

# 女性の体力Ⅲ

## — 骨強度の変化と分析 —

Female Physical Endurance (Ⅲ):  
An Analysis of Change in Bone Mineral Density

(1993年4月7日受理)

谷本 満江  
Michie Tanimoto

荒木 タミ子  
Tamiko Araki

Key words: 体力, 骨密度, 骨カルシウム量

### はじめに

1991年に健康維持増進の条件である, 運動・栄養・ストレスについて筆者が調査した。その結果, 10代, 20代に比べ50代, 60代以上では日常生活でのバランスある食生活・まめに体を動かす努力の割合が高かった。長寿は健康な心身が保障されてこそ幸福につながるが, 有病率が高いとなれば個人的にも, 社会的にも問題は大きい。その中で数年前より更年期の前後に骨粗鬆症が目立って多いと報じられている。

骨は筋肉によってとりかこまれており, 筋肉の多くは骨から起って, 骨に付着している。つまり, 筋肉の収縮によって骨には力が加わり, 骨の応力分布が変化する。骨は成長とともに骨量を増し, 20~30才ごろ最も大きくなる。だが, 圧縮には強いが引っ張りには弱く, 曲げに対しては圧縮よりやや弱く, 剪断に対しては圧縮の強さの15~30%に過ぎないとされている。

骨への影響については, 生活習慣・運動量・食生活・ホルモン等が考えられる。

今回は, 骨密度 (BMD) を中心に体格, 運動量, 食生活において, 青年期の最大骨塩量に影響を与える要因について検討した。

### 実験方法

#### 1. 研究対象

被験者は, 本学1990年度入学生9名の健常な女子学生である。

#### 2. 測定期間

1990年4月~1992年2月

#### 3. 測定項目

X線骨密度の測定は, 米国ルナー社製X線骨密度測定装置モデル: DPXを使用した。測定部位は全身 (ボディ・コンポジション), 測定モード②, 測定時間は20分間であった。

同時に, 形態測定 (身長・体重・脂肪量・除脂肪量) を実施した。

歩数の測定は、万歩計を用いて起床時から就寝時までの歩数と行動内容を毎日記録し、計7日間測定した。

体力テストについては、文部省の測定項目要項により実施した。1000m走については1周125mのトラックを8周した。

食事嗜好についてはYes, No方式で調査した。

## 実験結果

### 1. 骨量（骨密度・骨塩量・骨カルシウム量）と形態の変化

第1表は骨量、つまり骨密度（BMD）・骨塩量（BMC）・骨カルシウム量（TBCa）、第2表は形態、身長（H）・体重（W）・脂肪量（%Fat）・除脂肪量（Leam）の2年間の測定結果である。運動と密接な関係を有する骨密度が増加の傾向にあるのはKS, AKの2名であった。

表1 骨量（骨密度・骨塩量・骨カルシウム量）の変化

被験者	TEST	骨密度	骨塩量	骨カルシウム量
		BMD (g/cm <sup>2</sup> )	BMC (g)	TBCa (g)
TS	1	1.096	2177	827
	2	1.090	2170	825
KS	1	1.114	2435	925
	2	1.133	2365	899
KT	1	1.194	2439	927
	2	1.179	2434	925
YO	1	1.053	1903	723
	2	1.038	1857	706
AK	1	1.178	2638	1006
	2	1.181	2668	1014
AS	1	1.058	2066	785
	2	1.049	2042	776
NI	1	1.033	1929	733
	2	1.022	1909	725
AO	1	1.135	2492	947
	2	1.130	2454	933
CS	1	1.223	2874	1092
	2	1.214	2795	1062

表2 形態（身長・体重・%Fat・除脂肪量）の変化

被験者	TEST	身長	体重	脂肪量	除脂肪量
		(cm)	(g)	%Fat (%)	Leam (g)
TS	1	156	52087	33.6	33123
	2		51503	32.9	33079
KS	1	160	62905	36.4	38443
	2		56734	29.9	38121
KT	1	158	54432	32.2	35277
	2		53247	31.4	34860
YO	1	150	43602	20.3	33255
	2		45092	22.0	33727
AK	1	161	60936	31.9	39675
	2		58080	32.5	37400
AS	1	157	48286	22.7	35730
	2		47468	22.8	35077
NI	1	149	51255	34.3	32425
	2		50083	32.1	32709
AO	1	163	62067	33.8	39460
	2		60321	32.3	39161
CS	1	165	62433	33.6	39537
	2		63096	32.3	40838

