

MÉTODO PARA MEDIDA DO MINERAL ÓSSEO COM DUPLO-FOTON

por

Moreira, Marcos V.¹; Ghillardi Netto, T.²; Ianetta, Odilon³ e Zimmerman, R. Lee²

RESUMO -- A técnica de se utilizar duas energias para medidas do mineral ósseo torna-se mais precisa quando o radionuclídeo Gd-153 (44 e 100 KeV) é acoplado a um sistema ideal de detecção e computação dos pulsos transmitidos pela varredura sobre o osso Radio. A partir da equação geral ($I = I_0 \exp(-ud)$) torna-se possível a investigação de níveis padrão de quantidade mineral ósseo através da comparação entre as diversas medidas da densidade linear (g/cm) e parâmetros físicos do paciente como a idade, peso, altura e sua localização geográfica.

INTRODUÇÃO

O esqueleto humano é 80% osso cortical e 20% osso trabecular que por ter uma área maior e ser metabólicamente mais ativo proporciona uma melhor investigação da perda mineral óssea relativa a idade e doenças que ocasionam a osteopenia e finalmente o seu agravamento, a osteoporose.

As complicações da osteoporose e os altos custos relativos à **morbidade e mortalidade** provenientes de fraturas por compressão vertebral, colo do fêmur e outras são geralmente um dos maiores problemas na área da Saúde. Os trabalhos de Riggs BL; Kelsen LJ(1986), Cummings SR; Melton JL; Nevit MC(1987) relatam o problema, e a Revista Paulista de Medicina 105(6)pp 299-300 (1988) tem estimado em 1,2 milhões de fraturas osteoporóticas anuais, cujos custos montam Cr\$ 3,6 milhões por paciente/ano no Brasil.

Durante algumas décadas diversos métodos não invasivos de quantificação da massa óssea no esqueleto apendicular e axial vêm sendo pesquisados. Na década de 60, radiogammetria do osso cortical; na década de 70 absormetria por mono-foton dos ossos trabeculares e algumas áreas corticais; e finalmente na década de 80 a absormetria por duplo-foton que por ser melhor

¹-Aluno da FAMB, USP/Ribeirão Preto

²-CIDRA, USP/Ribeirão Preto

³-Fac. Med. USP/Ribeirão Preto

definida e precisa proporciona uma discriminação efetiva entre um indivíduo normal e o osteoporótico, utilizando baixa dose de irradiação (200 μ Gy)

MATERIAL E MÉTODO

O sistema duplo-foton utiliza uma fonte de 1Ci do Gadolínio-153 que emite dois picos de energia que se localizam em torno de 44 e 100 keV, colimadores de chumbo de espessuras de 6 mm com orifícios de 1,5 mm de diâmetro, 2 analisadores monocanais, fotomultiplicadora e cristal de NaI(Tl) com espessura definida em 6 mm, motor de passo acoplado ao Fantom destinado á varredura, 2 leitores de pulsos, fonte de alta tensão regulada até 1300 Volts, relógio medidor de segundos, localizador de posicionamento com feixe laser, computador para aquisição de dados, cálculo da densidade óssea e arquivo.

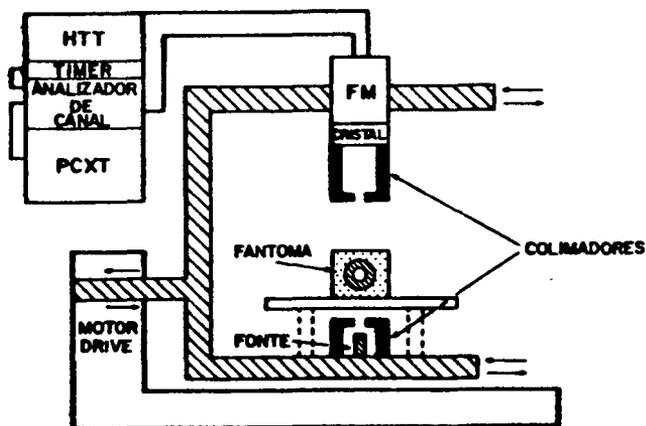


Fig.1 Esquema do Sistema de Detecção

O método para a medida do mineral ósseo com duplo-foton utiliza a equação

*-Desenvolvido pelo grupo de Crescimento de Cristais do IFSQ-USP sob coordenação do Prof. Pedro Andreeta e gentilmente cedido para realização do trabalho.

