



Title	QCTによる骨塩量の評価-測定部位と疾患の関係
Author(s)	桜井, 清子; 松林, 隆; 有富, 寛 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1991, 51(12), p. 1467-1474
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19921
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

QCT による骨塩量の評価

—測定部位と疾患の関係—

北里大学医学部放射線科, 同 整形外科*

東京医科歯科大学医学部内科**

桜井 清子 松林 隆 有富 寛*
丸茂 文昭** 岩波 茂 草野 正一

(平成3年2月20日受付)

(平成3年4月4日最終原稿受付)

The Assessment of Cortical and Spongy Bone Mineral Content with Quantitative Computed tomography A Comparison of Measurement Sites in Relation to Certain Diseases with Metabolic Bone Disorder

Kiyoko Sakurai, Takashi Matsubayashi, Hiroshi Aritomi*, Shigeru Iwanami,
Fumiaki Marumo** and Shouichi Kusano

Department of Radiology and Orthopedic Surgery*, Kitasato University School of Medicine

**Department of Internal Medicine, Tokyo Medical and Dental University School of Medicine

Research Code No. : 505.1

Key Words : Bone mineral content,
Quantitative computed tomography (QCT),
Osteoporosis, Rheumatoid arthritis,
Chronic renal failure

The CT numbers of cortex at the level of 20 cm (CT20) and spongiosa in the lateral condyle at the level of 2 cm (CT02) proximal from the distal end of the femur, and the bone mineral density of spongiosa in the L3 body (BMD), were obtained by QCT. The study included 43 female patients with rheumatoid arthritis (RA), 71 female patients with primary osteoporosis (OP), 20 female nondialyzed patients with chronic renal failure (CRF:nonHD), 37 hemodialyzed patients (CRF:HD), including 13 parathyroidectomized patients (CRF:HD, PTX), and 10 healthy volunteers. CT20 correlated closely with age in RA. CT02 and BMD correlated closely with age in RA and OP. CT20 and CT02 correlated closely with the duration of hemodialysis in CRF:HD, but not with the duration of disease in RA. The values of CT20 and CT02 in the CRF:HD, PTX group were significantly lower than those in the other CRF groups. BMD in the RA group was not different from that of healthy volunteers. The CT20 values of the one-third of RA patients older than 60 years were extremely low compared with those of the other two-thirds. The results indicated that BMD was useful in assessing bone mineral content in OP, but not in RA. CT02 and CT20 were useful in assessing bone mineral content in these three diseases, CT20 was especially useful for patients in the CRF:HD group and those with RA older than 60 years, but it was not useful in the CRF:nonHD group.

近年, DPA法(Dual Photon Absorptiometry)¹⁾²⁾およびDEXA法(Dual Energy X-ray Absorptiometry)³⁾⁴⁾の普及にしたがって, いろいろの部位の骨塩量が測定されるようになり, 骨塩量の変化の仕方は測定部位によってかなり異なることが分かってきた^{5)~7)}。従来, 骨代謝異常に伴う骨塩量の変化は皮質骨より海綿骨において敏感に反映されと考えられてきたが, 腎性骨異常症においては, 骨塩量の減少は海綿骨より皮質骨の方が顕著であると報告されている⁸⁾。また, 筆者らは, 骨代謝異常に伴う一部の疾患では, 海綿骨の骨塩量はある程度まで低下した後, それ以上低下しなくなり, むしろ, 皮質骨の骨塩量が低下しはじめるという事を報告した⁹⁾。

北里大学病院および同東病院では, 数年前から, QCT 法により腰椎椎体海綿質, 大腿骨外顆部海綿質および大腿骨骨幹部皮質の骨塩定量を実施しているが, 加齢に伴う骨粗鬆症, 慢性関節リウマチおよび慢性腎不全について, これらの結果を比較検討したので報告する。なお, 骨塩量は性差が大きいので, 今回の解析では原則的には女性を対象としたが, 慢性腎不全の透析例では症例数が少ないので男性のデータも使用した。また, 一部に健康者のデータも参考として用いた。

