PubliCE, (PubliCE) 2000

Research

Ultrasonido Cuantitativo (QUS) en la Tibia: Una Herramienta Sensible para la Detección de Cambios en los Huesos de Niños en Crecimiento

Bareket Falk[1], E. Sadres[2], N. Constantini[1], A. Eliakim[1,3] y A. J Foldes[4]

[1]*Ribstein Center for Research and Sport Medicine Sciences, Wingate Institute, Netanya, Israel.*
[2]*Nat Holman School for Coaches and Instructors, Wingate Institute, Netanya.*
[4]*Jerusalem Osteporosis Center, Hadassah University Hospital, Jerusalem, Israel.*

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar si los cambios relacionados al crecimiento, en las propiedades de los huesos, pueden ser detectados usando Ultrasonido Cuantitativo (QUS), en niños pre-púberes y para determinar si el entrenamiento de la fuerza estimula cambios en los huesos. Dos grupos, cada uno compuesto por 30 niños de 9-10 años, participaron en clases regulares de educación física o en entrenamiento de la fuerza. La velocidad del sonido en la tibia (SOS) (Sound Scan 2000, Myriad) fue medida al comienzo del año escolar y luego de 8 meses. Al comienzo de la investigación, no había diferencias entre los grupos en el SOS tibial, medidas antropométricas, o desarrollo puberal. Al final del año, el SOS tibial se incremento ($p< 0.001$) en una misma extensión en los dos grupos. Además, no hubo diferencias en los incrementos de la talla entre los dos grupos. Esto indica que el entrenamiento de la fuerza, realizado durante el programa de educación física, no indujo cambios en los huesos más allá de lo que sería esperado por el mero efecto del crecimiento. Concluimos en que los cambios en el SOS tibial, como fueron obtenidos con QUS, pueden ser detectados en grupos de niños pre-púberes a lo largo de un período de 8 meses.

Palabras Clave: niños, ejercicio, entrenamiento de la fuerza, pre-pubertad

INTRODUCCIÓN

Hay dos razones principales para medir la masa ósea en los niños. Una razón es para diagnosticar y cuantificar las perdidas de masa ósea, que pueden estar asociadas con varios desordenes que pueden causar osteopenia (1). Estos desordenes incluyen, osteoporosis, raquitismo y varios defectos en la formación de hueso, asociados con enfermedades congénitas o de desarrollo, como osteogénesis imperfecta, homocistinuria, galactosemia, y condrodisplasias (2). El uso prolongado de esteroides (para enfermedades como el asma, por ejem.) puede también ser acompañado por perdidas de hueso, que deberían ser cuantificadas. Otra razón para medir la masa ósea en los niños, es para mejorar nuestro entendimiento del proceso de crecimiento de los huesos durante la niñez y la adolescencia, así como también la regulación de este proceso, que finalmente determina el pico de masa ósea (3-5). La masa esquelética adulta es una función de la cantidad de hueso ganado durante el crecimiento, así como del subsiguiente ritmo de perdida de hueso. De este modo, los

factores que pueden afectar el pico de masa ósea durante la niñez, pueden probar ser importantes determinantes del pico de masa ósea y del desarrollo de osteoporosis y de fracturas osteoporóticas en la vida posterior.

El desarrollo de métodos no-invasivos para cuantificar la masa ósea, han mejorado marcadamente la habilidad para determinar los cambios en la misma durante el crecimiento. El método más comúnmente usado en estos días para determinar la masa ósea en niños, así como en adultos es la absorciometría dual por energía de rayos X (DXA). Este método mide el contenido mineral óseo (BMC; g) en un área dada de hueso, y la proporción del BMC/ área medida, da la densidad mineral ósea (BMD; g/ cm^2). Esta última es llamada "densidad" a pesar del hecho de que es un área, y no una densidad volumétrica real, ya no tiene en cuenta la dimensión antero-posterior del hueso. Las mediciones obtenidas con DXA, muestran un incremento en el BMC y BMD en varios sitios esqueléticos y en el cuerpo entero, durante la niñez y la adolescencia (6-8). Sin embargo, ambos BMC y BMD, son altamente influenciados por los incrementos del cuerpo y el tamaño del esqueleto, que ocurren durante el crecimiento (9). Además, estas mediciones pueden ser afectadas por la composición de los tejidos blandos, que pueden cambiar durante la niñez (6, 9). Estas limitaciones, junto con la exposición a la radiación ionizante, el alto precio y la pobre accesibilidad, limitan el uso del DXA en estudios longitudinales entre jóvenes.

