スポーツ関連因子からみた女子高校生の骨密度に関する研究

秋坂 真史* 尾尻 義彦** 高倉 実**

THE STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN FACTORS RELATED TO SPORTS AND BONE DENSITY OF HIGH SCHOOL GIRLS

MASAFUMI AKISAKA, YOSHIHIKO OJIRI and MINORU TAKAKURA

Abstract

In order to obtain the basic data for the relationship between factors related to sports and bone density of high school girls, bone densities of a heel were measured, and physical characteristics and living backgrounds on exercises were surveyed. The subjects were one-hundred and forty two girls (15~18 years, mean $\pm$ SD = 16.5 $\pm$ 0.84 years) of a high school in Nagano prefecture, accepted our visiting bone health check. Bone density was measured by ultrasound bone-densitometer 'Achilles' (Lunar). As for the data, we obtained the stiffness index (Stiffness) with a self-registered questionnaire for the items of physical and exercise factors for the girls in puberty. High school girls who belong to a sport club have significantly higher bone density than other girls. In detail, those who do the sports which consist of mainly running or jumping, have significantly higher bone density than others who do no sports. There also were significant differences on the kinds of sports, on the frequency of sports and on the duration of sports. Moreover, those who had the regular sports history have higher bone density than those who had no regular sports history, and the mean Stiffness of the group that care to do physical exercises daily was higher than those who do not care to do exercises. These results suggest that there are many kinds of factors related to sports which favourably contribute to obtain sufficient bone mass of high school girls who are in a developmental stage.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 1997, 46: 375~382)

key words : bone density, ultrasound, sports, high school girls, exercise

はじめに

骨粗鬆症は、次世紀の超高齢化社会に向けて取り組んで行かねばならない臨床医学および保健医学上の最重要のテーマの一つと考えられる。加齢とともに骨量は低下していくことが明らかにされてきているが、これまでは中高年女性に焦点を当てて閉経期の前後の年代を中心に議論する研究が主流であった。また、運動や食事等の生活要因との関連性について触れてもスポーツ因子との関連性の詳細にまで言及した報告はこれまでのところ知られていない。しかしながら予防医学的に見た場合、対象年代では、20代前後の女性に見られる最大骨量(peak bone mass)をいかに高めておくか

の観点がやはり重要であろう。とりわけ高校生の時期は、最大骨量の獲得へ向けて筋骨格形成における重要な発達段階の時期でもある。したがって、保健体育あるいは健康教育の観点からも、この時期における骨量と運動との関係は興味深いと思われる。これまでのところ女子高校生の骨密度とスポーツ因子との関連性についての報告はないが、中高年においてのみならず若年者においても重要であると思われる。そこで筆者は、スポーツ関連因子からみた女子高校生の骨密度との関連性についての基礎的知見を得る目的で、女子高校生の踵骨骨密度の測定と身体およびスポーツ特性や運動背景についての調査研究を行った。

* 琉球大学医学部地域医療研究センター
(健康長寿研究班)

** 琉球大学医学部保健学科

〒903-01 沖縄県西原町上原207

Research Center of Comprehensive Medicine, School of University of the Ryukyus

School of Health Sciences, Faculty of Medicine, of the Ryukyus

対 象 と 方 法

測定対象は長野県立高校普通科の女子生徒である。全校女子生徒712名中、本人が測定を希望し、結果が正しくとれたボランティアは、142名(19.7%)であった。学年別に見ると、1学年生徒は女子生徒226名中56名(24.8%)、2学年生徒は236名中50名(21.2%)、3学年生徒は250名中36名(14.4%)である。測定時年齢は15歳から18歳までで、平均年齢は 16.5 ± 0.84 歳(平均値 $\pm$ 標準偏差)、身長・体重の平均値はそれぞれ 158.9 ± 5.32 cm、 51.7 ± 7.62 kgであった。

方法は、Lunar 社製超音波骨密度測定装置 Achilles を用い、学校への訪問検診によって踵骨骨密度、身長、体重を測定し、BMI (body mass index) を算出した。同時に骨関連の疾病罹患や症状、運動習慣等に関する自己記入方式の質問紙調査も行った。測定した骨密度項目は、超音波減衰係数(Broadband Ultrasound Attenuation: BUA)・超音波伝播速度(Speed of Sound: SOS)・stiffness index(Stiffness)である。

