



Title	大腿骨CTスキャンによる腎性骨異栄養症の評価
Author(s)	桜井, 清子; 丸茂, 文昭; 岩波, 茂 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1987, 47(6), p. 813-820
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17502
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

大腿骨 CT スキャンによる腎性骨異栄養症の評価

北里大学医学部放射線科、内科*, 外科**

桜井 清子 丸茂 文昭* 岩波 茂

内田 久則** 松林 隆

(昭和61年9月25日受付)

(昭和61年11月20日最終原稿受付)

The Evaluation of the Bone Mineral Content in Renal Osteodystrophy by the CT-Numbers of the Mid-Shaft and Lateral Condyle of the Femur

Kiyoko Sakurai, Fumiaki Marumo*, Shigeru Iwanami,

Hisanori Uchida** and Takashi Matsubayashi

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

Research Code No. : 501

Key Words : CT, Bone mineral content, Femur, Renal osteo-
dystrophy

To estimate the bone mineral content in patients with chronic renal failure, the CT-scans of the femurs together with calibration phantoms were taken. Two levels (at 20 cm and 2 cm proximal to the distal end of the femur) were scanned, and the CT-numbers of cortical bone of the mid-shaft (CT20) and of spongy bone of the lateral condyle (CT02) were calculated. The materials of phantoms used to calibrate the CT-numbers were aluminium and teflon for the mid-shaft, and the solution of 40 g K₂HPO₄ in 100 ml of H₂O and acrylic acid resin for the lateral condyle. The examined subjects were 47 patients nondialyzed or hemodialyzed for less than 1 month (group-I), 28 patients hemodialyzed for more than 1 month (group-II) and 10 healthy volunteers (group-III). To estimate the reproducibility, the volunteers (group-III) were examined twice within three months. The means of CT20 and CT02 of them were 1677 and 424 (HU), and the mean differences of the two examinations were 29 and 15 (HU), respectively. The CT-numbers of group-II correlated significantly to the duration of hemodialysis ($r=-0.63$, $p=0.0004$ for CT20, and $r=-0.63$, $p=0.0007$ for CT02). The CT-numbers of group-II may become significantly lower than those of group-III after 45 months of hemodialysis for CT20, and 21 months of hemodialysis for CT02. The change of the mineral content equal to the ambiguity based on the reproducibility may occur in 16 months for CT20, and 10 months for CT02. The correlation coefficients between the CT-numbers and the age in group-I were -0.11 ($p=0.49$) for CT20, and -0.52 ($p=0.0002$) for CT02. The sex difference in group-I was not significant for CT20, but CT02 of females was significantly lower than that of males. These results indicate that the CT-numbers of the femurs can be used to quantitatively estimate the bone mineral content, and it is recommended to examine the CT-numbers, especially CT02, once or twice a year, for evaluating the progression of renal osteodystrophy.

はじめに

慢性腎不全に対する血液透析の普及とともに、長期透析患者の数が増加している。慢性腎不全ではビタミンD、副甲状腺ホルモン等の代謝異常があり、この状態が長期化すると腎性骨異常症となり骨塩量が減少していく。しかし、今のところ、腎性骨異常症に対する治療法も評価法も確立されていない。治療法を確立するためには、まず評価法の確立が必要である。

現在、比較的多く用いられている骨塩定量法は光子吸収法で、橈骨遠位1/3位置の¹²⁵I ガンマ線吸収を測定するBMA法¹⁾²⁾、およびアルミニウム・ステップを写し込んだ手掌のX線写真から第II中手骨の各種インデックスを計算するMD法³⁾、等があるが、いずれもかなり高価な専用の装置を必要とするうえ、これらの骨が全身の骨の状態を充分に反映しているという確証はない。また、最近では、¹⁵³Gd 線源からの44keV-X線および100keV ガンマ線の吸収法による腰椎あるいは大腿骨近位部測定用の装置も開発されている^{4)~6)}。

