

# CORRELACIÓN DENSITOMÉTRICA ENTRE LA MEDIDA DE CALCÁNEO CON EL NUEVO DXL Y LA MEDIDA CON DXA CENTRAL

J.I. CERVERA MIGUEL<sup>a</sup>, J. QUILES IZQUIERDO<sup>b</sup>, J. CALVO CATALÀ<sup>c</sup>, J.J. GARCÍA-BORRÁS<sup>c</sup>, C. CAMPOS FERNÁNDEZ<sup>c</sup>, J.L. VALERO SANZ<sup>c</sup>, M.L. MUÑOZ GUILLEM<sup>a</sup> y M.I. GONZÁLEZ-CRUZ<sup>c</sup>

<sup>a</sup>UNIDAD DE REUMATOLOGÍA. HOSPITAL UNIVERSITARIO LA FE. VALENCIA. <sup>b</sup>CONSELLERIA DE SANITAT. SALUT PUBLICA. VALENCIA. <sup>c</sup>UNIDAD DE REUMATOLOGÍA. HOSPITAL GENERAL UNIVERSITARIO. VALENCIA.

La absorciometría fotónica dual de fuente radiológica (DXA) es la mejor técnica para evaluar la densidad mineral ósea y predecir el riesgo de fractura. Comparamos los resultados diagnósticos de DXA central con una nueva técnica periférica de rayos X de energía dual y láser (DXL).

**Material y métodos.** Estudio comparativo a 46 sujetos. Se practicó DXA central y DXL periférica de calcáneo, considerando para ambos osteoporosis con cifras inferiores a -2,5 desviaciones estándar (DE), osteopenia 2,5 a 1 DE y normalidad superior a -1 DE.

**Resultados.** La edad media fue de 61,7 años (36-75). Densitometría periférica DXL: osteoporosis en un 26,1%, osteopenia en un 58,7% y normalidad en un 15,2%. Densitometría central en fémur: osteoporosis 26,7%, osteopenia 46,7% y normalidad 26,7%. Densitometría central en columna: osteoporosis 25%, osteopenia 63,6% y normalidad 11,4%.

**Conclusiones.** Los equipos DXL periféricos permiten una valoración adecuada de la densidad mineral ósea (DMO). Son útiles para el diagnóstico de la osteoporosis.

Dual energy x-ray absorptiometry (DXA) is the best technique to evaluate bone mineral density (BMD) and to predict the risk of fracture. We compare the results of central DXA and peripheral new Dual X-ray and Laser (DXL) technology.

**Material and methods.** Comparative study of 46 patients. Central DXA and calcaneum peripheral DXL was practised, considering for both osteoporosis numbers < -2.5 standar deviation (SD), osteopenia 2.5 to 1 SD and normality > -1 SD.

**Results.** Average age 61,7 years (36-75). Peripheral densitometry: osteoporosis 26,1%, osteopenia 58,7% and normality 15,2%. Central densitometry in femur: osteoporosis 26,7, osteopenia 46,7% and normality 26,7%. Central densitometry in lumbar column: osteoporosis 25%, osteopenia 63,6% and normality 11,4%.

**Conclusions.** Peripheral DXL kits allow an adequate valuation of BMD. It's useful for diagnosis of osteoporosis.

**KEY WORDS:** osteoporosis, densitometry, axial, peripheral.

**PALABRAS CLAVE:** osteoporosis, densitometría, axial, periférica.

## INTRODUCCIÓN

La definición de osteoporosis, aceptada desde la conferencia consenso de Hong Kong en 1993, es la siguiente<sup>1</sup>: «Enfermedad ósea metabólica caracterizada por disminución de la masa ósea y deterioro de la microarquitectura del tejido óseo, que provocan un aumento de la fragilidad ósea y, como consecuencia, un aumento del riesgo de fractura».

Si bien la edad avanzada y la menopausia son los factores que tradicionalmente se han considerado más importantes entre las causas de disminución de la masa ósea, es evidente que influyen otros factores: pico de masa ósea bajo, delgadez, déficit nutricional, sedentarismo, algunos tratamientos, ciertas enfermedades, exceso de tabaco y alcohol y otros<sup>2</sup>.

