



Title	Single energy X-ray absorptiometryを用いた踵骨の骨密度測定に関する研究
Author(s)	青山, 俊也; 伊藤, 正; 加藤, 富三 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1993, 53(10), p. 1188-1194
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18794
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

Single energy X-ray absorptiometry を 用いた踵骨の骨密度測定に関する研究

1) 日本医科大学放射線医学教室

2) 東京都老人総合研究所疫学部

3) 日本医科大学第II内科学教室

青山 俊也¹⁾ 伊藤 正¹⁾ 加藤 富三¹⁾ 鈴木 隆雄²⁾
柴田 博²⁾ 河辺 満彦³⁾ 原 一男³⁾ 赫 彰朗³⁾

（平成4年7月9日受付）

（平成4年12月28日最終原稿受付）

Basic Study of Bone Mineral Density in Os Calcis by Single Energy X-ray Absorptiometry

Toshiya Aoyama¹⁾, Tadashi Ito¹⁾, Tomizou Kato¹⁾,
Takao Suzuki²⁾, Hiroshi Shibata²⁾, Mituhiko Kawabe³⁾,
Kazuo Hara³⁾ and Akirou Terashi³⁾

1) Department of Radiology, Nippon Medical School

2) Department of Epidemiology, Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology

3) Department of Second Internal Medicine, Nippon Medical School

Research Code No. : 752

Key words : Single energy X-ray absorptiometry, DXA,
Bone mineral content

We studied bone mineral density (BMD) in the os calcis by means of single energy X-ray absorptiometry (SXA), and BMD in the third lumbar spine by means of dual energy X-ray absorptiometry (DXA). Results were as follows.

① The doses absorbed in SXA at the exposure site and the opposite site were measured by thermoluminescent dosimetry. The dose absorbed in SXA may be lower than that in DXA.

② The BMD of the os calcis was measured in 30 female volunteers by SXA and that of the third lumbar spine by DXA, and age, weight, height, and consequences of physical exertion were investigated. BMD as determined by SXA was significantly correlated with that determined by DXA ($r=0.65$). BMD as determined by SXA and DXA tended to decrease with age, to increase with height and weight, and to be significantly higher in those who made some physical exertion.

In conclusion, SXA may be a useful method for the measurement of BMD.

I. はじめに

近年、骨代謝について多くの臨床的、基礎的研究がなされている。特に骨の吸収、形成に関与す

る内的因子として、副甲状腺ホルモン、活性型ビタミンD、カルシトニン、エストロゲンなどや、bone morphogenic proteinに代表されるサイト

カインの存在が知られ、骨密度との関係も明らかになりつつある。

骨粗鬆症とは、骨の構成成分である基質と骨塩との比が一定のまま骨量が減少する状態、つまり骨のリモデリングのバランスがくずれ、骨吸収が骨形成に対して優勢となつたためにおこる状態とされ、性別・加齢・低体重・運動量などの非病的因子、内分泌疾患・消化器疾患、悪性腫瘍・アルコール中毒などの病的因子により影響される。しかし、どの因子がどの程度骨密度に影響を及ぼすかについては一定の見解は得られていない¹⁾。

また、骨粗鬆症の発生要因のひとつに人種差があげられているが、日本人についての折茂ら²⁾の報告では老人のカルシウム、蛋白質の摂取量の少なさが骨密度の低下をきたすこと、その対策としてカルシウムの摂取量を増やす必要性が述べられている。

骨粗鬆症の診断、予防に欠かすことのできない骨塩量の測定について種々の定量法が開発され、臨床的に使用されている。それらのうちで、特に汎用性、精度の高いのは Dual energy X-ray absorptiometry (以下 DXA)³⁾であり、その他に Quantitative computed tomography (以下 QCT)⁴⁾、Single energy X-ray absorptiometry (以下 SXA) が用いられている。

DXA は測定時間の短縮、精度の向上等に著しい改善が見られ、被曝線量は単純 X 線撮影の 10 分の 1 と少なく、全身および身体部分（脊椎、大腿骨など）の骨塩量の他に脂肪量や筋肉量の測定が可能であることにより、骨粗鬆症の診断だけでなく、栄養学やスポーツ医学の分野において用いられている。

その半面、高価格であること、大型機器であることなど設置にはいくつかの問題を有している。

一方、SXA は測定方法が比較的単純で、小型軽量化され、Vogel らは DXA により測定された第一腰椎から第四腰椎までの骨密度と踵骨の骨密度との相関係数は 0.77 と報告しており⁵⁾、骨粗鬆症のスクリーニングに応用の可能性がうかがわれる。

