

骨量減少防止に果たす運動の役割についての研究

— とくに高齢者についての検討 —

	大阪市立大学	藤井	暁
(共同研究者)	同	大橋	誠
	同	田中	史朗
	大阪ガス 健康開発センター	岡田	邦夫

Studies on the Role of Physical Activity for the Prevention of Bone Loss in Elderly Subjects

by

Satoru Fujii

Makoto Ohashi and Shiro Tanaka

*The Second Department of Internal Medicine,
Osaka City University Medical School*

Kunio Okada

Osaka Gas Health Service Center

ABSTRACT

Prolonged bed rest may result in osteoporosis with hypercalciuria. In the present study the radial mineral content (RMC) and bone density of the second metatarsal bone were measured in elderly subjects in order to elucidate the relationship between the degree of physical activity and the amount of bone mass. The following results were obtained:

(1) RMC in bedside group was significantly lower than that in outdoor group ($p < 0.05$ and $p < 0.001$ in the 8th and 9th decade males, $p < 0.01$ in 9th decade females).

(2) No significant difference was observed in bone density of the second metatarsal bone between the bedside group and the outdoor group of males. On the other hand three indices (GSmax, GSmin and $\Sigma GS/D$) showed lower values in the bedside group than outdoor group of female

($p < 0.05$, respectively).

(3) Although no significant difference in serum Ca, P and alkaline phosphatase levels was observed between the bedside group and the outdoor group, more increased urinary Ca excretion (Ca/creatinine) was found in the bedside group than the outdoor group ($p < 0.01$).

These findings indicate that bone loss with increased urinary Ca excretion is induced by the reduced physical activity, and that exercise is important to protect the bone loss.

要 旨

長期の安静臥床は尿中カルシウム排泄増加に伴い骨粗鬆症をもたらす可能性が指摘されている。そこで本研究では高齢者を対象に身体活動度と骨量との関連を明らかにするため橈骨骨塩含量(RMC)並びに第2中足骨での骨密度を測定し、以下の成績を得た。

(1) RMCについては70歳代の男性($p < 0.05$), 80歳代では男女とも各々 bedside 群の方が, Outdoor 群に比し有意に低値を示した(男: $p < 0.001$, 女: $p < 0.01$).

(2) 第2中足骨の骨密度については男性では bedside 群, Outdoor 群間に有意の差はみられなかった。一方女性では GSmax, GSmin, ΔGS/D の3つの指標はおのこの Outdoor 群に比し bedside 群で有意の低値を示した(おのこの $p < 0.05$).

(3) 血清 Ca, P, アルカリフォスファターゼは両群間で差はみられなかったが尿中 Ca 排泄(Ca/creatinine)は Outdoor 群に比し bedside 群で有意の増加をみた ($p < 0.01$).

以上, 高齢者では身体活動度の低下により, 尿中 Ca 排泄増加を伴う骨減少が認められ, 骨減少防止に果す運動の重要性が示唆された。

はじめに

長期の安静臥床は, 尿中カルシウム (Ca) 排泄増加に伴う骨の脱灰を促進させ, 骨折し易い原因の一つとなることはよく知られた事実である。一方, 加齢とともに骨量の減少が起こり, とくに閉経期以後の女性では骨粗鬆症が発症しやすく, しばしば腰痛の原因となるなど日常生活に支障をきたしてくる場合が少なくない¹⁻³⁾。

そこで今回われわれは, 骨量減少を来し易い高齢者を対象に橈骨骨塩含量を, また一部の症例については中足骨の骨萎縮度を測定し, 身体活動度との関連について検討した。

対象および方法

対象は表1のごとく, 大阪市立大学付属病院入院患者, 大阪市立弘済院老人ホーム, 特別養護老人ホーム入居者, 同付属病院入院患者のうち70歳以上の男性102例(平均年齢78.2歳), 女性150例(平均年齢78.6歳)の252例を選んだ。そして,

表1 対 象

年 齢	70~79	80~	計
男 性	57	45	102
女 性	75	75	150
計	132	120	252

対象を身体活動度との関係から2群に分類した。すなわち、日常歩行はじめ屋外生活を不自由なく行っている群 (Outdoor 群), 並びに安静臥床を続けているか、日常生活がベッド周囲に限定されている群 (Bedside 群) に分類した。なお以下の条件の者, すなわち, ① 血清クレアチニン値が 2.0mg/dl 以上の者, ② 一般肝臓機能検査上何らかの異常を有する者, ③ 消化吸収不良症候群及びアルコール常飲者, ④ 食事療法以外に薬物療法を必要とする糖尿病患者, ⑤ Ca 製剤, Al 製剤使用中の者は, それぞれ対象から除外した。