対象および方法

測定対象について, Table 1 に示す。透析は週3回の血液透析である。また, 副甲状腺摘出術の適

否の決定の際には骨塩定量の結果は関与しておらず, むしろ, 手術適応が決定した後にその症例の基礎データを得るために骨塩定量を実施した事をつけ加えておく。使用した CT スキャナは, 骨粗鬆症および慢性関節リウマチについては東病院の TCT/900S(東芝製), 慢性腎不全については大学病院の GE/8800 (GE 製)である。腰椎は B-MAS ファントム(京都科学標本製)を用いて第3腰椎椎体中央部をスキャンし, 椎体内海綿質の BMD 値(CaCO_3 相当量: mg/ml)を求めた。大腿骨は遠位端から 2cm レベルの外顆部を K_2HPO_4 水溶液を含むファントムと共に, また同じく 20 cm レベルの骨幹部をアルミニウムとテフロンを含むファントムと共にそれぞれスキャンした。いずれも, 管電圧は 120kV, スライス厚は 10mm である。2cm レベルの CT 像から大腿骨外顆部海綿質の CT 値 (CT02) を, 20cm レベルの CT 像から大腿骨骨幹部皮質の CT 値 (CT20) をもとめ, それぞれファントム中の K_2HPO_4 水溶液の CT 値, またはアルミニウムとテフロンの CT 値を用いて, CT 値の変動に対する補正を行った⁹⁾¹⁰⁾。

結 果

1) 骨塩量と年齢の関係

Fig. 1 に骨粗鬆症および慢性関節リウマチに関する第3腰椎 (L3) 椎体海綿質の BMD 値と年齢の関係を示す。相関係数は骨粗鬆症で -0.54 ($p < 0.01$), 慢性関節リウマチで -0.79 ($p < 0.01$)

Table 1 Examined patients and volunteers

Disease	Number of cases () : Sex	Age (Years) () : Mean	Duration of disease or hemodialysis (Months) () : Mean
Primary osteoporosis	71 (F)	45—84(66.7)	—
Rheumatoid arthritis	43 (F)	30—75(53.6)	12—360(143)
Chronic renal failure			
nondialyzed or hemodialyzed for less than 1 month	20 (F)	25—60(44.5)	—
hemodialyzed for more than 1 month (without parathyroidectomy)	6 (F) 18 (M)	36—57(48.0) 23—65(42.8)	1—112(67) 1—139(58)
hemodialyzed for more than 1 month (with parathyroidectomy)	11 (F) 2 (M)	35—57(47.5) 40—48(44.0)	53—153(96) 114—151(133)
Healthy volunteers	10(F, M)	33—52(42.8)	—

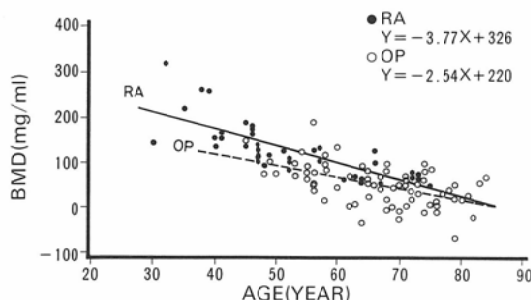


Fig. 1 The correlations between the bone mineral density of spongy bone in the 3rd lumbar vertebral body (BMD in CaCO_3 mg/ml) and the age for rheumatoid arthritis (RA) and primary osteoporosis (OP). The solid and dotted lines are the regression lines for RA and OP, respectively.