Así, posteriormente, en el año 2001 se propone una nueva definición: «La osteoporosis (OP) es una enfermedad del esqueleto caracterizada por la disminución de la resistencia ósea que predispone a un aumento del riesgo de fractura». La resistencia ósea refleja fundamentalmente la integración de la densidad y calidad del hueso. La densidad ósea se expresa en gramos de mineral por área o volumen, y en cualquier individuo está determinada por el pico de masa ósea y la cantidad de pérdida ósea. La calidad ósea se refiere a la macro y microarquitectura, recambio óseo, tamaño, daño acumulado (por ejemplo, microfracturas) y mineralización<sup>3</sup>.

El riesgo de fracturas osteoporóticas aumenta de manera significativa en la mujer tras la menopausia y un poco más tarde en el hombre. Como sabemos la densidad mineral ósea (DMO) no es el único factor de riesgo predictor de fracturas, ya que en la resistencia ósea intervienen otros factores, pero sí es el más importante, de forma que el estudio de la DMO permite predecir el riesgo de fractura en ambos sexos y en pacientes que reciben corticoides, diagnosticar a los pacientes que padecen

OP antes de producirse la primera fractura y aportar alguna información sobre la evolución de la enfermedad<sup>4-8</sup>.

Al inicio la OP fue un concepto histomorfométrico, pero el diagnóstico histológico obviamente no era practicable de forma sistemática. Durante muchos años se ha intentado cuantificar la masa ósea mediante la imagen radiográfica. Para ello se han basado en la impresión subjetiva de un aumento de la radiotransparencia. Evidentemente sólo había cierta seguridad en el diagnóstico cuando la disminución de la densidad era extrema, o cuando había fracturas vertebrales.

En la actualidad existe un amplio consenso acerca de que la absorciometría fotónica dual de fuente radiológica (DXA) es la mejor técnica para evaluar el estado de la DMO.

La *International Osteoporosis Foundation*<sup>9</sup> la considera el patrón oro para el diagnóstico. La técnica consiste en la medición de la atenuación que los tejidos y el hueso ejercen sobre un flujo de fotones X producidos por un tubo de rayos X emitidos sucesivamente a dos energías de 70 y 120 keV. La medición de la DMO de una zona de-

Correspondencia: J.J. García-Borrás.  
Unidad de Reumatología. Pabellón Central.  
Hospital Universitario La Fe.  
Avda. Campanar, 21. 46009 Valencia.  
Correo electrónico: garcia\_jjo@gva.es

terminada es la mejor forma de predecir el riesgo de fractura en esa región concreta<sup>8</sup>. Dado que las fracturas vertebrales y femorales son las que determinan una mayor morbilidad, parece lógico recomendar que se realice la medición en columna lumbar y en el tercio proximal del fémur. El gran problema de los DXA centrales radica en su coste; muchos gestores no quieren asumir la carga financiera que se deriva de su adquisición. Otro inconveniente es la necesidad de un espacio físico amplio.

Los DXA periféricos suponen una alternativa muy interesante. Son relativamente baratos, pueden transportarse y sus resultados son un buen indicador para determinar el riesgo de fracturas, así como para aportar alguna información sobre la evolución de la enfermedad<sup>10-13</sup>.

Presentamos un estudio que compara los resultados de la DXL y la DXA central para estudiar su validez como medio de ayuda en el diagnóstico de OP o bien su exclusión.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron 46 pacientes entre los atendidos en consultas externas de los Servicios de Reumatología del Hospital La Fe y del Hospital General de Valencia, con diferente patología de base y seleccionados aleatoriamente. Se practicó densitometría ósea de columna (44 pacientes) y cadera (45 pacientes) con densitómetro LUNAR (DXA) y, simultáneamente, densitometría de calcáneo mediante densitómetro DXL Calsan (46 pacientes). Como hemos comentado previamente el DXL combina rayos X de energía dual y tecnología láser, lo cual hace posible excluir de la medición los tejidos blandos y los adiposos por separado. Esto no ocurre con el DXA, ya que éste asume que existe una relación constante entre tejido blando y adiposo. La técnica DXL se realiza sobre el calcáneo, el cual está formado por tejido óseo y tejidos blandos incluyendo estructuras adiposas (tejido graso y médula ósea amarilla). Diferentes tipos de tejidos tienen distintas propiedades de atenuación para las radiaciones ionizantes. El tejido graso y la médula ósea amarilla tienen coeficientes de atenuación de