橈骨骨塩含量は, Bone Densitometer (Norland 社製) を用いて測定した。橈骨遠位 $\frac{1}{3}$ の部位で骨塩量 (BM) と骨幅 (BW) を測定し, 骨塩量を骨幅で除した値 (BM/BW) を, 橈骨骨塩含量 Radial Mineral Content (RMC) とした⁴⁾。

中足骨での骨萎縮度は, 佐藤らの方法に従い⁵⁾ 両足正面X線撮影をする際, 手の中手骨の骨萎縮度を測定する Microdensitometry 法 (MD 法) と同様に, アルミスロープを両足間に固定し, 電圧 40kV, 照射間距離 100cm, 照射時間 0.15sec で撮影した。計測は図1のごとく第二中足骨の中央部横軸方向に行い, 骨幅D, 骨髓質幅 d, d₁+d₂/D すなわち Metatarsal index (MTI) 骨皮質の2つのピーク値の平均, GSmax, 骨髓質の

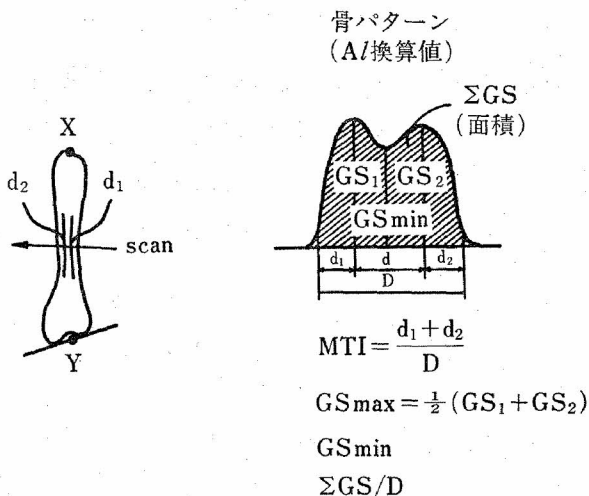


図1 第二中足骨の scan 部位と骨パターン

ピーク値 GSmin, および骨密度に相当する骨幅あたりの面積 $\Sigma GS/D$ を測定した。

なお, 血清 Ca, P, アルカリフォスファターゼ (ALP) をおのおの OCPA 法, Fiske-Subba-Raw 法, King-King 法にて測定した。また, 尿中 Ca 排泄をみるに当たっては, 随時尿における Ca 濃度をクレアチニン濃度で除した値を算出した。

結 果

(1) 橈骨骨塩含量

図2は, Outdoor 群, Bedside 群の RMC を比較したものである。上段に示した男性については, 70歳代では Outdoor 群 $0.66 \pm 0.08 \text{g/cm}^2$ (Mean \pm SD), Bedside 群 $0.60 \pm 0.11 \text{g/cm}^2$, また80歳代ではそれぞれ $0.66 \pm 0.07 \text{g/cm}^2$, $0.55 \pm 0.09 \text{g/cm}^2$ と Outdoor 群に比し Bedside 群で有意に低値を示した。下段の女性については, 70歳代では両群間に有意の差はみられなかったが, 80歳代では Outdoor 群 $0.42 \pm 0.08 \text{g/cm}^2$ に比し

