

二重エネルギー X 線吸収測定法により測定された人間ドック受診男性の骨量に関する研究

—特に骨量減少の臨床的検討—

三宅真理子

加齢に伴う骨量減少は女性でしばしばみられるが、高齢者の男性にも生じる。今回、人間ドック受診の健常男性534例について橈骨、腰椎および大腿骨頸部の3部位の骨量を測定し、骨量減少の臨床的検討の横断調査を行った。また、69例に対しては経時的に骨量測定を施行し、縦断調査を行った。骨量は二重エネルギー X 線吸収測定法を用いて測定し、指標として骨密度 (bone mineral density, BMD) を算出した。なお、全例に腰椎単純 X 線撮影を施行した。横断調査の結果、BMD は橈骨では30歳代より徐々に低下した。腰椎では30~60歳代までほぼ一定であり、70歳代で低下する傾向が認められた。大腿骨頸部では40歳代にピークを示すが、60歳代まではほぼ一定であり、70歳代で低下を示した。骨量減少は腰椎を採用すれば高率に検出が可能であった。腰椎単純 X 線像の骨萎縮度1度は、腰椎の最大骨量の -2 S.D. (0.882 g/cm^2) に相当した。生活様式に関しては、高体重、運動歴あり、および牛乳摂取は骨量を増加させる因子であり、適量の飲酒は骨量を減少させる因子とはならなかった。縦断調査から、橈骨の BMD は全年代で経時的に低下した。60歳代の腰椎では増加を示した。腰椎単純 X 線像上、骨硬化性変化を認めるものは経時的な BMD に増加がみられた。橈骨は測定の再現性あるいは骨硬化性変化等受けにくいことから、経時的骨量変化の観察には最適の部位であった。骨量変化と初回測定時の BMD 値または生活様式との間には一定の傾向は得られず、これらから将来の骨量減少を推測することは不可能であった。

(平成5年10月23日採用)

Study for Bone Mineral Density in Males on the Complete Physical Checkup Measured by Dual-energy X-ray Absorptiometry: Special Reference to Clinical Study of Bone Loss

Mariko Miyake

Although the incidence of osteoporosis in males is lower than that in females, age-related bone loss also occurs in males. In this study, to clarify the bone loss in males, the bone mineral densities (BMDs) at different sites were determined from a cross-sectional or a longitudinal study. The subjects of the cross-sectional study were 534 healthy males undergoing complete physical checkup (age; 30-77 y.o., mean age; 53.3 ± 8.7 y.o.) and 69 males (age; 40-75 y.o., mean age; 54.8 ± 8.5 y.o.) were the

川崎医科大学 保健医療学教室
〒701-01 倉敷市松島577

Department of Primary Health Care and Preventive Medicine,
Kawasaki Medical School:577 Matsushima, Kurashiki,
Okayama, 701-01 Japan

subjects of the longitudinal study. In the former, BMDs in the distal 1/3 radius, the lumbar vertebrae and the femoral neck were measured by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). In the latter, BMDs in same sites were measured at various monthly intervals (9-28 months). Plain radiographs of the lumbar vertebrae were also taken. The difference in BMD between the initial and second measurements was defined as the Δ BMD per year or per two years (corrected by the interval). In addition, the % Δ BMDs per year or per two years were considered as the relative bone loss against the initial BMD value. Correlations between BMDs, % Δ BMDs per year or per two years and body size or life style were investigated.

In the cross-sectional study, age-related bone loss in the radius occurred from the fifth decade, while loss in the lumbar vertebrae was observed from the eighth decade. As for the femoral neck, loss occurred from the eighth decade, after no change during the fourth to seventh decades. As to the detectability of osteopenia, BMD findings in the vertebrae show this to be the most sensitive site in males. Bone atrophy (first degree) diagnosed by plain radiographs in the lumbar vertebrae was correspondent to less than 0.882 g/cm² by DXA as a value of BMD. Body weight was related to BMD in the weight-bearing bones. Present- or past-physical exercise and milk intake led to high BMD. On the other hand, alcohol intake was not related to BMD. There was no relationship between smoking and BMDs.

In the longitudinal study, annual bone loss in the radius occurred from the fifth decade. Annual bone loss in the lumbar vertebrae was observed during the fifth and sixth decades, whereas annual bone gain was transiently observed during the seventh decade. The annual bone gain in the lumbar vertebrae was observed in males with osteoarthritic change on plain radiographs. Considering the precision of the BMD measurement, bone loss could be detected most effectively in the radius. No relationships between longitudinal bone change and the initial BMD value, body size and life style were not found.

These results indicate that, as physical exercise and calcium intake lead to the maintenance of bone mass, they can play a role in the prevention of osteoporosis in males. (Accepted on October 23, 1993) *Kawasaki Igakkaiishi* 19(4) : 319-336, 1993

Key Words ① Dual-energy X-ray absorptiometry ② Osteopenia
 ③ Complete physical checkup ④ Healthy males
 ⑤ Life style

はじめに

近年、高齢化社会の到来とともに、加齢に伴う退行性疾患は増加し、その対策は医学的のみならず社会的にも急務となっている。老人性骨粗鬆症は、骨の退行性疾患の一つで、骨量減少

に基づく骨強度の低下のために骨折が生じ易くなり、老人の quality of life を低下させる一因といわれている。本邦では1987年厚生省シルバーサイエンス骨粗鬆症研究班が発足し、退行期骨粗鬆症の診断基準の作成、その病因究明、疫学調査および治療法の確立に到るまで広い分野での研究が精力的になされている。

加齢に伴う骨量減少は広く知られた事実であり、女性では早期にしかも著明に生じるといわれている。事実、骨粗鬆症の頻度は女性が男性よりも3～4倍高く、多くの研究は女性例でなされているのが現状で、男性例での報告は散見されるにすぎない^{1)~3)}。しかし、男性においても高齢者では少なからず骨粗鬆症がみられ、快適な老後を過ごす上で支障となるので、女性と同様その骨病態を把握することは重要である。

骨粗鬆症の早期発見、診断、経過観察や治療効果の判定には正確な骨量測定は欠かすことができない。従来より、光子吸収測定法の原理を応用し、末梢骨を測定対象とした単一光子吸収測定法 (single photon absorptiometry, SPA) や、躯幹骨を測定対象とした二重光子吸収測定法 (dual photon absorptiometry, DPA) が骨量測定法として使用されていた。しかし、これらの方法は ¹²⁵I や ¹⁵³Gd のような放射性核種を線源として用いるため、線源の減衰や法的規制など臨床使用に際し多くの問題点が指摘されている。1988年本邦で初めて本大学に二重エネルギー X 線吸収測定法 (dual-energy X-ray absorptiometry, DXA) の装置が導入された。DXA はその優れた基本性能つまり測定精度や測定の正確度が良好なため^{4), 5)}、広く臨床に使用されており、現在300台以上の DXA 装置が稼働している。

そこで、今回人間ドックを受診した男性において橈骨、腰椎および大腿骨頸部の3部位の骨量を測定し、骨量減少に関する臨床的検討を行い、骨粗鬆症の予防について若干の知見を得たので報告する。

対象および方法

1. 対象

1989年11月20日から1993年3月1日までの期間に当院の入院人間ドックを受診したも

ののうち骨量測定を希望した男性627例(実人数)を対象とした。その内訳は、健常者534例(年齢30～77歳、平均年齢(平均±S. D.) 53.3±8.7歳、30歳代16例、40歳代175例、50歳代212例、60歳代112例、70歳代19例)、糖尿病55例(42～79歳、58.1±8.5歳)、胃切除後35例(48～78歳、61.2±7.1歳) および甲状腺機能亢進症3例(43～48歳、46.0±2.2歳)である。なお全例、人間ドック検査項目 (Table 1) の諸検査を受けており、健常者には骨・カルシウム (Ca) 代謝に影響を及ぼすと考えられる疾患の合併例は除外されている。

また、経時的な骨量の変化を検討するため、健常男性69例(40～75歳、54.8±8.5歳)に対しては繰り返して骨量測定を行った。

2. 骨量測定

DXAを用いて行い、橈骨1/3遠位部にはDCS-600 (Aloka 社)⁴⁾を、第2～4腰椎及び大腿骨頸部にはQDR-1000 (Hologic 社)⁵⁾を使用した。

実際の橈骨測定モードはprofile scanを採用し、あらかじめコンピュータに前腕長(尺骨茎状突起から肘頭まで)を入力後、被検者の前腕を固定して測定の開始位置を尺骨茎状突起に設定し、データの収集を行った。得られた一断面の骨塩量 (bone mineral content, BMC: g/

