Revista de Educación Física, (Rev Edu Fís / J Physical Edu) 2023, 1(2)

Investigation review

Estudio Pediátrico de Adquisición de Mineral Óseo Durante los Años de Desarrollo en Saskatchewan

The Saskatchewan Pediatric Bone Mineral Accrual Study: Bone Mineral Acquisition During the Growing Years

Donald A Bailey[1]

[1]*Departamento de Estudios del Movimiento Humano, Universidad de Queensland, Brisbane, Australia*

RESUMEN

El Estudio Pediátrico de Saskatchewan de Adquisición de Mineral Óseo se inició en 1991 para investigar la acumulación de mineral óseo en niños en etapas de desarrollo. El estudio comprende la recolección de información alimentaria y de actividad física junto con mediciones de crecimiento antropométrico y maduración cada 6 meses y escaneos óseos a través de Absorciometría Dual por Rayos X (DXA) en todo el cuerpo, columna lumbar antero-posterior (AP), y fémur proximal, cada año. El estudio ha completado ahora su sexto año, y de la muestra original de 228 niños de escuela primaria siguen involucrados 68 varones y 72 mujeres. Para investigar como evoluciona el mineral óseo en sitios clínicamente importantes en relación a la maduración, desarrollamos curvas de crecimiento de distancia y velocidad para la altura y el contenido mineral óseo (BMC) en la columna lumbar AP, cuello femoral, y en todo el cuerpo. Tanto en niños como en niñas, más del 35% del mineral óseo de todo el cuerpo y más del 27% del mineral óseo del cuello femoral se deposita durante un periodo de 4 años de la adolescencia, rodeando a la máxima velocidad de crecimiento lineal. La significancia clínica de estos valores se puede apreciar considerando el hecho de que durante estos cuatro años de desarrollo se depositará tanto mineral óseo como la cantidad que la mayoría de las personas puede perder durante toda su vida adulta.

Palabras Clave: crecimiento, densitometría ósea, adolescencia, osteoporosis, mineral óseo, pico de velocidad de crec

ABSTRACT

To investigate bone mineral accretion in growing children, the Saskatchewan Pediatric Bone Mineral Accrual Study was initiated in 1991. The study involves the collection of dietary and physical activity information along with anthropometric growth and maturity measurements every 6 months and dual-energy X-ray absorptiometer (DXA) bone scans of the whole body, AP lumbar spine and proximal femur taken annually. The study has now finished its 6th year and 68 males and 72 females from an original sample of 228 elementary schoolchildren are still involved. To investigate how bone mineral at clinically important sites proceeds in relation to maturation we developed distance and velocity growth curves for height and bone mineral content (BMC) for the AP lumbar spine, the femoral neck and the whole body. In both boys and girls, over 35% of total body and AP spine bone mineral and over 27% of the bone mineral at the femoral neck was laid down during the 4-year adolescent period surrounding peak linear growth velocity. The clinical significance of these values can

be appreciated by consideration of the fact that as much bone mineral will be laid down during these 4 adolescent growing years as most people will lose during all of adult life.

Keywords: growth, bone densitometry, adolescence, osteoporosis, bone mineral, peak growth velocity

INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

Nuestra compresión sobre la pérdida de minerales óseos y la fragilidad esquelética en los adultos mayores es limitada, debido a nuestra falta de conocimiento sobre los determinantes de la adquisición de minerales óseos durante la niñez y la adolescencia. La prevención de la osteoporosis depende no sólo de reducir la tasa de pérdida de hueso durante la vida adulta, sino también de maximizar la acumulación de minerales óseos durante los años de crecimiento (9). De los 375 estudiantes elegibles (de 8 a 14 años de edad) que asistían a dos escuelas primarias en la ciudad de Saskatoon (con una población de 200000 habitantes), los padres de 228 jóvenes (113 niños y 115 niñas) dieron el consentimiento por escrito para que sus hijos participen en este estudio longitudinal. En los años siguientes, otros niños se fueron incorporando a este estudio de desarrollo. La Tabla 1 brinda un corte de la serie de datos longitudinales después de los primeros 6 años de evaluación.

