



Editorial

La medición directa de la resistencia mecánica ósea

Direct measurement of bone mechanical strength

Roberto C. Güerri Fernández y Adolfo Díez Pérez*

Unidad de Investigación en Fisiopatología Ósea y Articular (URFOA). Servicio de Medicina Interna. Hospital del Mar-IMIM. Universidad Autónoma de Barcelona. RETICEF, Instituto Carlos III. Barcelona. España

La osteoporosis ha sido definida como la disminución de la resistencia ósea. Bajo este término se incluye la cantidad y la calidad del hueso¹. La cantidad de hueso (el contenido mineral) se mide con densitometría, ampliamente extendida. La densitometría estima bien el riesgo de fractura y es de ayuda en la monitorización de los pacientes². Sin embargo, una parte importante de la resistencia ósea no se explica por esta medición. Sabemos, además, que la mayor proporción de fracturas por fragilidad se produce en personas con osteopenia³. Por último, los cambios en la densidad ósea reflejan muy parcialmente la disminución del riesgo de fractura producida por los tratamientos.

Todo ello ha desarrollado el concepto de calidad ósea y estimulado la búsqueda de marcadores de calidad ósea que complementen a la densitometría para caracterizar mejor la resistencia. El problema es que un gran número de determinaciones requiere la práctica de biopsia ósea o el uso de explantes óseos obtenidos durante la cirugía. Lo que ello comporta es la imposibilidad de utilizar estos elementos en la clínica diaria. Tan sólo algunas técnicas de imagen han podido analizar componentes de la resistencia ósea más allá de la densidad. El análisis de elementos finitos realizado sobre imágenes de radiografía, DEXA o, más comúnmente, de tomografía computarizada⁴ es probablemente la técnica más desarrollada con potencial uso clínico. Este análisis proporciona información sobre los cambios en la arquitectura, macroscópica y microscópica, y la mineralización, y permite calcular una resistencia teórica a la fractura. Sin embargo, los algoritmos que emplea implican asunciones sobre las propiedades intrínsecas de la unidad de tejido óseo, con lo que no pueden diferenciar entre diferentes tejidos con una calidad mecánica diferente⁵.

Los clínicos sólo disponíamos de un estimador directo de la resistencia del hueso a través de la producción de fracturas. Por todo ello, la medición directa de la resistencia ósea *in vivo* mediante una técnica factible, aceptable para el paciente, sensible y precisa seguía siendo un campo a explorar. En un desarrollo conjunto entre el Departamento de Física de la Universidad de California en Santa Bárbara (EE.UU.) y nuestra unidad de investigación, se

ha desarrollado un instrumento capaz de analizar directamente la competencia mecánica de varios tejidos⁶. La aplicación que más ha progresado es la que se centra en el análisis directo de la resistencia mecánica ósea medida en la tibia de los sujetos. Esta técnica se basa en una microindentación realizada sobre la superficie anterior del tercio medio de la tibia.

En el estudio de validación de la microindentación ósea estudiamos la capacidad de la técnica para discriminar entre individuos con fractura y controles⁷. La variabilidad de las mediciones era limitada y con un tamaño muestral reducido permitía separar ambos grupos notablemente mejor que la densitometría ósea, con unas áreas bajo la curva superiores a 0,9. Por lo tanto, la microindentación permite estimar directamente la resistencia a la fractura midiendo las distancias a las que el microindentador es capaz de penetrar, fundamentalmente la distancia total de indentación y el incremento en la distancia de indentación. Todo ello corroboraba los estudios previos en hueso de animales de laboratorio y de cadáver⁶.

¿Cómo se explica la técnica? La fractura ósea se inicia mediante la creación de una rotura microscópica a nivel de tejido, cuyo mecanismo íntimo es la separación de los haces de fibrillas de colágena mineralizada⁸. Con ello se inicia el *crack* que se propaga y progresa a fractura macroscópica, al superarse la fuerza que es capaz de absorber la estructura. Y eso es lo que ocurre con la microindentación. El indentador abre grietas, separando los haces de colágena mineralizada, de forma idéntica a como se produce en las fracturas. En otras palabras, la microindentación produce fracturas microscópicas y es capaz de calibrar de forma muy precisa la fuerza que hay que aplicar para producirla. En otras palabras, mide directamente la propensión del hueso a fracturarse.

La técnica es sencilla, rápida e inocua. La profundidad de la indentación es, como máximo, de unas 200 μm , lo que da idea de lo inapreciable de la misma. La aplicamos previa anestesia local, con lo que resulta totalmente indolora, se realiza en una consulta ordinaria y el tiempo total de su realización no supera los 10 min. Estamos trabajando en la extensión de los experimentos a otras poblaciones y situaciones clínicas, la aplicación en el animal de laboratorio y en la simplificación del microindentador para hacerlo totalmente accesible a cualquier profesional sanitario y aplicable en la rutina cotidiana. Si lo logramos, podremos dotarnos de un estimador directo de la resistencia ósea de un extraordinario potencial.

* Autor para correspondencia. Servicio de Medicina Interna y Enfermedades Infecciosas, Hospital del Mar, P^o Marítimo, 25-29, 08003 Barcelona. España.

Correo electrónico: ADiez@parcdesalutmar.cat (A. Díez Pérez).

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy. Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. *JAMA* 2001; 285:785–95.
2. Johnell O, Kanis JA, Oden A, Johansson H, De LC, Delmas P, et al. Predictive value of BMD for hip and other fractures. *J Bone Miner Res.* 2005;20: 1185–94.
3. Siris ES, Brenneman SK, Barrett-Connor E, Miller PD, Sajjan S, Berger ML, et al. The effect of age and bone mineral density on the absolute, excess, and relative risk of fracture in postmenopausal women aged 50–99: results from the National Osteoporosis Risk Assessment (NORA). *Osteoporos Int.* 2006;17: 565–74.
4. Keaveny TM, Hoffmann PF, Singh M, Palermo L, Bilezikian JP, Greenspan SL, et al. Femoral bone strength and its relation to cortical and trabecular changes after treatment with PTH, alendronate, and their combination as assessed by finite element analysis of quantitative CT scans. *J Bone Miner Res.* 2008;23:1974–82.
5. Keaveny TM, Kopperdahl DL, Melton III LJ, Hoffmann PF, Amin S, Riggs BL, et al. Age-dependence of femoral strength in white women and men. *J Bone Miner Res.* 2010;25:994–1001.
6. Hansma P, Yu H, Schultz D, Rodriguez A, Yurtsev EA, Orr J, et al. The tissue diagnostic instrument. *Rev Sci Instrum.* 2009;80:054303.
7. Díez-Pérez A, Guerri R, Nogues X, Cáceres E, Peña MJ, Mellibovsky L, et al. Microindentation for *in vivo* measurement of bone tissue mechanical properties in humans. *J Bone Miner Res.* 2010;25:1877–85.
8. Fantner GE, Hassenkam T, Kindt JH, Weaver JC, Birkedal H, Pechenik L, et al. Sacrificial bonds and hidden length dissipate energy as mineralized fibrils separate during bone fracture. *Nat Mater.* 2005;4:612–6.