

原 著

Dual energy x-ray absorptiometry による  
ヒト下顎骨骨塩定量に関する研究

佐藤重信

岩手医科大学歯学部口腔外科学第二講座

(主任: 関山三郎教授)

[受付: 1990年12月20日]

**Abstract:** Preliminary evaluation of the performance of dual energy x-ray absorptiometry (DEXA) demonstrated a number of benefits for application to the mandible: excellent accuracy, good replication, little effect on absorption by soft tissues and little influence of the distance between the bone and the scanning table. DEXA measurement of the bone mineral density (BMD) was undertaken in 211 normal volunteers (104 males and 107 females) and 48 hemodialysis patients (29 males and 19 females). The mandible, lumbar spine, femoral neck, greater trochanter and radius were the sites of measurements. In the normal volunteers, the patterns of BMD changes at five sites differed by age and sex. The BMD changes in the mandible differed by sex. BMD decreased almost consistently during menopause in females. In males, BMD decreased slightly after 50 years of age. The BMD decrease by aging was the least in the mandible in both sexes, compared to the four other sites. This indicates the specific characteristic of the mandible. In the hemodialysis patients, BMD at the five sites showed different patterns of change in relation to age, sex and duration of hemodialysis and different patterns of BMD changes were demonstrated between the hemodialysis patients and the normal volunteers. At all the five sites examined, the duration of hemodialysis seemed to have a stronger effect on BMD than aging. BMD measured at the five sites, BMD in the mandible was most closely correlated to the duration of hemodialysis.

**key words:** dual energy x-ray absorptiometry, bone mineral density, human mandible

## 結 言

加齢, 性別, 疾患に伴う骨塩量の変化や, ある年齢層における骨塩量の正常値は, おもに腰椎, 大腿骨, 橈骨で検索されており, 部位, 疾患により骨塩量の最大値, 減少の開始時期, 減少率に違いを示すと言われている<sup>1-3)</sup>. 下顎骨は運動, 咬合圧, 荷重などの点で他部位の骨と著しく違う環境にあるため, 年齢, 性別, 疾患に

よる変化や特性が異なる可能性がある。

一方, 骨塩量を非侵襲的に定量する方法が数多く開発されてきた<sup>1)</sup>. その中で, 近年, 2種類の異なるエネルギーの X 線を用いた骨塩定量法, Dual energy x-ray absorptiometry (以下 DEXA と略す) が開発され, 本邦では, 1989 年より使用されるようになった。本装置は, 従来の機器に比べ多くの利点を有することから, 医学臨床の場において最も繁用されている骨塩定

Determination of bone mineral density in human mandible by dual energy x-ray absorptiometry.

Shigenobu SATOH

(Second Department of Oral and Maxillo-facial Surgery, School of Dentistry, Iwate Medical University, Morioka 020)

岩手県盛岡市中央通 1 丁目 3-27 (020)

Dent. J. Iwate Med. Univ. 16: 1-14, 1991

量装置となった<sup>4-7)</sup>。

当教室においては、すでに基礎的研究として、犬下顎骨骨創の治癒と骨塩量の動態の検索に、Single photon absorptiometry を応用し、その有用性を報告してきた<sup>8-10)</sup>。今回著者は、ヒト下顎骨骨塩量の正常値およびその動態、加齢変化を明らかにし、他部位骨骨塩量の正常値および動態、加齢変化と比較検討する目的で、健康成人の下顎骨、腰椎、大腿骨、橈骨の骨塩量を DEXA を用いて測定した。また、特異な骨病変の合併が避けられない慢性腎不全血液透析患者 (Hemodialysis patients of chronic renal failure, 以下 HD 患者と略す) に注目し、その骨塩量を同様に測定した。

### 対象および方法

雑種成犬摘出下顎骨を用いて基礎的検討を行い、健康成人および HD 患者を対象として臨床的検討を行った。骨塩量の測定には、Hologic 社製、X-ray bone densitometer, Quantitative digital radiography-1000, (以下 QDR-1000 と略す) を用いた (Table 1)。

#### 1. DEXA の基本性能に関する検討

##### 1) 精度

犬摘出下顎骨切片 42 個の試料を作製し、本装置にて水深 2 cm で、各個体を 3 回測定し、その平均値を各個体の測定値とした。さらに電気炉で 700°C、12 時間灰化し、電子天秤 (L 420 S, Sartorius) にて灰分重量を測定し、測定値と灰分重量の相関性を求め検討した。

##### 2) 再現性

同一犬摘出下顎骨の同一部位を 1 日に時間を

変えて 30 回測定し、その平均値、標準偏差より変動係数を求め検討した。また、1 日 1 回 30 日間測定し、同様に検討した。さらに、Quality control として用いる Spine phantom の 1 年間の測定値の変動係数も同様に求めた。

##### 3) 軟組織の影響

同一犬摘出下顎骨をアクリルボックス内にパラフィンワックスを用いて固定し、同一部位を水深を変え (1~5 cm)、5 回ずつ測定し、その平均値を求め検討した。

##### 4) 高さの影響

線管、Detector に対する対象の位置により、測定値に変化が生じることから、同一犬摘出下顎骨の同一部位をスキャンテーブルからの高さを変え (0, 5, 10, 15 cm)、5 回ずつ測定し、その平均値を求め検討した。

## 2. 臨床的検討

### 1) 頭部規格装置

ヒト下顎骨骨塩量測定にあたっては、頭部を一定に固定する必要があるため、次のような規格装置を作製した。測定は、顔面正中矢状面がスキャンテーブルに対して 20 度となるいわゆる斜位で行うこととした。固定点は左右外耳孔、オトガイの 3 点とした。外耳孔は 20 度の斜面板を有する木材に取り付けたフェイスボウを応用して固定し、オトガイは下顎骨下縁がスキャンラインに対して平行となる位置に固定した。これらにより、下顎骨がスキャン方向に対して常に一定の位置を保つことで規格化を計った。

### 2) 再現性の検討

規格装置本体は強度を必要とするため木材としたが、測定値への影響のないことはあらかじめ確認した。そののちに、同規格装置を用いて、成人乾燥頭蓋骨の同一部位を 30 回測定し、その変動係数を求め、さらに、健康成人 3 名についても同一部位を 5 回測定し、同様に再現性を検討するとともに実用性を検討した。

### 3) 健康成人の測定

#### (1) 対象

対象は、問診にて骨代謝に影響を及ぼすと思われる既往や疾患を持たず、測定部位に骨折な

Table 1 Specification of Quantitative Digital Radiography-1000.

Scan rate	60 mm/sec
Scan step size	1 mm in X and Y directions
X-ray voltage	140 kVp and 70 kVp
X-ray current	2 mA
Tube target	Tungsten
Detector	Scintillation crystal/PMT
Radiation dose	< 0.03 mSv per scan

どの既往がなく、異常も認めない、20歳代から60歳代のいわゆる健常成人とした。さらに、口腔内においては、左側下顎小白歯および智歯を除く大白歯のうち2歯以上を有するものとした。対象総数は、男性104名、女性107名の計211名であり、平均年齢は、男性が40.6歳、女性が42.0歳であった (Table 2)。測定部位は下顎骨、腰椎、大腿骨、橈骨とし、各年代群について、比較検討した。さらに、各部位間の相関関係についても検討した。

(2)測定方法

下顎骨は規格装置を使用し、前述の方法で測

Table 2 Number of subjects by decades in normal volunteers and hemodialysis patients.

