

Artículo original



Vol. 3, Núm. 4
Octubre-Diciembre 2014
pp 168-176

Densidad mineral ósea, estado nutricional y fracturas de huesos largos en niños

Antonio Redon-Tavera,* Ramón Rodríguez-Madrid,*
Saúl R León-Hernández,[‡] Pilar Díez-García,[§] Lázaro Becerra-Luna^{||}

* Ortopedia Pediátrica.
‡ División de Investigación.
§ Departamento de Densitometría Ósea.
|| Departamento de Nutrición.

Instituto Nacional de Rehabilitación.

Dirección para correspondencia:
Dr. Antonio Redon Tavera
Ortopedia Pediátrica.
Instituto Nacional de Rehabilitación.
Av. México-Xochimilco
Núm. 289,
Col. Arenal de Guadalupe, 14389,
México, D.F.
Teléfono: (55) 5999-1000,
ext. 12205
Fax: (55) 5598-6801
E-mail: antonioredon@doctor.com

Recibido: 7 de julio de 2014.
Aceptado: 22 de octubre de 2014.

Este artículo puede ser consultado
en versión completa en:
<http://www.medigraphic.com/rid>

Palabras clave: Fractura, niños, densidad mineral ósea, nutrición, cantidad de energía.

Key words: Fracture, children, bone mineral density, nutrition, amount of energy.

Resumen

Se presenta un estudio transversal realizado en una serie de 66 casos con 43 niños y 23 niñas, y edades de 2.0 a 14.5 años, de marzo a julio de 2009, que ingresaron en forma consecutiva por presentar fractura de huesos largos de las extremidades. Se compararon la magnitud del trauma (MT), la densidad mineral ósea (DMO mediante Z-Score) y el estado nutricional (EN) de los pacientes. Fueron localizados 34 casos de fractura supracondílea humeral (51.5%), 19 radiocubitales (28.8%), 5 de fémur distal y diáfisis (7.6%) y 8 de tibia-tobillo (12.1%). Los resultados mostraron una correlación paralela entre una mayor edad y una mayor cantidad de energía requerida para producir la fractura ($p = 0.001$). La DMO también fue proporcional a la edad (Spearman $p = 0.0001$). No se encontró correlación entre la MT y el EN, ya que la mayoría de los casos (81.8%) tuvieron peso corporal normal. Se observó tendencia a una menor DMO en el 6.1% de los niños con obesidad, pero sin diferencias con los niños normales (KW, $p = 0.70$). Se obtuvieron valores observados y valores esperados de la DMO, los últimos mediante una prueba de regresión lineal y ambos se compararon con la MT. En los casos de fracturas por mediana o baja energía, la DMO observada fue menor que la esperada. Los resultados globales mostraron correlación directa entre alta energía y fracturas de tibia-tobillo y fracturas en niños mayores (12 a 14 años), en quienes la DMO observada fue mayor que la DMO esperada.

Abstract

A transverse cohort study was conducted in 66 children, 43 male and 23 female, aged 2.0 to 14.5 years, who were consecutively admitted from March through July 2009 because of long-bones fracture, to correlate the amount of energy (AOE) required to produce the fracture compared to bone mineral density (BMD, by Z-Score) and the nutritional condition (NC) of patients. Fractures were 34 supracondylar humeral (51.5%), radio-ulnar 19 (28.8%), femur shaft-distal 5 (7.6%) and tibia-ankle 8 (12.1%). Results demonstrated a parallel relationship between the higher age and higher energy required for a fracture ($p = 0.001$). As well, BMD was higher as patients grew-up in age (Spearman $p = 0.0001$). No true relationship was found between AOE and the NC, as most children (81.8%) addressed a normal body weight. In spite of a tendency to decrease BMD in the 6.1% of the obese children, figures were not significantly different to those with normal body weight (KW $p = 0.70$). When matching trauma energy to observed BMD, this was lower than expected in mild or low energy fractures. Values of observed BMD and expected BMD values were obtained by regression test. Global results demonstrated a straight relationship among cases of tibial-ankle fractures and a higher energy required for a fracture in older children (ages 12 to 14 years) in whom observed BMD was somewhat higher than expected BMD.

Introducción

La fragilidad ósea se relaciona con el módulo de elasticidad del hueso, que está dado por la proporción de los dos componentes principales del mismo, a saber, proteínas y minerales. La baja proporción de minerales está relacionada con un patrón de raquitismo en el niño y de osteomalacia en el adulto.¹ En ambos casos, se produce en el hueso una deformación plástica. Si por lo contrario, disminuye el patrón proteico, se produce osteoporosis y el hueso no se deforma pero aumenta su fragilidad. La pérdida de proteína conduce a una pérdida secundaria de componente mineral. Por cada tres partes de proteína se pierden siete partes de componente mineral.

