

### RESUMO

Nesta revisão, o autor inicialmente enumera, por ordem cronológica de introdução na prática clínica médica, os diversos métodos de imagem utilizados no diagnóstico e seguimento da osteoporose. Compara a precisão, acurácia, duração, segurança (dose de radiação), indicações, sensibilidade e especificidade dos diversos métodos de imagem descritos, com destaque para a radiografia simples, a densitometria óssea e a ultra-sonometria óssea. Faz discussão das vantagens e desvantagens da densitometria óssea em comparação à ultra-sonometria óssea, ponderando que, apesar do recente grande desenvolvimento da ultra-sonometria óssea, a densitometria óssea pela técnica de raios-X de dupla energia (DEXA), continua sendo considerada a técnica padrão-ouro no diagnóstico e seguimento da osteoporose. Conclui pela necessidade de técnicas de imagem com medidas tridimensionais de volume, ao invés das atuais medidas bidimensionais de área, de padronização nacional ou regional de um banco de dados de referência composto por indivíduos controles normais brasileiros e por fim, de padronização mundial da tecnologia e conseqüentes medidas empregadas pelos diferentes fabricantes de equipamentos de densitometria e ultra-sonometria óssea. (*Arq Bras Endocrinol Metab* 1999; 43/6: 423-427)

**Unitermos:** Osteoporose; Sensibilidade; Especificidade; Densitometria óssea; Ultra-sonometria óssea

### ABSTRACT

In this revision the author initially enumerates, by chronological order of introduction in the clinical medical practice, the different methods of image used in the diagnosis and follow-up of osteoporosis. Compares the precision, accuracy, duration, safety (dose of radiation), indications, sensitivity and specificity of the different methods of image described, mainly for plain X-rays, bone densitometry and bone ultrasonometry. Discusses the advantages and disadvantages of bone densitometry in comparison to bone ultrasonometry, considering that although the recent great development of bone ultrasonometry, the dual energy X rays (DEXA) bone densitometry is still considered the gold standard method for the diagnosis and follow-up of osteoporosis. Concludes by the necessity of image methods with tridimensional measures of volume, instead of current bidimensional measures of area, of national or regional standardization of a reference database composed by normal brazilian controls and finally, of international standardization of technology and consequent measures employed by different bone densitometry and ultrasonometry equipment manufacturers. (*Arq Bras Endocrinol Metab* 1999; 43/6: 423-427)

**Keywords:** Osteoporosis; Sensitivity; Specificity; Bone densitometry; Bone ultrasonometry

*Eduardo de Souza Meirelles*

*Instituto de Ortopedia e  
Traumatologia do HC da FMUSP,  
São Paulo, SP*

**A** ATUAL DEFINIÇÃO DE OSTEOPOROSE ENGLOBALA UMA diminuição da massa óssea ou osteopenia, associada à desorganização da microarquitetura óssea e ao aumento do risco de fraturas ósseas.

Os locais do esqueleto mais importantes para serem estudados são aqueles que apresentam o maior índice de fraturas por fragilidade óssea, ou seja, a coluna vertebral dorso-lombar, o terço proximal do fêmur, o terço distal do rádio e o terço proximal do úmero.

A radiografia simples é de baixa sensibilidade, só evidenciando a perda de massa óssea ou osteopenia da osteoporose, quando esta for superior a 30% até 50% (1). Os achados mais evidentes da osteoporose na radiografia simples de coluna dorso-lombar em perfil incluem (2):

- 1- Realce do trabeculado vertical das vértebras devido ao desaparecimento das trabéculas horizontais;
- 2- Diminuição do contraste radiológico entre o interior do corpo vertebral e os tecidos moles adjacentes;
- 3- Acentuação dos contornos ou molduras vertebrais;
- 4- Deformidades vertebrais que podem ser totais ou colapsos, anteriores ou acunhamentos ou ainda bicôncavos;
- 5- Nódulos de Schmorl, que são hérnias do núcleo pulposo para dentro do corpo vertebral.

A ocorrência de acunhamento apenas posterior ou de envolvimento do pedículo vertebral, podem sugerir a possibilidade de tumor primário ou metastático.

Várias técnicas foram utilizadas para aumentar a sensibilidade da radiografia simples a um baixo custo. Nestas, estão incluídos os seguintes índices: vertebral de Meunier, femoral de Singh, metacarpiano de Nordin e o índice do calcâneo. Estas técnicas, embora precisas, são pouco sensíveis.

A cintilografia óssea é técnica muito sensível, embora muito pouco específica no diagnóstico diferencial das lesões líticas vertebrais causadas pela osteoporose primária, das lesões líticas causadas pelas infecções ou tumores ósseos primitivos ou metastáticos. A cintilografia óssea pode ainda auxiliar na detecção de hiper-captção localizada, associada à fratura vertebral recente.

