

## Monochromatic Dual Energy X-Ray 吸収装置による橈骨骨塩量の測定: 腰椎骨塩量との比較

友光 達志, 福永 仁夫, 大塚 信昭, 小野志磨人, 永井 清久, 森田 浩一, 村中 明, 古川 高子, 柳元 真一, 三村 浩朗, 森田 陸司\*

単色化されたエネルギーの異なる二つのX線を用いた骨塩定量装置 (DCS-600, アロカ社) を使用して, 健常女性および各種代謝性骨疾患患者の橈骨骨塩量を測定し, さらに腰椎骨塩量の測定を併せて行い, 測定部位の違いによる骨塩定量の意義を検討した. 測定対象には, 健常女性および各種代謝性骨疾患 (骨粗鬆症, 腎性骨異常栄養症, ステロイド剤投与) 患者を用いた. 測定部位の検討としては, ① 健常女性群 および 骨粗鬆症群の骨塩量の年齢分布, ② 健常女性群および各種疾患群における橈骨骨塩量と腰椎骨塩量との相関, ③ 女性例における腰椎骨折の検出能および健常群の骨塩量を対象として慢性腎不全症に伴う骨塩量低下の検出能, の3項目について行った. その結果, 橈骨 1/3 遠位部の骨塩定量を行えば, 代謝性骨疾患の診断や骨病態の把握に, 腰椎の骨塩量と同等の情報を得ることができることが示された.

(平成元年8月22日採用)

## Measurement of the Radial Bone Mineral Using Monochromatic Dual Energy X-Ray Absorptiometric System: Comparison with That of the Vertebral Bone Mineral

Tatsushi Tomomitsu, Masao Fukunaga, Nobuaki Otsuka, Shimato Ono, Kiyohisa Nagai, Koichi Morita, Akira Muranaka, Takako Furukawa, Shinichi Yanagimoto, Hiroaki Mimura and Rikushi Morita\*

Radial bone mineral density (BMD) by an absorptiometry unit (DCS-600, Aloka) employing two monochromatic X-rays of different energies was determined in normal females and patients with metabolic bone diseases (osteoporosis, chronic renal failure, and those on steroid treatment), and the significance of quantifying bone mass in the different sites of the measurements was studied.

The sites of measurement were studied with regard to (1) the age distribution of BMD in normal females and those with osteoporosis, (2) the correlation between radial and vertebral BMD in normal females and osteoporosis patients, and (3) the detectability of vertebral fractures in females. The detectability of bone loss was also evaluated in patients with chronic renal failure by comparison with BMD in normal subjects.

川崎医科大学 放射線核医学科  
〒701-01 倉敷市松島 577

Department of Nuclear Medicine, Kawasaki Medical  
School: 577 Matsushima, Kurashiki, Okayama 701-01  
Japan

\* 滋賀医科大学 放射線科

Department of Radiology, Shiga University of Medical  
Science

In conclusion, it was shown that the determination of BMD in 1/3 of the distal radius could provide similar information to that obtained from the determination of vertebral BMD in the diagnosis of metabolic bone diseases and the comprehension of skeletal pathophysiology. (Accepted on August 22, 1989) *Kawasaki Igakkaishi* 15(3): 475-480, 1989

**Key Words** ① Radial bone mineral ② Dual energy X-ray absorptiometry  
③ Metabolic bone disease

## I. はじめに

骨塩定量法は、骨粗鬆症などの代謝性骨疾患の診断や経過観察に必須の検査法として現在広く臨床に用いられている。しかし、その測定方法や測定対象部位は定量法によって異なる。つまり、測定方法には X線フィルム、CT および放射線の減弱などを利用するものがあり、測定部位には全身、腰椎、大腿骨頸部および橈骨などがある。<sup>1)~6)</sup> しかも、測定部位は測定原理や測定方法によって規定される。また、代謝性骨疾患の中には、骨塩量の減少が海綿骨に顕著に現れるものや、それとは逆に皮質骨に著明に現れるものがあり、全身骨が一様な減少を示さない例が存在する。<sup>7)</sup> したがって、代謝性骨疾患の診断や経過観察には、その疾患に応じて測定部位を選択することが必要である。

今回、単色化されたエネルギーの異なる二つの X線を用いた骨塩定量装置 (DCS-600, アロカ社) を使用し、各種代謝性骨疾患患者の橈骨骨塩量を測定し、さらに腰椎骨塩量の測定を併せて行い、測定部位の違いによる骨塩定量の意義を検討したので報告する。