Table 1. Items of complete physical checkup

I. Physical Examination	Height, Body Weight, Body Temperature, Blood Pressure, Pulse Rate
II. Blood Chemistry	Total Protein, Total Bilirubin, Total Cholesterol, γ -GTP, LDH, Albumin, Globulin, Cholinesterase, GPT, GOT, Creatinine, BUN, Uric Acid, Amylase, Triglyceride, Blood Sugar Concentration, Icteric Index
III. Complete Blood Count	Red Blood Cell, Hemoglobin, Hematocrit, White Blood Cell, Platelet
IV. Urinalysis	
V. Fecal Occult Blood Test	
VI. Others	Erythrocyte Sedimentation Rate, Hepatitis B Surface Antigen
VII. Glucose Tolerance Test	
VIII. Electrocardiogram, Plumonary Function Test, Examination of Optalmic Fundi	
IX. Chest Roentgenogram, Upper Gastrointestinal Series, Abdominal Echogram	

cm)と骨幅 (cm) から、BMCを骨幅で除した骨密度 (bone mineral density, BMD: g/cm^2) を算出した。GDR-1000による腰椎のBMD測定は、以下のとおり行った。まず、被検者を計測用ベッドに仰臥させるとともに、腰椎の生理的彎曲を減じるために下腿部を専用台に挙上させた。ついで、検出器を計測の開始位置である第5腰椎部に位置付けて、計測を開始した。計測後、画面表示部の subtraction image 上でデータ処理を行った。つまり、第1～4腰椎の4腰椎について、腰椎の同定と計算範囲を設定し、各腰椎の多断面からなるBMC (g) と骨面積 (cm^2) を求め、このBMCを骨面積で除したBMD (g/cm^2) を算出した。なお、今回の検討には第2～4腰椎の平均BMDを使用した。また大腿骨頸部の測定は、まず被検者を仰臥位にして、大腿骨頸部が最もよく描出できるように足部を20°内旋位に保つ肢位をとらせた。その後、計測の開始位置を大転子部に合わせてデータの収集を行った。データ処理は、大腿骨頸部の長軸を決定後、大腿骨頸部、大転子部とWardの三角の各部位を決定し、それぞれの部位の多断面からなるBMC (g) と骨面積 (cm^2) からBMD (g/cm^2) を求めた。今回の検討には大腿骨頸部のBMDを供した。使用したDXA装置の測定精度つまり繰り返し測定再現性は、橈骨ではC. V. 1.23%⁴⁾、腰椎では1.80%、大腿骨頸部では1.97%⁵⁾であった。これらの測定精度から得られる95%信頼域を示す測定誤差 (C. V. \times 1.96) は、橈骨では2.46%、腰椎では3.60%、大腿骨頸部では3.94%であった。

3. 検討項目

(1) 横断調査

このようにして求めた各測定部位のBMDについて健常男性のBMDの年代別基準値の算出を行うとともに、各疾患群との比較を行った。さらに既に報告されているBMDの年代別分布から得られる、最大骨量 (peak bone mass, PBM) の -2 S. D. を越えて低値を示すものを骨量減少群とした。つまり、橈骨では $0.671 \text{ g}/\text{cm}^2$ 未満、腰椎では $0.882 \text{ g}/\text{cm}^2$ 未満および大腿骨頸

部では $0.643 \text{ g}/\text{cm}^2$ 未満のBMDを示す症例であり、測定部位と骨量減少の検出率との関係を検討した。また、身長、体重およびbody mass index (BMI) を求めて、40～60歳代の499例におけるBMDと体格との関係を検討した。なお、全例に対し腰椎単純X線撮影を施行し、厚生省シルバーサイエンス骨粗鬆症研究班から提唱された骨萎縮度分類に基づいて骨萎縮の有無を調査し、各部位のBMDとの関係を検討した。さらに、腰椎単純X線像における骨萎縮度1度に相当する51例の腰椎BMD値を求めた。なお、骨萎縮度1度は、腰椎側面像において、椎体の縦の骨梁が目立つものとした。ついで、骨萎縮度分類と骨量測定による骨量減少の判定の成績を両者で比較し、退行期骨粗鬆症の診断基準におけるこれらの役割を検討した。

入院ドック2日目の早朝空腹時に採血を行い、血中Ca、リン (P) およびアルカリフォスファターゼ (ALP) 濃度を測定した。Caはアルセナゾ色素法で測定し、基準値は $4.0\sim 5.5 \text{ mEq}/\text{dl}$ 、Pはモリブデン酸色素法で測定し、基準値は $1.4\sim 2.6 \text{ mEq}/\text{dl}$ であった。ALPはベッシローリ変法を用いて測定し、基準値は $25\sim 80 \text{ IU}/\text{l}$ であった。Caについては血清アルブミン (Alb) 値で補正した、血清Ca (mg/dl) + {4-血清Alb (g/dl)}の式で求めた値を使用した。ついで、骨萎縮、骨折および腰背部痛の有無、血中補正Ca、PおよびALP濃度の所見を総合して、厚生省シルバーサイエンス骨粗鬆症研究班から提唱された退行期骨粗鬆症の診断基準 (1992年度改訂案)⁶⁾における評点を求めた。アンケート様式で現在と過去の運動歴の有無と程度 (週2～3回以上、1回1～2時間以上の運動をしている人を運動歴「あり」、それ以下で多少はしている人を「少しあり」、全くしていない人を「なし」)、牛乳とアルコール摂取状況 («なし」、「時々」と「毎日」) および喫煙歴 («なし」、「あり-20本以下」と「あり-20本以上」) を聴取した。ついで、40～60歳代の各年代毎についてこれら生活様式とBMD値との関係を検討するとともに、各測定部位のPBMから -2 または $+2$ S. D. を

越える骨量減少群または骨量高値群と正常骨量群との間で、これらの関係を検討した。

(2) 縦断調査

繰り返し骨量測定を行った症例について、各症例は測定間隔が一定でないことや、経時的骨量減少が直線的に生じるのか否かが不明であるため、次のように分類して検討した。第1群は初回骨量測定から9～17カ月(平均 12.5 ± 1.6 カ月)の間隔で骨量測定を行った42例(平均年齢 55.0 ± 8.5 歳, 40歳代11例, 50歳代20例, 60歳代7例, 70歳代4例)であり、その変化量を1年間当りに換算して検討に供した。第2群は18～28カ月(平均 23.1 ± 2.7 カ月)の間隔で測定した27例(平均年齢 54.4 ± 8.5 歳, 40歳代8例, 50歳代12例, 60歳代5例, 70歳代2例)で、変化量を2年間当りに換算した。具体的には、各症例について初回 BMD 値と2回目以降の BMD 値との差つまり骨量変化量を Δ BMD とし、測定間隔で補正後、第1群では1年間当りの Δ BMD を Δ BMD/1年、第2群では2年間当りの Δ BMD を Δ BMD/2年と表示した。さらに、初回測定値に対する相対的な BMD の差つまり骨量変化率を、 $\% \Delta$ BMD/1年および $\% \Delta$ BMD/2年として算出した。ついで、経時的な骨量変化率を年代別に求めた後、腰椎単純 X 線像上の骨硬化性変化 (osteoarthritis, OA) の有無で分類し、腰椎 BMD の変化率との関係を検討した。

骨量減少がどの部位で有意に検出できるかを測定精度を考慮して検討した。ついで、経時的に骨量測定が可能であった症例について、初回 BMD 値と経時的な骨量変化との関係を明らかにするため、以下の検討を行った。つまり、初回骨量を次のように分類して骨量減少との関係を評価した。1) 初回 BMD 値が PBM の -2 S. D. を越えて低値の症例 (T スコアが -2 よりも小さいもの)、2) -2 から -1 S. D. 未満の症例 (T スコアが -2 から -1)、3) -1 から $+1$ S. D. 以下の症例 (T スコアが -1 から $+1$)、4) $+1$ を越えて $+2$ S. D. までの症例 (T スコアが $+1$ から $+2$)、5) $+2$ S. D. を越えて高値の症例

(T スコアが $+2$ よりも大きいもの)に分類して、それぞれ Δ BMD/1年と Δ BMD/2年の平均値を求めた。また、40～60歳代の63例の各年代別の骨量変化率と運動歴、牛乳とアルコール摂取および喫煙状況との関係も検討した。

4. 統計学的検定

群間の測定値の差については students' t test を、群間の要因の差については Kruskal-Wallis の順位和検定を、また、相関については単相関係数を用いて行い、検定に際しての有意水準は5%としてP値を算出した。

結 果

1. 横断調査

① 健常男性の年代別骨量基準値および各疾患群との比較

健常男性例の BMD の年代別基準値の平均値 \pm S. D. (C. V.) は、橈骨では30歳代 0.798 ± 0.048 g/cm² (6.0%)、40歳代 0.767 ± 0.071 g/cm² (9.3%)、50歳代 0.742 ± 0.080 g/cm² (10.8%)、60歳代 0.715 ± 0.068 g/cm² (9.5%)、70歳代 0.689 ± 0.080 g/cm² (11.6%) であり、腰椎ではそれぞれ 0.996 ± 0.168 g/cm² (16.9%)、 1.017 ± 0.157 g/cm² (15.4%)、 0.994 ± 0.152 g/cm² (15.3%)、 1.020 ± 0.178 g/cm² (17.5%)、 0.935 ± 0.197 g/cm² (21.1%)、大腿骨頸部ではそれぞれ 0.796 ± 0.125 g/cm² (15.7%)、 0.804 ± 0.114 g/cm² (14.2%)、 0.794 ± 0.116 g/cm² (14.6%)、 0.795 ± 0.112 g/cm² (14.1%)、 0.705 ± 0.111 g/cm² (15.7%) であった。つまり、BMD の年齢別分布は、橈骨では30歳代から直線的に徐々に低下した。腰椎 BMD 値は30歳代から60歳代までほぼ一定であり、70歳代で低下する傾向が認められた。大腿骨頸部では40歳代にピークを示すが60歳代まではほぼ一定であり、70歳代で有意に低下を示した (Fig. 1)。