であった。全年齢を通じて、慢性関節リウマチの方が高い値(50歳で44mg/mlの差)を示しており、骨粗鬆症の平均値50.4mg/mlより低い値を示すリウマチ症例は75歳の1例のみであった。慢性関節リウマチでは高い値を示す若年層の症例が含まれているため、回帰直線の傾きが強くなっている。しかし、L3のBMD値が50歳以上で急激に減少する^{11)~13)}ことを考慮して50歳以上の症例だけを対象として求めた両疾患に関する回帰直線はほぼ平行となり、50歳でリウマチの方が22mg/mlだけ高い値を示した。

Fig. 2 に大腿骨外顆部海綿質のCT値(CT02)と年齢の関係を示す。基礎的な検討の結果、TCT/900Sで測定したCT02の値はGE/8800で測定したCT02の値の約0.89倍である事が判明した。そのため、慢性腎不全のCT02値には0.89を乗じて、骨粗鬆症および慢性関節リウマチのCT02の値と直接比較できるようにした。相関係数は骨粗鬆症で -0.66 ($p < 0.01$)、慢性関節リウマチで -0.73 ($p < 0.01$)、慢性腎不全(非透析)で -0.51 ($p = 0.021$)であった。骨粗鬆症と慢性関節リウマチに関する回帰直線はほぼ平行であるが、L3のBMD値とは逆に、骨粗鬆症の方が慢性関節リウマチより高い値(50歳で40HUの差)を示している。回帰直線からは、慢性腎不全(非透析)は骨粗鬆症、慢性関節リウマチに比べて年齢への依存性が少ないように見えるが、年齢を慢性腎不全(非透析)

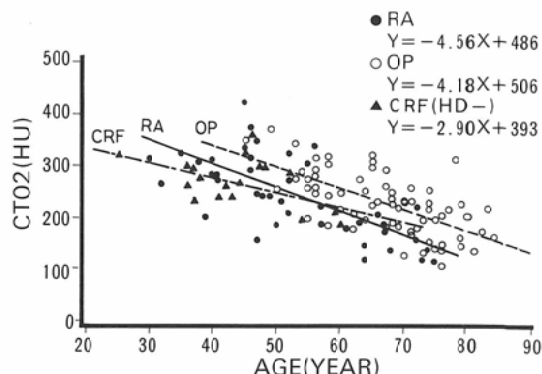


Fig. 2 The correlations between the CT number of spongy bone in the femoral lateral condyle (CT02) and the age for rheumatoid arthritis (RA), primary osteoporosis (OP) and chronic renal failure nondialyzed or hemodialyzed for less than 1 month (CRF (HD-)). The solid, dotted and chain lines are the regression lines for RA, OP and CRF (HD-), respectively.

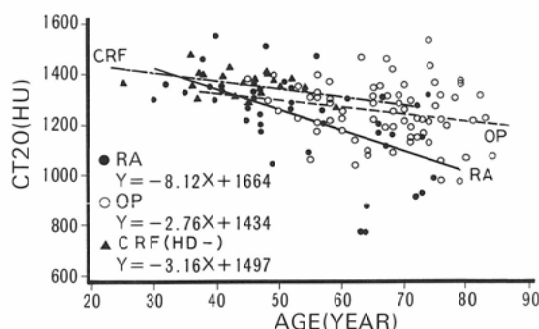


Fig. 3 The correlations between the CT number of cortical bone in the femoral shaft (CT20) and the age for rheumatoid arthritis (RA), primary osteoporosis (OP) and chronic renal failure nondialyzed or hemodialyzed for less than 1 month (CRF (HD-)). The solid, dotted and chain lines are the regression lines for RA, OP and CRF (HD-), respectively.

の最高年齢である60歳以下に限るならば、慢性腎不全(非透析)と慢性関節リウマチの間に分布状態の違いは認められない。

Fig. 3 は大腿骨骨幹部皮質のCT値(CT20)と年齢の関係を示している。Fig. 2の場合と同じく、慢性腎不全のCT20値には0.81を乗じてある。CT02値に対する乗数と若干異なるのは両者の

Table 2 Correlation coefficients between bone mineral content and age, and duration of disease or hemodialysis