## II. 対象および方法

測定対象は、健常女性 149 例 (年齢 32~82 歳)、腰椎圧迫骨折を伴う骨粗鬆症 32 例 (全例女性、年齢 49~94 歳)、慢性腎不全症 40 例 (男性 19 例、女性 21 例、年齢 17~68 歳)、ステロイド剤投与群 28 例 (男性 8 例、女性 20 例、年齢 15~69 歳) および原発性副甲状腺機能亢進症 8 例 (男性 4 例、女性 4 例、年齢 28~59

歳) である。骨塩量の測定は、橈骨では 1/3、1/6 および 1/10 遠位部で行い、腰椎については第 2、第 3、第 4 腰椎で行った。測定装置は、橈骨の骨塩定量には DCS-600 (アロカ社) を、腰椎の骨塩定量には QDR-1000 (Hologic 社) を使用した。なお、DCS-600 は単色化したエネルギーの異なる二つの X線を用いた二重光子吸収測定法を応用した骨塩定量装置であり、他方 QDR-1000 は X線の単色化を行わずに、calibration wheel と呼ばれる特殊な校正装置を用いることにより、骨塩定量を可能とした装置である。<sup>8)~9)</sup>

測定部位の検討としては、実際の測定で得られた橈骨および腰椎の骨塩量値を用いて、① 健常女性群および骨粗鬆症群の骨塩量の年齢分布、② 健常女性群および各種疾患群における橈骨骨塩量と腰椎骨塩量との相関、③ 女性例における腰椎骨折の検出能および健常群の骨塩量を対象として慢性腎不全症に伴う骨塩量低下の検出能の 3 項目について行った。橈骨については、健常者 149 例を対象に、1/3、1/6、1/10 遠位部における BMD 値の年齢分布を求めて部位の検討を行った。骨塩量として、② 以下の検討には橈骨では 1/3 遠位部の bone mineral density (BMD) 値を用いた。なお、腰椎では第 2~第 4 腰椎 BMD 値の平均値を用いた。ここで、各種疾患群における橈骨骨塩量と腰椎骨塩量との相関については、回帰式を算出して検討に供し、検出能の検討は receiver operating characteristic (ROC) 曲線を求めて行った。検出能の検討において、慢性腎不全症例は前述の対象のうち女性 21 例を対象として用いた。また腰椎圧迫骨折の有無は、Nordin

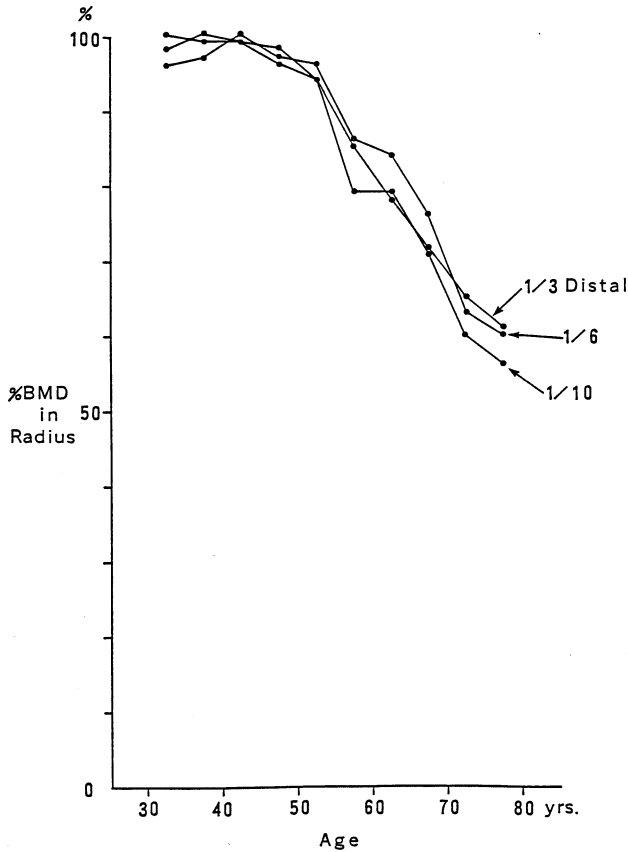


Fig. 1. Changes of %BMD values, as a function to aging, at three different sites of distal radius in normal females

score が 0.80 以下の症例を骨折ありとして検討に用いた。

### III. 結 果

健常群の橈骨における各部位の BMD 値は、1/3 遠位部が最も高く、次いで 1/6、1/10 遠位部の順であった。しかし、各部位における最高値を 100%とした % BMD 値の年齢分布では、加齢に伴う骨塩減少は 3 部位ともに同様の傾向であった (Fig. 1)。

