

思春期における運動による 骨粗鬆症予防法の検討

辻 学 園	広 田 孝 子
(共同研究者) 同	中 林 朋 子
同	藤 木 雅 美
同	木 藤 由紀子
大阪大学	広 田 憲 二

Athletic Activity in Adolescence for the Prevention of Osteoporosis

by

Takako Hirota, Tomoko Nakabayashi,
Masami Fujiki, Yukiko Kito

Research Laboratory, Tsuji Academy of Nutrition

Kenji Hirota

*Department of Obstetric & Gynecology,
Osaka University Medical School*

ABSTRACT

We have measured bone mineral density (BMD) of lumbar spine (L 2-L 4) and proximal femur (neck, Ward's triangle, trochanter) in 360 healthy female students aged 18-24, and studied their athletic activity and other lifestyles from childhood to the present. BMD of the students were correlated to their body weight, body mass index (kg/m²), muscle strength (grip and back strength), duration of athletic activities and age of menarche. There was no significant difference between their average BMD and the peak bone mass when we com-

pared to the BMD data of 727 subjects aged from 12 to 74.

The data showed that more 3 years' athletic history significantly increased BMD of femur neck, and more than 6 years history increased BMD of L2-L4.

Especially, the athletic history from 13 to 15 years old has more potent effect on BMD of neck than the history from 16 to 18 years old. However, no difference was found between BMD of neck in the student with athletic history from 13 to 15 years and the BMD in the students with the history from 13 to the present.

Among various items of sports, volleyball had the most potent effect on BMD than the other sports. When BMD was adjusted by different body weight due to the various sports items, BMD of volleyball, track and field and basketball players was significantly higher than that of non-player.

These data suggested that athletic history for 3 years at age 13 to 15 should be extremely important and that such sports items as volleyball, track and field and basketball be more effective in increasing peak bone mass and in preventing osteoporosis.

要 旨

若年期からの、骨粗鬆症の積極的予防のためには、運動をどのライフステージにおいて、いかなる種目を実施すれば骨密度を効率よく高めることができるかについて、検討を行った。

18～24歳の健常な女子学生360名の腰椎(L2-L4)と大腿骨近位部(neck, Ward's triangle, trochanter)の骨密度を測定し、過去から現在にわたる月経歴を含む身体状況、ライフスタイル、とくに運動習慣を詳細に観察し、体力測定、身体計測も行った。その結果、骨密度値は体格と最も高い相関を示し、初経年齢、運動継続年数、なかでも中学時(12～15歳)における運動歴と高い相関が見出された。12～15歳は、骨密度が急激に上昇する時期であり、骨粗鬆症予防において重要な役割を果たす時期であると考えられる。

運動種目については、バレーボール、バスケットボール、陸上競技に有意な骨密度の高値が認められたことから、重心の垂直方向への移動を伴う全身運動が骨密度上昇に効果的であることが推察された。

以上のことから、思春期(12～15歳)における適切な運動習慣の指導は、更年期以降に多発する骨粗鬆症の有効な予防法となりうるであろう。

緒 言

高齢化社会の到来とともに急増している骨粗鬆症について、治療面での研究は長期間なされてきたものの、その効果的な治療法は見出されていない。骨粗鬆症は、骨の老化現象によりおこる退行現象の一つとも考えられるが、身体の不動化、寝たきりや痴呆へと導かれることから、骨粗鬆症に対する国民の認識は、近年とみに高まっている。

われわれは、8年程前より骨粗鬆症予防に着眼し、骨粗鬆症とは無関係と考えられる健康な若年女性を対象に骨密度の測定を行ってきた。その結果、女子学生（平均年齢19.8歳）の6人に1人の割合で低骨密度者が存在することが観察された。これら低骨密度者は、50～60歳代の平均骨密度値を示し、それは昨年WHOが提唱した¹⁾osteopenia（骨減少症）に相当していた。

それぞれの女子学生の骨密度は、体格や初経年齢、過去から現在にわたる運動や食生活と強く相関することが見出された²⁻⁷⁾。骨密度に影響を与える因子として、遺伝的素因（体格、内分泌等）、環境的素因（運動、栄養等）、加齢等があげられるが、若年時における環境因子としての運動や食生活を改善すれば、加齢とともに更年期や高齢期におこる骨密度減少に備えることができ、骨粗鬆症予防に効を奏するのではないかと考える。