Los propósitos de este estudio fueron dos: 1) desarrollar valores estándar del contenido mineral óseo y densidad mineral ósea para niños con desarrollo normal; y 2) evaluar los efectos de: a) los patrones de la actividad física, b) los factores nutricionales relacionados con la absorción de calcio, c) los factores del crecimiento y maduración, para ver como se relacionan con la acumulación de mineral óseo durante la niñez y la adolescencia. En forma adjunta al estudio con niños, 75 madres y 24 abuelas maternas de los niños fueron evaluadas en dos ocasiones (con separación de 24 meses) para estudiar las conexiones familiares (13).

Año	Varones	Mujeres	Total
1 (1991)	113	115	228
2 (1992)	106	109	215
3 (1993)	103	105	208
4 (1994)	86	88	174
5 (1995)	82	84	166
6 (1996)	68	72	140

Tabla 1. *Seria de datos longitudinales. Estudio Pediátrico de Saskatchewan de acumulación de mineral óseo.*

MATERIAL Y METODOS

El contenido mineral óseo (CMO) de todo el cuerpo, columna lumbar AP (L1-L4), y fémur proximal fue medido anualmente en octubre o noviembre de cada año a través de Absorciometria Dual por Rayos X (DXA) utilizando el equipo Hologic 2000 QDR (Hologic, Waltham, Ma), empleando una versión de *software* 7.10. Los escaneos corporales totales fueron analizados usando una versión de *software* 5.67 y los escaneos del fémur proximal y columna lumbar antero-posterior (AP) fueron analizados usando una versión 4.66 A. Para minimizar la variabilidad relacionada con los operadores, con el transcurso de los años, todos los escaneos fueron analizados por el mismo individuo calificado.

Los participantes completaron un cuestionario de actividades físicas y una encuesta nutricional, al menos tres veces por año, durante los primeros tres años del estudio, y dos veces por año de ahí en más. El cuestionario de actividades físicas para niños (PAQ-C) consta de nueve ítems diseñados para evaluar el nivel de actividades físicas general durante el año escolar. La actividad física se describe como “deportes, juegos, danzas, u otras actividades que te hacen respirar mas fuerte, hacen que tus piernas se sientan cansadas, o que te hacen transpirar”.Cada ítem es calificado en una escala de cinco puntos. Con los mayores puntajes indicando los niveles mas elevados de actividad. La medida de estos ítems forma un puntaje (*score*) compuesto de actividad. En diversas muestras con niños, la escala ha demostrado consistentemente una

aceptable consistencia interna (5). La validación fue examinada comparando los resultados con evaluaciones de la actividad por los maestros, censores de movimiento Caltrac, encuestas de actividad de 7 días, tests progresivos de aptitud física (*fitness*), y escalas de actividad recreacional. Los resultados han sido generalmente favorables, reportándose relaciones moderadas (6).

Se aseguro la información nutricional por medio de una encuesta de 24 hs. Obtenida de los niños en sus aulas, y una vez por año en un hospital. Los niños tuvieron una sesión de entrenamiento de 20 minutos acerca de los tamaños de las porciones alimenticias. En cada encuesta se presentaron fotos del tamaño real de las porciones. La ingesta alimentaría a partir de estas encuestas era analizada usando un sistema de evaluación que utiliza el Archivo Canadiense de Nutrientes de 1988. Las encuestas fueron codificadas por estudiantes graduados en Nutrición, y el mismo individuo chequeaba todos los formularios. En base a estas encuestas se determino para cada niño, cada año, las ingesta diarias de micro y macro nutrientes, incluyendo el calcio (20).

Se ha recolectado una seria de 37 mediciones antropométricas en todos los sujetos cada 6 meses para monitorear el crecimiento y la maduración. La proforma antropométrica sigue el protocolo delineado por Ross y Marfell-Jones (17). Todos los antropometristas fueron entrenados por instructores certificados por ISAK (*Internacional Society for the Advancement in Kinanthropometry*).