Figure 2 に健常女性群および骨折を伴う骨粗鬆症群の骨塩量の年齢分布を示す。骨折を伴う骨粗鬆症例の骨塩量は、橈骨および腰椎ともに低値を示す傾向が認められたが、健常者の骨塩量との間に明らかな分離を認めなかった。

健常群および各種疾患群における橈骨骨塩量と腰椎骨塩量との回帰直線を Figure 3 に示す。健常群、慢性腎不全症群、ステロイド剤投与群および原発性副甲状腺機能亢進症群 (PHP) の回帰式は、それぞれ  $y = 1.23x + 0.24$  ( $r = 0.63$ ,  $p < 0.001$ ),  $y = 0.97x + 0.40$

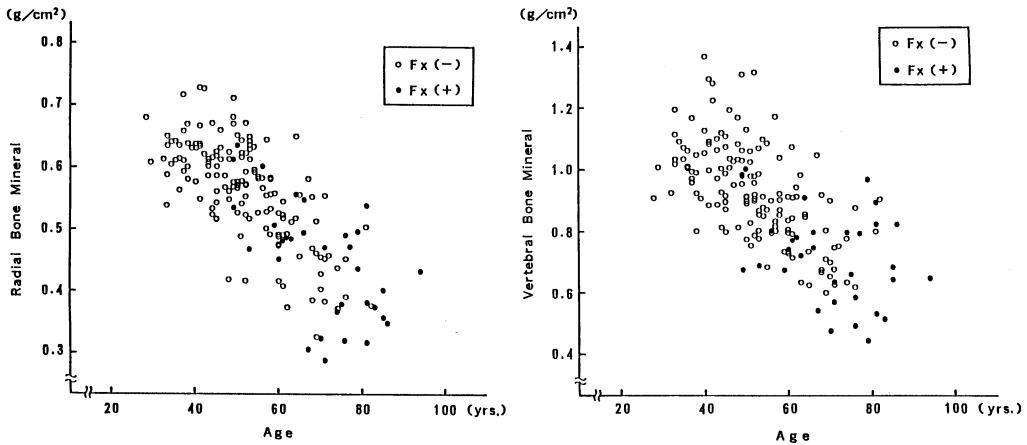


Fig. 2. Age distribution of bone mineral values in normal females (open circle) and patients with osteoporosis (closed circle)

Left: BMD values measured by DCS-600 at 1/3 distal radius

Right: BMD values measured by QDR-1000 at L<sub>2</sub>-L<sub>4</sub>

( $r=0.65$ ,  $p<0.001$ ),  $y=1.31x+0.10$  ( $r=0.66$ ,  $p<0.001$ ),  $y=1.32x+0.14$  ( $r=0.781$ ,  $p<0.02$ )であった。

骨折を伴う骨粗鬆症群の回帰式は  $y=1.04x+0.25$  ( $r=0.65$ ,  $p<0.001$ ) であり, 健常者を含めた181例では  $y=1.34x+0.16$  ( $r=0.72$ ,  $p<0.001$ ) なる回帰式が得られた (Fig. 4)。

ROC解析では, 腰椎骨折の検出能は測定部位(橈骨または腰椎)にかかわらず, 類似したROC曲線が得られた。ただし, 特異性は腰椎で若干優れていたのに対し, 感度は橈骨の方が若干優れていた。一方, 慢性腎不全症の骨塩量低下の検出能は, 橈骨を測定部位に用いた方が優れたROC曲線が得られた (Fig. 5)。しかし, 慢性腎不全症での骨塩量低下の検出能は, 骨折のそれに比して不良であった。

#### IV. 考 察

橈骨では遠位部ほど, つまり1/3遠位部より1/10遠位部の方が, 骨代謝回転の早い海綿骨の占める割合が多くなり, 骨塩量の変化が現れやすいといわれている。しかし, 今回の測定部位の検討では, 3部位ともに同様の加齢に伴う骨塩減少傾向が得られた。さらに, 我々が既に報告しているように,<sup>8)</sup> 橈骨における測定精度は1/3, 1/6, 1/10遠位部の順で低下するため, 測定精度の面および今回の検討の結果から1/3遠位部を測定部位として用いるのが望ましいと思われた。

骨塩量の年齢分布の結果に示すように測定部位が橈骨あるいは腰椎にかかわらず, 健常女性群と骨折を伴う骨粗鬆症群との間に骨塩量値に有意の差が認められなかった。これは, 骨折群においても非骨折群においても, 加齢に伴