El Ultrasonido Cuantitativo (QUS) es un acercamiento alternativo para evaluar las propiedades de los huesos en el esqueleto apendicular. Esta técnica mide la velocidad de transmisión ultrasónica (velocidad del sonido [SOS]) o la atenuación ultrasónica del ancho de banda de las ondas que son reflejadas desde huesos periféricos o transmitidas a través de los mismos. Las ventajas del QUS son su costo relativamente bajo, el hecho de que es portátil, fácil de usar y no emite radiación ionizante. A diferencia de las mediciones obtenidas por DXA, la velocidad del sonido no parece depender del tamaño de los huesos (10). Además, la masa grasa no presenta un obstáculo en la medición del SOS en sitios esqueléticos como la tibia (11). En adultos osteoporóticos, ha sido demostrado que el QUS predice el riesgo de fractura, independientemente de la masa ósea (12, 13), Sin embargo, el valor del QUS, para monitorear cambios en los huesos de los adultos, no ha sido totalmente establecido. Los estudios en jóvenes han demostrado un incremento en los parámetros del QUS con la edad (14-17). Sin embargo, estos estudios eran de naturaleza transversal.

Los estudios previos que usaron DXA, han demostrado un aumento de la densidad ósea luego del entrenamiento de la fuerza en adultos (ver Chillibek et al. (18)). Recientemente, Morris et al. (19) demostró una mayor ganancia en la densidad ósea entre niñas prepúberes, que participaron en un programa de educación física, que hacía énfasis en ejercicios de fuerza, comparadas con niñas que no participaron en un programa como ese. Nosotros reportamos los resultados de las mediciones del SOS de la tibia en un estudio prospectivo, dirigido a investigar el efecto de un programa de entrenamiento de 8 meses, sobre varias características músculo-esqueléticas en niños prepúberes.

MÉTODOS

Sujetos

Los sujetos de este estudio, incluyeron a 60 niños prepúberes, estudiantes de dos escuelas vecinas, equivalentes en nivel socio-económico. Participaron 30 niños de 9-10 años, de cada escuela. Durante el año escolar, un grupo participó en clases regulares de educación física (REG), que consistían de juegos con pelotas, deportes en el campo y en la pista y gimnasia. En el otro grupo, eran introducidos entrenamientos de fuerza progresivos, durante sus clases regulares de educación física (RES). Los ejercicios de fuerza incluían, elevaciones en punta de pie, sentadilla, abdominales, flexiones de brazos, extensión y abducción, flexión de codo, tirones, y press de hombros, usando pesos libres. Aproximadamente el 65 % del entrenamiento era dedicado a los miembros inferiores. Con los dos grupos, las clases de educación física eran realizadas 2 veces a la semana, con una duración de 45' cada clase. La adherencia fue alta, con solo 4 niños (en REG), que fueron omitidos del estudio, debido al ausentismo a uno de los días de evaluación. El protocolo del estudio fue aprobado por el Comité Ético de nuestra institución. Fue obtenido un consentimiento de los padres (por escrito) y de los niños (verbal).

Mediciones

Todas las mediciones fueron realizadas al inicio y al final del año escolar. Estas mediciones incluían: 1. Estadio puberal, de acuerdo a las características sexuales secundaras descriptas por Tanner (20) y evaluadas por un médico; 2. Actividad física habitual, determinada por un cuestionario (21), en el cual el puntaje de actividad es el promedio de la actividad suave, moderada o intensa reportada por los niños (la reproducibilidad test-retest de este cuestionario fue evaluada entre 28 niños israelitas y fue de 0.9 (datos no publicados); y 3. Consumo diario de productos lácteos, determinados por una entrevista. Además, las mediciones antropométricas incluían, peso corporal, talla parado, pliegues cutáneos en dos sitios (tríceps y escápula). Las variables derivadas incluyeron índice de masa corporal (BMI; kg/ m^2), porcentaje de grasa

corporal (22) y masa magra.

