高齢者に対する運動指導は骨粗鬆症の予防法となり得るか

大阪市立弘済院附属病院　小池達也
（共同研究者）同　佐藤哲也
大阪体育大学　市川宣恭

Does Physical Training Have Therapeutic Effect for Osteoporosis?

by
Tatsuya Koike, Tetsuya Sato
Dept. of Orthopaedic Surgery, Osaka Municipal Kousaiin Hospital
Nobuyasu Ichikawa
Osaka College of Physical Education

ABSTRACT

To eatablish a therapy for senile osteoporosis without drugs, we examined the relationship between physical abilities and bone mineral densities (BMDs) in old people. Those who lived in the nursing home, 69 men (76.3 ± 5.9 yrs, mean±S. D.) and 91 women (77.9 ± 6.2 yrs), had measurements of mean BMD of L2-L4 vertebrae and femora by dual energy X-ray absorptiometry as well as BMD of radii by single photon absorptiometry. In addition, we examined their muscular strength of extremities, abdominal muscular strength, flexibility of spine, balance, and counts of daily strides. Paired-t test was used in the statistical evaluation of longitudinal changes in cases for one year.

We found that bone density, in women was generally significantly

higher in those who excelled in flexibility of spine, muscular strength and walking. Their grip strength were significantly reduced in a year. Low-walking women had a tendency to lose their BMD of femora over a year compared with high-walking group. On the contrary , there was no significant correlation between BMDs and physical abilities in men, except for the correlation between grade of walking and BMD of femora. We could not find significant changes in BMD and physical abilities in men after one year. New compression fractures of vertebral bodies frequently happened on the group of higher BMD of vertebrae at the beginning.

These results suggest that physical training may have the therapeutic effect for senile osteoporosis.

要　旨

これまでの多くの研究で，運動が骨代謝に好影響を与えることはよく知られている．そこで，われわれは薬剤を用いない骨粗鬆症の治療，あるいは予防法の確立を目指して，老人性骨粗鬆症に対する運動療法の臨床応用の可能性について検討した．老人ホーム在住の 62 歳～ 91 歳の男性 69 名（平均 76.3 ± 5.9 歳），女性 91 名（77.9 ± 6.2 歳）を対象とした．

腰椎・大腿骨・橈骨の骨塩量を Dual energy X-ray absorptiometry（DEXA）および Single photon absorptiometry（SPA）を用いて測定し，さらに安全で簡便な方法を考案して，上下肢筋力・腹筋力・脊椎柔軟性・バランス・一日歩行数の各指標を計測し，骨塩量との相関関係および経年変化について検討した．また，骨粗鬆症の予防の最大の目的は，骨折の予防であるので，脊椎圧迫骨折数の変化にも検討を加えた．経年変化は，Paired-t 検定にて行った．

女性においては，柔軟性・筋力・歩行能力にすぐれたものが高い骨塩量を示し，経年変化においては，筋力の低下が著明であり，歩行数の少ない者の骨塩量が，より減少する傾向が認められた．男性では，歩行数と大腿骨骨塩量との間に相関が認められたが，他の活動性の指標と骨塩量の間には有意な相関は認められず，骨塩量・活動性ともに経年変化はほとんど認められなかった．

脊椎圧迫骨折の 1 年間における新発生は，調査開始時の骨塩量が，平均より高値を示した群に有意に多かった．

以上の結果より，骨粗鬆症の運動療法は，十分可能であると思われた．

まえがき

骨粗鬆症とは，骨ミネラルのバランスは崩れておらず，骨量が病的に減少した状態をいう．現在，日本には 400 ～ 500 万人の骨粗鬆症患者が存在すると考えられており，骨量の減少は，大腿骨頸部骨折などの遠因となっており，今後，高齢化社会がさらに進む中で，有効な対策の必要性がますます増してゆくものと思われる．しかし，これまでのところ，数種類の薬剤が骨粗鬆症治療に使用されているが，必ずしも満足すべき結果は得られていない[1~4]．また，骨量の減少には，生理的現象が含まれ，骨粗鬆症と単なる加齢現象との区別は困

難であった.