一方、CTスキャナによる方法も検討されており、骨塩量測定を目的とした¹²⁵I ガンマ線による前腕骨用CTスキャナ⁷⁾⁸⁾や、¹⁵³Gd 線源を用いた脊椎骨用CTスキャナ⁹⁾などが試作された。また、通常のX線CTスキャナで管電圧120kVおよび80kVで測定し、骨塩量を求める方法も検討されたが、単一の管電圧で得られた結果に比べて、精度(accuracy)は改善されるが精度(precision)は悪くなることがわかった¹⁰⁾。現在、通常のX線CTスキャナを使用し、ファントーム同時撮像法により腰椎の骨塩量分析を行なうQCT法¹¹⁾が徐々に普及しつつある。CTスキャナをすでに持っている施設では容易に実施できる方法ではあるが、この方法は被曝線量が高いから、慢性腎不全のように比較的若い患者も多く含まれる疾患には不適当である。

北里大学病院では4年前から慢性腎不全を対象として、X線CTスキャナを用い、ファントーム同時撮像法により大腿骨の骨塩量分析を行なってきた。その方法および初期の結果についてはすでに報告したが¹²⁾¹³⁾、その後ファントームの構造、

データ解析の方法などを改善し、骨CT値の透析期間との関連、年齢および性別依存性、再現性、感度などに関する基礎データがまとまつたのであらためて報告する。

対象および方法

対象は慢性腎不全で、非透析または血液透析1ヵ月未満47例を第I群、血液透析1ヵ月以上28例を第II群とし、さらに健常者10例を第III群とした(Table 1)。

CTスキャナはGE社製のCT/T 8800モデルX IIで、使用管電圧は120kVである。撮像位置は大腿骨遠位端から2cm(頸部)および20cm(骨幹部)で、スライス厚は10mm、ピクセルサイズは1.1×1.1(mm)²である。CT値較正用のファントームを両大腿の中央にのせ、できるだけ正三角形に近い形にしてベルトで固定し、その中心がCTスキャナの中心軸に一致するように目測でベッドの高さを調整する。はじめにスカウトビューを撮り、大腿骨遠位端を確認した後、2cmおよび20cmの位置でCT像を撮る。

ファントームは頸部測定用のファントームIVと骨幹部測定用のファントームIIIがあり、いずれも主体はアクリル樹脂でできており、外径はそれぞれ110mm、120mmで、長さは150mmである。この大きさのアクリル樹脂円柱はかなり重いため、実際に撮像される中央部の60mmを有効長として残し、両側はくり抜いてある(Fig. 1)。骨に相当する部分の素材および構造をTable 2に示す。

Table 1 The classification of the examined patients with chronic renal failure and the healthy volunteers

Group	Number (Male) (Female)	Age (years)	Character
I	27*	20 (44±10)	nondialyzed or hemodialyzed for less than 1 month
II	20**	8 (44±10)	hemodialyzed for more than 1 month
III	9	1 (43±6)	healthy

*:**One measurement for the condyle was missing in each of group-I and group-II, because of using an inappropriate phantom.

Table 2 The construction of the calibration phantom

	Radii (mm)	Materials
Phantom-III (for mid-shaft)	0.0—5.5	Polyethylene
	5.5—7.5	Acrylic acid resin
	7.5—10.2	Teflon
	10.2—11.5	Aluminium
	11.5—13.5	Teflon
	13.5—60.0	Acrylic acid resin
Phantom-IV (for condyle)	0.0—17.0	The solution of 40g of K_2HPO_4 in 100ml of H_2O
	17.0—55.0	Acrylic acid resin

Total length=150mm

Effective length=60mm

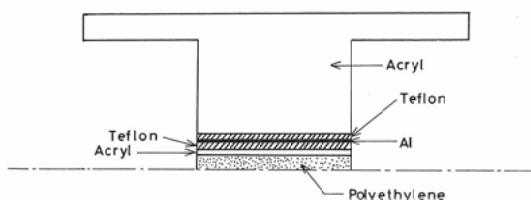


Fig. 1 A diagramed longitudinal section through the central axis of phantom-III.