La fuerza muscular de los flexores y extensores se rodilla, fue medida (Shnell M3 Multi Muscle Machine) al inicio y al final del año escolar, usando una repetición máxima (1 RM). La RM fue alcanzada en 3-6 intentos luego de una entrada en calor de 3-5 repeticiones submáximas.

La velocidad del sonido de la tibia (SOS tibial) fue medida en la tibia derecha, usando en analizador óseo Sound Scan 2000 (Myriad Ultrasound Systems Ltd., Rehobot, Israel).

Brevemente, la exploración ultrasónica era movida a través del plano medial de la tibia, buscando el sitio de máxima lectura del SOS tibial. El sitio de medición fue definido como el punto medio entre el apex del maleolo medial y el apex rotular distal. Un estudio reciente demostró que no hay ninguna diferencia en el SOS tibial entre el lado dominante y no dominante en adultos sanos (23). Todas las mediciones fueron realizadas por el mismo técnico. Al inicio de cada día de evaluación, el analizador era calibrado con un modelo estándar que no cambiaba (phantom). La precisión in vivo de la medición del SOS tibial, calculada a partir de mediciones apareadas, realizadas en 10 adultos voluntarios, fue de 0.25 %. Esto implica que una diferencia individual entre mediciones repetidas, excediendo un 0.7 % es significativa y cae fuera del intervalo de confianza del 95 %.

Análisis de los Datos

Un test t, para datos no apareados, fue usado para medir las diferencias entre los grupos en las mediciones iniciales. Las variables medidas en forma repetida, fueron analizadas usando ANOVA, para mediciones repetidas, con el tiempo sirviendo como el factor intra-grupo y el programa de educación física (entrenamiento de la fuerza vs. entrenamiento regular) sirviendo como factor inter-grupo. Coeficientes de correlación de Pearson fueron usados para medir la relación entre las variables. Los datos de los grupos son presentados como medias y desvíos estándar (DS). La significancia estadística fue establecida en $\alpha < 0.05$, para todos los análisis estadísticos.

RESULTADOS

Las características físicas y del SOS tibial al inicio de la investigación, son presentadas en la Tabla 1. No hubo diferencias significativas entre los dos grupos, con una excepción: el grupo RES tenía un porcentaje de grasa significativamente más alto comparado con el grupo REG. La mayoría de los niños permaneció en estadio de maduración prepúber a lo largo del período del estudio, excepto un niño del grupo control que avanzó del estadio 1 al 2. El puntaje de actividad física habitual fue consistentemente más alto en el grupo REG, comparado con el grupo RES (REG: 70.1± 22.2 y 66.6 ±31.3, al principio y al final, respectivamente, efecto de grupo = 0.02). Similarmente, el consumo diario de productos lácteos reportados, fue consistentemente más alto en el grupo de educación física regular, comparado con el grupo de entrenamiento de la fuerza (REG: 3.1 ± 0.9 y 3.7 ± 1.7 productos por día al principio y al final, respectivamente; RES: 2.6 ± 1.3 y 2.7 ± 1.1 productos por día al inicio y al final, respectivamente, efecto de grupo, <0.01).

	Clases de Ent. de la fuerza	Clases regulares
N	30	26
Edad (años)	9.2 ± 0.3	9.4 ± 0.3
Talla (cm.)	136.0 ± 6.6	133.1 ± 5.1
Peso (Kg.)	31.2 ± 6.1	28.6 ± 5.7
BMI	16.8 ± 2.2	16.2 ± 2.4
Grasa corporal %	19.2 ± 6.4*	16.1 ± 7.0*
Masa Magra (Kg.)	24.9 ± 3.3	23.7 ± 2.6
SOS tibial ($m.s^{-1}$)	3627 ± 82	3599 ± 85

Tabla 1. *Características físicas iniciales de los sujetos. Los valores son medias ± DS. * Diferencias significativas entre los grupos.*

La fuerza muscular fue significativamente más alta en el grupo RES, comparado con el grupo REG al inicio del estudio, y permaneció más alta a lo largo de la investigación. No hubo ningún efecto aparente del entrenamiento sobre la fuerza muscular. La fuerza muscular se incremento en una extensión similar en los dos grupos (flexores de rodilla, REG: 9.3 ± 3.3 kg a 11.1 ± 3.2 kg y RES: 12.4 ± 3.8 kg a 14.8 ± 3.1 kg; extensores de rodilla, REG: 9.8 ± 3.6 a 12.7 ± 3.0 kg y RES: 15.9 ± 4.8 kg a 20.6 ± 4.5 kg). Un patrón similar fue observado cuando la fuerza muscular fue expresada relativa a la masa corporal.

