

## 5. Métodos imaginológicos en osteoporosis

*Dr. Ernesto Augusto Moscoso Martínez  
Médico internista endocrinólogo, certificado por la  
International Society for Clinical Densitometry  
(ISCD), Miembro de Número de la Asociación  
Colombiana de Endocrinología, Bogotá.*

Dentro de la definición de osteoporosis (OP) se considera a la resistencia ósea como un reflejo de la densidad y de la calidad del hueso<sup>(69)</sup>. Las exploraciones complementarias empleadas para evaluar la OP tienen como objetivo estimar el riesgo de fractura con la medida de la densidad mineral ósea (DMO) y otros factores de riesgo relacionados con la calidad ósea. Éste es un término aún poco preciso e indica, de modo genérico, un conjunto de cualidades biomecánicas, grado de conectividad trabecular, estado de la microarquitectura, recambio metabólico óseo, adecuada mineralización y calidad de los materiales óseos, entre otros aspectos. Sin embargo, la DMO medida por absorciometría de rayos X (RX) de energía dual (DXA), sigue siendo el patrón de oro para el diagnóstico de OP, por lo que será tratada con detalle. Analizaremos además el valor de otras técnicas de imagen.

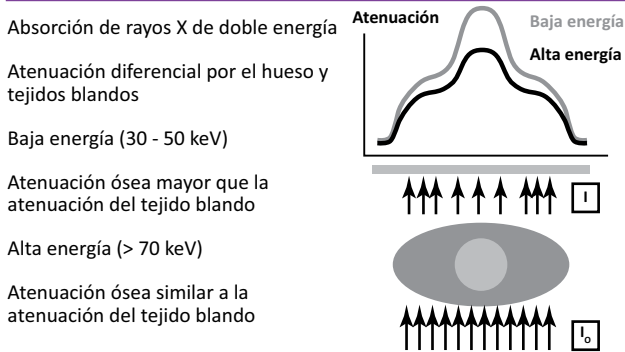
### Densitometría ósea DXA

La densitometría ósea es la medición de la densidad mineral del hueso. Su fundamento técnico se basa en la propiedad de los tejidos de absorber una porción de la radiación ionizante emitida por una fuente, porción que posteriormente es registrada por un detector situado por detrás del hueso en estudio. La cantidad de radiación absorbida es inversamente proporcional al contenido mineral existente.

Desde hace varios años la fuente de energía es un tubo de rayos X que emite un espectro de radiación de banda ancha y que después de un filtrado selectivo permite obtener dos bandas muy angostas de energía. Esta técnica se conoce como DXA (*Dual Energy X-ray Absorptiometry*: absorción de rayos X

de doble energía)(figura 8)<sup>(2)</sup>. El software realiza la medición del contenido mineral óseo (CMO) en un área proyectada pre-determinada, y calcula la densidad mineral ósea (DMO), dividiendo el CMO en gramos por el área en  $\text{cm}^2$ , ( $\text{DMO} = \text{CMO} / \text{área}$ , en  $\text{g}/\text{cm}^2$ ). Como una verdadera medición de densidad debería expresarse en unidades por volumen, es decir en gramos sobre  $\text{cm}^3$ , se han ensayado fórmulas que calculan la tercera dimensión (profundidad) sobre la base del tamaño de las vértebras (ancho y alto) y se obtiene así una “densidad volumétrica”, ya que los pacientes con vértebras de mayor profundidad o espesor obtendrían resultados sobrestimados al medirse en un área proyectada, y a la inversa, en los que tienen vértebras pequeñas, el resultado sería subestimado. Estos cálculos originan una DMO “corregida” menos dependiente del tamaño corporal; sin embargo, estos ajustes no resultaron más precisos ni sensibles para el diagnóstico de osteoporosis que la DMO tradicional<sup>(71,72)</sup>.

**FIGURA 8.**



Adaptado de Blake GM, Fogelman I. Technical principles of dual energy x-ray absorptiometry. *Semin Nucl Med.* 1997;10-28.

