

A CORRELAÇÃO DE MÉTODOS DEXA E CDEXA EM ABSORTIMETRIA MINERAL ÓSSEA*

Cláudio Gilberto Defavori¹, Gabriel Adrian Sarriés²

Resumo **OBJETIVO:** Estudar a intercambiabilidade dos resultados de densidade mineral óssea entre máquinas de absorptimetria de raios-x em duas energias (DEXA) Hologic® e de absorptimetria computadorizada de raios-x convencionais em duas energias (CDEXA) Cromox®. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Para 38 casos de quadril e 31 casos de coluna lombar avaliados em 43 pacientes atendidos em um centro de diagnóstico por imagem, medidas de densidade mineral óssea foram realizadas em ambas as máquinas. A máquina Cromox® foi calibrada usando-se o *phantom* Cromox® de referência para absorptimetria óssea. **RESULTADOS:** Forte correlação entre os resultados obtidos nas duas máquinas foi encontrada para cada sítio do esqueleto. O coeficiente de correlação linear medido para o colo femoral direito foi $r = 0,920$, $p < 0,0001$, e $r = 0,923$, $p < 0,0001$ para as vértebras L2-L4 da coluna lombar. Como o resultado expresso em T_{score} é importante na prática clínica em densitometria óssea, a diferença média em T_{score} entre as máquinas foi calculada, resultando em média aritmética de $\Delta T_{score} = 0,191$ para o quadril e média aritmética de $\Delta T_{score} = 0,228$ para a coluna. Estado esquelético é estabelecido de acordo com a definição da Organização Mundial da Saúde como normal, osteopenia ou osteoporose. A concordância de estado esquelético entre as máquinas foi superior a 76% para o quadril e superior a 77% para a coluna, e superior a 96% quando se considerou concordância em ao menos um dos dois sítios. **CONCLUSÃO:** Os coeficientes de correlação linear obtidos são muito próximos das referências internacionais entre máquinas padrão-ouro, reportados como $r > 0,95$. Para ambos os sítios, a diferença média aritmética em T_{score} entre as máquinas é pequena, menor que a menor variação significativa.

Unitermos: Absortimetria de raios-x em duas energias; Absortimetria radiográfica em duas energias; Densitometria por raios-x computadorizada; Correlação; Intercambiabilidade.

Abstract *The correlation between DEXA and CDEXA methods in bone mineral absorptiometry.*

OBJECTIVE: To study the interchangeability of the bone mineral density results between Hologic® dual energy x-ray absorptiometry (DEXA) and Cromox® computed dual energy conventional x-ray absorptiometry (CDEXA) equipments. **MATERIALS AND METHODS:** Thirty-eight femoral necks and 31 lumbar spines of 43 patients underwent bone mineral density measured by both equipments in a diagnostic imaging center. The Cromox® equipment was calibrated with a reference Cromox® phantom for bone absorptiometry. **RESULTS:** A strong correlation between results obtained from the two devices was found for each skeletal site. The linear correlation coefficient measured for the right femoral neck was $r = 0.920$, $p < 0.0001$, and $r = 0.923$, $p < 0.0001$ for the lumbar spine L2-L4 vertebrae. Considering the relevance of the T_{score} result in the clinical practice for bone densitometry, the mean difference of the T_{score} between devices was calculated, resulting in an arithmetic mean $\Delta T_{score} = 0.191$ for hips and an arithmetic mean $\Delta T_{score} = 0.228$ for the lumbar spines. The skeletal status is established according to the World Health Organization definition as normal, osteopenia or osteoporosis. The skeletal status concordance between devices was higher than 76% for hips and higher than 77% for spines; and higher than 96% when considering concordance in at least one of the two sites. **CONCLUSION:** The linear correlation coefficients obtained are very close to the international references among gold standard devices, reported as $r > 0.95$. For both sites, the arithmetic mean difference in T_{score} between devices is low – least than the lowest significant variance.

Keywords: Dual energy x-ray absorptiometry; Dual energy radiographic absorptiometry; Computed x-ray densitometry; Correlation; Interchangeability.