Acumulación de Mineral Óseo durante la Niñez y la Adolescencia

Para exponer la posibilidad de optimizar la acumulación de mineral óseo durante los años de crecimiento, y tener un entendimiento de los factores modificables que podrían promover la salud ósea, es necesario primero entender las tasas de acumulación de mineral óseo en niños con desarrollo normal. Para investigar como se depositan los minerales óseos en sitios clínicamente importantes de acuerdo a la maduración, desarrollamos curvas de distancia y velocidad de crecimiento para la altura y el BMC de la columna lumbar (L1-L4), cuello femoral, y en todo el cuerpo. Se analizaron transversalmente los datos de 1080 escaneos de todo el cuerpo, 1083 del fémur proximal, y 857 de la columna lumbar, tomados durante un periodo de 5 años. Los grupos por edades, centradas por año enteros, se forman combinando sujetos cuyas edades en cualquier escaneo determinado estaba dentro de 0.5 años del entero, por ej. Las edades entre 10.50 y 11.49 comprendían la franja de 11 años. Para todos los grupos de cada sexo se calcularon los valores medios de BMC y altura. Estos valores eran luego ingresados en un programa que colocaba en una curva de crecimiento que ajustaba a los puntos de datos a través de cuadrados mínimos, de acuerdo al modelo de Preece y Baines (16), determinado una curva de velocidad, por lo que se arribaba a características salientes de significancia biológica, incluyendo la edad de la velocidad pico de crecimiento en altura (PHV) y el área debajo de la curva entre los puntos de las edades en desarrollo. De esta forma, se determinaban los valores del BMC en los puntos de la curva de velocidad para cada sitio, representando la edades de desarrollo, 2 años a cada lado del crecimiento lineal pico (PLG), así como el valor del BMC en la edad de PLG. Esto hizo posible comparar el BMC entre niños y niñas de edades similares de desarrollo, controlado por lo tanto, las diferencias bien documentadas de maduración entre adolescentes varones y mujeres de igual edad cronológica.

RESULTADOS

Los datos aquí reportados están basados en un total de 3020 escaneos de DXA, considerando todos los sitios, 1422 escaneos en varones y 1598 en mujeres. Las curvas de velocidad del pico de altura estuvieron basadas en mediciones semi-anules, mientras que las curvas de velocidad del BMC en mediciones anual. El análisis de los datos muestra que la edad en la que se alcanzó la velocidad pico de crecimiento en altura (PHV) en varones fue 13.5 años, en comparación con 11.6 años para las niñas (Tabla 2). La tasa de contenido de mineral óseo en todos los sitios no hizo el pico hasta aproximadamente un año después del PLG tanto para varones como para mujeres.

Para estudiar las diferencias de maduración entre niños y niñas de igual edad cronológica, se determino el BMC para una edad de desarrollo similar, por ej; a la edad correspondiente a la velocidad pico de crecimiento en altura (PHV). La Tabla 3 muestra los valores del BMC en la edad de PHV para los varones y mujeres, en sitio de medición. Estos valores también están expresados como porcentaje del “estado adulto” logrado a la edad del PHV. Mientras que los niños tienen un BMC consistentemente mayor en todos los sitios, debido a su mayor tamaño esquelético, el porcentaje de estado adulto alcanzando no difiere entre los sexos. A la edad del PHV, tanto niños como niñas han logrado aproximadamente el 90% del estado adulto para la altura, el 70% del BMC en el cuello femoral, y aproximadamente el 60% en la columna lumbar y en todo el cuerpo.

Los valores del BMC también fueron determinados como puntos sobre la velocidad para cada sitio, representando edades de desarrollo 2 años a cada lado de la edad de PHV. El área bajo la curva incluida en este período de 4 años fue luego

expresada como porcentaje del área total bajo la curva, representando la acumulación total adulta de mineral óseo. Estos datos están presentados en la Tabla 4. La Figura 1 muestra las curvas de velocidad derivadas del BMC de todo el cuerpo para dar un ejemplo del método empleado. Tanto en niños como en niñas, más del 35% del mineral óseo en todo el cuerpo y en la columna AP, y más del 27% en el cuello femoral, se acumularon durante este periodo adolescente.