genérica de transmissão

$$I = I_0 \exp(-\mu d) \quad (1)$$

onde μ = coef.aten. (cm²/g) e d= espessura (g/cm²)

Para dois materiais e duas energias, fazendo quatro medidas, temos

$$Ta = \ln(I_{0,a}/I_a) = \exp(-\mu_{OM,a} d_{OM} - \mu_{TM,a} d_{TM}) \quad (2)$$

$$Tb = \ln(I_{0,b}/I_b) = \exp(-\mu_{OM,b} d_{OM} - \mu_{TM,b} d_{TM}) \quad (3)$$

onde

a = energia média de R-X 44 keV, Gd-153

b = energia média de R-GAMA 100 keV, Gd-153

OM= Osso Mineral

TM= Tecido Mole

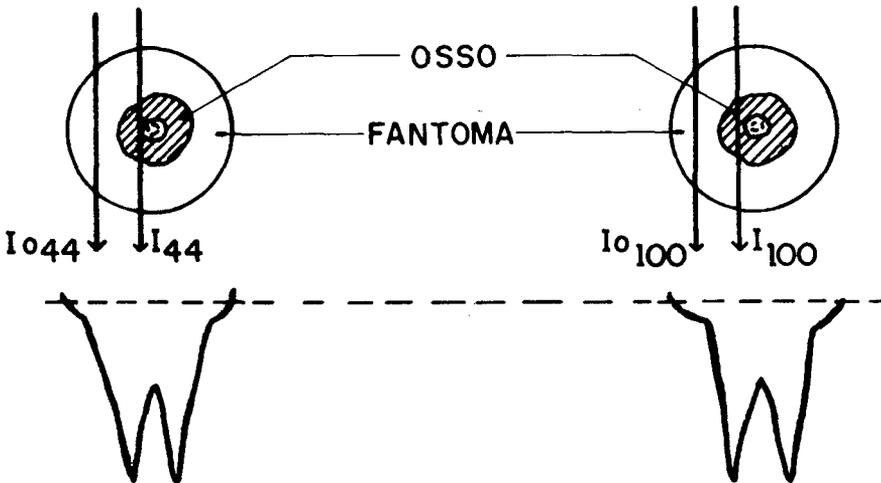


Fig.II Esquema das intensidades dos feixes do Gadolínio-153,que varrendo o Fantoma de Lucite e Osso

I_K = intensidade de energia transmitida do feixe K (44 e 100 keV) que passa pelo (Lucite + Osso)

$I_{0,K}$ = intensidade de energia transmitida do feixe K (44 e 100 keV) que passa pelo Lucite

transformando a equação genérica para forma matricial, temos

$$T_K = \mu d_i \quad \text{ou} \quad d_i = \frac{1}{\mu} T_K \quad (4)$$

onde aparece a espessura do Osso Mineral: (5)

$$d_{OM} = (\mu_{TM,b} T_a - \mu_{TM,a} T_b) / (\mu_{OM,a} \mu_{TM,b} - \mu_{OM,b} \mu_{TM,a}) \text{ g/cm}^2$$

III- PROCEDIMENTO DE ANÁLISE

Para verificar a precisão do método em diversas espessuras foi confeccionado um fantom cilíndrico de Lucite, que simula o tecido mole, o qual contém uma escada de Alumínio (@ = 2,612 g/cm³) que irá possibilitar a comparação da densidade superficial medida pelo sistema duplo-foton (g/cm²), com as espessuras reais dos degraus da escada de Alumínio em cm, Fig. III

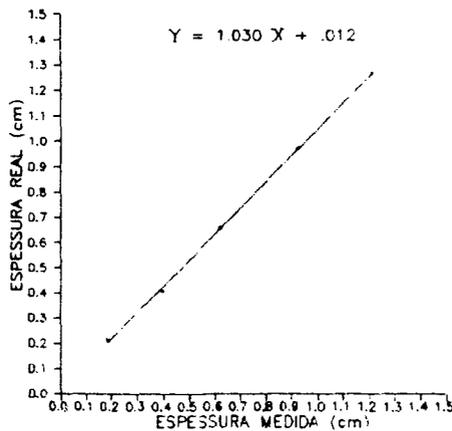


Fig. III Comparação da espessura medida pelo sistema ($d_{Al}/@$) com a espessura real do Al em cm

