

《短 報》

シンチカメラを使用した Dual Photon Absorptiometry 装置の基礎的検討

友光 達志* 福永 仁夫* 大塚 信昭* 小野志磨人*
 永井 清久* 光森 通英* 柳元 真一* 村中 明*
 古川 高子* 森田 陸司*

I. 緒 言

老齢化社会を迎えるに当たり、骨粗鬆症は、その発症が今後増加することが予想される。そのため、骨粗鬆症に基づく骨塩量の減少を正確に測定することが要請される。骨塩定量法のうち、手技が簡便でかつ精度の優れた Photon Absorptiometry 法が現在広く行われている。われわれは、腰椎の骨塩定量のために、シンチカメラ方式による Dual Photon Absorptiometry (DPA) 装置を開発し、そのシステムの概略についてはすでに報告している¹⁾。今回計測値の較正、日差変動など DPA 装置を使用するに際し、必要な基礎的検討とともに健常成人男子例における第3腰椎の骨塩量測定を行ったので報告する。

II. 装置、使用器具および対象

今回の検討には、DPA 試作 2 号機を使用した。本装置は、視野を 8 cm から 10 cm 直径に、線源検出器間距離を 55 cm から 100 cm に変更している以外、基本的にはすでに報告された 1 号機と同様の仕様である¹⁾。ファントム実験には、DPA ファントム (15×20×20 cm, 軟部組織としてウレタンを、脊椎骨として炭酸カルシウムとウレタンの混合物を使用している。京都科学標本社) および

水ファントム (5, 10 m 厚) を用いた。また、DPA の計測値を較正するための基準装置としては、Single Photon Absorptiometry (SPA) 装置 (Bone Densitometer Model 2780, ノーランド社) を用いた。

健常成人男子例は、年齢が 24~52 歳 (32.6 ± 9.6 歳, mean \pm SD) の 14 例を対象とした。

III. 方 法

本研究には骨の横断面における骨塩該当量を骨幅にて除した値 Bone Mineral Density (BMD, g/cm²) を指標として用い、検討に供した。DPA 装置による BMD の計測値の較正は、DPA ファントムを使用して行い、その脊椎骨ファントム中の骨塩該当量を SPA, DPA 双方の装置で計測を行い、ついで、SPA における計測値を基準値として、DPA による計測値を較正した。

DPA 装置による BMD の日差再現性の検討には、異なる測定日における、各測定値の平均値と標準偏差から算出された変動係数 (CV) を求めるこことにより行った。この日差再現性の検討には、DPA ファントムと 1 例の健常成人男子例を用いて行い、前者では 10 日間で延べ 8 回脊椎骨ファントムを、後者では 4 週間で延べ 5 回第 3 腰椎を計測し、それぞれの BMD の変動係数を求めた。なお、人体における第 3 腰椎の BMD の測定は、次のごとくに行った。イメージ上の視野内で、第 3 腰椎を同定後、椎体の上部にスライス面を設定し、そのプロフィールを得る。この際、スライス面が棘突起、横突起や関節突起と重ならないようにす

* 川崎医科大学核医学科

受付：61年8月22日

最終稿受付：61年11月28日

別刷請求先：倉敷市松島 577 (番 701-01)

川崎医科大学核医学科

友光 達志

る。ついで椎体を含まない部分、つまり軟部組織部を基線とし、そのカウント数の70%以下を示す部を骨幅とし、この骨幅の範囲内における骨塩該当量を求め、骨幅で除した値、BMD値を算出した(Fig. 1)¹⁾。

次に骨塩計測値の精度に及ぼす因子である患者体厚との関係について検討した。つまり、DPAファントムに水ファントムを付加して合計の厚さを15, 20, 25, 30 cmとした後、種々の計測時間(3, 6, 9分)で計測を行い、BMDの計測値の変動係数によって評価した。同時に計数率との関係をも観察した。