ところが最近，非侵襲的に身体各部の骨塩量を直接的に測定する方法が進歩してきたために，骨塩量減少そのものを，治療の対象とすることが可能となり，さまざまな種類の薬剤が開発あるいは研究されている．しかし，先ほども述べたように，自然現象としての骨塩量減少が存在する限りは，骨粗鬆症治療薬の投与対象は，無限に拡大されてしまう可能性がある．そこでわれわれは，不必要な薬剤投与を避けるためにも，薬剤を用いない骨粗鬆症の治療あるいは予防の可能性を探ってきた.

一方，骨粗鬆症の危険因子のひとつに，活動性の低下があげられる．このことから，逆に運動負荷を与えることで，骨粗鬆症の治療を行うという試みは，これまでにも多く行われてきた[5~8]．しかし，ほとんどは50歳前後の比較的若年の女性を対象としており[5~7]，明らかに閉経後骨粗鬆症の予防が主目的となっている．しかも，活動性の評価方法として，Motion sensor[6] や Cybex Ⅱ[8]を用いており，高齢者集団を対象とした調査には適していない．そこで，われわれは老人性骨粗鬆症に対する運動療法が，臨床的に有用であるのか否かを明らかにするために，簡便で危険性の少ない活動性の評価方法を用いて[9~10]，以下の研究を行った.

また，骨塩量にこだわるあまり，骨粗鬆症治療における本来の目的である，骨折の防止効果を見逃さないように，脊椎圧迫骨折の進行度にも注目して研究を行った.

1．方法および対象

弘済院老人ホーム在住の，日常生活を独力で営んでいる高齢者約270名のうち，経年変化を追跡できた160名を対象とした．年齢は62歳～91歳で，平均男性 76.3 ± 5.9 歳，女性 77.9 ± 6.2 歳（Mean±S. D.）であった．男女の対象数は男性69名，女性91名であった．これらの対象者に対して，以下のごとく身体活動性，骨塩量，脊椎圧迫骨折数測定を行った.

1．1　身体活動性

活動性を評価する方法として，以下の方法を用いた．①上肢筋力として両手の握力②脊柱可動域としての長座体前屈．この測定に際しては立位での前屈位が危険をともなうために，座位での検査が可能なように，特別の測定具を試作した（**図1 A**）．さらに胴長等による影響を考慮して，実際に解析に用いた数値は実測値ではなく，測定値÷[（上肢長＋胴長）－下肢長] × 100 とした．ただし，経年変化に関しては，個々人の実測値の差を用いた．③下肢筋力として，1分間にできるスクワット数．これも危険防止のために，常に介助者によって被検者の両上肢を支えるようにした．④腹筋力として，30° 傾斜台から1分間に起きあがれる回数（上体起こし）．これは腰痛や頸部痛を引きおこさないために，膝屈曲および両上肢前方挙上で行った（**図1 B**）．予備的な研究によって，こ

