

Los ultrasonidos y la osteoporosis.

Preguntas y respuestas

Sosa Henríquez, M.; Hernández Hernández, D.

Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Hospital Universitario Insular. Servicio de Medicina Interna. Unidad Metabólica Ósea.

Introducción

La osteoporosis es una “enfermedad esquelética sistémica caracterizada por una resistencia ósea comprometida que predispone a un incremento en el riesgo de fractura”¹. Esta definición, tomada por Consenso, señala los mecanismos etiopatogénicos y define la enfermedad antes de que aparezca su principal complicación: la fractura. Por ello, en los últimos años se han desarrollado diferentes métodos para poder medir la densidad mineral ósea (DMO), que es la principal responsable, en hasta un 80%, de la resistencia ósea. Aunque la densitometría radiológica dual (DEXA) sigue siendo considerada como el “patrón oro”², entre las técnicas alternativas destacan los ultrasonidos (QUS, del inglés *Quantitative Ultrasound*), que se han perfeccionado de tal manera, que hoy día se han hecho, por méritos propios, un lugar en el campo del diagnóstico de la osteoporosis^{3,4}. En este artículo realizaremos una breve revisión sobre los ultrasonidos en forma de preguntas y respuestas, y al final se incluirá una relación de citas bibliográficas para aquellos lectores que deseen profundizar más en el tema.

¿Qué son y qué miden los ultrasonidos?

Los ultrasonidos son ondas de sonido que poseen una frecuencia elevada, por encima de los límites audibles. Siegel et al⁵ comenzaron a

utilizarlos en 1958 en el ámbito de la patología metabólica ósea con la finalidad de llevar a cabo una monitorización de la curación de la fractura de tibia; posteriormente, Langton et al⁶ demostraron que cuando el haz de ultrasonidos varía entre 200 y 600 kHz, el gradiente aporta información sobre la densidad ósea.

Desde entonces se ha desarrollado un gran número de ultrasonógrafos óseos, la mayor parte de los cuales utilizan dos transductores de ultrasonidos enfrentados, uno de los cuales actúa como transmisor y el otro como receptor, entre los que se sitúa el hueso a explorar. Con el fin de evitar la interferencia que los ultrasonidos tienen con el aire, se requiere un medio de transmisión, que puede ser agua o gel. Los tejidos que se encuentran a su paso cambian la forma, la intensidad y la velocidad de propagación de las ondas de sonido que son utilizadas para obtener información acerca de los mismos⁷. Aunque la mayor parte de la variación que se produce en la onda que viaja a través del hueso *in vivo* se explica por la DMO⁶, en los últimos tiempos se cree que los ultrasonidos también pueden proporcionar información sobre la calidad^{8,9} y las estructuras óseas^{10,11}.

La mayor parte de los aparatos de ultrasonidos ofrecen tres tipos de parámetros:

a. relacionados con la velocidad del sonido (SOS, del inglés *Speed of Sound*), que evalúa la velocidad de la onda de sonido de una su-

perficie a otra y que se expresa en m/s.

b. derivados a partir de la atenuación: la energía perdida durante la propagación a través de un medio, y que se conoce como coeficiente de atenuación de banda ancha (BUA, del inglés *Broadband Ultrasound Attenuation*).

c. índices derivados a partir de la velocidad del sonido y del coeficiente de atenuación, como el índice de consistencia (QUI/*Stiffness*) o el índice de orientación osteosónica (OSI). Algunos aparatos, a partir del QUI/*Stiffness* y por medio de otra fórmula, realizan una estimación de la DMO⁷.

El QUI/*Stiffness* es el parámetro más utilizado. Algunos autores defienden que este índice proporciona información sobre la calidad del hueso^{7,9}, pero en la mayor parte de las publicaciones sobre ultrasonografía se suelen incluir todos los parámetros disponibles.

¿Es lo mismo ultrasonografía que densitometría?

No. La verdadera densitometría es la realizada por la tomografía axial computarizada (TAC)^{12,13}, que expresa sus resultados en mg/cm³. La DEXA, aun siendo ampliamente conocida como densitometría, no refleja en realidad densidad sino masa, ya que sus resultados se expresan como g/cm². Como hemos visto anteriormente, los valores que obtienen los ultrasonidos son diferentes: SOS, BUA o QUI/*Stiffness*.