### 2. 体力の平均値と標準偏差

第3表はスポーツテスト項目のMとSDである。スポーツテストの結果については、垂直とび以外の項目は全国平均同年令より低い傾向にあった。

第4表は日常の運動量を知るために7日間の歩数を測定し、それぞれのMとSDを示した表である。歩数については、他に比し土曜、日曜の両日は比較的活動量が少ない傾向にあった。

女性の体力Ⅲ

表3 スポーツテスト項目のMとSD

項目 被験者	反復横とび (点)	垂直とび (cm)	背筋力 (kg)	握力 (kg)	上体そらし (cm)	立位体前屈 (cm)	踏み台昇降 (判定指数)	50m 走 (秒)	走り幅とび (cm)	ハンドボール投 (m)	斜懸垂 (回)	1000m走 (秒)
TS	40	45	90	34	54	9	52.3	9.1	277	13	50	360
KS	31	46	66	27	56	14	62.2	9.3	265	11	51	391
KT	36	41	80	30	51	13	61.6	10.2	318	14	30	369
YO	37	55	78	29	56	18	64.7	8.1	330	15	40	276
AK	36	44	60	25	51	12	65.2	9.9	235	15	40	307
AS	40	49	79	22	65	14	65.2	8.4	314	23	31	321
NI	33	43	63	27	51	15	58.4	9.0	290	16	50	354
AO	32	44	63	29	58	20	66.2	9.6	280	12	50	354
CS	37	38	85	36	54	9	63.8	9.0	238	15	30	298
M	35.8	45.0	73.8	28.8	55.1	13.8	62.2	9.2	283.0	14.9	41.3	336.7
SD	3.2	4.9	10.9	4.3	45	3.7	4.7	0.7	33.8	3.4	9.3	37.8

表4 万歩計による日常活動量のMとSD

測定日 被験者	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	M	SD
TS	1840	5360	5350	1770	2160	2590	5720	3541.4	1833.5
KS	2600	4100	7800	4000	2000	2500	3830	3833.3	2121.0
KT	3300	3510	1770	2050	3570	3530	4780	3215.7	1017.7
YO	1670	7180	10750	12100	1220	2800	6520	6034.3	4344.8
AK	1330	6280	7000	8700	2200	1800	8200	5072.9	3190.6
AS	4380	11660	11850	8700	5600	4940	9620	8107.1	3148.5
NI	6000	7800	8200	9300	6050	8600	7000	7564.3	1265.1
AO	8130	12100	7650	2430	4200	6040	7400	6850.0	3091.9
CS	4400	8850	9960	6540	3400	5600	10500	7035.7	2778.4
合計	33650	66840	70330	55590	30400	38400	63570	5693.8	3076.8

表5 骨密度 (BMD) g/cm<sup>2</sup> 各部位の変化

被験者	TEST	HEAD	ARMS	LEGS	TRUNK	RIBS	PELVIS	SPINE	TOTAL BODY	Young <sup>2</sup> Adult
TS	1	2.060	0.849	1.085	0.892	0.732	0.969	1.121	1.096	101
	2	2.098	0.831	1.089	0.896	0.720	1.059	1.088	1.090	
	2-1	+0.038	-0.018	-0.004	+0.004	-0.012	+0.090	-0.033	-0.006	
KS	1	2.184	0.761	1.117	0.959	0.714	1.175	1.169	1.114	105
	2	2.217	0.765	1.195	0.947	0.710	1.133	1.154	1.133	
	2-1	+0.033	+0.004	+0.078	-0.012	-0.004	-0.042	-0.015	+0.019	
KT	1	2.276	0.904	1.192	0.959	0.752	1.121	1.161	1.194	109
	2	2.393	0.832	1.197	0.952	0.759	1.130	1.097	1.179	
	2-1	+0.117	-0.072	+0.005	-0.007	+0.007	+0.009	-0.064	-0.015	
YO	1	1.904	0.819	1.132	0.822	0.652	0.938	0.995	1.053	96
	2	1.865	0.776	1.097	0.852	0.677	1.013	0.991	1.038	
	2-1	-0.039	-0.043	-0.035	+0.030	+0.025	+0.075	-0.004	-1.015	
AK	1	2.486	0.804	1.154	0.928	0.728	1.047	1.201	1.178	109
	2	2.542	0.781	1.151	0.952	0.721	1.087	1.379	1.181	
	2-1	+0.056	-0.023	-0.003	+0.024	-0.007	+0.040	+0.178	+0.003	
AS	1	2.065	0.803	1.069	0.852	0.633	1.036	1.025	1.058	97
	2	2.081	0.743	1.052	0.845	0.614	1.072	1.013	1.049	
	2-1	+0.016	-0.055	-0.017	-0.007	-0.019	+0.036	-0.012	-0.009	
NI	1	2.008	0.803	1.020	0.827	0.653	0.950	1.058	1.033	94
	2	1.978	0.737	1.047	0.837	0.646	0.996	1.104	1.022	
	2-1	-0.030	-0.093	+0.027	+0.010	-0.007	+0.046	+0.046	-0.011	
AO	1	2.170	0.818	1.169	0.921	0.696	1.120	1.079	1.135	104
	2	2.150	0.769	1.216	0.886	0.669	1.072	1.068	1.130	
	2-1	-0.02	-0.049	+0.047	-0.035	-0.027	-0.048	-0.011	-0.005	
CS	1	2.548	0.968	1.227	0.951	0.765	1.093	1.184	1.223	112
	2	2.550	0.895	1.205	0.967	0.767	1.104	1.257	1.214	
	2-1	+0.002	-0.073	-0.022	+0.016	+0.002	+0.011	+0.073	-0.009	