0,197 cm<sup>2</sup>/g y la piel, la sangre, el agua y el músculo esquelético tienen coeficientes de atenuación entre 0,203-0,205 cm<sup>2</sup>/g, todo a 60 keV<sup>14</sup>. El calcáneo es escaneado con rayos X a 35 keV y 65 KeV y, al mismo tiempo, el grosor es medido con el láser. Así pues, se obtiene un resultado de la DMO ósea con una precisión de un 98%<sup>15</sup>.

Para establecer el diagnóstico de OP se siguieron las categorías establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Así, para ambos densitómetros se consideró diagnóstico de OP valores de DMO inferiores a -2,5 desviaciones estándar (DE) del valor medio de la población adulta joven de igual sexo (*t-score*), osteopenia (Opn) cifras de DMO 2,5 a 1 DE de la media de los adultos jóvenes sanos y se consideró DMO normal (N) todo valor de DMO por encima de 1 DE respecto a la media. Para algunos análisis se ha considerado el término baja masa ósea patológica que engloba tanto la OP como la Opn.

Con estos datos se ha estimado la proporción de sujetos clasificados en los diferentes niveles (OP, Opn y N) según los diferentes métodos (DXA columna, DXA cadera y DXL) con sus correspondientes intervalos con un nivel de confianza del 95%. Además se ha estimado la precisión, sensibilidad, especificidad, valores predictivos positivos y negativos y los cocientes de probabilidad para medir la validez y seguridad predictiva del DXL con respecto a dos patrones de referencia: DXA de columna y de cadera, calculándose también sus intervalos de confianza al 95%. Para cuantificar la variabilidad entre las observaciones realizadas entre ambas metodologías (densitometrías) se ha estimado el índice kappa ponderado lineal para tres categorías ordinales. Para ello se han dado los siguientes pesos: 0 para discrepancia de dos categorías; 0,5 para discrepancia de una categoría y 1 para el acuerdo de clasificación, aplicándose la siguiente fórmula:

Índice kappa ponderado = 1 - [proporción de desacuerdos real (Qo)]/[proporción de desacuerdos que hallaríamos por azar (Qa); donde:

Qo = sumatorio w x frecuencias observadas/sumatorio de frecuencias (N).

Qa = sumatorio w x frecuencias teóricas/sumatorio de frecuencias (N).

Para la validez se han determinado la sensibilidad y la especificidad. La sensibilidad (S), capacidad de la prueba para detectar la anomalía, se ha medido como la fracción de verdaderos positivos calculada como el cociente entre los verdaderos diagnósticos positivos (VP) y la suma de verdaderos positivos y falsos negativos (FN): [S = VP/(VP+FN)].

La especificidad (E), la capacidad de la prueba para detectar a los sujetos sin el problema definido, se ha estimado mediante la fracción de verdaderos negativos, calculada como el cociente entre los valores diagnósticos coincidentes o verdaderos (VN) y la suma de estos valores junto a los falsos positivos (FP): [E = VN/(VN+FP)].

Para la seguridad de la prueba diagnóstica se han determinado los valores predictivos. El valor predictivo positivo (VPP) supone la probabilidad de padecer el proceso si se obtiene un resultado positivo en la prueba; para su cálculo se ha estimado a partir de la proporción de pacientes con un resultado positivo en la misma, que finalmente resultaron estar enfermos: [VPP = VP/(VP+FP)].

El valor predictivo negativo (VPN) supone la probabilidad de que un sujeto con un resultado negativo en la prueba esté realmente sin el problema estudiado. Para su cálculo se ha estimado dividiendo el número de verdaderos negativos entre el total de sujetos con un resultado negativo en la prueba: [VPN = VN/(VN+FN)]. A fin de hacer independientes estos índices de la prevalencia se ha calculado la razón de verosimilitudes o cociente de probabilidades positivo (CPP), que se estima como un cociente entre la fracción de verdaderos positivos y la fracción de falsos positivos: [CPP = S/(1-E)].