La excepción a esta regla sería la DMO obtenida por QUS, que es una extrapolación del QUI/*Stiffness* por medio de una fórmula matemática. Esta DMO también se expresa en g/cm².

Tampoco es lo mismo DEXA que QUS. Tan sólo cuando se realiza una DEXA del calcáneo se obtiene una correlación con el QUS de calcáneo elevada¹⁴, del orden de $r = 0,7$. Sin embargo, cuando se estudia la correlación entre QUS del calcáneo y DEXA de la columna lumbar, extremidad distal del radio o de extremidad proximal del fémur, los coeficientes de correlación son más bajos^{15,16}, del orden de $r = 0,3$ a $0,5$. No obstante, aunque no midan lo mismo, todas estas técnicas han demostrado ser igual de eficaces para estimar el riesgo de fractura, como se comentará más adelante en otro apartado.

¿Cuántos tipos de ultrasonógrafos existen? ¿Son equivalentes?

Muchos, y no son equivalentes. Los primeros ultrasonógrafos usaban una bañera con agua templada como conductor, en la que se introducía el pie para efectuar la medida¹⁷. Estos aparatos se han sustituido progresivamente por otros más cómodos y sencillos de utilizar, que emplean como conductor un gel que permite su determinación "en seco".

La mayor parte de ultrasonógrafos realizan la estimación de sus parámetros en el calcáneo. Esto se debe a que dicho hueso resulta de muy fácil acceso y está compuesto predominantemente por hueso trabecular que, como se sabe, es metabólicamente más activo que el hueso cortical. No obstante, además del calcáneo, disponemos en la actualidad de técnicas ultrasonográficas que estiman sus parámetros en la tibia, en las falanges de las manos, en la rótula e incluso existe un aparato, el "Sunlight Omniscence", que estima varias localizaciones anatómicas^{18,20}.

Uno de los principales inconvenientes de los QUS es la amplia di-

versidad de técnicas y aparatos sin una equivalencia entre sí. Existen, al menos, una docena de aparatos que miden sus parámetros en el calcáneo y no es posible convertir sus resultados entre sí por medio de ninguna fórmula, lo cual, con la densitometría, sí se ha podido realizar sin ningún problema.

¿Son los ultrasonidos predictores del riesgo de fractura? ¿De qué fracturas?

Sí. Varios estudios prospectivos realizados con un amplio número de pacientes han puesto de manifiesto que los QUS son capaces de predecir el riesgo de fractura con la misma fiabilidad que lo hace la DEXA^{21,22}. Entre ellos destaca el EPIDOS, un amplio estudio en el que se estableció la utilidad de los QUS en la predicción del riesgo de fractura de cadera, calculándose que por cada descenso en una desviación típica en los valores de los QUS se duplicaba el riesgo de fractura de cadera²³. Otros estudios han confirmado estos resultados en la fractura de cadera^{24,26}, fractura que ha sido, probablemente, la más estudiada, dado que, al presentar una elevada mortalidad y morbilidad, numerosos autores la consideran la más importante de cara a la prevención²⁷. Estudios similares han demostrado la utilidad de los QUS en la predicción del riesgo de otras fracturas, como la vertebral^{28,29}, la de la extremidad distal del radio³⁰ y de las fracturas en general³¹.

Una de las incógnitas que actualmente se plantean los médicos dedicados a la patología metabólica ósea es la siguiente: si la DEXA y los QUS miden cosas distintas, ¿cómo pueden predecir el riesgo de fractura de manera tan similar? De momento, se desconoce la respuesta.

¿Cuál es el papel de los ultrasonidos en el campo de la patología metabólica ósea?

Aún está por establecerse. Algunos autores sugieren que los

QUS pueden ser una herramienta de cribado o filtro previa a la realización de una densitometría³²; varios estudios han demostrado la utilidad de los QUS para predecir los valores bajos de DMO^{33,34}. También podría ser un instrumento válido para realizar estudios en amplias poblaciones, por las ventajas que se comentarán en el siguiente apartado.