Dentro de los factores involucrados en la osteoporosis, debe asumirse que el aporte nutricional es de importancia capital en el niño. Éste es definido como pérdida de masa ósea y es del dominio general que incrementa el riesgo de fractura.

Ha llamado la atención de los autores el hecho de que los pacientes pediátricos que acuden diariamente a nuestra institución por presentar fracturas se ven expuestos a traumatismos de mediana o baja energía, que no parecerían justificar a simple vista la elevada frecuencia de dichas fracturas. Surgió, por tanto, la sospecha de desnutrición en nuestra población infantil atendida, sin que existan estudios previos de nuestro hospital que reporten algún resultado. Con tal sospecha, se consideró conveniente estudiar a la población señalada, para comparar la magnitud del trauma (MT) causante de fractura con el estado nutricional (EN) y la densidad mineral ósea (DMO) de los niños, asumiendo la probabilidad de niveles bajos tanto en su EN como en su DMO, como factores de riesgo predisponentes a fractura.

En la literatura, Clark y col.² reportaron en un primer estudio prospectivo de cohorte la tendencia a un mayor riesgo de fractura en niños cuyo esqueleto era considerado pequeño en relación con su talla corporal. En un segundo estudio, los mismos autores (ambos con ajuste de género, edad, etnicidad y estado socioeconómico)³ encontraron una correlación directa entre las fracturas del húmero por trauma de baja energía en presencia de una mínima reducción global de masa ósea, tan pequeña como del 1.8%, comparada con la de niños sanos.

Goulding y col.⁴ correlacionaron a las fracturas distales del antebrazo por sexo y edad sin antecedentes de fractura en niñas cuya densidad mineral ósea se encontraba de 3 a 6% por debajo de los controles pareados por sexo y edad sin antecedentes de fractura.

La misma autora⁵ reportó, en un segundo estudio de niños con fractura en edad prepuberal, el antecedente sistemático de no ingesta de leche en su alimentación diaria, con un incremento de 22 fracturas observadas contra ocho esperadas. Además, se encontró obesidad en el 44% de los niños.

Black y col.⁶ estudiaron a un grupo de 50 niños que no recibían leche de vaca en su dieta ni suplemento de calcio, ya fuera por intolerancia o por excentricidades de la dieta, encontrando que cursaron con menor estatura que los controles con ingesta de leche y con una condición ósea deficiente, reportando que 12 de los 50 niños del estudio (24%) habían sufrido fracturas. Todo ello podría sugerir que el EN deficiente en niños ocasionaría como regla predisposición para sufrir fracturas.

Ante tales antecedentes, se decidió estudiar la presente serie de casos, con el objetivo específico de investigar la posible correlación entre las variables estado nutricional y densidad mineral ósea, con fracturas de huesos largos de las extremidades, a diferente severidad del trauma, en los pacientes pediátricos que acuden a nuestra institución por fracturas, con ajuste por género, talla y edad.

Pacientes y métodos

Se realizó un estudio transversal y observacional, pareado por valores calculados internos, en una serie de 66 pacientes en edad pediátrica: 43 de género masculino y 23 del femenino, con fractura reciente de los huesos largos de las extremidades, con rango de edad de 1 a 15 años, cuyo promedio fue de 8.1 ± 4.1 .

Se incluyeron todos los casos que requirieron internarse en forma consecutiva y que durante el periodo de marzo a julio de 2009 presentaron fractura de los huesos largos de las extremidades que ameritase tratamiento quirúrgico. No se incluyeron pacientes con fractura en terreno patológico como osteogénesis imperfecta, osteopenia por desuso (como en casos de parálisis espástica, lesiones de tipo tumoral o aquellos casos con fractura secundaria en el mismo segmento óseo). Se excluyó del estudio a los casos que no completaron su valoración clínica y de gabinete.

Se obtuvo el consentimiento informado de los padres de los pacientes para todos los niños registrados e incluidos.

Las fracturas se agruparon por conveniencia en cuatro tipos por su similitud anatómica, a saber: en fémur diáfisis y distal, tibia diáfisis y tobillo, antebrazo distal y supracondílea humeral.

En relación con la MT causante de fractura, se consideraron de baja energía las producidas por caídas de superficie o contusión accidental por choque con objetos fijos, de mediana energía a aquellas producidas por actividades deportivas y por caídas de altura no superior a la estatura del individuo y de alta energía a aquellas caídas de una altura mayor a la estatura del paciente, así como los accidentes de la vía pública y los accidentes de trabajo. No se discute aquí el tratamiento de cada tipo de fractura puesto que no forma parte de los objetivos del estudio.

El EN fue determinado con base en las tablas de peso corporal y estatura para la población pediátrica mexicana establecida por Martínez,⁷ ubicando a los pacientes dentro de parámetros establecidos para el índice de masa corporal de acuerdo con la edad y estatura de niños mexicanos.