Durante os últimos 20 anos, algumas técnicas de imagem têm sido desenvolvidas para quantificar, de maneira mais sensível a massa óssea. São elas a tomografia computadorizada quantitativa (QCT), passando pela absorciometria por fóton único (SPA), a absorciometria por fóton duplo (DPA), a absorciometria por raios-X de dupla energia (DEXA) e finalmente a ultra-sonometria óssea.

A QCT é um método que consegue medir separadamente osso trabecular e osso cortical em nível de coluna, sendo excelente na definição das pequenas

alterações que ocorrem inicialmente em osso trabecular. Mais recentemente, tem sido desenvolvida a QCT periférica em ossos do esqueleto apendicular. A quantidade de radiação gerada pelos tomógrafos e o seu alto custo, são fatores limitantes ao seu uso rotineiro.

A tabela 1 (3) compara as principais características dos diferentes métodos de imagem acima citados.

Os parâmetros comparativos avaliados pelos diversos métodos de imagem englobam a acurácia ou exatidão, a precisão ou reprodutibilidade, a sensibilidade e especificidade diagnóstica, a relação custo/benefício, a segurança relacionada à dose de radiação, a comodidade ou praticidade e por fim a rapidez do método empregado.

Ao analisarmos os resultados das medidas de massa óssea realizadas pelos diferentes métodos de imagem, devemos levar em consideração a variabilidade intra e inter-paciente, intra e inter-operador e intra e inter-equipamento.

A densitometria por absorção de raios-X de dupla energia (DEXA), é atualmente considerada a técnica padrão-ouro para a medida da massa óssea, em função da sua precisão, duração, segurança e custo.

A densidade óssea pode ser definida pela equação  $Y = I - (a_1t_1 + a_2t_2 + a_3t_3)$ , onde:

Y = densidade óssea por área ou gramas por  $cm^2$ ;

I = pico de massa óssea;

a1 = fatores relacionados a senilidade;

a2 = fatores relacionados ao hipogonadismo;

a3 = fatores relacionados às doenças osteo-metabólicas secundárias;

t = tempo.

**Tabela 1.** Características das técnicas de imagem para medida da massa óssea.

Técnica	Local	Erro de Precisão (%)	Duração (min)	Dose (micro Sv)
SPA	Rádio distal	1-2	10	< 1
DPA	Coluna lombar	2	10	1
	Fêmur proximal	2-4	20	1
	Corpo inteiro	1-2	40	1
DEXA	Coluna lombar	0.8-1.5	6	2-4
	Fêmur proximal	2-3	6	2-4
	Corpo inteiro	1	20	2-4
QCT	Coluna	4-6	10	200
US	Calcâneo	1-4	5	0
	Tíbia	0.3	5	0

SPA = Single Photon Absorptiometry

DPA = Dual Photon Absorptiometry

DEXA = Dual Energy X-ray Absorptiometry

QCT = Quantitative Computed Tomography

US = Utrasound

min = minutos

micro Sv = micro Sievert

As indicações definidas pela *National Osteoporosis Foundation* (4) para a densitometria óssea compreendem:

1- Mulheres em fase peri ou pós-menopausa recente;

2- Alterações vertebrais radiográficas sugestivas de osteopenia;

3- Terapêutica prolongada com glicocorticóides;

4- Hiperparatireoidismo primário assintomático.

Quanto às contra-indicações para o exame, as mesmas são:

1- Gravidez, em função da exposição aos raios-X;

2- Exame recente com radioisótopos;

3- Presença de implantes ou materiais de síntese metálicos;

4- Impossibilidade de correto posicionamento do paciente na mesa de exame.

As regiões padronizadas para o exame são a coluna lombar, o fêmur proximal, o rádio distal e o corpo total. Enquanto a mensuração da DMO da coluna lombar seria mais indicada na faixa etária perimenopausa, o fêmur proximal o seria na faixa senil, o rádio distal na suspeita de hiperparatireoidismo e o corpo total no esqueleto em desenvolvimento da faixa infanto-juvenil.

Os resultados são expressos em valores absolutos ou gramas por  $\text{cm}^2$  de densidade mineral óssea (DMO), e em valores relativos ou desvios-padrão (DP) e porcentagem. Tais valores relativos são expressos pelos índices T e Z, que significam:

Índice T = perda de massa óssea em relação a média da DMO de adultos jovens no pico de massa óssea do mesmo sexo, raça e peso corporal;

Índice Z = perda de massa óssea em relação a média da DMO de controles normais da mesma idade, sexo, raça e peso corporal.