健常成人男子14例について、DPA装置による第3腰椎のBMDの測定を行い、BMD値の分布を検討した。

IV. 結 果

DPA装置またはSPA装置により、同一のDPAファントムを計測した時の骨塩該当量は、すでに較正のなされているSPAでは骨ミネラル相当量として 3.97 ± 0.01 g/cm (mean \pm SD)であるのに対し、未較正のDPAではわれわれが基準物質として用いた第2磷酸カリと水酸化カリの混合液相当量として 17.49 ± 0.21 g/cmの値が得られた。したがって、SPAによる測定値を基準とした場合、DPA装置における骨塩該当量の較正值を0.227と定めた。

DPA装置によるBMD値の日差再現性は、DPAファントムを用いた場合、変動係数は1.71%であり、他方、健常成人男子例の場合4.63%であった。

BMD計測値の精度と患者体厚との関係をFig. 2に示す。体厚の増加に伴い計数率は低下し、そのため計測精度も低下した。計測時間との関係をみると、9分間の計測時間では30 cmの体厚でも、変動係数は2.75%と良好であったが、3分間および6分間計測では、体厚25 cm以上での変動係数は3.75%以上と大であった。

24歳から52歳の健常成人男子例における、DPAにより測定された第3腰椎のBMD値の分布を

Fig. 3に示す。健常成人男子14例でのBMD値は0.704~0.855 g/cm²の範囲に分布した。

V. 考 察

DPAのような骨塩量計測装置の計測値の値づけは、本来実際の骨の計測値とその灰化したミネラル量でなされるべきである。しかし、第3腰椎の入手の困難さと灰化手技の煩雑さなどから現実には上記方法が困難なことが多い。そこで、SPAによる骨塩該当量の計測値を基準として、DPAの骨塩量の値づけを試み、その結果、較正值0.227が得られた。今回われわれが較正に使用したSPA装置は、骨塩量と骨ミネラル量との相関が得られており、信頼性の優れた計測値をもった装置として知られている²⁾。したがって、標準器ともいえるこのSPA装置を基準にして較正された本DPA装置による計測値も、信頼性の高い妥当なものと見なすことができる。

DPA装置により測定されたBMDの日差再現性に関しては、人体を測定対象とした方がファントムを用いた成績よりも変動係数が大であった。この原因には種々のものが考えられるが、計測時の体位の再現性の不良に基因するものが最も重要な要因と思われる。したがって、計測体位の再現性を向上させる工夫が、今後の問題点として残された。この他の誤差要因としては、人体の構成要素が、ファントムとは異なり、較部組織と骨の2つだけではないことである。つまり、骨髓脂肪、血管の石灰化、腸管内のガスなどの存在が挙げられる。しかも、この誤差を解消する方法は、二つの異なるエネルギーのガンマ線を使用するDPA法では原理的に不可能である。しかし、BMD測定値の変動係数が5%以下という結果は、すでに報告³⁾されている他のDPA装置の日差再現性の成績(4~6%)と同等であり、本DPA装置は臨床上十分使用が可能であることを示している³⁾。

BMD測定の精度に及ぼす体厚の影響は大である。しかも、いかなる体厚においてもDPA装置としての精度、つまり計測値の変動係数を常時3%以下に保つことが必須とされる。体厚の増加

