

Dual Energy X-Ray Absorptiometry による尺骨骨塩量の測定

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

新しく開発された dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) を用いて尺骨骨塩量の測定を行い, その臨床的意義を検討した. 基礎的検討の結果, 尺骨骨塩量の測定精度は大部分の測定部位において橈骨のそれよりも劣る傾向であった. 尺骨骨塩量と腰椎骨塩量または橈骨骨塩量との間には, それぞれ $r=0.708-0.729$ と $r=0.865-0.947$ の有意の正相関が認められた. また, 尺骨と橈骨の骨塩量は, 測定部位および性により若干異なることが示された. つまり, 1/3 遠位部では男性例で尺骨骨塩量が高値を示すのに対し, 女性例では差がみられなかった. 1/6 および 1/10 遠位部位では男女例ともに尺骨骨塩量が高値であった. ROC カーブにより評価した加齢および疾患に由来する骨塩量減少の検出能は, 尺骨, 橈骨ともに同等であった. (平成元年9月4日採用)

Measurement of Ulnar Bone Mineral by Dual Energy X-Ray Absorptiometry

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

Bone mineral density (BMD) in the ulna was measured using newly developed dual energy X-ray absorptiometry, and its clinical significance was studied. The fundamental results indicate that the reproducibility of the measurement of ulnar BMD was lower than that of radial BMD in most of the measured sites. Significant correlations between ulnar BMD and lumbar or radial BMD were obtained ($r=0.708-0.729$ and $0.865-0.947$, respectively). Ulnar BMD was significantly different from radial BMD depending upon the measured sites and sex: at 1/3 distal site males showed a higher ulnar BMD, while in females there was no difference between the two. In 1/6 and 1/10 distal sites both sexes showed higher ulnar BMDs. The detectability of bone loss due to aging or diseases, evaluate by the ROC curve, in ulnar BMD determination was almost equal to that in radial BMD determination. (Accepted on September 4, 1989) *Kawasaki Igakkaishi* 15(3): 493-498, 1989

Key Words ① Dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) ② Bone mineral density (BMD) ③ Ulna ④ Radius ⑤ Bone loss

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

I. 緒 言

光子吸収測定法を使用した骨塩定量のうち、Cameronら¹⁾によって開発された single photon absorptiometry (SPA) は、末梢骨をその測定対象として代謝性骨疾患の診断や治療経過の観察等に臨床応用されている。近年、dual photon absorptiometry (DPA)^{2),3)}が開発されたが、本法により末梢骨のみならず腰椎や大腿骨頸部などの骨塩定量が可能となった。また装置面では、線源に従来の放射性同位元素に代わってX線を用いたもの (dual energy X-ray absorptiometry, DEXA)⁴⁾が開発され、測定精度等が一段と向上した。我々の施設では、従来より末梢骨の骨塩定量にSPA装置 (Bone Densitometer, Norland) を使用してきたが、昭和63年6月からDEXA装置 (DCS-600, アロカ)⁵⁾を臨床に用いている。DCS-600はBone Densitometerとは異なり、定量部位を画像として得られる。さらに、前腕部の骨塩定量の際には橈骨骨塩量のみならず尺骨骨塩量が同時に得られる特徴を有している。橈骨骨塩量については、代謝性骨疾患の診断や治療経過の観察におけるその測定意義について多くの報告^{6),7)}がなされているのに対して、尺骨骨塩量の報告は少ない。今回、DCS-600で得られた尺骨骨塩量について、橈骨骨塩量との比較を行い、尺骨骨塩量の意義を考察したので報告する。

II. 方 法

骨塩の測定対象部位として尺骨長の1/3, 1/6および1/10遠位部を用い、骨塩量としてはbone mineral content/bone width (BMC/BW) 値を用いた。対象としては、測定部位の違いによる測定精度の検討には40歳健常男性1例を用い、臨床的検討には昭和63年6月から平成元年6月までの期間に前腕部の骨塩定量を行った447例を用いた。対象例の内訳や年齢をTable 1に示す。