A atual classificação densitométrica de perda de massa óssea aceita pela Organização Mundial de Saúde, foi preconizada por Kanis (5) em 1994, baseia-se no índice T e compreende:

1- Normal = DMO até 1 desvio-padrão (DP) abaixo do pico de massa óssea;

2- Osteopenia = DMO entre 1 e 2,5 DP abaixo do pico de massa óssea;

3- Osteoporose = DMO acima de 2,5 DP abaixo do pico de massa óssea;

4- Osteoporose estabelecida = idem acima na presença de 1 ou mais fraturas por fragilidade óssea.

A acurácia e a precisão da densitometria óssea estão relacionadas com o periódico controle de qualidade e calibração do aparelho utilizado.

Por outro lado, a sua sensibilidade diagnóstica na coluna lombar pode estar diminuída pela presença

de artefatos esqueléticos (osteófitos da osteoartrose) ou extra-esqueléticos (calcificação da aorta e litíase renal). A alta frequência de osteófitos artrósicos em indivíduos idosos, falsamente hipervalorizam a densidade mineral óssea da coluna lombar, diminuindo portanto a sensibilidade do método nestas circunstâncias, pela elevação dos resultados falso-negativos.

Quanto à especificidade diagnóstica, a densitometria óssea não consegue distinguir a perda de massa óssea da osteoporose da perda de massa óssea da osteomalácia, diminuindo portanto a especificidade do método nestas circunstâncias, pela elevação dos resultados falso-positivos.

A medida da densidade mineral óssea deveria, idealmente ser volumétrica ou espacial (gramas por  $\text{cm}^3$ ) e não como é atualmente expressa, em área ou superfície (gramas por  $\text{cm}^2$ ).

Em virtude da grande frequência de osteoporose densitométrica na terceira idade, nem sempre acompanhada de fraturas por fragilidade óssea, com possíveis tratamentos medicamentosos desnecessários em pacientes com poucos fatores de risco para quedas, houve a proposição de considerar-se osteoporóticos apenas os indivíduos com índices T acima de 2,5 DP abaixo do pico de massa óssea e índices Z acima de 1 DP abaixo do esperado para a mesma idade (6). A presença de osteoporose estabelecida, ou seja, osteoporose densitométrica na presença de pelo menos 1 fratura por fragilidade óssea, pode ser tratada medicamentosamente, mesmo sem índices Z acima de 1 DP abaixo do esperado para a mesma idade.

Conforme demonstrado por Melton et al., em estudo longitudinal com duração de dez anos realizado na Mayo Clinic (7), perdas de massa óssea de 1 desvio-padrão, duplicam ou até triplicam o risco relativo de fraturas na mesma região examinada. Portanto, embora baixos valores de densidade mineral óssea de uma região possam aumentar o risco de fratura de outra região do esqueleto, as melhores correlações se fazem entre valores de DMO e risco de fraturas de uma mesma região. A melhor correlação dos valores de DMO entre diferentes regiões analisadas, é encontrada entre a coluna lombar e o colo femoral, sendo da ordem de 0,5.

A taxa normal de perda de massa óssea gira em torno de 0,5% ao ano, podendo aumentar até 3% ao ano na fase do hipogonadismo relacionado à menopausa.

Taxas anuais de perda de massa óssea maiores que 3% até 5% estão associadas aos perdedores lentos, enquanto que taxas anuais maiores que 5% revelam perdedores rápidos de massa óssea.

Quanto à ultra-sonometria óssea, foi incorporada à prática clínica nesta última década, e utiliza ondas sonoras para não só quantificar a densidade óssea, como também mensurar parâmetros de qualidade óssea relacionados à elasticidade e conectividade da micro-arquitetura óssea (8). Os parâmetros medidos são:

1- *Speed of sound* (SOS) em metros por segundo, que corresponde à raiz quadrada da elasticidade dividida pela densidade óssea;

2- *Broadband ultrasound attenuation* (BUA) em decibéis por megahertz, que mensura a conectividade ou micro-arquitetura óssea;

3- *Stiffness index* (SI) que corresponderia a uma combinação dos dois parâmetros anteriores, correspondendo a  $(0.67 \times \text{BUA}) + (0.28 \times \text{SOS})$

Embora a ultra-sonometria já tenha sido realizada em falange, patela ou tíbia, a topografia mais estudada corresponde ao osso calcâneo.

A ultra-sonometria óssea não faz diagnóstico de osteoporose, mas sim quantifica o risco de fraturas, principalmente em colo femoral de mulheres idosas. Análogamente à densitometria óssea, classifica-se os resultados como perdas em desvios-padrão em relação a controles normais adultos jovens. Assim sendo pode ser classificada como:

1- Risco mínimo de fratura com perda de até 1 DP abaixo do pico de massa óssea;

2- Risco aumentado de fratura com perda de 1 a 3 DP abaixo do pico de massa óssea;

3- Alto risco de fratura com perda acima de 3 DP abaixo do pico de massa óssea.