INTRODUÇÃO

Absortimetria de raios-x em duas energias (DEXA) é uma técnica amplamente usada para a mensuração de massa e densidade mineral óssea (DMO). A absorptimetria computadorizada de raios-x convencionais em duas energias (CDEXA) difere de DEXA na forma como os dados de ab-

sorção de raios-x são adquiridos, mas emprega algoritmo matemático similar para a computação dos dados absorptimétricos.

Sistemas CDEXA têm algumas características interessantes, como maior resolução espacial e menor área para alocação do equipamento em relação a sistemas DEXA, imagens radiográficas nativas possibilitando análise radiológica para confiabilidade

* Trabalho realizado na CPA Radiologia, Unidade Piracicaba, Piracicaba, SP, Brasil.

1. Médico Radiologista da CPA Radiologia, Piracicaba, SP, Brasil.

2. Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), Piracicaba, SP, Brasil.

Endereço para correspondência: Dr. Cláudio Gilberto Defavori. Avenida Vinte, 812. Rio Claro, SP, Brasil, 13500-250. E-mail: claudio@unimedrc.com.br

Recebido para publicação em 9/11/2005. Aceito, após revisão, em 27/11/2006.

do resultado densitométrico, menor investimento total possibilitando uso disseminado e mais abrangente na população, doses de radiação estimadas em 1,3 mSv e 2,6 mSv respectivas à avaliação de quadril e de coluna, e provável aumento da especificidade diagnóstica pela razão de ser possível a análise radiológica para cada caso. É necessário saber se os resultados obtidos para indivíduos em uma máquina CDEXA podem ser confiavelmente intercambiados com resultados obtidos para os mesmos indivíduos em uma máquina DEXA, como feito anteriormente para a comparação entre técnicas de absorptimetria^(1,2).

O propósito deste estudo foi comparar medições de DMO em coluna lombar e colo femoral em tais máquinas em uma amostra populacional, sem distinção de etnia, idade, sexo, peso corporal ou condição clínica, para investigar a relação de desempenho entre as máquinas em ampla condição operacional.

MATERIAIS E MÉTODOS

Exames DEXA foram realizados em um aparelho Hologic® QDR 4500C, e exames CDEXA foram realizados utilizando-se um aparelho Cromox® CXD 3.2.1, que foi calibrado usando-se o *phantom* Cromox® de referência em absorptimetria óssea.

Conforme exposto por Blake et al.⁽³⁾, a tecnologia DEXA realiza a varredura do sítio em análise registrando a potência do feixe de raios-x com componentes de duas quilovoltagens. Este registro ocorre através de um sensor de estado sólido que capta a radiação transmitida e transfere ao computador o valor digital correspondente, compondo em sua memória duas matrizes de imagem referentes às duas energias fotônicas. O tratamento matemático dos dados de absorptimetria é realizado mediante estudo de duas equações de transmissão de radiação em cada ponto da matriz dupla de imagem do sítio analisado, uma equação para cada uma das duas quilovoltagens do feixe de raios-x. Para cada energia fotônica, a equação de transmissão com relação exponencial entre atenuação e potência da radiação transmitida é convertida para equação linear com a aplicação de função logarítmica. Determinada a relação entre os coeficientes de atenuação de tecidos mo-

les para as duas energias, e conhecidos os coeficientes de atenuação do constituinte mineral ósseo para as duas energias, as duas equações lineares resultantes contêm apenas duas grandezas incógnitas, que são as densidades por área de constituinte mineral ósseo e de tecidos moles. A solução do sistema algébrico linear determina as duas densidades por área em cada ponto da matriz. A integração em área da densidade do constituinte mineral ósseo, seguida da divisão do valor integrado pela área total, resulta na DMO média aritmética do sítio analisado.

