

Composición corporal y mineral óseo en gimnastas femeninas pre- y peripuberales

Saraví F.D. y Aquila Dumit F. J.

Unidad de Densitometría Ósea, Escuela de Medicina Nuclear y Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Cuyo.

Departamento Provincial de Medicina del Deporte, Mendoza.

Resumen

Introducción

La actividad física puede modificar la composición corporal y la mineralización ósea. Se compararon ambas variables en gimnastas femeninas de competición y controles apareados por edad y sexo que realizaban gimnasia recreativa (n = 12 en cada grupo; edades 9 a 14 años).

Material y métodos

La composición corporal se evaluó por métodos antropométricos y densitometría de rayos X (DXA). El contenido mineral y la densidad mineral óseas se midieron por DXA en cuerpo entero y columna lumbar. La ingesta de calcio se estimó por encuesta.

Resultados

No hubo diferencias en etapa puberal, talla ni masa magra. El grupo control tuvo mayor ingesta de calcio, masa corporal, índice de masa corporal y masa adiposa. No hubo diferencia significativa en los valores medios de contenido mineral y la densidad mineral en el cuerpo entero ni en la columna lumbar. Hubo correlaciones muy significativas entre el contenido mineral óseo y el peso corporal en ambos grupos, como también entre densidad mineral ósea y masa corporal. Las pendientes de las líneas de regresión fueron similares en ambos grupos, pero la intersección en el eje "y" fue significativamente mayor para las gimnastas de competición.

Conclusiones

Pese a una menor ingesta de calcio, en las jóvenes con actividad física intensa la mineralización ósea en relación a la masa corporal fue superior a la de las controles, lo que puede atribuirse a un efecto favorable de la actividad física sobre la mineralización ósea.

Palabras claves

Absorciometría de rayos X, Antropometría, Composición corporal, Densidad mineral ósea, Ejercicio físico.

Abstract

Body composition and bone mineral in female pre- and peripuberal elite gymnasts.

Introduction

Intensive training may influence body composition and bone mineral. Highly trained female gymnasts were compared with age-matched girls exercising for leisure.

Methods

Each group included 12 girls (age range 9 to 14 years). Height and weight (BW) were measured and BMI calculated. Body composition, bone mineral content (BMC) and density (BMD) were determined by absorptiometry (Lunar DPX-L) and anthropometry. Calcium intake was estimated by survey. Pubertal stage was assessed clinically.

Results

No significant differences were found in pubertal stage, height, or lean body mass. Controls had higher mean calcium intake, body mass and body mass index. Fat mass was also higher in controls. The slope of the regression line between BW and fat mass was similar in both groups, but its elevation was less in gymnasts. Mean BMC and BMD in lumbar spine and whole body was non-significantly higher in gymnasts. BMC was highly correlated with total body mass and lean mass. The same was true for BMD total body mass, and lean mass.

While body mass-BMC and body mass-BMD regression lines had the same slopes in both groups, EG had consistently higher Y intercepts (higher elevation), with P values ranging from < 0.0001 to < 0.01 .

Conclusions

The relationship between fat mass and BW is set at a lower level in elite gymnasts, while the relationship between BMC and BMD and BW is set at a higher level. Thus in this group of subjects high intensity training seems to mechanostatically influence bone mineralization.

Key words

Anthropometry, Body composition, Bone mineral density, Exercise, X-ray absorptiometry.

Introducción

El estado mineral óseo depende de los factores tróficos que mantienen la integridad del hueso. Entre estos factores sobresale la actividad física en el campo gravitatorio, como lo muestra la rápida desmineralización que se produce en personas obligadas a guardar cama y en astronautas (1, 2). En ambos sexos y en todas las edades, la densidad mineral ósea depende de un nivel habitual de actividad física (3). La relación entre actividad física y estado mineral óseo se debe a que las fuerzas compresivas que actúan sobre el hueso inhiben la actividad osteoclástica (resorción) y promueven la actividad osteoblástica (4).

El efecto del ejercicio según su tipo, intensidad y duración ha sido ampliamente estudiado en adultos, especialmente en mujeres posmenopáusicas (5-10). El riesgo de desarrollar osteoporosis en etapas tardías de la vida se relaciona inversamente con el pico de masa ósea alcanzada (11). Se estima que un incremento de 10 % en la máxima masa ósea alcanzada retarda en 13 años la aparición de osteoporosis (12). Dado que dicho pico se alcanza debido a la acumulación de mineral en las primeras décadas de la vida, para la prevención de fracturas resulta de interés el estudio de los factores que influyen en la mineralización ósea de niños y adolescentes.