測定精度の検討は、尺骨と橈骨の1/3, 1/6および1/10遠位部についてそれぞれ同時に

Table 1. Materials

	Sex	N	Age (yrs.)
Normal Subjects	Male	76	23-84
	Female	275	20-94
Chronic Renal Failure	Male	22	20-68
	Female	25	28-68
Steroid Treatment	Male	5	24-68
	Female	17	24-69
Others	Male	14	27-78
	Female	13	20-74

3回ずつ測定し、1週間の期間内に合計6回計測して行った。このようにして得られた尺骨と橈骨とでのBMC/BW値を用いて、それぞれの部位における変動係数を算出し、短期間の測定精度を比較検討した。

臨床的検討として、健常者を対象に尺骨骨塩量と腰椎および橈骨骨塩量との相関性と、尺骨骨塩量と橈骨骨塩量の加齢による骨塩量減少のパターンを検討した。また、疾患群における尺骨骨塩量の意義を検討する目的で、腰椎に骨折や変形が認められる群 (腰椎X線写真上Nordin Score 0.8以下を示すもの)、慢性腎不全症群およびステロイド剤服用群について、尺骨骨塩量と橈骨骨塩量との比を算出した。ついで、健常者群の骨塩量比と比較し、これらの疾患群における尺骨骨塩量の意義を検討した。さらに、腰椎骨折群と慢性腎不全症群については尺骨骨塩量と橈骨骨塩量のROC解析を行い、疾患に由来する骨塩量減少の検出能を評価した。

III. 結 果

尺骨骨塩量の短期間における再現性は、1/6遠位部を除き、橈骨骨塩量の再現性よりもやや劣る傾向が認められた。特に1/3遠位部では、橈骨骨塩量のC.V.=0.25-0.94%に対して尺骨は2.05-2.49%であり、その差が最も顕著であった (Table 2)。

種々の部位における骨塩量値の相関性をTable 3に示す。尺骨骨塩量と腰椎骨塩量

Table 2. Short-term reproducibility* of bone mineral using DEXA

Site	Number of Scan		
	1	2	3
Radius 1/3 Distal	0.94	0.73	0.25
1/6	1.07	0.80	0.94
1/10	0.94	0.93	1.03
Ulna 1/3 Distal	2.49	2.33	2.05
1/6	1.32	0.59	0.48
1/10	1.74	1.50	1.78

* 6 times per week. Assessed by c. v. (%)

Table 3. Correlation between ulnar bone mineral and radial or vertebral bone mineral in normal subjects

	Radius (BMC/BW)			L ₂ -L ₄ (BMD)
	1/3	1/6	1/10	
Radius (BMC/BW)				
1/3 Distal				0.739
1/6				0.715
1/10				0.729
Ulna (BMC/BW)				
1/3 Distal	0.935	0.909	0.879	0.729
1/6	0.876	0.906	0.878	0.708
1/10	0.865	0.919	0.947	0.719

(bone mineral density, BMD) との相関は相関係数が 0.708—0.729 であり, 橈骨骨塩量と腰椎骨塩量との相関係数 (0.715—0.739) とほぼ同等であった。また, 尺骨骨塩量と橈骨骨塩量との間には, 相関係数 0.865—0.947 の有意の相関性 ($p < 0.001$) が示された。特に同一測定部位ではより高い相関性 ($r = 0.906—0.947$) が認められた。

尺骨骨塩量の加齢に伴う骨塩量減少のパターンは, 男女ともに橈骨のそれとほぼ同様であった。しかし, 女性例における peak bone mass が橈骨では 20 歳代であるのに対して, 尺骨のそれは 40 歳代であり, 若干の差異が認められた。尺骨骨塩量は橈骨骨塩量に比して, 1/3 遠位部では男性例は若干高値を示し, 女性例ではほぼ同等の値であった。また, 1/6 および 1/10 遠位部においては, 尺骨骨塩量は男女ともに橈骨のそれよりも明らかに低値を示した (Fig. 1)。

疾患群について, 尺骨と橈骨の骨塩量比を用いて行った検討では, いずれの疾患群においても骨塩量比は正常者群のそれとの間に有意差は認められなかった (Fig. 2)。ROC 解析にて検討した骨折群および慢性腎不全症における骨折