Segundo informação do fabricante, a tecnologia CDEXA também obtém as duas matrizes de imagem por exposição do sítio analisado por raios-x em duas energias fotônicas, através da operação da ampola em duas quilovoltagens. A potência transmitida do feixe de radiação é registrada em filmes convencionais de radiografia. Para se controlar variações nas características de emissão da ampola e no processamento químico dos filmes, *phantoms* metálicos de calibração são submetidos a exposição radiológica, juntamente do paciente. A transferência dos dados de absorptimetria ao computador é feita por meio da digitalização dos filmes radiográficos em *scanner* com sensores de estado sólido, que captam a luminosidade transmitida e transferem ao computador os valores correspondentes, compondo em sua memória duas matrizes de imagem referentes às duas energias fotônicas. Essas matrizes de imagem do sítio em análise têm seus valores ajustados pelas funções de resposta dos *phantoms* à radiação, de forma que os dados absorptimétricos em cada ponto das imagens sejam corrigidos para uma condição padrão de emissão de raios-x. O fabricante informa que o tratamento matemático dos dados de absorptimetria é realizado como descrito anteriormente para a técnica DEXA, até a obtenção do valor da DMO média aritmética para o sítio analisado.

As doses efetivas de radiação aplicadas ao paciente em exames DEXA com tecnologia *fan beam* de quadril e de coluna são, respectivamente, 56 μ Sv e 59 μ Sv, conforme exposto por Steel et al.⁽⁴⁾, e podendo alcançar 74,7 μ Sv, segundo Maher⁽⁵⁾. Em exames CDEXA, nos quais as imagens são obtidas através de técnica radiográfica em

filme convencional, as doses efetivas de radiação estimadas para exame de quadril e de coluna são, respectivamente, 1,3 mSv e 2,6 mSv. Essa estimativa deve-se ao fato de a técnica duoenergética CDEXA requerer duas imagens de cada sítio (geradas em duas quilovoltagens) e a dose efetiva típica individual para geração de imagens de coluna lombar ser de 1,3 mSv, segundo a U.S. Food and Drug Administration⁽⁶⁾, resultando em uma dose total efetiva de radiação de 2,6 mSv para avaliação de coluna. A geração de imagens de quadril requer, em média, 50% da dose aplicada nas imagens de coluna lombar, correspondendo a uma dose total efetiva de radiação de 1,3 mSv para avaliação de quadril.

Para comparação das técnicas absorptimétricas foram utilizados resultados de densidade por área, em unidades de gramas de constituinte mineral ósseo por centímetro quadrado, das vértebras L2 a L4 da coluna lombar e do colo femoral direito. A coluna lombar foi posicionada em incidência ântero-posterior, e o fêmur proximal na incidência usual em densitometria, ortogonal ao eixo do colo, através de rotação interna do pé em 30°.

Segundo informação do fabricante, o *phantom* Cromox® de referência em absorptimetria óssea (Figura 1) tem quatro espécimes de osso bovino em forma de placa e com espessuras regulares, secos em estufa, cujas massas e áreas foram medidas pelo



Figura 1. Phantom Cromox® de referência em absorptimetria óssea construído com espécimes ósseos medidos no laboratório de metrologia do IPT e usado para calibração de máquinas Cromox®.

laboratório de metrologia do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. O critério para secagem dos espécimes foi mantê-los na estufa, até que suas massas variassem menos que 1% em um intervalo de oito horas, que foi alcançado em 50 horas na estufa. A razão entre as medidas de massa e área fornece a densidade óssea do espécime em gramas por centímetro quadrado (g/cm^2) para calibração dos resultados de absorptimetria.

Quarenta e três voluntários, sem distinção de etnia, idade, sexo, peso corporal ou condição clínica, que aceitaram termo de concordância em participar do estudo, foram examinados no período de março a junho de 2003. Os pacientes foram incluídos no estudo sem distinção de condição clínica ou física, pois o objetivo do estudo era comparar o desempenho das duas máquinas, independentemente da condição do paciente, dentro de condições operacionais adequadas para obtenção de resultados confiáveis. Para o quadril direito, as idades dos pacientes variaram de 48 a 84 anos, com média e desvio-padrão de $63,0 \pm 9,5$, e para a coluna lombar elas variaram de 48 a 79 anos, com média e desvio-padrão de $60,4 \pm 8,6$. Quarenta e um pares de resultados para quadril direito e 32 pares para a coluna lombar foram obtidos nas máquinas DEXA e CDEXA, sendo que nem todos os pacientes contribuíram com resultados para ambos os sítios (quadril e coluna).