Por diversos factores, ha sido relativamente poco estudiado el efecto del ejercicio en las etapas tempranas de la vida, donde su valor protector podría ser máximo. Un estudio comparó niñas premenárquicas de 9 y 10 años que realizaron un programa de ejercicio durante 10 meses con controles que no realizaron dicho programa, se halló mayor aumento de la densidad mineral y de masa magra, con menor aumento de masa grasa en el grupo tratado (13). Otros autores compararon niñas deportistas (nadadoras y gimnastas) y sedentarias, y hallaron mayores valores de densidad mineral en las gimnastas, pero no en las nadadoras, en comparación con las sedentarias (14).

Por otra parte, en las jóvenes el exceso de ejercicio puede resultar contraproducente debido a lo que se denomina la tríada de la atleta: trastornos de la conducta alimentaria, amenorrea y osteoporosis. Cuando la ingesta calórica es insuficiente para compensar el gasto energético, se afecta el eje hipotálamo-hipófiso-ovárico, con lo que se produce amenorrea y, de prolongarse la hiposecreción de estrógenos, una reducción en la masa ósea (15). Por encontrarse en un período de rápida aposición de la masa ósea y por sus características psicológicas, las atletas jovencitas tienen un riesgo elevado de padecer el trastorno (16,17).

Con el objeto de estudiar el balance entre los efectos potencialmente beneficiosos y adversos del ejercicio físico intenso y sostenido, se comparó transversalmente la masa ósea y la composición corporal de gimnastas de competición con un grupo control. Como objetivo secundario, se evaluó la correspondencia entre la determinación de la composición corporal mediante métodos de bioimpedancia y cineantropometría con la obtenida mediante absorciometría de rayos X de dos energías (DXA).

Sujetos y métodos

El grupo en estudio comprendió las 12 atletas de Mendoza consideradas competitivas a nivel nacional en la especialidad de gimnasia artística, con edades entre 9 y 14 años. Estas jóvenes realizaban 20 horas semanales de ejercicio de entrenamiento. Se empleó como grupo control 12 jovencitas que

realizaban gimnasia artística con fines recreativos regularmente, durante 2 ó 3 horas por semana.

El reclutamiento del grupo control fue realizado por los profesores de educación física responsable del entrenamiento de las gimnastas. Se solicitó consentimiento informado a los padres de ambos grupos de jovencitas. El protocolo fue aprobado en sus aspectos metodológicos y éticos por el Comité de Docencia e Investigación de la Fundación Escuela de Medicina Nuclear.

Se midió el peso y la talla de cada participante y se calculó su índice de masa corporal (IMC, kg/m²). La composición corporal se determinó en el mismo día mediante impedanciometría (Omron BF 302) y cineantropometría (plicómetro y paquímetros Holtain, Reino Unido) y por absorciometría de rayos X (18-21) con un densitómetro clínico Lunar DPX-L. Se calculó el índice de masa grasa y el cociente de masa magra como el cociente de la correspondiente masa en kilogramos y la talla en metros elevada al cuadrado (22).

Se determinó asimismo mediante absorciometría el contenido y la densidad mineral del esqueleto completo y de la columna lumbar (L2-L4). El equipo se calibró según las especificaciones del fabricante y las recomendaciones aceptadas internacionalmente para control de calidad (23). Para la adquisición y el análisis se empleó el software pediátrico provisto con el aparato. La ingesta de calcio se calculó mediante una encuesta alimentaria validada como equivalente a un registro diario de ingesta (24).

Los análisis estadísticos se realizaron mediante el software Prism 3.0 e InStat 3.0 (GraphPad Software, San Diego, EE.UU.). Las diferencias entre medias fueron analizadas mediante pruebas t de Student para datos no apareados, previa comprobación de que la distribución no se apartara significativamente de la normal. Las proporciones se analizaron mediante la prueba exacta de Fisher. Se realizó asimismo regresión lineal. Se consideró significativo un valor de $p < 0.05$.