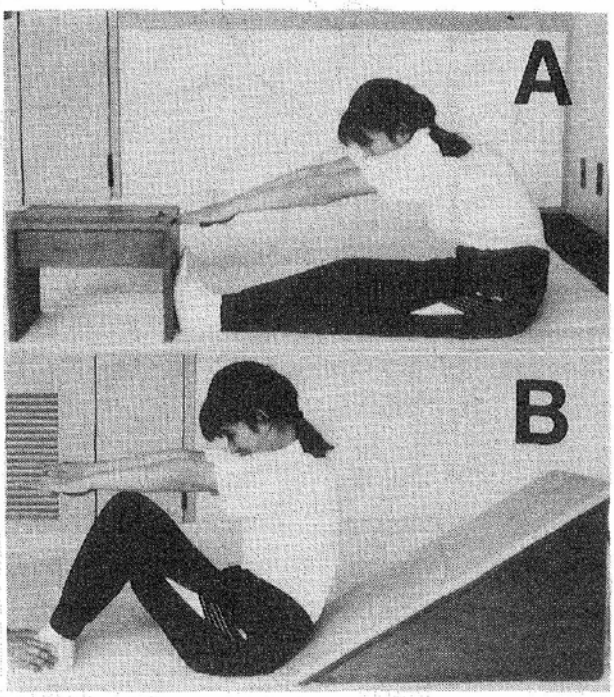

図1　腹筋力と長座体前屈の測定方法
A：図のような長座体前屈計を作成し，脊椎前屈度を測定する
B：30度傾斜台から1分間に起き上がれる回数を測定する

の方法が，高齢者の腹筋力のばらつきを十分に反映することを確認している[9~10]．⑤バランスの指標として，片脚立ちできる秒数⑥デジタル万歩計（てくまる，オムロン社）による一日歩行数．これは高齢者の歩行が，すり足歩行の形をとることが多く，計測値が低めに出る傾向が認められたが，今回は3日間の平均値を採用した．

1．2　骨塩量

Single photon absorptiometry（SPA, Model 2780, Norland 社）にて，左橈骨遠位 1/6, 1/3 部位の骨塩量（それぞれ 1/6 RMC, 1/3RMC)を，Dual energy X-ray absorptiometry (DEXA, QDR-1000, Hologic 社）にて，第2-4腰椎平均骨塩量（LBMC）・左大腿骨大転子部骨塩量（TBMC）・左大腿骨頸部骨塩量（NBMC）を測定した．

1．3　脊椎圧迫骨折数

対象者の立位2方向の全脊椎レントゲン写真を，基準尺とともに撮影し，**図2**に示すように，側面像で椎体の前縁（A），中央（C），後縁（P）の高さを測定し，A/P あるいは C/P の値が 0.8 以下のものを圧迫骨折椎体とした．また，ACP の各値が上下の正常椎の値よりもすべて 20% 以上減少しているものも，偏平椎として圧迫骨折数に算入した．対象椎体は第4胸椎から第5腰椎までとし，各人の圧迫骨折数を算出した．

これらの測定を1年後に再度行い，その経年変化を paired-t test にて検定した．

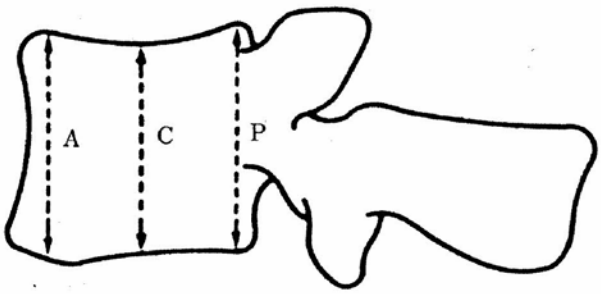

図2　脊椎圧迫骨折の判定方法
C/P あるいは A/P が 0.8 以下の時に圧迫骨折とした．

2．結　果

2．1　単年度調査

初回調査時（1990年）の結果から，身体活動性が骨塩量に与える影響を検討した．女性と男性では異なる傾向を示したために，別々に結果を示す．

2．1．1　女性（表1）

握力は左右いずれも，RMC・NBMC・TBMC と危険率 1% 以下で，有意な正の相関を示した．しかし，LBMC と握力の間には，有意な相関は認められなかった．また，握力と上体起こしおよび一日歩行数との間にも，有意な正の相関が認められ（それぞれ $r=0.368$, 0.302, $P<0.01$），女性においては，握力が全身性の筋力あるいは活動性の良い指標となると考えられた．

上体起こしも，1/6 RMC・NBMC とは有意な相関を示したが，1/3 RMC・TBMC とは有

表1　骨塩量と身体活動性の相関（女性）

	LBMC	NBMC	TBMC	1/6RMC	1/3RMC
Grip strength	r =0.193	0.294**	0.311**	0.286**	0.233*
Ab. muscle strength	−0.017	0.225*	0.203	0.236*	0.198
Squat	−0.029	0.226*	0.185	0.083	0.057
Trunk flexion	0.270*	0.244*	0.279**	0.292**	0.258*
Standing by one leg	—	0.156	0.106	0.166	0.061
Daily strides	0.058	0.251*	0.370**	0.330**	0.276**