Se les realizó estudio de DMO en la región de la cadera mediante Z-Score, con ajustes para género, peso y talla de los pacientes pediátricos, con el equipo Hologic Discovery. La región anatómica examinada fue el cuello femoral.

Para aumentar la precisión del estudio, se colocó a los niños y adolescentes en posición de decúbito supino, con un aditamento en forma de pirámide en medio de los pies, lo que permitió colocarlos en posición de rotación interna de 30 grados. La rotación interna controlada de las extremidades inferiores a expensas de los pies genera un centraje de la articulación de la cadera puesto que se elimina de manera funcional la anteversión del cuello femoral y que, además, para capturar su lectura, queda colocado en posición transversal.

La evaluación de la DMO se realizó mediante la comparación entre valores observados y el cálculo de los valores esperados por paciente, con ajuste de género y edad.

En forma similar a lo realizado por Warner y cols.,⁸ solamente por lo que se refiere al método de comparación entre valores observados y valores esperados, se realizó el estudio con valores calculados internos con el objeto de aumentar la precisión de los resultados, ya que la serie de Warner abarca grupos de edad de 6 a 18 años, mientras que el rango de nuestra serie es de 1 a 15 años de edad.

Los resultados de la DMO y del EN, así como el tipo de fractura se expresan en cifras descriptivas. La evaluación estadística de la relación existente entre DMO, EN, MT y tipo de fractura se hizo mediante coeficiente de correlación de Spearman para distribución lineal, razón de momios, U de Mann-Whitney para comparar dos variables y para comparar más de dos variables

se usó la prueba de Kruskal-Wallis, considerando resultados con validez estadística aquéllos cuyo valor de p fue menor de 0.05.

Resultados

La distribución de las fracturas fue como sigue: 34 tuvieron fractura supracondílea humeral (51.5%), 19 radiocubital (28.8%), 5 de fémur distal o diáfisis (7.6%) y 8 de tibia o del tobillo (12.1%).

La magnitud del trauma globalmente involucró baja energía en 50% de los casos como caídas de superficie, moderada en 43.9% como en actividades deportivas y sólo un 6.1% fueron producidas por alta energía como en accidentes de la vía pública.

El EN mostró peso corporal normal en el 81.8% de los casos, sobrepeso en 9.1%, obesidad formal en 6.1% y sólo 3% tuvieron bajo peso, el cual fue considerado como desnutrición.

La DMO en la cadera, globalmente, se encontró en rangos de 0.4010 a 1.1720, con un promedio de 0.6057 y con una desviación estándar de 0.1610 g/cm².

La edad en general fue mayor en varones con un promedio de 8.9 ± 4.1 años, mientras que para las niñas fue de 6.6 ± 3.9 años (Mann-Whitney $p = 0.04$). Quizá, la correlación más importante fue la encontrada entre DMO y la edad, ya que a mayor edad la DMO invariablemente fue mayor (Spearman $p = 0.0001$) (Figura 1).

Los promedios de edad fueron significativamente distintos en relación con el mecanismo de fractura, puesto que aquéllos cuya fractura fue producida por traumatismos de mediana o alta energía siempre fueron de edad mayor que aquéllos con fracturas por baja energía (Spearman, $p = 0.001$).

No se encontró diferencia significativa del EN en los distintos grupos de edad, puesto que, estrictamente, no se observaron niveles de desnutrición ($p = 0.40$) (Cuadro I). En cambio, sí se encontró diferencia significativa para el tipo de fractura en los distintos grupos de edad ($p = 0.0001$). Los niños mayores, en promedio de 12.2 años tuvieron fracturas por alta energía en su mayoría tibia o tobillo, al contrario de los observado en niños de menor edad, cuyo promedio es de 3.8 años, que fueron aquellos que tuvieron fractura de fémur, ya sea diáfisis o distal, por mediana o baja energía (Kruskal-Wallis $p = 0.002$).

De acuerdo con la severidad del trauma, la figura 2 muestra que la cantidad de energía fue proporcional a la DMO, de tal manera que los niños con fracturas por alta energía tuvieron como regla una mayor DMO y también una mayor edad. Proporcionalmente, los