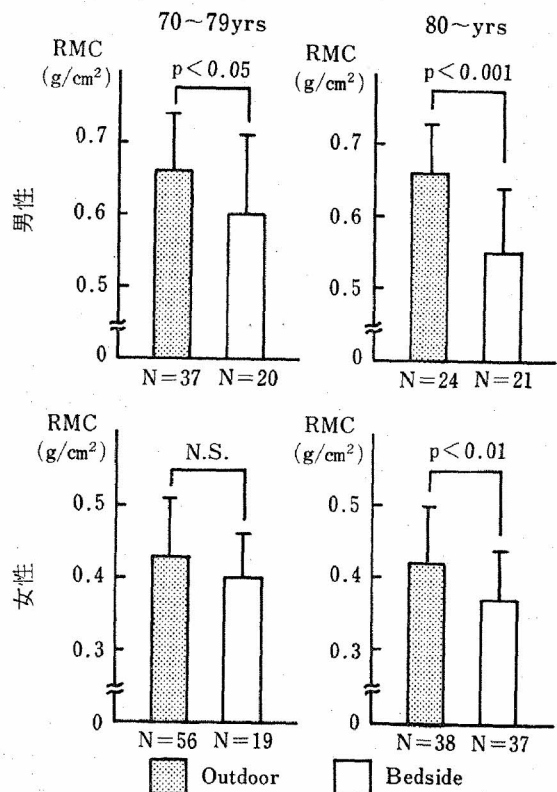


図2 高齢者における身体活動度と橈骨骨塩含量 (RMC)

Bedside 群 $0.37 \pm 0.07 \text{g/cm}^2$ と有意の低値を示した。

(2) 中足骨の骨萎縮度

図3は、一部の症例について中足骨の骨萎縮度を同じく身体活動度別に両群間で比較したものである。上段に示した男性では、各パラメータとも両群間に差はみとめられなかった。一方、下段の女性では MTI には両群間に差はみられなかったが、GSmax は、Outdoor 群 2.37 ± 0.32 (Mean \pm SD), Bedside 群 2.00 ± 0.41 , GSmin は、おのおの 1.05 ± 0.30 , 0.74 ± 0.27 , Σ GS/D は、おのおの 1.51 ± 0.28 , 1.21 ± 0.32 と Outdoor 群に比し Bedside 群で有意の減少をみとめた。

(3) 血清 Ca, P, ALP 及び尿中 Ca 排泄

表2は、一部の症例について血清 Ca, P, ALP 及び尿中 Ca 排泄を測定し、先に述べた身体活動度別に分類した2群について比較したものである。血清 Ca, P, ALP は両群間で差をみとめなかったが、尿中 Ca 排泄は Outdoor 群に比し Be-

表2 高齢者における身体活動度と血清 Ca, P, ALP および尿中カルシウム排泄量 (尿中 Ca/Cr)

	Outdoor n=155	Bedside n=25
年齢 (y. o.)	77.0 ± 0.5	80.0 ± 2.0
血清		
Ca (mEq/L)	4.9 ± 0.2	4.4 ± 0.1
P (mg/dl)	3.6 ± 0.04	3.5 ± 0.2
AKP (K.A.U)	6.0 ± 0.1	6.6 ± 0.5
尿		
Ca/Cr (mg/mg)	0.16 ± 0.01	$0.24 \pm 0.05^*$

* $p < 0.01$ (Mean \pm S.E)

dside 群で有意の高値を示した。

考 察

加齢により骨量の減少がおこるが、その原因は単一ではなく、年齢、性、食事内容、日照時間、運動量等種々の要因が影響していると考えられている。今回、運動習慣との関連をみるために、高齢者を身体活動度により年齢、性をほぼマッチさせた2群に分類し、橈骨骨塩含量を測定し比較した。運動の影響をみるためには、全身の骨塩量以外に、荷重といった要因を加える必要があり、荷重骨での測定が理にかなっていないと思われ、佐藤ら⁹⁾の方法を用い中足骨での骨萎縮度を測定した。

橈骨骨塩含量では、男性では70歳代、80歳代とも、女性では80歳代で Outdoor 群に比し Bedside 群で有意の低値を示した。また中足骨の MD 法でも、女性では GSmax, GSmin, Σ GS/D は Outdoor 群に比し Bedside 群で有意の低値を示した。男性で差がみられなかった点については、例数も未だ少なく今後の検討に待ちたい。

Donaldson らは²⁾、健康な若い男性を対象に長期の安静臥床により距骨の骨塩量が減少することを示しており、われわれの結果と一致している。無重量状態となる宇宙飛行士では、距骨の骨塩量が減少しているとの Mack ら⁹⁾の報告もあり、