画像解析

画像解析にはヒューレット・パッカード社製の汎用コンピュータ HP-1000を使用し、フォートラン77でプログラミングを行なった。一般に、画像解析を完全に自動化しようとすると膨大な量のプログラミングが必要となるため、本法では、グラフィック・ターミナルを用い、解析する部分を表示しながら、会話形式で進めてゆく方法を採った。

i) 骨幹部皮質骨およびファントームIIIのCT値

Fig. 2(a)は大腿骨遠位端より20cm位置のCT像である。このCT像からは図中に点線で示されている閉曲線上のCT値の平均を求める。

Fig. 2(b)に示すように、明らかに皮質骨と考えられるCT値の高い点を出発点P1とする。P1の周囲8点のうち最大のCT値をもつ点をP2とする。つぎに、P1からP2へ向かう方向およびそれに隣接する方向にある3点のうち最大CT値を持つ点をP3とする。このように、3方向の中でCT値が最大である点を順次結んで得られる閉曲線上のCT値の平均を骨幹部皮質骨(cortical bone,

以下C.B.と略す。)のCT値 CT(C.B.)とする。

ファントームのアルミニウムのCT値 CT(Al)は皮質骨のCT値と全く同様に求める。つぎに、テフロンのCT値 CT(TF)の求め方を示す。テフロン部分のCT値は半径方向に大きく変化し、円周方向には変化しないことを考慮して、Fig. 2(c)に示す計算方法で微分画像をつくる。すなわち、隣接する8点に対して計算された4方向のCT値の差(A1, A2, A3, A4)のうち、最大のものと最小のものの差(D22)をその点の値としてもつような画像である。この微分画像上で、皮質骨のCT値を求める時と同様に微分値の高い点を順次結んで閉曲線を求め、その閉曲線上にある点のCT値の平均をCT(TF)とする。なお、テフロンはアルミニウムの内側と外側にあるが、較正用としては外側のテフロンを用いた。

ii) 外頸部海綿骨およびファントームIVのCT値

Fig. 3は大腿骨遠位端より2cm位置のCT像である。外頸部中央よりやや後方のCT値の高い部分に直径11ピクセルの円形の関心領域を設定し、その領域内の平均CT値を求める。この時、円形の関心領域の中心点を11×11個のピクセルに設定し、それぞれの円形領域内のCT値の平均(MEAN)および標準偏差(SD)を求める。さらに、MEAN/SDを計算する。そして、MEAN/SDの値が最大となるような円形領域内の平均CT値を外頸部海綿骨(spongy bone, 以下S.B.と略す。)のCT値 CT(S.B.)とする。

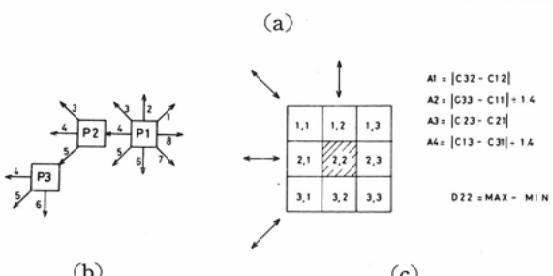
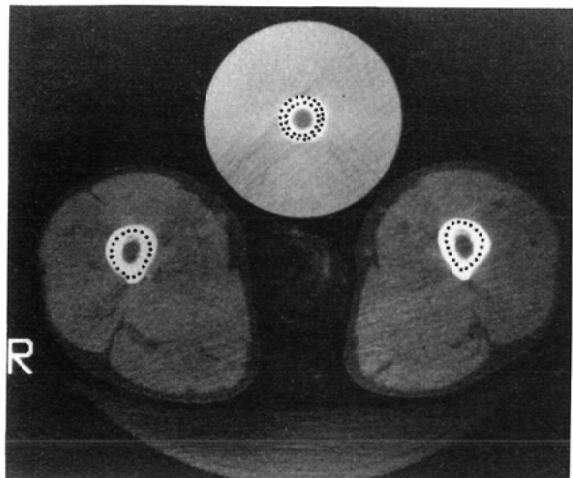