*：$P<0.005$，**：$P<0.01$　n=91

意な相関を示さなかった．ところが，上体起こしと片脚立ちの間には，r= 0.324 という高い相関が認められた（**図3 A**）．

スクワットは，骨塩量ではNBMCとのみ有意な相関を示し，スクワットと片脚立ちも有意な正相関を示した．

長座体前屈のみが，すべての骨塩量と有意な正相関を示した．

片脚立ちはいずれの骨塩量とも，有意な相関を示さなかった．

歩行数とRMC・NBMC・TBMCの間には，有意な正相関を認めたが，とくにTBMCとの間には，r= 0.370 (P< 0.01) という高い相関が認められた（**図4 A**）．しかし，これらの指標のうち握力・上体起こし・片脚立ちは，年齢との間に有意な負の相関が認められ，単に加齢の影響を見ているだけという可能性を考慮する必要がある．

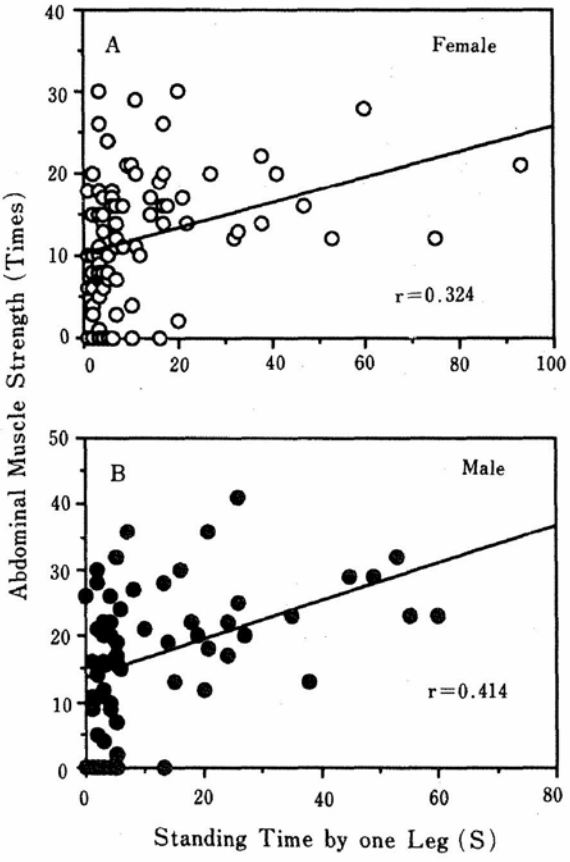

図3 片脚立ちと上体起こしの相関
A：女性　B：男性

2.1.2 男性（表2）

握力・上体起こし・スクワット・長座体前屈は，いずれの部位の骨塩量とも相関を示さなかった．しかし，女性と同様に，上体起こしと片脚立ちとの間には有意な正相関（r= 0.414, P< 0.01）を認めた（**図3 B**）．

片脚立ちと1/6 RMCとの間には，5％の危険率で有意な相関を認めたが，片脚立ちの値がやや低い値に集中する傾向を示したことから，解釈には注意を要すると考えられた．

歩行数はTBMCとの間にのみ，有意な正相関を示した（**図4 B**）．また，女性ほどではないが，握力・スクワット・片脚立ちは年齢との間に，軽い負の相関を認めた．