Resultados

La edad, las variables físicas y la ingesta de calcio de las participantes se muestran en la Tabla 1. Solamente hubo diferencias en el IMC y la ingesta diaria media de calcio, en ambos casos mayor en el grupo testigo.

La composición corporal determinada por DXA se presenta en la Tabla 2. No hubo diferencia en la masa magra ni el índice de masa magra, pero la masa grasa y el índice de masa grasa fue significativamente menor en las gimnastas. El análisis de regresión lineal mostró que la pendiente de la relación entre masa corporal y masa grasa era similar en ambos grupos, pero la posición de la línea de regresión era significativamente menor en las gimnastas.

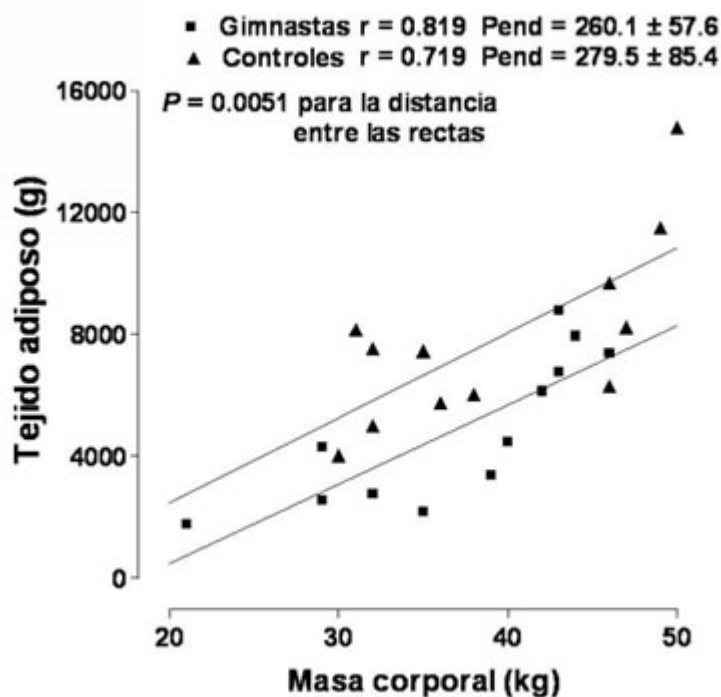


Figura 1: Regresión lineal de la masa adiposa en función de la masa corporal en gimnastas ($n = 12$; cuadrados) y controles ($n = 12$; triángulos).

El porcentaje de tejido adiposo por absorciometría para las 24 niñas (media \pm DS = 13.54 ± 4.79 %) mostró correlación significativa con las estimaciones obtenidas por métodos impedanciométrico y antropométrico, que emplean diversas ecuaciones para el cálculo (25). : El valor de p fue de 0.0197 para la

ecuación de Kerr y menor de 0.0001 para las ecuaciones de Durning-Siri, Yuhasz, CAR San Cugat y Matiegka. Sin embargo, la ecuación de Kerr brinda resultados que sobreestiman la proporción de masa adiposa ($33.54 \pm 3.41 \%$), y lo mismo ocurre, en menor medida, con la de Durning-Siri ($23.17 \pm 5.36 \%$). Por otra parte, las ecuaciones de Matiegka y de Yuhasz subestiman la referida proporción, con valores de $12.85 \pm 2.04 \%$ y $14.56 \pm 2.76 \%$, respectivamente. El valor medio más aproximado al obtenido por absorciometría corresponde a la ecuación del CAR San Cugat (Barcelona), que fue de $16.77 \pm 1.09 \%$, con un $r = 0.970$ (Figura 2).