Fig. 2 An example of the CT-image of the mid-shafts of the femurs and the illustration of the analysis. (a) A CT-image of the mid-shafts of the femurs together with a phantom-III. The mean CT-numbers along the closed orbits on the right and left cortical bones, aluminium (Al) and teflon (TF) ((CT (C.B.), CT (Al) and CT (TF)) were calculated. Then, the CT-number of the cortical bone CT20 was obtained by calibrating CT (C.B.) with the equation $CT' (C.B.) = (CT (C.B.) - CT (TF)) / (CT (Al) - CT (TF)) \times 886 + 880$ and averaging the calibrated CT-numbers CT' (C.B.) for the right and left femurs. (b) The extraction of a closed orbit. Firstly, one of the points certainly located on the cortical bone (or aluminium, teflon) is selected for the first point P1. The second point P2 is the point with the maximum CT-number among the 8 points adjacent to P1. The third point P3 is the point with the maximum CT-number among three forward directions. Then, a closed orbit is obtained by iterating to link the last point to the next point with the maximum CT-number among three forward directions. (c) The construction of a differential image for the extraction of a closed orbit on teflon. C_{ij} represents the CT-number of the point (i, j). MAX and MIN represent the maximum and minimum of A1, A2, A3 and A4. Then, D22 is the value of the point (2, 2) on the differential image.

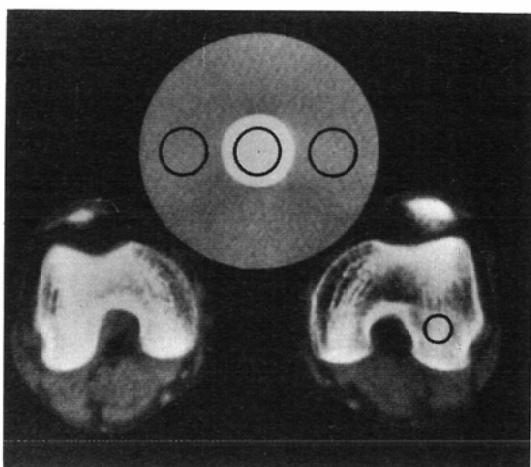


Fig. 3 An example of the CT-image of the condyles of the femurs together with a phantom-IV. The mean CT-numbers within the circles on the right and left spongy bones, aqueous solution of K_2HPO_4 (K40) and acrylic resin (A) (CT(S.B.), CT(K40) and CT(A)) were calculated. Then, the CT-number of the spongy bone CT02 was obtained by calibrating CT(S.B.) with the equation $CT' (S.B.) = (CT (S.B.) - CT (A)) / (CT (K40) - CT (A)) \times 402 + 119$ and averaging the calibrated CT-numbers CT' (S.B.) for the right and left femurs. The circles for CT(K40) and CT(A) were fixed. The circle for CT(S.B.) was able to be shifted within the lateral condyle, and the maximum CT-number was accepted as CT(S.B.).

ファントームのリン酸カリウム水溶液部分の CT 値 CT (K40) はファントームの中心を中心とする直径19ピクセルの円形領域内の平均 CT 値である。アクリル樹脂の CT 値 CT (A) はファントームの中心から左右に32ピクセル離れた点を中心とする直径19ピクセルの円形領域内の平均 CT 値を左右について平均した値である。

iii) 骨 CT 値のファントーム CT 値による補正
このようにして得られた骨の CT 値はファントームの CT 値を用いて、次式により補正する。

骨幹部皮質骨の補正された CT 値

$$CT20 = \frac{CT (C.B.) - CT (TF)}{CT (Al) - CT (TF)} \times 886 + 880$$

外頸部海綿骨の補正された CT 値

$$CT02 = \frac{CT (S.B.) - CT (A)}{CT (K40) - CT (A)} \times 402 + 119$$

Table 3 The standard CT-numbers used for calibrating the CT-numbers of the cortical and spongy bones

Phantom	Material	Symbol	Standard CT-number (MEAN±S.D.)
Phantom-III (for mid-shaft) (n*=48)	Teflon	CT(TF)	880±23
	Aluminium	CT(AI)	1766±31
		CT(AI)-CT(TF)	886±28
Phantom-IV (for condyle) (n*=39)	Acrylic acid resin	CT(A)	119±12
	The solution of 40g of K ₂ HPO ₄ in 100ml of H ₂ O	CT(K40)	521±10
		CT(K40)-CT(A)	402±7

*The letter 'n' represents the number of the measurements used for obtaining the standard CT-numbers.

