

再現性の高い海綿骨密度評価法

—末梢骨QCT 3スライス法—

水川帰一郎¹⁾ 杉山 信義²⁾ 森 泰胤³⁾ 佐藤 功³⁾ 大川 元臣³⁾

1) 水島協同病院放射線科 2) 水島協同病院内科 3) 香川医科大学放射線医学教室

Highly Reproducible Technique for the Estimation of Trabecular Bone Density: Three slice method on peripheral quantitative CTKiichiro Mizukawa¹⁾, Nobuyoshi Sugiyama²⁾,
Yasutane Mori³⁾, Katashi Satoh³⁾
and Motoomi Ohkawa³⁾

The reproducibility of bone mineral density (BMD) measurements with peripheral quantitative CT has been limited by the repositioning error. In this study, 1 mm-step 3-slice scan data were used to compensate for this error in trabecular BMD of the distal radius. The assessment was based on the linear relations between the cross-sectional area and trabecular bone mineral content and trabecular area ratio, on the condition that the trabecular bone is defined by a BMD value. The estimated reproducible errors of less than 2 % under clinical conditions indicate that the method is reliable for follow-up examination.

Research Code No. : 505

Key words : CT, Radius, Bone density

Received Dec. 24, 1996; revision accepted Mar. 21, 1997

1) Department of Radiology, Mizushima Kyodo Hospital

2) Department of Internal Medicine, Mizushima Kyodo Hospital

3) Department of Radiology, Kagawa Medical School

はじめに

末梢骨用QCT(peripheral quantitative CT, pQCT)は、部位によって骨量が急激に変化する長管骨を測定対象にしているため、測定値の再現性は必ずしも良好ではない。われわれは、橈骨遠位部の1mm間隔3スライスのスキャンデータを用いて海綿骨密度の経時的変動を評価する方法を検討し、本法に良好な再現性が認められたので報告する。

方 法

使用機種はNorland-Stratec社製pQCT骨密度測定装置XCT-960で、厚さ2.5mmの橈骨遠位部断面像に設定した関心領域の骨密度(mg/cm^3)をその面積(mm^2)とともに算出する。

円錐形をなす末梢橈骨は、遠位方向への断面積の増加とともに、皮質骨と海綿骨の割合が変化するため密度変化も一様ではない。しかし、本装置で正常皮質骨の閾値とされる線吸収係数 0.93cm^{-1} の値を用いて皮質骨内縁を定め、その内部を海綿骨とすると、この領域の骨量(密度 $\times$ 測定容積)および面積比(%)は全骨断面積と正の直線関係を示す。Fig.1は47歳健常男性の橈骨遠位部を、遠位端から尺骨長の2~8%に相当する近位部の範囲で位置を変えて12回測定したもので、海綿骨量、面積比のそれぞれに全骨断面積と良好な直線関係がみられる。このことは、橈骨遠位部では複数スライスのデータを用いることにより、任意断面の海綿骨面積比と密度が、全骨断面積を指標として計算で求められることを示している。したがって、比較の対象となる既存測定データの全骨断面積について複数スライスのデータから海綿骨密度を算出し、さらに同一の海綿骨面積比を既存データに適用すれば、測定位置の再現性に影響されることなく異なる時点での同一領域の骨密度が比較できる。ここでは測定時間を考慮して3スライス法を採用し、本法の有効性を検討した。本装置での被曝線量は、1スライス法の場合、スカウトスキャンを含め局所で60~90 μSv 、全身で1 μSv とされ、3スライス法ではこの約2倍になるが、特に問題はないと考えた。

