

CXD法および超音波法による 男女大学生の骨密度評価

Evaluation of Bone Density of Healthy University Students Using CXD and US Method

國友 宏 渉, 江 上 い ず ず *
Hirohada KUNITOMO, Isuzu EGAMI

要 約

健康な男女大学生を対象に, CXD (Computed X-ray absorptiometry) 法および超音波 (Ultrasound method: US法) 法を用いて骨密度を測定し, 異なる2つの測定法による評価値の比較・検討を行った。また, 両評価値と身体属性や運動歴との関連についても分析を行った。

その結果, CXD法およびUS法によって得られた骨密度指標 $\Sigma GS/D$ と Stiffness による評価結果は必ずしも一致せず, 両者の間に相関関係は認められなかった。その原因の一つとして, 測定部位の特性が骨密度に反映されるということが考えられる。つまり, 外的ストレスの影響を多く受けると考えられる踵骨骨密度 (US法) と, 影響が少ないと思われる, 第2中手骨骨密度 (CXD法) では, 一定の条件下で比較することは困難であるといえる。また, 体格や運動歴と骨密度との関係においても, 体重荷重や運動による機械的ストレスが多く加わる踵骨との間にのみ相関関係が認められた。一方, 第2中手骨骨密度に関しては, 外的ストレスによる影響の個人差が小さいことから, 今後食生活や遺伝との関連について分析していくことにしたい。

キーワード: 骨密度, CXD法, 超音波法, 体格, 運動

bone mineral density, computed X-ray absorptiometry method, ultrasound method, physique, exercise

1. はじめに

近年, 骨粗鬆症が原因で大腿骨骨折をまねき寝たきりになる高齢者が増えつつある¹⁾²⁾。骨粗鬆症とは, 骨量の低下と骨組織の構造変化に伴って, 骨が脆くなり骨折しやすくなる病態である。ヒトの骨量 (骨密度) は, 20~30歳代に最大骨量 (peak bone mass) に達し, その後は加齢とともに減少するため, 高齢になるほど骨粗鬆症になる危険性が高まることになる³⁾⁴⁾⁵⁾。また, ホルモン分泌と関係があることから, 特に閉経後の女性に多くみられる病気でもあり⁶⁾⁷⁾⁸⁾, 近く超高齢化社会を迎えるわが国にとっては, その予防と対策が急務であるといえる。骨粗鬆症の予防において重要なことは, 骨量がピークを迎える時点で最大骨量をできる限り高め, その後低下する骨密度

レベルを少しでも高位に維持することである。最近になって骨粗鬆症の予防を目的に, 集団検診などで骨量や骨強度の定量化診断が行われるようになり, 研究者の間でもその測定法や評価法に関する研究結果が報告されている。しかし, 測定対象が高齢者や中高年女性に偏りがちであることや, 測定方法が統一されていないため, データの比較・検討が容易でないといった問題があり, 今後更に研究データの蓄積が待たれる状況にある。

そこで, 本研究は比較的測定データの少ない若年層 (男女大学生: 18歳~19歳) の骨密度データを得ること, また測定法に関してphotodensitometry法としてのCXD (Computed X-ray absorptiometry) 法と, 最近その活用が増えている, 超音波法

*名古屋文理短期大学

(Ultrasound method : US法) の異なる2つの測定法によって、骨密度および骨密度と身体属性、運動歴との関係をみながら、その評価値の比較・検討を行うものである。

II. 研究方法

1. 対象者

対象は名古屋文理大学情報文化学部健康な男女大学生（1年生）で、研究の趣旨を理解の上、協力の同意が得られた学生123名（男性：92名、女性31名）である。

2. 測定方法

骨密度の測定法としては、わが国でよく用いられるMD (Microdensitometry) 法⁹⁾の用手操作部分をcomputer化することによって、測定精度と測定時間の改善がはかられたCXD法¹⁰⁾を活用し、骨塩定量検査装置（ボナライザー：帝人製）によって測定された数値、 Σ GS/D及び骨皮質幅（metacarpal index : MCI）を骨密度の指標とした。一方US法においては、超音波骨密度測定装置（Achilles, Lunar社製）によって踵骨を測定部位とし、超音波伝播速度（speed of sound : SOS）と広帯域超音波減衰係数（broadband ultrasound attenuation : BUA）から算出されるStiffness index^{11) 12)}を骨密度（強度）の指標として用いた。Stiffness indexはSOS値およびBUA値から以下の計算式で算出され、骨塩量