	Normal		HD patients	
	male	female	male	female
20 ~ 29	34	29	1	4
30 ~ 39	21	17	8	3
40 ~ 49	16	25	13	5
50 ~ 59	16	21	5	6
60 ~ 69	17	15	2	1
Total	104	107	29	19

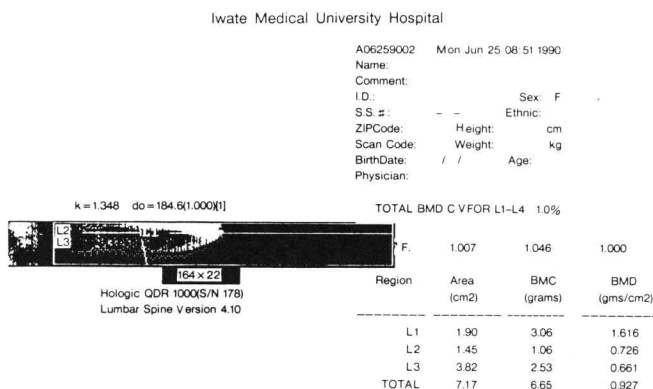


Fig. 1 Final analysis data in mandible. L3 is region of interest.

定した。腰椎は膝関節、股関節屈曲位にて臥床させ測定し、大腿骨は既製の装具を用い、股関節軽度内施位に固定し測定した。橈骨は前腕を肘90度屈曲、回内し肘及び手関節をベルトで固定し測定した。関心領域の設定は、対象部位を走査後、画像上でを行い、下顎骨では左側第2小白歯根尖より下顎下縁におろした垂線と下顎下縁に平行に引いた線およびと下顎下縁に囲まれた、Fig. 1のL3に相当する一定領域とした (Fig. 1)。腰椎は第1腰椎から第4腰椎、大腿骨は非利き手側の頸部および大転子、橈骨は前腕の長さを測定し、非利き手側の遠位部1/3の一定部位とした。スキャン幅はそれぞれの部位で一定とした。

4) HD患者の測定

対象は、盛岡市内の某病院で週2~3回、1回3~4時間、通院により血液透析 (透析液Ca濃度: 3.0 mg/dl) を行っている慢性腎不全患者、男性29名、女性19名の計48名とした (Table 2)。対象全員には血中Caなどの検査値が正常範囲内となるように適宜1α(OH)D<sub>3</sub>などが投与されている。平均年齢は、男性44.0歳、女性42.5歳であり、平均透析期間は、男性120.7カ月、女性100.4カ月であった。各年代群および透析期間群について検討した。測定部位および測定方法は健常成人と同様とした。

5) 統計処理

推計学的検定は student's t-test を用いた。

結 果

1. DEXA の基本性能に関する検討

1) 精度

測定値の平均値と灰分重量の相関性を求めたところ、回帰直線  $y = 1.010x - 0.045$  で相関係数 0.997 であった (Fig. 2)。

2) 再現性

日内変動は、変動係数で 0.9%、30 日間の測定による変動係数は 1.0% であった。さらに、Spine phantom の 1 年間 (155 回) の測定値の変動係数は、0.3% であった。

3) 軟組織の影響

水深 1 cm の測定値の平均値を 100 とすると、5 cm での測定値の平均値は 101.1 であり、水深 1 cm から 5 cm の間で測定値の平均値は著明な変動を示さなかった。

4) 高さの影響

スキャンテーブル上における測定値の平均値を 100 とすると、15 cm の高さでの測定値の平均値は 98 であり、臨床において使用する範囲では、測定値の平均値は著明な変動を示さなかった。

2. 臨床的検討

1) 規格再現性

成人乾燥頭蓋骨を用いた規格再現性は、変動

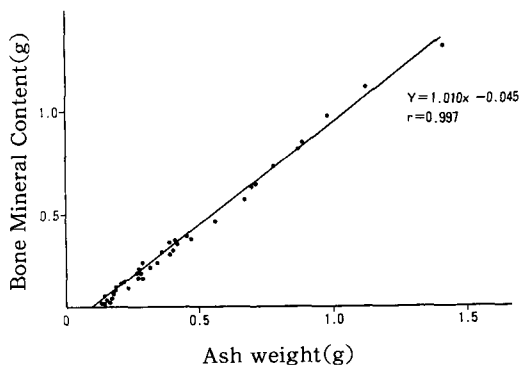


Fig. 2 Accuracy of DEXA in the measurement of bone.

y: regression line  
r: correlation coefficient

係数で 1.0%、健常成人 3 名による規格再現性は、変動係数で平均 2.0% であった。

2) 健常成人の測定結果

各年代群における測定結果は Table 3, 4 に示す通りである。

男性において、下顎骨骨塩量は 20 歳代から 40 歳代まで著明な変動はなく、40 歳代で 0.618 g/cm<sup>2</sup> と最大値を示した後、わずかながら減少し、60 歳代で 0.598 g/cm<sup>2</sup> と最小値を示した。橈骨骨塩量は下顎骨骨塩量と同様の推移を示し、40 歳代で 0.659 g/cm<sup>2</sup> と最大値を示した後減少し、60 歳代で 0.628 g/cm<sup>2</sup> と最小値を示した。腰椎、大腿骨頸部、大転子骨塩量は 20 歳代で、それぞれ 1.042 g/cm<sup>2</sup>, 0.915 g/cm<sup>2</sup>, 0.776 g/cm<sup>2</sup> と最大値を示した後、減少し、60 歳代で、それぞれ 0.958 g/cm<sup>2</sup>, 0.809 g/cm<sup>2</sup>, 0.694 g/cm<sup>2</sup>

Table 3 Bone mineral density in various bone sites by decades in normal volunteers (male).

	20 ~ 29	30 ~ 39	40 ~ 49	50 ~ 59	60 ~ 69
Mandible	0.617 ± 0.009	0.608 ± 0.011	0.618 ± 0.009	0.602 ± 0.011	0.598 ± 0.012
Lumbar	1.042 ± 0.018	1.023 ± 0.026	0.998 ± 0.021	0.967 ± 0.019	0.958 ± 0.023
Neck	0.915 ± 0.015	0.875 ± 0.018	0.848 ± 0.024	0.826 ± 0.016	0.809 ± 0.018
Troch.	0.776 ± 0.014	0.744 ± 0.019	0.734 ± 0.016	0.703 ± 0.017	0.694 ± 0.021
Radius	0.655 ± 0.006	0.656 ± 0.012	0.659 ± 0.011	0.647 ± 0.009	0.628 ± 0.008
Weight	65.2 ± 1.26	66.7 ± 2.09	66.8 ± 1.81	62.1 ± 1.91	61.8 ± 1.38
Height	169.8 ± 1.07	169.0 ± 0.99	167.6 ± 1.59	165.5 ± 1.73	164.9 ± 1.26

Lumber: Lumber vertebra

Neck: Femoral neck

Troch.: Greater trochanter

Bone mineral density: mean ± S.E. (g/cm<sup>2</sup>)

Weight: Body weight, mean ± S.E. (kg)

Height: Body height, mean ± S.E. (cm)

Table 4 Bone mineral density in various bone sites by decades in normal volunteers (female).