今回、我々はこの SXA を使用し、DXA と比較検討する機会を得たので、ここに若干の考察を加え報告する。

II. 対象及び方法

1. SXA 装置 (Fig. 1(A))

私達はこの研究において、SXA 装置としてオステオン社製のオステオアナライザーシステム II を使用した。

27 keV の X 線を 0.1 mm スズフィルタに通過

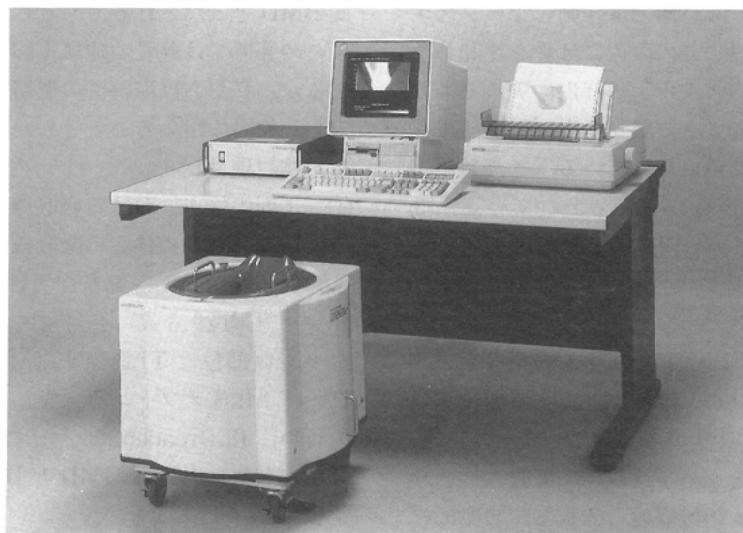


Fig. 1(A) Figure Osteoanalyzer system II

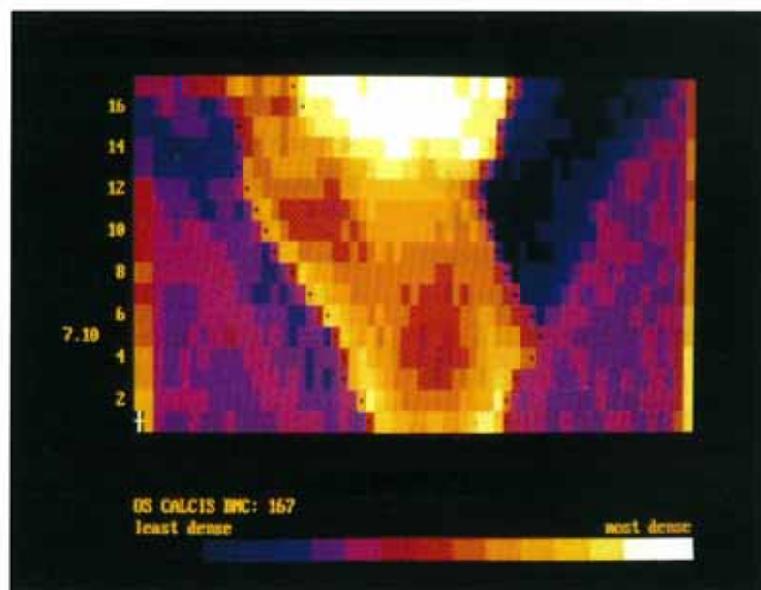


Fig. 1(B) Bone mineral density in os calcis

させて得たシングルフォトンを測定部位に照射し、その透過X線をテルル化カドミウムを用いて検出する装置で、コリメータには黄銅を用いている。最高電圧37kV、最大管電流は0.1mA、スキャニング可能領域 $10 \times 16\text{ cm}$ である。

水に補正フィルタの役割を果たさせる目的で、被検部を水中にて固定する。キャリブレーションにあたり、この水の吸収値を内蔵するコンピュータが測定し、適当でない値では作動しないシステムとなっている。更にこの装置には骨を焼却した灰が封入され、そのスキャナ一部内にアルミニウムと複数のファントムを内蔵しており、併せてキャリブレーションに用いられている。これらにより正確な測定値が得られると言われている。3mm幅のビーム(1ROW)にて被検部のスキャンを行うので、踵骨の大きさに従って10~16回のスキャンを行うことになる。