	Age and duration	Rheumatoid arthritis N=43	Chronic renal failure	
			hemodialyzed (F) N=17	hemodialyzed (M) N=20
BMD	age	-0.79 (p<0.01)	—	—
	duration	-0.20 (p=0.22)	—	—
CT02	age	-0.73 (p<0.01)	-0.28 (p=0.27)	-0.27 (p=0.26)
	duration	-0.20 (p=0.23)	-0.31 (p=0.25)	-0.73 (p<0.01)
CT20	age	-0.57 (p<0.01)	-0.04 (p=0.87)	-0.17 (p=0.48)
	duration	-0.05 (p=0.79)	-0.25 (p=0.35)	-0.69 (p<0.01)

CT 値がかなり異なるからであろう。相関係数は骨粗鬆症で-0.22 (p=0.063), 慢性関節リウマチで-0.57 (p<0.01), 慢性腎不全(非透析)で-0.49 (p=0.027)であった。骨粗鬆症と慢性腎不全(非透析)では, CT20はほとんど年齢に依存せず, 回帰直線もほとんど平行で, 50歳では腎不全の方が約45HU だけ高い値を示している。一方, 慢性関節リウマチではCT20の値は年齢と共に急速に低下しており, 60歳以上15症例のうち6例が1,000HU 以下であった。

2) 骨塩量と罹病期間あるいは透析期間との関係

Table 2 は最塩量と年齢, 罹病期間あるいは透析期間との相関係数および危険率を示している。慢性関節リウマチでは, すべての骨塩量が危険率1%以下で年齢と有意の相関を示したが, 罹病期間とは有意の相関を示さなかった。特に, CT20は罹病期間とは全く相関しなかった。慢性腎不全(透析・女性)では, CT02・CT20ともに年齢とも透析期間とも有意の相関を示さなかった。特に, CT20は年齢とは全く相関しなかった。しかし, 慢性腎不全(透析・男性)では, CT02・CT20ともに年齢とは有意の相関を示さなかったが, 透析期間とは危険率1%以下で有意の相関を示した。女性の症例においてCT02およびCT20と透析期間との相関が有意にならない原因として, 透析期間の短い症例が少なかった事, およびCT02では透析期間112カ月で極端に高い値を示す症例があった事などが影響していると考えられる。

Fig. 4 および Fig. 5 は慢性腎不全に関する

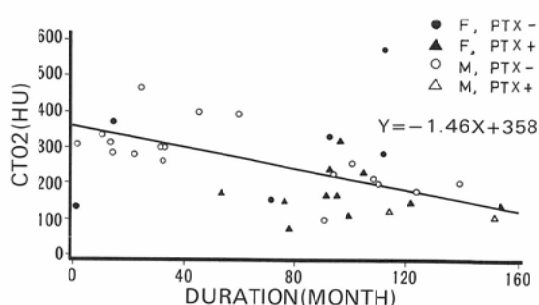


Fig. 4 The correlation between the CT number of spongy bone in the femoral lateral condyle (CT02) and the duration of hemodialysis for chronic renal failure hemodialyzed for more than 1 month (CRF (HD+)). The line is the regression line for the male patients.

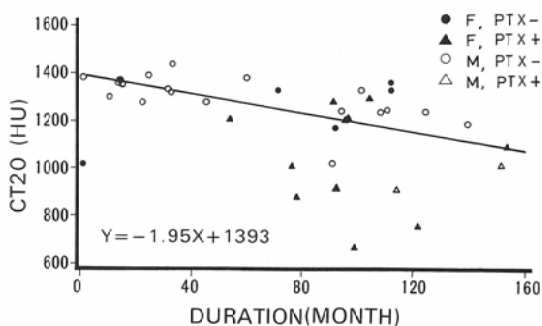


Fig. 5 The correlation between the CT number of cortical bone in the femoral shaft (CT20) and the duration of hemodialysis for CRF (HD+). The line is the regression line for the male patients.