Três itens compuseram o critério de rejeição que foi adotado para a exclusão de pares de resultados obtidos nas medições de DMO em ambas as máquinas: a) espe-

sura do sítio (abdominal ou coxo-femoral) maior que 24 cm; b) interferência de partes moles: muito gás sobre vértebras da coluna lombar ou sobreposição de gordura abdominal ao colo femoral; c) resultados evidentemente não-compatíveis com a avaliação radiológica do sítio, em qualquer uma das máquinas. Um item adicional ao critério de rejeição foi a ocorrência de muito gás sobre o *phantom* metálico Cromox[®], inerente a exames na máquina CDEXA. Uma vez aplicado o critério, foram rejeitados dois pares de resultados de quadril em que ocorreu interferência de partes moles (sobreposição de gordura abdominal ao colo femoral), um par de resultados evidentemente não-compatíveis com a avaliação radiológica no quadril, e um par de resultados de coluna em que ocorreu a presença de muito gás sobre as vértebras lombares, resultando em 38 pares de resultados de quadril e 31 pares de resultados de coluna, que foram comparados por análise de regressão. Entretanto, algumas discrepâncias no posicionamento dos pacientes nas duas máquinas foram observadas, como a falta de rígida observância do ângulo de 30° para a rotação interna do pé, assim como o alinhamento da coluna não foi rigorosamente reproduzido. Apesar da conhecida influência de tiras elásticas de vestimenta, fezes e pouco gás no abdome em resultados densitométricos, dados de muitos pacientes em tais condições não foram excluídos, visto que estes itens não foram incluídos no critério de rejeição. Tais ocorrências podem prejudicar a correlação dos resultados obtidos pelas duas máquinas.

Técnicas de regressão e correlação linear de Montgomery⁽⁷⁾ foram usadas para a análise estatística dos dados, calculadas por macros⁽⁸⁾ suplementares de regressão e correlação nos programas de computador Microsoft Excel e Statistic Analysis System (SAS)⁽⁹⁾, e testadas por pressuposição de modelos matemáticos de Gauss e Markov, verificando independência, normalidade e rejeição de hipótese nula.

RESULTADOS

A comparação entre medições de DMO usando as duas máquinas de densitometria é mostrada na Figura 2 para o colo femoral e na Figura 3 para a coluna lombar.

Para o colo femoral, a função de regressão linear para o grupo ($n = 38$, distribuição *t*-Student) é:

$$DMO_{CDEXA} = 0,326 + 1,105 DMO_{DEXA} \quad (1)$$

onde: DMO_{CDEXA} e DMO_{DEXA} são, respectivamente, os valores de DMO medidos por absorptimetria de raios-x CDEXA e DEXA; o coeficiente de correlação para o colo femoral é $r = 0,920$, $p < 0,0001$. A distribuição de dados e a linha de regressão são visualizadas na Figura 2.

Para a coluna lombar, a função de regressão linear para o grupo ($n = 31$, distribuição *t*-Student) é:

$$DMO_{CDEXA} = -0,025 + 1,616 DMO_{DEXA} \quad (2)$$

onde: o coeficiente de correlação é $r = 0,923$, $p < 0,0001$. A distribuição de dados e a linha de regressão são visualizadas na Figura 3.

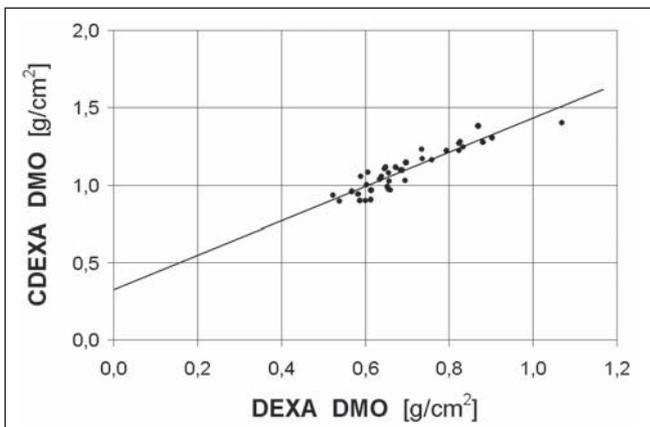


Figura 2. Comparação de medidas de DMO no colo femoral em máquinas DEXA e CDEXA. A linha de regressão é mostrada, com $r = 0,920$, $p < 0,0001$, $DMO_{CDEXA} = 0,326 + 1,105 \times DMO_{DEXA}$.