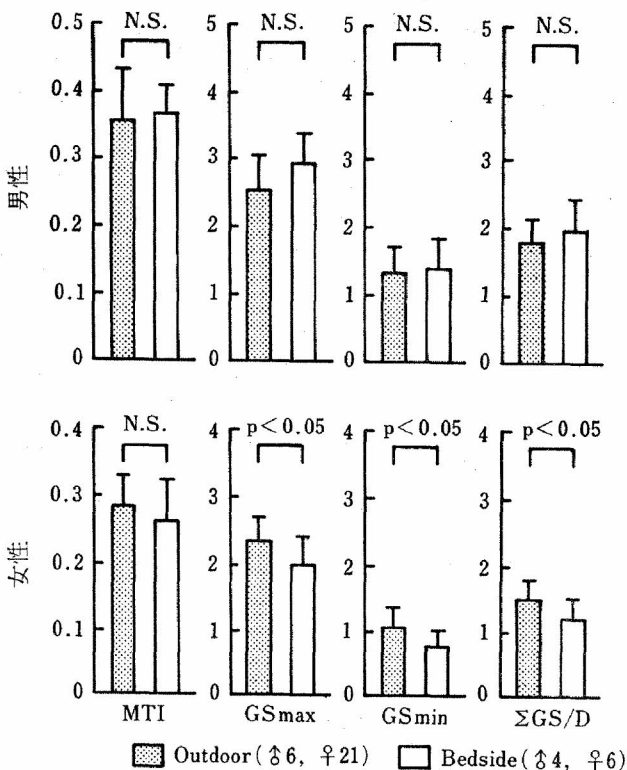


図3 高齢者における身体活動度と中足骨の骨萎縮度

骨塩量の減少に重力すなわち荷重の影響が大きいと思われる。

長期の安静臥床により尿中 Ca 排泄の上昇がみられるとの報告^{1~3)}があり、われわれの例でも同様の傾向が得られており、骨吸収促進の結果と考えられる。

身体活動度の低下により、骨塩量の減少がみとめられるが、Donaldson ら²⁾は長期安静によりいったん低下した骨塩量が歩行を再開すると次第に増加し、可逆性の変化であることを示し、Smith ら⁷⁾は高齢女性において、週3回、1日30分の運動で骨塩量の増加することを、また Nilssen ら⁸⁾は、運動選手は一般健康人に比し骨塩量が増加していることを示しており、骨塩量減少の予防に運動が重要と思われる。

しかし、身体活動度以外にも、食事からの Ca 摂取量、日照時間といった因子も関与している可能性があり、更に細かい検討が必要と思われる。

ま と め

高齢者を身体活動度により二群に分類し、橈骨骨塩含量、中足骨の骨萎縮度および尿中 Ca 排泄を測定したが、高齢者では身体活動度の低下により、尿中 Ca 排泄増加を伴う骨塩量の減少がみとめられ、骨量減少防止に果たす運動の重要性が示唆された。

文 献

- 1) Issekutz, B.J., Birkhead, N.C. and Rodahl, K.; Effect of prolonged bed rest on urinary calcium output. *J. Appl. Physiol.* **21** : 1013—1020 (1966)
- 2) Donaldson, C.L., Hulley, S.B., Vogel, J.M., Hattner, R.S., Bayers, J.H. and McMillan, D.E.; Effect of prolonged bed rest on bone mineral. *Metabolism*, **19** : 1071—1084 (1970)
- 3) 藤井暁, 大橋誠, 岡田邦夫; 健康医学のすすめ方—健康増進に役立つ運動処方—, 治療, **67** : 135—140 (1985)
- 4) 佐藤利彦, 大橋誠, 山本雅規, 藤井暁, 関淳一, 和田正久; 糖尿病患者にみられる骨病変に関する研究, 糖尿病, **26** : 921—930 (1983)
- 5) 佐藤哲也, 河田弘, 朴一男, 鈴木隆, 島津晃; 中足骨の骨萎縮度測定について, 中部整災誌, **28** : 267—269 (1985)
- 6) Mack, P.B., LaChance, P.A., Vose, G.P. and Vogt, F.B.; Bone demineralization of foot and hand of Gemini-Titan IV, V and VII astronauts during orbital flight. *Am. J. Roent.*, **100** : 503—511 (1967)
- 7) Smith, E.L. and Reddan, W.; Physical activity—A modality for bone accretion in the aged. *Am. J. Roent.* **126** : 1297 (1976)
- 8) Nilsson, Bo E. and Westlin, N.E.; Bone density in athletes. *Clin. Orthop.* **77** : 179—182 (1971)