各種疾患群については、糖尿病例または胃切除後例と健常者の BMD 値間には有意差はみられなかったが、甲状腺機能亢進症例での橈骨お

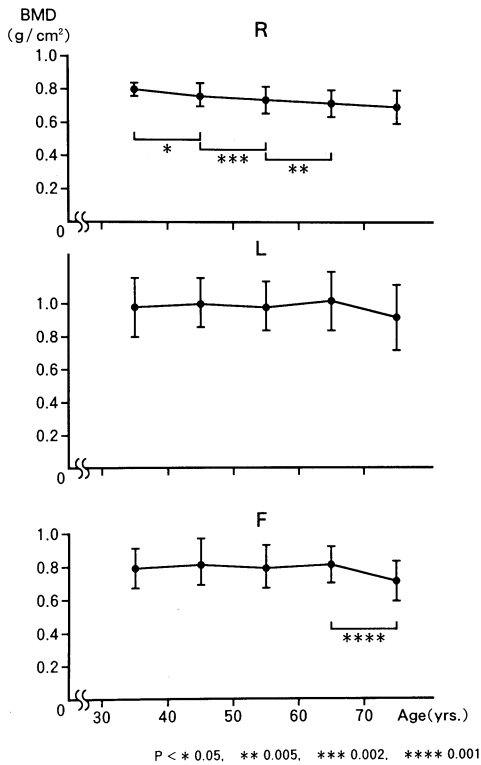


Fig. 1. BMDs in radius (R), lumbar spine (L) and femoral neck (F) in healthy males

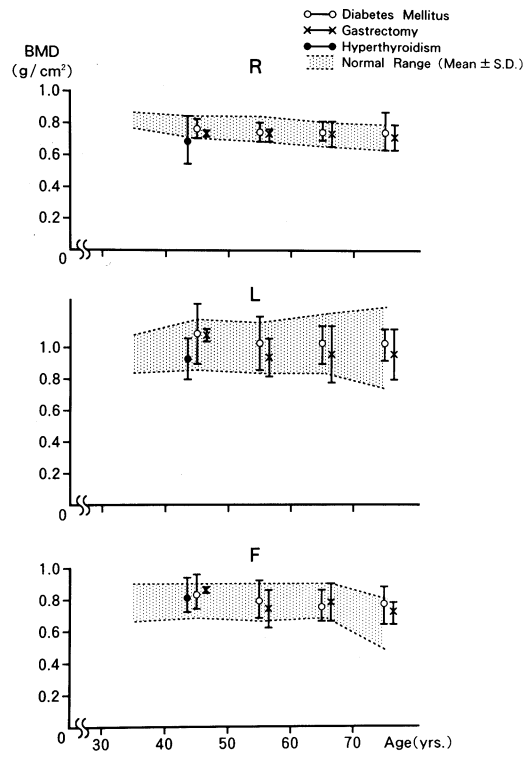


Fig. 2. BMDs in radius (R), lumbar spine (L) and femoral neck (F) in males with diabetes mellitus, post-gastrectomy or hyperthyroidism

および腰椎の BMD は低値傾向を示した (Fig. 2)。

② 骨量減少の検出率

健常男性534例のうち橈骨、腰椎および大腿骨頸部の3部位のいずれかに骨量減少を示した症例は、179例 (33.5%) であった。これら179例 (100%) のうち、橈骨の骨量減少例は90例 (50.3% : 橈骨単独42例, 橈骨と腰椎29例, 橈骨と大腿骨頸部5例, 3部位すべて14例), 腰椎の減少例は121例 (67.6% : 腰椎単独66例, 腰椎と橈骨29例, 腰椎と大腿骨頸部12例, 3部位すべて14例), 大腿骨頸部の減少例は42例 (23.5% : 大腿骨頸部単独11例, 大腿骨頸部と橈骨5例, 大腿骨頸部と腰椎12例, 3部位すべて14例) にみられ、腰椎を測定対象とすれば骨量減少を最も高率に検出できることが示された (Table 2)。

③ BMD 値と体格との関係

身長については60歳代の腰椎および大腿骨頸

Table 2. Detectability of osteopenia in radius (R), lumbar spine (L) and femoral neck (F)

Site	Detected Cases of Osteopenia	
	N	%
R	42	23.5
R and L	29	16.2
R and F	5	2.8
R, L and F	14	7.8
L	66	36.9
L and F	12	6.7
F	11	6.1
	179	100

部の BMD と弱い正相関 ($r=0.204$ と 0.229) が認められた。一方、体重については、50~60歳代の橈骨を除き、3部位はすべて BMD との間で正相関 ($r=0.290\sim0.514$) がみられ、橈骨、

Table 3. Relationships of BMDs in radius (R), lumbar spine (L) and femoral neck (F) to height, weight or BMI

Decade		Height	Weight	Body Mass Index
5 th	R-BMD	0.109	0.290**	0.262**
	L-BMD	0.094	0.364***	0.354**
	F-BMD	0.186	0.514***	0.469***
6 th	R-BMD	0.073	0.192	0.182
	L-BMD	0.133	0.326***	0.283**
	F-BMD	0.133	0.387***	0.364***
7 th	R-BMD	0.153	0.087	0.009
	L-BMD	0.229*	0.367***	0.289**
	F-BMD	0.204*	0.407***	0.336***

P < *0.05, **0.01, ***0.001

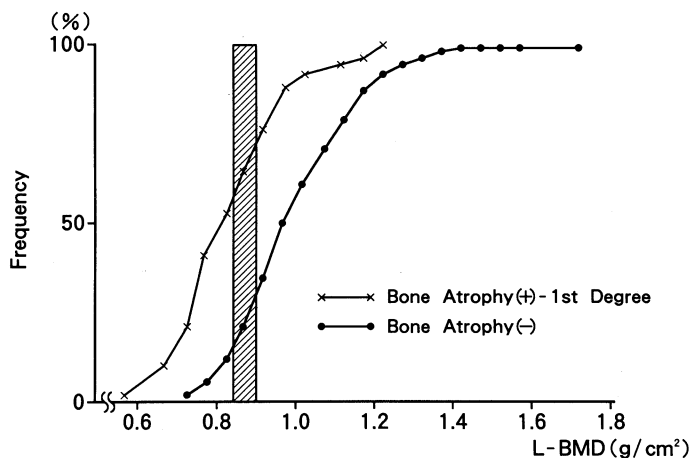


Fig. 3. Relation between finding of bone atrophy on lumbar roentgenograph and BMD in lumbar spine

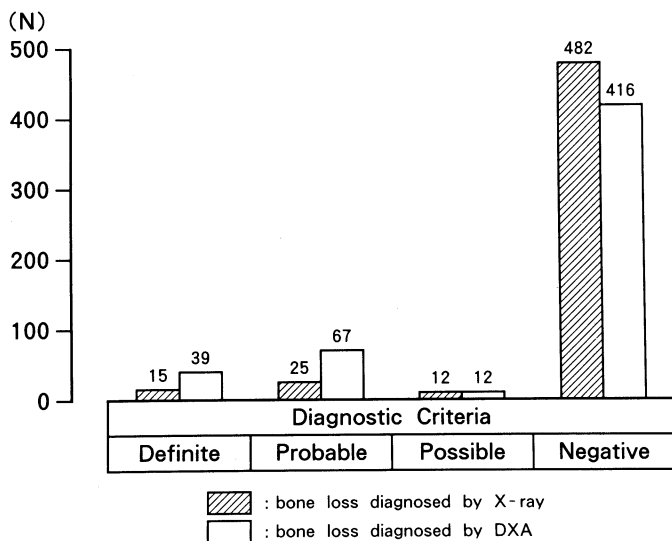


Fig. 4. Diagnostic criteria of involuntional osteoporosis obtained from finding of bone atrophy on lumbar roentgenograph or BMD in lumbar spine

腰椎，大腿骨頸部の順にその相関性は増加した。BMIについても同様の年代および部位でBMDと正相関 ($r=0.262\sim 0.469$) がみられた (Table 3)。

④ 骨萎縮度分類と BMD 値との関係

腰椎単純 X 線像で骨萎縮度分類上，1 度と判定された51例における橈骨，腰椎および大腿骨頸部の BMD 値はそれぞれ 0.686 ± 0.094 g/cm²， 0.856 ± 0.140 g/cm² と 0.711 ± 0.098 g/cm² であった。腰椎単純 X 線像で骨萎縮のみられない正常群と骨萎縮度 1 度群の BMD 値の関