Desde un punto de vista más específico, podría ser un instrumento que complementa a la densitometría, valorando la calidad o la microestructura del hueso, especialmente en aquellas situaciones en las que un descenso de la DMO aislado no justifique los hallazgos clínicos encontrados (fracturas).

Por último, los QUS quizá no sean tan útiles a la hora de llevar a cabo la monitorización de la respuesta al tratamiento por el elevado coeficiente de variación que poseen los actuales aparatos, aspecto que veremos mejorar en un futuro no muy lejano.

¿Qué ventajas y qué inconvenientes tienen los Ultrasonidos en comparación con otras técnicas de determinación de la masa ósea?

Los QUS presentan una serie de ventajas. Utilizan como fuente los ultrasonidos, que son completamente inocuos para los humanos³⁵ en comparación con otras técnicas como la DEXA y la TAC, que emplean rayos X. La posición del paciente en sedestación durante la prueba es más cómoda que la empleada con la DEXA y con la TAC. La rapidez en la realización de la prueba es otro aspecto muy interesante; la estimación de los parámetros que ofrecen los QUS se realiza en menos de un minuto. Finalmente, el coste y el mantenimiento de los aparatos de ultrasonidos son muy inferiores a los de la DEXA o los de la TAC.

Los QUS tienen también algunos inconvenientes. Uno de ellos es la baja precisión o el elevado

coeficiente de variación. Así, para el modelo Sahara de la empresa Hologic, la precisión en el BUA es del 3,7%, para el QUI/Stiffness del 2,6% y para la DMO estimada del 3%³⁶, cifras claramente superiores a las obtenidas por la DEXA, cuya precisión es inferior al 1%³⁷.

Otro inconveniente es la imposibilidad de intercambiar información entre los diferentes aparatos existentes en el mercado. No hay una fórmula de conversión entre los ultrasonógrafos y, por ello, los valores obtenidos sólo pueden compararse con los recogidos con un aparato de la misma marca.

Como última consideración, cabría destacar que es necesario unificar los criterios diagnósticos. Con los ultrasonidos no es posible diagnosticar la osteopenia; sólo se realiza la distinción entre sano y osteoporosis, que requiere para ello la aplicación de un "t-score" cuyo valor aún no ha sido unificado. En la densitometría se aplica el tradicional criterio de -2,5 preconizado por la OMS³⁸, que ha sido aplicado con los QUS en el estudio EPIDOS²³, aunque los mismos autores de este estudio opinan que no es válido, pues por debajo de este valor únicamente se encontraban el 66% de las mujeres afectadas de fractura de cadera³². Más recién-