	20 ~ 29	30 ~ 39	40 ~ 49	50 ~ 59	60 ~ 69
Mandible	0.611 ± 0.006	0.613 ± 0.011	0.615 ± 0.008	0.575 ± 0.010	0.544 ± 0.010
Lumbar	1.016 ± 0.012	1.022 ± 0.015	1.021 ± 0.015	0.880 ± 0.024	0.821 ± 0.021
Neck	0.820 ± 0.013	0.795 ± 0.016	0.782 ± 0.018	0.717 ± 0.022	0.680 ± 0.018
Troch.	0.705 ± 0.012	0.672 ± 0.016	0.651 ± 0.014	0.592 ± 0.018	0.551 ± 0.013
Radius	0.611 ± 0.005	0.609 ± 0.007	0.603 ± 0.007	0.555 ± 0.007	0.516 ± 0.008
Weight	49.6 ± 0.84	51.3 ± 1.62	53.4 ± 1.16	52.1 ± 1.02	53.6 ± 1.83
Height	157.7 ± 0.95	157.7 ± 1.21	154.2 ± 0.87	154.1 ± 0.87	152.3 ± 0.98

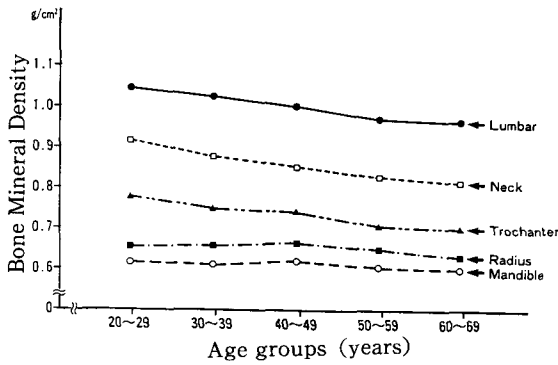


Fig. 3 Changes of bone mineral density in various bone sites by decades in normal volunteers (male).

と最小値を示した (Fig. 3)。

それぞれの部位の 20 歳代の値を基準とすると、60 歳代での減少率 (%) は下顎骨が 3.08, 腰椎が 9.06, 大腿骨頸部が 11.58, 大転子が 10.57, 橈骨が 4.12 となり、下顎骨における減少率がもっとも少なかった。

女性においては、下顎骨骨塩量は 20 歳代から 40 歳代まで著明な変動はなく、40 歳代で 0.615 g/cm<sup>2</sup> と最大値を示した後減少し、60 歳代で 0.544 g/cm<sup>2</sup> と最小値を示した。腰椎、橈骨骨塩量はそれぞれ、30 歳代で 1.022 g/cm<sup>2</sup>, 20 歳代で 0.611 g/cm<sup>2</sup> と最大値を示したが、下顎骨骨塩量同様に 20 歳代から 40 歳代まで著明な変動はなく、その後、急激に減少し、60 歳代で 0.821 g/cm<sup>2</sup>, 0.516 g/cm<sup>2</sup> と最小値を示した。大

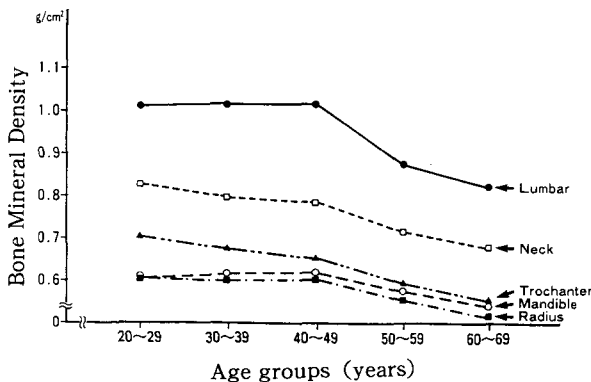


Fig. 4 Changes of bone mineral density in various bone sites by decades in normal volunteers (female).

Table 5 Correlation coefficients among bone mineral density in various bone sites, age, weight, height (male).

	Mandi	Lumber	Neck	Troch	Radius	Age	Weight	Height
Mandible		0.414	0.354	0.385	0.418	-0.137	0.266	0.155
Lumbar	0.414		0.707	0.744	0.610	-0.354	0.456	0.280
Neck	0.354	0.707		0.863	0.485	-0.449	0.402	0.321
Troch.	0.385	0.744	0.863		0.503	-0.378	0.353	0.243
Radius	0.418	0.610	0.485	0.503		-0.195	0.433	0.287

Mandi.: Mandible

Table 6 Correlation coefficients among bone mineral density in various bone sites, age, weight, height (female).

	Mandi	Lumber	Neck	Troch	Radius	Age	Weight	Height
Mandible		0.769	0.579	0.559	0.777	-0.486	0.110	0.279
Lumbar	0.769		0.795	0.797	0.849	-0.608	0.091	0.252
Neck	0.579	0.795		0.924	0.719	-0.525	0.209	0.315
Troch.	0.559	0.797	0.924		0.725	-0.616	0.187	0.371
Radius	0.777	0.849	0.719	0.725		-0.727	0.050	0.367

腿骨骨塩量は、20 歳代で頸部が 0.820 g/cm<sup>2</sup>, 大転子が 0.705 g/cm<sup>2</sup> と最大値を示した後、減少し、その過程の中で、40 歳代から 50 歳代にかけては急激に減少し、60 歳代でそれぞれ、0.680 g/cm<sup>2</sup>, 0.551 g/cm<sup>2</sup> と最小値を示した (Fig. 4)。

それぞれの部位の 20 歳代の値を基準とすると、60 歳代での減少率 (%) は下顎骨が 10.97, 腰椎が 19.19, 大腿骨頸部が 17.07, 大転子が 21.84, 橈骨が 15.55 となり、下顎骨における減少率がもっとも少なかった。

男女間を比較すると、女性は 50 歳代以降は測定した 5 部位すべてにおいて男性より低値を示したが、40 代以前では下顎骨、腰椎では差がないのに対して、橈骨、大腿骨では差が見られた。また、測定した 5 部位における男性の減少率は女性より小さく、下顎骨、橈骨は約 1/3 であり、腰椎、大腿骨は約 1/2 であった。

各部位間、年齢、体重、身長の間関係は

Table 7 Bone mineral density in various bone sites by decades in hemodialysis patients (male).

Duration of hemodialysis : mean  $\pm$  S. E. (months)

	30 ~ 39	40 ~ 49	50 ~ 59
Duration of hemodialysis	136.3 $\pm$ 11.67	120.7 $\pm$ 15.06	135.0 $\pm$ 32.55
Mandible	0.515 $\pm$ 0.019	0.536 $\pm$ 0.015	0.490 $\pm$ 0.027
Lumbar	0.907 $\pm$ 0.055	0.843 $\pm$ 0.034	0.953 $\pm$ 0.046
Neck	0.707 $\pm$ 0.040	0.685 $\pm$ 0.032	0.697 $\pm$ 0.046
Troch.	0.598 $\pm$ 0.043	0.549 $\pm$ 0.031	0.549 $\pm$ 0.063
Radius	0.561 $\pm$ 0.019	0.538 $\pm$ 0.022	0.529 $\pm$ 0.029
Weight	57.6 $\pm$ 3.46	55.5 $\pm$ 1.78	55.2 $\pm$ 1.64
Height	165.9 $\pm$ 1.83	166.2 $\pm$ 1.05	167.4 $\pm$ 2.18