2.2 経年変化

2.2.1 骨塩量の変化

女性の場合には，**図5 A**に示すように，今回の調査においては，LBMC以外の骨塩量が1年間

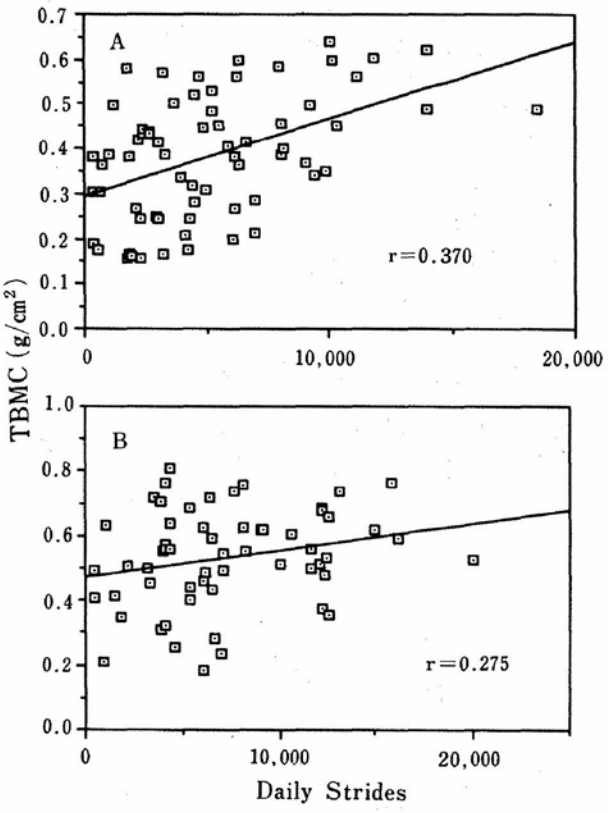

図4 一日歩行数と大腿骨大転子部骨塩量の相関
A：女性　B：男性

表2　骨塩量と身体活動性の相関（男性）

	LBMC	NBMC	TBMC	1/6RMC	1/3RMC
Grip strength	r＝0.192	0.034	−0.054	0.178	0.238
Ab. muscle strength	−0.195	−0.196	−0.156	−	0.025
Squat	−0.295*	−0.149	−0.083	−0.102	−0.040
Trunk flexion	−0.122	−0.020	−	−	−0.041
Standing by one leg	0.068	0.076	−	0.300*	0.222
Daily strides	0.121	0.207	0.275*	0.026	0.085

*：P<0.05　n=69

で減少傾向を示したものの，統計学的には有意な変動は示さなかった。男性の結果を**図5B**に示すが，いずれの骨塩量においても，経年変化はまったく認められなかった．

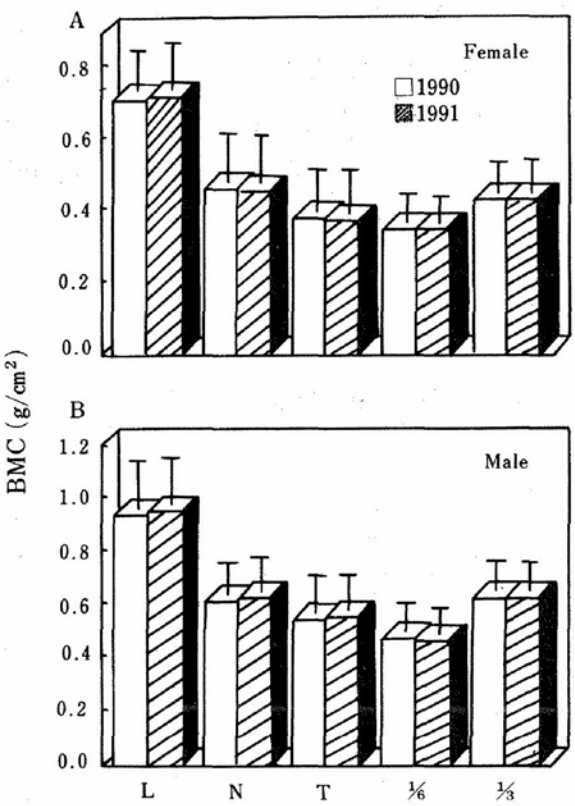

図5　骨塩量の経年変化
L：L2–L4腰椎平均骨塩量
N：大腿骨頸部骨塩量
T：大腿骨大転子部骨塩量
1/6，1/3：橈骨遠位1/6および1/3部位骨塩量
A：女性　B：男性　N. S. ：not significant