### 3. 骨密度について

#### 1) 骨密度 (BMD) $g/cm^2$ の各部位の変化

第5表は頭(HEAD), 腕(ARMS), 脚(LEGS), 体幹(TRUNK), 肋骨(RIBS), 骨盤(PELVIS), 脊髄(SPINE)の各部位別の測定結果である。2年目に増加が+, 減少が-で示している。骨盤の密度はプラスの傾向, 腕, 肋骨, TOTAL BODYについてはマイナスの傾向であった。Young<sup>2</sup> Adultで100以下はYO, AS, NIの3名であった。

#### 2) 骨塩量の分布

DPA法によるtotal body scanにおける各bone lesionのカット法を示しているのが図1で, DPAを用いて計測した骨塩量の分布図である。

図2, はYoung<sup>2</sup> Adult 112, 図3はYoung<sup>2</sup> Adult 94をそれぞれ示している。%Young<sup>2</sup> Adultとは日本人の20~40才までの平均値と比較した値で, 100を基準に判断する。図2・3のBMDの数値より推移を見たグラフである。40才からの変化の速度の違いがはっきり理解できる。

図1 TOTAL BODY SCAN

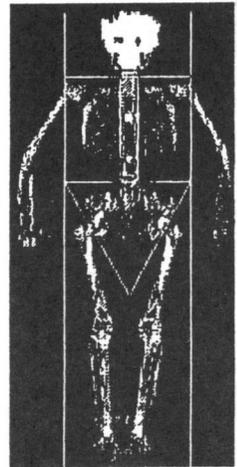
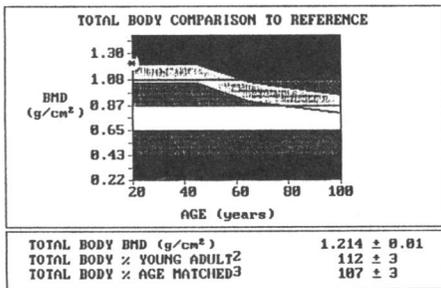
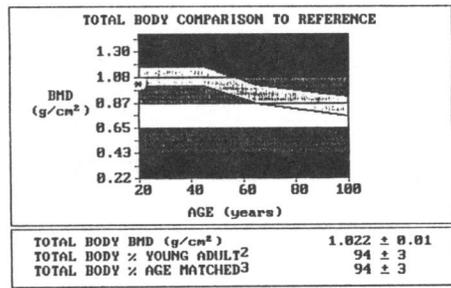


図2 TOTAL BODY COMPARISON TO REFERENCE



Age (years).....	20	Large Standard.....	278.88
Sex.....	Female	Medium Standard.....	208.24
Weight (kg).....	64.0	Small Standard.....	148.05
Height (cm).....	164	Low keV Air (cps)...	782744
Ethnic.....	Asian	High keV Air (cps)...	452412
System.....	6301	Corrected R value...	1.344

図3 TOTAL BODY COMPARISON TO REFERENCE



Age (years).....	20	Large Standard.....	278.88
Sex.....	Female	Medium Standard.....	208.24
Weight (kg).....	52.0	Small Standard.....	148.05
Height (cm).....	149	Low keV Air (cps)...	782744
Ethnic.....	Asian	High keV Air (cps)...	452412
System.....	6301	Corrected R value...	1.347