CT02およびCT20と透析期間との関係を示している。回帰直線は男性症例に関するものである。CT02およびCT20の1カ月間の減少率はそれぞれ

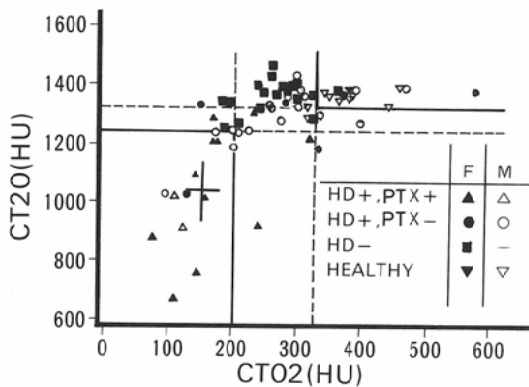


Fig. 6 The scatter diagram correlating the CT numbers, CT20 and CT02, for chronic renal failure (CRF) and the healthy volunteers. The right-angled solid lines in the right upper part indicate the values of mean minus one standard deviation for the healthy volunteers, and the solid lines in the left lower part indicate the values of mean plus one standard deviation for the operated patients.

れ透析開始時の値(358.0HU, 1,393HU)の0.41%および0.14%で、平均二乗誤差(ばらつき)(68.2HU, 101.8HU)はそれぞれ透析開始時の値の19.1%および7.3%であった。症例中、CT02の最低値は75.2HUでその透析期間は78カ月であるが、78カ月に対する回帰式の値は244.0HUであり、その差は回帰式の平均二乗誤差の2.5倍であった。これに対して、CT20の最低値は669.0HUでその透析期間は99カ月であるが、99カ月に対する回帰式の値は1,200.0HUであり、その差は回帰式の平均二乗誤差の5.2倍であった。これらのことから、CT20はCT02に比べて、透析期間への依存性が小さいうえ、相対的なばらつきも少ないから、その値の極端な減少に関して非常に敏感であり、かつ信頼性も高いと考えられる。

3) 測定部位間の相互関係

Fig. 6に慢性腎不全および健康者に関するCT02とCT20の関係を示す。右上方の縦横の実線は健康者の(平均値-標準偏差)(328HU, 1,321HU)を、左下方の縦横の実線は慢性腎不全(透析・手術)の(平均値+標準偏差)(202HU, 1,240HU)を、さらに左方の十字は同じく慢性腎不全(透析・

手術)の平均値(153HU, 1,037HU)を表している。CT20では健康者と非透析群との間に有意の差は認められない。手術群のCT02・CT20はともに他群のそれらの値より有意に低い値を示している。手術群の(平均値+標準偏差)より低い値をとる他群の症例数は、CT02では9例であるのに対し、CT20では4例であった。逆に、手術群の(平均値+標準偏差)より高い値をとる手術群の症例数は、CT02では3例であるのに対しCT20では2例であった。すなわち、健康者と慢性腎不全の識別という観点からみるとCT02の方がCT20より優れているが、手術群と他群との識別という観点からみるとCT20の方が優れている。また、非透析群および透析・非手術群では、CT02の平均値に有意の差は認められないが、CT20では非透析群の方が高い値を示している。さらに、CT02の値が低下傾向にあってもCT20の値は健康者と同程度の高い値を維持している症例がかなり多い。なお、慢性腎不全の全症例に関するCT02とCT20の相関係数は0.63 ($p < 0.01$)であった。

Fig. 7に骨粗鬆症および慢性関節リウマチに関するCT02とCT20の関係を示す。縦横の直線はFig. 6のものと全く同じである。健康者の範囲にはいる症例は骨粗鬆症の3例(4.2%)と慢性関節リウマチの3例(7.0%)のみであり、他の症例はすべてCT02またはCT20、あるいは両方とも健康者の(平均値-標準偏差)より低い値を示している。CT02, CT20ともに慢性腎不全の手術群と同程度の値を示す症例が骨粗鬆症で20例(28%)、慢性関節リウマチで11例(26%)あった。また、CT20が慢性腎不全(透析・手術)の平均値より低い値を示す症例数は、骨粗鬆症で2例(2.8%)に対し、慢性関節リウマチでは6例(14%)であり、慢性関節リウマチではCT20が極端に低下する症例がある事を示していた。CT20が低い値を示すこれらの数例を除けば、骨粗鬆症と慢性関節リウマチの間にほとんど差は認められない。慢性腎不全の場合と異なって、CT02の値が低下傾向にあるものは、CT20の値も低下傾向を示す症例が多い。相関係数は、骨粗鬆症で0.47 ($p < 0.01$)、慢性関節リウマチで0.57 ($p < 0.01$)であった。