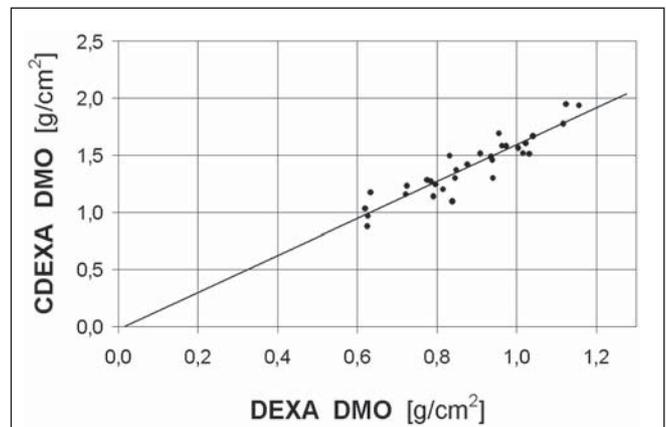


Figura 3. Comparação de medidas de DMO na coluna lombar em máquinas DEXA e CDEXA. A linha de regressão é mostrada, com $r = 0,923$, $p < 0,0001$, $DMO_{CDEXA} = -0,025 + 1,616 \times DMO_{DEXA}$.

Na prática clínica, o resultado expresso como T_{score} é importante para a avaliação das investigações em densitometria óssea, desde a publicação do relatório do Grupo de Estudo da Organização Mundial da Saúde (OMS), informado por Blake et al.⁽³⁾. O parâmetro adimensional T_{score} é definido pela equação:

$$T_{score} = (DMO \text{ medida} - DMO \text{ média em adultos jovens}) / SD \text{ adultos jovens} \quad (3)$$

onde: SD adultos jovens é o desvio-padrão para a população de adultos jovens.

Mesmo que haja correlação de DMO, T_{score} medidos em ambas as máquinas são compatíveis somente se DMO média em adultos jovens e SD adultos jovens tiverem valores apropriados, sendo que esses valores de referência de adultos jovens para ambas as máquinas são obtidos através dos respectivos relatórios de resultados emitidos por elas. O cálculo de DMO média em adultos jovens corresponde à razão entre a DMO e a porcentagem para adultos jovens na região, enquanto o cálculo de SD adultos jovens corresponde à razão entre a diferença de DMO e DMO média em adultos jovens e o T_{score} na região. Em cada sítio, o valor obtido para cada um desses parâmetros é o respectivo valor médio aritmético entre todos os resultados do grupo.

A média aritmética da diferença em T_{score} (média aritmética de ΔT_{score}) é calculada para o grupo, sendo o parâmetro adimensional ΔT_{score} definido como:

$$\Delta T_{score} = T_{score} \text{ CDEXA} - T_{score} \text{ DEXA} \quad (4)$$

e calculado para cada paciente, resultando em média aritmética de $\Delta T_{score} = 0,191$ para o colo femoral e média aritmética de $\Delta T_{score} = 0,228$ para a coluna lombar.

A visualização gráfica de ΔT_{score} é mostrada na Figura 4 para o colo femoral e na Figura 5 para a coluna lombar, nas quais os pacientes são indexados como 1 a 38 no grupo do quadril e 1 a 31 no grupo da coluna.