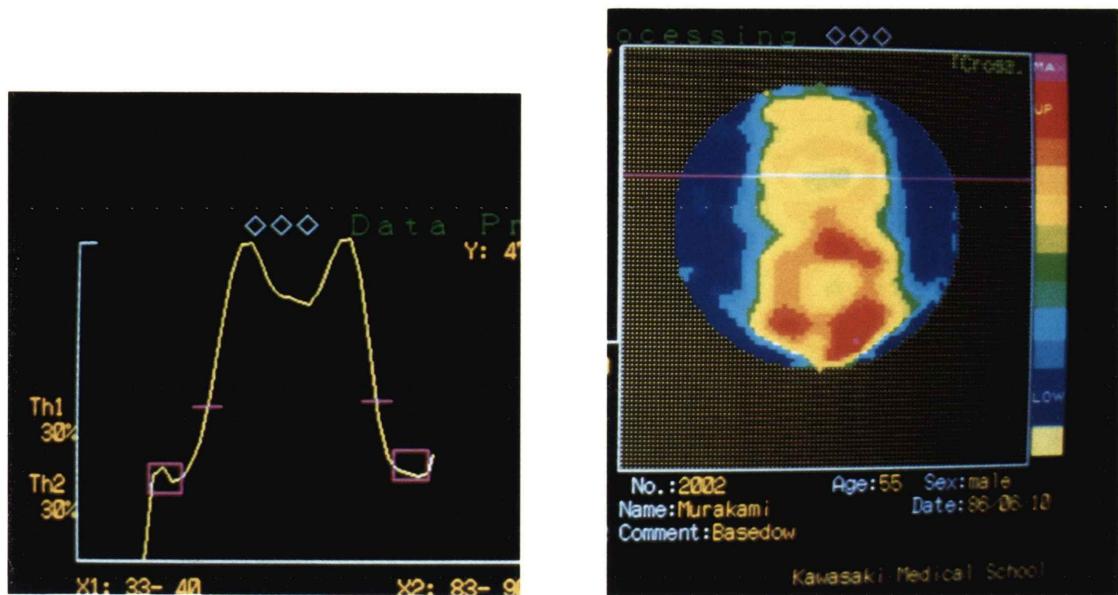


Fig. 1 Measurement of BMD in the human 3rd lumbar vertebra. Left: Profile of 3rd lumbar vertebra. Right: Image of lumbar vertebra obtained by DPA.

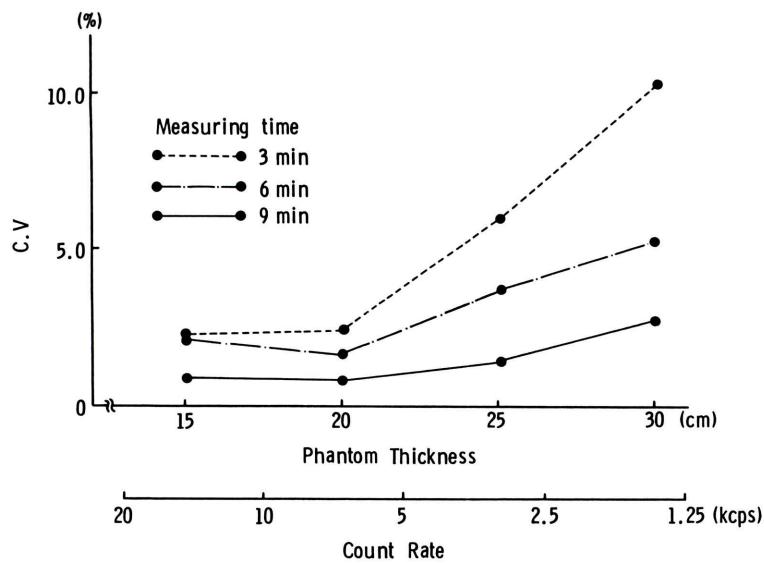


Fig. 2 The effect of phantom thickness on the accuracy of BMD. Accuracy was evaluated in coefficient of variation (CV) of BMD.

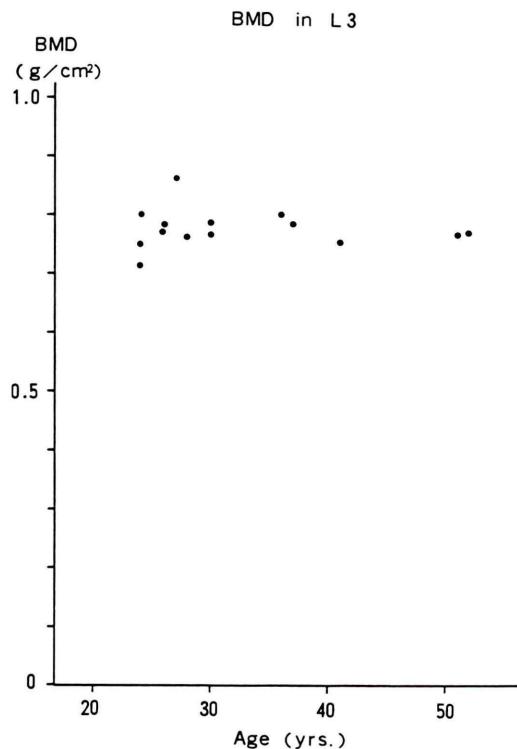


Fig. 3 The BMD values of 3rd lumbar vertebrae in 14 healthy adult males.