Las regiones esqueléticas para estudio son básicamente las regiones centrales (columna vertebral y fémur proximal), en algunas ocasiones se incluyen regiones periféricas como el antebrazo.

## Diagnóstico de osteoporosis con DXA central

La alta precisión de las técnicas de medición de la DMO las hace apropiadas para su empleo como prueba diagnóstica de osteoporosis. En 1994, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció los criterios diagnósticos para estudios de DMO de columna, cuello femoral y radio que se basan en el valor del adulto joven o puntaje T (conocido como T-score). Estas categorías fueron inicialmente para mujeres caucásicas postmenopáusicas y no indican la necesidad de tratamiento, ya que para tomar esta decisión los resultados deben correlacionarse con la edad y la historia clínica de cada paciente<sup>(73)</sup>.

### Criterios de la OMS para el diagnóstico de osteoporosis postmenopáusica

Normal	<i>T-score</i> menor de 1 DS o mayores
Osteopenia	<i>T-score</i> entre -1 y -2,5 DS
Osteoporosis	<i>T-score</i> -2,5 DS y menores
Osteoporosis severa (establecida)	<i>T-score</i> -2,5 DS y menor con fractura por fragilidad

La OMS escoge el *T-score* de -2,5 DS, debido a que con este punto de corte se identifican aproximadamente el 30% de mujeres postmenopáusicas catalogadas como osteoporóticas, utilizando mediciones en la columna, cadera o antebrazo<sup>(73)</sup>.

La osteoporosis puede ser diagnosticada en mujeres postmenopáusicas y en hombres de 50 años o mayores si el *T-score* en columna lumbar, cadera total, o cuello femoral es de -2,5 DS o menor<sup>(74)</sup>.

### Limitaciones de los criterios de la OMS

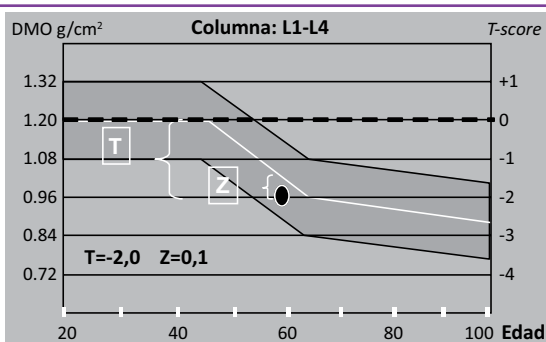
Es importante tener presente que estos criterios no están diseñados como guía de tratamiento, la presencia de una fractura por bajo trauma (fragilidad) establece el diagnóstico de osteoporosis sin importar la DMO del paciente. Otras enfermedades metabólicas óseas pueden causar densidad ósea baja; un  $T \leq 2,5$ , no siempre es debido a osteoporosis primaria, hay muchas causas para osteoporosis secundaria en adultos<sup>(73)</sup>.

## Puntaje T (*T-score*)

Los reportes DXA central incluyen *T-score* y *Z-score*. Estos elementos son estándares que convierten los resultados de DMO de diferentes aparatos a una escala común.

El *T-score* es el número de desviaciones estándar de la DMO del paciente que está arriba o abajo del promedio de DMO de la población de referencia del adulto joven. El *T-score* ayuda a determinar si el valor de DMO es el apropiado para el paciente. El *T-score* es utilizado para diagnóstico (figura 9)<sup>(74)</sup>.

FIGURA 9. PUNTAJES T Y Z.



Adaptado de Bone Desitometry course ISCD 2010:74-77.