（bone volume）のみでなく骨質（bone quality）も評価できる指標として注目されている。

$$\text{Stiffness index} = (0.67 \times \text{BUA}) + (0.28 \times \text{SOS}) - 420$$

3. 質問紙調査

骨密度（強度）と身体的特性、運動歴との関連を見るために、自記式質問紙調査を実施した。調査表は骨密度測定時に配布し、その場で回収した。身体的特性については、身長、体重の他、BMI（body mass index）を算出した。

運動歴としては中学、高校時の運動部経験、児童期の遊びや運動について、また現在の運動実施頻度についても尋ねた。

4. 統計解析

統計学的処理には、t検定および分散分析を行い、骨密度、骨強度との相関にはPearsonの方法で解析し、危険率5%以下を有意差ありとした。

以上の統計処理は統計解析ソフトStat Viewを使用した。

III. 結果

1. 身体的特性と骨密度

Table1.は、対象者のage, height, weight, BMIおよび骨密度（ Σ GS/D, MCI, Stiffness並びに%Young Adult, %Age Matched）の平均値、標準偏差、rangeを男女別に示したものである。

Table.1 Physical statistics of the subject and bone density

	Male (n=92)			Female(n=31)		
	Mean±	SD	Range	Mean±	SD	Range
Age	19.1 ±	0.72	18 - 22	18.8 ±	0.37	18 - 19
Height(cm)	170.9 ±	5.39	158 - 182	156.1 ±	5.2	143 - 166
Weight(kg)	60.1 ±	9.75	45 - 105	51.6 ±	10.7	37 - 97
BMI(kg/m ²)	20.6 ±	3.13	16.5 - 35.6	21.5 ±	4.18	16.4 - 38
Σ GS/D(mmAl)	2.56 ±	0.214	2.07 - 2.93	2.59 ±	0.176	2.34 - 3.02
MCI	0.506 ±	0.071	0.373 - 0.707	0.552 ±	0.064	0.449 - 0.707
Stiffness(%)#	106.7 ±	16.4	68 - 151	107.7 ±	18.7	76 - 136
% Young Adult (%)	102.4 ±	15.8	66 - 145	117.7 ±	20.4	82 - 148
% Age Matched (%)	101.5 ±	15.7	66 - 143	117.2 ±	20.4	82 - 148

Male: n=91

BMI: Body mass index

MCI: Metacarpal index

Σ GS/Dは男性で平均 2.56 ± 0.214 、女性では 2.59 ± 0.176 、またMCIについては、男性が平均 0.506 ± 0.071 、女性が 0.552 ± 0.064 であった。

踵骨におけるStiffnessは、男性の平均値が $106.7 \pm 16.4\%$ 、女性では $107.7 \pm 18.7\%$ となっている。若成比(%Young Adult)、同年比(%Age Matched)においては、男性でそれぞれ $102.4 \pm 15.8\%$ 、 $101.5 \pm 15.7\%$ 、女性では $117.7 \pm 20.4\%$ 、 $117.2 \pm 20.4\%$ であった。

また、 Σ GS/Dにおいて、骨粗鬆症の疑いがもたれる 2.3mmAl の値¹³⁾を下回った者は全体の6.5%で、 2.5mmAl 未満の要注意領域の者を入れると、全体の39%となった。Stiffnessにおいては、骨量減少の疑いがあるとされる80%未満の者は全体の5.7%であった。

2. 体格と Σ GS/D, Stiffness

身長、体重、BMIと Σ GS/D, Stiffnessとの関係を男女別に示したものがFig. 1である。 Σ GS/Dとの関係では、身長、体重、BMI、いずれにおいても有意な相関がみられなかった。一方、Stiffnessでは、女性においてのみ、身長との間に有意な正の相関($r=0.48$, $p<0.01$)があり、また体重との間においても正の相関関係($r=0.60$ $p<0.001$)が認められた。また、BMIとの間には、男女とも統計的には有意な相関がみられなかったが、女性では正の相関傾向が認められた。

3. 運動歴と Σ GS/D, Stiffness

1) 現在の運動実施と骨密度

Fig. 2は現在の運動と骨密度との関係である。 Σ GS/Dとの関係では、現在運動を「実施している者」と「実施していない者」との間に有意差はみられなかったが、Stiffnessとの間においては、実施者($113.3\% \pm 16.41$)の方が非実施者($101.2\% \pm 15.15$)に比べて有意に高い値であった。(平均値の差: 12.02 , $P<0.0001$)。