統計は主に SAS 社製コンピュータ統計ソフトを用い、一元配置分散分析を行った後、平均値の差については Student-t 検定または Welch 検定、また Stiffness との相関については Pearson の方法で解析し、 $p < 0.05$ をもって有意とした。

結 果

1. 背景因子と骨密度

身体特性などの背景因子の骨密度平均値の比較を表1に示した。年齢別の Stiffness は、15歳($n=16$) $102.4 \pm 8.0\%$ 、16歳($n=59$) $97.3 \pm 9.93\%$ 、17歳($n=51$) $97.9 \pm 12.9\%$ 、18歳($n=16$) $99.4 \pm 8.98\%$ であり、有意差はなかった。また学年別にみると、1学年($n=56$)が $98.7 \pm 9.94\%$ 、2学年($n=50$)が $96.6 \pm 11.5\%$ 、3学年($n=36$)が $100.4 \pm 11.1\%$ であった。

骨折歴の有無については、骨折歴を有する者の Stiffness が高い傾向を示したが有意な差は認められなかった。腰背部痛の有無さらに骨疾患に関する家族歴についても有意差はなかった。また測定

Table 1. Bone density and background characteristics.

Items		Stiffness (%)	
Age	15 y.o. (n=16)	102.4 ± 8.00	n.s.
	16 y.o. (n=59)	97.3 ± 9.93	
	17 y.o. (n=51)	98.0 ± 12.9	
	18 y.o. (n=16)	99.4 ± 8.98	
Grades	1st grade (n=56)	98.7 ± 9.94	n.s.
	2nd grade (n=50)	96.6 ± 11.5	
	3rd grade (n=36)	100.4 ± 11.1	
Back pain	yes (n=58)	99.3 ± 11.2	n.s.
	no (n=84)	97.7 ± 10.6	
Fracture history	yes (n=16)	102.5 ± 10.7	n.s.
	no (n=126)	97.8 ± 10.8	
Family history of bone diseases	yes (n=10)	98.5 ± 12.7	n.s.
	no (n=132)	98.4 ± 10.7	
Regularity of menstruation	yes (n=101)	98.6 ± 10.5	n.s.
	no (n=41)	97.7 ± 11.6	

Mean $\pm$ SD n.s.: not specific

者中、骨疾患に関する既往歴や現病歴を有する生徒はいなかった。

Stiffness と現在における月経の規則性との関係で、月経周期が25日から38日の規則正しい周期にある者($98.6 \pm 10.5\%$)は、周期が不規則である者($97.7 \pm 11.6\%$)よりも Stiffness が高い傾向を示したが、有意差はなかった。

2. 体格と骨密度

Stiffness と、身長、体重および BMI との相関を図1に示す。身長では有意な相関は見られなかったが、体重($r=0.273$, $p=0.001$)と BMI($r=0.275$, $p<0.001$)では有意な相関を示した。

3. スポーツ関連因子と骨密度(表2)

現在におけるスポーツの実施状況と骨密度の関係をみると、定期的にスポーツを行っている者の Stiffness($104.0 \pm 9.49\%$)は、とくにスポーツを行っていない者($94.0 \pm 9.80\%$)のそれよりも有意に高かった($p<0.0001$)。またクラブ活動の状況では、運動部で活動をしている生徒55名と、そうでない生徒すなわち非運動部生徒87名の Stiffness を比較すると、前者の $104.7 \pm 9.77\%$ は後者の $94.4 \pm 9.51\%$ よりも有意に高かった($p<0.0001$)。これらをさらに、スポーツの性質の違い、すなわちトラックやフィールドで「走」を主体とした運動を行っ

Fig. 1. Correlations between bone density and physique. (n=142)