temente, Frost et al^{39,40} han analizado la aplicación de los criterios de la OMS en tres equipos de ultrasonidos y han llegado a la conclusión de que dichos criterios no son aplicables a las mediciones de QUS de calcáneo. Por esta razón, otros autores³² han sugerido efectuar el diagnóstico ultrasonográfico de osteoporosis con el valor de -1,8 y, recientemente, un grupo de trabajo español⁴¹ ha determinado que el valor que mejor distingue entre mujeres sanas y osteoporóticas es el de -1,5. Ante tales discrepancias, se hace necesario un acuerdo que aglutine los diferentes criterios que, probablemente, serán consensuados a corto plazo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Conferencia de Consenso sobre Prevención, Diagnóstico y Tratamiento de la Osteoporosis. Instituto Nacional de la Salud, USA. Rev Esp Enf Metab Óseas 2000;9:231-9.
2. Kanis JA. Assessment of bone mass and osteoporosis. En: Kanis JA, editor. Osteoporosis. Oxford: Blackwell Science, 1994;114-47.
3. Agren M, Karellas A, Leahey D, Marks S, Baran D. Ultrasound attenuation of the calcaneus: A sensitive and specific discriminator of osteopenia in postmenopausal women. Calcif Tissue Int 1991;48:240-4.
4. Vogel JM, Wasnich RD, Ross PD. The clinical relevance of calcaneus bone mineral measurements: a review. Bone Miner 1988; 5:35-58.
5. Siegel IM, Anast GT, Fields T. The determination of fracture healing by measurement of sound velocity across the fracture site. Surg Gynecol Obstet 1958; 107:327-33.
6. Langton CM, Palmer SB, Porter RW. The measurement of broadband ultrasound attenuation in cancellous bone. N Engl J Med 1984;13:89-91.
7. Njeh CF, Nicholson PHF, Langton CM. The physics of ultrasound applied to bone. En: Njeh CF, Hans D, Fuerst T, Glüer CC, Genant HK, editores. Quantitative ultrasound. Assessment of osteoporosis and bone status. Londres: Martinz Dunitz Ltd., 1999;47-66.
8. Brandenburger GH. Clinical determination of bone quality: is ultrasound an answer? Calcif Tissue Int 1993;53(Suppl 1):151-6.
9. Hans D, Fuerst T, Lang T, Majumdar S, Lu Y, Genant HK, et al. How can we measure bone quality? Ballieres Clin Rheumatol 1997;11:495-515.
10. Hans D, Arlot ME, Schott AM, Roux JP, Kotzki PO, Meunier PJ. Do ultrasound measurements on the os calcis reflect more the bone microarchitecture than the bone mass?: a two dimensional histomorphometric study. Bone 1995;15:295-300.
11. Glüer CC, Wu CY, Genant HK. Broadband ultrasound attenuation signals depend on trabecular orientation: An in-vitro study. Osteoporosis Int 1993;3:185-91.
12. Cann CE, Genant HK. Single versus dual-energy CT for vertebral mineral quantification. J Comput Assist Tomogr 1983;7:551-60.
13. Lang TF, Li J, Harris S, Genant HK. Assessment of vertebral bone mineral density using volumetric quantitative CT. J Comput Assist Tomogr 1999;23:130-7.
14. Kang C, Speller R. Comparison of ultrasound and dual energy X-ray absorptiometry measurements in the calcaneus. Br J Radiol 1998;71:861-7.
15. Cetin A, Erturk H, Celiker R, Sivri A, Hascelik Z. The role of quantitative ultrasound in predicting osteoporosis defined by dual X-ray absorptiometry. Rheumatol Int 2001;20:55-9.
16. He YQ, Fan B, Hans D, Li J, Wu CY, Njeh CF, et al. Assessment of a new quantitative ultrasound calcaneus measurement: precision and discrimination of hip fractures in elderly women compared with dual X-ray absorptiometry. Osteoporosis Int 2000;11:354-60.
17. Njeh CF, Blake GM. Calcaneal quantitative ultrasound devices: water-coupled. En: Njeh CF, Hans D, Fuerst T, Glüer CC, Genant HK, editores. Quantitative ultrasound. Assessment of osteoporosis and bone status. Londres: Martinz Dunitz Ltd., 1999;109-24.
18. Funck C, Wuster C, Alenfeld FE, Pereira-Lima JF, Fritz T, Meeder PJ, Gotz M, Ziegler R. Ultrasound velocity of the tibia in normal German women and hip fracture patients. Calcif Tissue Int 1996 Jun;58(6):390-4
19. Ventura V, Mauloni M, Mura M, Paltrinieri F, De Aloysio D. Ultrasound velocity changes at proximal phalanges of the hand in pre-, peri-, and postmenopausal women. Osteoporosis Int 1996;6:368-75.
20. Hans D, Fan B, Fuerst T. Non-heel quantitative ultrasound devices. En: Njeh CF, Hans D, Fuerst T, Glüer CC, Genant HK, editores. Quantitative ultrasound. Assessment of osteoporosis and bone status. Londres: Martinz Dunitz Ltd., 1999;145-62.
21. Gregg EW, Kriska AM, Salamone LM, Roberts MM, Anderson SJ, Ferrell RE, et al. The epidemiology of quantitative ultrasound: a review of the relationships with bone mass, osteoporosis and fracture risk. Osteoporosis Int 1997;7:89-99.
22. Cheng S, Tylavsky F, Carbone L. Utility of ultrasound to assess risk of fracture. J Am Geriatr Soc 1997;45:1382-94.
23. Hans D, Dargent-Molina P, Schott AM, Sebert JL, Cormier C, Kotzki PO, Delmas PD, Pouilles JM, Breart G, Meunier PJ. Ultrasonographic heel measurements to predict hip fracture in elderly women: the EPIDOS prospective study. Lancet 1996;348:511-4.
24. Schott AM, Weill ES, Hans D, Duboef F, Delmas PD, Meunier PJ. Ultrasound discriminates patients with hip fracture equally well as dual X-ray absorptiometry and independently of bone mineral. J Bone Miner Res 1995;10:243-9.