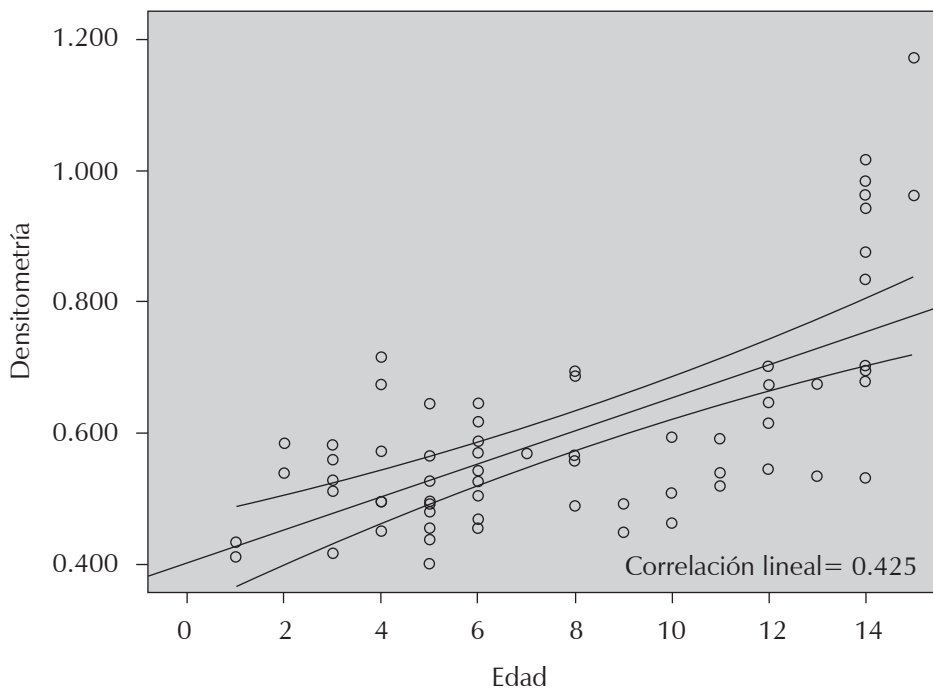


Figura 1.

Gráfica de correlación lineal que muestra una distribución general de todos los casos con fracturas, congruente entre la edad y la densidad mineral ósea.

Cuadro I. Distribución de pacientes por tipo de fractura, cantidad de energía, estado nutricional y desviación estándar.

Tipo de fractura	n	Edad promedio	Desviación estándar
Supracondílea	34	6.68	3.707
Radiocubital	19	10.11	2.942
Fémur, fémur-distal	5	3.80	2.280
Tibia-tobillo	8	12.5	4.334
Mecanismo (cantidad de energía)			
Baja	33	6.30	3.340
Moderada	29	10.00	4.062
Alta	4	9.50	5.745
Estado nutricional			
Bajo peso	2	7.00	1.414
Normal	54	8.20	4.302
Sobrepeso	6	9.83	4.021
Obesidad	4	5.00	2.160

casos que tuvieron traumatismos de mediana energía correspondieron a los casos con una DMO media. Y los de baja energía coincidieron con la más baja DMO (Kruskal-Wallis $p = 0.002$).

No hubo diferencia significativa entre EN y DMO, a pesar de una tendencia a una menor DMO en niños obesos, tal como puede observarse en la *figura 3* (Kruskal-Wallis $p = 0.70$). Al comparar globalmente la DMO de la cadera entre niños y niñas, no se encontró diferencia entre géneros, que en varones fue de $0.6220 \pm 0.1771 \text{ g/cm}^2$, mientras que en las niñas fue de $0.5753 \pm 0.1233 \text{ g/cm}^2$ ($\chi^2 p = 0.052$). Aún más, puesto que la edad puede ser una covariable significativa, cuando se hizo un ajuste mediante análisis de covarianza para DMO, los resultados subsistieron muy similares.

El tipo de fractura en relación con el sexo tampoco varió de manera significativa. Sin embargo, los varones tuvieron una mínima tendencia a una mayor cantidad de fracturas en las extremidades superiores, con 81.6 contra 69.5% para las niñas ($\chi^2, p = 0.15$).

Asimismo, se observó un riesgo 2.6 veces mayor en niños para fractura en extremidades superiores, particularmente para fracturas supracondíleas humerales. Por su parte, las niñas tuvieron un mayor número de casos dentro de los grupos de mediana y baja energía con 56.6 contra 43.5% para varones. No se encontró diferencia entre grupos de varones con mediana energía con 44.2% y baja energía con 46.5% ($\chi^2, p = 0.29$).

Sin embargo, un 9.3% de los varones tuvo mecanismo de alta energía comparado con 6% de las niñas.

En cuanto al EN, las niñas tuvieron peso normal en el 95% de los casos y sólo una niña tuvo sobrepeso (4.6%). En el género masculino, el peso normal estuvo presente en el 74.4%, hubo sobrepeso en 11.6% y desnutrición en 4.7%, sin encontrar diferencias entre géneros (χ^2 , $p = 0.17$).

Desde el momento en que fue demasiado bajo el número de casos con desnutrición (dos varones) se decidió excluirlos. El resto se concentró por conveniencia en dos grupos: el primero, con casos de obesidad y sobrepeso, y el segundo con casos de peso normal.

Se encontró una tendencia de 6.1 veces mayor en los varones para presentar obesidad o sobrepeso (intervalos de confianza de 95%, de 0.7 a 52.3%). La tasa de obesidad y sobrepeso en varones fue de 22.0%, y de éste sólo 4.3% fue en niñas (χ^2 , $p = 0.05$).

