

Densidad mineral ósea en una muestra de jóvenes chilenos practicantes de diversas modalidades deportivas

Bone mineral density in a sample of young Chilean practitioners of different sports

Rossana Gómez-Campos^{1,2}, Rafael Cofré Huenul⁷, Camilo Urrea Albornoz⁴, Cristian Luarte-Rocha^{1,5}, Vladimiro Ibáñez Quispe⁶, Marco Antonio Cossio Bolaños^{1,7,8}

Resumen

Objetivos: *Objetivos: a) Comparar la densidad mineral ósea de una muestra de jóvenes chilenos practicantes de diversas modalidades deportivas y b) Analizar la densidad mineral ósea en función de la maduración biológica.*

Métodos: *Se estudiaron 146 adolescentes de sexo masculino, con un rango de edad entre 10 a 18 años. Se organizaron cinco grupos de trabajo: Grupo control (escolares n= 40), Canotaje (n= 30), Ciclismo (n=14), Fútbol (n=28) y Natación (n=34). Se evaluó el peso, estatura, altura tronco-cefálica. Se calculó el índice de Masa Corporal y la maduración biológica por medio de años de pico de velocidad de crecimiento. La densidad mineral ósea de cuerpo total y el porcentaje de grasa corporal se determinó por medio de la absorciometría de rayos X de doble energía.*

Resultados: *Los adolescentes que practicaban fútbol evidenciaron mayor densidad mineral ósea ($1,23\pm 0,12\text{g/cm}^2$) en relación a los jóvenes del ciclismo ($0,99\pm 0,11\text{g/cm}^2$), canotaje ($1,09\pm 0,17\text{g/cm}^2$), natación ($1,10\pm 0,11\text{g/cm}^2$) y al grupo control de escolares ($1,04\pm 0,14\text{g/cm}^2$) ($p<0.001$). Hubo diferencias entre los tres niveles de maduración biológica en las cuatro modalidades deportivas y en el grupo control ($p<0.001$). La mayor densidad mineral ósea en función de la maduración somática se observó en los futbolistas.*

Fecha de recepción: 25 de julio de 2016
Fecha de aceptación: 22 de octubre de 2016

¹Facultad de Educación Física. Universidad Estadual de Campinas, Sao Paulo, Brasil.

²Universidad Autónoma de Chile, Chile.

³Red Iberoamericana de investigación en desarrollo biológico humano (REIDEBIHU), Arequipa, Perú.

⁴Escuela de Kinesiología, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Talca, Chile.

⁵Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad San Sebastián, Concepción, Chile.

⁶Instituto de Ciencias de la Computación. Escuela de Post Grado. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

⁷Departamento de Ciencias de la Actividad Física. Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

⁸Instituto del Deporte Universitario, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.

Correspondencia: Marco A. Cossio-Bolaños. Av. Erico Verissimo 851, Cidade Universitária, Campinas, SP, Brasil. Correo electrónico: mcossio30@hotmail.com

Conclusión: Los adolescentes que practican fútbol evidenciaron mayor densidad mineral ósea con relación a las demás modalidades deportivas y con relación al grupo control, además la maduración somática juega un papel relevante en el incremento de densidad mineral ósea, en especial en los futbolistas. Los resultados sugieren desarrollar actividades físico-deportivas de alto impacto antes, durante y después de producirse la maduración biológica en adolescentes de edad escolar.

Palabras clave: Densidad mineral ósea, adolescentes, deportistas, escolares.

Abstract

Objectives: a) to compare bone mineral density of a sample of young Chilean practitioners of various sports and modalities b) to analyze the bone mineral density function of biological maturation.

Methods: We studied 146 male adolescents, ranging in age from 10-18 years. Five working groups were organized: Control group (school $n = 40$), Canoeing ($n = 30$), Cycling ($n = 14$), Football ($n = 28$) and Swimming ($n = 34$). Weight, height, and trunk-cephalic height were evaluated. Body Mass Index and biological maturation were calculated through years of peak growth rate. Bone mineral density of whole body and percentage body fat was determined by dual energy X-ray absorptiometry (DXA).

Results: Teens who practiced football showed higher bone mineral density (1.23 ± 0.12 g/cm²) in relation to young cyclists (0.99 ± 0.11 g/cm²), canoeing (1.09 ± 0.17 g/cm²), swimming (1.10 ± 0.11 g/cm²) and control of school (1.04 ± 0.14 g/cm²) ($p < 0.001$). There were differences between the three levels of biological maturation in the four sports modalities and in the control group ($p < 0.001$). Most bone mineral density depending on the somatic maturation was observed in the football players.