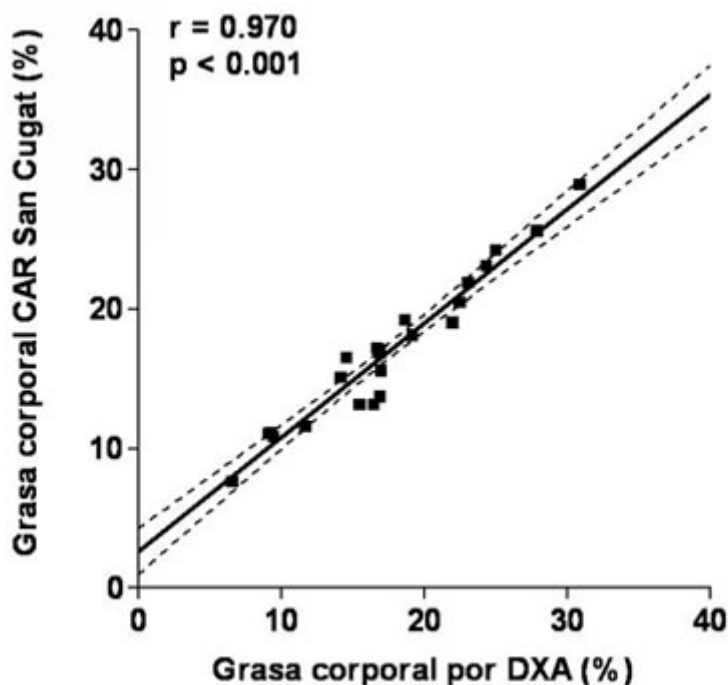


Figura 2: Regresión lineal entre el porcentaje de grasa corporal determinado por absorciometría (DXA) y calculado a partir de impedanciometría y cineantropometría con la ecuación de CAR San Cugat. Se incluyen gimnasta y controles (n = 24).

Los valores medios de contenido mineral y de densidad mineral óseos en cuerpo entero y en columna lumbar fueron mayores en las gimnastas, pero sin alcanzar significación estadística (Tabla 3). Todas las regiones del cuerpo contribuyeron a la diferencia, con excepción del cráneo, cuyo contenido mineral

fue menor en las gimnastas (356.9 ± 14.8 g) que en las controles (382.6 ± 17.9 g), al igual que la densidad mineral, respectivamente 1.653 ± 0.047 g/cm² y 1.696 ± 0.065 g/cm². Esta tendencia tampoco alcanzó significación estadística.

Tanto para el cuerpo entero como para la columna lumbar, la regresión lineal demostró correlaciones muy significativas entre el contenido mineral óseo y la masa corporal total, y entre la densidad mineral ósea y la masa corporal total (Figura 3). Otro tanto ocurrió con la masa magra.

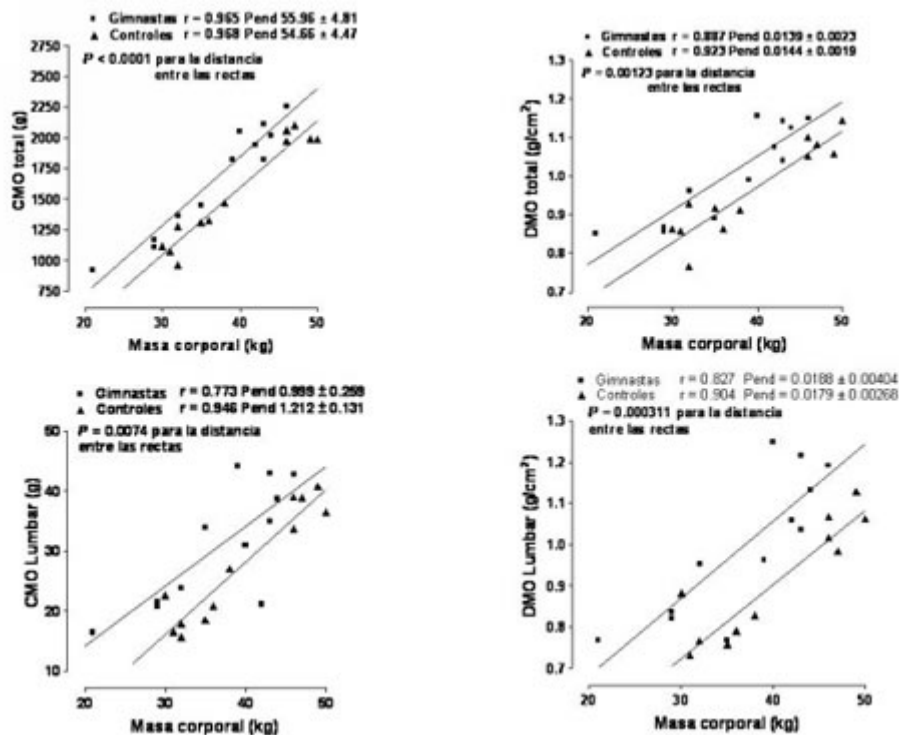


Figura 3: Regresión lineal entre la masa corporal y el contenido mineral del esqueleto total (CMO total) y de la columna lumbar (CMO lumbar), y las respectivas densidades minerales óseas (DMO total y DMO lumbar).