Table 5, 6 に示す通りである。男性において、下顎骨と他部位骨との相関関係は他部位骨間相互における相関係数より低値を示した。測定した5部位と年齢、体重、身長との各相関係数は全体として低値を示したが、その中でも下顎骨はもっとも低値を示した。女性においては、下顎骨と腰椎、橈骨との相関係数は他部位骨間の相関係数に近似し、大腿骨頸部および大転子との相関係数はやや低値を示した。測定した5部位間相互の相関係数は男性より高値を示した。年齢と測定した5部位との相関はやや認められるが、下顎骨との相関係数はもっとも低値を示し、体重、身長とは測定した5部位すべてにおいて低値を示した。

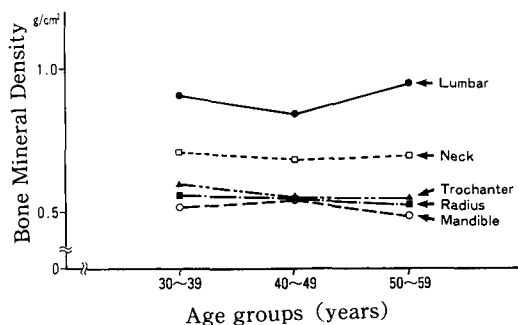


Fig. 5 Changes of bone mineral density in various bone sites by decades in hemodialysis patients (male).

Table 8 Bone mineral density in various bone sites by decades in hemodialysis patients (female).

	20 ~ 29	30 ~ 39	40 ~ 49	50 ~ 59
Duration of hemodialysis	104.3 $\pm$ 16.87	120.0 $\pm$ 27.06	96.0 $\pm$ 33.73	107.0 $\pm$ 23.16
Mandible	0.534 $\pm$ 0.021	0.469 $\pm$ 0.020	0.497 $\pm$ 0.040	0.480 $\pm$ 0.032
Lumbar	0.912 $\pm$ 0.120	0.746 $\pm$ 0.037	0.899 $\pm$ 0.049	0.785 $\pm$ 0.068
Neck	0.843 $\pm$ 0.084	0.542 $\pm$ 0.048	0.756 $\pm$ 0.033	0.652 $\pm$ 0.047
Troch.	0.670 $\pm$ 0.070	0.422 $\pm$ 0.035	0.586 $\pm$ 0.036	0.464 $\pm$ 0.079
Radius	0.535 $\pm$ 0.028	0.426 $\pm$ 0.028	0.502 $\pm$ 0.032	0.447 $\pm$ 0.039
Weight	39.1 $\pm$ 1.39	40.6 $\pm$ 2.20	46.2 $\pm$ 1.77	50.9 $\pm$ 1.58
Height	153.0 $\pm$ 4.74	155.7 $\pm$ 3.48	148.0 $\pm$ 3.38	154.4 $\pm$ 1.33

### 3) HD 患者

各年代における測定結果は Table 7, 8 に示す通りである。

男性においては、下顎骨骨塩量は40歳代で0.536 g/cm<sup>2</sup>と最大値を示し、50歳代で0.490 g/cm<sup>2</sup>と最小値を示した。腰椎骨塩量は50歳代で0.953 g/cm<sup>2</sup>と最大値を示し、40歳代で0.843 g/cm<sup>2</sup>と最小値を示した。大腿骨骨塩量は30歳代で頸部が0.707 g/cm<sup>2</sup>、大転子が0.598 g/cm<sup>2</sup>と最大値を示し、頸部は40歳代で0.685 g/cm<sup>2</sup>、大転子は40歳代および50歳代とともに0.549 g/cm<sup>2</sup>と最小値を示した。橈骨は30歳代で0.561 g/cm<sup>2</sup>と最大値を示し、50歳代で0.529 g/cm<sup>2</sup>と最小値を示した (Fig. 5)。女性の骨塩量は、下顎骨、腰椎、大腿骨頸部、大転子、橈骨のすべての部位において、20歳代で最大値を



Fig. 6 Changes of bone mineral density in various bone sites by decades in hemodialysis patients (female).

Table 9 Bone mineral density in various bone sites by duration groups in hemodialysis patients (male).  
Mean of age : mean ± S. E. (years)

	0 ~ 59	60 ~ 119	120 ~
Number of subjects	5	10	14
Mean of age	43.5 ± 7.04	42.8 ± 2.60	41.6 ± 2.21
Mandible	0.575 ± 0.029	0.530 ± 0.011	0.505 ± 0.016
Lumbar	0.995 ± 0.062	0.887 ± 0.044	0.857 ± 0.031
Neck	0.715 ± 0.049	0.670 ± 0.037	0.716 ± 0.028
Trochanter	0.673 ± 0.027	0.548 ± 0.044	0.556 ± 0.031
Radius	0.624 ± 0.025	0.532 ± 0.024	0.526 ± 0.015

示し、30歳代で最小値を示した。しかし、30歳代から40歳代にかけては増加する傾向を示し、40歳代から50歳代にかけて再び減少した (Fig. 7)。

透析期間群別の測定結果は Table 9, 10 に示す通りである。男性においては、すべての部位において0 - 59カ月群から60 - 119カ月群にかけて減少し、60 - 119カ月群から120カ月以上群にかけては、大腿骨を除き減少した。大腿骨頸部においては120カ月以上群で最大値を示した。女性においては、すべての部位において0 - 59カ月群で最大値を示し、120カ月以上群で最小値を示した。

各部位における同年代の健常成人骨塩量の平均値を基準とすると、透析期間120カ月以上群の相対的骨塩量の平均値 (%) は、男性におい

Table 10 Bone mineral density in various bone sites by duration groups in hemodialysis patients (female).

	0 ~ 59	60 ~ 119	120 ~
Number of subjects	4	8	7
Mean of age	48.7 ± 6.36	36.0 ± 4.65	43.0 ± 3.80
Mandible	0.560 ± 0.053	0.495 ± 0.020	0.469 ± 0.020
Lumbar	0.912 ± 0.054	0.857 ± 0.061	0.786 ± 0.067
Neck	0.783 ± 0.055	0.705 ± 0.070	0.675 ± 0.038
Trochanter	0.654 ± 0.031	0.561 ± 0.057	0.458 ± 0.062
Radius	0.555 ± 0.039	0.478 ± 0.028	0.448 ± 0.030

ては下顎骨が81.7、腰椎85.9、大腿骨頸部が84.4、大転子が75.8、橈骨が79.8であった。同様に、女性においては下顎骨が76.3、腰椎が77.0、大腿骨頸部が86.3、大転子が70.4、橈骨が74.3であり、男女とも大転子骨塩量が最小値を示した。下顎骨骨塩量は男女とも測定した5部位の中で中間の値を示し、男女間を比較すると大腿骨頸部を除き、女性が低値を示した。

各部位間、年齢、透析期間の相関関係は Table 11, 12 に示す通りである。男性においては、下顎骨と大腿骨、橈骨との相関係数は、他部位骨間の相関係数と同等で、腰椎との相関係数はやや低値を示した。測定した5部位と年齢との相関係数は低値を示し、透析期間とは大腿骨を除き年齢との相関係数より高値を示した。下顎骨と透析期間との相関係数は測定した5部

Table 11 Correlation coefficients among bone mineral density various bone sites, age, duration of hemodialysis (male).