ている群(「走」群:陸上競技(短長距離走)・ソフトボール;n=34)と、球技を中心に跳躍運動が主である群(「跳」群:バレーボール・バスケットボール・体操(ウエイトリフティングを含む)・卓球・剣道;n=21), また非運動部の者も文化系サークル活動をしている者(文化系サークル群;n=75)と放課後すぐに帰宅する者(帰宅群;n=12)とに分類し, おのおのを比較した結果, 「跳」群の Stiffness ($105.6 \pm 10.1\%$) は, 文化系サークル群 ($94.5 \pm 9.58\%$) および帰宅群 ($93.3 \pm 9.40\%$) よりも, また「走」群 ($104.1 \pm 9.65\%$) のそれも文化系サークル群に比べて有意に高かった。

以上のことを詳細に調べるため, スポーツの種目毎に現在スポーツを行っている者の骨密度を比較した。その結果, 学校でも地域でも運動を行っていない非運動群の Stiffness ($94.0 \pm 9.80\%$) と有意差のみられた群は, 陸上競技 ($102.5 \pm 5.73\%$) ・ソフトボール ($104.1 \pm 10.7\%$) ・バレーボール ($110.2 \pm 10.8\%$) ・剣道 ($104.3 \pm 2.63\%$) であった。また各種目間では, バレーボール群は体操群 ($100.6 \pm 10.7\%$) よりも有意に高かった。

次に, スポーツ頻度でみると, 一週間の半分以上(4日以上)運動している者 ($103.8 \pm 9.60\%$) と1日以上3日以下の者 ($104.6 \pm 9.44\%$) が, 1度もしない者 ($94.0 \pm 9.80\%$) に比べて有意に高かった。また, スポーツ持続時間では, 一日2時間以上3時間未満の者 ($105.1 \pm 8.61\%$) が最も高く, 3時間以上 ($103.5 \pm 10.3\%$) がこれに続いた。一日のスポーツを行う時間が1時間以上の者は, 持

続時間にかかわらず, スポーツをしていない者もしくは1時間未満の者 ($94.0 \pm 9.80\%$) に比べ, Stiffness は有意に高かった。

スポーツ歴については, 小学生・中学生時代に何らかの地域や学校のクラブでスポーツを定期的に行っていた者 ($100.6 \pm 11.1\%$) はそうでない者 ($94.3 \pm 9.16\%$) に比べ, Stiffness は有意に高かった ($p < 0.001$)。過去のスポーツ種目では, ソフトボール群 ($104.9 \pm 15.1\%$) 及びバレーボール・バスケットボール群 ($101.7 \pm 11.1\%$) の Stiffness が, 非運動群のそれより有意に高かった。スポーツ開始時期, すなわちスポーツを何歳から始めたかの項目では, 小学生期から始めている者の Stiffness ($102.3 \pm 11.0\%$) が, 中学生期になって始めている者 ($98.7 \pm 11.0\%$) 及び定期的スポーツ経験をもたない者 ($94.3 \pm 9.16\%$) より有意に高かった。また, 中学生期群はスポーツ経験無しの群より, Stiffness は高い傾向を示した。スポーツ歴を有する者の継続状況については, 小学生期・中学生期を通じて継続的にスポーツを行っている者 ($105.7 \pm 9.65\%$) は, 小・中学生期のみ ($95.0 \pm 9.58\%$), 高校入学後開始した者 ($95.4 \pm 6.41\%$) ならびに現在行っていない者 ($93.5 \pm 10.4\%$) より有意に高かった。さらに, スポーツ歴を有した者のスポーツ中断期間について調べたところ, 中断も無く継続して運動を続けている者の Stiffness ($103.9 \pm 8.22\%$) は, 3年以上5年未満 ($95.9 \pm 13.0\%$) 及び5年以上 ($91.8 \pm 10.1\%$) の中断期間を有する者よりも, 有意に高かった。また1年以上

Table 2. Comparisons of bone density among factors related sports.