2) 過去の運動歴と骨密度

過去の運動歴としてとらえた高校時代の運動部経験との関係では(Fig. 3)、 Σ GS/Dにおいては相関がみられなかったが、Stiffnessとの関係においては、「運動部経験者」(112.10 ± 15.29)の方が「未経験者」(101.72 ± 17.39)に比べて有意に高値を示した(平均値の差: 10.37 , $P<0.001$)。

中学時代の運動部経験については、未経験者数が非常に少なく、経験者との比較ができなかった。

一方、児童期の遊びや運動経験との関係では(Fig. 4)、Stiffnessにおいて、体を動かす遊びや運動を「ほとんどやらなかった」、「あまりやらなかった」とする非活動群($98.55 \pm 15.61\%$)に比べて、「よくやった」、「非常によくやった」とする活動群($109.81 \pm 16.54\%$)の値が有意に高かった(平均値の差: 11.27 , $P<0.01$)。 Σ GS/Dにおいては有意差がみられなかった。

IV. 考 察

1. Σ GS/DおよびStiffnessの評価値

今回の測定で用いたCXD法およびUS法による Σ GS/D, Stiffnessについては、それぞれ骨量定量化の指標としてその有用性が報告されている^{14) 15)}。しかしその一方で、相互の評価値の比較においては一定の見解が得られていないのが現状である¹⁶⁾。鈴木ら¹⁷⁾によれば、異なった3つの骨量評価法(CXD法, US法, DXA法)を用いて、同一健康女性の骨量を測定した結果、必ずしも一致した結果が得られなかったとして、骨量の変動に関して同一の指標として用いることは適切でないと指摘している。本研究の測定結果においても、 Σ GS/Dの値が従来の測定値に比べて低い値を示し、診断基準値のもととなるYAM (Young Adult Mean) 値 $2.741 \pm 0.232\text{mmAl}$ をかなり下回る結果であった。一方、Stiffness値においては、若成比、同年比のいずれも100%を超える適正值を示し、 Σ GS/DとStiffnessとの間に相関関係は認められなかった。

この結果を解釈する上で、測定方法の違いに伴って測定部位が異なることを考慮する必要があると考えられる。つまり、日常生活において身体活動や体重による荷重負荷の影響を受けやすい踵骨と、そうした機械的ストレス(荷重)を受けにくい中手骨では、一定の条件で比較することは困難であると考えられる。

2. 体格と骨密度

体格と骨密度(強度)との関係においても、すべての報告において一致した見解がみられるわけではないが、身長、体重およびBMIと骨密度との間に正の相関関係が認められるという報告は少なくない^{18) 19)}。つまり、高体重者は体重自体が荷重負荷として働き、骨形成に影響を与えるものと考えられている。また、一