2.2.2　身体活動性の変化

男女の結果を**図6A–F**に示す．女性においては，握力（右）が14.5±4.7～13.4±4.8 kgへと，1％の危険率で有意に減少し（**図6A**），片脚立ちも，12.2±16.2～8.6±11.6秒へと5％の危険率で有意に減少した（**図6C**）．しかし，上体起こし（**図6B**）や，歩行数には著明な経年変化は認められなかった．また，スクワットおよび長座体前屈に関しては，同一人の値のばらつき（測定誤差）が大きすぎて，統計学的処理に耐えられなかったので，評価対象から除外した．

男性においては，片脚立ちが減少傾向を示したが（**図6F**），他の指標に関しては，いずれも経年的な変動はほとんど認められなかった（**図6DE**）．図には示していないが，長座体前屈もまったく経年的変化を示さなかった．スクワットは，女性同様に値のばらつきが大きく，評価対象としなかった．

なお，握力に関して，男女とも左右差はなく，まったく同様の変化を示し，きき手，非きき手による差も認めなかった．

2.2.3　経年変化における身体活動性と骨塩量の関係

身体活動性の意味を，できる限り明確にするために，加齢による影響を受けにくい歩行数に着目して，以下の解析を行った．今回の対象者の間では，歩行数と年齢の間には有意な相関を認めなかった．また，男女ともに歩行数と有意な相関の

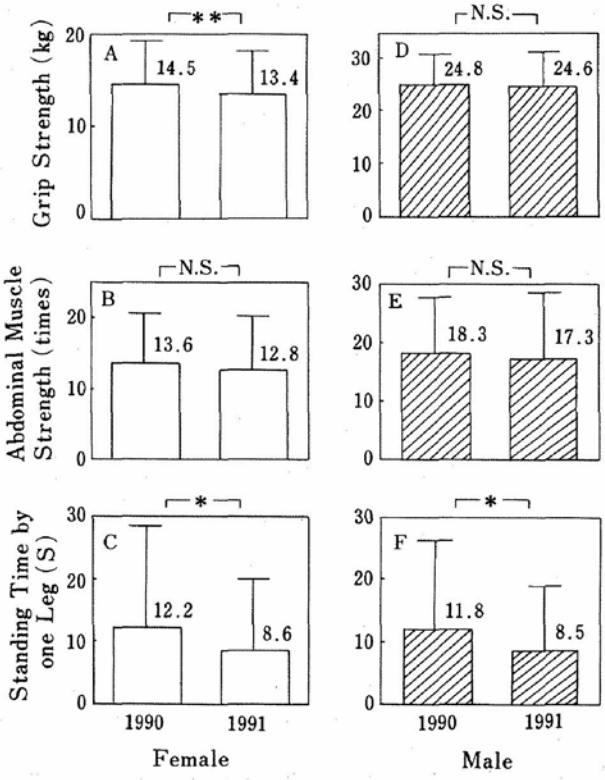

図6　身体活動性の経年変化
＊＊：P< 0.01，＊：P< 0.05，
N. S. ：not significant
ABC：女性　DEF：男性
AD：握力，BE：上体起こし，CF：片脚立ち

あったTBMCをもって，骨塩量の代表とした．

まず女性の結果を示す．女性61名を，調査開始時の平均歩行数に近い5,000歩で2群に分け，それぞれのTBMCの経年変化を示したのが**図7**である．一日歩行数が少ない群では，TBMCが0.361 ± 0.138 ～ 0.351 ± 0.140 g/cm²へと，軽度減少傾向を示した．一方，歩行数が多い群はまったく減少を認めなかった．ただし，いずれも統計学的に有意な変動ではなかった．男性に関しては，女性とは異なり歩行数の多少による影響は，まったく認められなかった．

2. 2. 4　脊椎圧迫骨折数の変動

調査開始時の男性の腰椎平均骨塩量である0.915 g/cm²を基準として，男性対象者を高骨塩量群と低骨塩量群に分け，それぞれの群の1年間の脊椎圧迫骨折の新発生数を比較したものを**図8**に