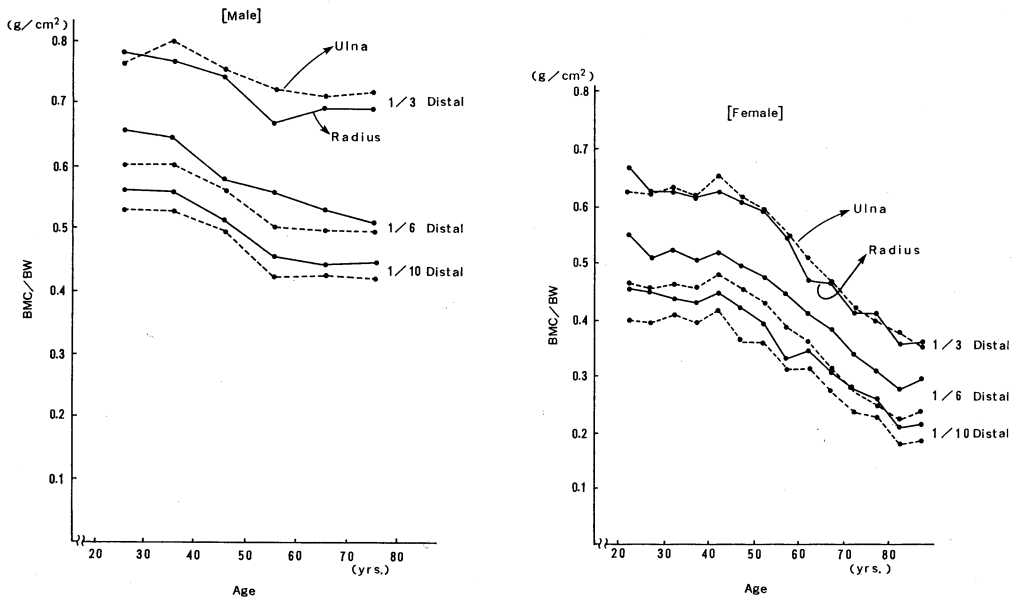


Fig. 1. Change of ulnar and radial bone mineral as function of age
left : male right : female

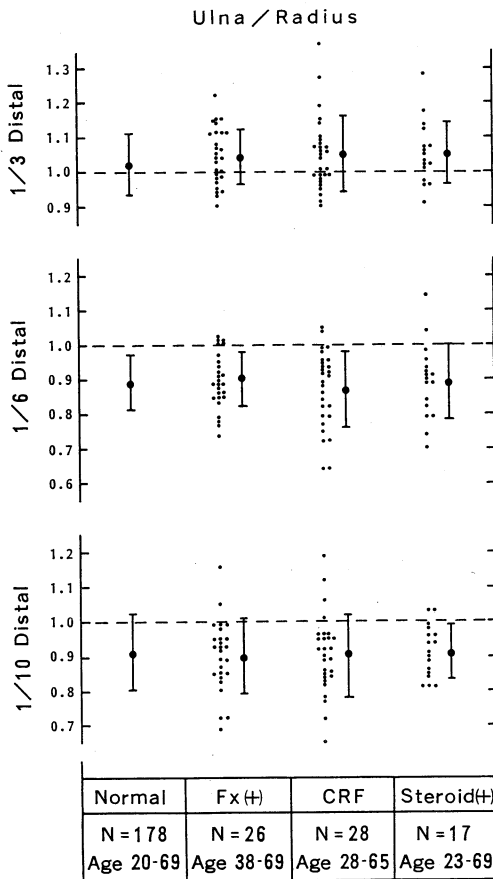


Fig. 2. The ratio of ulnar bone mineral to radial bone mineral in normal subjects and fracture (Fx+), chronic renal failure (CRF) and steroid treatment

または骨塩量減少の検出能は、1/3、1/6および1/10遠位部のいずれの測定部位においても、尺骨骨塩量の検出能と橈骨骨塩量のそれとはほぼ同等であった (Fig. 3)。