また、これまで peak bone mass（最大骨量）に達する年齢は30～40歳代と報告されてきた⁸⁻¹⁰⁾が、われわれの cross-sectionally な研究における10歳代前半から20歳代後半までの若年女性の骨密度測定（前腕遠位部、腰椎、大腿骨近位部）では、骨密度は初経後、急上昇し2～3年ではピークに達し、以後プラトーとなっていたことが観察された¹¹⁻¹³⁾。したがって、骨粗鬆症予防のために、より高い peak bone mass を獲得しうる最も重要な時期は、10歳代前半、すなわち思春期であると考えられる。

今回、われわれは、若年期女性の骨密度の相関因子を研究することにより、高い peak bone mass を獲得するための好ましいライフスタイルについて、とくに運動（種目、期間、時期）に焦点を当てて検討したので報告する。

1. 方 法

18～24歳の健康な女子学生360名を対象とし、腰椎（L2-L4）、大腿骨近位部（neck, Ward's

triangle, trochanter）の骨密度の測定を二重エネルギー X 線吸収法（DXA 法 Lunar 社製 DPX）により行った。また、身体計測を行い、体脂肪率は上腕背部と肩甲骨下部の皮下脂肪厚を測定し、Brozek の式により求めた¹⁴⁾。運動能力として、握力、背筋力、垂直跳び、反復横跳び、上体反らし、立位体前屈、腕立て伏せ、閉眼片足立ちとエルゴメータによる最大酸素摂取量の測定を実施した。身体状況および過去から現在にわたる運動（種目、週3回以上の運動継続年数、運動を実施した年齢）をアンケートにより調査した。なお、今回、運動の骨密度に及ぼす影響を明らかにするため、体重と骨密度の相関式より、体重による骨密度の補正も試みた。

また、各年代別平均骨密度値を求めるため、12～74歳までのボランティアの健康な女性727名の骨密度測定も上記の方法で行った。

2. 結 果

対象者の骨密度値は、腰椎、大腿骨近位部ともに、18～24歳の年齢間に有意な差は見出されず、図1に示したようにほぼ peak bone mass に近い数値を示した。また、身長、体重、Body mass index（体重/身長²⁾）、体脂肪率はこの年代の日本

表1 Characteristics of Subjects

Subjects	Female Student	
Total number	360	
Age(year)	19.2±1.0	
Bone mineral density(g/cm ³)	L2-L4	1.162±0.126
	Neck	0.981±0.115
	Ward's	0.958±0.147
	Trochanter	0.831±0.119
Anthropometry	Height(cm)	157.7±5.1
	Weight(kg)	54.1±7.9
	Body mass index	21.8±2.9
	Lean body mass(kg)	41.6±4.4
	Fat mass(kg)	12.6±4.9
	% Fat	22.7±5.6