Conclusion: Adolescents who play football showed higher bone mineral density compared to other sports and in relation to the control group. In addition, somatic maturation plays an important role in increasing bone mineral density, especially in football. The results suggest practicing high-impact physical activities before, during and after biological maturation occurs in adolescents of school age.

Key words: bone mineral density, adolescents, athletes, schoolchildren.

INTRODUCCIÓN

La densidad mineral ósea (DMO) se refiere a la cantidad de minerales (por lo general, calcio y fósforo) que contiene cierto volumen de hueso. Este tejido es sensible a diversos estímulos mecánicos, principalmente a los resultantes de la gravedad y las contracciones musculares (1). De hecho, se consideran como principales factores determinantes de la masa ósea máxima, la genética, el estado hormonal, ingestión de calcio y la actividad física (2).

Durante la fase de crecimiento, la DMO aumenta progresivamente en los hombres, llegando a alcanzar, al final de la adolescencia, cerca del 95% (3), además el pico de masa ósea por lo general se presenta entre la segunda y tercera década de vida (4).

En ese contexto, la etapa de la adolescencia es considerada como un momento crítico para la adquisición de masa ósea (5), puesto que se producen cambios significativos durante el proceso de crecimiento y la maduración biológica. La valoración de la DMO durante la maduración presenta la mejor oportunidad

para ganar densidad ósea, así como también para modificar el tamaño del esqueleto y su arquitectura en respuesta a las cargas mecánicas (3). Además, puede ser la mejor época para apostar estrategias de prevención primaria que reduzcan la presencia de osteoporosis en la edad adulta (6,7). En general, se acepta que el desarrollo adecuado del contenido mineral óseo durante el crecimiento y la maduración biológica es una clave para la salud del esqueleto durante la vida adulta (8).

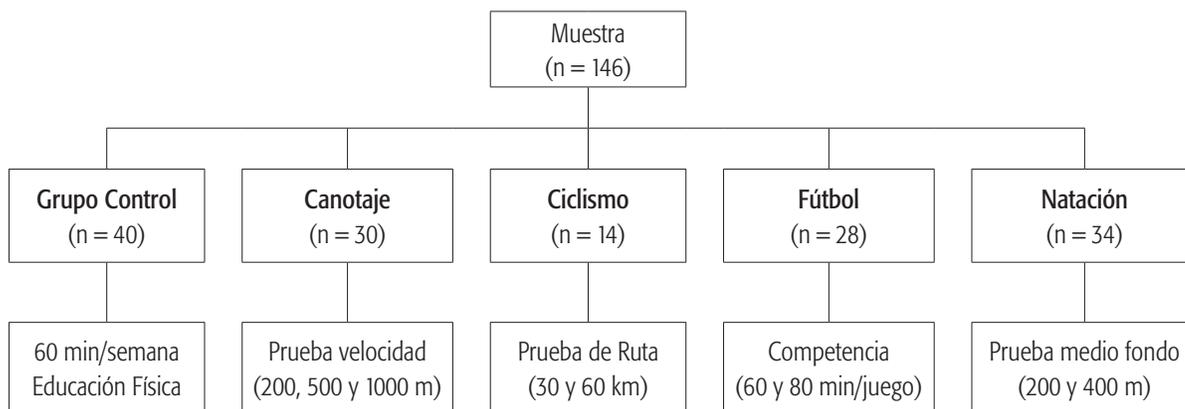
En esencia, la literatura reporta que los niños, adolescentes y adultos activos tienen una mayor DMO y presentan un menor riesgo de fractura que sus homólogos inactivos (9), pues de hecho, la actividad física es un importante contribuyente de la calidad ósea, en particular respecto a la acción mecánica que conduce a la adaptación funcional del hueso (10).

Desde esa perspectiva, se debe resaltar que no todos los ejercicios físicos son beneficiosos para la salud ósea, a pesar de que los volúmenes y las intensidades del entrenamiento en algunas modalidades deportivas son elevados. Por ejemplo, los ejercicios que implican carga sobre el peso corporal han mostrado mayor DMO en relación aquellos que no usan carga en el peso corporal (1, 11, 12). Por lo tanto, una disminución en la DMO puede aumentar el riesgo de estrés y fractura por fragilidad durante el entrenamiento, competición y/o en años posteriores (13), respectivamente.