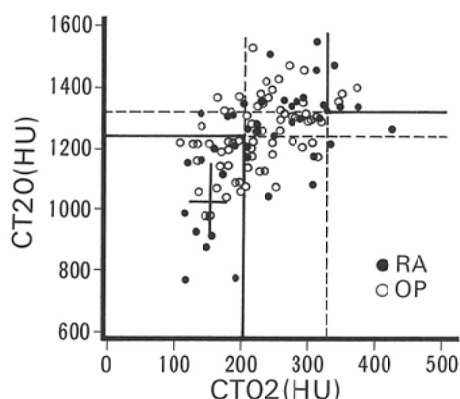


Fig. 7 The scatter diagram correlating the CT numbers, CT20 and CT02, for rheumatoid arthritis (RA) and primary osteoporosis (OP). The right-angled lines in the right upper and left lower parts indicate the same values as in Fig. 6.

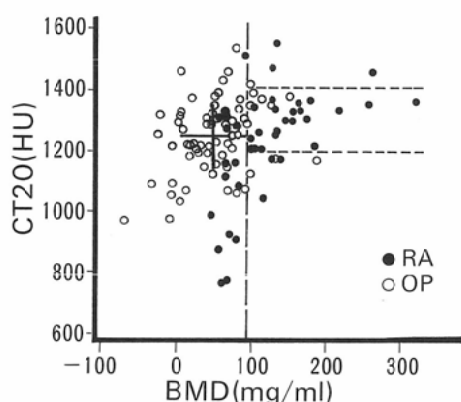


Fig. 8 The scatter diagram correlating the CT number (CT20) and the bone mineral density of L3 (BMD in CaCO_3 , mg/ml) for rheumatoid arthritis (RA) and primary osteoporosis (OP). The large cross indicates the mean values for OP, and the vertical broken line indicates the value of mean plus one standard deviation of BMD for OP. The horizontal dotted lines indicate the values of mean plus and minus one standard deviation of CT20 for RA.

Fig. 8に骨粗鬆症および慢性関節リウマチに関するCT20とL3のBMD値との関係を示す。骨粗鬆症はBMDの低値側に多く、右上がり分布しているのに対して、慢性関節リウマチはBMDの高値側に多く、左上方に角のある逆L字型に分

布しており、両疾患の分布状態の違いが明瞭に認められる。相関係数は、骨粗鬆症で0.32 ($p < 0.01$)、慢性関節リウマチで0.51 ($p < 0.01$)であった。図中の大きな十字は骨粗鬆症の平均値 (50.4 mg/ml, 1,249HU)を示し、縦の破線は同じく骨粗鬆症のBMD値の (平均値+標準偏差) (95.1 mg/ml)を示している。この縦線を境として慢性関節リウマチの症例を2つの群に分け、CT20の平均値および標準偏差をそれぞれ求めたところ、境界線の右側 (A群)では $1,299 \pm 104$ HU、左側 (B群)では $1,110 \pm 217$ HUで、その差は約190HUであった。図中の点線はA群のCT20の (平均値±標準偏差)を表している。A群のCT20の値は27例中19例が骨粗鬆症の平均値より高い値を示し、ばらつきも少ないのに対し、B群では、L3のBMD値は1例を除いて骨粗鬆症の平均値より高い値を維持しているにもかかわらず、CT20の値は16例中10例が骨粗鬆症の平均値より低い値を示し、ばらつきも大きい。