Las líneas de regresión del contenido mineral óseo y la densidad mineral ósea en relación a la masa corporal tuvieron igual pendiente en ambos grupos, pero en el grupo de gimnastas tuvieron una elevación (valor de la intersección en el eje “y”) significativamente superior. Por otra parte, para la masa magra solamente la densidad mineral ósea de la columna lumbar tuvo una elevación mayor ($p = 0.015$) en el grupo de gimnastas que en el grupo testigo.

Discusión

En el presente trabajo, se halló una diferencia significativa en el índice de masa corporal entre gimnastas y controles, que fue debido exclusivamente a una menor masa adiposa; no hubo diferencia en la masa magra de ambos grupos. Este hallazgo contrasta con el informado por Morris y colaboradores (13), quienes no hallaron diferencias en el índice de masa corporal en niñas sometidas durante diez meses a un programa de ejercicio físico. En estas niñas, la reducción del índice de masa grasa fue compensado por un aumento en el índice de masa magra. La diferencia puede atribuirse al tipo de actividad física y a la naturaleza longitudinal del estudio citado. Nuestros resultados coinciden, sin embargo, en que las niñas con elevada actividad física poseen menor masa grasa en relación con su masa corporal.

Se halló significativa correlación entre las determinaciones realizadas por absorciometría y las efectuadas por impedanciometría y cineantropometría, cualquiera fuese la ecuación empleada en este último caso para calcular la masa grasa. No obstante, el cálculo mediante la ecuación de CAR San Cugat resultó la que proporciona mayor aproximación a los valores obtenidos mediante absorciometría, indicando que su uso es preferible al de otras ecuaciones para determinaciones en niñas de 9 a 14 años.

Todas las participantes de ambos grupos tuvieron valores de densidad mineral ósea dentro del rango normal para la población pediátrica argentina determinada con el mismo modelo de densitómetro (26). Otros estudios han hallado una mayor densidad mineral en niñas (13,14) y adultos (27) que practican actividad deportiva con alto impacto. La falta de diferencia significativa en el contenido mineral de ambos grupos puede deberse a múltiples causas. La más importante es el tamaño de la muestra, restringida por el limitado número de gimnastas artísticas que cumplían los requisitos de inclusión. Otro factor que puede haber contribuido es la menor ingesta de calcio en las gimnastas, que podría atenuar el efecto favorable de la actividad física (28). De todos modos, un estudio longitudinal demostró que el ejercicio que genera fuerzas compresivas es un factor más importante que la magnitud de la ingesta de calcio en determinar la masa ósea máxima (29). De acuerdo con los

presentes resultados, un alto nivel de intensidad de esta actividad física en niñas de 9 a 14 años durante períodos prolongados carece de impacto negativo sobre la mineralización ósea.

En este sentido cabe destacar que, si bien en ambos grupos se halló una significativa relación entre la masa ósea y la masa corporal, la posición de la línea de regresión fue más elevada en las gimnastas, lo que significa un valor mayor de contenido mineral y densidad mineral ósea para el mismo peso corporal o, a la inversa, igual contenido mineral y densidad mineral ósea con un peso corporal menor. Hace décadas, Frost desarrolló un modelo que explica la influencia de la carga mecánica sobre el desarrollo óseo (30). A la luz de dicho modelo y hallazgos clínicos y experimentales que lo apoyan (4), cabe suponer que las gimnastas aquí estudiadas mantienen una masa ósea elevada para su masa corporal debido a su mayor nivel de actividad física.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por la Fundación Escuela de Medicina Nuclear, Mendoza, Argentina. Agradecemos la colaboración de las gimnastas, sus padres y los profesores del Gimnasio Municipal 2 de Mendoza, como también la invaluable asistencia de la Técnica Radióloga María Angélica Andrada

Referencias

1. Sinaki M. Exercise and osteoporosis. Arch Phys Med Rehab 70: 220-229, 1989.
2. Bouxsein M, Marcus R. Overview of exercise and bone mass. Rheum Dis Clin N Amer 8:787-801, 1994.
3. World Health Organization. Prevention and management of osteoporosis: Report of a WHO scientific group. Geneva: WHO Technical Report Series, number 921, 2003.
4. Ferretti JL, Cointry GR, Capozza RF, Frost HM. Bone mass, bone strength, muscle-bone interactions, osteopenias and osteoporoses. Mech Ageing