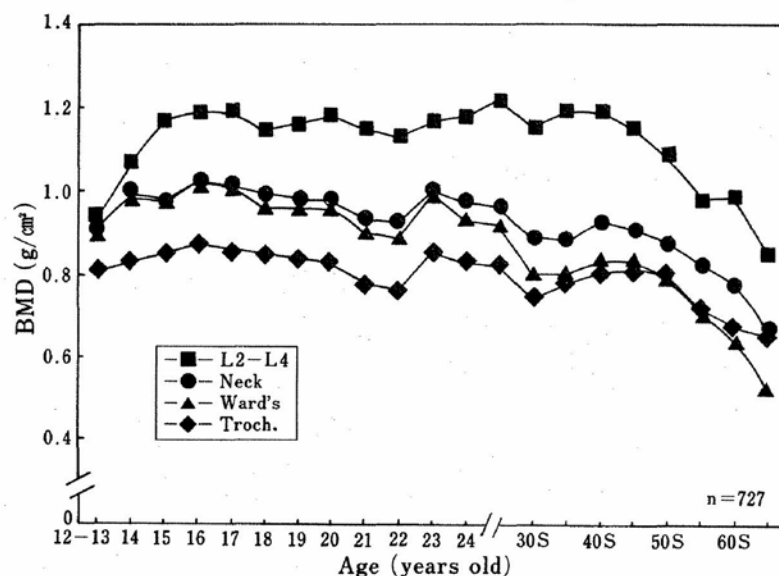


図1 Age and Bone Mineral Density

人の平均値と顕著な差はなかった(表1)。体力測定(握力、背筋力、垂直跳び、反腹横跳び、上体反らし、立位体前屈、腕立て伏せ、閉眼片足立ち、最大酸素摂取量)の平均値においても、とくに際だった特徴は認められなかった。

12～74歳までの健常女性727名の腰椎および大腿骨近位部の骨密度値を年代別に比較すると、

12～15歳において、急激な上昇が認められ、10歳代後半には、ほぼ peak bone mass に近い値を示した(図1)。これを初経後の年数で観察すると、腰椎の骨密度値は、初経前に比べて初経後1年で約20%、2年目で7%の高値が観察された。以後、腰椎においては、40歳代前半までの平均骨密度値と有意差は認められなかった。

表2 Correlation to bone mineral density

L2-L4		Neck		Ward's		Trochanter		P
Factor	r	Factor	r	Factor	r	Factor	r	
BW	0.419	BW	0.389	BW	0.325	BMI	0.402	P<0.001
LBM	0.384	LBM	0.363	BMI	0.318	BW	0.368	
BMI	0.371	BMI	0.350	LBM	0.301	LBM	0.325	
FM	0.269	FM	0.251	FM	0.217	FM	0.248	
Grip strength	0.240					%Fat	0.175	
Menarche	-0.227							P<0.01
% Fat	0.193							
Height	0.169							
Back strength	0.148	%Fat	0.164	Grip strength	0.148	Age	-0.156	
		Duration of exercise	0.163	%Fat	0.148	Grip strength	0.153	
		Grip strength	0.161	Duration of exercise	0.145	Duration of exercise	0.152	
		Height	0.141			Jump	0.146	
Duration of exercise	0.129			Menarche	-0.127	Menarche	-0.116	P<0.05

(n=360)

一方、大腿骨近位部の骨密度値は、10 歳代後半に peak に達した後、閉経までわずかずつではあるが低下する傾向が観察された (図 1)。

18～24 歳の女子学生の骨密度値と有意な相関の見出された因子は、腰椎、大腿骨近位部ともに体重、除脂肪体重、Body mass index、体脂肪量等の体格と強い相関、筋力、初経年齢、運動歴とも有意な相関が認められた (表 2)。体格の影響を除くため、体重との相関式により補正した骨密度値は各部位ともに運動継続年数と有意に相関し、

加えて L2-L4 では初経年齢 (負)、握力、背筋力、そして trochanter においては垂直跳び、年齢 (負) とに有意な相関が認められた。

女子学生 360 名のうち、69% の者が、小、中、高校の授業以外でのクラブ活動等において運動習慣があり、骨密度値は運動習慣のなかった者に比べて各部位ともに有意な高値 (3～4%) を示した (図 2)。