	Mandi	Lumbar	Neck	Troch	Radius	Age	Duration
Mandible		0.391	0.459	0.623	0.562	-0.130	-0.394
Lumbar	0.391		0.432	0.621	0.548	-0.013	-0.244
Neck	0.459	0.432		0.730	0.364	-0.122	-0.094
Troch.	0.623	0.621	0.730		0.673	-0.295	-0.142
Radius	0.562	0.548	0.364	0.673		-0.169	-0.328

Table 12 Correlation coefficients among bone mineral density various bone sites, age, duration of hemodialysis (female).

	Mandi	Lumbar	Neck	Troch	Radius	Age	Duration
Mandible		0.465	0.516	0.671	0.752	-0.228	-0.714
Lumbar	0.465		0.824	0.789	0.784	-0.247	-0.337
Neck	0.516	0.824		0.870	0.820	-0.359	-0.284
Troch.	0.671	0.789	0.870		0.880	-0.414	-0.462
Radius	0.752	0.784	0.820	0.880		-0.333	-0.492

位の中でもっとも高値を示した。女性においては、下顎骨と大腿骨、大転子、橈骨との相関係数は他部位骨間の相関係数に近似し、腰椎、大腿骨頸部との相関係数は他部位骨間の相関係数より低値を示した。測定した5部位間の相関係数は男性に比べ高値を示した。測定した5部位と年齢との相関係数は低値を示し、透析期間とは大腿骨頸部を除き年齢との相関係数より高値を示した。下顎骨と透析期間との相関係数は測定した5部位の中でもっとも高値を示した。

## 考 察

### 1. 骨塩定量法について

骨を骨塩量という観点から非侵襲的に定量する方法として、従来より、種々の骨塩定量法がある<sup>1)</sup>。その中で、DEXAは、数年前より急速に発展し、現在もっとも医学臨床の場で使用されている方法である。数種のDEXAの中で、本研究で用いたQDR-1000は1989年より本邦にて使用されるようになったが、管電圧が70/140 Kvp (実効電圧43/110 Kvp)の2つの異なるエネルギーのX線を用いた骨塩定量装置である。本装置は従来の方法に比べ、精度、再現性、分解能に優れ、走査時間が短く(腰椎で約6分)、被曝線量も少ないという利点を有している<sup>4-7)</sup>。特に、線管で得られる光量子数がisotopeを用いたものの約500倍であること、装置の内部補助機構により測定値の補正が行われていることが特徴である<sup>10)</sup>。本研究においても、測定値と灰分重量との相関係数は0.997と良好であり、再現性、軟組織、スキャンテーブルからの高さの影響についての検討においても、良好な結果が得られ、骨塩量を測定する上で本装置は極めて有用であると思われる。

本装置による骨塩量(Bone mineral density)は、正確には骨面密度とも言うべき単位面積当りの値であり、骨の深さ方向の情報に欠けるため、真の意味での密度ではないことを考慮しておく必要がある。しかしながら、Quantitative Computed Tomographyによる骨密度と同装置による骨密度はよく相関するこ

と<sup>12)</sup>や灰分重量とも良く相関すること<sup>13)</sup>から、個体間での比較検討にあたっては本装置での値を便宜上骨密度と表現、解釈しても良いのではないかと考えられており、本研究においても、単位をg/cm<sup>2</sup>として比較検討した。

下顎骨測定の方法については、側方々向の測定は左右の重なった状態での測定となり、また、正面方向は関心領域の設定が困難であった。そこで、線管、detectorが固定されている現状において、装置の改良を行わずに片側の測定をするには、被験者が姿勢を変え、いわゆる斜位での測定をするのが最も良いと思われた。斜位の測定の規格化は、頭部X線規格撮影の規格を応用し、左右耳介で行うこととし、スキャンラインに対して下顎下縁が平行となるようにオトガイ部を固定した。これらにより、下顎骨をスキャン方向に対して常に一定の位置に保つことができた。測定部位は、操作、指示のしやすさから被験者顔面が測定者の方を向くように左側とし、被験者があまり無理せずに姿勢を維持でき、左右の重なりも回避できる角度20度とした。関心領域の設定は画像上でCT-styleのwindowingを用いて行うが、下顎骨の測定にはエネルギーが高いことなどにより、歯槽中隔部を測定するのは困難である。したがって、この角度で設定できる関心領域として、左側第2小臼歯根尖部から後方に下顎下縁に平行に引いた線と下顎下縁におろした垂線および下顎下縁に囲まれた領域を設定した。このような関心領域の設定ができるのも本装置の特徴の1つである。現在、数種のDEXAが使用されているが、腰椎モードにおいて、他機種では椎間レベルごとにベースラインを変化させるが、本装置では関心領域全体でベースラインをとる<sup>10)</sup>ため、Fig. 1のL3に示すような関心領域の設定による測定が可能となる。

再現性は、規格装置を作製後、成人乾燥頭蓋骨を30回、成人男性3名を各5回測定して検討したところ、変動係数で1.0~2.0%と比較的良好であった。姿勢の維持についても、対象となった年齢層、患者では問題を生じることは



なく、規格装置の使用により下顎骨の測定が可能であった。

下顎骨以外の測定部位の設定は、従来、全身の骨代謝の指標として数々の検討がなされている腰椎、大腿骨、橈骨とした。関心領域は、腰椎は第1腰椎から第4腰椎、大腿骨は頸部、大転子、橈骨は遠位部 $\frac{1}{3}$ の部位とした。大腿骨においては、Ward三角部は加齢にともなう骨塩量の減少を追跡する最良の部位と言われている<sup>15)</sup>が、同部位を正確に設定するのが比較的難しく、不慣れな検者では設定誤差が大きく生じるおそれがあるため、今回は関心領域から除外した。測定方法は通法にしたがって行った<sup>16)</sup>が、スキャン幅の違いにより測定値に多少の差異を生じるため、それぞれの部位ごとに一定の幅とした。

## 2. 健常成人の骨塩量について

健常成人の基準は、問診にて骨代謝に影響を及ぼす既往や疾患を持たず、測定部位に骨折などの既往がなく、さらに左側下顎小臼歯と智歯を除く大臼歯のうち2歯以上を有するものとした。下顎骨においては、関心領域設定のための基準点を得るのに2歯以上が必要であると考えられた。また、今回の関心領域では全歯が存在する人と2歯欠損している人の測定値との間には、student's t-testにおいて1%の危険率で有意差がなかったため、このような基準とした。

下顎骨骨塩量の加齢変化、性差についての報告は、下顎骨底部を下顎骨専用の Dual photon absorptiometry で測定している報告<sup>17)</sup>やアルミニウムウエッジを用いた臼歯部歯槽中隔部の報告<sup>18)</sup>がある。また、オルソパントモグラフィを用いた下顎骨底部の厚さを測定した報告<sup>19)</sup>、下顎顎角部の厚さを測定した報告<sup>20)</sup>などもあるが、測定方法、部位の違いもあり一貫した結果は得られていない。さらに、岡田<sup>21)</sup>はオルソパントモグラフィより下顎骨底部の厚さと骨梁の画像解析により骨塩量を測定し、底部の厚さと骨梁の骨塩量の変化の出現時期に差異があることを報告している。下顎骨下縁は骨形態計測的検索<sup>22)</sup>では、20歳代から40歳代まで大きな変化がな

く、50歳代以降に減少が始まり、それは咬合の有無に関わりないことが報告されている。本研究においては、40歳代までは男女ともほとんど変化を示さず、明かな性差も見いだせなかったが、女性では40歳代から50歳代にかけて急激に減少し、男性では50歳代以降に減少傾向が見られるもののわずかであった。このことは、加齢の影響が高齢になってから著明となること、関心領域が皮質骨の占める割合が多いためと思われた。女性において40歳代から50歳代にかけて減少するのは、他の部位同様に閉経の影響によるものと考えられた。