En suma, es preciso resaltar que son varias las investigaciones que han puesto énfasis en estudiar la DMO de adolescentes desde el punto de vista de las ciencias del deporte (1, 12, 14): sin embargo, son nulos los estudios en Chile que aproximen estos parámetros hacia la educación física escolar, puesto que las actividades curriculares que se desarrollan dentro del sistema escolar Chileno (15) obligan a efectuar actividades físicas y/o deportivas relacionadas con modalidades deportivas individuales y colectivas. Por lo tanto, ante la necesidad de seleccionar actividades físicas deportivas que conlleven al desarrollo y al mejoramiento de la salud ósea en los escolares adolescentes, este estudio tiene como objetivos: a) Comparar la densidad mineral ósea (DMO) de una muestra de jóvenes chilenos practicantes de diversas modalidades deportivas y b) Analizar la DMO en función de la maduración biológica

MÉTODOS

Se efectuó un estudio descriptivo comparativo. Se estudiaron 146 adolescentes de sexo masculino, con un rango de edad entre 10 a 18 años. Los sujetos fueron reclutados de forma no-probabilística (intencional) del Instituto Nacional del Deporte IND-Chile y de un centro escolar de la Provincia de Talca, Chile. Los cinco grupos que se han conformado para el estudio fueron organizados en: Grupo control, Canotaje (pruebas de velocidad 200, 500 y 1000 m), ciclismo de ruta, fútbol y natación (medio fondo 200 y 400 m). La figura 1 ilustra la organización de la muestra estudiada.



Legenda: a= diferencia significativa con relación al grupo de escolares; b= diferencia significativa con relación al grupo de canotaje; c= diferencia significativa con relación al grupo de ciclismo; e= diferencia significativa con relación al grupo de natación.

Figura 1. Características de los grupos de estudio

Todos los atletas entrenaban cinco veces por semana y competían a nivel nacional. El grupo entre 10 a 12 años entrenaba de 60 a 90 minutos/día. Los grupos con edades superiores a 13 años entrenaban entre 90 a 120 minutos/día. El grupo control (escolares) efectuaba clases de educación física una vez por semana 90 min/día y no participaba en la práctica regular de ninguna actividad físico-deportiva extra en la semana ni en los fines de semana.

El estudio se llevó a cabo de acuerdo a la Declaración de Helsinki y al comité de ética de la Universidad Autónoma de Chile. Los adolescentes firmaron el asentimiento informado y los padres y/o tutores responsables autorizaron la valoración de las variables antropométricas y el escaneo por absorciometría de rayos X de doble energía (DXA).

Se incluyeron en el estudio a los adolescentes que se encontraban sin ningún tipo de lesión física-deportiva al momento de la evaluación. Se excluyeron a dos escolares que practicaban deportes los fines de semana y a los atletas cu-

yos padres no autorizaron el consentimiento informado (tres futbolistas y dos nadadores).

Procedimientos

Los datos informativos de los deportistas fueron proporcionados por el IND y por el Colegio respectivo. Se evaluaron, inicialmente, las variables antropométricas y posteriormente el escaneo por DXA. Todas las evaluaciones fueron efectuadas en un laboratorio de ambiente cerrado en periodo de la mañana entre las 8:30 a 12:00 horas y de lunes a viernes, durante los meses de junio y julio del año 2015.

La valoración de las variables antropométricas se efectuó siguiendo las sugerencias de la *Sociedad Internacional para el Avance de la Kineantropometría* (16). La masa corporal (kg) se evaluó con los sujetos descalzos sobre una báscula (SECA, Hamburgo) con precisión de 0,1 kg. La estatura se midió con un estadiómetro (SECA, Hamburgo) con precisión de 0,1 cm, manteniendo la cabeza en el plano de Frankfurt. La altura tronco-cefálica

(ATC) o estatura sentada fue tomada usando un banco de madera con una altura de 50 cm, con una escala de medición de 0 a 150 cm, y con una precisión de 1 mm. Todas las variables antropométricas de los estudiantes fueron medidas sin zapatos y con camiseta, short y descalzos.

Las variables fueron evaluadas dos veces por un mismo evaluador. El Error Técnico de Medida (ETM) osciló en todas las variables antropométricas entre 1,0 a 2,0%.