Edad de Velocidad Pico	Varones	Mujeres
Altura	13.5	11.6
BMC del cuello femoral	14.4	12.4
BMC de la columna lumbar	14.6	13.1

Tabla 2. *Edad de velocidad pico de altura (PHV) y edades de velocidad pico de contenido mineral óseo (BMCPV) durante la eclosión puberal adolescente.*

Sitio	Varones	Mujeres
Todo el cuerpo (g)	1.743 (59%)	1.276 (60%)
Columna lumbar (g)	40.3 (58%)	33.5 (60%)
Cuello femoral (g)	4.1 (71%)	3.2 (72%)
Altura (cm)	164.3 (90%)	151.7 (92%)

Tabla 3. *Contenido mineral óseo y porcentaje del nivel adulto a una similar edad de desarrollo (edad en la velocidad pico de crecimiento en altura).*

Sitio	Varones	Mujeres
BMC total (g)	1.072 (36%)	772 (36%)
BMC de la columna lumbar (g)	27.4 (39%)	19.4 (35%)
BMC del cuello femoral (g)	1.7 (28%)	1.2 (27%)

Tabla 4. *Acumulación de mineral óseo durante el transcurso de la eclosión puberal adolescente (edad de PHV±2 años). Acumulación de mineral óseo (CMO en g) y porcentaje del nivel de los adultos.*

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Está bien documentado que el logro de un pico optimo de BMC es un factor crucial para la prevención de la osteoporosis (7). Los resultados del presente estudio indican claramente que el periodo de desarrollo adolescente es un momento crítico para la acumulación de mineral óseo. En nuestros datos, en el momento en que los varones y mujeres alcanzaran la misma edad de desarrollo (edad de PHV) habían logrado el 90% de la estatura de la estatura adulta, el 60% del BMC total y de la columna lumbar, y el 70% del BMC adulto del cuello fémur. Estos valores concuerdan con un estudio llevado a cabo por Lloyd y cols. (10) quienes reportan que niñas, antes de la menarca (edad media 11.9 años), habían alcanzado el 90% de la talla de referencia, y el 53% del BMC total de un adulto. Estos datos también indican que en la adolescencia hay una disociación entre el crecimiento lineal y la acumulación de mineral óseo. Para todos los sitios óseos, tanto en niños como en niñas, la velocidad pico de BMC ocurrió aproximadamente un año después del PHV. Esto surgiere un periodo transitorio de debilitamiento óseo durante la eclosión puberal, lo que puede resultar en un mayor riesgo de fractura después del PHV (1, 2, 4).

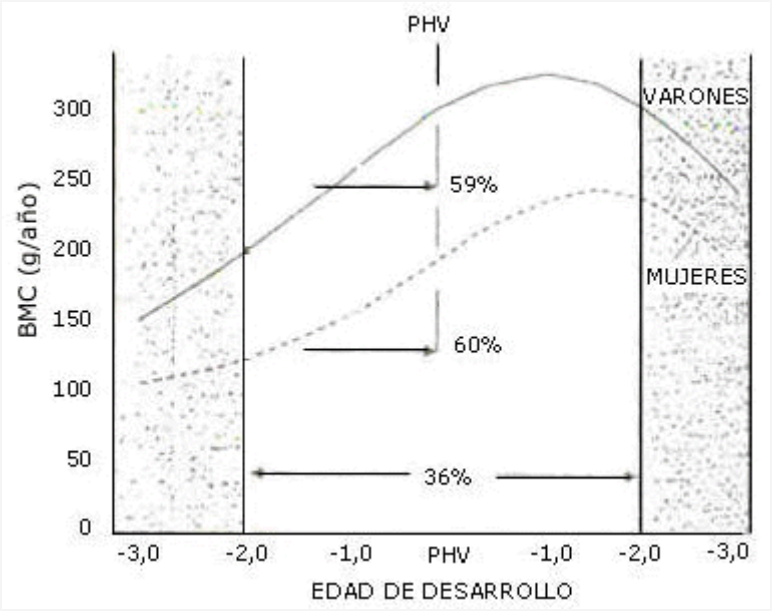

Figura 1. *Curvas de velocidad del contenido mineral óseo (BMC) total, alineadas según la edad del PHV.*