Para investigar como os resultados oferecidos pelas duas máquinas podem ser concordantes na classificação de estado esquelético do paciente, usando a categorização da OMS para normal, osteopenia e osteoporose, exposto por Blake et al.⁽³⁾, os resultados para cada sítio foram comparados através do parâmetro estado esquelético (SkS):

SkS = normal, quando $T_{score} \geq -1,00$

SkS = osteopenia, quando $T_{score} < -1,00$
e $T_{score} \geq -2,50$

SkS = osteoporose, quando $T_{score} < -2,50$ (5)

Definimos como concordância em estado esquelético quando os resultados obtidos nas duas máquinas, para um mesmo paciente, estiverem na mesma classificação de estado esquelético, conforme o critério matemático recém-exposto. Com essa definição, concordância em estado esquelético ocorreu em 76,3% dos pares de resultados de quadril ($n = 38$) e em 77,4% dos pares de resultados de coluna ($n = 31$). Ressaltamos que alguns pares de resultados de DMO são diferentes em décimos ou centésimos de unidade de T_{score} , mas o su-

ficiente para uma distinta classificação de estado esquelético.

Outra possibilidade de avaliação de concordância em estado esquelético é quando os resultados para um mesmo paciente, obtidos nas duas máquinas, estiverem na mesma classificação de estado esquelético em ao menos um dos dois sítios analisados. Neste caso, concordância em estado esquelético ocorreu em 96,2% dos pares de resultados de quadril e/ou coluna para os 26 pacientes com medidas realizadas em ambos os sítios.

DISCUSSÃO

Os resultados de DMO foram correlacionados linearmente com $r = 0,920$ para o colo femoral e $r = 0,923$ para a coluna lombar, similar ao coeficiente de correlação $r \geq 0,95$ reportado por Faulkner et al.⁽¹⁰⁾ na comparação entre sistemas DEXA Lunar e Hologic. Estatisticamente, coeficiente de correlação maior que 0,9 é muito significativo, expressando que resultados obtidos em ambas as máquinas para os mesmos pacientes têm pequena dispersão. Assim, medidas feitas em uma máquina podem ser obtidas na outra com pequena diferença média estatística. A correlação ocorre no mesmo nível no quadril e na coluna, porque os valores dos coeficientes de correlação em ambos os sítios são muito próximos. Isto exprime que a significativa correlação entre os dois métodos não é específica para um ou outro sítio.

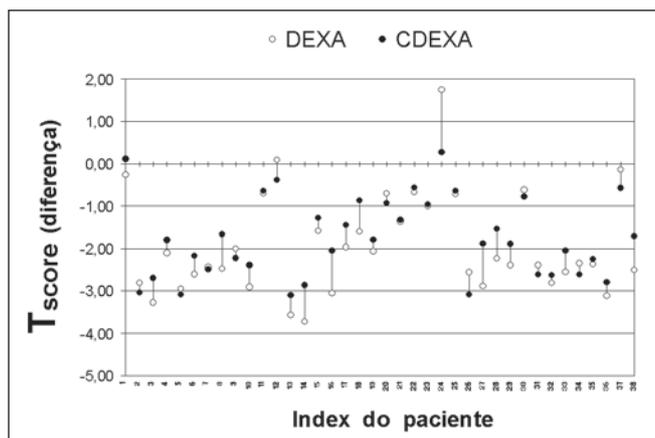


Figura 4. Visualização gráfica de T_{score} e ΔT_{score} para o colo femoral revela pequenas diferenças em T_{score} entre resultados DEXA e CDEXA (média aritmética de $\Delta T_{score} = 0,191$), exceto para alguns poucos casos, provavelmente devido a erros operacionais, como variações no estabelecimento de ROI, e posicionamento do paciente, como a rotação interna do pé.