-
- Develop 124: 269-279, 2003.
5. Wallace BA, Cumming RG. Systematic review of randomized trials of the effect of exercise on bone mass in pre- and postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 67: 10-18, 2000.
 6. Kelley GA, Kelley KS, Tran ZV. Exercise and lumbar spine bone mineral density in postmenopausal women: A meta-analysis of individual patient data. *J Gerontol* 57A: M599-M604, 2002.
 7. Going S, Lohman T, Houtkooper L, Metcalfe L, Flint-Wagner H, Blew R, y col. Effects of exercise in calcium-replete postmenopausal women with and without hormone replacement therapy. *Osteoporosis Int* 14: 637-643, 2003.
 8. Milliken LA, Going SB, Houtkooper LB, Flint-Wagner HG, Figueroa A, Metcalfe LL, y col. Effects of exercise training on bone remodeling, insulin-like growth factors, and bone mineral density in postmenopausal women with and without hormone replacement therapy. *Calcif Tissue Int* 72: 478-484, 2003.
 9. Bonaiuti D, Shea B, Iovine R, Negrini S, Robinson V, Kenmpfer HC, y col. Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 1, 2004. Oxford: Update Software.
 10. Kemmler W, Lauber D, Weineck J, Hensen J, Kalender W, Engelke K. Benefits of 2 years of intense exercise on bone density, physical fitness, and blood lipids in early postmenopausal osteopenic women. *Arch Intern Med* 164: 1084-1091, 2004.
 11. Nordin BEC, Talbot JR. Factores de riesgo. En Zanchetta JR, Talbot JR (Ed.), *Osteoporosis: Fisiopatología, diagnóstico, prevención y tratamiento*. Buenos Aires: Panamericana, 2001, pp. 121-135.
 12. Hernández CJ, Beaupré GS, Carter DR. A theoretical analysis of the relative influences of peak BMD, age-related bone loss and menopause on the development of osteoporosis. *Osteopor Int* 14: 843-847, 2003.

-
13. Morris FL, Naughton GA, Gibbs JL, Carlson JS, Wark JD. Prospective ten-month exercise intervention in premenarchal girls: positive effects on bone and lean mass. *J Bone Miner Res* 12: 1453-1462, 1997.
 14. Courteix D, Lespeissailles E, Loiseau Peres S, Obert P, Germain P, Benhamou CL. Effect of physical training on bone mineral density in prepubertal girls: A comparative study between impact loading and non-impact loading sports. *Osteopor Int* 8: 152-158, 1998.
 15. Birch K. Female athlete triad. *Br Med J* 330:244-246, 2005.
 16. Kazis K, Iglesias E. The female athlete triad. *Adolesc Med* 14: 87-95, 2003.
 17. Gordon CM, Nelson LM. Amenorrhea and bone health in adolescents and young women. *Curr Opin Obstet Gynecol* 15: 377-384, 2003.
 18. Laskey MA. Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition. *Nutrition* 12:45-51, 1996.
 19. Tothill P, Hannan WJ. Bone mineral and soft tissue measurements by dual-energy X-ray absorptiometry during growth. *Bone* 31: 492-496, 2002.
 20. van der Sluis IM, de Ridder MAJ, Boot AM, Krenning EP, de Muinck Kreizer-Schrama SMPF. Reference data for bone density and body composition measured with dual x-ray absorptiometry in white children and young adults. *Arch Dis Child* 87: 341-347, 2002
 21. Sopher AB, Thornton JC, Wang J, Pierson RN Jr, Heymsfield SB, Horlick M. Measurement of percentage body fat in 411 children and adolescents: A comparison of dual-energy X-ray absorptiometry with a four-compartment model. *Pediatrics* 113: 285-1290, 2004.
 22. Kyle UG, Schutz Y, Dupertuis YM, Pichard C. Body composition interpretation: Contributions of the fat-free mass index and the body fat mass index. *Nutrition* 19: 597-604, 2003.
 23. Gluer, C.C.; Blake, G.; Lu, Y.; Blunt, B.A.; Genant, H.K. Accurate assessment of precision errors: how to measure the reproducibility errors of