係を Figure 3 に示す。腰椎 BMD 値が 0.850 g/cm² から 0.900 g/cm² の間で骨萎縮度 1 度群と正常群を最もよく分離できることが示された。

⑤ 腰椎単純 X 線像を用いた骨萎縮度分類と腰椎骨量測定による骨量減少の判定の比較
健康男性について腰椎単純 X 線像を用いて骨量減少あり，つまり骨萎縮度 1 度と判定した場合，退行期骨粗鬆症の診断基準上，「确实」例 (評点 5 点以上) は15例，「ほぼ确实」例 (4 点) は25例，「疑いあり」例 (3 点) は12例，「否定的」例 (2 点以下) は482例であった。一方，

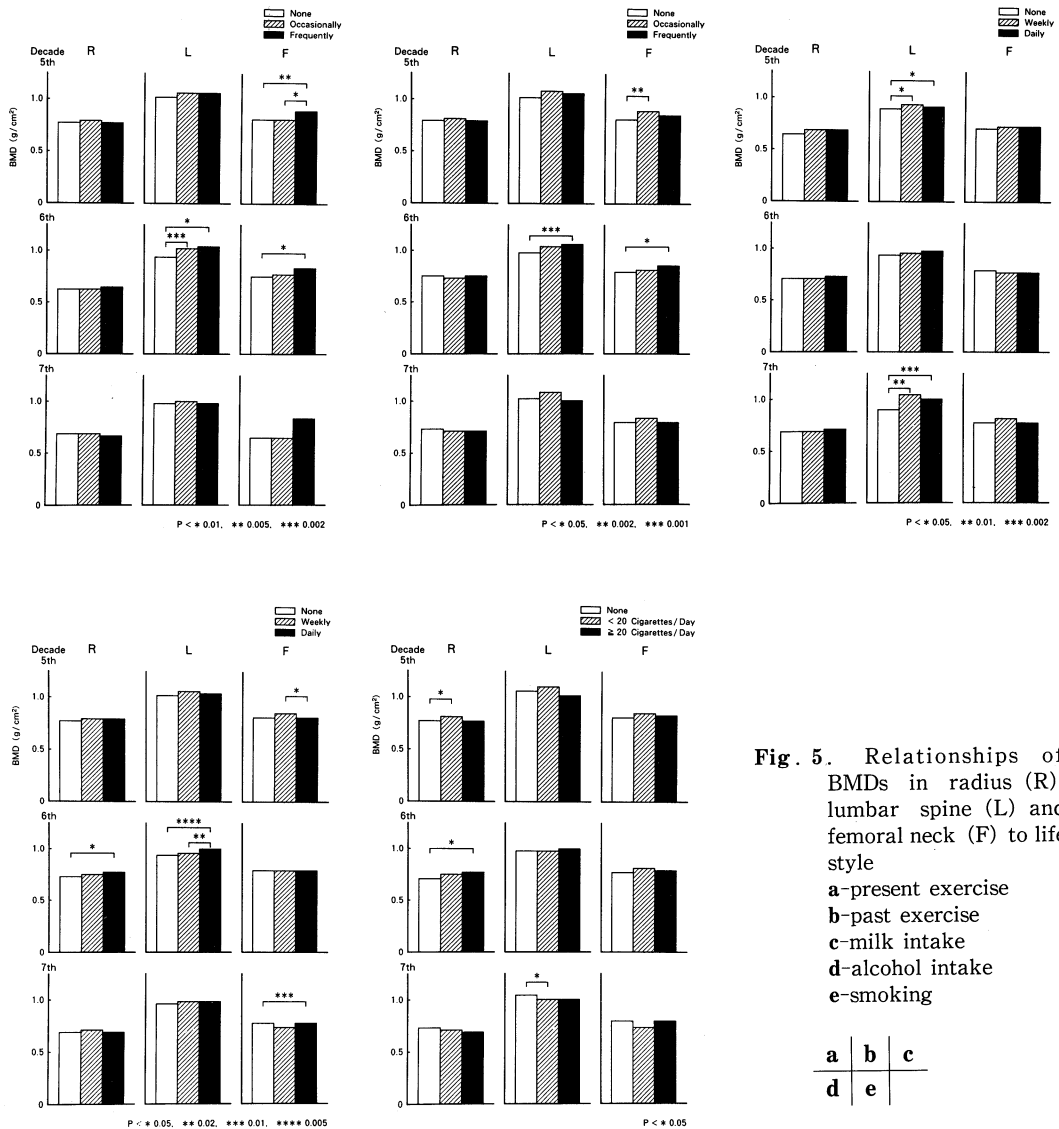


Fig. 5. Relationships of BMDs in radius (R), lumbar spine (L) and femoral neck (F) to life style
a-present exercise
b-past exercise
c-milk intake
d-alcohol intake
e-smoking

a	b	c
d	e	

腰椎骨量測定を用いて骨量減少ありと判定した場合、「确实」例は39例、「ほぼ确实」例は67例、「疑いあり」例は12例、「否定的」例は416例であった (Fig. 4)。

⑥ 生活様式と各年代別の BMD 値との関係
現在または過去の運動歴については、運動歴を有する症例が、ない症例に比べて40歳代の大腿骨頸部および50歳代の腰椎と大腿骨頸部の BMD 値が有意に高値であった。60歳代ではそれらの部位には有意の関係がみられず、また、橈骨では全年代において BMD との間には有意の関係がみられなかった。牛乳摂取については「時々」または「毎日」摂取している症例は、「していない」症例に比べて40歳代と60歳代で腰椎の BMD が有意に高かった。アルコール摂取については「時々」または「毎日」摂取している症例は、「していない」症例に比して、50歳代では橈骨と腰椎の BMD が、60歳代では大腿骨頸部の BMD が有意に高かった。喫煙歴については一定の傾向は認められなかった (Fig. 5a～e)。

⑦ 骨量減少群および骨量高値群と正常骨量群間における体格と生活様式の比較

橈骨の骨量減少群は正常骨量群と比較して高齢、低身長、低体重で BMI が低値であった。一方、高値群にはこれらの傾向は認められなかった。また、生活様式との間についても明らかな関係はみられなかった。腰椎の骨量減少群は、低体重で BMI が低値であり、正常骨量群に比較して過去または現在の運動歴がなく、また牛乳を飲まない症例が多く含まれていた。一方、高値群は高体重で BMI が高値であり、過去の運動歴があり、毎日牛乳を飲む症例の割合が正常骨量群に比して高率であった。現在の運動歴の「ない」症例は「少しあり」の症例に比して、過去の運動歴の「ない」症例は「あり」の症例に比して、牛乳摂取の「ない」症例は「時々」ある症例に比して、それらを行うことにより骨量高値に含まれる有意性が認められた。大腿骨頸部についても骨量減少群および高値群は正常骨量群に比べてそれぞれ低体重、BMI 低値と高体重、

BMI 高値であり、前者では運動歴がない症例が、後者では運動歴のある症例が多く含まれていた。現在の運動歴の「ない」症例は「少しあり」の症例に比して、また「少しあり」の症例は「あり」の症例に比して、それらを行うことにより有意差が認められた (Table 4a～c)。

2. 縦断調査

① 補正された1年間および2年間当りの骨量変化率と OA 変化の有無との関係

第1群の1年間当りの骨量変化率(% Δ BMD/1年)を各10歳毎に求めると、経時的な BMD の低下つまり平均% Δ BMD が負の値を示すのは橈骨では40歳代から70歳代までのすべての年代に、大腿骨頸部では60～70歳代に認められた。一方、腰椎については40～50歳代は負の値を示したが、60～70歳代では正の値を示した (Fig. 6)。第1群全42例の平均骨量変化率は、橈骨では年間-1.6%、腰椎では年間-0.9%、大腿骨頸部では年間-0.3%であった。第2群の平均% Δ BMD/2年を各年代毎に検討すると、橈骨と腰椎は第1群とほぼ同様の傾向であったが、大腿骨頸部は50～70歳代では正の値を示した。第2群全27例の平均骨量変化率は橈骨では2年間で-1.8%、腰椎では2年間で-1.5%、大腿骨頸部では2年間で+0.2%であった (Fig. 7)。ついで腰椎単純 X 線像上、腰椎に OA 変化を認めるものと認めないものに分類して検討すると、第1群の40～60歳代の腰椎% Δ BMD/1年は、OA 変化(-)群では-1.9%から-0.5%に分布したのに対し、OA 変化(+)群では-0.5%から+3.6%に分布した。また、第2群の% Δ BMD/2年については、OA 変化(-)群では-3.5%から+5.5%に分布し、OA 変化(+)群では-1.6%から+2.4%に分布した (Table 5)。