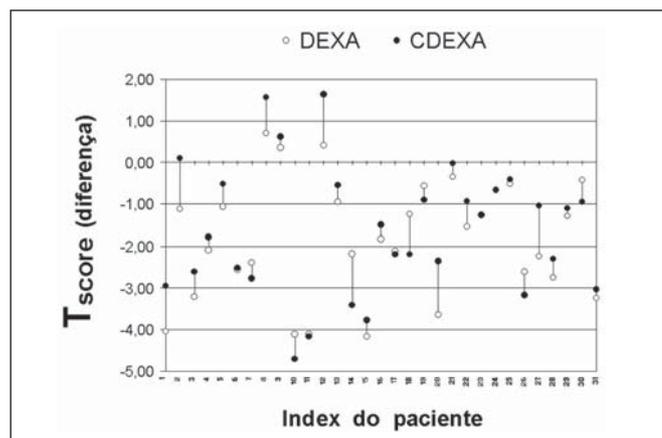


Figura 5. Visualização gráfica de T_{score} e ΔT_{score} para a coluna lombar revela pequenas diferenças em T_{score} entre resultados DEXA e CDEXA (média aritmética de $\Delta T_{score} = 0,228$), exceto para alguns poucos casos, provavelmente devido a variações na distribuição de gás e fezes no abdome e no alinhamento das vértebras L2 a L4.

As médias aritméticas de ΔT_{score} para o quadril e para a coluna são muito pequenas e elas não têm significado clínico, estatisticamente, porque seus valores correspondem a uma variação de DMO menor que a menor variação significativa (MVS), que é a menor variação de DMO considerada significativa estatisticamente de acordo com a International Society for Clinical Densitometry (ISCD). Usando o algoritmo oferecido pela ISCD⁽¹¹⁾, a MVS, denominada por essa instituição de LSC (*least significant change*), é determinada para cada máquina e cada sítio. Para a máquina CDEXA, utilizando-se 30 pares de resultados em cada sítio, foram calculados $MVS = 0,088 \text{ g/cm}^2$ para o quadril e $MVS = 0,123 \text{ g/cm}^2$ para a coluna, resultando em $\Delta T_{\text{score MVS}} = 0,39$ para o quadril e $\Delta T_{\text{score MVS}} = 0,62$ para a coluna, através do uso da equação:

$$\Delta T_{\text{score MVS}} = MVS / SD \text{ adultos jovens} \quad (6)$$

O mesmo algoritmo informa que a MVS corresponde a 2,77 vezes o coeficiente de variância (CV) em nível de confiança de 68%. Para a máquina DEXA, CV igual a 1,8% é reportado por Blake et al.⁽³⁾, permitindo o cálculo de MVS para cada sítio e resultando em $\Delta T_{\text{score MVS}} = 0,45$ para o quadril e $\Delta T_{\text{score MVS}} = 0,49$ para a coluna, através da utilização da equação (6). Média aritmética de $\Delta T_{\text{score}} = 0,191$ para o colo femoral e média aritmética de $\Delta T_{\text{score}} = 0,228$ para a coluna lombar são menores que os valores $\Delta T_{\text{score MVS}}$ para esses sítios em ambas as máquinas, ou seja, são suficientemente pequenas para que possa ser considerado adequado o intercâmbio entre os resultados T_{score} obtidos a partir das duas máquinas.

Nas Figuras 4 e 5 podem ser observadas diferenças em T_{score} sempre muito pequenas, exceto para alguns poucos casos, como os pacientes de índices 14, 16, 24 e 27 no quadril, e pacientes de índices 2, 12, 14, 20 e 27 na coluna. Para esses casos, as diferenças não tão pequenas em T_{score} são provavelmente em decorrência de erros operacionais, como variações no estabelecimento das regiões de interesse (ROI) e posicionamento do paciente, como a rotação interna do pé, para o quadril, e variações na distribuição de gás e fezes no abdome e no alinhamento das vértebras L2 a

L4, para a coluna. Em máquinas CDEXA, pode ser minimizada a inexactidão em resultados de coluna lombar devido à presença de gás e fezes no abdome, se as imagens forem rejeitadas por meio de inspeção visual das radiografias, e o paciente for submetido a uma nova exposição radiográfica após adequada preparação intestinal.