La correlación entre la MT y los valores de DMO fue como a continuación sigue: hubo una fractura del fémur en un niño de cuatro años por trauma de mediana energía con DMO observada de 0.4500, mientras que su DMO esperada era de 0.5023, lo que significa en el paciente un déficit de 0.0523 g/cm².

En 14 niños con fractura supracondílea humeral causada por baja energía, se encontró un déficit de

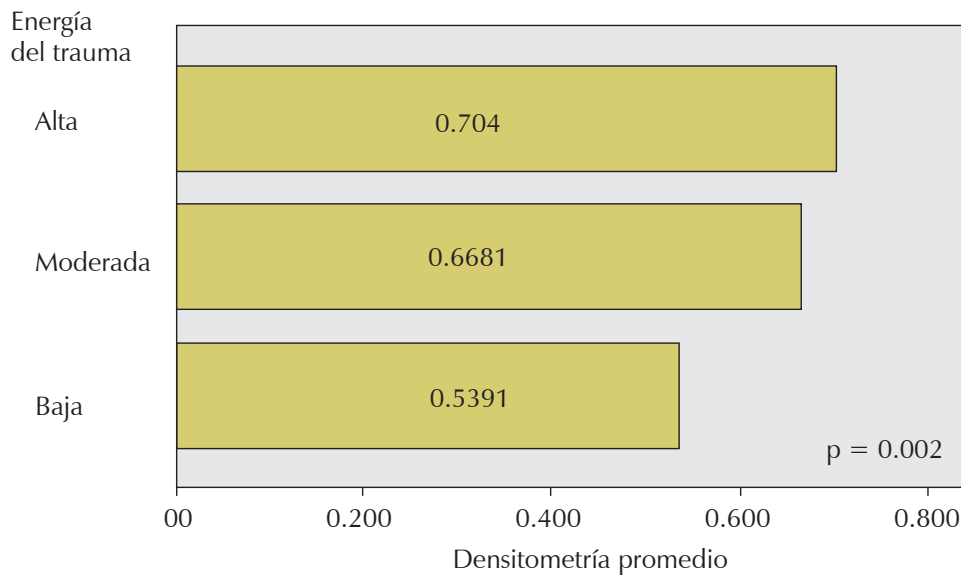


Figura 2.

Gráfica que muestra la densidad mineral ósea en relación con el mecanismo de fractura en pacientes pediátricos. Las cifras muestran una correlación directa entre la densidad mineral ósea y la cantidad de energía requerida para producir fractura. Es decir, a mayor densidad mineral ósea se requiere mayor energía del traumatismo para producir fractura.

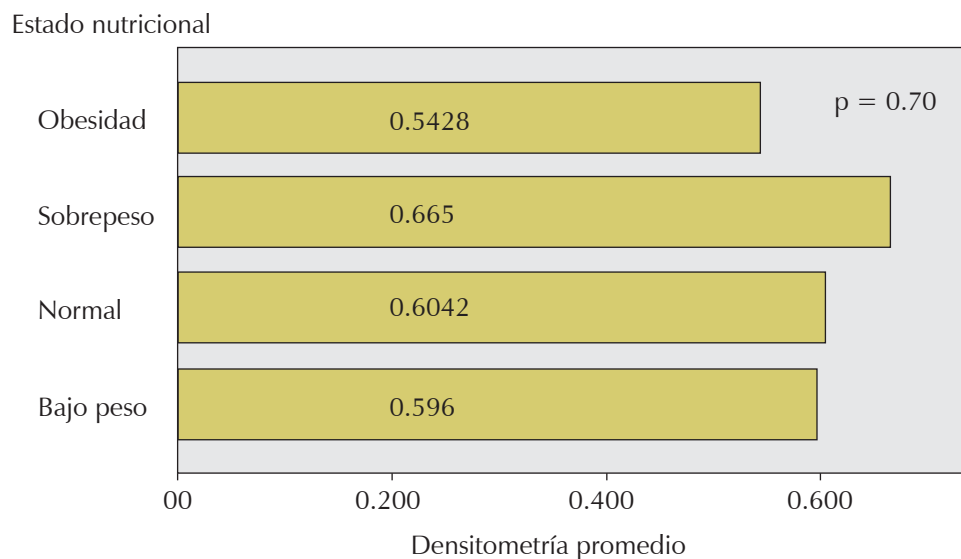


Figura 3.

Gráfica que muestra la densidad mineral ósea y su correlación con el estado nutricional en los pacientes de la serie actual. El dato característico es que no existe correlación entre la densidad mineral ósea y la obesidad.