腰椎骨塩量については機種により値に多少の違いはあるものの、男性においては加齢とともに減少し、女性においては閉経前は著明な変動はなく、閉経期に一致して急激に減少するという報告<sup>23)</sup>が多い。大腿骨については男女とも加齢とともに減少し、女性において閉経期に減少量が増加する<sup>24)</sup>と言われている。橈骨は測定方法、関心領域の違いがあるが、女性においては5年ごとの区分けでは腰椎よりやや遅れて減少が開始する<sup>16)</sup>らしいが、10年ごとの区分けでは腰椎と同様に40代から50代にかけて急激に減少することが報告されている。本研究においても同様の結果であった。このような違いがある理由として、荷重骨か非荷重骨か、皮質骨と海綿骨の占める割合の違い<sup>11)</sup>などの骨種の差、骨塩量の増加、減少を促進、抑制すると言われている要因（日光照射<sup>25)</sup>、運動の強さ、頻度、種類<sup>26)</sup>、栄養、加齢、飲酒、喫煙、体格、遺伝<sup>27)</sup>など）から受ける影響の程度の違いが挙げられる。しかしながら、この要因がどの骨にどの程度の関与をするかについては、解明されたわけではなく、多くの要因に影響されるとだけ言われ、今後の検索が期待される部分でもある。また、閉経の影響は、閉経数年前より始まり、閉経直後の5年間ぐらいに海綿骨で急激に影響を受け、その後緩徐となっていくと言われている。本研究においても、各部位間の相関係数が0.4から0.8程度であり、個人、各部位でその動態が違うものと思われた。その中で、腰椎は比

較的他の全部位と相関を示しているが、腰椎を前後方向で測定した場合、皮質骨と海綿骨がかなり重なっての測定となっていることと、腰椎は人体の中枢に位置し、骨塩量を規定する種々の要因が反映されやすい部位<sup>28)</sup>のためではないかと思われた。

全身骨格の中での下顎骨を考える時、咬合や咀嚼による力の方向性という他部位にはない特殊な要因が存在する。これらの特殊な要因は、歯牙がなくても起こる現象であるが、多少の変化を示しながら常に存在する要因であり、それに対応した形態が維持されなければならない<sup>29)</sup>。この機能維持による形態の維持の必要性から受ける影響は比較的大きいと考えられ、そのために減少率が少なく他部位の骨塩量の変化と異なるものと考えられた。他の骨の中で、橈骨と比較的相関性を示すのは、ともに非荷重骨であり皮質骨の占める割合も多いためと思われる。女性において、下顎骨骨塩量と他部位骨塩量の相関係数が比較的高いのは、全部位において閉経の影響を受け、50歳代以降明かな減少をするためと思われる。

### 3. HD患者の骨塩量について

HD患者における顎骨領域の変化は、歯槽硬線の消失、顎骨骨梁の不整、粗造化、膨隆、下顎管、上顎洞底線の消失、顎関節異常などが挙げられている<sup>30)</sup>が、年齢による変化についての報告はみられない。本研究においては、下顎骨骨塩量は、男性において50歳代でわずかに減少傾向を認め、女性において20歳代でやや高値を示すものの、それ以外大きな変化がない。これは、健常者において、加齢の影響を最も受けにくい部位であり、透析患者においても、年齢という要因の影響は少ないものと思われた。

他部位においては、健常成人で見られたような加齢による骨塩量減少は見られないとする報告<sup>31)</sup>と加齢による影響が見られるとする報告<sup>32)</sup>がある。本研究では男性において、腰椎を除いて、年齢による著明な変化は認められず、女性においては、30歳代で最小値を示し、増加後40歳代から50歳代にかけて再び減少する傾向が

認められた。しかしながら、報告のそれぞれが、測定方法、部位、患者の背景を異にするため、一概には言いきれないと思われる。本研究では、健常成人男性において、加齢とともに減少する傾向のある大腿骨では明らかな減少傾向が見られず、腰椎では増加傾向さえ見られている。比較的変動の少ない橈骨、下顎骨では、同様に大きな変化がみられない。HD女性患者においては、透析期間が他年代よりやや長い30歳代において、すべての部位で最小値を示している。これらのことは、HD患者における骨代謝が、透析、各種薬剤投与などによっても同世代のいわゆる健常成人とは違っていることを示しているものと考えられる。また、年齢という要因よりも透析期間ととう要因の方が強く影響しているとも考えられる。さらに、透析開始時期の違いも考慮する必要がある。身体各部位での成長、成熟、老化に対して、透析開始年齢によりその影響の現れ方が違うと考えられ、一般的には、若年期に透析導入した症例の方が、骨病変が強く現れると言われている<sup>33)</sup>。また、女性の場合、HD患者の生理は不規則であり、時には停止してしまうこともある。したがって、健常成人のように、閉経期に一樣に閉経の影響を強く受けるといったことがないためではないかと考えられる。以上のことから、HD患者においては年代群で一括して論ずることは難しく、年齢をまったく無視することはできないが、それらよりも透析期間や患者の背景などが、より重要ではないかと思われた。

本研究においては、各部位骨の骨塩量は透析期間と比較的相関を示したが、特に下顎骨、橈骨において高い相関係数を示した。また、同年代の健常成人の各部位骨塩量に対するHD患者の各部位の相対的骨塩量を見ると、下顎骨骨塩量は測定した5部位の中で中間の値を示した。顎骨領域においては、歯槽硬線による検討が数多く行われ、歯槽硬線の消失は透析期間と良く相関を示すと言われているが、否定的な見解<sup>34)</sup>もあり、その意義については慎重に検討する必要があると思われる。鈴木<sup>35)</sup>は下顎骨下縁

骨皮質厚は透析開始2年目から減少を始め、特に大臼歯部では透析期間とともに減少する傾向があり、骨梁構造の不整、粗造化は透析開始1年目から開始すると述べている。また、橈骨の測定では、骨塩量は透析期間とともに低下し、腰椎の測定では、X線上で硬化像を示し、骨塩量が高値を示す例も見られると言われている<sup>36)</sup>。本研究においても下顎骨、橈骨においては、全例において同年代の健常成人の平均値より低値を示した。このような傾向が見られる理由として、腰椎などは橈骨に比べ海綿骨の占める割合が多く、透析による影響だけでなく治療効果も現れやすいとされている。さらに、骨代謝異常が長期にわたる場合、海綿骨と皮質骨では反応に差異を示し、海綿骨は初期の段階では変化が大きい、ある限度以上に進行すると、ほとんど変化しなくなり、皮質骨の変化が顕著となり、それは海綿骨の減少を抑制するために皮質骨から海綿骨へカルシウム遊離が行われるためではないかと考えられている<sup>37)</sup>。本研究においては、対象の透析期間は平均で10年前後であり、このような長期例では、腰椎で骨硬化が生じやすいとも言われている<sup>38)</sup>。これらのことは、HD男性患者において、腰椎が50歳代で最大値を示し、大腿骨頸部が120カ月以上群で最大値を示した理由ともなり得ると思われる。これらを総合すると、HD患者の骨塩量は、高値を示すものから低値を示すものまで多くのバリエーションを示しながら、全体としては骨塩量減少の方向へ動くものと考えられた。その中で、下顎骨骨塩量は、透析期間とともに確実に減少していく傾向があるものと思われた。また、下顎骨と橈骨は前述のごとく、ともに非荷重骨であることや皮質骨の占める割合が多いという共通点のため、腎不全、透析に対しての反応が類似の傾向を示したものと思われた。