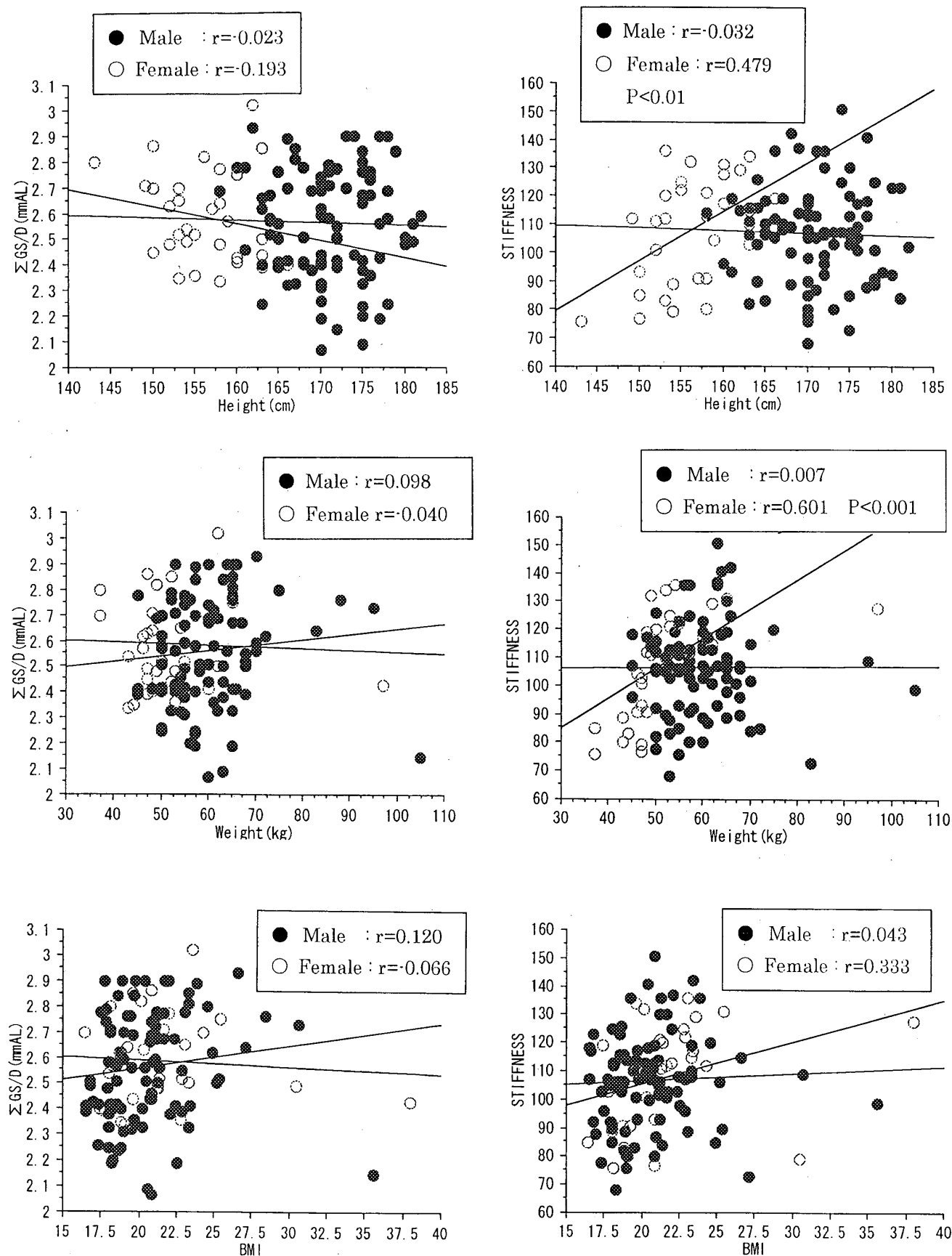


Fig.1 Relationship between bone density ($\Sigma GS/D$, Stiffness) and physique

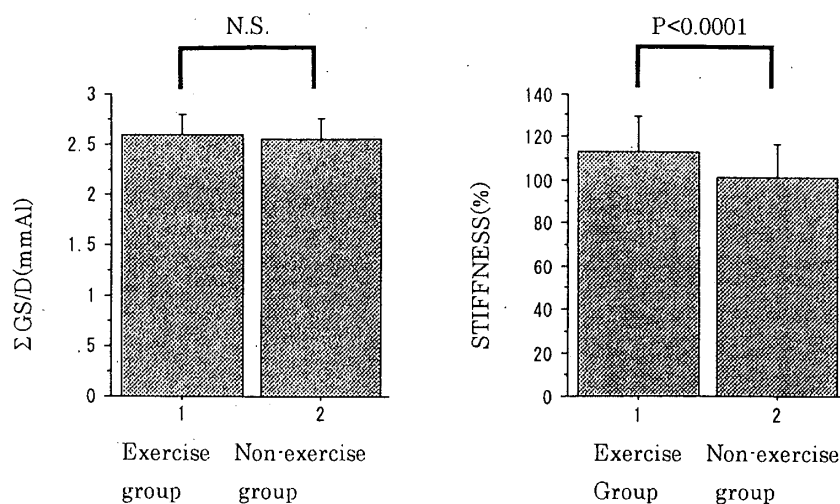


Fig.2 Comparison of bone density ($\Sigma GS / D$, Stiffness) classified by current exercise