Foram utilizadas energias médias do Gadolínio-153, tanto para os Raios-X (40.9; 41.5; 47.0 keV) como para os Raios-Gamma (97.4; 103.2 keV) resultando:

$$\mu_{AL}, 44 \text{ keV} = 0.5053 \text{ cm}^2/\text{g}$$

$$\mu_{LU}, 44 \text{ keV} = 0.2267 \text{ cm}^2/\text{g}$$

$$\mu_{AL}, 100 \text{ keV} = 0.1704 \text{ cm}^2/\text{g}$$

$$\mu_{LU}, 100 \text{ keV} = 0.1640 \text{ cm}^2/\text{g}$$

Utilizando o mesmo método para a análise do osso **Rádio** 5 cm distal e,

$$\mu_{OM}, 44 \text{ keV} = 0.5855 \text{ cm}^2/\text{g}$$

$$\mu_{OM}, 100 \text{ keV} = 0.1852 \text{ cm}^2/\text{g} \text{ e } \mu_{TM} = \mu_{LU}$$

vamos obter da Equação (5) a densidade superficial medida em (g/cm^2) que vai ser integrada ao tamanho transversal do osso medido através da varredura pelo motor de passo. A figura IV compara o osso **Rádio** de calcificação normal (fig.IV-1), com o mesmo osso descalcificado (fig.IV-2) utilizando, para isto, a varredura pelo método duplo-foton, Gd-153.

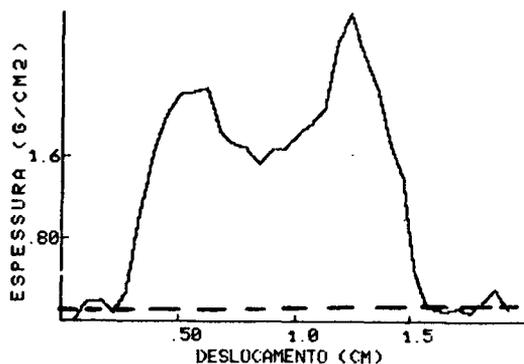


Fig.IV-1 espessura:1.242 cm
dens.lin.:1.418g/cm

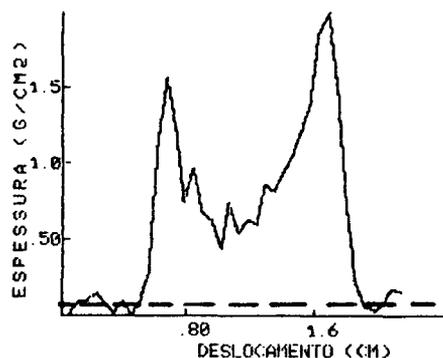


Fig.IV-2 espessura:1.242 cm
den.lin.:0.594g/cm

Para se verificar as condições de reprodutibilidade do sistema foram confeccionados 6(seis) Fantons cilíndricos de Lucite (TM) encapsulando 6(seis) amostras do osso **Rádio** de 5

mm de comprimento e de espessuras idênticas, as quais foram descalcificadas por imersão em solução de HCl(1:1) sob temperatura de 70°C e unidades de tempo pré-determinadas a fim de se obter vários níveis de quantidade mineral óssea, simulando diferentes idades para cada osso.

Cada Fantoma foi "varrido" pelos feixes de Gd-153 em 3 posições diferentes, proporcionando um total de 18 varreduras que nos forneceu a densidade linear (g/cm) dos Fantasmas através da integração das espessuras (g/cm²) com a leitura dos deslocamentos no osso em cm. O gráfico V representa as medidas destas densidades lineares de cada amostra de osso em função da razão entre o peso comprimento das mesmas amostras. Desta forma torna-se possível confeccionar curvas de quantidade mineral óssea padrões para que os níveis apresentados pelos pacientes possam ser avaliados adequadamente, ressaltando ainda, que estes padrões, devem ser específicos para a população de cada região geográfica.