② 経時的な骨量減少の検出能

DXA の測定精度を考慮した骨量減少の検出率は、第1群の橈骨では42例中12例 (28.6%) に、腰椎では5例 (11.9%) に、大腿骨頸部では6例 (14.3%) に% Δ BMD/1年の有意の低下を検出することが可能であった。第2群の橈骨では27例中9例 (33.3%) に、腰椎では7例

Table 4. Comparison of body size and life style between group of normal, low and high BMD

a-R : radius b-L : lumbar spine c-F : femoral neck

a

R	Low Bone Mass(<- 2 S.D.)			Normal(- 2 S.D. ~+ 2 S.D.)			High Bone Mass(>+ 2 S.D.)		
N	90			432			6		
Age (yrs.)	56.9±9.0***			52.5±8.5			52.5±5.0		
Height (cm)	164.4±6.0*			166.1±5.8			169.5±8.0		
Weight (kg)	61.8±8.0***			65.7±8.7			68.9±8.4		
BMI	22.9±1.5**			23.8±2.8			24.0±3.2		
(N)	None	Occasionally or Weekly	Frequently or Daily	None	Occasionally or Weekly	Frequently or Daily	None	Occasionally or Weekly	Frequently or Daily
Present Exercise	51	25	14	249	140	49	3	1	2
Past Exercise	51	20	19	239	73	126	4	0	2
Milk Intake	18	35	37	72	178	188	2	2	2
Alcohol Intake	23	20	47	78	102	258	1	0	5
Smoking	40	3	34	147	32	136	1	0	4

(Low Bone Mass VS. Normal) P<*0.02, **0.01, ***0.001

b

L	Low Bone Mass(<- 2 S.D.)			Normal(- 2 S.D. ~+ 2 S.D.)			High Bone Mass(> 2 S.D.)		
N	121			372			41		
Age (yrs.)	54.3±9.3			52.9±8.3			53.4±9.8		
Height (cm)	164.8±5.7			166.0±5.9			167.7±5.8		
Weight (kg)	61.3±8.1***			65.7±8.5			70.1±8.8**		
BMI	22.6±2.7***			23.8±2.7			24.9±2.6*		
(N)	None	Occasionally or Weekly	Frequently or Daily	None	Occasionally or Weekly	Frequently or Daily	None	Occasionally or Weekly	Frequently or Daily
Present Exercise	85*	26	10	197*	125	50	21*	15	5
Past Exercise	80	16	25*	196	68	108*	18	9	14*
Milk Intake	28*	40	53	60*	158	154	4*	17	20
Alcohol Intake	32	21	68	64	92	216	6	9	26
Smoking	46	8	36	124	24	129	18	3	9

(Low Bone Mass, VS. Normal or Normal VS. High Bone Mass) P<*0.02, **0.002, ***0.001
(None VS. Occasionally or weekly, or None VS. Frequently) P<★0.05**c**

F	Low Bone Mass(<- 2 S.D.)			Normal(- 2 S.D. ~+ 2 S.D.)			High Bone Mass(>+ 2 S.D.)		
N	42			454			38		
Age (yrs.)	54.7±10.3			53.2±8.4			51.9±8.6		
Height (cm)	164.7± 7.1			165.7±5.8			169.0±5.6*		
Weight (kg)	57.6± 9.2*			65.1±8.2			72.3±7.8*		
BMI	21.2± 3.0*			23.7±2.6			25.3±2.2*		
(N)	None	Occasionally or Weekly	Frequently or Daily	None	Occasionally or Weekly	Frequently or Daily	None	Occasionally or Weekly	Frequently or Daily
Present Exercise	29*	13*	0	253*	145*	56	21*	8*	9
Past Exercise	30	3	9	244	85	125	20	5	13
Milk Intake	11	14	17	76	179	199	5	22	11
Alcohol Intake	13	9	20	83	106	265	6	7	25
Smoking	20	4	8	155	29	156	13	2	10

(Low Bone Mass VS. Normal or Normal VS. High Bone Mass) P<*0.001
(None VS. Occasionally or Occasionally VS. Frequently) P<★0.01

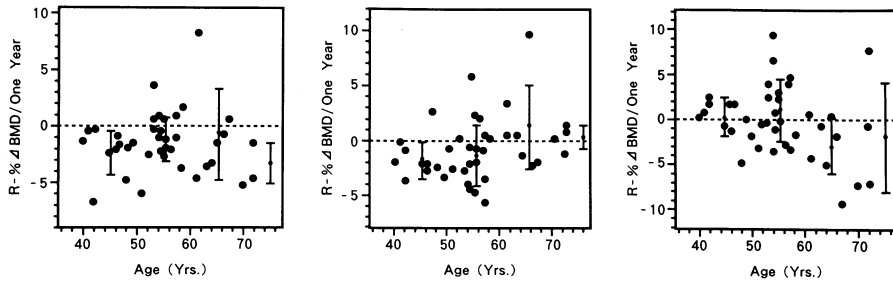


Fig. 6. Bone loss rate per one year evaluated from longitudinal study (% Δ BMD/one year, mean \pm S.D.) (R : radius, L : lumbar spine, F : femoral neck)

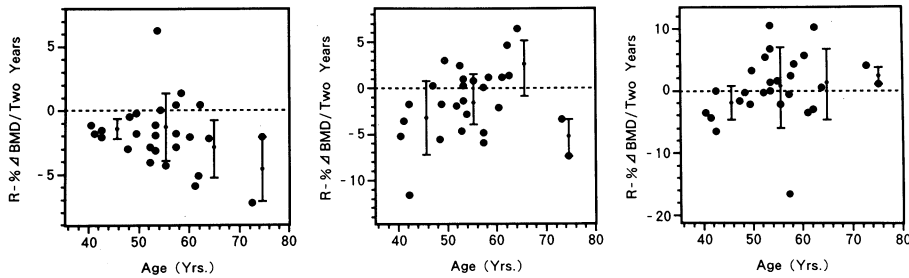


Fig. 7. Bone loss rate per two years evaluated from longitudinal study (% Δ BMD/two years, mean \pm S.D.) (R : radius, L : lumbar spine, F : femoral neck)

Table 5. Bone loss rate per one year (% Δ BMD/one year) or per two years (% Δ BMD/two years) evaluated from longitudinal study with or without osteo-arthritic change in lumbar spine

	Decade	Osteoarthritic Change	
		(+)	(-)
Group 1 (L-% Δ BMD/One Year)	5 th		-1.9 \pm 1.7(11)
	6 th	-0.5 (1)	-1.4 \pm 2.8(19)
	7 th	+3.6 \pm 4.3(3)	-0.5 \pm 2.2(4)
Group 2 (L-% Δ BMD/Two Years)	5 th	-1.6 (1)	-3.5 \pm 4.4(7)
	6 th	+2.4 (1)	-1.6 \pm 2.5(11)
	7 th	+0.2 \pm 1.6(3)	+5.5 \pm 0.9(2)

Mean \pm S.D. (): N

④ 骨量変化率と生活様式との関係

現在と過去の運動歴、牛乳やアルコールの摂取状況および喫煙歴等の生活様式と骨量変化率との関係を40~60歳代について検討したが、明らかな傾向は認められなかった (Fig. 9a~e).

考 察

(25.9%)に、大腿骨頸部では3例(11.1%)に% Δ BMD/2年の有意の低下を検出することが可能であった (Table 6).

③ 初回BMD値と経時的な Δ BMDとの関係 PBM との比較から分類された初回 BMD 値と経時的な Δ BMD との関係については、橈骨、腰椎および大腿骨頸部のいずれの部位においても一定の傾向は認められなかった (Fig. 8).

骨量の正確な測定は、骨粗鬆症の診断および経過観察には欠かすことができない。DXA を用いた骨量測定法は、現在広く臨床使用されているが、性別および年代別の骨量の基準値はボランティアやhospital control 群より求められたものが一般に使用されているが、健常者の定義が不明確であった。そのため、厳密な病歴聴取および検査結果から、骨・Ca 代謝に影響を与える可能性のある症例を除外して、健

Table 6. Detectability of osteopenia considered reproductibility of bone mineral quantification (R : radius, L : lumbar spine, F : femoral neck)

Site	Assay Precision (c.v. $\times 1.96$)	Detectability (Detected Cases/Total Cases)	
		Group 1	Group 2
R	2.46%	12/42 (28.6%)	9/27 (33.3%)
L	3.60%	5/42 (11.9%)	7/27 (25.9%)
F	3.94%	6/42 (14.3%)	3/27 (11.1%)