FIGURA 10. FÓRMULAS PARA LA OBTENCIÓN DEL *T-SCORE* Y DEL *Z-SCORE*. DMO: DENSIDAD MINERAL ÓSEA.

$$Z\text{-score} = \frac{\text{DMO del paciente} - \text{DMO media de su grupo de edad y sexo}}{\text{Desviación estándar de su grupo de edad y sexo}}$$

$$T\text{-score} = \frac{\text{DMO del paciente} - \text{DMO media del pico* de DMO de su sexo}}{\text{Desviación estándar del pico* de DMO de su sexo}}$$

\* Máxima DMO alcanzada en el adulto que se corresponde aproximadamente a los 30 años

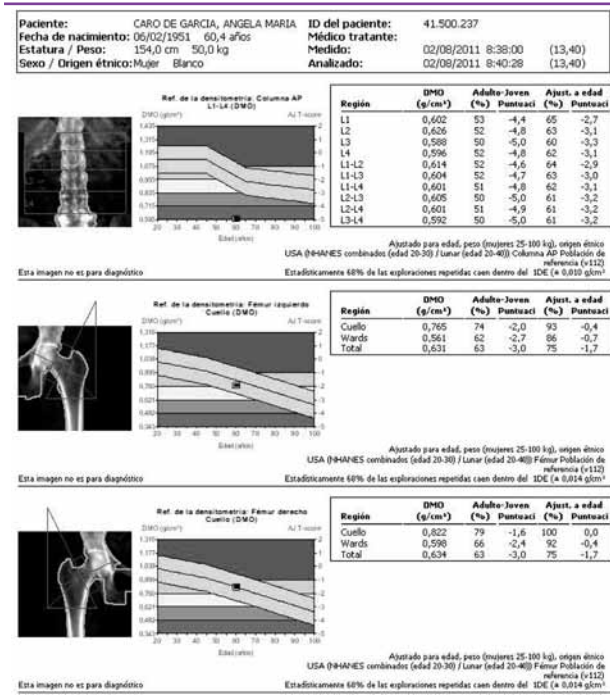
Adaptado de Bone Desitometry course ISCD 2010:74-77.

## Puntaje Z (*Z-Score*)

Es el número de desviaciones estándar de la DMO del paciente que está por arriba o abajo del valor promedio de re-

ferencia de individuos de la misma edad. El *Z-score* ayuda a determinar el valor de DMO que se espera para la edad del paciente en estudio. Los *Z-scores* no son utilizados para diagnóstico en adultos. No hay evidencia para apoyar un punto de corte específico en la evaluación de causas secundarias de osteoporosis; sin embargo, se sugiere estudio de causas secundarias cuando el *Z-score* es igual o inferior a  $-2$  DS<sup>(74)</sup>.

**FIGURA 1. EJEMPLO DE REPORTE DE DXA DE COLUMNA VERTEBRAL Y CADERA.**



## Principios subyacentes al uso del *T-score* para diagnosticar osteoporosis

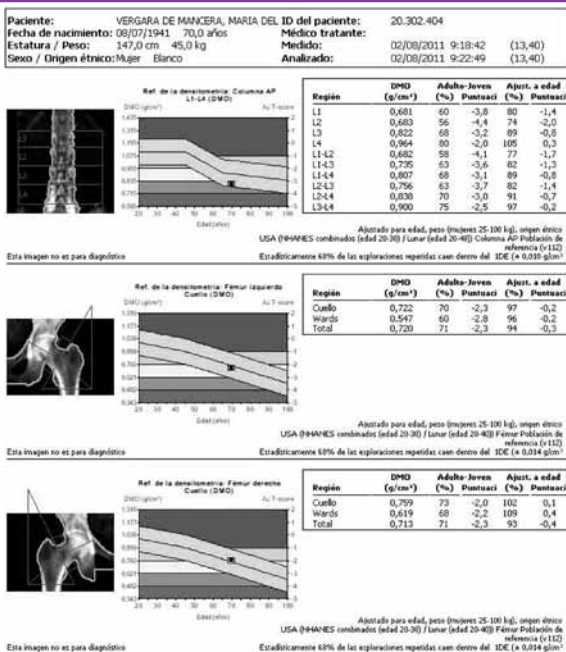
Se utiliza el *T-score* en lugar del *Z-score*, debido a que la densidad ósea disminuye con la edad. Utilizar el *Z-score* para diagnóstico sugiere que la prevalencia de osteoporosis no au-

menta con la edad. Un valor bajo en una medición no implica pérdida ósea sino, probablemente, una masa ósea pico baja para ese individuo (el máximo pico de adquisición de masa ósea se logra hacia los 30 años). Aproximadamente 16% de individuos normales tiene Z-score de -1,0 o más bajo, y un 2,3% de -2,0 o más bajo.