性差については、報告者によりその見解を異にする<sup>31,39)</sup>が、本研究では、男女とも透析期間とともに減少する傾向が見られ、それは女性で特に強く、加齢による影響は明かではなかった。同年代の健常成人の骨塩量に対するHD患者

の相対的骨塩量は大腿骨頸部を除き、女性の方が低値を示した。骨塩量に強く関与すると思われるホルモンが男女間で差異があり、エストロゲンの低下とアンドロゲンの低下には年齢差があり<sup>40)</sup>、HD患者においてはさらに複雑な様相を呈すること<sup>41)</sup>や多くの場合骨塩量に影響を及ぼす要因は、女性の方に強く現れやすいことが考えられる。

このように、腎不全、透析に対する反応は、各部位で差異を示し、各部位間における相関も健常成人の場合と異なる様相を示していると思われた。女性においては、比較的全身均等に減少するのが腎不全の特徴と言われている<sup>42)</sup>が、本研究においても男性に比べ、各部位間の相関係数は比較的高かった。

HD患者にかける骨塩量の変化は、透析導入時の病態が、透析治療が繰り返されることにより次第に修飾されていくものと思われる、骨硬化を示すものから骨粗鬆を示すものまで、多種多様な病変の混在および局在を示すものと考えられる。これらの多くのバリエーションの中で、全体としては骨塩量低下の傾向が認められると思われる。

骨塩定量は、全身疾患としての代謝性骨疾患、特に、骨粗鬆症の診断や治療効果の判定に有用な一検査法として位置付けられているが、最近は多方面への応用がなされつつある<sup>43)</sup>。本装置を用いての下顎骨骨塩量の測定は、規格装置を使用することにより可能となり、また有用であった。今後、歯科臨床の場でこれをより活用していくためには、測定方法の簡便さなど、装置の改良が必要と思われる、そうすることによってますます有用性を増していくものと思われる。

## 結 論

DEXA (QDR-1000) を用い、20歳代から60歳代の健常成人 (男性:104名, 女性:107名) の下顎骨、腰椎、大腿骨、橈骨の骨塩定量を行い、さらにHD患者 (男性:29名, 女性:19名) についても同様に測定、比較検討し以下の

結論を得た。

1. DEXA における測定値と灰分重量との相関係数は 0.997 と良好であり、再現性においても日内で変動係数 0.90%, 日差で 1.0% と良好であり、軟組織、高さの影響も少なく、骨塩量測定に極めて有用であるものと思われた。

2. 下顎骨測定のための頭部規格装置を作製し、健常成人 3 名の測定をしたところ、規格再現性は変動係数で平均 2.0% と比較的良好であり、規格装置の使用により下顎骨の測定が可能であった。

3. 健常成人において、下顎骨骨塩量の加齢変化には性差が存在し、男性においては 40 歳代で 0.618 g/cm<sup>2</sup> と最大値を示し、50 歳代以降ではわずかながらの減少傾向を示し、60 歳代で 0.598 g/cm<sup>2</sup> と最小値を示した。女性においては 40 歳代で 0.615 g/cm<sup>2</sup> と最大値を示し、40 歳代から 50 歳代にかけて減少し、60 歳代で 0.544 g/cm<sup>2</sup> と最小値を示した。

4. 健常成人における下顎骨骨塩量は、20 歳代の値を基準とすると、60 歳代での減少率は、男性で 3.08%, 女性で 10.97% と測定した 5 部位の中でもっとも少なかった。

5. 健常成人において、各部位の骨塩量の加齢、性別による変化は違いを示した。

6. HD 患者において、骨塩量は加齢による影響よりも透析期間などによる影響が強く現われると思われた。

7. HD 患者において、下顎骨骨塩量は透析期間による減少率は少ないが、測定した 5 部位の中でもっとも相関を示した。また、各部位における同年代の健常成人骨塩量に対する相対的骨塩量は中間の値を示した。

8. HD 患者において、腰椎、大腿骨では硬化像を示す例が認められるなど、部位、個人により影響の種類、程度が異なり、健常成人とは異なる様相を呈した。

## 謝 辞

稿を終えるにあたり、御懇篤な御指導と御校

閲を賜りました恩師関山三郎教授に深甚なる謝意を捧げます。また、終始御懇切な御指導を頂いた当講座結城勝彦助教授に衷心より感謝の意を表します。さらに、本研究に心よく御協力頂き御懇切な御助言を賜った三愛病院細川久昭院長、長根 裕副院長ならびに熊谷幸三先生に深謝致します。御助言頂きました深澤 肇講師ならびに口腔外科学第二講座医局員各位に心より謝意を表します。

本論文の要旨は 1989 年 10 月 27 日第 34 回日本口腔外科学会総会および 1990 年 10 月 25 日第 35 回日本口腔外科学会総会において発表した。

## 参 考 文 献

- 1) 森田隆司：骨の老化度測定，日医新報，3372：26-30，1988.
- 2) Schaadt, O. and Bohr, H : Different trends of age-related diminution of bone mineral content in the lumbar spine, femoral neck, and femoral shaft in women. *Calcif. Tissue Int.* 42 : 71-76, 1988.
- 3) Mazess, R. B. , Barden, H. S. , Drinka, P. J. , Bauwens, S. F. , Orwoll, E. S. , and Bell, N. H. : Influence of age and body weight on spine and femur bone mineral density in U. S. white men. *J. bone and Min. Res.* 5 : 645-652, 1990.
- 4) Wahner, H. W. , Dunn, W. L. , Brown, M. L. Morin, R. L. , Riggs, B. L. : Comparison of dual energy x-ray absorptiometry and dual photon absorptiometry for bone mineral measurements of the lumbar spine. *Mayo Clin. Proc.* 63 : 1075-1084, 1988.
- 5) Kelly, T. L. , Slovik, D. M. , Schenfeld, D. A, Neer, R. M. : Quantitative digital radiography versus dual photon absorptiometry of the lumbar spine. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 67 : 839-844, 1988.
- 6) Hansen, M. A. , Hassager, C. , Overgaard, K. , Marslew, U. , Riis, B. J. , Christiansen, C. : Dual-energy x-ray absorptiometry : a precise method of measuring bone mineral density in the lumbar spine. *J. Nucl. Med.* 31 : 1156-1162, 1990.
- 7) Hangarter, T. N. and Johnston, C. C. : Influence of fat on bone measurement with dual-energy absorptiometry. *Bone and mineral.* 9 : 71-81, 1990.
- 8) 橋場友幹：抜歯創治療過程の<sup>125</sup>I-photon absorptiometry による骨塩定量に関する実験的研究，

岩医大歯誌, 12:5-23, 1987.