			stiffness (%)
practicing sports [#] at present	regularly (n=62)		104.0±9.49
	hardly ever (n=80)		94.0±9.80 ***
physical exercises after school (club activities)	sports club (n=55)		104.7±9.77
	group of 'running' ^{##} (n=34)		104.1±9.65
	group of 'jumping' ^{###} (n=21)		105.6±10.1
	nothing or non-sports club (n=87)		94.4±9.51 *
	clubs with no exercises (n=75)		94.5±9.58 *
	no club (n=12)		93.3±9.40
kinds of present sports [#]	athletic sports (a short-, or long-distance race) (n=11)		102.5±5.73
	gymnastics (including weight lifting) (n=7)		100.6±10.7
	soft ball (n=23)		104.1±10.7
	volley ball (n=10)		110.2±10.8
	ping-pong (n=3)		98.3±8.39
	kendo (Japanese fencing) (n=4)		104.3±2.63
	swimming (n=4)		101.8±6.85 *
	no sports (n=80)		94.0±9.80
frequency of present sports (per week)	less than 1day (n=79)		94.0±9.80
	more or equal 1day and less or equal than 3days (n=15)		104.6±9.44 *
	more or equal 4 days (n=48)		103.8±9.60 *
duration of present sports (per day)	less than 1h. (n=80)		94.0±9.80
	more or equal 1h. and less than 2h. (n=12)		102.2±10.3 *
	more or equal 2h. and less than 3h. (n=28)		105.1±8.61
	more than 3h. (n=22)		103.5±10.3 *
sports history	yes (regularly) (n=92)		100.6±11.1
	nothing special (n=50)		94.3±9.16 **
kinds of past sports [#]	athletic sports (a short-, or long-distance race) (n=13)		97.1±8.83
	soft ball (n=7)		104.9±15.1
	volley ball / basket ball (n=50)		101.7±11.1
	ping-pong (n=6)		102.5±8.26
	kendo (Japanese fencing) (n=6)		96.2±12.1
	swimming (n=10)		98.0±11.5
	no sports (n=50)		94.3±9.16 *
starting time of sports	at the period of elementary school (n=48)		102.3±11.0
	at the period of junior high school (n=44)		98.7±11.0 *
	no sports in the past (n=50)		94.3±9.16
continuing of sports	limited to the periods of elementary or junior high school (n=43)		94.8±9.55
	started at high school and continuing (n=16)		95.4±6.61 *
	continuing since the periods of elementary or junior high school (n=48)		106.1±9.36 *
	no sports doing regularly at present and in the past (n=35)		93.5±10.2 *
breaking periods of sports	no break (continued) (n=23)		103.9±8.22
	more or equal 1y. and less than 3y. (n=49)		101.4±11.1 *
	more or equal 3y. and less than 5y. (n=14)		95.9±13.0 *
	more than 5y. (n=6)		91.8±10.1 *
duration of schooling walk	less than 1h. (n=77)		98.3±11.5
	more or equal 1h. (n=65)		98.4±10.0 n.s.
Tastes for exercises	dislike to do exercises (n=69)		95.3±9.30
	prefer to be active (n=73)		101.3±11.4 **
Activities in infancy and childhood	played energetically outside (n=105)		99.1±11.0
	spent chiefly in a house (n=37)		96.1±10.0 n.s.

[#] including out-school regular sports practice ; ^{##} including athletic sports, soft ball ;
^{###} including volley ball, basket ball, gymnastics, kendo

Mean±SD *p<0.05, **p<0.001, ***p<0.0001 n.s. : not specific

3年未満($101.4 \pm 11.1\%$)の中断期間を有する者も5年以上の中断期間を有する者より有意に高かった。

また日常的運動習慣に関する項目では、まず通学で1時間以上歩行をしている者の Stiffness ($98.4 \pm 10.0\%$)は、1時間以内の歩行者のそれ($98.3 \pm 11.5\%$)と比べて有意差はなかった。現在の運動に対する意識もしくは嗜好では、運動が好きで日頃から身体を動かすように心掛けている者($101.3 \pm 11.4\%$)は、運動を考慮しない者あるいは回避している者($95.3 \pm 9.30\%$)に比べ、Stiffness は有意に高かった。さらに幼年時から小児期にかけての屋内外での身体活動性に関して尋ねたところ、主に戸外で元気よく遊んでいたとする者($99.1 \pm 11.0\%$)は、どちらかというところの中で遊んだ方が多いとする者($96.1 \pm 10.0\%$)の Stiffness より高い傾向を示したが、有意差はなかった。