- bone densitometry techniques. *Osteopor Int* 5: 262-270, 1995.
24. Welten DC, Kemper HC, Post GB, van Staveren WA. Comparison of a quantitative dairy questionnaire with a dietary history in young adults. *Int J Epidemiol* 24: 763-770, 1995.
 25. Norton K, Olds T (Ed.). *Antropométrica*. Maza JC, Editor en español. Rosario: Biosystem Servicio Educativo, 2000.
 26. Cassinelli H, Heinrich JJ, Miglietta A, Mondino A, Quirós P, Moreno F y col. Densidad mineral ósea en columna lumbar, cuello femoral y esqueleto total en niños normales argentinos: Estudio colaborativo. *Osteología* 1: 17, 1998.
 27. Wittich A, Oliveri MB, Rotemberg E, Mautalén C. Body composition of professional football (soccer) players determined by dual x-ray absorptiometry. *J Clin Densitom* 4: 51-55, 2001.
 28. Anderson JJB. Calcium requirements during adolescence to maximize bone health. *J Am Coll Nutr* 20 (Suppl.): 186S-191S, 2001.
 29. Welten DC, Kemper HC, Post GB, Van Mechelen W, Twisk J, Lips P y col. Weight-bearing activity during youth is a more important factor for peak bone mass than calcium intake. *J Bone Miner Res* 9: 1089-1096, 1994.
 30. Frost HM. Mechanical determinants of bone modeling. *Metab Bone Dis Rel Res* 4: 217-229, 1982.

Tabla 1: Características de las participantes.

Los valores son media \pm SEM excepto para la proporción premenarca/posmenarca; NS = no significativo.

Variable	Gimnastas (n = 12)	Controles (n = 12)	P
Edad (años)	11.83 \pm 0.53	11.33 \pm 0.482	NS
Premenarca/posmenarca	5/7	6/6	NS

Talla (cm)	144.8 ± 2.9	145.5 ± 2.8	NS
Masa (kg)	36.9 ± 2.2	39.3 ± 2.2	< 0.05
Índice de masa corporal (kg/m ²)	17.3 ± 0.6	18.4 ± 0.5	< 0.05
Ingesta de calcio (mg/día)	583 ± 64	729 ± 95	< 0.05

Tabla 2: Composición del tejido blando por absorciometría de rayos X (DXA).

Los valores son media ± SEM excepto para los porcentajes de masa magra y masa grasa; NS = no significativo.

Variable	Gimnastas (n = 12)	Controles (n = 12)	P
Masa magra (kg)	29.7 ± 1.6	29.3 ± 1.6	NS
Masa magra (% de la masa corporal)	80.5	74.5	NS
Índice de masa magra (kg/m ²)	13.99 ± 0.34	13.68 ± 0.30	NS
Masa grasa (kg)	4.87 ± 0.71	7.87 ± 0.86	0.02
Masa grasa (% de la masa corporal)	13.5	21.0	0.002
Índice de masa grasa (kg/m ²)	2.27 ± 0.30	3.94 ± 0.35	0.0025

Tabla 3: Contenido mineral óseo y densidad mineral ósea medido por absorciometría de rayos X (DXA).

Los valores son media ± SEM; NS = no significativo.

Variable	Gimnastas (n = 12)	Controles (n = 12)	P
Contenido mineral del esqueleto total (g)	1669 ± 129	1554 ± 125	NS
Densidad mineral del esqueleto total (g/cm ²)	1.009 ± 0.035	0.962 ± 0.035	NS
Contenido mineral de la columna lumbar (g)	31.0 ± 2.9	27.4 ± 2.8	NS

Densidad mineral de la columna lumbar (g/cm ²)	1.000 ± 0.050	0.892 ± 0.044	NS
---	------------------	------------------	----

Figura 1: Regresión lineal de la masa adiposa en función de la masa corporal en gimnastas (n = 12; cuadrados) y controles (n = 12; triángulos).

Figura 2: Regresión lineal entre el porcentaje de grasa corporal determinado por absorciometría (DXA) y calculado a partir de impedanciometría y cineantropometría con la ecuación de CAR San Cugat. Se incluyen gimnasta y controles (n = 24).

Figura 3: Regresión lineal entre la masa corporal y el contenido mineral del esqueleto total (CMO total) y de la columna lumbar (CMO lumbar), y las respectivas densidades minerales óseas (DMO total y DMO lumbar).