過去の運動継続年数により骨密度値を観察すると、L2-L4 では 6 年以上、neck では 3 年以上で

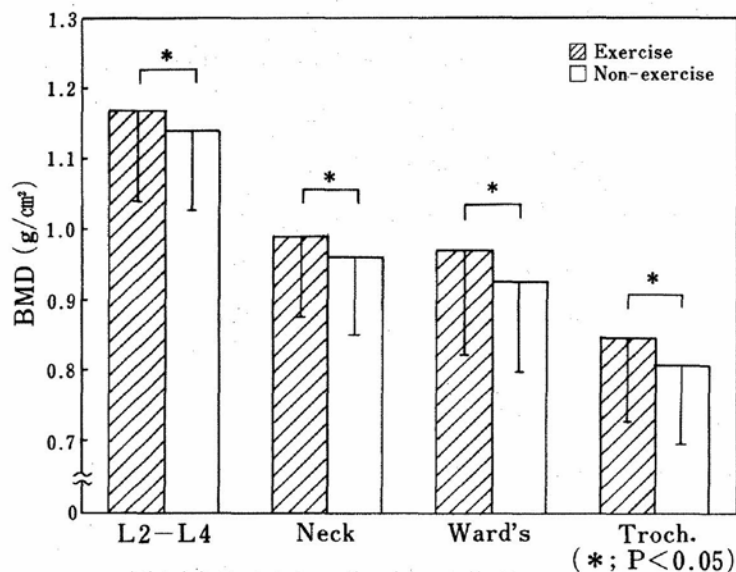


図 2 Bone Mineral Density and Exercise

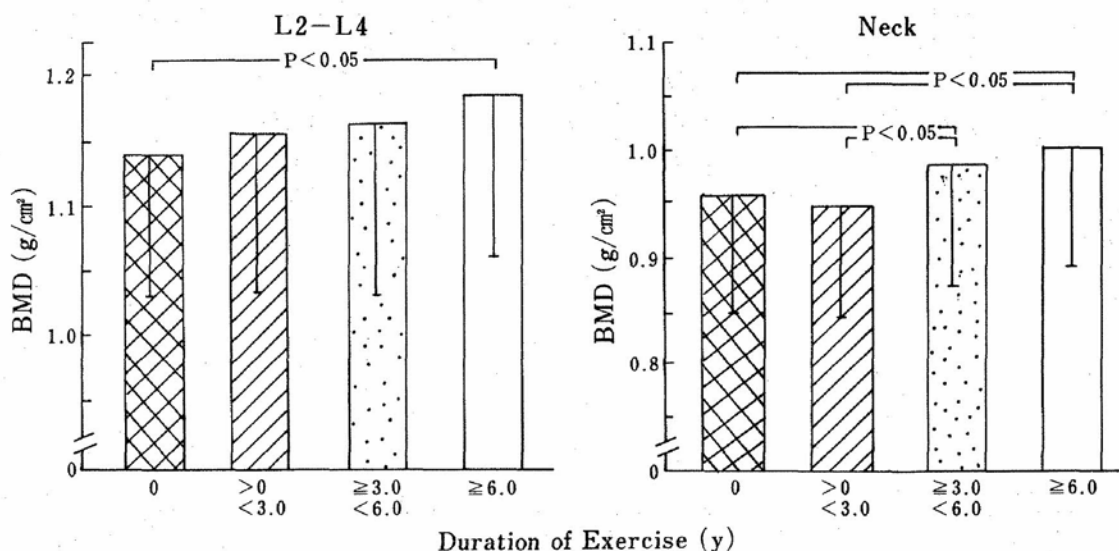


図 3 Duration of Exercise and Bone Mineral Density

有意な高値が観察され(図3), 体重補正後の骨密度値では, L2-L4においても3年以上で有意な高値を示した。

3年以上継続していた運動の種目より骨密度を観察すると, 運動習慣のなかった者に比べ, L2-L4ではバレーボールにおいて有意な高値を, その他ソフトボール, バドミントン, テニス, 陸上競技, neckでは, バレーボール, バドミントン, 陸上競技, バasketボールにおいて高い骨密度値が認められた(図4)。また, スポーツ種目間の体格の差を除くため, 体重により骨密度値を補正したところ, 図5に示すようにL2-L4の体重補正後の骨密度値は, バレーボールを行っていた者において有意に高く, neckではバレーボール, 陸上競技, バasketボールにおいて, 骨密度の有意な高値が観察された。その他の運動種目においても, 運動歴のなかった者に比べ, 有意ではなかったものの, 体重補正後骨密度値ではやや高値を示した。

つぎに, 運動を実施していた年齢と骨密度値について検討したところ, 腰椎, 大腿骨近位部ともに13, 14, 15歳時における運動量(時間/週)と骨密度が有意に相関していることが観察された。

さらに neck の骨密度値において, 13, 14, 15歳時の3年間のみ運動習慣を有する者(図6 a-B)は, 運動習慣のない者に比べ骨密度値は有意に高く(図6 b-B), それ以降も継続して運動を行っていた者(図6 a-C)との間には有意な差は見出されなかった(図6 b-C)。