考 察

本邦における骨密度に関する研究は、これまでのところ腰椎を中心とした二重エネルギー X 線吸収法 (DXA) あるいは単エネルギー X 線吸収法 (SXA) が主流であり、超音波法によったものは多くはなかった。たしかに骨量の測定が骨基質成分としてのカルシウム量の測定である以上、原理的には X 線以上の測定法はないと思われる。しかしながら、今日のスポーツを行う中高年者の増加や在宅医療・訪問看護の進展、児童や妊婦の骨密度測定の必要性等の社会的要請は、X 線被曝もなく安全で、またポータブルで測定場所を選ばず、しかも専門の技師を必要としないほど簡便な超音波法の普及を求めるようになっており、じつと本邦でも広く利用されるようになってきた。また近年は超音波法の信頼性について DXA 法との相関や変動係数の比較等を通じてよく調べられ、骨密度のスクリーニング法としての評価も高まりつつある¹⁻⁶⁾。さらに骨粗鬆症検診のスクリーニング法として厚生省の診断基準⁷⁾に本法が加わったことで、超音波法による骨密度測定の社会的ニーズは一気に高まり、一般市民の健康スポーツ分野での

メディカルチェックの一項目として、あるいは長距離走者をはじめとする競技選手の骨の健康管理など、今後スポーツ医学に関しても予防医学的に大きな恩恵を被ることになる。さらに競技者の健康診断など実際の測定現場においても、本来必要とされる対象者の多くに対し、種々の事情により X 線による骨量測定の実施が困難なことも予想され、数分という短時間で、非侵襲的に安全かつ簡便に測定できる超音波法に向けられる期待も大きいと考えられる。

ところで BUA および SOS はいずれも骨密度のパラメーターであり、一般には単一物質を通過する音波の伝導速度は通過物質の密度が高いほど速いため SOS は骨密度を反映する指標と考えられ^{8,9)}、BUA とともに骨の物理的密度⁸⁾あるいは DXA 法による踵骨や腰椎の二次元骨密度⁹⁾と高い相関があることが示されている。さらに BUA は、DXA 法による二次元骨密度とは異なり骨梁の方向性など構造に関連した質的情報をもっているとも言われている¹⁰⁾。Stiffness は、以上のように異なる意味合いをもつ2つの骨密度指標である BUA および SOS の値を基に算出され、BUA 測定値から BUA 最低値 (50 dB/MHz) を除し、さらに SOS 測定値から軟部組織の SOS 値 (1400 m/s) をも除したことによって生物学的合理性を含めた骨密度の総括的な指標を表しているとされる¹¹⁻¹³⁾。SOS は年齢との相関性の低さや骨量測定値相互の間の関連性についても有意水準が小さいこと等で問題が残る⁶⁾が、一方で DXA 法による第2～4腰椎骨密度との相関が良いとされる BUA も、足部の形態が少なからぬ影響を与えることも示唆されており⁶⁾、双方とも単独で使うには一長一短があると考えられる。他方で、この時期は骨端軟骨の成長著しい期間でもあり、成長期の骨密度評価に当たっては骨端軟骨基質の石灰化に始まる結合組織の侵入、骨芽細胞の骨置換など一連の骨化機転 (軟骨内骨化) の影響も考慮しなければならないと思われる。ここで食事によるカルシウム摂取は骨端軟骨基質の石灰化に不可欠な材料補給に関与し、他方で特に若年期における定期的スポーツは軟骨内骨化を含めた骨化機転を助長

し垂直方向の重力刺激によって骨密度を高めるのに貢献しているものと推察される。本法による測定部位は踵骨下端より4 cm、踵骨後端より3 cmを中心とする直径約2.5 cm領域の踵骨両側部位¹¹⁾であるため、長管骨骨端部ほどには超音波法による骨密度値に対する軟骨内骨化による影響は比較的少ない可能性もあり、本法による総括的な骨密度指標としての Stiffness 値は海綿骨の構造情報を含めて骨実質の骨密度をよく反映するものと考えられる。