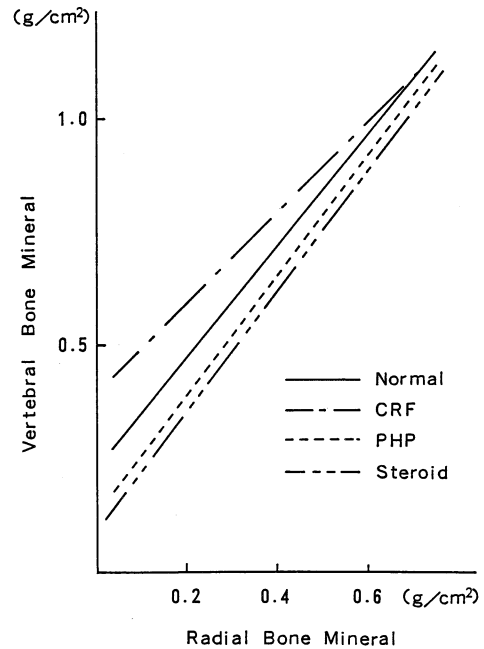


Fig. 3. Regression formula between radial and vertebral bone mineral values in normal and various metabolic bone disease

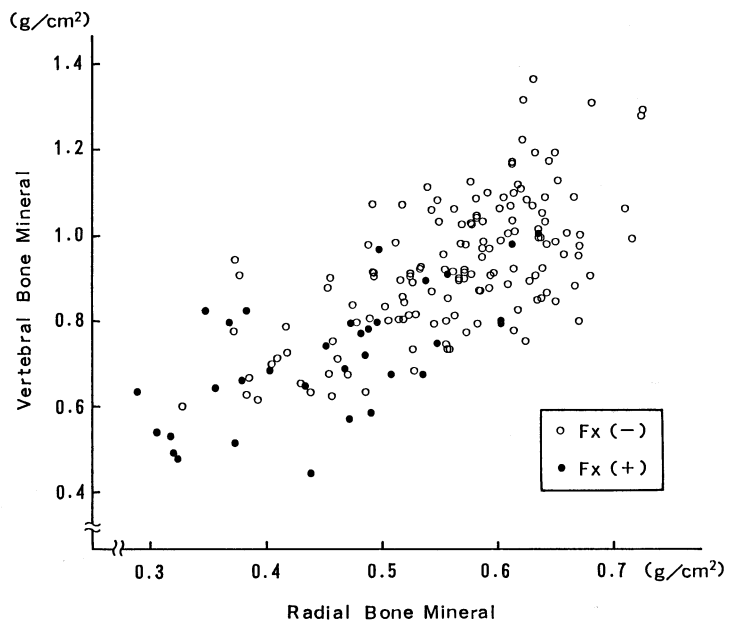


Fig. 4. Correlation between radial and vertebral bone mineral values in normal females (open circle) and patients with osteoporosis (closed circle)

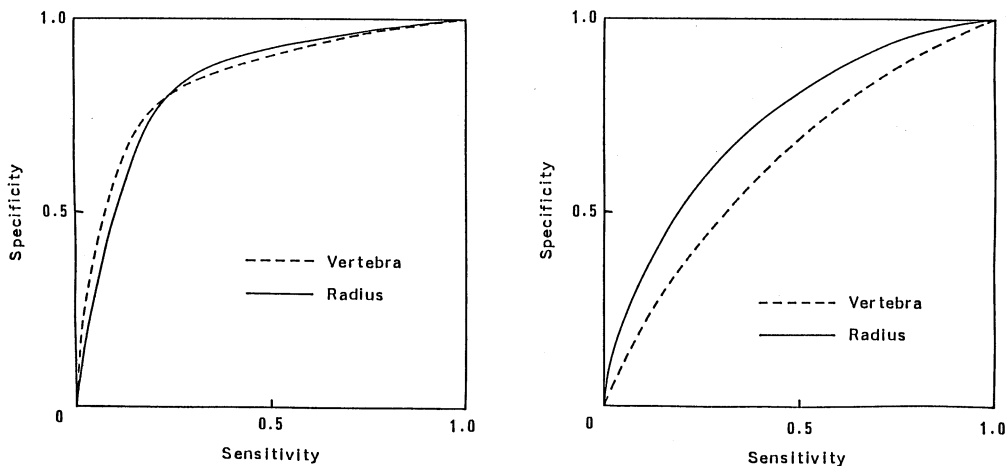


Fig. 5. Receiver operating characteristic curves in regard to the detectability of vertebral fracture (left) in females and that of the bone loss in chronic renal failure (right)