## RESULTADOS

Se estudiaron 46 pacientes (5 varones y 41 mujeres) con edad media de 61,7 años, rango 36-75.

En la tabla 1 se observan los datos de prevalencia de las distintas categorías de clasificación según la DMO de los sujetos de estudio, según el método de determinación empleado.

Según la medición con DXL al nivel del calcáneo se pone de manifiesto la existen-

Tabla 1  
Prevalencia de osteoporosis y osteopenia según distintos métodos de determinación

	DXA columna (n) % (IC 95%)	DXA cadera (n) % (IC 95%)	DXL calcáneo (n) % (IC 95%)
Osteoporosis	(11) 25,0 (13,2 - 40,3)	(12) 26,7 (14,6 - 41,9)	(12) 26,1 (14,3 - 41,1)
Osteopenia	(28) 63,6 (47,8 - 77,6)	(21) 46,7 (31,7 - 62,1)	(27) 58,7 (43,2 - 73,0)
Normal	(5) 11,4 (3,8 - 24,6)	(12) 26,7 (14,6 - 41,9)	(7) 15,2 (6,3 - 28,9)
Total	(44) 100,0	(45) 100,0	(46) 100,0

DXA: absorciometría fotónica dual de fuente radiológica; DXL: técnica periférica de rayos X de energía dual y láser.

cia de OP en un 26,1%, Opn en un 58,7% y N en un 15,2% del total de pacientes estudiados. Por otro lado, al realizar DXA central al nivel de la columna lumbar se evidenció OP en un 25%, Opn en el 63,6% y N en un 11,4%. Y por último, la DXA central del tercio proximal de fémur observó la existencia de OP en el 26,7%, Opn en un 46,7% y N en el 26,7%.

En las tablas 2 y 3 se exponen los datos de concordancia entre las observaciones realizadas y clasificaciones según DXL y DXA de columna y cadera, respectivamente.

Como se observa en la tabla 2, los resultados coinciden en que la determinación

mineral ósea era normal en tres casos, fue diagnóstica de Opn en 20 y de OP en 6. El índice kappa de Cohen fue de 0,36 con un IC 95% (0,09; 0,62), estimándose un índice de kappa ponderado lineal de 0,43 (IC 95%: 0,09; 0,62).

En la tabla 3 se comparan los resultados obtenidos al realizar DXL con DEXA central en tercio proximal de fémur. Así, se comprobó que coincidían en que la DMO era normal en dos casos, en 14 coincidían en su diagnóstico de OPn y en 7 de OP. El índice kappa de Cohen estimado fue de 0,20 con un IC 95% (-0,04; 0,44), estimándose un índice de kappa ponderado lineal de 0,26 (IC 95%: -0,04; 0,44).

Los valores del estudio de validez completos y sus IC 95% se encuentran expuestos en las tablas 4 y 5.

Con respecto al uso del DXL como predictor de OP no se observan diferencias entre la precisión del DXL estimada para su comparación con el DXA de columna (77,27%) y la estimada usando como patrón la DXA de cadera (77,78%).

La sensibilidad y especificidad estimadas para el DXL fueron semejantes para ambas localizaciones, del 54,55% y del 84,85% para DXA de columna y del 58,33% y 84,85%, respectivamente, para DXA de cadera.

En cuanto al cociente de probabilidades positivo (es más probable que tenga OP

Tabla 2  
Concordancia diagnóstica entre DXL y DEXA de columna

DXA COLUMNA				
DXL	Osteoporosis	Osteopenia	Normalidad	Total
OP	6	5	0	11
OPn	5	20	2	27
N	0	3	3	6
Total	11	28	5	44

DXA: absorciometría fotónica dual de fuente radiológica; DXL: técnica periférica de rayos X de energía dual y láser; OP: osteoporosis; Opn: osteopenia; N: densidad mineral ósea normal.

Tabla 3  
Concordancia diagnóstica entre DXL y DEXA de cadera

DXA CADERA				
DXL	Osteoporosis	Osteopenia	Normalidad	Total
OP	7	3	2	12
OPn	5	14	8	27
N	0	4	2	6
Total	12	21	12	45

DXA: absorciometría fotónica dual de fuente radiológica; DXL: técnica periférica de rayos X de energía dual y láser; OP: osteoporosis; Opn: osteopenia; N: densidad mineral ósea normal.