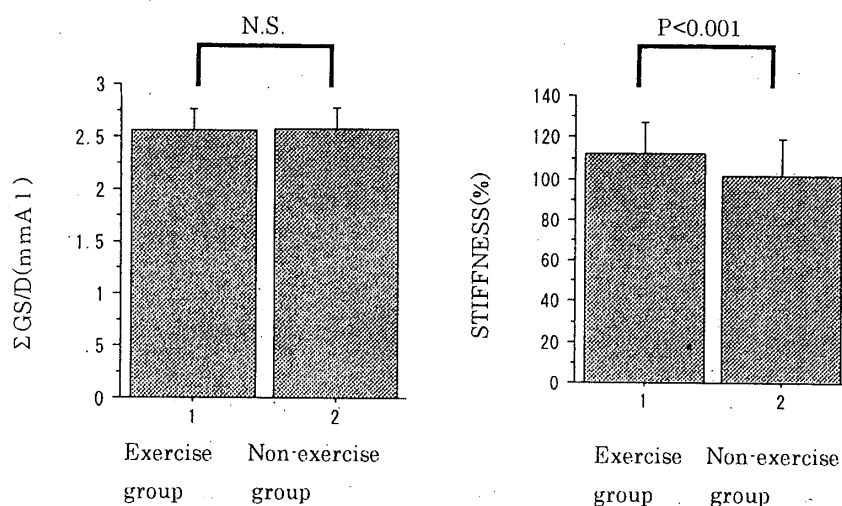


Fig.3 Comparison of bone density ($\Sigma GS / D$, Stiffness) classified by exercise during high school

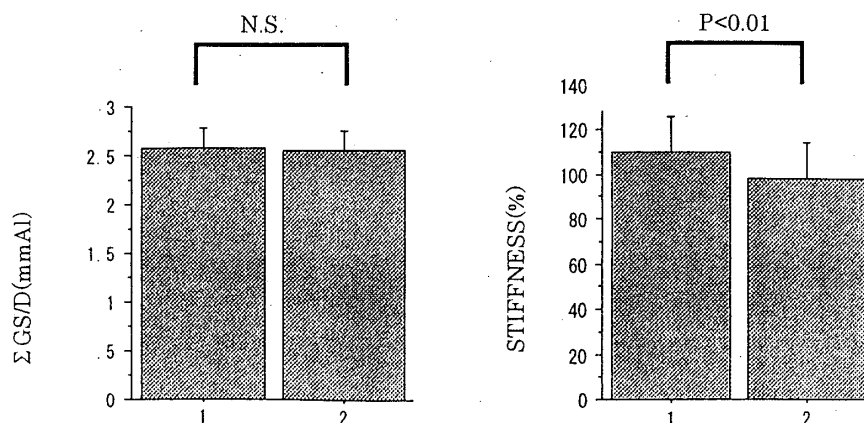


Fig.4 Comparison of bone density ($\Sigma GS / D$, Stiffness) classified by exercise during elementary school

般的に高体重者に多い脂肪組織は androgen が estrogen に交換される場所となり, estrogen は骨芽細胞を介して骨の土台となるコラーゲンなどの基質蛋白の合成や細胞の増殖を促すことが知られている。

今回の測定結果では女性にのみ, また Stiffness においてのみ, 身長, 体重との間に正の相関が認められるにとどまった。辻ら²⁰⁾の超音波法による男女大学生に対する研究結果においても, 踵骨骨梁面積率と体格との関係において, 従来の見解とは異なった結果を報告している。いずれにせよ, 身体不活動や無重力下で尿中カルシウム増加や骨塩量減少が認められていることから²¹⁾, 今後骨密度と体格との関係については, より詳細な検証が必要である。

3. 骨形成に与える運動の影響

運動が骨に与える影響については, その運動が適切に行われるかぎり, 骨量の増加および骨量減少の防止に有効であることは否めないであろう。その効果はスポーツ選手の骨量からも理解でき, 渡辺ら²²⁾は運動選手の大腿骨骨密度が一般人に比べて高値であることを報告している。また, 楊²³⁾が指摘するように, 運動による機械的刺激(圧力)は電気的刺激を介して骨芽細胞の働きを活性化し, 骨代謝回転を亢進させることが知られている。本研究結果においても, 現在の運動実施が骨密度(強度)に一定の影響を与えていることは明らかである。また, 過去の運動歴も現在の骨密度を規定しうる要因と考えられ, 中学, 高校での運動部活動や児童期の遊びが与える影響は, 少なくないといえる。Weltenら²⁴⁾の若年期に Weight-bearing activity を行うことが peak bone mass を高めるという報告は, Silbermanら²⁵⁾のマウスを使った実験的骨粗鬆症において幼少期の運動負荷が老齢期の運動負荷に比べて圧倒的に効果を上げるという結果と一致するものであり, 運動をする時期とその方法によって骨形成に大きな効果が期待できることを示すものである。

IV. 結 語

CXD法およびUS法によって, 男女大学生(1年生)を対象に骨密度評価を行い, 同時に身体属性, 運動歴との関連をみたが, それぞれの骨密度評価値はその測定部位の特性が反映され, 必ずしも一致した評価とはならなかった。また, 体格や運動との関係においても, 体重等による荷重負荷や運動ストレスの影響を受けやすいと考えられる踵骨においてのみ関連がみら