とともに、精度は低下することが認められた。しかし、計測時間を9分間に設定すれば30cmの体厚でも十分な精度が得られることが示された。ただし、30cmを超える体厚の症例や線源が減弱した際には、計測時間を延長させが必要となる。これにより変動係数を、3%以下に保つことが可能となり、ひいては十分な精度を得ることが期待できる。

健常成人男子例の第3腰椎のBMD値は0.704~0.855 g/cm²に分布した。この値はDunnらの報告した0.97~1.39 g/cm²よりも低値であり、人種差に基づくものか、あるいは他の原因によるものかは今のところ明らかでないため、今後もさらに検討を続ける予定である⁴⁾。

このように、シンチカメラを使用したDPA装置による第3腰椎のBMD測定は、基礎的検討から十分臨床使用に耐えることが示され、今後、骨

粗鬆症などの診断や経過観察の一助として、本法の使用は大いに期待される。

VI. 結論

シンチカメラを使用したDPA装置の基礎的検討を行い下記の結果を得た。

(1) 本DPA装置によるBMDの計測値の較正値は、0.227と算出された。

(2) BMD値の日差再現性は、DPAファントムの場合、変動係数は1.71%であった。健常成人男子例の場合のそれは4.63%とやや不良であったが、この成績は諸家の報告とほぼ同等であった。

(3) BMD計測の精度は、体厚の増加とともに低下した。しかし、計測時間を9分間にすると、30cmまでの体厚では良好な精度が得られた。

(4) 健常成人男子例(32.6±9.6歳)でのBMD値は、0.704~0.855 g/cm²に分布した。

このように、シンチカメラを使用したDPA装置は、基礎的検討より、第3腰椎のBMDを測定するのに、良好な成績が得られ、十分臨床使用が可能であることが示された。

本DPA装置の開発に当たり、多大のご援助とご助言を賜った中外製薬株式会社に深謝致します。

文 献

- 1) 友光達志、福永仁夫、大塚信昭、他：ガンマ・カメラによるDual Photon Absorptiometry装置の開発。核医学 23: 499-503, 1986
- 2) Cameron JR, Mazess RB, Sorenson JA: Precision and accuracy of bone mineral determination by direct photon absorptiometry. Invest Radiol 3: 141-150, 1968
- 3) Health and public policy committee: Radiologic methods to evaluate bone mineral content. Ann Int Med 100: 908-911, 1984
- 4) Dunn WL, Wahner HW, Riggs BL: Measurement of bone mineral content in human vertebrae and hip by dual photon absorptiometry. Radiology 136: 485-487, 1980

Summary

Fundamental Study of Dual Photon Absorptiometry System Using Scintillation Camera

Tatsushi TOMOMITSU, Masao FUKUNAGA, Nobuaki OTSUKA, Shimato ONO,
Kiyohisa NAGAI, Michihide MITSUMORI, Shinichi YANAGIMOTO,
Akira MURANAKA, Takako FURUKAWA and Rikushi MORITA

Department of Nuclear Medicine, Kawasaki Medical School

Fundamental study of dual photon absorptiometry system using a scintillation camera was performed. Bone mineral density (BMD) value measured by this system was corrected by that of the single photon densitometry system which was well calibrated and so far used as a standard unit. The correction factor was 0.092. Inter-measurement variation (CV) studied by a DPA phantom and a normal adult male was 1.71% and 4.63% respectively. Accuracy of BMD value decreased

with the increment of body thickness though, longer data aquisition period gave better results. BMD values of third lumbar vertebrae obtained from healthy adult males of 24 to 52 years old ranged from 0.704 to 0.855 g/cm². The DPA system using a scintillation camera could be used clinically in measurement of BMD even of the axial skeleton.

Key words: Dual photon absorptiometry, Scintillation camera, Bone mineral density.