### 4. BMDと体格・体力との関係

骨密度と体重, 除脂肪体重の相関を図4~図5に示した。BMDと形態の測定項目間において, 体重の相関係数0.710 ( $P < 0.02$ ), LBMの相関係数0.707 ( $P < 0.02$ ) が得られ, いずれも有意な相関があった。体脂肪率との間には有意性は得られなかった。このように, 骨密度は形態の影響を受けていた。

図4 BMDと体重の相関図

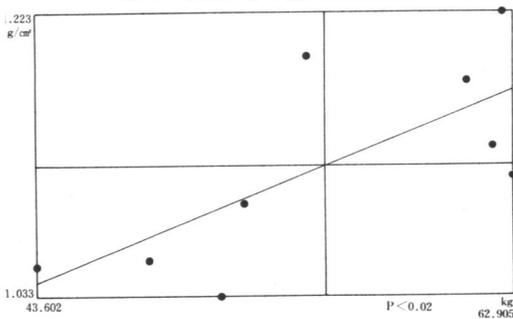


図5 BMDとLBMの相関図

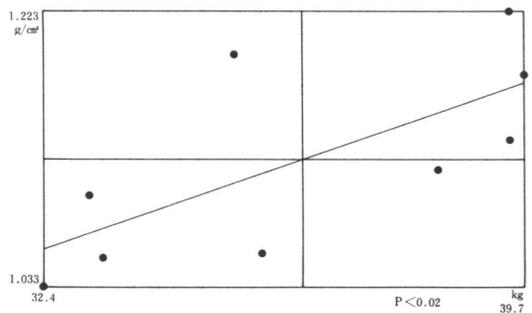


図6 BMDと50m走の相関図

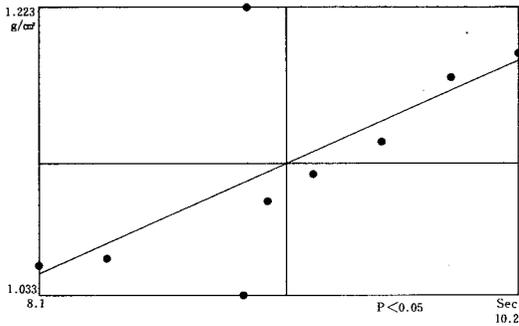


図7 BMDと走り幅とびの相関図

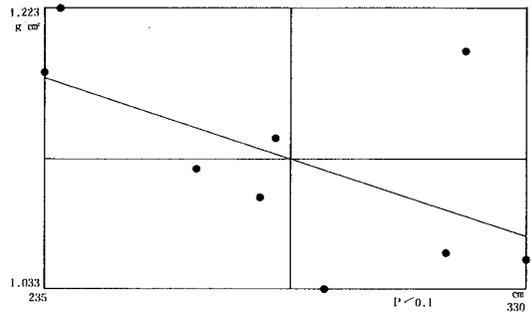
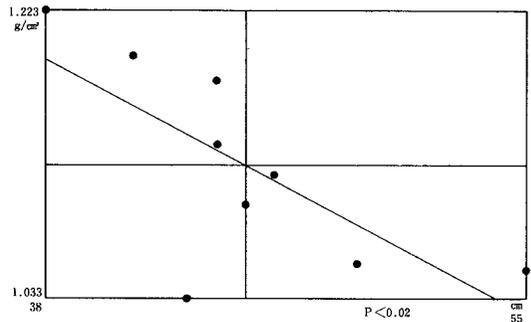


図8 BMDと垂直とびの相関図



BMDと体力の相関を図6～図8に示した。50m走では相関係数0.673 ( $P < 0.05$ )，走り幅とびでは相関係数 $-0.566$  ( $P < 0.1$ )，垂直とびでは相関係数 $-0.705$  ( $P < 0.02$ )が得られ有意性が認められたが，他は有意な相関は認められなかった。特に走力，跳力等の基礎運動能力型の体力に強く影響を受けていた。