Para el escaneo de cuerpo total se utilizó Dual-Energy X-Ray Absorptiometry DXA (Lunar Prodigy; General Electric, Fairfield, CT). El equipo fue manipulado por un técnico capacitado y con amplia experiencia. Todos los días, antes de evaluar, el equipo fue calibrado de acuerdo a las instrucciones del fabricante y el escaneo duraba aproximadamente 6 minutos por sujeto. Para iniciar el procedimiento del escaneo el sujeto se ubicaba en posición decúbito dorsal sobre la plataforma de exploración en posición supina. Los brazos y las piernas permanecían extendidos paralelos a la cama. Ambos tobillos se sujetaban junto a una cinta de velcro para asegurar el posicionamiento estándar. Se realizaron mediciones de la DMO (g/cm^2), además de las variables de composición corporal de porcentaje de grasa (%G). Para garantizar la fiabilidad del escaneo, cada 10 sujetos se repitió la evaluación. El Error Técnico De Medida (ETM) intraevaluador evidenció valores inferiores a 1,5%.

Se calculó el Índice de Masa Corporal (IMC) utilizando la fórmula propuesta por Quetelet [$\text{IMC} = \text{Peso (kg)} / \text{Estatura (m)}^2$]. La maduración biológica se evaluó a través de indicadores somáticos. Se utilizó la técnica

propuesta por Mirwald, Baxter-Jones, Bailey, Beunen (17). Esta técnica se basa en la interacción entre las variables antropométricas de peso, estatura, altura tronco-cefálica y la edad decimal. Los resultados de la ecuación mostraron valores en ocho niveles (-4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3). El cero (0) significa el momento en que se presentan los Años de Pico de Velocidad de Crecimiento (APVC).

Estadística

Todo el análisis estadístico se efectuó en SPSS 18.0, Sigma Estat 8.0 y planillas de Excel. Se verificó la normalidad de los datos por el Test de Shapiro–Wilk. Los datos se analizaron por medio de estadística descriptiva (media aritmética y desviación estándar). Para determinar las diferencias significativas entre grupos de edad cronológica, edad biológica y grupos de estudio se utilizó Anova de dos vías. La prueba de especificidad de Scheffé se utilizó para verificar las diferencias múltiples. En todos los casos se adoptó una probabilidad de $p < 0.001$.

RESULTADOS

Las variables antropométricas y de composición corporal que caracterizan a la muestra estudiada se observan en la tabla 1. No hubo diferencias significativas entre el grupo control (escolares) con las cuatro modalidades deportivas en la edad cronológica, el peso corporal y el IMC. En general, los futbolistas mostraron mayor estatura, ATC y edad biológica (APVC) que el grupo control, además presentaron menor porcentaje de grasa corporal con relación al grupo control y a las demás modalidades deportivas (canotaje, natación y ciclismo).

Tabla 1. Variables que caracterizan a la muestra estudiada

Variables	Escolares (n=40)		Canotaje (n=30)		Ciclismo (n=14)		Fútbol (n=28)		Natación (n=34)	
	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE
Edad cronológica (años)	14,01	2,36	15,04	2,42	14,46	2,09	15,66	1,59	14,30	2,18
Edad biológica (APVC)	-1,06	2,55	0,12	1,96	-0,57	1,79	0,86	1,14 ^a	-0,42	1,63
Peso (kg)	58,60	17,00	63,52	17,83	54,94	11,62	63,50	8,89	61,71	22,32
Estatura (cm)	155,15	27,70	166,52	13,74	162,14	10,60	171,41	6,42 ^a	157,33	19,36 ^d
ATC (cm)	85,0	7,46	86,50	7,40	83,40	6,90	90,60	4,10 ^{ac}	84,9	5,80 ^d
IMC (kg/m ²)	22,6	4,48	22,58	4,61	20,69	2,7	21,5	1,77	28,01	2,67
% grasa (DXA)	28,20	10,20	23,10	6,12 ^a	21,10	4,10 ^a	16,20	3,20 ^{ab}	23,10	6,20 ^{a,d}

Legenda: X= promedio, DE= Desviación estándar, a= diferencia significativa con relación al grupo de escolares; b= diferencia con relación al grupo de canotaje; c= diferencia significativa con relación al grupo de ciclismo; d= diferencia significativa con relación al grupo de fútbol; APVC= Años de pico de velocidad de crecimiento, ATC= Altura tronco-cefálica; IMC= Índice de Masa Corporal.

En la figura 2 se observan las diferencias significativas entre los cinco grupos de estudio. El grupo de futbolistas evidenció mayor DMO

con respecto a los grupos control, canotaje, ciclismo y natación ($p < 0.001$).