0.0402 en su DMO observada. Por el contrario, cuando las fracturas fueron producidas por mediana energía (seis casos), la DMO observada estuvo 0.0389 por encima de la DMO esperada y en tres de alta energía, también la DMO observada estuvo 0.0409 g/cm² por encima de la esperada. En las fracturas radiocubitales, todas producidas por mediana o baja energía, las cifras de DMO observadas estuvieron 0.0500 g/cm² por abajo de la esperada. Finalmente en aquellos casos de fractura de tibia y tobillo, la DMO observada siempre estuvo por arriba de la esperada y los mecanismos fueron siempre de mediana o alta energía (*Cuadro II*).

Los resultados para las niñas no fueron necesariamente iguales que en los niños. Por ejemplo, en fracturas del fémur producidas por mediana o baja energía, la DMO observada estuvo ligeramente arriba de la esperada. En fractura supracondílea humeral por baja energía, la DMO observada estuvo 0.0200 g/cm² arriba de la esperada y aquellas de moderada energía tuvieron un déficit de 0.0300 g/cm². En las fracturas radiocubitales, el patrón observado fue el mismo que para las fracturas supracondíleas. Aún más, en las fracturas de baja energía, la DMO observada fue hasta 0.0700 g/cm² por encima de la esperada para cada grupo de edad. Es notorio que la única paciente con fractura de tibia o tobillo, que fue en una niña de cuatro años por baja energía, hubo un déficit importante de 0.1500 g/cm², el cual fue similar a otras niñas para su grupo de edad. Las fracturas de tibia-tobillo causadas por moderada energía,

por lo general, fueron congruentes con las cifras de DMO observada, en 0.0500 g/cm² por encima de la esperada (*Cuadro III*).

Discusión

En virtud de no contar en la población estudiada con un número significativo de casos con desnutrición, dicho factor en la presente serie se descartó como riesgo de fractura por ser prácticamente inexistente.

Se puede argumentar como resultado general del estudio el hecho de que sí existe correlación directa entre edad y DMO, o lo que es lo mismo, los niños de mayor talla mostraron paralelamente mayor DMO como se muestra en la *figura 1*, obteniéndose resultados muy similares a los reportados por Warner y cols.,⁸ en sus gráficas en las que compara contenido mineral óseo en gramos con cantidad de superficie ósea en cm².

De acuerdo con los ya citados autores Rauch y Schoenau,¹ Arquímedes describió la densidad como el producto de la masa de un cuerpo sobre su volumen. La imagen de densitometría corresponde el grado en que los rayos X son atenuados por el hueso. La atenuación es evaluada en una imagen bidimensional y será resultado de la densidad física del hueso y de su volumen. Por lo tanto, un hueso pequeño siempre registrará una densidad menor que uno grande, sin importar que ambos pudieran tener la misma cantidad de masa ósea por volumen. En otras palabras, es normal obtener una DMO mayor en el peroné de

Cuadro II. Relación entre la densidad mineral ósea (DMO) observada y esperada con la cantidad de energía y la edad de los pacientes.

Fractura	Energía (n)	Edad (años)	DMO observada	DMO esperada para la edad	Diferencia
Fémur y fémur-distal	Baja (1)	4.0	0.4500	0.5023	- 0.0523
	Moderada				
	Alta				
Supracondílea	Baja (14)	6.0	0.5123	0.5525	- 0.0402
	Moderada (6)	7.5	0.6290	0.5901	+ 0.0389
	Alta (3)	12.0	0.7440	0.7031	+ 0.0409
Radiocubital	Baja(5)	10.8	0.6158	0.6730	- 0.0572
	Moderada (9)	11.4	0.6351	0.6891	- 0.0540
	Alta				
Tibia-tobillo	Baja				
	Moderada (4)	14.0	0.9350	0.7533	+ 0.1817
	Alta (1)	2.0	0.5840	0.4521	+ 0.1319

Cuadro III. Correlación entre la densidad mineral ósea (DMO) observada y esperada con la cantidad de energía y la edad en las niñas.

Fractura	Energía (n)	Edad (años)	DMO observada	DMO esperada	Diferencia
Fémur, fémur-distal	Baja (2)	4.0	0.5040	0.5023	+ 0.0017
	Moderada (2)	3.5	0.5010	0.4898	+ 0.0112
	Alta				
Supracondílea	Baja (7)	3.8	0.5192	0.4987	+ 0.0205
	Moderada (4)	8.7	0.5870	0.6215	- 0.0345
	Alta				
Radiocubital	Baja (3)	6.6	0.6423	0.5692	+ 0.0731
	Moderada (2)	7.5	0.5770	0.5901	- 0.0131
	Alta				
Tibia-tobillo	Baja (1)	11.0	0.5190	0.6780	- 0.1590
	Moderada (2)	14.5	0.8205	0.7658	+ 0.0547
	Alta				

un adulto que en el radio de un niño, aunque puedan poseer la misma dimensión física.

Según lo describen Khoury y col.,⁹ la valoración de la DMO en niños no es del todo fácil en virtud de la inmadurez esquelética y de que la densidad del hueso infantil no puede ser equiparada por unidad de volumen con la del hueso adulto.