青年前期女性とくに女子高校生を対象にした骨密度の研究は意外に少ない¹⁴⁻¹⁶⁾が、20歳以上もしくは前後の日本人女性すなわち大学生以上の成人女性の骨密度については報告が多く、なかには lifestyle として運動習慣の重要性について触れたものもある^{3,17)}。しかし多くの場合、漠然と運動習慣の有無のみを問題としており、スポーツ関連因子からみた骨密度の検討は為されていない。本研究ではスポーツを行っている者は1度もしない者に比べ Stiffness は有意に高く、スポーツ時間が1時間以上の者はスポーツをしていない者に比べて有意に高かった。しかし、その頻度や時間は骨密度と必ずしも正比例するものではなく、発育期にある女子が良好の骨密度を得るためには、運動について適正な週頻度あるいは時間数があることが示唆された。他方で、著者らは先に、女子高校生の肥満と骨密度との関連性に関して自己の体型意識での「肥満」群の Stiffness は他群のそれよりも高い傾向を示したことを報告し、骨密度に関する健康教育は中学生や高校生の身体発育段階のできるだけ早期に開始することが望ましいと提言した¹⁸⁾。しかし、多くのスポーツ因子と骨密度との間の具体的かつ詳細な関連性については、以後の研究課題であった。

スポーツ実施の状況では、現在スポーツを定期的に行っている生徒の Stiffness は、とくにスポーツをしていない生徒に比べ有意に低く、運動部で活動をしている生徒は非運動部生徒よりも有意に高かったことから、日常の運動習慣の重要性が確認された。とりわけ、学校での部活のように半ば義務的な意識を伴う、ある程度の強度を保った定

期的運動が、筋骨格系の発達期にある生徒の骨への定常的刺激として好ましく作用した可能性もある。またスポーツの種類では、陸上競技(短・長距離走)やソフトボールのような「走」を主体とした運動群よりも、バレーボール・バスケットボール・体操・卓球・剣道のような「跳躍」を主体とし下半身に大きな負荷をかける運動群とに分別して Stiffness を比較した。その結果、後者が高い傾向を示したため個々のスポーツ種目毎に Stiffness を比較したところ、表2に示す幾つかの種目間でも有意差を認めた。ここで「走」及び「跳躍」種目の分類は多分に便宜的なものであるが、このように明瞭な差が出た事実、上記の視点からさらに詳細な検討が望まれることを示しているように思われる。さらに、個々のスポーツ種目毎の Stiffness でも同様の差がでたことから、踵骨を含めた下半身の骨密度の観点においては日常的に行う運動動作の特質、とくに骨格に対する垂直的ストレス要素を考慮することの重要性も示唆される。

スポーツ頻度については、中高年女性では運動時間や回数が多すぎ運動強度も強すぎると、逆に骨密度に悪影響を与える可能性を示す報告もなされ¹⁹⁾、本研究における女子高校生の場合でも1日2時間程度の運動の方が3時間以上の運動よりもむしろ高い踵骨骨密度を与える傾向にあった。このことはまたスポーツ持続時間でも同様で、1日3時間以上よりも2時間程度の運動時間の骨密度が高かった。したがって、運動頻度や時間の長短のみを問題とするのではなく、ある一定頻度・一定時間以上であれば運動の質を重視する方が骨密度改善の観点では効果的となる可能性も考えられた。

過去におけるスポーツ歴、スポーツの開始時期、スポーツ経験者の継続性と中断期間等の結果は、スポーツ経験の有無のみならず、現在における定期的スポーツ習慣の運動歴に対する優位性ならびにスポーツの開始時期と継続の重要性について多くの示唆を与えるように思われる。さらに、運動の嗜好性と幼小児期の身体活動性に関する結果も、広く身体運動に対する嗜好そのものが、骨密

度に大きな影響を与える可能性のあることを示すものと思われる。以上みてきた結果は、成長発達段階にある女子高校生の十分な骨量獲得に対し、スポーツ関連の多くの因子が好ましい影響を与えることを示唆していると考えられた。

謝 辞

稿を終えるに当たり、本研究遂行に多大の御協力を賜りました財団法人中部公衆医学研究所健診部部长・座光寺秀元氏、長野県立風越高校養護教諭・塩野入かつ先生に衷心より感謝申し上げます。

(受理日 平成9年4月24日)