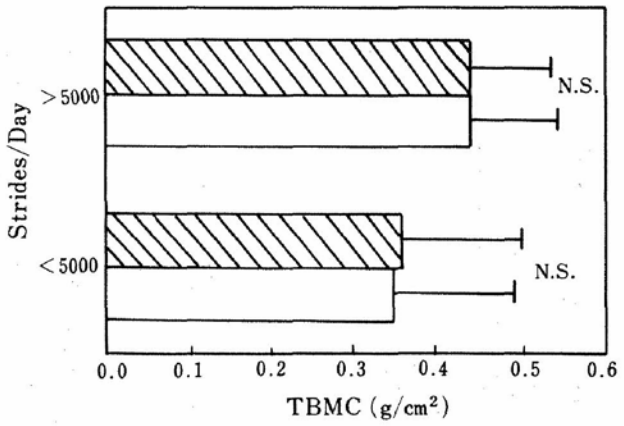

図7　女性の大腿骨大転子部骨塩量（TBMC）の経年変化に及ぼす歩行の影響
平均歩行数の5000歩/日で2群に分類した．
各群とも下が1年後の値
N. S.：not significant

示す．予想に反して骨塩量が高かった群に，より多くの新圧迫骨折を認めた．また，橈骨および大腿骨骨塩量を指標として，対象を2群に分けて解析を行っても同様の結果が得られた．

女性にはこのような傾向は，まったく認められず，2回の横断分析時においては，常に男女とも，圧迫骨折数と腰椎骨塩量の間には負の相関を認めた．

3．考　察

これまでの研究の多くは，全身性の活動性と骨塩量との関係を調べたものが多く[5~7]，特定の部位の骨塩量と活動性の関係を調査したものは少ない[8~10]．また，競技集団を対象とした調査[11]が多く，一般の高齢者を対象にして，活動性と骨塩量の関係を明らかにした研究はほとんどない．

今回の調査から，女性においては，上肢筋力と橈骨骨塩量および歩行数・スクワットと大腿骨骨塩量の間に有意な相関が認められ，骨塩量維持には，その骨に直接刺激を与え得る筋肉の役割が重要であることが示唆された．長座体前屈は，すべての骨塩量と有意な相関を示し，柔軟性が女性の骨塩量を維持する上で，重要である可能性が示さ

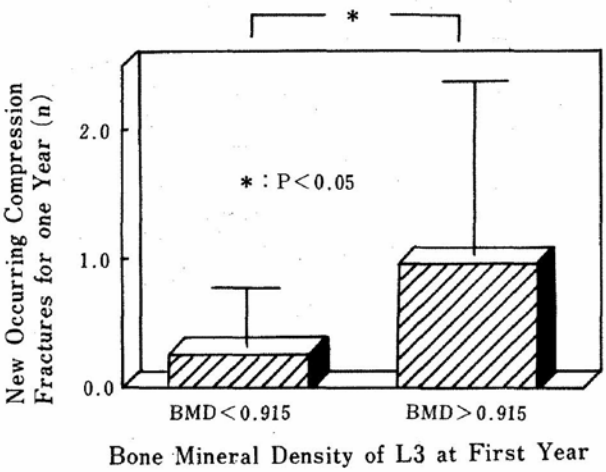

図8 腰椎骨塩量高値群および低値群における腰椎圧迫骨折の1年間における新発生（男性のみ）

れたが，その機序に関しては，十分な説明をできるだけのデータを持ち合わせていない．経年変化では，筋力の低下が著明であり，筋力の維持を目的とした運動負荷プログラムの開発が望まれる．活動性の指標が加齢の影響を受けるのは当然であるが，歩行数は加齢の影響を受けにくい指標のひとつであった．そして，歩行数の少ない群が，経年的に骨塩量が減少する傾向を示したことは，「歩く」という至極単純な運動が，女性の骨塩量維持に重要な役割を果たし得ることを示していると思われた．