れた。しかし, 逆に体重や運動の影響を受けにくい第2中手骨の測定値は外的刺激の影響を受けない評価値として, 食生活や遺伝的な影響を調べる上で有用であると考えられた。

文 献

- 1) 橋本勉, 他: わが国における最近5年間の大腿骨頸部骨折発生頻度の推移, 長寿科学総合研究平成4年度研究報告, 157~159 (1993)
- 2) 鈴木みずえ, 他: 高齢者の転倒に関する調査研究—ドック検診者を対象にして—, 日本公衆衛生雑誌, 38(9), 743~750 (1992)
- 3) 竹中裕行: 骨伝導音測定による骨状態の簡便評価の検討, 医学と生物学, 131(6), 237~239 (1995)
- 4) Stegman MR, et al.: Velocity of ultrasound and its association with fracture history in a rural population. Am J Epidemiol, 139, 1027~1034 (1994)
- 5) 笠松隆洋, 他: 和歌山県下一漁村住民の骨密度調査(第1報) 地域代表性のある集団での性・年齢別骨密度値, 日衛誌, 50, 1084~1092 (1966)
- 6) 福永仁夫: 健康女性例における低周波超音波による踵骨の骨量パラメータの測定, 長寿科学総合研究平成5年度研究報告, 4, 131~134 (1994)
- 7) 水沼英樹, 他: 自然閉経婦人における骨塩減少とその対策, 婦人科の世界, 10, 715~720 (1992)
- 8) 木村修一, 吉田昭: 食品栄養学, 文永堂出版 東京, 150~153 (1994)
- 9) 岡村光英, 他: Dual energy X-ray absorptiometry (DXA) による骨塩定量測定の意義, 医学のあゆみ, 165, 620~624 (1993)
- 10) 松本千鶴夫, 他: 骨塩定量法 Microdensitometry法による第2中手骨骨密度(改良型MD法), 整形外科, 43(8), 1140~1146 (1992)
- 11) 福永仁夫, 他: 骨粗鬆症と超音波診断, 医学のあゆみ, 165(9), 625~628 (1993)
- 12) 坂田悟, 他: 踵骨超音波法, 日本臨牀, 56(6), 117~120 (1998)
- 13) 浦野純子: 骨粗鬆症の検診方法CXD法(改良型MD法), 公衆衛生, 58(6), 394~397 (1994)
- 14) 山崎薫, 他: Photodensitometry法, 日本臨床, 56(6), 106~110 (1998)
- 15) Yamazaki, K. et al.: Ultrasound Bone Densitometry of the Os calcis in Japanese

- Women., *ospeoporosis International*, 4, 220~225 (1994)
- 16) 田崎正善, 他: 骨粗鬆症の検診方法—超音波法, 公衆衛生, 58(6), 398~401 (1994)
- 17) 鈴木隆雄, 他: 異なった測定法における骨密度とその要因分析, *Osteoporosis Japan*, 3, 111~113 (1995)
- 18) 秋坂真史: 乾式超音波測定法による女子大生の踵骨骨密度, 医学と生物学, 135(5), 221~223 (1997)
- 19) 小山英則: 肥満・やせと骨塩量, 医学のあゆみ, 165(9), 601~605 (1993)
- 20) 辻健志, 他: 生活因子からみた男女大学生の踵骨骨梁面積率に関する研究, 中京大学体育研究所紀要, 14, 69~74 (1999)
- 21) Stewart, A.F. et al. : Calcium homeostasis in immobilization : an example of resorptive hypercalciuria. *N . Engl. J. Med.*, 306 , 1136~1140 (1982)
- 22) 渡辺基, 他: スポーツ選手の骨塩量の検討, 第11回西日本臨床スポーツ医学研究会報告集, 153~156 (1991)
- 23) 楊鴻生: 骨粗鬆症の予防—運動の効果, 公衆衛生, 55(1), 22~26 (1991)
- 24) Weltem DC ,et al. : Weight-bearing activity during youth is a more important factor for peak bone mass than calcium intake., *J Bone Miner Res*, 9, 1089~1096 (1994)
- 25) Silbermann.M, et al. : Long-Term physical exercise retards trabecular bone loos in lumbar vertebrae of aging female mice., *Calcif Tissue Int* 46, 80 (1990)