対象は22~25歳(平均24歳)の健常男性ボランティア4例

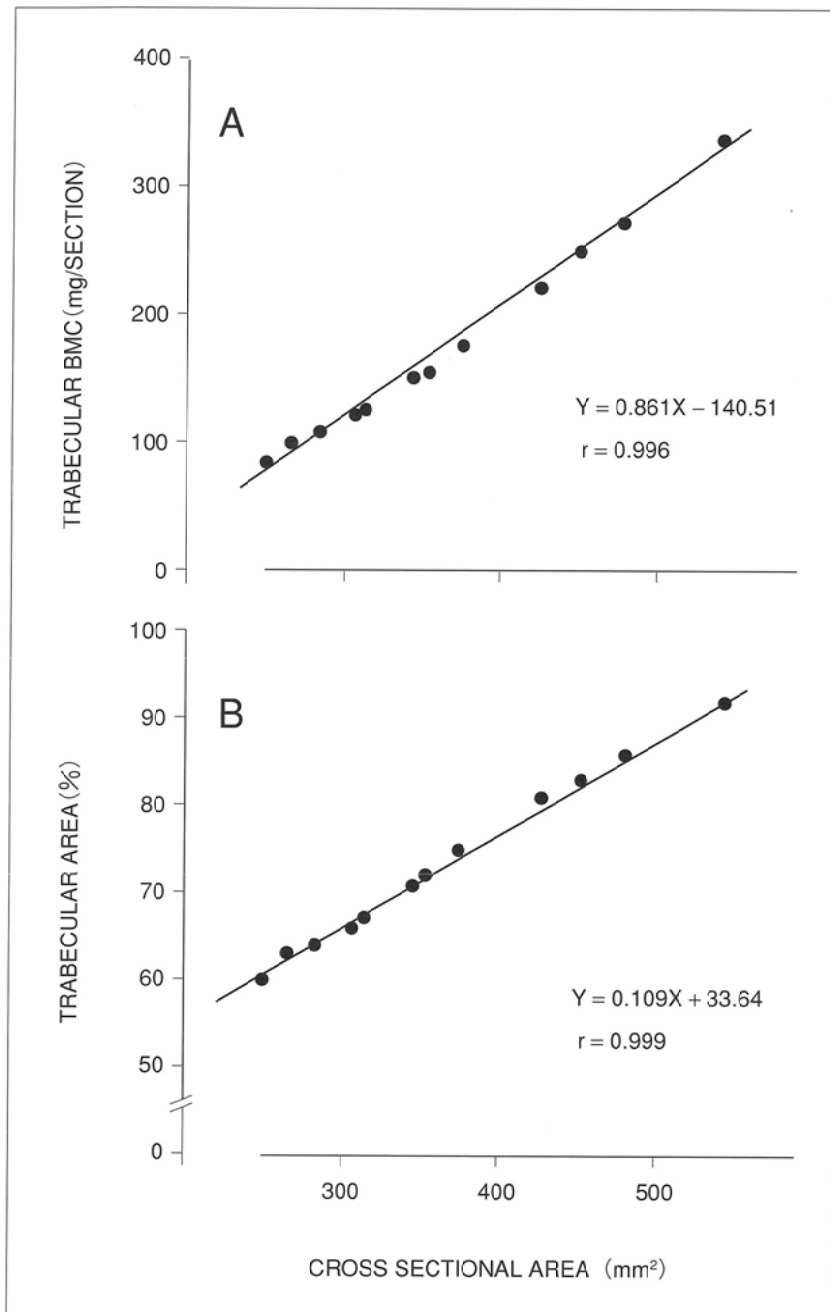


Fig.1 Trabecular BMC (bone mineral content) (A) and percentage of trabecular bone area (B) of 2.5 mm-thick axial section of distal radius as functions of total cross-sectional area. A 47 year-old healthy male was measured 12 axial sections at different sites between 2 and 8% of the ulnar length proximal from the distal end. The trabecular bone of each cross-section was determined by eliminating outer bone area above a linear attenuation coefficient of 0.93 cm⁻¹.