Fig. 1(B)はCRT画面上のカラーグラフィック表示である(Fig. 1(B))。白い部分は骨塩量が多く、赤い部分は骨塩量が少ないことを示している。コンピュータを用いてX線による骨の吸収値を内蔵のファントムの吸収値と比較し、自動的に骨密度を測定する。

Wasnichらはこの装置におけるbone mineral density(BMD)の算出を下記のごとく行っている⁵⁾。

- (1) スキャン方向に沿った単位長(cm)の骨塩量(g/cm)と1ROW×9スキャン(1AREA)の積算値が骨塩量bone mineral content(BMC)として表示される。
- (2) BMCをそのスキャン面積で割った値が骨密度BMDと表示される。

この装置では踵骨の他に上腕骨の測定が可能であるが、私たちは海綿骨の豊富な踵骨について測定し、検討に用いることとした。

2. 検討項目

- (1) 1回の検査における吸収線量の測定

使用にあたり被検者の吸収線量を知る目的で以下の測定を行った。健常な男性10名(21歳から42歳、平均29.3歳)を対象に、踵骨部の入射部位と対側部位にTLD素子(MSO-S素子、ホルダーF:化成オプトニクス製)を置き、骨塩定量を行い、TLDreader 2500を用いて測定した。

- (2) 本装置におけるBMDとDXAのBMDとの比較

30名の健常な女性(20歳~60歳平均31.9±

12.02 歳) を対象として、本装置を用いて右踵骨の BMD を測定し、同日に DXA (QDR-1000/W: 米国ホロジック社製) を用いて、第三腰椎の BMD を測定し、体重、年齢、身長について比較検討した。

次に 30 名を以下の 2 群に分けて検討した。以前スポーツを 3 年間以上行っていた女性（例えば、テニス・スキー・ゴルフなど）および現在続いている女性（年齢 28.4 ± 9.55 歳、身長 158.1 ± 3.58 cm、体重 54.4 ± 6.18 kg）を physical exertion 群、全く行っていなかった女性（年齢 37.6 ± 12.13 歳、身長 154.3 ± 3.73 cm、体重 48.5 ± 5.41 kg）を non-physical exertion 群とし、本装置と DXA の BMD を比較した。

III. 結 果

1. 1 回の検査における吸収線量の測定

測定の結果は Table 1 の如くである。踵骨の入射部位の吸収線量は $15.2 \sim 35.6 \mu\text{Sv}$ 、平均 $20.3 \pm 6.3 \mu\text{Sv}$ で、対側部位のそれは $9.7 \sim 11.1 \mu\text{Sv}$ 、平均 $10.3 \pm 0.45 \mu\text{Sv}$ であった。

2. 本装置における BMD と DXA の BMD との比較

30 名の健常な女性を対象とし本装置による右踵骨の BMD と DXA による第三腰椎の BMD の関係を Fig. 2 に示す。両側の t 検定を行った結

Table 1 The absorbed dose in the exposure site and the opposite site by means of Osteoanalyzer system II measured by thermoluminescent dosimetry.

Subject	Age	Exposure site (μSv)	Opposite site (μSv)
A	21	15.4	10.6
B	22	35.6	11.0
C	24	15.4	9.9
D	26	15.2	9.7
E	27	21.1	11.1
F	30	17.3	10.1
G	30	15.3	10.1
H	35	21.3	10.1
I	36	27.7	9.9
J	42	18.7	10.5
Mean		20.3	10.3
SD		6.3	0.45

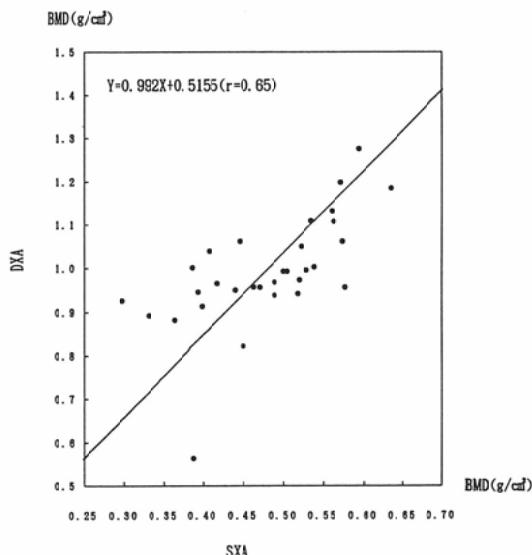


Fig. 2 Bone mineral density in right os calcis at SXA in third lumbar spine (anterior-posterior projection) at DXA