La Tabla 2 resume los cambios ocurridos en las mediciones antropométricas y el SOS tibial durante el período de 8 meses. La masa corporal y la masa magra se incrementaron en una mayor extensión entre el grupo RES, comparado con el grupo REG. En todas las mediciones no fueron observadas diferencias significativas entre los grupos. Los cambios de estadio puberal fueron mínimos y similares en los dos grupos.

Los valores del SOS tibial fueron similares en los dos grupos al inicio y se incrementaron similarmente a lo largo del tiempo: REG: 3599 ± 85 a 3620 ± 83 m.s^{-1} y RES: 3627 ± 82 a 3665± 93 m.s^{-1} (Fig. 1). Cuando los datos de los dos grupos fueron unidos, el SOS tibial se incrementó significativamente (>0.7 %) en más de la mitad (29/56) de los niños (Fig. 2).

No fue observada ninguna correlación entre el SOS tibial y ninguna medición antropométrica(talla, peso, masa magra) o con la fuerza muscular al inicio del estudio. Además, no hubo ninguna correlación entre los cambios del SOS tibial y los cambios en las mediciones antropométricas y de fuerza, que ocurrieron durante los 8 meses.

	Clases de Entrenamiento de la Fuerza		Clases Regulares	
	ABS	%	ABS	%
Talla (cm.)	4.1± 1.2 *	2.6± 1.3	3.6± 1.9 *	2.9± 1.1
Peso (Kg.)	3.1± 1.9 #, *	9.2± 3.6	2.0± 1.2 #, *	7.3± 6.1
Grasa corporal %	1.7± 2.3 *	8.9± 11.7	1.2± 1.2 *	6.7± 11.2
Masa magra (kg)	2.0± 1.0 #, *	7.9± 3.5	1.2± 0.4 #, *	4.9± 1.9
SOS tibial	38± 54 *	1.0± 1.5	22± 41	0.7± 1.1

Tabla 2. *Cambios absolutos (ABS) y en porcentaje, en las características físicas y el SOS tibial a lo largo de 8 meses. Los valores son medias ± DS.*
 # = Diferencias significativas entre los grupos REG y RES, p< 0.01.
** = Significativamente diferente de cero, p< 0.001.*