## DMO y riesgo de fractura

La DMO está bien relacionada con la resistencia ósea mediante pruebas biomecánicas. En ausencia de fractura, la DMO baja es el mejor predictor de fractura en estudios prospectivos. La relación entre la DMO y el riesgo de fractura es exponencial. El riesgo de fractura es un gradiente, no un umbral (no hay un punto de corte de DMO debajo del cual todos los pacientes se fracturarían o arriba del cual nadie se fracturaría).

FIGURA 12. REPORTE DE DXA DE COLUMNA VERTEBRAL Y CADERA.



El riesgo de fractura es similar en pacientes con *T-score* -2,4 (osteopenia) y *T-score* -2,6 (osteoporosis), a pesar de las diferentes categorías de diagnóstico.

El riesgo de fractura es más alto en pacientes con *T-score* de -5 comparado con un *T-score* de -2,5, a pesar de la misma categoría de diagnóstico (osteoporosis).

La DMO se sobrepone en pacientes con y sin fracturas<sup>(74)</sup>.

Hay una distribución en forma de campana similar de DMO en poblaciones fracturadas y no fracturadas pero la DMO pico es menor en pacientes fracturados. No todos los pacientes con DMO baja se fracturan, pero sí todos los pacientes con DMO baja tienen riesgo alto de fractura<sup>(74)</sup>.

La medición de DMO no está diseñada para diagnosticar fractura (los rayos X pueden evidenciarlo) sino para determinar el riesgo de fractura (y la necesidad de terapia)<sup>(74,75,76)</sup>.

## Uso de diferentes regiones esqueléticas y regiones de interés para diagnóstico

La ISCD (*The International Society for Clinical Densitometry*) recomienda medir las siguientes regiones esqueléticas:

- Columna PA para todos los pacientes
- Cadera (derecha o izquierda), cuello femoral y cadera total para todos los pacientes
- Se puede medir el antebrazo si la columna o la cadera no pueden ser medidas o interpretadas

## Radiología convencional

Fue durante años el método más empleado para el diagnóstico de la osteoporosis.

Aunque actualmente no se considera adecuada para el diagnóstico de la enfermedad, sigue siendo el mejor método complementario para el diagnóstico de la fractura osteoporótica establecida.

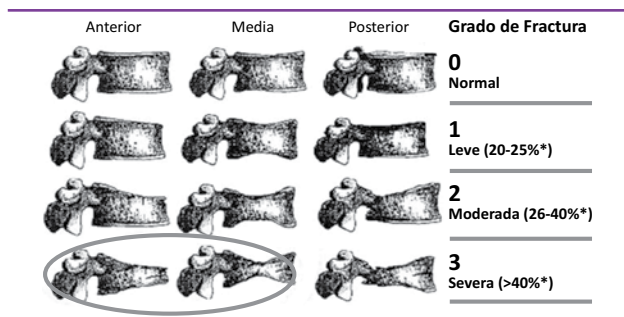
Desde el punto de vista cuantitativo, la radiología convencional (RX) sólo es capaz de detectar los signos radiológicos clásicos de la osteopenia (aumento de la radiolucidez o radio-

transparencia ósea) cuando ya se ha producido una pérdida de DMO superior a 30-35%. En la cortical de los huesos largos esta osteopenia se caracteriza por un aumento de la resorción del endostio, mientras que en los huesos planos, donde el tejido óseo trabecular predomina, se observa una disminución del número y de la conectividad de las trabéculas, típicamente caracterizadas a nivel vertebral por una pérdida de la trabecularización horizontal (aumento aparente de la estriación vertical vertebral) y un resalte de los platillos y de los cuerpos vertebrales. No obstante, todos estos signos radiológicos pueden ser simplemente la consecuencia de un conjunto de variables no controladas, dependientes bien del paciente (IMC, obesidad, etc.) o de la propia técnica radiológica (distancia foco-placa, kilovoltaje, revelado, etc.)<sup>(77,78)</sup>.