5. BMDと食生活について

表6は食生活のチェックを示したものである。

中でも特に骨格に影響するカルシウム摂取食品についてみると，濃色野菜，海草類は50%以上摂取しているが，乳製品については他の項目に比して摂取割合が低かった。

表6 食生活のチェック

項 目	TS		KS		KT		YO		AK		AS		NI		AO		CS		全体%	
	はい	いいえ	はい	いいえ																
牛乳・乳製品を，1日合計2本(個)はとっている		○		○		○		○		○		○		○		○		○	22	78
魚やえび，貝類を週3回以上食べている		○	○			○		○		○		○		○		○		○	67	33
納豆・豆腐など豆製品を，週3回以上食べている	○			○		○	○		○		○		○	○				○	33	67
色の濃い野菜を，毎日どれかは食べている	○		○			○		○		○		○		○		○		○	67	33
生野菜のサラダを，毎日食べている	○		○			○		○		○		○	○		○			○	44	56
じゃがいも・里芋など芋類を，週3回以上食べている	○			○		○		○		○		○		○		○		○	33	67
のり・わかめなど海草を，週3回以上食べている	○			○		○		○		○		○		○		○		○	56	44

考 察

我々の生活は，交通機関の発達や家庭生活の電化などに伴って，からだを使うことが著しく減少している。人間のからだの機能は，適度に使われてはじめてその働きを保持・増進させることができるのである。

現代社会は、加齢に伴う骨変化と関係の深い骨粗鬆症を増加させているといえる。

9名の被験者について、骨自体の強さの骨密度、骨の量の骨塩量、そして骨カルシウム量についての2年間による実態の変化を見た。骨密度が増加しているのは9名中KS、AKの2名で、骨密度、骨塩量、骨カルシウム量すべて増加しているのはAK1名のみであった。KSについては、体重減少が顕著にみられ、身長・体重と関係のある骨塩量・骨カルシウム量が減ったと思われる。Forbesによれば成人の身体組成は加齢によって変化し、これは性および年齢が除脂肪体重、体脂肪量、骨量に顕著に影響され、さらに体脂肪量については、男性若年者で18%が老年者で28%に、骨カルシウム量は1100gが900gになり、女性若年者では体脂肪量28%が老年者で48%になり、骨カルシウム量は900gが650gに変化すると報告された。本学被験者は19才から20才へのわずか2年間であるにもかかわらず、すでに骨カルシウム量は平均して11g減少している。YOは体重が増加したにもかかわらず骨塩量、骨カルシウム量の減少が顕著に見られた。

体力の平均値について、スポーツテストの結果は短期大学文系の学生と比較したが、垂直とび以外の項目すべて低い傾向にあった。日常活動量の測定として万歩計を用いた。運動については、目やすとして「1日8000～10000歩の歩行に相当する運動が望ましい」とされているが、平均して約1/2強の歩行数であった。土曜日、日曜日は他の曜日に比し、比較的活動量が少ない傾向にあった。

各部位 (HEAD・ARMS・LEGS・TRUNK・RIBS・PELVIS・SPINE・TOTAL BODY) の骨密度については、HEADは加齢にともないカルシウムが頭に集中してくる。そしてARMSについては女性は男性に比し少し弱めであり、RIBS以外の値は1以上が良いとされているが、本学被験者も2年間でHEADのBMDがプラス傾向であった。TOTAL BODYでKSがプラスになっており、特にLEGSで+0.078であった。運動面から見るとKSは、通学は自転車使用で坂道であった。また、2年目にはジョギングを週2回、約10分間行っていた。逆にYOは、TOTAL BODYが-1.015、LEGSが-0.035と大幅に減少している。これは運動面から見ると2年目から通学方法が自転車から自家用車に変わったことが大きな原因と思われる。Young<sup>2</sup> Adultで100以下はYO、AS、NIの3名で要注意と言われる者の中にもYOは属している。

被験者9名中、Young<sup>2</sup> Adult 112の者と94のBMDの数値より推移の比較によると40才からの変化の速度の違いがはっきり理解できる。Young<sup>2</sup> Adult 112より94の方がBMD(g/cm<sup>3</sup>) が20才近く早く下りラインに入っている。その推測通りにならぬ様努力が必要と思われる。

BMDと体格との関係については、体重・LBMにおいて有意な相関が認められた。BMDと体力との関係については、スポーツテスト項目中、50m走・走り幅とび・垂直とびの3項目について有意な相関が認められた。骨は体内で色々な影響を受けているが、特に軽量すぎない体重により骨への刺激が顕著であると考えられる。また体力要素の中で、特に走力・跳力などは基礎運動能力型の項目であり、瞬発的・パワー的要素との関りが深いと思われる。