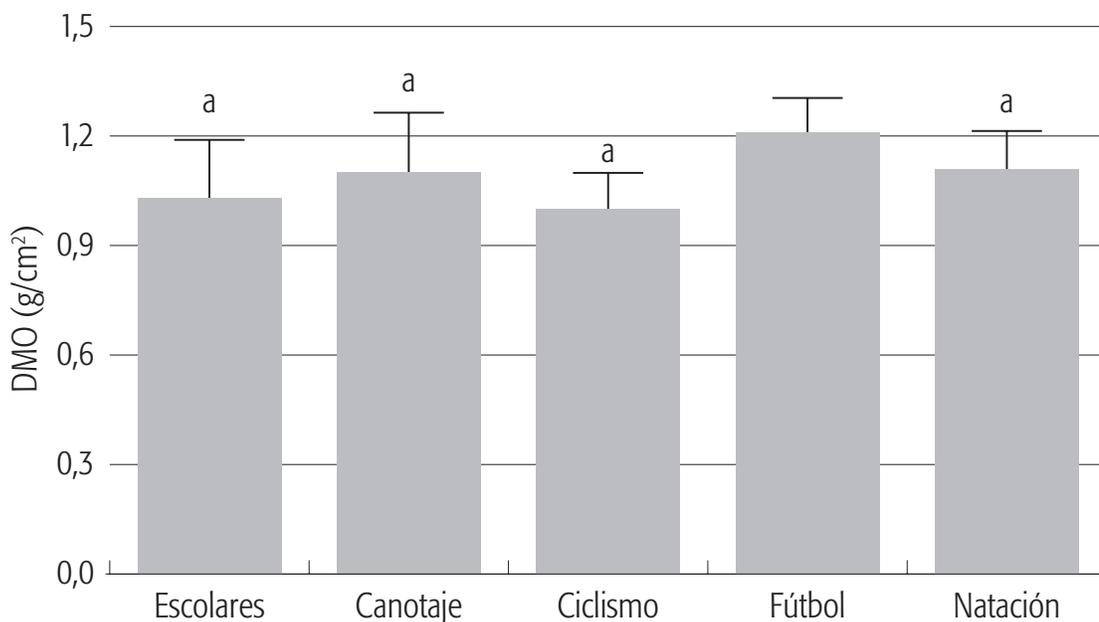


Figura 2. Comparación de la Densidad mineral ósea (g/cm²) de cuatro modalidades deportivas (canotaje, ciclismo, fútbol, natación) y un grupo control (escolares)

Respecto a la edad biológica, hubo diferencias entre los tres APVC (-1, 0 y 1). Estas diferencias se observan en el grupo control (escolares) y las cuatro modalidades deportivas (canotaje, ciclismo, fútbol y natación). En general, el grupo de futbolistas evidenció mayor DMO

en los tres niveles de maduración biológica (-1APVC, 0PVC y 1APVC) con respecto a los demás grupos ($p < 0.001$); además, el mayor incremento de DMO se produjo en los futbolistas después del pico de velocidad de crecimiento (PVC).

Tabla 2. Densidad mineral ósea (g/cm^2) de deportistas en función de la edad biológica (APVC).

Variables	Escolares			Canotaje			Ciclismo			Fútbol			Natación		
	n	X	DE	n	X	DE	n	X	DE	n	X	DE	n	X	DE
-1 APVC	22	0,92	0,05	10	1,02	0,11 ^a	6	0,90	0,05 ^b	5	1,07	0,08 ^a	16	0,97	0,03 ^{c,d}
0 APVC	6	1,07	0,04 ⁺	7	1,15	0,09 ⁺	4	1,03	0,05 ⁺	5	1,13	0,05	8	1,10	0,10
1 APVC	11	1,22	0,07 ^{+,++}	13	1,26	0,08 ^{+,++}	4	1,11	0,08 ^{b+}	18	1,32	0,11 ^{a,c,+,++}	10	1,17	0,05 ^{b,d,+,++}

Leyenda: X= promedio, DE= Desviación estándar, a= diferencia significativa con relación al grupo de escolares; b= diferencia significativa con relación al grupo de canotaje; c= diferencia significativa con relación al grupo de ciclismo; d= diferencia significativa con relación al grupo de fútbol; += diferencia significativa con relación al grupo de APVC=-1; ++= diferencia significativa con relación al grupo de APVC=0.