Ainda não há consenso sobre o valor da ultra-sonometria óssea como método de *screening* ou rastreamento populacional, visto que suas qualidades de menor custo, maior praticidade, ausência de radiação ionizante e rapidez, seriam necessárias mas não suficientes para classificá-la como bom método de rastreamento, que necessariamente deveria apresentar alta sensibilidade na mensuração do risco de fraturas por fragilidade óssea. A demonstração através de estudos epidemiológicos adequados, da alta sensibilidade do método, permitiria a utilização do mesmo como rastreamento populacional.

O estudo EPIDOS (9) avaliou 5.662 mulheres francesas idosas (idade média de 84 anos) seguidas por 2 anos e revelou que o risco relativo (RR) de fratura de quadril era de 2,0, portanto dobrava com a redução de 1 desvio padrão (DP) na BUA do calcâneo, de 1,7 com a redução de 1 DP no SOS do calcâneo e de 1,9 com a redução de 1 DP na BMD do colo femoral. Este mesmo estudo revelou que valores de BUA e BMD abaixo da mediana resultava numa incidência de fratura de quadril

de 19,6 por 1.000 mulheres-anos, comparada à uma incidência de 2,7 por 1.000 mulheres-anos quando os valores de BUA e BMD estavam acima da mediana.

O estudo de Bauer et al. (10), em mulheres pós-menopausadas, revelou que o risco relativo (RR) de fratura de quadril foi de 1,8 com a redução de 1 DP na BUA do calcâneo, de 1,7 com a redução de 1 DP na BMD do colo femoral e de 2,2 com a redução de 1 DP na BMD da coluna lombar.

O coeficiente de correlação entre os valores obtidos pela densitometria óssea por raios-X (DEXA) e pela ultra-sonometria (US) óssea foi de 0,5 a 0,6 (7), revelando portanto que a medida da ultra-sonometria englobaria não só a densidade mineral óssea, como também a elasticidade e a conectividade ou micro-arquitetura óssea. Entretanto, enquanto atualmente a técnica DEXA faz diagnóstico densitométrico de osteoporose, avalia risco de fratura, avalia evolução da perda de massa óssea e monitoriza eficácia da terapêutica empregada, a técnica de US apenas avalia risco de fratura, não podendo, até o momento, apresentar as outras propriedades acima mencionadas.

A validade e credibilidade da densitometria e ultra-sonometria óssea estão diretamente relacionadas às suas taxas de sensibilidade e especificidade diagnóstica, à padronização nacional ou regional de um banco de dados de referência composto por indivíduos controles normais brasileiros e à padronização mundial da tecnologia e das medidas empregadas pelos diferentes fabricantes de equipamentos.

## REFERÊNCIAS

1. Pun KK, Wong FHW. Importance of bone densitometry in clinical practice. *J Western Pacific Orthop Assoc* 1991;28:23-31.
2. Meirelles ES, Tanaka T, Silva ES, Zerbini CAF. Atualização diagnóstica e terapêutica em osteoporose. *Rev Hosp Cíln Fac Med S Paulo* 1994;49:135-40.
3. Meirelles ES. Osteoporose. *Rev Bras Med* 1995;52:169-84.
4. Johnston CC, Melton LJ, Lindsay R, et al. Clinical indications for bone mass measurements. A report from the Scientific Advisory Board of the National Osteoporosis Foundation. *J Bone Miner Res* 1989;4:1-28.
5. Kanis JA, Melton LJ, Christiansen C, Johnston CC, Khaltaev N. The diagnosis of osteoporosis. *J Bone Miner Res* 1994;9:1137-41.
6. Yabur JA, Mautalen C, Rapado A. Comitê de expertos de la SIBOMM. Aspectos diagnósticos y terapéuticos de la osteoporosis. Caracas, junio, 1998. *Rev Esp Enf Metab Óseas* 1998;7:214-26.
7. Melton LJ, Atkinson EJ, O'Fallon WM, et al. Long-term fracture prediction by bone mineral assessed at different skeletal sites. *J Bone Miner Res* 1993;8:1227-33.
8. Cheng S, Tylavsky F, Carbone L. Utility of ultrasound to

assess risk of fracture. **Journ Amer Ger Soc** 1997;45:1382-94.

9. Hans D, Dargent MP, Schott AM, et al. Ultrasonographic heel measurements to predict hip fracture in elderly women. The EPIDOS prospective study. **Lancet** 1996;348:511-4.
10. Bauer DC, Gluer CC, Genant HG, Stone K. Quantitative ultrasound and vertebral fracture in postmenopausal women: Fracture Intervention Trial Research Group. **J Bone Miner Res** 1995;10:353-8.

---

**Endereço para correspondência:**

Eduardo de Souza Meirelles  
Av. Brigadeiro Faria Lima 2012, conj. 112  
01469-900 São Paulo, SP  
E-mail: dens.óssea.iof@hcnet.usp.br