骨はヒトの生涯で変化していくものであり、骨量 (bone mass) は、成長期に増加してほしい30才代にピークに達し、それ以後の50才以降急激に減少するとされている。長期間にわたり、骨吸収が骨形成よりも上回ると骨量の減少をきたすが、骨量の減少は加齢によって進行し、骨粗鬆症を引き起こすと考えられる。骨粗鬆症とは、一口で言えば骨のカルシウムが抜け、骨の質量が少なくなり“鬆”の入った骨の内部が空洞になる状態で、老年期に達すると骨折危険域値以下になり、背骨がつぶれて背丈が縮んだり、腰が曲ったり、また何でも無い時に骨折したり、寝たきり老人になる可能性も大きいと言われている。骨粗鬆症は、男性よりも女性が圧倒的に多く男性の80才すぎに40%、女性は60才代ですでに40%

と報告されており、女性は閉経期を過ぎるとカルシウムが毎日10～15mgずつ体外に出てしまうことが大きな原因とされている。

また10代、20代においても現在はまだ骨粗鬆症でなくても、将来的に非常に危険な要注意グループでもある。したがって骨粗鬆症にならないために、10～20才代ではいかに最大骨量（peak bone mass）を高めるべく努力するか、そして、40才位までにしっかりとカルシウムを摂取して骨に十分な量のカルシウムを貯えておくことが必要であり、40才からは年間の骨量減少率をいかに減らすかであろう。

最大骨量は5つの要因、遺伝や人種・生活習慣・運動量・食事習慣・ホルモンによって影響されるといわれている。男性ホルモンは筋肉・骨の発育を促進し、女性ホルモンは骨端部の早期閉鎖を起させる作用があり、身長伸びを抑制したり、子宮内膜に胎児の着床とその後の栄養の準備のために必要な変化を起させたりする。そしてこれらの要因の中で、骨強度に影響を与える後天的要因として、運動・栄養・生活習慣があげられる。運動面においての変化は、ジョギング・ゴルフ・自転車通学に変更とプラス方向はKS・TS・AK・NI・CS・YOである。マイナス方向への変化は自家用車に変更したのがYO・KT・AOである。ASは変化なく週2回バドミントンを続けている。脚を使うこと、歩く・自転車をやめ自家用車に乗るということは、わずか1年間であっても骨量にはかなり悪影響があるようである。少くらしい運動量を増やしても追いつかないようである。やはり、Dalenの報告にもあるように短期間の運動では骨塩量の増加は認められず、一定期間以上運動を続けることが必要である。

食生活のチェック項目より、骨に影響が大であるカルシウムが多く含まれている食品を見ると、濃色野菜、海藻類は50%以上摂取しているが、カルシウム吸収率のよい牛乳・乳製品の摂取は22%と低かった。“飽食の時代”といわれる現代だが、日本人の食生活に一番不足しているのがカルシウムである。国民栄養調査によると、主な栄養素は所要量を充足あるいは上回っている。しかしカルシウム摂取量のみが88%（531mg）と不足状態にある。カルシウムは、骨や歯をつくるだけでなく、筋肉の収縮、神経の伝達、血液凝固など、生命活動にも重要な役割を果している。カルシウムの働きを助ける栄養素はたん白質とビタミンC・Dである。バランスのよい食事をし、屋外でしっかり運動することは、紫外線により体内にビタミンDをつくり、カルシウムが骨に沈着し骨が丈夫になるのである。

ランダムに選んだ9名の被験者の中、Young<sup>2</sup> Adlut 100以下の者が3名であった。すでに要注意であるにもかかわらず、カルシウムの摂取も少なく、運動量も少なく、通学も自転車から自家用車へと日常の活動量が低下傾向になる。そのことは骨が萎縮して細くなり、同時にカルシウムなどの無機質や骨を構成しているたん白質が失われるため、骨の密度が低下し骨折しやすくなるのであろう。今後、骨粗鬆症を防ぐべく、また要注意グループに属していない者も高カルシウム摂取・身体運動・日光浴の3つは積極的に行うべきであろう。

10～20才代でpeak bone massを高めるには、成長期にスポーツを奨励し、比較的激しい運動体験が必要と思われる。しかし、加齢にともない骨量減少率を減らす運動としては適度の運動により骨粗鬆症を予防することが重要であろう。これまで運動習慣と骨密度との関係を調べた研究は数多く成されており、BaileyとMcCullochのレビューの報告によると運動習慣を有する者はそうでないものに比べ、骨量が多かったことを示しており、また運動習慣のなかった者が運動を実施することによって、骨量を増やす効果を認めている。したがって、これまであまり運動習慣のない被験者に、今実験を行ったことにより、少しでも運動の必要性を理解し、正しい日常生活・食習慣をし、今から骨粗鬆症にならないよう努力する意識を持せることができたことは成果の1つであると言えよう。