すなわち、理想的な CT 検査ではテフロン、アルミニウム、アクリル樹脂およびリン酸カリウム水溶液がそれぞれ一定の CT 値を示すと考え、これらを基準として直線内挿法により補正する。基準値は実際の測定例から、最初の48例（骨幹部）および39例（外頸部）の平均値として求めた (Table 3)。例数が一致しないのは、途中で行なったファントーム改善の時期がずれているためである。

なお、各被検者のデータとしては、左右の大転骨について平均した値を用いた。

結 果

測定値の再現性および左右差について検討するために、10名の健常者（III群）を対象として、3ヵ月以内に2回づつの測定を行なった。2回の測定値の差を10人について平均した値およびその標準偏差を Table 4 の第2列にまとめた。今後、この平均値を再現性精度と呼ぶことにする。また、2回の測定値の差の平均に対する割合を10人について平均した値を第3列に示した。左右差についても同様に、延べ20回の測定における左右差の平均値およびその標準偏差を Table 5 の第2列に、また、左右差の左右平均に対する割合を20回の測定について平均した値を第3列に示した。

Fig. 4 は I 群データにおける年齢および性別への依存性を示している。CT 値と年齢との相関係数は CT20 で -0.35 (p=0.016), CT02 で -0.52 (p=0.0002) であり、CT20 については57歳以下に限れば -0.11 (p=0.49) であった。性別依存性については、回帰直線の上側と下側の男性と

Table 4 The reproducibilities. The column 'Absolute' represents the mean and the standard deviation of the differences between the CT-numbers of the first and second examinations within three months about ten volunteers (group-III). The column 'Relative' represents the mean of the above-mentioned differences relative to the mean CT-numbers of each two examinations.

	Absolute (MEAN±S.D.)	Relative (MEAN)
CT20	29±23 (HU)	1.8 (%)
CT02	15±15	3.6

Table 5 The differences between the CT-numbers of the right and left femurs. The column 'Absolute' represents the mean and the standard deviation of the differences between the CT-numbers of the right and left femurs about ten volunteers (group-III). The column 'Relative' represents the mean of the above-mentioned differences relative to the mean CT-numbers of the right and left femurs of each volunteer.

	Absolute (MEAN±S.D.)	Relative (MEAN)
CT20	31±20 (HU)	1.8 (%)
CT02	17±10	3.9

女性の数にもとづいて、分割表による χ^2 検定を行なった結果、CT20 では男女差なし ($p>0.5$)、CT02 では男女差あり ($p<0.01$) であった。CT02 で男女別に回帰直線を求める