Tabla 4

*Estudio de validez de la prueba DXL como predictor de osteoporosis, con respecto a DXA de columna y cadera*

	DXA COLUMNA		DXA CADERA	
	%	(IC 95%)	%	(IC 95%)
Precisión	77,27%	(61,78 – 88,01)	77,78%	(62,52 – 88,29)
Sensibilidad	54,55%	(24,56 – 81,86)	58,33%	(28,60 – 83,50)
Especificidad	84,85%	(67,34 – 94,28)	84,85%	(67,33 – 94,28)
Valor predictivo positivo	54,55%	(24,56 – 81,86)	58,33%	(28,60 – 83,50)
Valor predictivo negativo	84,85%	(67,34 – 94,28)	84,85%	(67,33 – 94,28)
Cálculo de probabilidades positivo	3,60	(1,36 – 9,51)	3,85	(1,51 – 9,84)

DXA: absorciometría fotónica dual de fuente radiológica; DXL: técnica periférica de rayos X de energía dual y láser.

Tabla 5

*Estudio de validez de la prueba DXL como predictor de baja masa ósea patológica, con respecto a DXA de columna y cadera*

	DXA COLUMNA		DXA CADERA	
	%	(IC 95%)	%	(IC 95%)
Precisión	88,64%	(74,65 – 95,74)	68,89%	(53,20 – 81,37)
Sensibilidad	92,31%	(78,03 – 97,99)	87,88%	(70,86 – 96,04)
Especificidad	60,00%	(17,04 – 92,74)	16,67%	(2,94 – 49,12)
Valor predictivo positivo	94,74%	(80,93 – 99,08)	74,36%	(57,57 – 86,40)
Valor predictivo negativo	50,00%	(13,95 – 86,05)	33,33%	(6,00 – 75,89)
Cálculo de probabilidades positivo	2,31	(0,79 – 6,78)	1,05	(0,79 – 1,40)

DXA: absorciometría fotónica dual de fuente radiológica; DXL: técnica periférica de rayos X de energía dual y láser.

según DXL si presenta OP con DXA) los resultados no fueron diferentes a los comparados con el DXA de columna y de cadera (3,60 frente a 3,85).

Con respecto al uso del DXL como predictor de baja masa ósea patológica (BMOP) encontramos una precisión del 88,64% si establecemos como patrón la DXA de columna y del 68,89% cuando utilizamos como patrón la DXA de cadera. La sensibilidad y especificidad son mayores cuando comparamos con DXA de columna (92,31% y 60%, respectivamente) que cuando lo hacemos con DXA de cadera ( $S = 87,88\%$  y  $E = 16,67\%$ ).

En cuanto al cociente de probabilidades positivo (es más probable que tenga BMOP con DXL si presenta BMOP con DXA) es también superior para la comparación con DXA de columna con respecto a DXA de cadera (2,31 frente a 1,05).

Los valores predictivos positivos observados fueron mayores para la predicción de BMOP tanto de columna como de cadera

(94,74% y 74,36%, respectivamente), que para la predicción de OP, cuyos valores estimados fueron de 54,55% y 58,33%.

Los valores predictivos negativos fueron, por el contrario, mayores para la exclusión de OP tanto de columna como de cadera, en ambos casos de 84,85%, que para el establecimiento de «normalidad» (no BMOP), 50% para columna y 33,33% para cadera.

## DISCUSIÓN

La pérdida de la masa ósea en la mujer comienza en la época premenopausia en la columna y, posiblemente, en la tercera década de la vida en el cuello femoral. En el hombre esto ocurre en etapas más posteriores. Diversos estudios han demostrado un incremento en el riesgo de fractura con la pérdida de masa ósea<sup>16,17</sup>. La columna vertebral es la localización más frecuente para presentar fracturas osteoporóticas.