En los casos de Warner y cols.,⁸ la comparación entre los valores observados y los valores esperados para las mediciones del contenido mineral óseo permite identificar un factor de error de interpretación mediante el cual la DMO se sobreestima en huesos grandes y se menoscaba en huesos pequeños, pero es un factor inherente en todos los estudios que involucran DMO, a pesar del ajuste por talla, género y edad.

De manera similar al estudio de Warner y col., señalado en el párrafo previo, el concepto de autocontrol se concretó mediante la comparación de valores observados y valores esperados en los casos de nuestro estudio, con los ajustes respectivos por talla, género y edad.

De manera congruente con lo que describe Southard,¹⁰ en nuestros resultados, la DMO en la infancia se incrementó con la edad, lo cual podría estar simplemente relacionado con el incremento en talla de los pacientes.

Asimismo, desde un punto de vista antropológico, las cifras de nuestros casos concuerdan con el concepto de pertenencia a lo que se considera como una misma población, que en términos generales es la que radica en las áreas urbanas cercanas a nuestro

hospital donde no se observan niveles genuinos de desnutrición y no existió correlación entre un probable EN deficitario y DMO en dichos pacientes.

El hecho de que las niñas requieran menor cantidad de energía que los varones para sufrir fractura, es congruente con el concepto de dimensión o talla corporal, que es menor en general para el género femenino.

Se identifica que la cantidad de energía requerida para producir una fractura es mayor a medida que los niños son de mayor edad y de mayor talla. Como regla general, se observó que la incidencia de fracturas tiende también a correlacionarse con la edad, de tal manera que en los extremos de la curva etaria, como es en los niños pequeños y los adultos mayores, sufren fracturas con mecanismos de mediana o baja energía. La regla para la producción de fracturas en el adulto joven, cuando se asume que la DMO está en su mejor condición y los huesos son más resistentes, se requiere mayor energía para producir fractura.

Por otra parte, nuestros pacientes obesos mostraron una tendencia mayor a riesgo de fractura que los niños con peso normal, probablemente por la mayor cantidad de carga de peso corporal al momento de caer, a diferencia de lo que describen Clark y cols.,^{2,3} quienes informan que los niños que recibieron impactos de alta energía eran los niños más pesados. Quedaría por discutirse si el peso correspondió en una y otra serie a obesidad o a una mayor cantidad efectiva de masa muscular, o bien, a una más resistente estructura esquelética.

Lo anterior es congruente con lo referido por Goulding y cols.,⁴ quienes reportaron que las niñas que sufrieron, por ejemplo, fractura distal del radio tenían al mismo tiempo baja DMO en muñeca y en la columna vertebral. Al mismo tiempo, los niños con fractura del radio distal tenían mayor peso corporal que los controles. También esos niños tuvieron mayor tejido adiposo y osteopenia que los controles, lo cual es congruente con nuestros resultados.

Se dice que la densitometría determinada por el absorciómetro dual de protones es tan exacta *in vitro* como el absorciómetro monofotón y es especialmente útil para la medición del esqueleto axial (columna vertebral) a pesar de producir un poco mayor de radiación, según lo describe De Schepper.¹¹ Se asume que la masa ósea, expresada en gramos de hidroxapatita por centímetro cuadrado, tiene una relación paralela con la edad, talla corporal y peso corporal.

En relación con conceptos atribuibles al EN, Stark¹² reportó una proporción de fracturas ligeramente más elevada en las comunidades de privación social, en las que los estándares nutricionales parecen caracterizarse por un menor aporte alimentario. En nuestra serie, los resultados no se podrían comparar con la serie referida puesto que no se encontró una proporción significativa de desnutrición, porque los pacientes que acuden a nuestra institución no provienen necesariamente de zonas marginadas o de típica privación.

A pesar de que no se observaron cifras de valor significativo de desnutrición en nuestra serie, se considera congruente la afirmación de varios autores como Goulding,^{3,4} Black,⁶ Lee¹³ y Zhu¹⁴ quienes reportaron un mayor riesgo de fractura en población infantil, claramente en edad prepuberal, que no tiene aporte de leche de vaca en su ingesta.

Por su parte, Henderson y cols.,¹⁵ determinan la importancia de la actividad física corporal agregada a una ingesta satisfactoria de nutrientes, puesto que en casos no ambulatorios el riesgo de fracturas siempre es mayor, ya sea que coexista o no, un déficit nutricional.