IV. 考 察

尺骨骨塩量の測定精度は、大部分の測定部位において橈骨のそれよりも劣る傾向であった。骨塩量の測定精度は、微妙な骨塩量の変化を検出する必要性から、少なくとも健常者での年間骨塩減少率を上回る精度が要求されると考える。福永らの報告⁸⁾によると、橈骨の年間骨塩減少率は1.28%であり、95%信頼域を

考えるとC.V.=0.6%程度の測定精度が必要になることになる。この観点からすれば、今回の尺骨および橈骨骨塩量の測定精度は、SPAのそれよりも良好であることは認められるものの、いまだ十分満足し得る精度とは言い難いと思われる。

健常者における尺骨の骨塩量値と腰椎の骨塩量値との間に有意の正相関性があり、橈骨と腰椎との骨塩量の相関性と同程度であった。また、尺骨と橈骨との骨塩量の相関性は、相関係数0.865-0.947ときわめて高い値が得られた。尺骨における加齢による骨塩量減少のパターンは、女性例で橈骨のそれと若干の差異は認められるもののほぼ同様と思われた。また、尺骨骨塩量値の絶対値は、1/3遠位部では橈骨のそれとほぼ同等であったが、1/6および1/10遠位部では低値を示した。これは、骨塩量値に最も影響を与える放射線の減弱を受けやすい皮質骨の割合が、1/3遠位部では尺骨と橈骨がほぼ同程度であるのに対し、1/6および1/10遠位部では尺骨で少ないことによると考えられた。同一測定系においては測定に伴うsystematic errorは同一であるので、骨塩量値の絶対値が大きいほど微妙な骨塩量の変化をとらえやすいと考えられる。したがって、橈骨の骨塩量値の絶対値が尺骨のそれと同等もしくは大であること、さらに前述の測定精度が橈骨の方が優れていたことを考えあわせると、健常者における尺骨骨塩量の意義は少ないと推察された。

尺骨・橈骨骨塩量比についての検討では、疾患群と健常者群との間にはいずれも有意差が認められなかった。また、ROC解析を行った骨塩量減少の検出能の検討でも、尺骨の検出能は橈骨のそれとほぼ同様であった。このことは、健常者における検討と同様に疾患群においても、尺骨骨塩量を行う意義の少ないことを証明している。しかし、尺骨骨塩量の変動が健常者のみならず疾患群においても橈骨のそれとほぼ同様であったことから、経過観察中に橈骨骨折をきたしたような場合には、尺骨は橈骨の代用骨として用い得ると思われる。