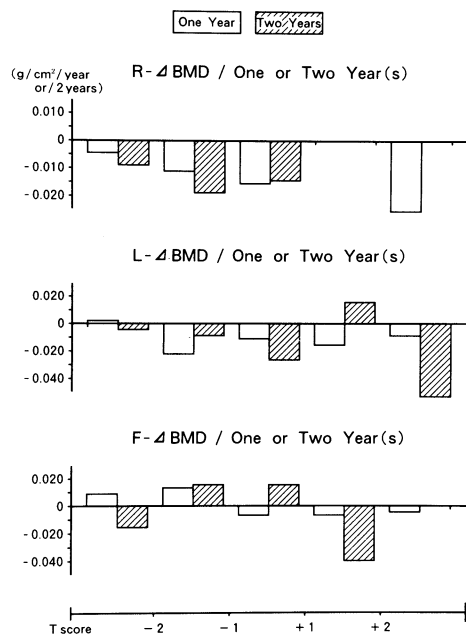


Fig. 8. Relationships between prospective predict of bone loss to initial BMD values which are classified by T score (Δ BMD/one year, Δ BMD/two years) (R : radius, L : lumbar spine, F : femoral neck)

常者の定義の確立とその基準値の設定が必要であると考えられた。特に男性例についての報告は少ない。そこで、男性の間問ドック受診者を対象に、詳細な病歴聴取とCa代謝を含めて肝機能、腎機能、糖代謝機能検査等を行った。健康ボランティアによる日本人男性の骨量の年代別分布は、腰椎では20歳代をピークとして、その後緩徐に減少する⁷⁾といわれている。しかし、今回の30~70歳代の検討によると腰椎では60歳代まで骨量はほとんど一定で、70歳代で低下す

ることが認められた。つまり、従来の報告とは異なり男性例の腰椎では加齢による骨量減少は70歳代までは生じ難いことが示された。これは、基準値を求めた対象群の違いによるものと思われ、今回の結果は健康日本人男性の腰椎BMDの基準値とみなしうると考えられた。橈骨については

年代とともに減少を示した。また、大腿骨頸部は40歳代にピークを示すが60歳代まではほぼ一定であり、70歳代で有意の骨量減少が観察された。橈骨は腰椎や大腿骨頸部とは異なり非荷重骨であり、加齢による影響を受け易い可能性が示唆された。

動物実験ではインスリンの欠乏により骨芽細胞機能が低下し⁸⁾、その結果として骨量減少が生じると推測されている。インスリン依存性糖尿病 (insulin dependent diabetes mellitus, IDDM) では骨量減少が生じ易く、若年で発症した成人 IDDM 症例では骨量減少が強く出現する⁹⁾といわれている。一方、インスリン非依存性糖尿病 (non-insulin dependent diabetes mellitus, NIDDM) の女性では健康者よりもむしろ骨量は高く、男性では健康者と差がない¹⁰⁾と報告されている。今回検討した糖尿病例はNIDDM症例であり、報告例と同様に健康者と差がない結果が得られた。

1941年胃切除後の骨軟化症が初めて報告¹¹⁾されて以来、胃切除に伴う骨病変が数多く報告されている。胃切除後、年数の経過とともに橈骨の骨量低下の症例が増加し¹²⁾、術後5~6年を経過した症例の骨量減少はBillroth I法では50%に、II法では80%に認められた¹³⁾と報告されている。しかし、今回検討した胃切除後例の骨量は、健康者との間に有意差がなかったが、その理由として術後年数が一定ではなく、また術式もI法とII法が混在していたため、明らかな差が認識できなかった可能性がある。甲状腺ホルモンの過剰が骨代謝を亢進させることはよく

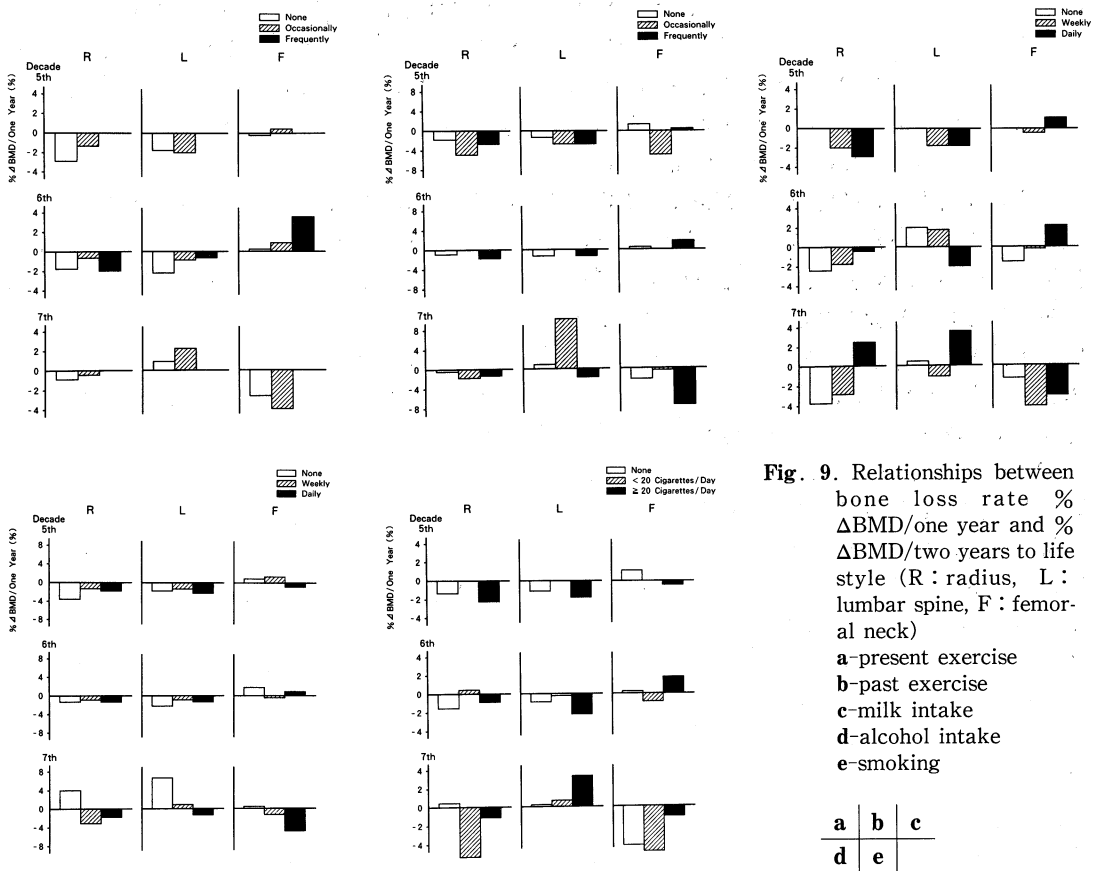


Fig. 9. Relationships between bone loss rate % Δ BMD/one year and % Δ BMD/two years to life style (R: radius, L: lumbar spine, F: femoral neck)
a-present exercise
b-past exercise
c-milk intake
d-alcohol intake
e-smoking

a	b	c
d	e	

知られている。骨芽細胞による骨形成の亢進と、同時にそれを上回る破骨細胞数の増加による骨吸収の亢進が生じ、結果的には骨量は低下するといわれている。SPAで測定された橈骨のBMCは、甲状腺機能亢進症例は健常者に比べて明らかに低く、それは甲状腺機能が正常化して2年を経ても持続している¹⁴⁾と報告されている。また、女性の甲状腺機能亢進症例では腰椎および大腿骨の骨量は低下しているが、男性では差はなかった¹⁵⁾との報告もある。今回検討した3例の甲状腺機能亢進症例は、現在、全例機能が正常化しており、1例が無治療、2例が抗甲状腺剤を服用中であった。骨量は健常者と比較して橈骨および腰椎で低い傾向がみられた。その理由として、甲状腺機能が正常化した後も一度低下した骨量を正常域に回復するのは困難なことや、骨吸収の亢進に基づく“hungry bone”に

まだ十分な石灰化が生じていない可能性が考えられた。

一般に、加齢による骨量減少は皮質骨に比べて海綿骨の方が早期にしかも著明に発現するとされている。周知の如く、橈骨は皮質骨が、腰椎は海綿骨が主体であるので、腰椎は橈骨に比してより著明に骨量減少が検出されることが予想された。事実、各年代における腰椎骨量の個人差は大きく、しかも骨量減少の検出率を比較すると、腰椎を測定すれば、いずれかの部位に骨量減少した例の67.6%に検出が可能であり、橈骨や大腿骨頸部に比して高率であった。

現在、骨粗鬆症の診断には厚生省シルバーサイエンス骨粗鬆症研究班から提唱された退行期骨粗鬆症の診断基準が広く用いられている。この診断基準は骨折をきたすに至らないまでも骨量減少とそれに基づく臨床症状を備える場合、