一方, 13, 14, 15歳時に運動習慣のなかった者は, 16歳以降に3年以上の運動習慣があっても(図6 a-A) 運動習慣のない者に対し骨密度値に有意差は認められなかった(図6 b-A)。他の部位の骨密度においても同様の傾向が認められた。

3. 考 察

骨密度に影響を及ぼす運動について, 寝たきり

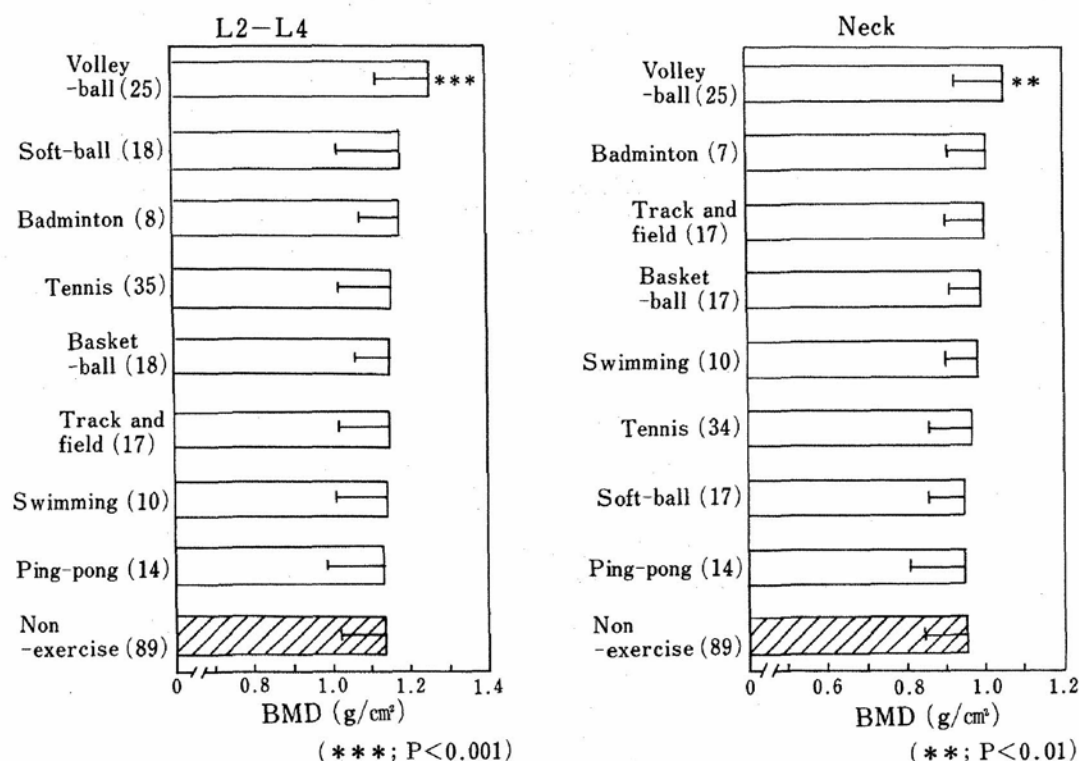


図4 Bone Mineral Density and Sports

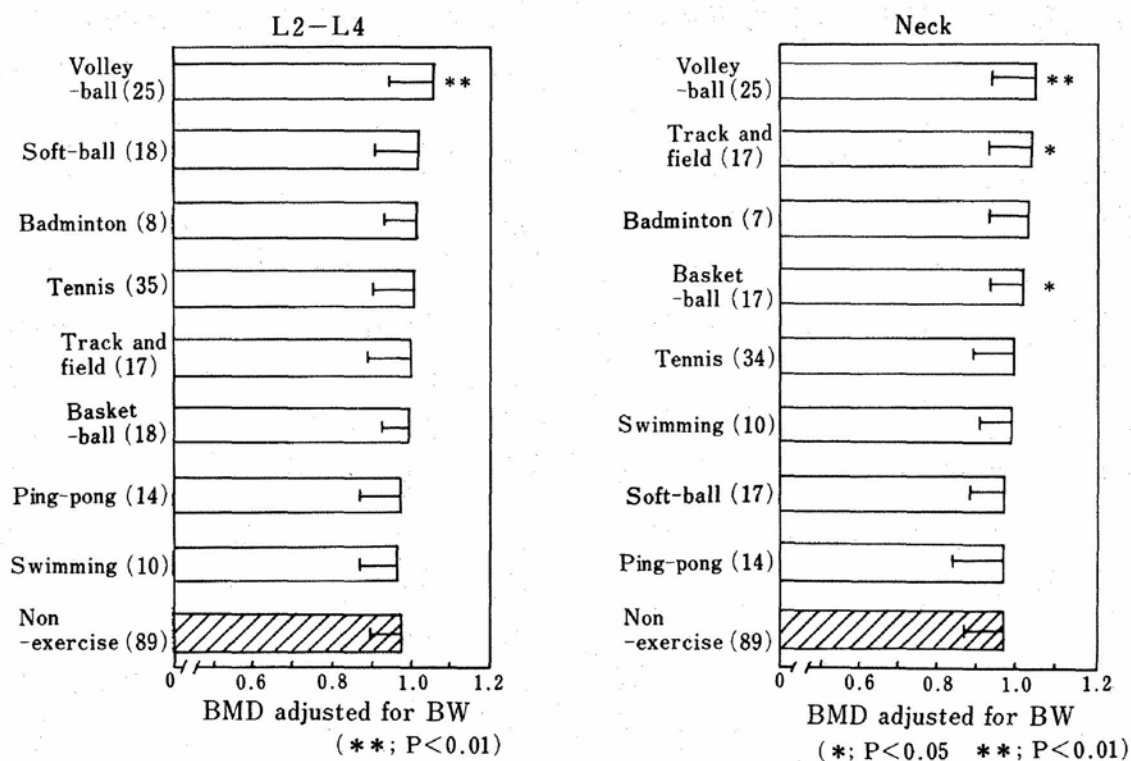


図5 BMD Adjusted for Body Weight

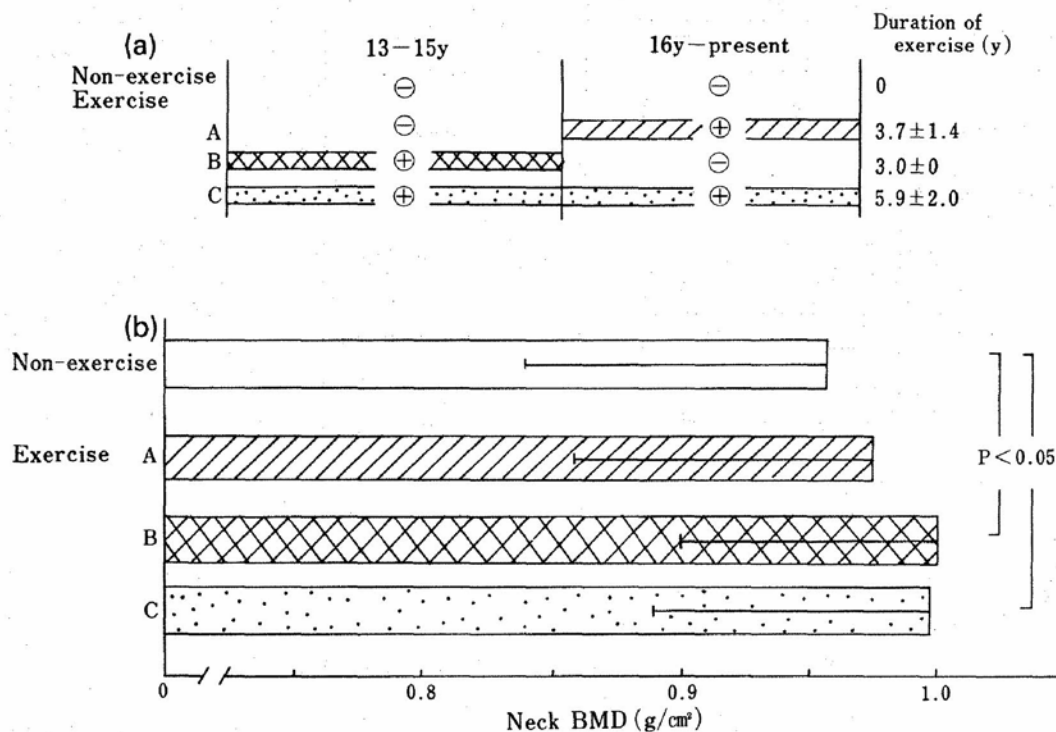


図6 Exercise in Adolescence and Bone Mineral Density

や宇宙旅行による無重力状態等の研究が多々報告されてきた^{15,16)}。われわれはこれまで、女子学生の前腕遠位部の骨密度値が、運動継続年数と食事からのCa摂取量の相加的な影響を受けることを報告し²⁻⁵⁾、更年期や高齢期におこる骨粗鬆症を予防するためには、若年期において peak bone mass をできるだけ高めておくことが最も重要であると提言してきた。