Puesto que la densitometría es un procedimiento que fue originalmente diseñado para adultos con una enorme cantidad de publicaciones, no se dispone de la misma cantidad de referencias para estudios en niños. En todo caso, el proceso de estudio en niños y adolescentes se encuentra en curso, de acuerdo con el interés específico de autores que se han enfocado al tema por necesidad de evaluar casuísticas en series de cada grupo de investigación.¹⁶

Se puede concluir con los siguientes conceptos: la densitometría mide realmente la cantidad de hueso en

el área registrada, que al mismo tiempo se incrementa por la edad y por el crecimiento corporal de los niños. Asimismo, la MT necesaria para producir fractura en los niños es mayor de lo que ocurre en niñas, lo cual es congruente con la mayor masa ósea proporcional de los niños.

Cuando no se hace un ajuste estadístico relacionado con género y edad, los niños muestran tendencia a una mayor DMO que las niñas, sin embargo, cuando se hace un ajuste por la sola variable de edad como covariable, el promedio es prácticamente el mismo, con una probable mínima ventaja a favor de las niñas, solamente en nuestra serie.

Finalmente, parece casi conclusivo que las fracturas producidas por baja energía, como son típicamente las supracondíleas humerales y las radiocubitales distales, ocurrieron en casos donde la DMO observada fue menor que la esperada.

Por el contrario, cuando la DMO observada estuvo por arriba de la esperada, como en los casos de varones con fractura de tibia-tobillo, casi siempre se requirió una elevada energía para producir fractura.

Se concluye que las fracturas registradas en nuestra serie de casos pueden estar relacionadas como regla general, en forma proporcionalmente directa entre la DMO del segmento fracturado (más bien relacionada con la dimensión del hueso) y la MT requerido para producir fractura. No hubo correlación entre la MT y el EN de nuestros pacientes.

Bibliografía

1. Raush F, Schoenau E. Skeletal development in premature infants: a review of bone physiology beyond nutritional aspects. Arch Dis Child Fetal Neonatal. 2006; 21 (9): 1489-1495.
2. Clark EM, Ness AR, Bishop NJ, Tobias JH. Association between bone mass and fractures in children: a prospective cohort study. J Bone Miner Res. 2006; 21 (9): 1489-1495.
3. Clark EM, Ness AR, Tobias JH. Bone fragility contributes to the risk of fracture in children, even after moderate and severe trauma. J Bone Mineral Res. 2008; 23 (2): 173-179.
4. Goulding A, Cannan R, Williams SR, Gold EJ, Taylor RW, Louis-Barned NJ. Bone mineral density in girls with forearm fractures. J Bone Miner Res. 1998; 13 (1): 143-148.
5. Goulding A, Rockell JEP, Black RE, Grant AM, Jones IA, Williams SL. Children who avoid drinking cow's milk are at increased risk for prepubertal bone fractures. J Am Diet Assoc. 2004; 104 (2): 250-253.
6. Black RE, Williams SW, Jones IE. Children who avoid drinking cow milk have low dietary calcium intakes and poor bone health. Am J Clin Nutr. 2002; 76: 675-680.

7. Martínez MR. Salud y enfermedad del niño y del adolescente. 6a ed. México: El Manual Moderno; 2009: pp. 1765-1808.
8. Warner JT, Cowan FJ, Dunstan FD, Evans WD, Webb DK, Gregory JW. Measured and predicted bone mineral content in healthy boys and girls aged 6-18 years: adjusted for body size and puberty. *Acta Pediatr.* 1998; 878: 244-249.
9. Khoury DJ, Szalay EA. Bone mineral correlation with fractures in nonambulatory pediatric patients. *J Pediatr Orthop.* 2007; 27 (5): 562-566.
10. Southard RN, Morris JD, Mahan JD. Bone mass in healthy children: measurement with quantitative DXA. *Radiology.* 1991; 179 (3): 735-738.
11. De Schepper J, Derde MP, Van den Broeck M, Piepsz A, Jonckheer MH. Normative data for lumbar spine bone mineral content in children: influence of age, height, weight, and pubertal stage. *J Nucl Med.* 1991; 32 (2): 216-220.
12. Stark AD, Bennet GC, Stone DH, Christi P. Association between childhood fractures and poverty: population based study. *British Med J.* 2002; 324: 457.
13. Lee WT, Leung SS, Wang SH, Xu YC, Zeng WP, Lau J et al. Double-blind controlled calcium supplementation and bone mineral accretion in children accustomed to a low calcium diet. *Am J Clin Nutrition.* 1994; 60: 744-750.
14. Zhu K, Zhang Q, Foo LH, Trube A, Ma G, Hu X et al. Growth, bone mass, and vitamin D status of Chinese adolescent girls after withdrawal of milk supplementation. *Am J Clin Nutrition.* 2006; 83: 714-721.
15. Henderson RC, Lark RK, Gurka MJ, Worley G, Fung EB, Conway M et al. Bone density and metabolism in children and adolescents with moderate to severe cerebral palsy. *Pediatrics.* 2002; 110: e5.
16. Estrada A, Ramnitz SM, Gafni RI. Bone densitometry in children and adolescents. *Curr Opin Obstet Gynecol.* 2014; 26 (5): 339-346.