参 考 文 献

- 1) Yamazaki, K., Kushida, K., Ohmura, A., Sano, M. and Inoue, T. Ultrasound Bone Densitometry of the Os Calcis in Japanese Women, *Osteoporosis International*, **4**, (1994), 220-225.
- 2) Hirota, T., Nara, M., Ohguri, M., Manago, E., and Hirota, K. Effect of diet and lifestyle on bone mass in Asian young women, *Am. J. Clin. Nutr.*, **55**, (1992), 1168-1173.
- 3) 水口久美代, 宮地佐栄, 小金丸泰子, 吉村典子, 橋本 勉. 若年者の骨密度に影響を及ぼす要因の分析-運動時間, 朝食摂取状況との関連-, 学校保健研究, **37**, (1995), 15-19.
- 4) 遊 逸明, 山本逸雄, 大中恭夫. 超音波法による踵骨測定の臨床的有用性についての検討, 日本骨代謝, **10**, (1992), 301.
- 5) 武田直人, 三宅真理子, 北 昭一. 低周波超音波骨量測定装置による踵骨の骨強度に関するパラメータの測定-特に DXA による骨密度との比較について, *Osteoporosis Japan*, **1**, (1993), 62-66.
- 6) 鈴木隆雄, 楠本彩乃, 永井晴美, 吉田英世, 渡辺修一郎, 熊谷 修, 天野秀紀, 柴田 博. 閉経期女性の骨密度測定法の差異による骨量評価についての研究-DXA 法と超音波法の比較-, 日本公衛誌, **43**, (1996), 16-27.
- 7) 厚生省. 老人保健法による骨粗鬆症検診マニュアル. 東京: 日本医事新報社, 1995: 20-25.
- 8) Tavakoli, M. B., Evans, J. A. Dependence of velocity and attenuation of ultrasound in bone on the mineral content, *Phys Med Biol*, **36**, (1991), 1529-1537.
- 9) Waud, C. E., Lew, R., Baran, D. T. The relationship between ultrasound and densitometric measurements of bone mass at the calcaneus in women, *Calif Tissue Int*, **51**, (1992), 415-418.
- 10) Gluer, C. C., Wu, C. Y., Genant, H. K. Broadband ultrasound attenuation signals depend on trabecular orientation: An in vitro study, *Osteoporosis Int*, **3**, (1993), 185-191.
- 11) Lunar Corporation. Lunar Corporation, editors. Manual of Achilles ultrasound bone densitometer, Lunar Corporation, New York, (1991), B1-B7.
- 12) Ashman, P. B., Corin, J. D., Turner, C. H. Elastic properties of cancellous bone: measurement by an ultrasonic technique, *J Biomech*, **10**, (1987), 979-986.
- 13) Trempe, J., Genske, T., Wiener, S., Mazess, R. Ultrasound measurements of os calcis. In: Ringe EFJ, editors. Current research in osteoporosis and bone mineral measurement I. British Institute of Radiology, London, (1992).
- 14) 片平弦一郎, 稲垣慶正, 辻 正祐. 青少年期における踵骨骨密度の検討-SXA 法を用いて-, 日本骨形態計測学会誌, **4**, (1994), 39-48.
- 15) 佐保由美子, 辻 秀一, 勝川史憲. 女子高校生のビタミンD摂取状況と骨密度に与える影響, 日本骨代謝学会誌, **13**, (1995), 121.
- 16) 西山宗六, 友枝新一, 松田一郎. 日本人小児骨塩量の基本的発達の研究, 性ホルモン, 基本的体格, 運動との関係, ホルモンと臨床, **43**, (1995), 853-856.
- 17) 梶田悦子, 伊木雅之, 飛田芳江, 三田村純枝, 日下幸則, 緒方 昭, 寺本路夫, 土田千賀, 山本和高, 石井 靖. 中高年女性の腰椎骨密度とそれに影響する要因(第3報)有経者と閉経者別にみた体力指標及び Lifestyle 要因と骨密度との関係. 日衛誌, **50**, (1995), 893-900.
- 18) 秋坂真史, 座光寺秀元. 女子高校生の身体特性, とくに肥満と骨密度との関連性, 学校保健研究, **38**, (1997), 1-11.
- 19) 辻 秀一, 中井澄子, 阿部 均, 柴田 仁, 勝川史憲, 大西祥平, 山崎 元. 閉経後女性の運動療法-骨塩量への影響-, 第4回日本骨粗鬆症研究会抄録集, (1995), 133.