考察および結論

第3腰椎椎体海綿質に関する骨塩量の健常者データはいくつか報告されているが^{11)~16)}、B-MASファントムを用いてTCT/900Sで測定した健常者データはまだ見当らない。筆者らは、Quantex(横河製)と同付属のBMDパッケージを用いて、健常者の第3腰椎椎体海綿質のBMD値を測定し、男女別の年齢依存性に関する標準値データを報告した¹²⁾。本報告を書くにあたり、基礎的な実験的検討を加え、QuantexのBMDパッケージによる測定値とTCT/900SとB-MASファントムによる測定値との関係式を求めて、Fig. 1に示した骨粗鬆症および慢性関節リウマチに関する第3腰椎椎体海綿質のBMD値をQuantexのBMDパッケージによる標準値と比較した。その結果、骨粗鬆症のBMD値は標準値の (平均値-2×標準偏差) 付近を中心として平均値より低い範囲に分布していた。一方、慢性関節リウマチのBMD値はほぼ標準値の (平均値±2×標準偏差) の範囲内に分布していた。すなわち、L3のBMD値は、骨粗鬆症では健常者より有意に低下し骨代謝異常の指標として有用であるが、慢

性関節リウマチでは健常者と有意差がなく有用な指標とはなり得ない。

大腿骨外顆部海綿質のCT値(CT02)は、Fig. 6およびFig. 7に示したように、いずれの疾患においても健常者データより低い値を示しており、骨代謝異常の指標となり得る。

大腿骨骨幹部皮質のCT値(CT20)は、慢性腎不全(非透析)を除けば、いずれの疾患においても健常者データより低い値を示しており、年齢依存性やばらつきも少なく、骨代謝異常の良い指標となり得る。特に、慢性関節リウマチの60歳以上の症例や慢性腎不全(透析)では、CT20の値が極端に低下した症例があり、これらの症例では骨の脱灰化がかなり進行していると推察される。なお、慢性関節リウマチでCT20が低い値を示す6例の罹病期間は15~264ヵ月(平均122ヵ月)であり、CT20と罹病期間との間に相関がない事が再確認された。

これらを疾患中心にまとめると、骨粗鬆症では、いずれの測定値も骨代謝異常の指標となり得るが、L3のBMD値だけでも充分であろう。慢性関節リウマチでは、CT20およびCT02が骨代謝異常の指標となり得るが、60歳以上の症例ではCT20が重要である。慢性腎不全では、CT20およびCT02がその指標となり得る。特に、CT20は、非透析群では有用でないが、透析群では重要な意味を持っている。一般に、CT20は骨代謝異常の初期の段階ではほとんど健常者と差がないが、進行した段階で重要な意味を持つようになり、そのデータの信頼性は高い。最後に、疾患と測定部位の関

係を骨塩量評価の有用性の観点からまとめて、Table 3に示した。

結 語

(1) 大腿骨骨幹部皮質および大腿骨外顆部海綿質のCT値(CT20およびCT02)と第3腰椎椎体海綿質のBMD値をQCT法により測定した。

(2) 対象は慢性関節リウマチ(女性43例)、骨粗鬆症(女性71例)、慢性腎不全(非透析、女性20例)、慢性腎不全(透析、男女37例；副甲状腺摘出術適応となった13例を含む)および健常ボランティア(男女10例)である。