男性においては，身体活動性と骨塩量との間に明瞭な相関は認められなかったが，やはり，歩行数の多い方が骨塩量が高いという傾向が認められ，ここでも歩行の重要性が示唆された．経年変化に関しては，男性は骨塩量・活動性ともにほとんど変動を示さず，変形性関節症的変化を考慮した，より長期の追跡調査が必要であろうと思われた．

男女いずれにおいても，腰椎骨塩量と強い相関を示した活動性の指標が，今回の調査では認められなかった．とくにわれわれが，調査開始前に高い相関性を予想していた，腹筋力と腰椎骨塩量との間にほとんど相関が認められなかったことは，高齢者を対象とした活動性評価の困難さを示しており興味深い．腹筋力とスクワット・片脚立ちの間に認められた，高い正の相関性から類推して，高齢者が上体を起こす際には，腹筋以外のさまざまな筋肉を同時に使用しているものと考えられる．また，片脚立ちできる秒数は，高齢者においてはバランスだけではなく，下肢筋力も示し得ることが判明した．長座体前屈や，スクワットの測定値がばらついたのは，主に腰痛や膝の疾患の影響を受けたためと考えられ，今後測定方法に改良を加えつつ，5年，10年の単位で継続して調査したいと考えている．

今回の調査で，注目すべきもうひとつの結果は，骨塩量の高い群により，多くの圧迫骨折の発生を認めたことである．この事実は，骨塩量が高くても，チャンスがあれば，圧迫骨折は発生することを示しており，骨塩量のみを指標とした骨粗鬆症治療の危険性を示している．今後は，骨塩量を維持するだけではなく，脊椎や四肢骨の骨折を予防するために，どのような身体機能の維持を図るべきかを，明らかにしていきたい．

文　献

1）小池達也，佐藤哲也，島津　晃；カルシトニン長期投与例の骨代謝の検討，中部整災誌，**33**，477－479（1990）
2）小池達也，佐藤哲也，浅田莞爾，島津　晃；骨粗鬆症に対する性ホルモン甲状腺末合剤の効果，中部整災誌，**33**，991－993（1990）
3）佐藤哲也，小池達也，鈴木　隆，河田　弘，朴　一男，箕輪恵次，小野興三郎，吉川宗一郎，伊東貞直，久志本弘，田嶌考治，廣瀬　保，高見勝次，島津　晃；退行期骨粗鬆症に対する1α-OH-D_3とカルシトニンの併用効果，中部整災誌，**33**，1470－1478（1990）
4）小池達也，小山高正；老人性骨粗鬆症に対するカルシトリオール（ロカルトロール）長期投与の効果，新薬と臨床，**40**，159－166（1991）
5）Zylstra, S., Hopkins, A., Erk, M., et al.; Effect of physical activity on lumbar spine and femoral neck bone densities, *Int. J. Sports Med.*, **10**, 181－186（1989）

6) Aloia, J. F., Vaswani, A. N., Yeh, J. K., et al.; Premenopausal bone mass is related to physical activity, *Arch. Inten. Med.*, **148**, 121－123 (1988)
7) Smith, E. L., Gilligan, C., McAdam, M., et al.; Deterring bone loss by exercise intervention in premenopausal and postmenopausal women, *Calcif. Tissue Int.*, **44**, 312－321 (1989)
8) Pocock, N., Eisman, J., Gwinn, T., et al.; Muscle strength, physical fitness, and weight but not age predict femoral neck bone mass, *J. Bone Min. Res.*, **4**, 441－448 (1989)
9) 小池達也, 佐藤哲也, 市川宣恭, 島津 晃; 老人の各種身体機能は骨塩量に影響を与えるか, 中部整災誌, **33**, 1967－1970 (1990)
10) 小池達也, 佐藤哲也, 市川宣恭, 朴 一男, 島津晃; 身体活動性と部位別骨塩量の関係, 中部整災誌, **34**, 862－863 (1991)
11) Dalen, N., Olsson, E.; Bone mineral content and physical activity, *Acta. Orthop. Scand.*, **45**, 170－174 (1974)