Así, más de la mitad de las mujeres tendrán una fractura vertebral, al menos, durante su vida y aproximadamente el 30% padecerán fracturas múltiples. La mayor parte no presenta manifestaciones clínicas agudas, por lo que sólo un tercio se diagnostican. Así, según datos recogidos de diferentes estudios se pone de manifiesto que el riesgo de sufrir fracturas clínicamente diagnosticadas a nivel vertebral es del 16% en mujeres y 5% en varones, y de cadera del 18% en mujeres y 6% en varones<sup>18,19</sup>.

La importancia de las fracturas deriva del aumento de mortalidad en el año siguiente a producirse, el coste socioeconómico de la estancia hospitalaria, los tratamientos empleados, la implicación social y la cronificación de algunos de estos enfermos. Así pues, es necesario determinar de una manera rápida y segura la DMO, diagnosticar de forma correcta a los pacientes con OP, identificar las situaciones con riesgo de fracturas, seguir la evolución de la enfermedad y la respuesta al tratamiento.

Diversos estudios han comparado los densitómetros centrales (DXA) con los periféricos (PIXI y DXL). El PIXI-LUNAR ha demostrado ser válido para una correcta determinación de la DMO y del riesgo de fractura<sup>20</sup>. La capacidad de predicción de fractura de DXL Calsan es similar a las mediciones en cadera, columna o radio, con alta sensibilidad y especificidad para el diagnóstico de OPn y OP<sup>11,21,22</sup>. La predicción de la DMO axial mediante ultrasonidos en el calcáneo (SOS) resultó ser inferior comparada con la DMO en el calcáneo con DXL<sup>23</sup>.

Con respecto a la variabilidad, los valores de kappa pueden oscilar entre  $-1$  y  $+1$ , de forma que un kappa igual a cero significa que el acuerdo obtenido se puede explicar exclusivamente por el azar. Nuestras estimaciones lo sitúan en 0,43 para su comparación con DXA en columna y 0,26 para DXA en fémur, lo cual siguiendo las propuestas de Fleiss<sup>24</sup> podríamos interpretarlo como una concordancia aceptable-buena en el primer caso y deficiente para fémur. No obstante, hemos de tener en cuenta que a medida que aumenta el número de categorías disminuye el valor de kappa.

El DXL como predictor de BMOP, tiene mayor precisión si establecemos como pa-

trón la DEXA de columna. La sensibilidad y especificidad son mayores cuando comparamos con DEXA de columna que cuando lo hacemos con DEXA de cadera, con una sensibilidad mucho mejor que la especificidad para ambas regiones anatómicas.

En relación al uso del DXL como predictor de OP no encontramos diferencias entre la precisión del DXL en comparación con DEXA de columna y la estimada usando como patrón la DEXA de cadera, así como la sensibilidad y especificidad estimadas fueron similares para DEXA de columna y de cadera.

Los VPP observados fueron mayores para la predicción de BMOP, tanto de columna como de cadera, que para la predicción de OP. Por el contrario, los VPN fueron mayores para la exclusión de OP, tanto de columna como de cadera, que para el establecimiento de normalidad (no BMOP).

## CONCLUSIONES

En este estudio vemos que el densitómetro DXL Calsan presenta una buena sensibilidad y especificidad en relación con la determinación de OP en comparación con DEXA de columna y de cadera. Como predictor de BMOP existe mayor precisión, sensibilidad y especificidad si establecemos como patrón la DEXA de columna.

Podemos deducir que la densitometría periférica al nivel de calcáneo mediante el equipo DXL Calsan podría ser válida para una adecuada determinación de la densidad mineral ósea. Podría ser utilizada como método de ayuda en el diagnóstico de OP, así como para detectar situaciones de riesgo de fractura debidas a un compromiso de la masa mineral ósea.

Es una técnica sencilla, rápida, barata, transportable y la radiación externa es mínima,

por lo que el equipo puede ser utilizado en cualquier entorno sin precauciones específicas.