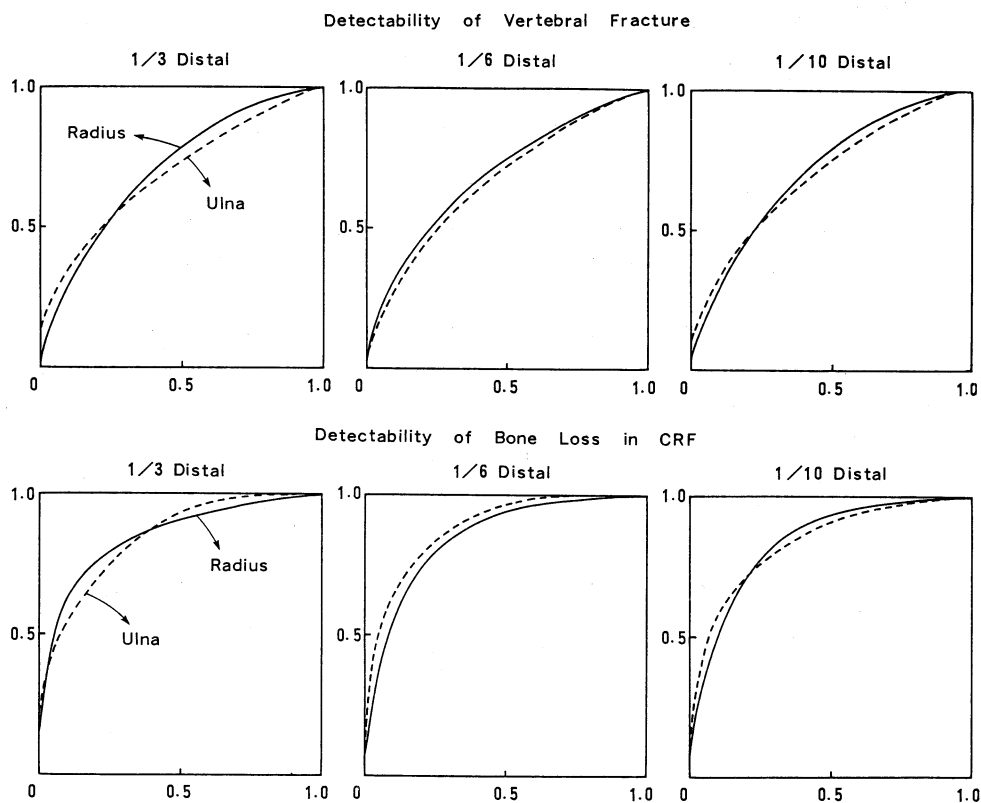


Fig. 3. Determination of vertebral fracture in fractured group and that of bone loss in CRF using ulnar or radial bone mineral determination. Detectability was assessed by ROC (receiver operating characteristic) curve

V. ま と め

DEXA により尺骨骨塩量を測定し、以下の結果を得た。

1. 尺骨骨塩量の測定精度は、大部分の測定部位において橈骨のそれよりも劣る傾向であった。
2. 尺骨骨塩量と腰椎骨塩量との間には有意の正相関性が得られ、橈骨骨塩量と腰椎とのそれとほぼ同等の相関を示した。また、尺骨骨塩量と橈骨骨塩量との間には、相関係数 0.865—0.947 の良好な相関性が認められた。

3. 尺骨骨塩量は橈骨骨塩量に比して、1/3 遠位部では男性例は若干高値を示したのに対して、女性例ではほぼ同等の値を示した。また、1/6 および 1/10 遠位部においては、男女ともに尺骨骨塩量が橈骨骨塩量よりも明らかに低値を示した。

4. 尺骨骨塩量の加齢および疾患に由来する骨塩量減少の検出のパターンは、橈骨のそれとほぼ同様であった。

以上の結果より、尺骨骨塩定量は、橈骨の骨折時に橈骨の代用骨として測定を行う以外には、その測定意義は少ないことが認められた。

文 献

- 1) Cameron, J. R. and Sorenson, J.: Measurement of bone mineral in vivo: An improved method. *Science* 142: 230—232, 1963
- 2) Madsen, M., Peppler, W. and Mazess, R. B.: Vertebral and total body bone mineral content by dual photon absorptiometry. *Calc. Tiss. Res.* 2 (Suppl.): 361—364, 1976

- 3) Krolner, B. and Nielsen, P.: Measurement of bone mineral content (BMC) of the lumbar spine I. Theory and application of a new two-dimensional dual photon attenuation method. *Scand. J. clin. Lab. Invest.* 40 : 653—663, 1980
- 4) Stein, J. A., Lazenwatsky, J. L. and Hochberg, A. M.: Dual-energy X-ray bone densitometer incorporating an internal reference system. *Radiology* 165 (Suppl.) : 313, 1987
- 5) 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, 田部井俊明, 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定量の臨床的有用性—単一光子吸収測定装置との比較—. *Radioisotopes* 37 : 521—524, 1988
- 6) Wahner, H. W., Riggs, B. L. and Beabout, J. W.: Diagnosis of osteoporosis: Usefulness of photon absorptiometry at the radius. *J. nucl. Med.* 18 : 432—437, 1977
- 7) Christiansen, C., Rodbro, P. and Jensen, H.: Bone mineral content in the forearm measured by photon absorptiometry: Principle and reliability. *Scand. J. clin. Lab. Invest.* 35 : 323—330, 1975
- 8) 福永仁夫, 森田陸司: Dual energy X-ray absorptiometry. ① 軀幹骨と皮質骨. 森田陸司編: 骨ミネラル測定と骨粗鬆症. 大阪, メディカルレビュー社. 1989, pp. 145—149