- 9) 岩崎浩二郎: 犬下顎骨々創治癒過程の<sup>125</sup>I-photon absorptimetry による骨塩定量に関する実験的研究, 岩医大歯誌: 13:269-282, 1988.
- 10) 坂岡丈利: 犬下顎骨創治癒過程の<sup>125</sup>I-photon absorptimetry による骨塩定量に関する実験的研究—低カルシウム食飼育の影響について—, 岩医大歯誌, 14:233-248, 1989.
- 11) Stein, J. A., Hochberg, A. M., Lazewatsky, L. ed.: Quantitative digital radiography for bone mineral analysis. Bone mineral measurement by photon absorptimetry: methodological problems. Leuven University Press, pp 411-414, 1988.
- 12) Reinbold, W-D., Genant, H. K., Reiser, U. J., Harris, S. T., Ettinger, B.: Bone mineral content in early-postmenopausal and post menopausal osteoporotic women: comparison of measurement method. *Radiology*. 160:469-478, 1986.
- 13) Nielsen, H. E., Mosekilde, L., Mosekilde, L., Melsen, B., Christensen, P., Olsen, K. J., Melsen, F.: Relations of bone mineral content, ash weight and bone mass: implications for correction of bone mineral content for bone size. *Clin. Orthop. and Relat. Res.* 153:241-247, 1980.
- 14) Strause, L., Bracker, M., Saltman, P., Sartorius, D., and Keer, E.: A comparison of quantitative dual-energy radiographic absorptimetry and dual photon absorptimetry of the lumbar spine in postmenopausal women. *Calcif. Tissue Int.* 45:288-291, 1989.
- 15) 森田隆司: 骨塩定量法の歴史と現況, 臨放, 35:1-6, 1990.
- 16) 福永仁夫, 友光達志, 森田隆司: DEXA 法, 臨放, 35:41-48, 1990.
- 17) Woren, N.: Bone mineral content of mandibles: normal reference values—rate of age-related bone loss. *Calcif. Tissue Int.* 43:193-198, 1988.
- 18) 前多 勝, 和田真一, 前多一雄: Microphotometer-microcomputer system による正常下顎歯槽骨骨ミネラルの測定に関する研究, 歯学, 74:707-727, 1986.
- 19) 楊 榮展: X線像による顎骨ミネラル量の定量, 歯科ジャーナル, 26:911-920, 1987.
- 20) Bras, J., Ooij, C. P., Abraham-Inpijin, L., Kusen, G. J., Wilmlink, J. M.: Radiographic interpretation of the mandibular angular cortex: a diagnostic tool in metabolic bone loss. part I. normal state. *Oral Surg.* 53:541-545, 1982.
- 21) 岡田典久: 回転パノラマ X線写真の画像解析によるヒト顎骨骨梁構造の加齢変化, 口科誌, 39:947-965, 1990.
- 22) Woren, N. and Stoltze, K.: Pattern of age related bone loss in mandibles. *Scand. J. Dent. Res.* 88:134-146, 1980.
- 23) 金 洪海, 串田一博, 山崎 薫, 岡本庄造, 角 志志彦, 杉山栄治, 大村亮宏, 井上哲郎: Osteoporosis の診断 (骨量の測定) —x-ray dual photon absorptimetry による健常日本人の脊椎骨塩量の測定—, 骨・関節・靭帯, 2:939-946, 1989.
- 24) 乗松尋道: Dual Photon Absorptimetry ③ Dual Photon Absorptimetry (DPA) による大腿骨中極端骨塩量, 森田隆司編集, 骨ミネラル測定と骨粗鬆症, 第1版, メディカルレビュー社, 大阪, 139-143 ページ, 1989.
- 25) 佐藤昭夫, 林 泰史, 白木正孝: 骨の加齢—基礎から臨床まで—, 第1版, 藤田企画出版, 埼玉, 133-141 ページ, 1987.
- 26) Colletti, L. A., Edwards, J., Gordon, I. Shary, J., Bell, N. H.: The effects of muscle-building exercise on bone mineral density of the radius, spine, and hip in young men. *Calcif. Tissue Int.* 45:12-14, 1989.
- 27) 折茂 肇: 加齢に伴う病態変化, 2) 骨粗鬆症, 厚生指針, 34 (15):40-50, 1987.
- 28) 白木正孝: 骨塩含量測定法 (8) QCT の原理と特徴, 腎と骨代謝, 2:559-564, 1989.
- 29) 須賀昭一: 歯槽骨—その構造, 機能と反応—, 歯界展望, 61:840-852, 1983.
- 30) 加藤譲治: 腎不全患者にかかる歯科学的異常, 腎と骨代謝, 1:273-285, 1988.
- 31) Rickers, H., Christensen, M., Rodbro, P.: Bone mineral content in patients on prolonged maintenance hemodialysis: a three year follow-up study. *Clin. Nephrol.* 20:302-307, 1983.
- 32) 田中 治, 鶴田良成, 吉田文直, 臼田正恒, 大林祥悟, 成田真康, 前田憲志, 新里高弘: 長期透析患者における骨塩量の経時的変化とこれに影響を与える因子の検討, 腎と骨代謝, 1:487-493, 1988.
- 33) 秋山 敬, 村上健治, 宮崎良一, 村本弘昭, 紺井一郎, 東福要平, 黒田満彦: 腎性骨異常症における透析時期および年齢の影響と  $1\alpha$ -OH-D<sub>3</sub> の効果について, 透析会誌, 19:685-691, 1986.
- 34) Fletcher, P. D., Scopp, I. W., Hersh, R. A. Oral manifestations of secondary hyperparathyroidism related to long-term hemodialysis therapy. *Oral Surg.* 43:218-226, 1977.
- 35) 鈴木正二: 病的骨吸収: 特に慢性腎不全にみられる腎性骨異常症 (ROD) の顎骨 X線写真の評価に関する研究, 日口外誌 34:2586-2599, 1988.
- 36) 福永仁夫, 永井清久, 友光達志, 大塚信昭, 佐々木環, 平野 宏, 大沢源吾, 森田隆司: 慢性腎不全患者の骨塩量の定量—第3腰椎と橈骨の bone mineral density の測定—, 腎と骨代謝, 1:53-59, 1988.
- 37) 岸本英彰, 荻野 浩, 賀川 武, 中村達彦, 倉信耕爾, 山本吉蔵: 骨粗鬆症患者における皮質骨と海綿骨の相互作用について, 中部整災誌, 33:454-455, 1990.
- 38) 中塚喜義, 萩原 聡, 三木隆己, 西沢良記, 曉橋貴一郎, 田畑 勉, 松下義樹, 井上 隆, 越智宏暢,

- 森井浩世：透析患者の骨塩含量 - Dual photon absorptiometry による測定 -, 腎と骨代謝, 1 : 47-52, 1988.
- 39) Heaf, J. G. , Nielsen, L. P. , Mogensen, N. B. : Use of bone mineral content determination in the evaluation of osteodystrophy among hemodialysis patients. *Nephron*. 35 : 103-107, 1983.
- 40) 白木正孝：骨粗鬆症と骨代謝調節ホルモン, 臨床科学, 3 : 270-279, 1990.
- 41) 上好昭孝, 太田喜一郎：腎不全透析患者における骨病変に対する性ホルモン（エストラジオール, テストステロンなど）の影響について, 腎と骨代謝, 3 : 221-229, 1990.
- 42) 白木正孝：骨塩含量測定法（10）どの部位で何を測定するか, 腎と骨代謝, 3 : 255-259, 1990.
- 43) 松野公則, 呉 吉煥, 白石龍二, 岩崎博幸, 佐藤秀之, 熊本吉一, 松本昭彦：高齢者手術例に対する術前評価としての骨塩測定の意義, 日外会誌, 91 : 923-930, 1990.