O parâmetro estado esquelético é introduzido para entender-se a intercambiabilidade dos dois métodos na prática clínica, porque a primeira interpretação clínica dos resultados densitométricos é feita de acordo com as definições da OMS. Como a classificação da OMS para os resultados ocorre sem tolerância nas transições de estado normal/osteopenia ($T_{\text{score}} = -1,00$) e osteopenia/osteoporose ($T_{\text{score}} = -2,50$), um nível eventualmente não-elevado de concordância é esperado, mesmo nas comparações entre resultados obtidos na mesma máquina, em função de haver desvio nos resultados devido à precisão da máquina. Classificando-se os resultados obtidos através da categorização da OMS, para cada sítio, não ocorre concordância em estado esquelético para 24% dos pacientes analisados no quadril e para 23% dos pacientes analisados na coluna. A concordância aumenta quando os resultados são classificados de forma não-específica para cada sítio, ou seja, considerando-se concordância em estado esquelético quando houver concordância em ao menos um dos dois sítios analisados. Somente 4% dos pacientes investigados nas duas máquinas não apresentaram concordância no estado esquelético quando considerado ao menos um dos dois sítios, isto é, quadril e/ou coluna.

Para o propósito de converter-se valores de DMO medidos por absorptimetria de raios-x CDEXA em escala DEXA, a equação apropriada obtida por regressão linear para o grupo do colo femoral é:

$$DMO_{\text{DEXA}} = -0,143 + 0,767 DMO_{\text{CDEXA}} \quad (7)$$

com $p < 0,0001$, enquanto para o grupo da coluna lombar a equação apropriada é:

$$DMO_{\text{DEXA}} = 0,143 + 0,527 DMO_{\text{CDEXA}} \quad (8)$$

com $p < 0,0001$.

Entretanto, ainda são necessários estudos com número maior de casos e condições mais bem controladas de posiciona-

mento do paciente e estabelecimento de ROI no programa de computador, para mensuração de DMO nas duas máquinas, a fim de verificar-se a correlação entre as máquinas quando testadas com melhor reprodutibilidade dos procedimentos operacionais.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao fabricante do sistema Cromox[®] CXD 3.2.1 pela disponibilidade de informações técnicas e licença para uso do programa de computador durante o estudo, que possibilitou o processamento dos exames densitométricos pareados com exames realizados no sistema Hologic[®] QDR 4500C de propriedade do autor. Este estudo foi realizado como condição prévia para avaliação e aquisição do sistema Cromox[®] CXD 3.2.1 pelo autor.

REFERÊNCIAS

1. Blake G, Rodin A, Fogelman I. A comparative study of dual photon absorptiometry and dual energy X-ray absorptiometry. *J Bone Mineral Res* 1989;4 Suppl. 1:S398.
2. Adachi JD, Webber CE. The interchangeability of radioisotope and X-ray based measurements of bone mineral density. *Br J Radiol* 1991;64:217-220.
3. Blake GM, Wahner HW, Fogelman I. The evaluation of osteoporosis: dual energy X-ray absorptiometry and ultrasound in clinical practice. 2nd ed. London, UK: Martin Dunitz, 1999.
4. Steel SA, Baker AJ, Saunderson JR. An assessment of the radiation dose to patients and staff from a Lunar Expert-XL fan beam densitometer. *Physiol Meas* 1998;19:17-26.
5. Maher KP. Department of Medical Radiations Science, RMIT University, Australia. [cited 2006 June 5]. Available in: http://homepage.mac.com/kiernamaher/digrad/DRPapers/DEXA_Dosimetry.html
6. U.S. Food and Drug Administration, Center for Devices and Radiological Health. Whole body scanning using computed tomography (CT). What are the radiation risks from CT? [cited 2006 June 5]. Available from: <http://www.fda.gov/cdrh/ct/risks.html>
7. Montgomery DC. Introduction to statistical quality control. New York: John Wiley & Sons, 1991.
8. McFredries P. Excel 5 super book. Rio de Janeiro: Berkeley Brasil Editora, 1994.
9. SAS Institute Inc. SAS/STAT guide for personal computers. 6th ed. Cary: SAS Institute, 1996.
10. Faulkner KG, Roberts LA, McClung MR. Discrepancies in normative data between Lunar and Hologic DXA systems. *Osteoporos Int* 1996;6: 432-436.
11. The International Society for Clinical Densitometry. Cálculo de precisão para densitometria óssea. Versão 2.1. [cited 2005 June 15]. Available from: <http://www.iscd.org/visitors/xls/PrecisionCalcPortugueseRecommended.xls>