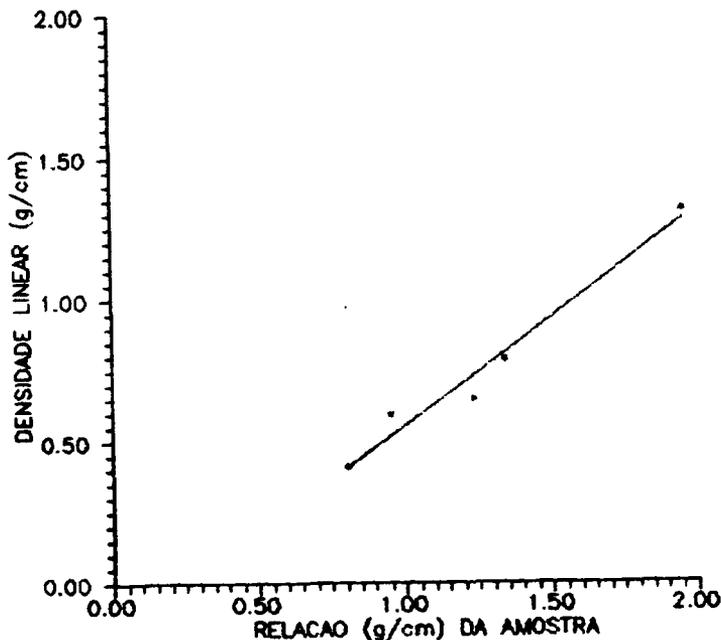


Fig V - A densidade linear diminui de acordo com o nível de descalcificação do osso Radio conforme leitura do sistema duplo-foton com Gd-153, e a interrupção é devido ao peso residual do material não mineral da amostra.

IV- REFERÊNCIAS

- BILBREY,G.L.;WEIX,J.KAPLAN,D.: (1988) Value of single photon absorptiometry in osteoporosis screening,Clin.Nucl.Med.13(1).
- BITELLI,T;FERNANDES NETO, J.M.;SCAFF,LUIZ A.M.: (1972) Instrumentação nuclear e metodos de medidas, Fac. Med. USP, São Paulo.
- BOHR,H.; SCHAADT O.: (1983) Bone mineral content of femoral bone and the lumbar spine measurement in women with fracture of the femoral neck by dual photon absorptiometry. Clin. Orthop. 179,240-245.
- CAMERON,J.R.; SORENSON,J.A.: (1963) Measurements of bone mineral in vivo:an improved method. Science 142.
- DUNN,W.L.; KAM S.H.; WAHNER,H.W.: (1987) Errors in longitudinal measurement of bone mineral: effect of source strength in single and dual photon absorptiometry. J. Nucl. Med. 28(11).
- GARN,S.M.; POZNANSKY,A.K.; NAGY,J.M.: (1971) Bone measurements in the differential diagnosis of osteopenia and osteoporosis. Radiology, 100:509-518.
- HORSMAN,A.; SIMPSON,B.: (1975) The measurements of sequencial changes in cortical bone geometry. Br.J.Radiology,48:471-476.
- J.H.HUBBEL: (1986) Photon cross sections,Attenuation coeficients and Energy absorption coeficients from 10 keV to 10 GeV.Center for Radiation Research,National Bureau of Standart-USA.
- JUDY,PHILIPS,F.: (1971) A dicromatic attenuation technique for the IN VIVO determination of bone mineral content.Thesis submitted for degree of Doctor of Philosophy (Radiological Science) at University of Wisconsin.
- NICOLL,J.J.; SMITH,M.A.; REID,D.; LAW,E.; BROW,N.; TOTHILL,P. et NUKI,G.: (1987) Measurements of hand bone mineral content using single-photon absorptiometry. Phys. Med. Biol. 32:697-706.
- NCRP REPORT 58: (1978) A handbook of radioactivity measurements procedures.National Council on Radiation Protection and Measurements.
- OWEN,R.A.; MELTON,J.; GALLAGAER,J.C.; RIGGS,B.L.: (1980) The national cost of acute care of hip fractures associated with osteoporosis. Clin. Orthop.150:172-176.
- RIGGS,B.L.; MELTON,L.J.: (1983) Evidence for two distinct syndromes of involuntional osteoporosis. Am. J. Med.,75:899-901.
- SELDIN,D.N.; ESSER,P.D.; ALDERSON,P.O.: (1988) Comparison of bone density measurements from different skeletal sites. J. Nucl.Med.29(2).
- WAHNER,H.W.; DUNN,W.L.; RIGGS,B.L.: (1984) Assessment of bone mineral(part 1 and 2) J. Nucl. Med. 25:1131-1142.