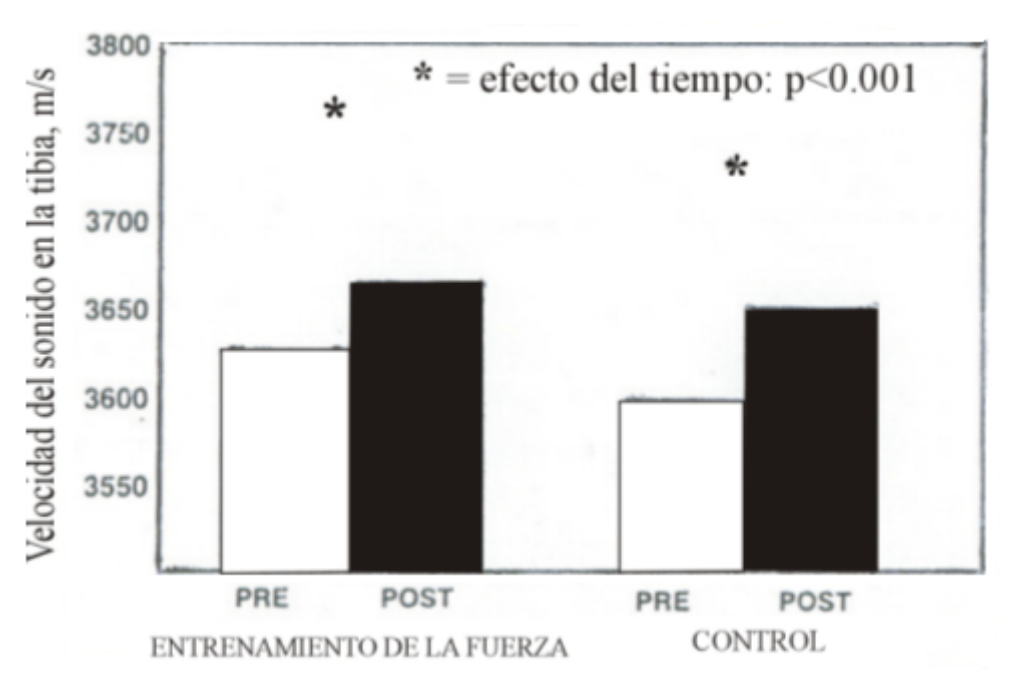


Figura 1. *Velocidad del sonido en la tibia (SOS) antes y después de 8 meses de clases de educación física regulares, y clases que hacían énfasis sobre el entrenamiento de la fuerza. Los datos son presentados como medias y DS. * = efecto significativo pre/post (p<0.001).*

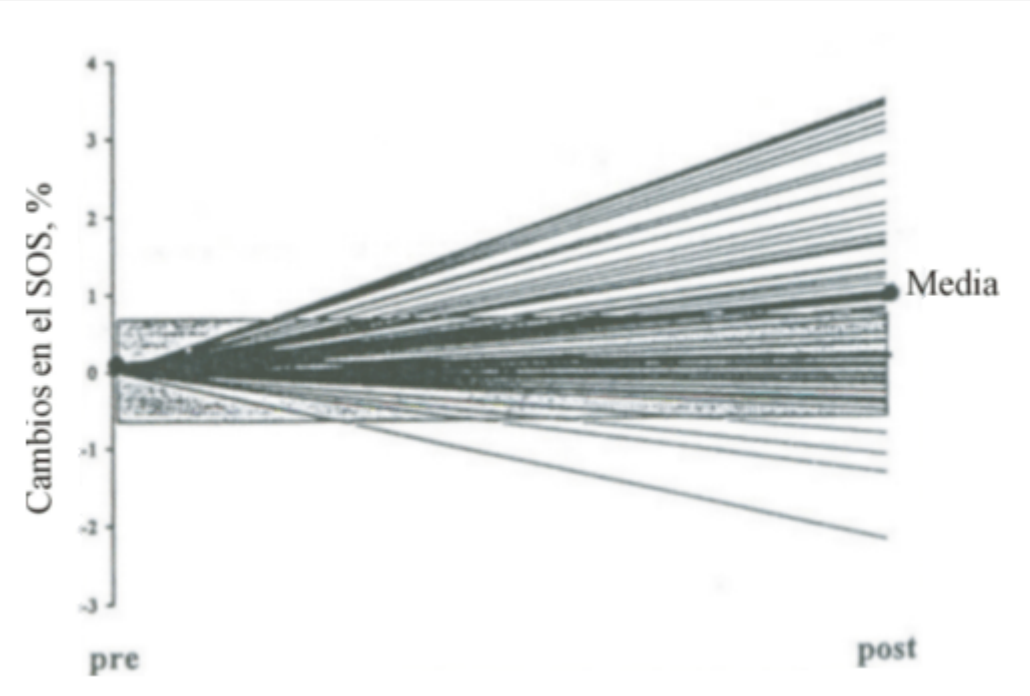


Figura 2. *Porcentaje de los cambios individuales en el SOS tibial. El área sombreada representa el 95 % del intervalo de confianza para obtener cambios significativos a partir del inicio.*

DISCUSIÓN

Por muchos años la medición ultrasónica ha sido usada como un método alternativo, no invasivo, barato, no ionizante y portátil para la evaluación ósea. Estudios previos entre niños y adolescentes, han usado el QUS para medir el SOS óseo en diferentes sitios esqueléticos, incluyendo los huesos: calcáneo, rótula, radio, pulgar, falange y tibia (12, 13, 15, 22, 24, 25). Cuatro estudios transversales han demostrado recientemente un incremento en el SOS óseo con la edad, durante la niñez y la adolescencia (14-17). Estos estudios son consistentes con investigaciones previas realizadas en niños que demostraron un incremento en la densidad mineral ósea, usando DXA (6-8). El presente estudio es único, ya que es el primer estudio longitudinal que demostró que el QUS es suficientemente sensible para detectar un incremento en el SOS óseo a lo largo de un período de 8 meses, en niños prepúberes.