果、危険率 5 %以下で両者の間に有意な正の相関を示した。本装置の右踵骨の BMD と DXA による第三腰椎の BMD の年齢、身長、体重についての測定結果を Fig. 3 (A)(B)(C) に示す。

Fig. 3 (A) は年齢と両者により測定された BMD との関係を示したものである。加齢とともに BMD は低い傾向を示すが、特に強い相関を認められていない。更に相関係数を Z 変換し、両側の t 検定を行った結果、加齢と本装置の BMD との間で 5 %以下の危険率にて相関関係が認められた (Fig. 3 (A))。

Fig. 3 (B) は体重と両者により測定された BMD との関係を示したもので、体重の重いほど BMD は高い傾向を示し、体重と本装置の BMD との間に同様に 5 %以下の危険率にて相関関係を認めた (Fig. 3 (B))。

Fig. 3 (C) は身長と両者により測定された BMD との関係を示したもので、身長が高いほど BMD は高い傾向を示し、身長と本装置の BMD との間に同様に 5 %以下の危険率にて相関関係を認めた (Fig. 3 (C))。

physical exertion 群と non-physical exertion 群間には 5 %以下の危険率にて年齢、身長、体重

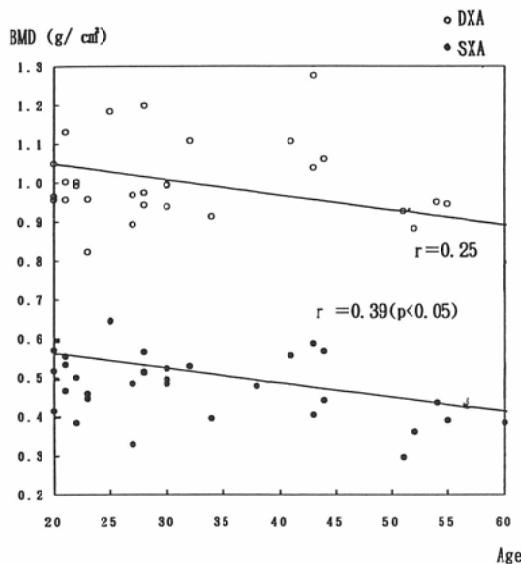


Fig. 3(A) Bone mineral density in right os calcis at SXA and in third lumbar spine at DXA on age group : Both BMDs may have a tendency to be lower with growing older.

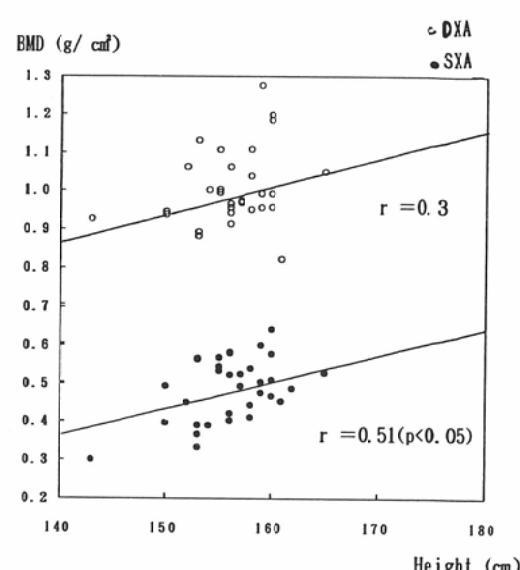


Fig. 3(C) Bone mineral density in right os calcis at SXA and in third lumbar spine at DXA on height : Both BMDs may have a tendency to be higher with increase in height.

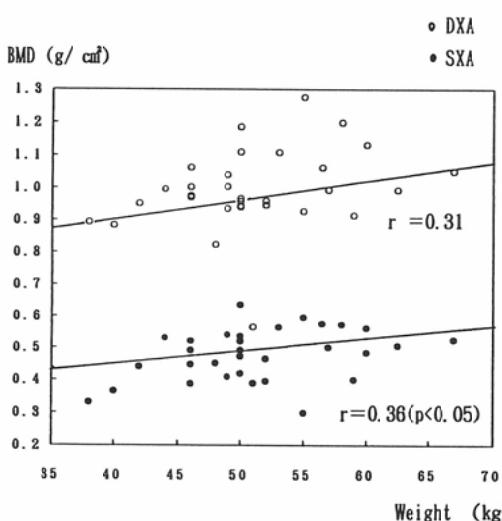


Fig. 3(B) Bone mineral density in right os calcis at SXA and in third lumbar spine at DXA on weight : Both BMDs may have a tendency to be higher with increase in weight.