$$\text{男性では } CT02 = 547 - 4.75 \times \text{AGE (年)}$$

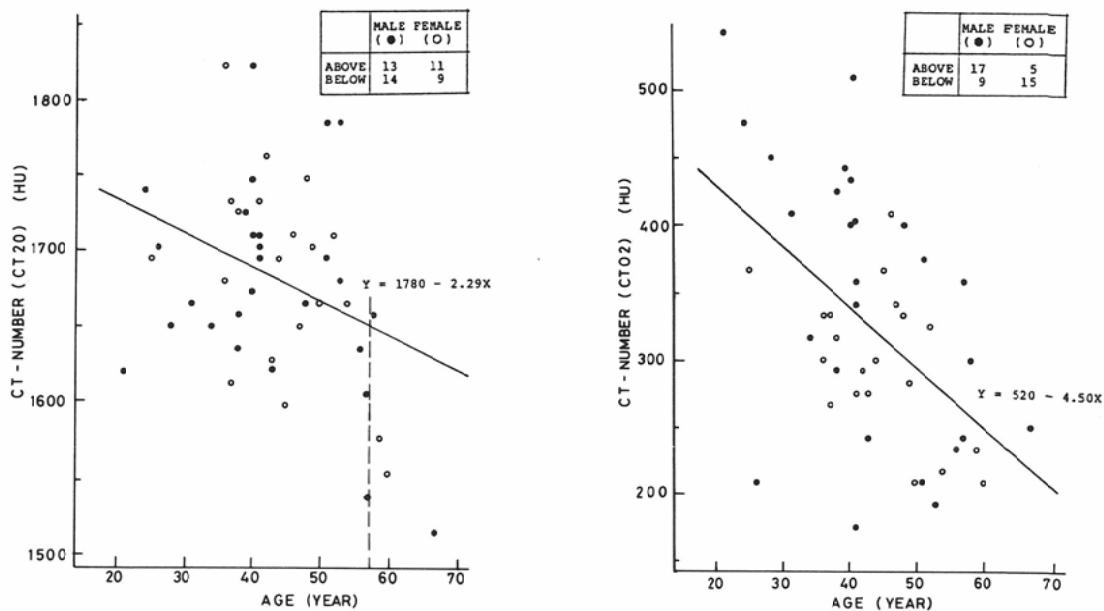


Fig. 4 The correlations between the CT-number and the age in group-I. The figures in the right upper corners represent the numbers of points for male and female located above and below the regression lines, respectively.

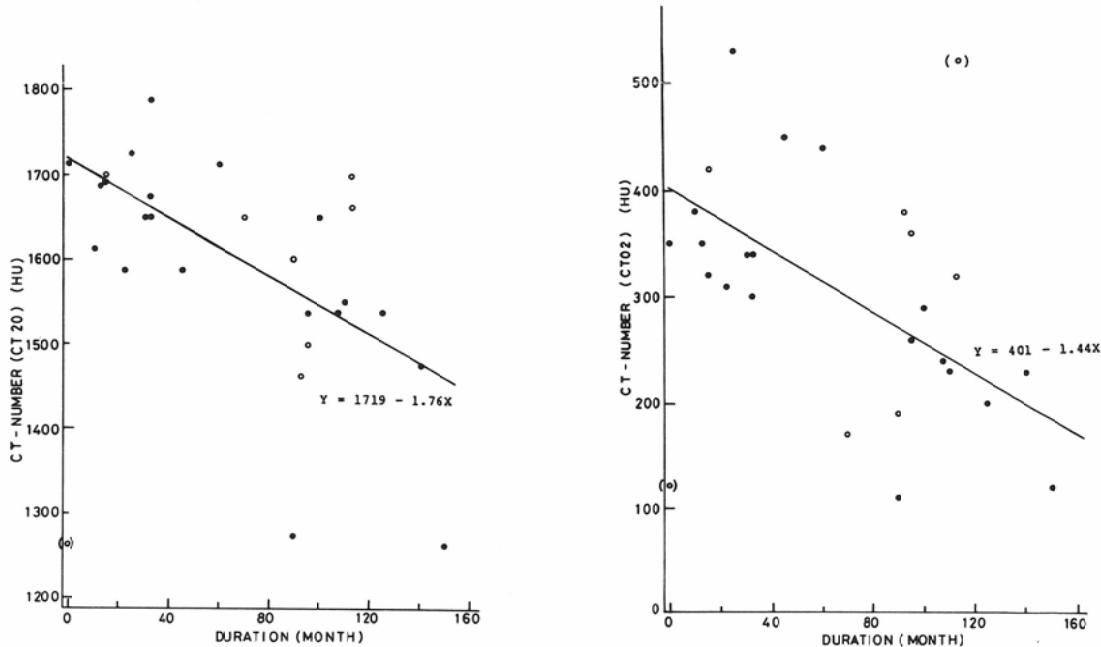


Fig. 5 The correlations between the CT-number and the duration of hemodialysis in group-II. The data in brackets were excluded from the statistical analysis.