DISCUSIÓN

Respecto al primer objetivo, los resultados del estudio evidenciaron que el grupo de escolares (control), ciclismo, canotaje y natación presentaron valores de DMO inferiores con respecto a los atletas de fútbol.

Estos hallazgos son consistentes con investigaciones anteriores, pues el fútbol es una modalidad deportiva que a través de la participación regular aumenta la masa ósea y la DMO de hombres y mujeres (18, 19), debido al soporte del peso corporal durante las acciones motoras que se efectúan en los entrenamientos y competiciones.

El efecto estimulante se atribuye a las acciones físicas que se desarrollan en el fútbol, en especial cuando el esqueleto se somete a cargas habituales de entrenamiento, en las que la intensidad es más importante que la duración del estímulo (1). En ese sentido, de-

portes como el fútbol, baloncesto, gimnasia, judo, balonmano, tenis, son considerados como modalidades que producen alto impacto sobre el sistema óseo (20-24), inclusive el voleibol es un deporte colectivo que probablemente impone el mayor impacto y carga sobre la estructura ósea (24). Por lo tanto, actividades físicas sin carga de peso, como el ciclismo, canotaje y la natación conducen a la pérdida de DMO, inclusive muestran valores similares al grupo control (escolares) que realizan actividad física una vez por semana.

De hecho, estudios previos han demostrado que los practicantes de modalidades deportivas como el ciclismo y la natación mostraron valores inferiores de DMO con respecto a otras modalidades deportivas que implican actividades de impacto (25), pues estos hallazgos demuestran que la presencia de carga mecánica es esencial para el mantenimiento del contenido mineral óseo y la DMO (26). En ese contexto, los resultados obtenidos, al parecer, sugieren

implantar actividades físicas de impacto en las clases de educación física para mejorar la salud ósea de los adolescentes, puesto que priorizar actividades físicas sin impacto y/o de bajo nivel de impacto podrían llevar a la disminución de los valores de DMO, lo que podría incidir en fracturas osteoporóticas a temprana edad.

Por otro lado, en cuanto al análisis de la DMO en función de la edad biológica, los resultados mostraron que los futbolistas presentaron mayor DMO en los tres niveles de PVC con relación a los demás grupos de deportistas y el grupo control (escolares). Estos hallazgos evidencian que los valores de DMO no solo se incrementan por efecto de la maduración biológica, sino también debido a la práctica de la modalidad deportiva antes del PVC (-1APVC), durante el PVC (0APVC) y después del PVC (1PVC). Estos resultados son una clara muestra de que la carga del impacto de los ejercicios que implica la práctica del fútbol puede contribuir al aumento de DMO desde la prepubertad y consecuentemente durante la pubertad, inclusive algunos estudios sugieren que las actividades físicas conducentes a mejorar la salud ósea deben iniciarse antes de entrar a la adolescencia (27), puesto que la adquisición y el aumento de DMO durante la infancia y la adolescencia podrían jugar un papel relevante en el futuro ante un eventual riesgo de osteoporosis y fragilidad de la masa ósea a edades más avanzadas (4).

Desde esa perspectiva, la carga de impacto expresada en actividades físicas que soportan el peso corporal podrían producir cargas de al menos tres veces el peso corporal (28, 29), pues el estrés mecánico que provocan las acciones motoras del fútbol y deportes con similares características físicas y fisiológicas, podrían contribuir al mejoramiento de la salud ósea de jóvenes adolescentes. Sin embargo, los

aspectos relacionados con la intensidad del ejercicio, la frecuencia, duración y el tipo de carga que se necesita para mejorar la DMO en niños y adolescentes aún es incierto (30), incluso los programas de actividad física que se implantan para maximizar la respuesta ósea son controversiales y poco consistentes.

En suma, en la tentativa de la preocupación de buscar la prevención primaria de padecer osteoporosis y reducir al máximo los riesgos de desarrollar dicha enfermedad durante la infancia y la adolescencia (31), los resultados de este estudio sugieren desarrollar actividades físico-deportivas de impacto en la escuela (en niños y adolescentes), puesto que incrementan la DMO y puede ser utilizado como una herramienta no farmacológica para la prevención y el tratamiento auxiliar de la osteoporosis (32). Su uso se puede aprovechar durante la adolescencia, dado que esta etapa es considerada ideal para optimizar el pico de masa ósea (33), aunque es necesario desarrollar más estudios de tipo longitudinal y experimental que permitan monitorear la salud ósea de niños y adolescentes escolares.