Foldes et al. (25), utilizando el mismo protocolo y equipo, examinó chicas de 15 años de edad y reportó valores de SOS tibial mayores que aquellos obtenidos en este estudio realizado en niños prepúberes (3883 ± 66 vs. 3614 ± 83 $m.s^{-1}$, respectivamente). Estas diferencias están en línea con los incrementos esperados en el SOS óseo con la edad durante el crecimiento (14-17). Por otro lado, Slosman et al. (26), usando el mismo protocolo y equipo en niñas de 9.9 años de edad, reporto valores de SOS tibial, los cuales son algo mas altos que aquellos encontrados en la presente muestra (3722 ± 87 $m.s^{-1}$). La aparente diferencia en el SOS tibial entre los niños en el presente estudio y las niñas en el estudio de Slosman et al. (26), pueden ser producto de la herencia o de los diferentes estilos de vida, pero pueden también haberse debido al hecho de que las niñas eran más altas y más pesadas y posiblemente, más maduras físicamente.

En el presente estudio el SOS tibial promedio del grupo REG se incremento en 22 $m.s^{-1}$ (0.7 %). En dos estudios recientes, los cambios longitudinales en la densidad mineral ósea de las piernas en niños, fueron medidos con DXA. Morris et al. (19) reportó un incremento de 0.024 $g.cm^2$ (2.8 %) en la BMD de las piernas a lo largo de un período de 10 meses en niñas prepúberes, mientras que Bradmey et al. (27), reportó un incremento de 0.024 $g.cm^2$ (2.6 %) en la BMD de las piernas a lo largo de un período de 8 meses en niños prepúberes. El aparentemente menor porcentaje de incremento con el tiempo del SOS tibial, no implica que el método sea menos sensible. Más bien, refleja el menor desarrollo de los valores medidos de SOS tibial en la población normal, así como el menor porcentaje de diferencia entre individuos sanos y osteoporóticos, cuando son comparadas con mediciones de BMD. Una forma para estandarizar los cambios a través del tiempo, documentados por diferentes métodos de medición, es expresarlos en unidades de desviación estándar al principio. Utilizando esto, el SOS tibial se incremento en 0.26 unidades de desvío estándar en los grupos combinados en el presente estudio, lo que es similar a los incrementos de BMD de 0.42 y 0.28 unidades de desvío estándar observadas en los dos estudios que usaron DXA (19,20).

A pesar, de los incrementos significativos en la masa corporal y en la masa magra del grupo RES, no hubo ningún efecto del entrenamiento de la fuerza sobre la fuerza muscular. Del mismo modo, no hubo ningún efecto sobre el SOS tibial, el incremento en el SOS tibial fue similar en los dos grupos. La ausencia de un efecto de entrenamiento en el SOS tibial, esta de acuerdo con lo reportado por Blimkie et al. (28), que no demostró un incremento en la BMD en chicas adolescentes luego de un período de entrenamiento de la fuerza de 6 meses.

Sin embargo, esto contrasta con los resultados de dos estudios recientes, que demostraron un efecto significativo sobre la densidad mineral ósea luego de 8 y 10 meses de entrenamiento en niños (27) y niñas (19) pospúberes. La discrepancia puede ser explicada por el tipo de entrenamiento, que también envolvió saltos y actividades del tipo de impacto, en estos últimos estudios. Además, la frecuencia de entrenamiento fue más alta en los últimos estudios comparados con la presente investigación (3 vs. 2 veces por semana), así proporcionaron un estímulo más frecuente para la formación de hueso. Los factores adicionales que confunden la ausencia del efecto de entrenamiento sobre el SOS tibial, pueden ser la mayor cantidad de actividades de tiempo libre y la mayor ingesta de productos lácteos, reportado por el grupo REG, comparado con el grupo RES. Los dos factores pueden haber contribuido al contenido mineral óseo, y de este modo enmascarando un posible efecto de entrenamiento.