(3) CT20は慢性関節リウマチにおいて年齢と高い相関を示した。CT02およびBMD値は慢性関節リウマチおよび骨粗鬆症において年齢と高い相関を示した。

(4) 全年齢を通じて、CT02は慢性関節リウマチの方が骨粗鬆症より低い値を示し、BMD値は骨粗鬆症の方が慢性関節リウマチより低い値を示した。

(5) CT20およびCT02は慢性関節リウマチにおいて罹病期間と有意の相関を示さなかったが、慢性腎不全(透析、男性)において透析期間と高い相関を示した。

(6) 慢性腎不全(副甲状腺摘出術適応)のCT20およびCT02の値はその他の慢性腎不全より有意に低下していた。

(7) 骨塩量評価の有用性の観点から、疾患と測定部位の関係をTable 3に示した。

稿を終えるにあたり、多大なご協力をいただいた北里大学病院および同東病院放射線部の立平親人、村山 弘、坂本優氏をはじめとする放射線技師の方々に深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) Wilson CR, Madsen M: Dichromatic absorptiometry of vertebral bone mineral content. Invest Radiol 12: 180-184, 1977
- 2) 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
- 3) 福永仁夫, 友光達志, 森田陸司: DEXA 法, 臨床放射線, 35: 41-48, 1990
- 4) 串田一博, 傳田正史, 藤原敏弘, 他: Quantitative

Table 3 Comparative significance of three measurements in four conditions of metabolic bone disorder

Diseases	BMD	CT02	CT20
Primary osteoporosis	◎	○	○
Rheumatoid arthritis	×	○	◎(*)
Chronic renal failure (nondialyzed)	--	○	×
Chronic renal failure (hemodialyzed)	--	○	◎

* : especially useful for women older than 60 years.

◎ : very significant, ○ : significant,

× : insignificant, -- : unexamined

- Digital Radiography による骨塩量の測定, 映像情報 (M), 21: 955—958, 1989
- 5) 片桐 誠, 原田種一, 福永仁夫, 他: 腎性上皮小体機能亢進症患者における Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) を用いた橈骨および腰椎の骨塩量の検討. 第9回腎と骨代謝研究会抄録集, p20, 1990
 - 6) Riggs BL, Wahner HW, Dunn WL, et al: Differential changes in bone mineral density of the appendicular and axial skeleton with aging; relationship to spinal osteoporosis. J Clin Invest 67: 328—335, 1981
 - 7) Richardson ML, Pozzi-Mucelli RS, Kanter AS, et al: Bone mineral changes in primary hyperparathyroidism. Skeletal Radiol 15: 85—95, 1986
 - 8) 桜井清子, 松林 隆, 有富 寛, 他: 長期間にわたる骨代謝異常における骨皮質の骨塩量測定の有用性, 日本医放会誌, 50: 81—83, 1990
 - 9) 桜井清子, 丸茂文昭, 岩波 茂, 他: 大腿骨 CT スキャンによる腎性骨異常栄養症の評価, 日本医放会誌, 47: 813—820, 1987
 - 10) Sakurai K, Marumo F, Iwanami S, Uchida H, Matsubayashi T: Quantitative computed tomographic evaluation of femoral bone mineral content in renal osteodystrophy compared with radial photon absorptiometry. Invest Radiol 24: 375—382, 1989
 - 11) Genant HK, Cann CE, Pozzi-Mucelli RS, et al: Vertebral mineral determination by quantitative CT: Clinical feasibility and normative data. J Comput Assist Tomogr 7: 554, 1983
 - 12) 桜井清子, 松林 隆, 立平親人, 他: CT スキャナ Quantex 付属 BMD パッケージによる脊椎骨骨塩量の測定 (SEQCT); 第3腰椎体海綿質の骨塩量 (Ca-HAP 相当量) の健康人年齢変化, 映像情報 (M), 22: 845—849, 1990
 - 13) Fujii Y, Tunenari T, Tutumi M, et al: Quantitative computed tomography: Comparison of two calibration phantoms. J. Bone and Mineral Metab 6: 71—74, 1988
 - 14) Firooznia H, Golimbu C, Rafii M, et al: Quantitative computed tomography assessment of spinal trabecular bone; age-related regression in normal men and women. J Comput Tomogr 8: 91—97, 1984
 - 15) 伊東昌子, 林 邦昭, 山田直之: Dual Energy Quantitative CT (DEQCT) を用いた Bone Mineral Density (BMD) 測定法の実験的, 臨床的検討, 日本医放会誌, 49: 999—1008, 1989
 - 16) 鈴木 聡, 奥村秀雄, 山本逸雄: QCT 法, 臨床放射線, 35: 49—56, 1990