今回、若年者の運動に焦点をあて、骨粗鬆症予防のための骨密度をタイミングよく上昇させる運動種目、期間および時期について検討を試みた。腰椎および大腿骨近位部の骨密度のピーク、すなわち peak bone mass はすでに 10 歳代後半で獲得されており、ほぼ 40 歳代前半まで保持され、閉経の頃から急激に低下すると考えられる (図 1)。

この peak bone mass に至る過程を詳細に観察すると、女性の場合、初経発来を期として急激な骨密度上昇が観察され、以後 3 年間上昇が続いた後、ほぼ peak bone mass に達すると考えられる¹¹⁻¹³⁾。すなわち骨密度の急上昇期は思春期の頃、10 歳代前半であると示唆された。この重要な思春期に、いかに効率よく骨密度を上昇させることができたかで一生の骨づくりが決定されると思われる。今回の対象者においても、18～24 歳の若年女性の骨密度が初経年齢の強い影響を受けており、初経年齢が早い人ほど、高い骨密度値が観察された (表 2)。

また、骨密度の急上昇期に相当する中学生時の 3 年間に、運動習慣を有した者の骨密度は有意な高値を示し、さらに、中学生期に運動時間が長かった者ほど、骨密度に高値が認められた。これらのことから、思春期における運動による骨づくりの重要性が再認識させられる。ただし、これらの結果は cross-sectionally な検討によるため、同一人物を follow する longitudinal な研究結果を待たねばならない。

われわれの別の調査結果^{6,12,13,17)}から、最近の子