En el presente estudio no fueron observadas ninguna correlación entre el SOS tibial y las mediciones antropométricas (talla, peso, masa magra), lo que es consistente con estudios previos (11, 25). Esto está en contraste con otros estudios que encontraron correlaciones significativas entre la BMD y las mediciones como la masa corporal (29) o la masa magra (19, 30, 31) entre niños y adolescentes. Esta inconsistencia apoya la idea, que la velocidad de propagación de las ondas ultrasónicas a través de la corteza ósea, refleja propiedades cualitativas intrínsecas de los huesos (Ej., módulo elástico (32)), que no están relacionadas al tamaño de los huesos. En resumen, a pesar de que en el presente estudio, el programa específico de entrenamiento de la fuerza, pareció ser de intensidad insuficiente para ejercer efectos fisiológicos significativos, nosotros fuimos impresionados por el incremento significativo de los valores de SOS tibial a través de un período de tiempo relativamente corto, y de manera consistente con datos transversales. Para nuestro conocimiento, este es el primer estudio longitudinal que demostró cambios relacionados al crecimiento en los huesos en niños, usando QUS.

Esto sugiere que el QUS tiene el potencial de ser usado como una técnica de bajo costo, y no ionizante, para medir cambios en las propiedades óseas relacionadas a la fuerza de los huesos, e.j., el grado de mineralización ósea, módulo elástico y espesor cortical (33), entre grupos de niños, como resultado de distintos factores como, la actividad física, nutrición, medicación, etc.

Son necesarios estudios futuros, para evaluar el valor de esta técnica para monitorear cambios en las propiedades óseas a través del tiempo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los niños que participaron en este estudio, y a sus padres. Agradecimientos especiales para los profesores y para Auny Gara y Chatem Charkia, a los directores de las escuelas Al Zahara y Iben-Rushed, respectivamente, por su cooperación y apoyo entusiasta. Finalmente, agradecemos a Yiflach Gordón por su ayuda en el análisis estadístico. Este estudio fue apoyado por Autoridades Deportivas Israelíes y por la Fundación Terner.

REFERENCIAS

1. Kovanlikaya, A., Loro, M.,L., Hangartner, T.,N., Reynolds, R.,A., Roe, T.,F., Gilsanz, V (1996). Osteopenia in children: CT assessment. *Radiology; 198: 781-784*
2. anz, V (1998). Bone density in children: A review of available techniques and indicatios. *Eur J Radiol; 26: 177-182*
3. Bonjour, J-P., Theintz, G., Buchs, B., Slosman, Rizzoli R (1991). Critical years and stages of puberty for spinal and femoral bone mass accumulation during adolescence. *J Clin Endocrinol Metab; 73: 555-563*
4. Glastre C., Braillon P., David L., Cochat P., Meunier P.J., Delmas P.D (1990). Measurement of bone mineral content of the lumbar spine by dual energy X-ray absorptiometry in normal children: Correlations with growth parameters. *J Clin Endocrinol Metab; 70: 1330-1333*
5. Theintz G., Buchs B., Rizzoli R., Stosman O., Clavien H., Sizonenko P.C., Bonjour J-PH (1992). Longitudinal monitoring of bone mass accumulation in healthy adolescents: Evidence for a marked reduction after 16 years of age at the levels of lumbar spine and femoral neck in female subjects. *J Clin Endocrinol Metabol; 75: 1060-1065*
6. Bailey D., Faulkner R.A., McKay H.A (1996). Growth, physical activity and bone mineral acquisition. *Exerc Sports Sci Rev; 24: 223-266*
7. Zanchetta J.R., Plotkin H., Alvarez-Filgueira M.L (1995). Bone mass in children. Normative values for the 2-20 year-old population. *Bone; 16: 393S-399S*
8. Foldes A.J., Rimon J., Keinan D.D., Popvtzer M.M (1997). Quantitative ultrasound of the tibia: a novel approach for assessment of bone status. *Bone; 17, 363-367*
9. Bauer D.C., Gluer C.C., Cauley J.A., Vogt T.M., Ensrud K.E., Genant H.K., Black D.M (1997). Broadband ultrasound attenuation predicts fractures strongly and independently of densitimetry in older women. A prospective study. *Arch Intern Med; 157: 629-634*
10. Hans D., dargent-molina O., Schott A., Sebert J.L., Comier C., Kotzki P.O., Delmas P.D., Poulilles J.M., Breart G., Meunier P.J (1996). Ultrasonographic heel measurements to predict hip fracture in elderly women. *Lancet; 348: 511-514*
11. Jaworki M., Lebiedowski M., Lorenc R.S., Trempe J (1995). Ultrasound bone measurement in pediatric subjects. *Calcif Tissue Int; 56: 368-371*
12. Lappe J.M., Recker R.R., Malleck M.K., Stegmane M.R., Packard P.P., Heaney R.P (1995). Patellar ultrasound transmission velocity in healthy children and adolescents. *Bone: 16: 251S-256S*
13. Sundberg M., Gardsell P., Johnell O., Ornstein E., Sernbo I (1998). Comparison of quantitative ultrasound measurements in calcaneus with DXA and SXA at other skeletal sites: a population-based study on 280 children aged 11-16 years. *Osteporosis Int; 8: 410-417*
14. Chillibeck P.D., Sale D.G., Webber C.E (1995). Exercise and bone mineral density. *Sports Med; 19: 103-122*
15. Morris F.L., Naughton G. A., Gibbs J.L., Carlson S.S., Wark J. D (1997). Prospective ten-month exercise intervention in premenarcheal girls: Positive effects on bone and lean mass. *J Bone Min Res; 12: 1453-1462*
16. Tanner J.M (1962). Growth at adolescence. *2nd Ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications*
17. Godin G., Shepard R.J (1985). A simple method to assess exercise behavior in the community. *Can J Appl Sport Sci; 10: 141-146*
18. Slaughter M.H., Lohman T.G., Boileau B.A., Horswill C.A.,Stillman B.J., Van Loan M.D., Bemben D.A (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol; 60: 709-723*
19. Levin R., Danieli A., Signal C., Nir Y (1999). The effect of hand dominance on bone SOS as measured by axial transmission ultrasonography at two different sites. *Presented at The Third International Congress on Osteoporosis, Xian, China*
20. Daly R.M., Rich P.A., Klein R.R (1997). Influence of high impact loading on ultrasound bone measurements in children: A cross-sectional report. *Calcif Tissue Int; 60: 401-404*
21. Foldes A.J., Danziger A., Constantini N., Popovtzer M (1997). Reduced ultrasound velocity in tibial bone of young ballet dancers. *Int J Sports Med; 18: 296-299*
22. Slosman D.O., Rizzoli R., Allaoua S., Bonjour J-P.H (1996). Ultrasound and DXA measurements do not correlate identically in an

