que han seguido los protocolos

establecidos por sus respectivos centros para acceder a los datos de las historias clínicas para poder realizar este tipo de publicación con el objeto de realizar una investigación/divulgación para la comunidad. Privacidad: Los autores declaran que no aparecen datos de los pacientes en este artículo.

Bibliografía

- Mendizabal Albizu S. Patología en gimnastas de rítmica de alto rendimiento retiradas [tesis doctoral]. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid; 2000.
- Fernández del Valle A. Gimnasia rítmica deportiva: aspectos y evolución. Madrid: Librerías deportivas Esteban Sanz, SL; 1995
- Alexander MJL. Physiological characteristics of top ranked rhythmic gymnasts over three years. *J Hum Mov Stud.* 1991;21:99-127.
- Irurtia A, Pons V, Busquets A, Marina M, Carrasco M, Rodríguez L. Talla, peso, somatotipo y composición corporal en gimnastas de élite españolas (gimnasia rítmica) desde la infancia hasta la edad adulta. *Apunts Educ Fis Deport.* 2009;95:64-74.
- Purenović-Ivanović T, Popović R, Stefanović N, Aleksić D. Anthropometric profile of Serbian rhythmic gymnasts of different age categories. In: Proceedings of the 2nd Electronic International Interdisciplinary Conference; EDIS - Publishing Institution of the University of Zilina; 2013. p. 291-6.
- Galetta F, Franzoni F, D'alessandro C, Piazza M, Tocchini L, Fallahi P, et al. Body composition and cardiac dimensions in elite rhythmic gymnasts. *J Sports Med Phys Fitness* 2015;55:946-52.
- Arriaza E, Rodríguez C, Carrasco C, Mardones C, Niedmann L, López-Fuenzalida A. Anthropometric characteristics of elite rhythmic gymnasts. *Int J Morphol.* 2016;34:17-22.
- Purenović-Ivanović T, Popović R, Bubanj S, Stanković R. Rhythmic gymnasts' somatotype: is it a predictive factor for rg performance? *Acta Kinesiol.* 2016;10(1):92-9.
- Douda HT, Toubekis AG, Avloniti AA, Tokmakidis SP. Physiological and anthropometric determinants of rhythmic gymnastics performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2008;3:41-54.
- Fédération Internationale de Gymnastique. Código de Puntuación. Gimnasia Rítmica 2013-2016. Aprobado por el Comité Ejecutivo de la FIG. [acceso 26 de octubre de 2016]. Disponible en: <https://www.yumpu.com/en/document/view/17489555/2013-2016-code-of-points-rhythmic-gymnastics>
- Fédération Internationale de Gymnastique. Código de Puntuación. Gimnasia Rítmica 2017-2020. Aprobado por el Comité Ejecutivo de la FIG. [acceso 26 de octubre de 2016]. Disponible en: http://www.fig-gymnastics.com/publicdir/rules/files/rg/RG_CoP%202017-2020_sp.pdf
- Curell N. Normalidad y alteraciones de la menstruación en adolescentes. *Pediatr Integral* 2013;18:161-70.
- Canda A. Estandarización y dimensiones antropométricas. En: Variables antropométricas de la población deportista español. Madrid: Consejo Superior de Deportes. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte; 2012. p.25-108.
- Withers RT, Whittingham NO, Norton KI, La Forgia J, Ellis MW, Crockett A. Relative body fat and anthropometric prediction of body density of female athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1987;56:169-80.
- 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.
- Heymsfield SB, McManus AD, Smith J, Stevens V, Nixon D.W. Anthropometric measurement of muscle-mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *Am J Clin Nutr.* 1982;36:680-90.
- Carter JEL, Heath BH. Somatotyping. Development and applications. Cambridge: Cambridge University Press; 1991.
- Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinanthropometry. En: MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ, editores. Physiological testing of the high performance athlete. Champaign, Illinois: Human Kinetics; 1991. p.223-308.
- Olympic Games [Sede Web]. Search. [acceso 21 de octubre de 2016]. Disponible en: <https://www.rio2016.com/es/busqueda-atletas?q=Gimnasia+r%u00edt mica>
- Sports Reference LLC [Sede Web]. Olympic Athlete Directory. [acceso 21 de octubre de 2016]. Disponible en: <http://www.sports-reference.com/olympics/athletes/>
- Canda A. Tablas resumen de los valores de referencia. En: Variables antropométricas de la población deportista español. Madrid: Consejo Superior de Deportes. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte; 2012.p. 209-39.
- Pérez G, Jiménez E. Análisis de la gimnasia rítmica deportiva. *Leet Educ Fis Deportes (Revista Digital).* 2013. [acceso 25 de octubre de 2016]. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/>
- Rabadán M. La ergoespirometría en el alto rendimiento deportivo. En: Análisis, valoración y monitorización del entrenamiento de alto rendimiento deportivo. Madrid: Unidad editorial Consejo Superior de Deportes. Presidencia de Gobierno; 2010.p.91-136.
- Georgopoulos N, Markou K, Theodoropoulou A, Paraskevopoulou P, Varaki L, Kazantzi Z, et al. Growth and pubertal development in elite female rhythmic gymnasts. *J Clin Endocrinol Metab.* 1999;84:4525-30.
- Bobo M, Sierra E. Estudio de las repercusiones de los cambios de código de puntuación en la composición de los ejercicios de gimnasia rítmica en la técnica corporal. *RED. Rev Entren Deporte.* 2004; 18(3): 37-42.
- Toledo E, Antualpa K. The appreciation of artistic aspects of the Code of Points in rhythmic gymnastics: an analysis of the last three decades. *Rev Bras Educ Fis Esporte.* 2016;30:119-31.