供達は思春期頃から、やせ願望が強くあらわれだし中学生において 21%、高校生において 30% の女子生徒がダイエットを開始していた。しかも、ダイエットの方法は食事の制限が中心であり、運動負荷による方法は少なかった。すなわち、運動不足であるうえ、さらに栄養不足を人為的におこしており、骨密度上昇期に最も悪い状況を作り出していると言える。

これらのことは、われわれが報告してきたダイエットをより早い時期 (小学生や中学生) で始める者ほど、また、繰り返し行う者ほど骨密度は低値を示しており、無謀なダイエットにより無月経があらわれた (6%) ことから裏付けられる^{6,13,17)}。

今回の結果より、思春期における運動はいずれの運動種目においても継続することにより骨密度上昇の効果があると思われる (図 2, 図 3)。骨密度は、体格の影響を強く受けていたが、バレーボール、バスケットボール、陸上競技においては、体格で補正した骨密度も高値を示したことから、これらの種目が骨密度により効果のある運動であることが示唆された。

以上のことから、思春期における運動による骨づくりの重要性が確認され、このためには、バランスのとれた栄養の摂取、および適切な運動の継続が、より高い骨密度を獲得するための重要なポイントとなるであろう。

4. 総 括

わが国は恐るべき速度で超高齢化社会に向かっているが、骨の加齢現象ともいえる骨粗鬆症に対するこれまでの対策は薬物による治療が大半であった。‘備えあれば憂いなし’ということわざは、すでに認識されているものの、これまでの予防医学に対する研究は容易に支持されなかった。