骨粗鬆症と診断することを明確に示すものであり、本症による骨折の予防や初期治療を速やかに開始することを含頭に入れて作成されたものである。具体的には5つの項目をスコア化して骨粗鬆症の診断が行われている。つまり、1)骨量減少あり(評点3点)、2)骨折あり(脊椎1個1点、脊椎2個以上2点、大腿骨頸部3点、橈骨1点)、3)閉経前女性(-1点)、4)腰痛あり(1点)、5)血清補正Ca、PおよびALP値(正常1点、1項目の異常0点、2項目以上の異常-1点)から合計評点を求め、合計が5点以上を「確実」、4点を「ほぼ確実」、3点を「疑いあり」、2点以下は「否定的」と診断している⁹⁾。骨量減少の診断は骨量測定装置の普及が一般的でないため、原則として腰椎X線像の骨萎縮度の有無からなされている。DXAを骨量減少の判定に用いる場合、第2～4腰椎BMDがPBMの平均値の2 S.D.を越えて低値を示す症例を骨量減少ありと判定している。一般にX線像上で骨量の変化を認識できるのは骨量の30%以上に変化が生じた場合といわれており、このような視覚的な評価法は感度が悪く、骨量減少の早期発見には限界がある。今回、534例のうち51例が腰椎単純X線像で骨量減少と診断され、退行期骨粗鬆症の診断基準にあてはめたところ「確実」および「ほぼ確実」に相当する例はわずかに40例にすぎなかった。一方、121例が腰椎骨量測定では骨量減少と診断された。同様に診断基準にあてはめたところ、106例が「確実」および「ほぼ確実」な骨粗鬆症と診断された。この結果は、X線像で骨量減少が認識できるより以前に、DXAによる骨量測定では軽微な骨量減少を捉えうることを示唆している。腰椎単純X線像上骨萎縮のみられない正常群と骨萎縮の所見が明らかな1度群を、最も良好に分離できる腰椎BMD値は0.850 g/cm²から0.900 g/cm²の間であった。この結果は、現在退行期骨粗鬆症の診断基準上DXAによる骨量減少の定義として用いられているPBMから-2 S. D.相当するBMD値が、骨量減少の上限値として妥当であることを示している。

疫学調査から骨粗鬆症の危険因子として、女性であること、高齢であること、体格が小さいこと、運動量が少ないこと、カルシウム摂取が少ないこと、アルコールの過飲や喫煙歴を有することなど種々の因子があげられている。体格については、肥満は骨量を増加させるので、骨折の防御因子の一つといわれている¹⁶⁾。肥満者で骨量が高い原因としては、荷重が関与している可能性がある。また、脂肪組織においてはアンドロゲンからエストロゲンへの変換が生じ、それが骨量維持に作用している可能性も考えられている¹⁷⁾。今回の結果でも荷重骨である大腿骨頸部および腰椎のBMDと体重との間には有意な正相関が認められた。従来より、長期臥床¹⁸⁾や宇宙飛行¹⁹⁾のように非荷重や無重力状態では明らかに骨量の減少が生じると報告されている。運動との関係については、運動選手は同年代の健常者と比較して骨量が高いことが知られている。しかし、使用する筋肉の種類、荷重か非荷重かの違いや運動量によって骨量に対する効果は異なり、大腿骨遠位端の骨量については、全身運動である水泳よりも瞬発力を要求される重量挙げの方がより高いと報告されている²⁰⁾。また、日常容易に行いうる軽い運動については、閉経後女性に週3回、1回1時間の運動を負荷させたところ、全身骨量の増加をみたという報告もみられる²¹⁾。しかし、運動量自体の定量化を多くの対象で行うのは実際上困難であり、今回の調査においては現在および過去の運動歴を「あり」、「少しあり」、「なし」に分類して検討した。その結果、50歳代の腰椎あるいは40～50歳代の大腿骨頸部については運動を行っているものが、行っていない症例に比して骨量が高い傾向にあった。しかし、60歳代ではその傾向はみられなかった。その原因として、60歳代では運動以外の要因、たとえば骨成長期が終戦直後にあたり、栄養状態の劣悪化が骨量に関与している可能性も考えられる。

Ca補充により骨量が増加することは健常女性におけるprospectiveな研究において認められている^{22),23)}。そこで、Ca摂取状況を知る一助とし

てCaの含有量が明らかな牛乳についてその摂取状況を調査したところ、男性においても牛乳を摂取する症例が摂取しない症例に比べて骨量が高い傾向にあった。骨粗鬆症の予防の観点から、牛乳摂取を生活習慣として指導すべきであろう。アルコールの過剰摂取は橈骨および腰椎の骨量減少の危険因子とされており、腸骨の骨形態計測によっても明らかな骨形成の低下が指摘されている^{24),25)}。アルコールによる骨量減少のメカニズムは慢性の栄養障害やCa吸収障害、エタノールによる直接的なCa調節ホルモンおよび骨芽細胞への作用等が考えられ一様でない。ただし、これらの報告はアルコール中毒に匹敵するほどの過剰摂取例を対象としている。今回の検討にはアルコール中毒者は含まれておらず、むしろアルコール摂取により骨量が高い傾向が得られた。その原因については、単一ではなく、栄養状態などいくつかの因子が関与している可能性がある。

ニコチンはCaの吸収障害や尿中排泄を促進させたり、閉経後の女性においてはエストロゲン代謝に関与するため、喫煙は骨量減少に影響を与える²⁶⁾といわれている。また、男性においても骨芽細胞機能を低下させ、骨粗鬆症の原因となりうる²⁷⁾と報告されている。しかし最近喫煙は骨量とは独立した骨折の危険因子であると報告されている。つまり、喫煙によって骨折の頻度は増加するが、大腿骨頸部の骨量、体重や転倒の機会等には差はみられず、骨質等が影響される可能性が示唆されている²⁸⁾。今回の結果でも、骨量と喫煙歴には何ら傾向が認められなかった。今後、長期にわたる骨折の追跡調査が必要であろう。

縦断調査から求めた骨量変化は、橈骨においては1年間当りの骨量変化率換算群および2年間当りの換算群はともに40歳代から $\% \Delta BMD$ は負の値つまり低下を示したが、腰椎においては両群はともに40~50歳代は負の値をとるものの、60歳代では一旦正の値となった。このような差異が生じた原因を明らかにするため、腰椎骨量変化率をOA変化の有無で分類し検討したとこ

ろ、1年間換算群ではOA変化が存在する症例の $\% \Delta BMD$ は正の値であり、一方、OA変化が存在しない症例は負の値を示した。つまり、骨棘形成等のOA変化がこのような結果を招来したのと考えられた。しかし、2年間換算群ではOA変化の存在しない症例でも $\% \Delta BMD$ が正の値であり、これらの症例ではOA変化以外の原因、たとえば大動脈の石灰化や腰椎後方成分の変化等が1年間換算群よりも強く発現した可能性も推察されるが、明らかな原因は不明であり、今後、症例数を増やした検討が必要であろう。また、2年間換算群の大腿骨頸部のBMDは50~70歳代で増加を示した。これは大腿骨頸部は荷重骨であるので、日常生活を支障なく行っている例であれば骨量減少が生じ難く、逆にこれらの年代でも骨量が増加する可能性があることや、大腿骨頸部の骨量測定は他の部位に比して測定肢位の固定が困難であり、測定精度が他部位よりも劣るために、このような結果が生じた可能性も否定できない。

DXAは臨床に使用されている骨量測定法中、測定精度や正確度が良好で、現在広く頻用されている。縦断調査を基にして得られた年間の骨量減少率は、Riggsら²⁹⁾によるとSPAで求めた閉経後女性の橈骨は年間-1.01%、DPAで求めた腰椎のそれは年間-0.97%であり、Ericら³⁾によるとSPAで求めた男性の橈骨のそれは年間-1.0%、定量的CT法(quantitative CT, QCT)で測定した腰椎海綿骨のそれは-2.3%であると報告している。つまり、QCTを除くその他の骨量測定法による年間の骨量減少率は約1%前後であるので骨量減少を1年あるいは2年間隔の測定では減少として捉えるには測定精度の点から困難な症例が存在する。今回の検討の結果、第1群と第2群の3部位のそれぞれの平均骨量変化率は測定精度よりも小さい値を示した。そこで測定精度を考慮した場合、DXAにより骨量減少を有意に検出できる症例はどの程度あるかを、測定の95%信頼域を使用して検討した。その結果、第1群と第2群はともに橈骨での検出率が高率であった。橈骨は加齢に伴う

OA 変化を受け難く、しかも周囲の軟部組織も少ないために光子の散乱や吸収の影響が少なく、骨幅決定時に関与する統計学的誤差が小さいため、測定再現性の点からも骨量測定の対象部位として優れた利点を有している。これらを総合的に考えると、40~70歳代の男性の経時的な骨量の変化を観察するには橈骨が適当であると考えられた。

一時点の骨量測定により、各個人のその後の骨量変化が予測可能であるか否かは興味深い。そこで初回 BMD 値と経時的な Δ BMD との関係について検討した。その結果、初回測定値からはその後の経時的な骨量変化の程度を推測することは困難であり、各個人の経時的な骨量測定の必要性が示された。また、生活様式から、その後の骨量変化を予測することが可能であるか否かを検討したが、骨量変化率と生活様式との間には一定の傾向は認められなかった。これは、骨量変化率を検討した期間が短く有意の変化率を捉えられていない可能性があるほか、骨量の維持にはそれぞれの因子が単独ではなく、複合して関与している可能性も否定できない。いずれにしても、今後長期間にわたる経過観察が望まれる。