No obstante, hay que tener en cuenta que el número de pacientes de este estudio es pequeño, extraído de una consulta de OP, y con una distribución por sexo sesgada que no lo hace representativo de la población general. Sería conveniente realizar nuevos estudios de base poblacional y de seguimiento para establecer la validez de la misma como técnica discriminante de sujetos con riesgo de OP, así como de su capacidad predictora de fracturas osteoporóticas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Consensus development conference: diagnosis, prophylaxis, and treatment of osteoporosis. *Am J Med* 1993;94:646-50.
2. Roig D. Monográfico Osteoporosis. *Rev Esp Reumatol* 2001;28:95-6.
3. NIH Consensus Development Panel. Osteoporosis Prevention, Diagnosis and Therapy. *JAMA* 2001;285:785-95.
4. Miller PD. Bone mass measurements. *Clin Geriatr Med* 2003;19:281-97.
5. Miller PD. Bone mineral density-clinical use and application. *Endocrinol Metab Clin North Am* 2003;32:159-79.
6. Ryan PJ. Overview of role of BMD measurements in managing osteoporosis. *Semin Nucl Med* 1997;27:197-209.
7. Ryan PJ, Blake GM, Herd R, Parker J, Fogelman I. Spine and femur BMD by DXA in patients with varying severity spinal osteoporosis. *Calcif Tissue Int* 1993;52:263-8.
8. Marshall D, Johnell O, Wedel H. Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures. *BMJ* 1996;312:1254-9.
9. Kanis JA, Glüer CC, for the Committee of Scientific Advisors. International Osteoporosis Foundation. *Osteoporos Int* 2000;11:192-202.
10. Varney LF, Parker RA, Vincelette A, Greenspan SL. Classification of osteoporosis and osteopenia in postmenopausal women is dependent on site-specific analysis. *J Clin Densitometry* 1999;2:275-83.
11. Kullenberg R, Falch JA. Prevalence of osteoporosis using bone mineral measurements at the calcaneus by dual X-ray and laser (DXL). *Osteoporos Int* 2003;14:823-7.
12. Lochmuller EM, Zeller JB, Kaiser D, Eckstein F, Landgraf J, Putz R, et al. Correlation of femoral and lumbar DXA and calcaneal ultrasound, measured in situ with intact soft tissues, with the in vitro failure loads of the proximal femur. *Osteoporos Int* 1998;8:591-8.
13. Frost MI, Blake GM, Fogelman I. Can the who criteria for diagnosing osteoporosis be applied to calcaneal quantitative ultrasound? *Osteoporos Int* 2000;11:321-30.
14. Jonson R. Mass attenuation coefficients, quantities and units for use in bone mineral determinations. *Osteoporos Int* 1993;3:103-6.
15. Kullenberg R. A new accurate technology for the determination of bone mineral area density-DXL. Fifth International Symposium on Clinical Advances in Osteoporosis. March 6-9, 2002.
16. Gardsell P, Johnell O, Nilsson B. The predictive value of bone loss for fragility fractures in women: a longitudinal study over 15 years. *Calcif Tissue Int* 1991;49:90-4.
17. Cummings SR, Black DM, Nevitt MC, Browner W, Cauley J, Ensrud K, et al. Bone density at various sites for prediction of hip fractures. *Lancet* 1993;341:72-5.
18. Zuckerman JD. Hip fracture. *N Engl J Med* 1996;334:1519-23.
19. Díaz M, Carrasco JL, Pérez H, Pérez R, Rapado A, Ruiz I. Study of bone mineral density in lumbar spine and femoral neck in spanish population. *Osteoporos Int* 1997;7:59-64.
20. Montero M, Calabuig E, Muñoz ML, Valero JL, Todolí J, Calabuig JR, et al. Densitometría axial y periférica en el diagnóstico de la osteoporosis. *REEMO* 2002;11:140-3.
21. Kullenberg R. Reference database for dual X-ray and laser Calscan bone densitometer. *J Clin Densitom* 2003;6:367-72.
22. Waern E, Johnell O, Jutberger H, Karlsson J, Nyman C, Mellström D. Patients with forearm fracture should be diagnosed for osteoporosis. *J Bone Min Res* 2001;16(Suppl 1):S515.
23. Hakulinen MA, Saarakkala S, Toyra J, Kroger H, Jurvelin JS. Dual energy X-ray laser measurement of calcaneal bone mineral density. *MPhys Med Biol* 2003;48:1741-52.
24. Fleiss JL. Statistical methods for rates and proportions. Nueva York: John Wiley and Sons, 1981; p. 212-25.