adult and in a pediatric population. *Osteoporosis Int; 6 (Suppl 1): 187*
23. Bradney M., Pearce G., Naughton G., Sullivan C., Bass S., Beck T., Carlson J., Seaman E (1998). Moderate exercise during growth in prepubertal boys: Changes in bone mass, size, volumetric density, and bone strength: A controlled prospective study. *J Bone Miner Res; 13: 1824-1821*
24. Blimkie C.J.R., Rice S., Webber C.E., Martin J., Levy D., Gordon C.L (1996). Effects of resistance training on bone mineral content and density in adolescent females. *Can J Physiol Pharmacol; 74. 1025-1033*
25. Blimkie C.J., Rice S., Webber C., Martin J, Levy D., Parker D (1992). Bone density, physical activity, fitness, anthropometry, gynecologic, endocrine and nutrition status in adolescent girls. *In: Coudert J, Van Praagh E, eds. Pediatric Work physiology. Children and exercise XVI. Paris: Masson, 1992; 201-203*
26. Simpson S., Blimkie C.J.R., Davison K.S., Webber C.E., Adachi J.A., Dyson K (1997). Determinants of bone mineral density in pre-adolescent females. *Med Sci Sports Exerc; 29: 569*
27. Bouxsein M.L., Augat P (1999). Biomechanics of bone. *In:Njeh CF, Haus D, Fuerst T, Gluer C-C, Genant H.K. Quantirarive Ultrasound: Assessment of Osteoporosis and Bone Status*
28. Nicholson P.H.F., Bouxsein M.L (1999). Ultrasonic studies of cortical bone in vitro. *In: Njeh CF, Haus D, Fuerst T, Gluer C-C, Genant H.K. Quantirarive Ultrasound: Assessment of Osteoporosis and Bone Status*

Cita Original

Falk B, Sadres E, Constantini N, Eliakim A, Foldes J. Quantitative Ultrasound (QUS) of the Tibia: A sensitive Tool for the Detection of Bone Changes in Growing Boys. J Pediatr Endocrinol Metab, 13, 1129-1135, 2000.