女性では $CT02 = 444 - 3.27 \times AGE$ (年)
となった。したがって、 $CT02$ の値が再現性精度に等しい変化を生ずるには男性で3.2年、女性で4.6年を要することになる。

Fig. 5はII群における CT 値と透析期間との関係を示している。相関係数は $CT20$ で -0.63 ($p=0.0004$)、 $CT02$ で -0.63 ($p=0.0007$)であり、回帰直線は

$$CT20 = 1719 - 1.76 \times DURATION$$
 (月)

$$CT02 = 401 - 1.44 \times DURATION$$
 (月)

であった。ところで、III群における CT 値の平均および標準偏差は $CT20$ で 1677 ± 38 、 $CT02$ で 424 ± 53 であるから、血液透析を受けている患者の CT 値が健常人の(平均一標準偏差)より低い値になるのは $CT20$ で透析開始後45カ月、 $CT02$ で同じく21カ月である。また、再現性精度に等しい変化を生ずるのに $CT20$ では16カ月を要するのに対して、 $CT02$ では10カ月であり、 $CT02$ の方が感度が良い。

また、II群データにおける CT 値と年齢との相関係数は $CT20$ で -0.26 ($p=0.18$)、 $CT02$ で -0.24 ($p=0.23$)であり、 CT 値と年齢との間に有意の相関は認められず、むしろ透析期間への依存性の方がはるかに高いことを示している。なお、このグループでは女性の症例数が少ないため、性別依存性の検討は行なっていない。

ファントームを用いることにより CT 値の変動による誤差がどの程度減少しているかを推定するために、次のようなシミュレーション計算を行なった。すなわち、仮にIII群の平均 CT 値($CT20 = 1677$ 、 $CT02 = 424$)に等しい CT 値をもつ物質をくり返し測定するとした場合にどのような CT 値が得られるかを、実際の測定で得られたファントームの CT 値を前節の補正用の式に代入し逆算することにより、推定した。その結果、 CT (C.B.)および CT (S.B.)の平均値と標準偏差はそれぞれ 1677 ± 29 および 424 ± 10 となった。また、これらのデータを前半測定分と後半測定分に分け、前半のデータからファントーム物質の標準 CT 値を求め、後半のデータでシミュレーション計算を行なうとそれぞれ 1671 ± 30 および 421 ± 11 となった。

考察および結語

多くの診療施設において日常的に使われている全身用 CT スキャナを用い、ファントーム同時撮像法により、大腿骨骨塩量分析を行なった。大腿部は軀幹部に比べて構造が簡単であるから被検者による差が少ないとえ、遠位半分に限っているため生殖腺への影響も少なく且つ無侵襲であるから経時的变化をみるのに適している。また、Barnett, E.およびNordin, B.E.C.の報告¹⁴⁾によれば、大腿骨の骨塩量は全身の骨塩の状態を反映しており、骨異栄養症の評価に有用であると考えられる。

前節のシミュレーション計算によればファントームの同時撮像により $CT20$ で ± 30 、 $CT02$ で ± 10 程度の変動による誤差を除去することができる。この計算に用いたデータは比較的短期間の検査により得られたものであるが、長期間にわたるデータを用いればこの変動の大きさはさらに大きくなるであろう。また、同一のファントームを用い、測定条件を同一にすれば、別の CT スキャナによる検査結果を直接比較することも可能である。なお、一部の被検者では左右の大腿骨の先端が一致しないため、位置による影響の大きい $CT02$ では 1.5mm 以上の差がある場合に限り、左右独立に検査を行なった。 $CT20$ では位置の多少の違いは問題にならないので、常に左大腿骨の先端を基準にして位置決めを行なった。

皮質骨と海綿骨を比較した場合、海綿骨の方が速く変化が現われることはよく知られているが、本法においても、 $CT20$ の低下が顕著になるのは透析開始後約4年であるのに対して、 $CT02$ では約2年であった。したがって、骨塩量の僅かな減少を速やかに検出するには $CT02$ の方が適している。 $CT02$ の再現性精度は10カ月分の変化に相応しているから、1年に1回の割合で検査を行なえば充分であろう。しかし、 $CT02$ では男女差、年齢依存性があるから、標準的な値との比較を行なう場合には注意を要する。