Ex. : People who made some physical exertion
for three years or more.
(g/cm²)
non-Ex. : people who did not.

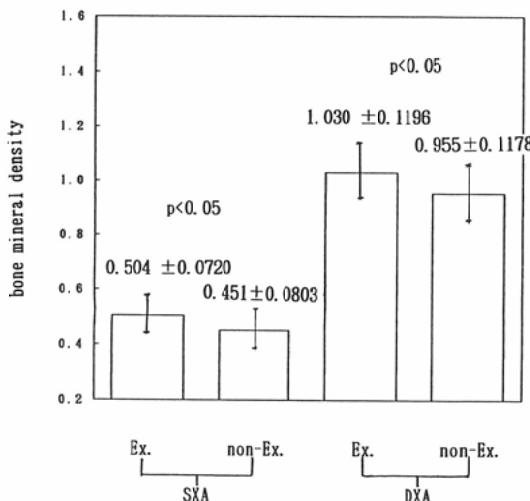


Fig. 4 Bone mineral density at people who made some physical exertion, and who did not. Both BMDs on group with some physical exertion have a tendency to be higher than both BMDs without any physical exertion.

に有意な差が存在した。本装置の右踵骨の BMD について physical exertion 群 non-physical exertion 群に対して 10.6% 高く、また DXA による第三腰椎の BMD についてみると physical exertion 群は non-physical exertion 群に対して 7.9% 高くなっている。つまり、physical exertion 群の右踵骨と第三腰椎の BMD が高く、両側の t 検定を行った結果、5% 以下の危険率で non-physical exertion 群の右踵骨と第三腰椎の BMD に対して各々有意差を認めた (Fig. 4)。

IV. 考 察

骨代謝と関わりの大きい海綿骨の骨密度を知ることは骨粗鬆症の診断に重要である。

踵骨において海綿骨はその 90% 以上を占め、立方体に近い形態をなしている。一方椎骨は椎体、椎弓、突起による複雑な形態を呈し、体重、年齢、性差、骨の体積等により異なるが、海綿骨がその 66% 以上を占めると言われ⁵⁾、しかもその周辺に多くの臓器が存在する。踵骨の骨密度を測定することは椎骨のそれを測定することよりむしろ合理的を言える^{6),7)}。

骨粗鬆症による圧迫骨折は重要な問題となっているが、圧迫骨折を起こした椎体の BMD は見かけ上高いとされている⁸⁾。踵骨は圧迫骨折の頻度が極めて低いので、腰椎の圧迫骨折のある骨粗鬆症の患者において骨密度を測定するには踵骨の測定が適していると考える。

オスティオン社の説明によると、本装置による 1 回の検査における照射線量は $3.87 \times 10^{-7} \text{ C/kg}$ であり、これはホロジック社の DXA の照射線量の 1/2 にあたる。私たちの測定した吸収線量は Table 1 の如くであるが、これは金らの DXA の吸収線量についての報告⁹⁾の 1/10 にあたる。本装置により低線量で骨密度を測定できることが分かった。被検部位の厚さの差によると考えられ、この測定法の利点の一つと考えている。

本装置による BMD と DXA による BMD の測定の計算方法は基本的には同一である。私たちの測定では両者の間に正の相関が認められ、本装置は臨床的には DXA と同様の価値を有し、検討に

値すると判断した。前者の絶対値は後者のそれより低いことを Fig. 2 に示したが、これは踵骨と椎体の断面積、周囲の軟部組織^{10),11)}、骨密度⁵⁾の差によると説明されている。

一般に加齢と共に BMD は減少するとされるが¹²⁾、私たちの測定では同様な傾向を示した。強い相関を示していないので、更に Z 変換し、両側の t 検定を行った結果、本装置の BMD は 5% 以下の危険率にて有意な相関を示し、一方、DXA の BMD は有意差を認めなかった。骨密度のピークは 20 歳代後半から 40 歳代初めと言われているが¹²⁾、私たちの検査を行った対象のうちに 20 歳代が 16 人も含まれ、これまでの報告⁶⁾と比し若年者が多いことにより、SXA で有意差を認め、DXA で認めないものと思われ、SXA、DXA の機種の違いによるのではないと考えている。