Desde el punto de vista estrictamente cualitativo, a nivel de la columna vertebral es posible cuantificar, mediante RX, la morfología de los cuerpos vertebrales con y sin fractura, y graduar cuantitativamente estas últimas.

Aunque clásicamente la medición de las alturas vertebrales se realizaba empleando reglas o calibradores, actualmente la morfometría vertebral utiliza procedimientos de medición cuantitativa sobre imagen radiográfica digitalizada, lo que permite no sólo una determinación más exacta de las alturas y las áreas de los cuerpos vertebrales, sino una evaluación cuantitativa de sus deformidades.

**FIGURA 13. FRACTURAS VERTEBRALES: GRADUACIÓN Y SEVERIDAD.**





En el método de Genant<sup>(79)</sup>, la gravedad de una fractura se evalúa mediante inspección visual, determinando el grado de reducción de las alturas vertebrales y los cambios morfológicos secundarios de la vértebra. Mediante este método se analizan las vértebras torácicas y lumbares desde L1 a L4. Se clasifican desde grado 0 hasta grado 3, dependiendo del porcentaje de reducción de la altura (anterior, media y/o posterior) del cuerpo vertebral en estudio (**figura 13**).

### **Tomografía computarizada cuantitativa (QCT)**

La tomografía computarizada cuantitativa (QCT por sus iniciales en inglés) es otro método de densitometría central. Produce la imagen de un segmento transversal del cuerpo vertebral (regiones de interés L1 – L3) que cuantifica la imagen, empleando un material de referencia (*phantom*) para obtener así una densidad mineral ósea volumétrica ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

Las mediciones por QCT generalmente se utilizan para evaluar la densidad del hueso trabecular de la columna. Como el hueso trabecular se remodela más rápidamente que el hueso cortical, se pueden apreciar más cambios importantes relacionados con la edad cuando se evalúa este compartimento. Además, la respuesta al tratamiento puede, por lo general, observarse más rápidamente en el hueso trabecular.

Los equipos de QCT son extremadamente costosos para instalar y operar. La exposición a la radiación es de 50 a 100 veces más que la de un estudio DXA, particularmente en el caso de la medición de la columna. Las mediciones por QCT también se afectan por diferencias en la cantidad de grasa en la médula ósea. La cantidad de grasa medular aumenta con la edad, y esto puede causar problemas en la interpretación de datos obtenidos de pacientes ancianos. El QCT es menos preciso que el DXA de columna PA, aunque puede ser mejorado (CT helicoidal)<sup>(71,74,80)</sup>.

### **Densitómetros periféricos**

En la pasada década se desarrollaron densitómetros periféricos, unos por absorciometría de rayos X simple (RA) y otros por doble energía de rayos X (DXA), así mismo se fabricaron

densitómetros que utilizaban el ultrasonido como método de cuantificación. Todos ellos tienen la ventaja de su menor tamaño, escasa radiación y no precisar personal especializado para su uso. Hay aparatos periféricos de antebrazo, de calcáneo, de metacarpianos y de las falanges.

La densitometría periférica puede ser empleada como ayuda para tamizaje poblacional en estudios de osteoporosis, no tiene utilidad para diagnóstico de osteoporosis ni para seguimiento de las terapias farmacológicas. Por lo tanto, si el resultado de una densitometría periférica indica osteoporosis, el paciente debe ser estudiado utilizando DXA central; así mismo, si la densitometría periférica no revela osteoporosis pero el paciente tiene factores de riesgo importantes para osteoporosis, también debe ser evaluado mediante DXA central.

## **Resonancia magnética nuclear**

La utilidad de la resonancia magnética para detectar la osteoporosis se fundamenta en las mediciones de la densidad ósea, con base en el hecho de que la pérdida de la DMO de los huesos es remplazada por médula grasa.