である。標準測定部位としている橈骨遠位端部から尺骨長の4%に相当する近位部(4%部位)のスキャンを1日1回5日連続で行ない、6日目あるいは7日目に4%部位を中心とする1mm間隔の3スライススキャンを行った。最初の5回の1スライススキャンは同一手技の繰り返しであるが、得られた全骨断面積の一致はなく、3スライスデータから算出した海綿骨密度との比較は、それぞれの断面について個別に行った。最初の測定から1年後、同じ4例に再度同様の3スライススキャンを行い、海綿骨密度を比較した。

断層画像上での全骨領域および海綿骨領域の設定はXCT-960のソフトウェアを使用し、骨密度の骨量への変換、一次式の作成および一次式を用いた計算は別に行った。

本研究のすべての測定は、あらかじめ被験者に内容を説明し、同意を得たうえで行った。

結 果

一次式作成に用いた1週間および1年後の3スライススキャンにおいて、橈骨遠位部の海綿骨量および海綿骨面積比は、全骨断面積に対し、全例良好な直線関係を示し、相関係数は0.96以上であった。

それぞれの被験者について海綿骨密度を比較した結果をTable 1に示す。1週間内の比較で得られた誤差は最大2.0%、平均0.9%であった。1年後との比較による差は最大2.5

Table 1 Percent changes of trabecular BMD in the distal radius of healthy male volunteers

Subject	Age (yr)	Within 1 week		After 1 year	
		maximum	mean (SD)	maximum	mean (SD)
1	22	1.7	1.0 (0.49)	2.5	1.2 (0.82)
2	24	0.8	0.6 (0.15)	1.3	0.7 (0.33)
3	25	1.8	0.9 (0.48)	1.1	0.6 (0.66)
4	25	2.0	1.0 (0.59)	2.0	0.9 (0.58)
Total			0.9 (0.48)		0.8 (0.60)

The assessment was performed on each of initial 5 scans, obtained once a day over 5 days, at 4 % of the ulnar length proximal from the distal end. Although the scanning sites of each subject were determined identically in these scans, the total cross-sectional areas and trabecular BMD values of the radius were obtained unequally.

%, 平均0.8%ではっきりした骨密度変化は示されなかった。

考 察

現在行われている骨量変化の非侵襲的定量法は、複数被験者を対象として統計的に評価するものがほとんどで、個人の骨量変化を直接判定しているものではない。これは、各種骨塩定量法の再現性が悪く、年間でも数パーセントとされる骨塩量の変化が測定装置の誤差範囲を超えないことに起因している。

一般に測定系の精度は変動係数(coefficient of variation, CV)で示され、pQCTについてはその開発初期より比較的高い評価が与えられてきた^{2),3)}。しかし、CV値で示される精度

は、測定対象を一定に保った状態での評価方法であり、部位による変動の大きい橈骨遠位部の骨密度については、測定部位の再現性のほうが測定結果に与える影響は大きい。新しく開発されたpQCT装置についても、測定断面の傾きやずれによる変動を完全には除外できず、測定値の評価に混乱を与えている。

今回検討したpQCT 3 スライス法は、骨密度測定のスライス位置による誤差を、骨断面積を指標として補正するもので、結果として著しく良好な再現性が示された。本法は3スライスのデータから求めた2つの一次式を用いるので、アーティファクトなどの影響に十分留意して判定する必要があるが、個人レベルでの骨密度変動評価法として有用と考えられた。

文 献

- 1) Louis O, Boulpaep F, Willnecker J, et al: Cortical mineral content of the radius assessed by peripheral QCT predicts compressive strength on biochemical testing. *Bone* 16: 375-379, 1995
- 2) Rüeggsegger P, Anliker M, Dambacher M: Quantification of trabecular bone with low dose computed tomography. *J Comput*

Assist Tomogr 5: 384-390, 1981

- 3) Hangartner TN, Overton TR: Quantitative measurement of bone density using gamma-ray computed tomography. *J Comput Assist Tomogr* 6: 1156-1162, 1982