体重が重いほど、身長が高いほど BMD は高いとされ⁵⁾、私たちの測定でも同様の傾向を示したが、年齢と同様に本装置の BMD は 5% 以下の危険率にて有意な相関を示していた。その理由も年齢と同様と考えている¹³⁾。

スポーツをよく行っていたか、現在も行っている (physical exertion) 群と全く行っていない (non-physical exertion) 群について本装置による踵骨、DXA による第三腰椎の BMD を測定した結果、両機種の BMD とも physical exertion 群において non-physical exertion 群より BMD が高く、5% 以下の危険率にて有意差を認めた。骨密度は運動により影響を受けるものと思われるが、今後の検討を要する課題と考えている¹⁴⁾。

V. まとめ

SXA により踵骨の骨密度測定における吸収線量を求める、文献における DXA による骨密度測定の吸収線量と比較検討した。また、SXA による踵骨、DXA による第三腰椎の BMD を年齢、体重、身長、運動について比較検討した。

1. SXA の吸収線量は DXA のそれより少なかった。

2. SXA により測定された踵骨の BMD と DXA により測定された第三腰椎の BMD との間

に正の相関を認めた。

3. SXA の骨密度は身長・年齢・体重と有意な関係を認めた。

4. 運動は第三腰椎・踵骨の骨密度に影響を及ぼすと思われる。

本研究の要旨は、第 59 回日本医科大学医学総会、第 51 回日本医学放射線学会総会で報告した。

謝辞

稿を終えるにあたり、本研究に協力戴いた松本医科器械、東洋メディック、化成オプトニクスの方々に深く感謝します。

文 献

- 1) Mcsheehy PMJ, Chambens TJ : Osteoblastic cells mediate osteoclastic responsiveness to parathyroid hormone. *Endocrinology* 118 : 824-828, 1986
- 2) 折茂 肇：日本におけるカルシウム摂取量と老年医学、牛乳栄養学術研究会第 2 回学術フォーラム報告書 : 93-112, 1988
- 3) 友光達志、福永仁夫、大塚信昭、et al : 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測定の臨床的有用性—單一光子吸収測定装置との比較—, *Radioisotopecs* 37 : 521-524, 1988
- 4) Genant HK, Boyd D : Quantitative bone analysis using dual energy computed tomography. *Investigative Radiology* 12 : 545-551, 1977
- 5) Vogel JM, Wasnich RD, Ross PD : The clinical relevance of calcaneus bone mineral measurements: a review. *Bone and mineral* : 1-24, 1988
- 6) Ross PD, Wasnich RD, Vogel JM : Detection of prefracture spinal osteoporosis using bone mineral absorptiometry. *Journal of bone and mineral research* 3 : 1-11, 1988
- 7) Wasnich RD : Fracture prediction with bone mass measurements. (In) Genant HK, ed : *Osteoporosis Update 1987*, 95-101, 1987, University Press, Berkeley
- 8) 萩原 聰、三木隆己、森井浩世、et al: Dual photon absorptiometryについて, *Image Technology & Information Display* 20, 1087-1092, 1988
- 9) 串田一博、金 洪海、山崎 薫、et al: Dual Energy X-ray absorptiometry, (In) 森田隆司 ed :骨ミネラルと骨粗鬆症, 151-160, 1989, メディカルレビュー社, 大阪
- 10) 向井孝夫:骨塩定量法の原理と基本性能①骨塩定量法の原理, (In) 森田隆司 ed :骨ミネラルと骨粗鬆症, 21-26, 1989, メディカルレビュー社, 大阪
- 11) 友光達志:骨塩定量法の原理と基本性能②基本性能, (In) 森田隆司 ed :骨ミネラルと骨粗鬆症, 27-32, 1989, メディカルレビュー社, 大阪
- 12) 山本逸雄:Single Photon Absorptiometry. In) 森田隆司 ed :骨ミネラルと骨粗鬆症, 49-62, 1989, メディカルレビュー社, 大阪
- 13) 乗松尋道: Dual Photon Absorptiometry ③, (In) 森田隆司 ed :骨ミネラルと骨粗鬆症, 139-143, 1989, メディカルレビュー社, 大阪
- 14) 今井康雄、藤田拓男: Dual Energy X-ray Absorptiometry ③. (In) 森田隆司 ed :骨ミネラルと骨粗鬆症, 161-164, 1989, メディカルレビュー社, 大阪