Últimamente está en investigación la resonancia magnética de alta resolución que, utilizando potentes campos magnéticos y secuencias de pulsos electromagnéticos para generar imágenes 3D, se ha ido constituyendo como uno de los métodos no ionizantes de análisis no invasivos y no destructivos *in vivo* de la arquitectura ósea, pudiendo caracterizar el patrón estructural del hueso trabecular en las imágenes. Tiene la desventaja del alto costo y el relativo largo tiempo de exploración<sup>(81)</sup>.

Futuras investigaciones deben caracterizar mejor los cambios en las trabéculas óseas como factor determinante para la confiabilidad de la resonancia magnética, como método de elección en la evaluación de la osteoporosis.

En la práctica actual, la resonancia magnética como método de imagen permite diferenciar claramente un aplastamiento vertebral crónico por osteopenia, de un aplastamiento por una metástasis o por un mieloma, a través de los cambios de intensidad de señal emitida por el hueso trabecular de los

cuerpos vertebrales, principalmente en las secuencias T1 y T2, éstas con saturación grasa.

En los aplastamientos crónicos por osteopenia, en las diferentes secuencias utilizadas, el cuerpo vertebral afectado tiene una intensidad de señal similar a la del resto de los cuerpos vertebrales, estando solamente alterada su morfología. En las metástasis o en el mieloma, el cuerpo vertebral aplastado, secundario al proceso de sustitución que lo involucra presenta una señal hipointensa en las secuencias T1 y una señal hiperintensa en las secuencias ponderadas en T2, debido a la presencia de mayor contenido líquido en las células tumorales. A veces existe cierta dificultad en el diagnóstico diferencial cuando el aplastamiento es agudo y donde hay edema postraumático y, las áreas de sangrado hacen que la vértebra presente un aspecto de imagen tumoral con señal de baja intensidad en T1 y de señal hiperintensa en T2, pero un análisis semiológico de la morfología de la vértebra, principalmente de su pared posterior, convexa hacia el canal en las lesiones malignas y del compromiso o no del arco posterior, así como la distribución uniforme o parcial de los cambios de señal en el cuerpo vertebral, en general permiten un diagnóstico diferencial correcto<sup>(82)</sup>.

Es de anotar que, además de la RNM para el diagnóstico diferencial, la tomografía computarizada (TAC) también ocupa los primeros lugares dentro de los estudios a solicitar, ya que sus posibilidades técnicas permiten un diagnóstico diferencial apropiado.

### **FRAX® (*Fracture Risk Assessment Tool*)**

Como se mencionó previamente, desde el primer trimestre de 2008 disponemos de acceso libre y gratuito *on line* <http://www.shef.ac.uk/FRAX> a la herramienta FRAX, desarrollada por Kanis et. al. en la Universidad de Sheffield con el patrocinio de la OMS. Esta herramienta está destinada a calcular la probabilidad de fractura a diez años en varones y mujeres de entre 40 y 90 años que no han recibido tratamiento para la osteoporosis. Incluye once factores de riesgo clínicos de entre los que han demostrado con más fuerza su asociación con la incidencia de fractura en estudios previos. Como factor nú-

mero doce se permite incluir, si está disponible, el valor de la DMO o el *T-score* del cuello femoral de la densitometría ósea central tipo DXA para el cálculo del riesgo. Así, la herramienta FRAX calcula el riesgo absoluto de fractura de forma agrupada para el conjunto de fracturas principales relacionadas (*major fracture*, que incluye la fractura vertebral clínica, fémur proximal, húmero y antebrazo) y de forma individualizada para la fractura del fémur proximal (*cadera, hip fracture*)<sup>(29)</sup>.

La aceptación y la utilización del FRAX de forma generalizada permitiría, por una parte, identificar a las personas con un elevado riesgo de fractura osteoporótica, tributarias de intervención precoz y que, hasta ahora, pasan desapercibidas. Por otra parte, el FRAX podría colaborar en disminuir el número de tratamientos innecesarios por administrarse a pacientes con un riesgo de fractura bajo. Otra utilidad potencial del FRAX sería su utilización para decidir a qué pacientes solicitar una densitometría ósea<sup>(29)</sup>.