La disociación adolescente del BMC a partir del crecimiento lineal y la subsiguiente consolidación mineral, pueden explicarse a partir de los cambios en los requerimientos de calcio durante este periodo de rápido aumento en la longitud del hueso. La necesidad de calcio durante la velocidad pico de crecimiento en altura es importante, y aun una ingesta y absorción relativamente elevadas podrían no ser suficientes para cubrir la mayor demanda de calcio (11, 12, 15). Por lo tanto, se cree que el calcio adicional necesario para respaldar altas demandas del crecimiento proviene de las estructuras corticales existentes; es decir, el calcio es "cedido" por la estructura cortical para cubrir las demandas de las metáfisis en los huesos largos. Una vez que termina el crecimiento, se produce la consolidación del hueso cortical, dando por sentado que hay suficiente cantidad de calcio disponible a partir de las fuentes alimentarias (14).

Poniendo énfasis en la importancia de los años de adolescencia en términos de acumulación de mineral óseo, nuestros datos sugieren que en los 4 años que rodean al PHV, se acumulan el 35% del BMC en todo el cuerpo y en la columna lumbar, y el 27% del BMC del cuello femoral. Estos valores concuerdan con los estudios llevados a cabo por Slemenda y cols. (19), quienes reportan un aumento del 29% en el BMC en niñas en los tres años que rodean al comienzo de la pubertad. La significacia clínica de estos valores puede ser apreciada considerando el hecho de que se acumulara tanta cantidad de mineral óseo en estos cuatro años cercanos al PHV, como la que la mayoría de las personas perderá durante toda su vida adulta.

No debería sorprender la observación de que la adolescencia es una etapa crítica para la acumulación de mineral óseo. Tal como fue señalado por Parfitt (14), para cuando termine el crecimiento, el esqueleto debe ser tan fuerte como nunca necesitará serlo, y cualquier mecanismo que aumente significativamente la masa ósea y la fuerza después de finalizar el desarrollo seria de poca utilidad. Por lo tanto, no es poco razonable concluir que la fragilidad esquelética en los ancianos tiene sus antecedentes en la niñez (3). Más del 90% del mineral óseo en el adulto está presente hacia el final de la maduración esquelética y cualquier aumento después que ha terminado la misma, es mínimo (19). El 50% de la variabilidad en la masa ósea de las personas muy ancianas pueden ser consecuencia de la masa esquelética pico alcanzada durante los años de crecimiento y de maduración (8). Por lo tanto, es razonable concluir que gran parte de los riesgos de fracturas en las personas añosas esta determinado durante los años de crecimiento. Como lo señalaron Seeman y cols. (18): "Es probable que los factores que influyen en el logro del pico de densidad ósea en las primeras etapas de la vida cumplan un papel importante en la determinación del riesgo de fracturas luego de la menopausia, y en las últimas décadas de vida".

Claramente, es necesario que los estudios sobre la osteoporosis no solo investiguen la pérdida ósea relacionada con la edad, sino también los mecanismos de acumulación ósea durante los años de crecimiento. Es necesaria más información respecto a la relación exacta entre los factores modificables, tales como los patrones de actividad física y la ingesta alimentaria, y la acumulación de mineral óseo durante los años de crecimiento. Nuestro conocimiento, actualmente, es incompleto a este respecto. Es con este fin que se esta llevando a cabo el Estudio Pediátrico de Saskatchewan sobre Acumulación de mineral óseo.

Agradecimientos

El autor agradece el apoyo del *National Health Research and Development Program of Health* de Canadá por la beca de apoyo para el estudio de la dinámica ósea en jóvenes en período de desarrollo.