25. Turner CH, Peacock M, Timmerman L, Neal JM, Johnston CJ. *Calcaneal ultrasonic measurements independently discriminate hip fracture of bone mass.* Osteoporosis Int 1995;5:130-5.
26. Mautalen C, Vega E, González D, Carrilero P, Otano A, Silberman F. *Ultrasound and dual X-ray absorptiometry in women with hip fracture.* Calcif Tissue Int 1995;57:165-8.
27. Cummings SR, Kelsey JL, Nevitt MC, O'Dowd KJ. *Epidemiology of osteoporosis and osteoporotic fractures.* Epidemiol Rev 1985;7:178-205.
28. Gonnelli S, Cepollaro C, Agnusdei D, Palmieri R, Rossi S, Gennari C. *Diagnostic value of ultrasound analysis and bone densitometry as predictors of vertebral deformity in postmenopausal women.* Osteoporosis Int 1995;5:413-8.
29. Heaney RP, Avioli LV, Chesnut CH, Lappe J, Recker RR, Brandenburger GH. *Ultrasound velocity through bone predicts incident vertebral deformity.* J Bone Miner Res 1995;10:341-5.
30. Kroger H, Jurvelin J, Arnala I, et al. *Ultrasound attenuation of the calcaneus in normal subjects and in patients with wrist fracture.* Acta Orthop Scand 1995;66:47-52.
31. Stewart A, Torgerson DJ, Reid DM. *Prediction of fractures in perimenopausal women: a comparison of dual X-ray absorptiometry and broadband ultrasound attenuation.* Ann Rheum Dis 1996;55:140-2.
32. Bauer DC. *Clinical applications of quantitative ultrasound.* En: Njeh CF, Hans D, Fuerst T, Glüer CC, Genant HK, editores. *Quantitative ultrasound. Assessment of osteoporosis and bone status.* Londres: Martinz Dunitz Ltd., 1999;283-97.
33. Pocock NA, Noakes KA, Howard GM, Nguyen TV, Kelly PJ, Sambrook PN, Eisman JA, Freund J. *Screening for osteoporosis: what is the role of heel ultrasound?* Med J Aust 1996;164:367-70.
34. Martin JC, Reid DM. *Appendicular measurements in screening women for low axial bone mineral density.* Br J Radiol 1996;69:234-40.
35. American Institute of Ultrasound in Medicine. Bioeffects Committee. *Bioeffects considerations for the safety of diagnostic ultrasound.* J Ultrasound Med 1988; 7(Suppl 9):1-38.
36. Cheng S, Hans D, Genant HK. *Calcaneal quantitative ultrasound systems: gel coupled.* En: Njeh CF, Hans D, Fuerst T, Glüer CC, Genant HK, editores. *Quantitative ultrasound. Assessment of osteoporosis and bone status.* Londres: Martinz Dunitz Ltd., 1999;125-44.
37. Gómez Alonso C, Bernardino Díaz J, Cannata Andía J. *Metodología de la evaluación de la masa ósea.* En: Díaz Curiel M, Díez Pérez M, Gómez Alonso C, editores. *Nuevas fronteras en el estudio de la densidad ósea en la población española.* Madrid: FHOEMO, SEIOMM, RPR, 1996;11-55.
38. WHO Study Group. WHO Technical Report Series. 843. *Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis.* Ginebra: World Health Organization, 1994;129.
39. Frost ML, Blake GM, Fogelman I. *Contact quantitative ultrasound: an evaluation of precision, fracture discrimination, age-related bone loss and applicability of the WHO criteria.* Osteoporosis Int 1999;10:441-9.
40. Frost ML, Blake GM, Fogelman I. *Can the WHO criteria for diagnosing osteoporosis be applied to calcaneal quantitative ultrasound?* Osteoporosis Int 2000; 11:321-30.
41. López Rodríguez F. *Rendimiento de una técnica cuantitativa de ultrasonidos en una unidad de metabolismo óseo [tesis doctoral].* Universidad de Granada, 2001.