最近の文献¹⁵⁾によれば、腎性骨異栄養症では骨塩量の変化はすべての骨について一様に起るのでなく、ある部位では顕著な減少があつても、別の部位ではほとんど変化していない場合もあるこ

とが指摘されている。すなわち、特定の部位の骨塩量を測定しただけでは不充分であり、いくつかの骨について測定して総合的に判断する必要がありそうである。また、今回の患者データはすべて異なる患者から得られたものであったが、今後、特定の患者の追跡データが得られるならば、腎性骨異常症の病態の把握はより一層信頼できるものとなろう。

稿を終るにあたって、ファントーム設計、データ採取など終始ご協力いただいた北里大学病院放射線部の村山弘、立平親人、石井利文氏らをはじめとする技師の方々およびコンピュータのプログラミングにご協力いただいた明治大学計算センターの町田富夫氏に深く感謝の意を表します。

また、コンピュータ使用に際して北里大学医学部総合研究費（No. 83501）のご援助をいただきました。

文 献

- 1) Cameron JR, Sorenson J: Measurement of bone mineral in vivo: An improved method. *Science* 142: 230-232, 1963
- 2) 白木正孝, 折茂 肇: 〈シンポジウム〉骨量測定の諸問題: Bone mineral analyzer. *骨代謝*, 14: 105-116, 1981
- 3) 井上哲郎, 串田一博, 山下源太郎: 〈シンポジウム〉骨量測定の諸問題: 手部X線像による方法. *骨代謝*, 14: 91-104, 1981
- 4) Wilson CR, Madsen M: Dichromatic absorptiometry of vertebral bone mineral content. *Invest Radiol* 12: 180-184, 1977
- 5) Wahner HW, Dunn WL, Riggs BL: Assessment of bone mineral. Part 2. *J Nucl Med* 25: 1241-1253, 1984
- 6) 友光達志, 福永仁夫, 大塚信昭, 曽根照喜, 永井清久, 小野志磨人, 古川高子, 柳元真一, 村中 明, 森田陸司, 鳥塚莞爾: ガンマ・カメラによる Dual Photon Absorptiometry 装置の開発, 核医学, 23: 499-503, 1986
- 7) Rüeggsegger P, Anliker M, Dambacher M: Quantification of trabecular bone with low dose computed tomography. *J Comput Assist Tomogr* 5: 384-390, 1981
- 8) Hangartner TN, Overton TR: Quantitative measurement of bone density using gamma-ray computed tomography. *J Comput Assist Tomogr* 6: 1156-1162, 1982
- 9) Boyd DP, Cann CE, Couch JL, Faul DD, Gould RG, Peschmann KR, Genant HK: Second international workshop on bone and soft tissue densitometry using computed tomography: Future advanced CT technology for bone and tissue densitometry: isotope source and electron beam scanners. *J Comput Assist Tomogr* 6: 202, 1982
- 10) Genant HK, Boyd D: Quantitative bone mineral analysis using dual energy computed tomography. *Invest Radiol* 12: 545-551, 1977
- 11) Cann CE, Genant HK: Precise measurement of vertebral mineral content using computed tomography. *J Comput Assist Tomogr* 4: 493-500, 1980
- 12) 桜井清子, 岩波 茂, 堀池重治, 松林 隆, 中村瑞穂, 島田 肇, 丸茂文昭: CT 値による慢性腎不全患者の大脛骨骨塩量分析. 日本医学会誌, 44: 1141-1150, 1984
- 13) Marumo F, Sakurai K, Sato N, Shimada H, Iwanami S: Deranged mineral content in the bone of patients with chronic renal failure, estimated by computed tomography. *Int J Artif Organs* 8: 95-100, 1985
- 14) Barnett E, Nordin BEC: Symposium on radiological assessment of bone density: The clinical and radiological problem of thin bones. *British J Radiology* 34: 683-692, 1961
- 15) Richardson ML, Pozzi-Mucelli RS, Kanter AS, Kolb FO, Ettinger B, Genant HK: Bone mineral changes in primary hyperparathyroidism. *Skeletal Radiol* 15: 85-95, 1986