Es necesario resaltar que este estudio presenta algunas debilidades, ya que no fue posible controlar los hábitos de alimentación y en especial la cantidad de consumo de calcio, vitamina D y K, que son importantes para la salud ósea. Otro aspecto importante que no se tuvo en consideración en este estudio fue la valoración de la DMO de otras regiones corporales, pues esto hubiera permitido analizar de forma más precisa los resultados del estudio, en especial en los deportes que implican mayor actividad muscular localizada. Aunque de forma general, sin desmerecer los hallazgos de la investigación, se destaca que los resultados obtenidos contribuyen a una mejor comprensión de la mineralización

ósea de adolescentes escolares que practican deportes y en aquellos que no; además, los resultados obtenidos pueden servir como referencia para comparar con otras modalidades y realidades deportivas.

CONCLUSIÓN

Los adolescentes que practican fútbol evidenciaron mayor DMO con relación a los jóvenes que practicaban ciclismo, canotaje, natación y al grupo control (escolares), además la maduración somática juega un papel relevante en el incremento de DMO, ya que después de ocurrir el pico de velocidad de crecimiento se observó mayor DMO en todos los grupos estudiados, pero en especial en los futbolistas. Estos resultados sugieren desarrollar actividades físico-deportivas de alto impacto antes, durante y después de producirse la maduración biológica en adolescentes de edad escolar. Esto como una forma de mejorar el estado de la salud ósea.

Conflicto de interés: ninguno

Financiación: Universidad Estadual de Campinas

REFERENCIAS

1. Andreoli A, Monteleone M, Van Loan M, Promenzio L, Tarantino U, De Lorenzo A. Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2001; 33(4):507-511.
2. Lehtonen-Veromaa M, Mottonen T, Nuotio I, Heinonen OJ, Viikari J. Influence of physical activity on ultrasound and dual-energy x-ray absorptiometry bone measurements in peripubertal girls: A cross-sectional study. *Calcif Tissue Int* 2000;66:248-254.
3. Marcus R. Role of exercise in preventing and treating osteoporosis. *Rheum Dis Clin North Am.* 2001; 27:131-41.
4. Baxter-Jones AD, Faulkner RA, Forwood MR, Mirwald RL, Bailey DA. Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: an estimation of peak bone mass. *J Bone Miner Res.* 2011;26(8):1729-39.
5. Ackerman K, Misra M. Bone Health in Adolescent Athletes with a Focus on Female Athlete Triad. *Phys Sportsmed.* 2011;39(1):131-141.
6. Merrilees MJ, Smart EJ, Gilchrist NL, March RL, Maguire P, Turner JG, Frampton C, Hooke E. Effects of dairy food supplements on bone mineral density in teenage girls. *Eur J Nutr.* 2000;39(6):256-262.
7. Alwis G, Linden C, Ahlberg HG, Dencker M, Gardsell P, Karlsson MK. A 2-year school-based exercise program in pre-pubertal boys induces skeletal benefits in lumbar spine. *Acta Paediatr.* 2008; 97(11):1564-1571.
8. Guo B, Xu Y, Gong J, Tang Y, Xu H. Age trends of bone mineral density and percentile curves in healthy Chinese children and adolescents. *J Bone Miner Metab.* 2013;31:304-314
9. Karlsson MK, Rosengren BE. Training and bone V from health to injury. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2012;22: pp. e15-e23.
10. Liphardt AM, Schipilow JD, Macdonald HM, Kan M, Zieger A, Boyd SK. Bone micro-architecture of elite alpine skiers is not reflected by bone mineral density. *Osteoporos Int.* 2015;26:2309-2317.
11. Voss LA, Fadale PD, Hulstyn MJ. Exercise-induced loss of bone density in athletes. *J Am Acad Orthop Surg* 1998;6:349-57.
12. Champion F, Nevill AM, Karlsson MK, et al. Bone status in professional cyclists. *Int J Sports Med.* 2010;31:511-515
13. Kelsey JL, Bachrach LK, Procter-Gray E, Nieves J, Greendale GA, Sowers M, Brown BW, Matheson KA, Crawford SL, Cobb KL. Risk Factors for Stress Fracture among Young Female Cross-Country Runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2007;39(9):1457-1463.
14. Vlachopoulos D, Barker AR, Williams CA, Knapp KM, Metcalf BS, Gracia-Marco L. Effect of a program of short bouts of exercise on bone health in adolescents involved in