REFERENCIAS

1. Affram P A.; Bauer G.C.H (1962). Epidemiology of fractures of the forearm. *J Bone,Joint Surg. Am 44; 105-11*
2. Bailey D. A.; Wedge J. H.; McCulloch R. G.; Martin A. D.; Bernhardson S. C (1989). Epidemiology of fractures of distal end of the radius in children as associated with growth. *J Bone Surg Am 71: 1225-1231*
3. Bailey D. A.; McCulloch R. G (1992). Osteoporosis: Are there childhood antecedents for an adult heath problem?. *Can J Pediatr 5: 130-134*
4. Blimkie C. J. R.; Levevre J.; Beunen G. P.; Renson R.; Dequeker J.; Van Damme P (1993). Fracture, physical activity, and growth velocity in adolescent Belgian boys. *Med Sci Sports Exerc 25:801-808*
5. Croker P. R. E.; Bailey D.; Faulkner R.; Kowalski K.; McGrath R (1996). Measuring general levels of physical activity: Preliminariy evidence for the physical questionnaire for older children. *En prensa*
6. Crocker P. R. E.; Kowalski K (1996). Validation of the physical activity questionnaire for older children. *En prensa*
7. Heaney R (1991). The effect of calcium on skeletal development, bone loss, and risk of fractures. *Am J Med 91 (5B): 23 S-28 S*
8. Hui S. L.; Slemenda C. W.; Johnston C. C (1990). The contribution of bone loss to postmenopausal osteoporosis. *Osteoporosis Imt 1:30-34*
9. Kannus P Haapasalo H; Sankelo M; et al (1995). Effect of starting age of physical activity on bone mass in the dominant arm of tennis and squash players. *Ann Intern Med 123:27-31*
10. Lloyd T.; Rolling N.; Andon M. B., et al (1992). Determinants of bone density in young women. I. Relationships among pubertal development, total body bone mass and total body bone density in premenarchal females. *J Clin Endocrinol Metab 75: 383 -387*
11. Martin A. D; Bailey D. A.; McKay H. A (1996). Bone mineral and calcium accretion during puberty. *En prensa*
12. Matkovic V (1991). Calcium metabolism and calcium requirements during skeletal modeling and consolidation of bone mass. *Am J Clin Nutr 54:245 S-260 S*
13. McKay H.; Bailey D.; Wilkinson A; Houston C (1994). Familial comparison of bone mineral density at the proximal femur and lumbar spine. *Bone Miner 24:95-107*
14. Parfitt A. M (1994). The two faces of growth: Benefits and risks to bone integrity. *Osteoporosis Int 4: 382-389*
15. Peacock M (1991). Calcium, absorption efficiency and calcium requirements in children and adolescents. *Am J. Clin Nutr 54:261 S-265 S*
16. Preece M. A.; Baines M. J (1978). A new familiy of mathematical models describing the human growth curve. *Ann Hum Biol 5: 1-24*
17. Ross W. D.; Marfell-Jones M. J. Kinanthopometry. in MacDougall J., Wenger H.; Green H (1991). Physiological Testing of the High Performance Athlete. *Champaign, IL, Human Kinetics, 223-308*
18. Seeman E.; Young N.; Szmukler G.; Tsalamandris C.; Hopper J (1993). Risk factor for osteoporosis. *Osteoporosis Int 3 (S1): 40-43*
19. Slemenda C. W.; Reister T. K; Hui S. L., Miller J. Z.; Christian J. C.; Johnston C. C (1994). Influences on skeletal mineralization in children and adolescents: Evidence for varying effects of sexual maturation and physical activity. *J Pediatr 125:201-207*
20. Whiting S.; Colleaux C.; Bacchetto T (1995). Dietary intakes of children age 8 to 15 years living in Saskatoon. *J. Can Diet Assoc 56:119-125*

Cita Original

Bailey DA. (1997) The Saskatchewan Pediatric Bone Mineral Accrual Study: bone mineral acquisition during the growing years. Int J Sports Med. 1997 Jul;18 Suppl 3:S191-4. doi: 10.1055/s-2007-972713