う骨塩減少は同様に生じていることを示している。しかし、骨折群では非骨折群に比して低値の傾向を示しており、ある閾値を設定すれば、骨折の危険性を予知することが骨塩量の測定から可能と思われた。また、橈骨と腰椎で同様の骨塩量の年齢分布のパターンを示したことは、骨粗鬆症の診断に橈骨における骨塩定量が十分使用可能であると考えられた。

各種疾患群における橈骨と腰椎の骨塩量の相関は、ステロイド剤投与群および原発性副甲状腺機能亢進症群では健常群とほぼ同様の傾きの回帰直線が得られた。これらの疾患群における骨塩減少は、健常群でみられる橈骨と腰椎の骨塩量の減少と同様の割合で生じることが示された。他方、慢性腎不全症群では、健常者群に比して回帰式の傾きが低くかつY切片が高い値を示しており、骨塩量の変化が橈骨で現れやすいと思われた。

ROC 解析による 腰椎圧迫骨折の検出能については、腰椎の骨塩定量が特異性に若干優れているのに対し、感度は逆に橈骨の骨塩定量の方

が若干優れていた。この結果は、腰椎圧迫骨折が生じるには、腰椎で主体をなす海綿骨のみならず shell と呼ばれる皮質骨の骨塩量減少も必要であることが示唆された。さらに、腰椎における加齢に伴う骨変化（退行性変化や微小骨折など）は橈骨に比して生じやすく、これが腰椎の骨塩量を修飾している可能性が示唆された。

慢性腎不全症の骨塩量低下を検出するには、明らかに橈骨を測定した方が優れていた。しかし、その検出能は、女性群における腰椎圧迫骨折の検出能に比して明らかに劣っていた。このことは、慢性腎不全症における骨塩定量の意義は、1回の定量で骨塩減少の有無を判断することが困難であり、長期間の骨塩量の変動を観察する経過観察に適していることを示している。

## V. ま と め

今回の検討の結果、橈骨 1/3 遠位部の骨塩定量を行えば、代謝性骨疾患の診断や骨病態の把握に、腰椎の骨塩定量と同等の情報を得ることができることが示された。

## 文 献

- 1) 齊藤 宏, 中村隆一: X線写真からの定量法—Microdensitometer による—. 日整外会誌 48: 479—486, 1974
- 2) Awbrey, B. J., Jacobsen, P. C. and Grubb, S. A.: Bone density in women: A modified procedure for measurement of distal radial density. J. orthop. Res. 2: 314—321, 1984

- 3) 福永仁夫, 大塚信昭, 曾根照喜, 永井清久, 森田陸司, 梶原康正, 西下創一: 脊椎骨 Phantom を併用した CT scan による第3腰椎海綿骨の骨量測定法. 日医放会誌 46: 659—664, 1986
- 4) 福永仁夫, 大塚信昭, 小野志磨人, 永井清久, 光森通英, 村中 明, 古川高子, 友光達志, 柳元真一, 森田陸司: 健常者における Dual Photon Absorptiometry による第3腰椎の Bone Mineral Density の定量. 核医学 24: 469—473, 1987
- 5) Morii, H., Hagiwara, S., Miki, T., Nakatsuka, K. and Nishizawa, Y.: Comparison of total body bone mineral content with that of lumbar spine using dual photon absorptiometry in diabetic and hemodialyzed patients. 5th International Congress on Bone Morphometry, Niigata, July 24—29, 1988
- 6) Norimatsu, H., Mori, S., Uesato, T., Yoshikawa, T. and Katsuyama, N.: Bone mineral density of the spine and proximal femur in normal and porotic subjects in Japan. Bone Miner. 5: 213—222, 1988
- 7) Genant, H. K., Steiger, P., Glueer, C. C. and Block, J. E.: Quantitative bone mineral assessment in osteoporosis. 5th International Congress on Bone Morphometry, Niigata, July 24—29, 1988
- 8) 友光達志, 福永仁夫, 大塚信昭, 小野志磨人, 永井清久, 森田浩一, 古川高子, 村中 明, 柳元真一, 田部井俊幸, 川村幸一, 森田陸司: X線を用いた末梢骨を測定対象とする二重光子吸収測定装置による骨塩測定の臨床的有用性—単一光子吸収測定装置との比較—. Radioisotopes 37: 29—32, 1988
- 9) Operator's manual and user's guide: Hologic Bone Densitometer, QDR-1000. Waltham, Massachusetts, Hologic Inc. 1987, pp. 109—110