男性の平均寿命も女性と同様に年々延長しており、近い将来にはさらに多くの男性骨粗鬆症患者が発症するものと予想される。骨粗鬆症の予防には骨量測定による的確な骨粗鬆症の診断と早期からの治療の導入と同時に、その啓蒙が重要と思われる。偏った栄養や運動不足は骨粗鬆症の危険因子であることが示されたので、生活様式の改善などが骨粗鬆症の予防に望まれる。

結 論

男性における横断調査から、1) 健常男性の橈骨では30歳代から徐々に BMD は低下した。腰椎では30~60歳代まではほぼ一定であり、70歳代で低下する傾向が認められた。大腿骨頸部では40歳代にピークを示すが60歳代まではほぼ一定であり、70歳代で低下を示した。2) 糖尿病例

と胃切除後例は健常者と比較して骨量に有意の差は認められなかった。一方、甲状腺機能亢進症例は橈骨と腰椎では低値傾向を示した。3) 骨量減少は腰椎を測定部位とすれば高率に検出が可能であった。4) 骨量減少と判定される腰椎 BMD 値は腰椎単純 X 線像での骨萎縮度分類を合わせて考慮すると PBM の -2 S.D. が妥当と考えられた。5) 高体重、運動歴あり、および牛乳摂取は骨粗鬆症にとって防御因子と考えられ、適量の飲酒は骨粗鬆症の危険因子ではなかった。一方、縦断調査から、6) 経時的な BMD の変化は、橈骨では全年代で負の値を示した。腰椎では40~50歳代は負の値を示したが、60歳代で正の値を示した。これは OA 変化等の影響によるものと考えられた。7) DXA の測定精度を考慮すると、有意な経時的骨量変化は橈骨において最も高率に検出が可能であり、健常男性の骨量の経過観察に最適であると考えられた。8) 経時的な骨量変化を初回 BMD 値および生活様式から予知することは不可能であった。

謝 辞

稿を終えるに当たり、ご指導とご校閲を賜りました川崎医科大学保健医療学教室 北 昭一教授に深甚の謝意を捧げますとともに、終始変わらぬご指導とご助言をいただきました川崎医科大学核医学教室 福永仁夫教授に深謝いたします。また、検査に協力いただきました川崎医科大学核医学診断部 友光達志主任技師をはじめ、多大なるご援助をいただいた保健医療学教室の一同に感謝いたします。

なお、本論文の一部は、第13回日本骨形態計測学会(1993年7月東京)で発表するとともに、第2回骨粗鬆症研究会(1993年11月東京)において発表の予定である。

本研究の一部は福永仁夫教授への川崎医科大学プロジェクト研究費(5-405)のもとで行われた。

文 献

- 1) Kelly PJ, Pocock NA, Sambrook PN, Eisman JA : Dietary calcium, sex hormones, and bone mineral density in men. *Br Med J* 300 : 1361—1364, 1990
- 2) Seeman E, Melton LJ, O'Fallon WM, Riggs BL : Risk factors for spinal osteoporosis in men. *Am J Med* 75 : 977—983, 1983
- 3) Eric SO, Shelia KO, Michael RM, Leonard JD, Gary S : The rate of bone mineral loss in normal men and the effects of calcium and cholecalciferol supplementation. *Ann Intern Med* 112 : 29—34, 1990
- 4) 友光達志, 福永仁夫, 大塚信昭, 小野志磨人, 永井清久, 森田浩一, 古川高子, 村中 明, 柳元真一, 田部井俊明, 川村幸一, 森田陸司 : 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. *Radioisotopes* 37 : 521—524, 1988
- 5) 友光達志, 福永仁夫, 大塚信昭, 森田陸司 : Dual Energy X-ray Absorptiometry装置 (QDR-1000, Hologic) の基礎的検討. *岡山骨代謝研究会* 1 : 48—57, 1988
- 6) 細井孝之 : 骨粗鬆症の疫学. *映像情報* 25 : 811—814, 1993
- 7) Kin K, Kushida K, Yamazaki K, Okamoto S, Inoue T : Bone mineral density of spine in Japanese subjects using dual-energy X-ray absorptiometry. *Calcif Tissue Int* 49 : 101—106, 1991
- 8) Ishida H, Seino Y, Taminato T, Usami M, Takeshita N, Seino Y, Tsutsumi C, Moriuchi S, Akiyama Y, Hara K, Imura H : Circulating levels and bone contents of bone γ -carboxyglutamic acid-containing protein are decreased in streptozocin-induced diabetes : Possible marker for diabetic osteopenia. *Diabetes* 37 : 702—706, 1988
- 9) McNair P, Madsbad S, Christiansen C, Faber OK, Transbol I, Binder C : Osteopenia in insulin treated diabetes : Its relation to age at onset, sex and duration of disease. *Diabetologia* 15 : 87—90, 1978
- 10) Barrett-Connor E, Holbrook TL : Sex differences in osteoporosis in older adults with non-insulin-dependent diabetes mellitus. *JAMA* 268 : 3333—3337, 1992
- 11) Sarasin C : Osteomalacie und Hypochrome Anaemie nach Magenresektion. *Gastroenterologia* 66 : 182—197, 1941
- 12) 福田 稔, 山岸良男, 広田正樹, 佐藤定雄 : 胃切除後の骨障害とう歯についての検討. *日消外会誌* 15 : 7—12, 1982
- 13) 福田 稔, 畠山勝義, 柴田晴夫, 相場哲朗, 山岸良男, 吉川恵次, 萌 光明, 吉川和子, 小山 真, 武藤輝一, 高橋栄明, 外川 裕, 清水春夫 : 胃切除術 Billroth I法及びII法の相違. *外科治療* 39 : 381—386, 1978
- 14) Toh SH, Claunch BC, Brown PH : Effect of hyperthyroidism and its treatment of bone mineral content. *Arch Intern Med* 145 : 883—886, 1985
- 15) Lee MS, Kim SY, Lee MC, Cho BY, Lee HK, Koh CS, Min HK : Negative correlation between the change in bone mineral density and serum osteocalcin in patients with hyperthyroidism. *J Clin Endocrinol Metab* 70 : 766—770, 1990
- 16) Kreiger N, Kelsey JL, Holford TR, O'Connor T : An epidemiologic study of hip fracture in postmenopausal women. *Am J Epidemiol* 116 : 141—148, 1982
- 17) Schindler AE, Ebert A, Friedrich E : Conversion of androstenedione to estrone by human fat tissue. *J Clin Endocrinol Metab* 35 : 627—630, 1972
- 18) LeBlanc A, Scheneider V, Krebs J, Evans H, Jhingran S, Johnson P : Spinal bone mineral after 5 weeks of bed rest. *Calcif Tissue Int* 41 : 259—261, 1987
- 19) Lutwak L, Whedon GD, Lachance PA, Reid JM, Lipscomb HS : Mineral, electrolyte, nitrogen balance studies of the Gemini-VII fourteendays orbital space flight. *J Clin Endocrinol Metab* 29 : 1140—1156,

1969

- 20) Nilsson BE, Westlin NE : Bone density in athletes. *Clin Orthop* 77 : 179—182, 1971
- 21) Aloia JF, Cohn SH, Ostuni JA, Cane R, Ellis K : Prevention of involutional bone loss by exercise. *Ann Intern Med* 89 : 356—358, 1978
- 22) Reid IR, Ames RW, Evans MC, Gamble GD, Sharpe SJ : Effect of calcium supplementation on bone loss in postmenopausal women. *N Engl J Med* 328 : 460—464, 1993
- 23) Tilyard MW, Spears GS, Thomson J, Dovey S : Treatment of postmenopausal osteoporosis with calcitriol or calcium. *N Engl J Med* 326 : 357—362, 1992
- 24) Diamond T, Stiel D, Lunzer M, Wilkinson M, Posen S : Ethanol reduces bone formation and may cause osteoporosis. *Am J Med* 86 : 282—288, 1989
- 25) Bikle DD, Genant HK, Cann C, Recker RR, Halloran BP, Strewler GJ : Bone disease in alcohol abuse. *Ann Intern Med* 103 : 42—48, 1985
- 26) Aloia JF, Cohn SH, Vaswani A, Yeh JK, Yuen K, Ellis K : Risk factors for postmenopausal osteoporosis. *Am J Med* 78 : 95—100, 1985
- 27) Vernejoul MC, Bielakoff J, Herve M, Gueris J, Hott M, Modrowski D, Kuntz D, Miravet L, Ryckewaert A : Evidence for defective osteoblastic function. *Clin Orthop* 179 : 107—115, 1983
- 28) Cummings SR : Risk factors for fractures : New findings, new concepts, new questions. Fourth International Symposium on Osteoporosis, abstracts : Mar 27—Apr 2, 1993, Hong Kong.
- 29) Riggs BL, Wahner HW, Melton LJ, Richelson LS, Judd HL, Offord KP : Rate of bone loss in axial and appendicular skeletons of women. *J Clin Invest* 77 : 1487—1491, 1986