- different sports: the PRO-BONE study protocol. *BMC Public Health*. 2015;15:361.
15. Ministerio de Educación (2015). Educación Física y Salud: Organización curricular. [citado 2016 may.]. Disponible en: <http://www.curriculumenlineamineduc.cl/605/w3-articulo-21291.html>
 16. International Society for Advancement of Kinanthropometry. International standards for anthropometric assessment. Potchefstroom, RSA: ISAK; 2001.
 17. Mirwald R.L, Baxter-Jones A.B, Bailey A.D, Beunen G.P. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2002;34:689–694.
 18. Fredericson M, Chew K, Ngo J, Cleek T, Kiratli J, Cobb K. Regional bone mineral density in male athletes: a comparison of soccer players, runners and controls. *Br J Sports Med*. 2007;41(10) 664-668.
 19. Helge EW, Aagaard P, Jakobsen MD, Sundstrup E, Randers MB, Karlsson MK, Krstrup P. Recreational football training decreases risk factors for bone fractures in untrained premenopausal women. *Scandinavian Jour of Med & Sci in Sports*. 2010;20:31-39.
 20. Calbet JAL, Dorado C, Diaz-Herrera P, Rodriguez-Rodriguez LP. High femoral bone mineral content and density in male football (soccer) players. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33:1682-7.
 21. Prouteau S, Pelle A, Collomp K, Benhamou L, Courteix D. Bone density in elite judoists and effects of weight cycling on bone metabolic balance. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38:694-700.
 22. Alfredson H, Nordstrom P, Lorentzon R. Bone mass in female volleyball players: A comparison of total and regional bone mass in female volleyball players and nonactive females. *Calcif Tissue Int* 1997;60:338-42.
 23. Vicente-Rodriguez G, Dorado C, Perez-Gomez J, Gonzalez-Henriquez JJ, Calbet JAL. Enhanced bone mass and physical fitness in young female handball players. *Bone* 2004;35:1208-15.
 24. Calbet JAL, Moysi JS, Dorado C, Rodriguez LP. Bone mineral content and density in professional tennis players. *Calcif Tissue Int* 1998;62:491-6.
 25. Heer M, Kamps N, Biener C, Korr C, Boerger A, Zittermann A, Stehle P, Drummer C. Calcium metabolism in microgravity. *Eur. J. Med. Res*. 1999;9:357–360.
 26. Cuesta A, Revilla M, Villa LF, Hernández ER, Rico H. Total and regional bone mineral content in Spanish professional ballet dancers. *Calcif Tissue Int* 1996;58:150–4.
 27. Kannus P, Haapasalo H, Sankelo M, Sieva`nen, H, Pasanen M, Heinonen A, Oja P, Vouri I. Effect of starting age of physical activity on bone mass in the dominant arm of tennis and squash players. *Ann Intern Med*. 1995;123:27–31.
 28. Grimston SK, Willows ND, Hanley DA. Mechanical loading regime and its relationship to bone mineral density in children. *Med Sci Sports Exerc*. 1993; 25:1203–1210
 29. Robinson TL, Snow-Harter C, Taaffe DR, Gillis D, Shaw J, Marcus R. Gymnasts exhibit higher bone mass than runners despite similar prevalence of amenorrhea and oligomenorrhea. *J Bone Min Res*. 1995;10:26–34.
 30. Forwood MR, Burr DB. Physical activity and bone mass: exercises in futility? *Bone and Mineral*. 1993;21:89–112
 31. Bonjour JP, Theintz G, Buchs B, Slosman D, Rizzoli R. Critical years and stages of puberty for spinal and femoral bone mass accumulation during adolescence. *J Clin Endocrinol Metab* 1991;73:555-63.
 32. Abrahin O, Rodrigues RP, Marçal AC, Alves EAC, Figueiredo RC, de Sousa EC. Swimming and cycling do not cause positive effects on bone mineral density: a systematic review. *Rev Bras Reumatol*. 2016; 56(4):345–51.
 33. Van Langendonck L, Lefevre J, Claessens AL, Thomis M, Philippaerts R, Delvaux K, Lysens R, Renson R, Vanreusel B, Vanden Eynde B, Dequeker J, Beunen G. Influence of participation in high-impact sports during adolescence and adulthood on bone mineral density in middle-aged men: A 27-year follow-up study. *Am J Epidemiol* 2003;158:525-33.