予防医学には、適切な運動習慣とバランスのとれた質の良い栄養は不可欠である。子供のときに

形成された、これらの生活習慣すなわちライフスタイルが、個人の一生の健康を決定するといっても過言ではない。最近、子供達が多く の点において消費社会や大人社会の犠牲になってしまっている。そのため、運動や食に関する基本的な生活習慣を正す教育こそが今、重要となり、身体づくり、人間づくりの基本を見つめ直さなければいけない時期にきているように思われる。

謝 辞

健康づくりに重要な鍵となる運動について、研究助成を続けてこられた財団法人 石本記念デサントスポーツ科学振興財団に敬意と謝辞を述べたく思います。

文 献

- 1) WHO Technical Report Series, 843, 4-8 (1994)
- 2) 広田孝子, 真砂江美, 松下正子, 山田喜八; 骨粗鬆症予防のための運動と栄養, デサントスポーツ科学, 11 (11), 145-152 (1990)
- 3) Hirota, T., Nara, M., Ohguri, M., Manago, E., Hirota, K.; Effect of diet and lifestyle on bone mass in Asian young women, *Am. J. Clin. Nutr.*, 55, 1168-1173 (1992)
- 4) 広田孝子, 真砂江美, 奈良正子, 大栗美保, 安藤弘行, 広田憲二; 若年時からの骨粗鬆症の積極的予防法, 体力研究, 77, 113-121 (1991)
- 5) 広田孝子, 広田憲二; 小児・成長期の栄養・運動と骨粗鬆症, 臨床栄養, 81 (7), 768-774 (1992)
- 6) 広田孝子, 広田憲二; 食事・ダイエットと微量元素, 治療, 75 (3), 989-998 (1993)
- 7) 広田孝子, 城谷万希子, 中林朋子, 藤木雅美, 木藤由紀子, 佐々木公子, 広田憲二; 若年者のライフスタイルと骨密度, *Osteoporosis Jpn.*, (2) (2), 311-313 (1994)

- 8) Trotter, M., Hixon, B.; Sequential changes in weight, density, and percentage ash weight of human skeletons from an early fetal period through old age, *Anat. Rec.*, 179, 1-18 (1974)
- 9) Mazess, R. B.; On aging bone loss, *Clin. Orthop.*, 165, 239-252 (1982)
- 10) Pollizser, W. S., Anderson, J. J. B.; Ethnic and genetic difference in bone mass : a review with a hereditary vs environmental perspective, *Am. J. Clin. Nutr.*, 50, 1244-1259 (1989)
- 11) 広田孝子, 広田憲二; 思春期女性の最大骨重へ影響を及ぼす因子, 食生活と栄養, *The Bone*, 8 (2), 95-103 (1994)
- 12) 広田孝子, 城谷万希子, 木藤由紀子, 藤木雅美, 中林朋子, 甲村弘子, 広田憲二; 思春期・青年期(女子)における腰椎ならびに大腿骨近位部の骨密度値に影響を及ぼす因子について, *Osteoporosis Jpn.*, 2 (1), 51-52 (1994)
- 13) 広田孝子, 城谷万希子, 木藤由紀子, 藤木雅美, 中林朋子, 甲村弘子, 広田憲二; 思春期・青年期女子における腰椎ならびに大腿骨近位部の骨密度に影響を及ぼす因子について, 生活環境が子どもの健康におよぼす影響に関する研究, 平成5年度厚生省心身障害研究報告書, 96-102 (1994)
- 14) Brozek, J., F. Grande, J. T. Anderson, A. Keys; Densitometric analysis of body composition : Revision of some quantitative assumptions, *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 110, 113-140 (1963)
- 15) Mach, P. B., Lachance, P. A., Vose, G. P., Vogt, F. B.; Bone demineralization of foot and hand of Gemini-Titan IV, V and VII astronauts during orbital flight, *Amer. J. Roent.*, 100, 503-511 (1967)
- 16) Nilsson, B. F., Westlin, N. F.; Bone density in athletes, *Clin. Orthop.*, 77, 179-182 (1971)
- 17) 広田孝子; ダイエットと骨塩量, 生活環境が子どもの健康におよぼす影響に関する研究, 平成4年度厚生省心身障害研究報告書, 79-84 (1993)