

## 食事摂取量及び活動強度が骨密度に及ぼす影響

河野 節子・伊藤 雅子\*・越前 昌代\*

### Influence of Food Intake and Activity Factor on Bone Density

Setsuko KAWANO, Masako ITO and Masayo ECHIZEN

#### Abstract

Extremely restricted food intake due to desire for a slender body shape causes irregular menstruation in many women and the insufficient gain of bone may be caused by insufficient intake of nutrients. In this research, we investigated the amount of every diet and daily physical activity for seven days in nine students during all four seasons of the year. We also discussed how intakes of energy and nutrients, energy expenditure and physical activity can influence their bone density (stiffness). In conclusion, BMI, caloric intake, energy expenditure, amount of exercise and number of steps showed significantly high levels in students with higher bone density group, compared with students with lower bone density group. However, there was no difference in the activity factor. There were significant correlations between bone density and energy, protein and Ca intake, and a high correlation between bone density and carbohydrate in general. In the higher bone density group, intakes of protein ( $p<0.05$ ), energy and Ca showed a high positive correlation with bone density. In conclusion, sufficient intake of energy is most important to secure a certain bone density, although intakes of sufficient Ca and protein are also crucial. Thus, the extreme desire for a slender body shape poses a serious problem for acquiring bone mass.

#### 緒 言

厚生労働省は健康日本21を掲げ、地域社会と共に生活習慣病の予防に取り組んでいる。とりわけ日本は世界一の長寿国であり、高齢化社会の進行が深刻であるため、寝たきり老人の増加を防止することにより健康で活力のある社会を実現することを目指している。しかし、延命はされても骨折や骨の変形により大幅に活動を制約されたり、痛みにより苦痛を強いられている高齢者が急増している。このような高齢者の生活に重大な影響を及ぼす要因の一つに骨粗鬆症がある。骨粗鬆症は中年以降の女性や高年の男性に多くみられ、その要因は多様であるが、閉経後の骨粗鬆症の発症予防にはエストロゲンの補充療法が有効であることが、近年明らかにされつつある<sup>1-2)</sup>。

最近では若者でも栄養や運動不足、副腎ステロイド剤などの影響で十分な骨量獲得ができていないのではないかと指摘されている<sup>3)</sup>。これは、若者の生活が不規則であることや、食事に対する知識が乏しいこと、あるいは痩身志向のための極度の食事制限によって月経不順が引き起こされるほどの栄養素の欠乏を生じ、十分な骨量獲得ができないためではないかと考え

\* 名古屋女子大学短期大学部 平成13年度卒業生

られている<sup>4)</sup>。

そこで今回は、栄養士を目指す被検者を対象にできる限り綿密で正確に食事摂取量と生活行動を調査し、食事摂取量と生活活動が骨密度にどのような影響を及ぼすかを検討した。これらの研究が、超高齢化社会に増加することが予測される骨粗鬆症に対する予防策の一助になることが期待される。

## 方 法

### 1. 調査対象

対象者は心身ともに健康な女子大学生9人(20.39±3.30歳)とした。

### 2. 食物、生活行動調査、体脂肪量

冬(2000年12月6日～12月12日)、春(2001年3月5日～3月11日)、夏(6月4日～6月10日)、秋(9月10日～9月16日)の各7日間の食事摂取量を秤量記録し、五訂6次対応エクセル栄養君(建帛社)を用いて、エネルギー、タン白質、カルシウム、ビタミンD、ビタミンE、ビタミンK、食物繊維の摂取量を計算した。対象者のAf値(生活活動強度指数)は調査期間中の生活行動を分単位で24時間記録し、次式にあてはめて算出した<sup>5)</sup>。

生活活動強度指数=Af・T/1440分

ただし、Af:動作強度(Activity factor:基礎代謝の倍数)

T:各種生活動作の時間(分)

また、同時に各個人の身体活動に伴うエネルギー消費量は腰部に加速度計のKenzライフコーダー(株式会社スズケン)を装着して測定した。ライフコーダーでのエネルギー消費量とは基礎代謝量、微小運動量、運動量を加算したものであり、運動量とは歩行、運動による消費量をカロリー消費量であらわしたものである。体重、BMI、体脂肪量の測定は毎月1回、生体インピーダンス式タニタ社製体組成計BC118で実施し、BMIは体重(kg)/身長(m)<sup>2</sup>により算出した。

### 3. 骨密度測定

骨密度(Stiffness)は、GE Medical Systems LUNAR社、A-1000 PLUS 超音波踵骨測定装置Achillesを用い、右足踵骨骨密度(Stiffness Index)を測定した。踵骨は皮質骨質に対する海綿骨質の比率が高く(約95%)、得られた測定結果に周囲の軟部組織による影響が少なく高い診断感度を得ることができる。Stiffness Indexとは、放射された超音波が骨の中を通過する際速度である超音波伝導速度(speed sound (SOS) (m/s))および超音波が骨の中で減衰する率である超音波減衰係数(broadband ultrasound attenuation (BUA) (dB/MHz))の両方から算出され、骨塩量に相当する超音波骨密度検査の指標である。この値は世界の研究者によりその信頼性が報告されている<sup>6)</sup>。

### 4. 統計処理

データはStudent's t-testを用い、群間の有意差 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ の検定を行った。

## 結 果

### 1. 骨密度群別にみたBMI, 体脂肪率, Af値, Stiffness, エネルギー摂取量, エネルギー消費量, 運動量及び歩数

表1にBMI, Stiffness, エネルギー摂取量, エネルギー消費量, Af値(動作強度), 運動量及び歩数を示す. それぞれの値は各季節毎に測定した値を総計し, 平均値として求めた. 表1のStiffnessの結果から平均値85以上を高骨密度群( $97.3 \pm 6.7$ ), 平均値85未満を低骨密度群( $77.3 \pm 4.6$ )とし, 以下の検討を行った.

BMIは高骨密度群では $20.3 \pm 1.0$ で, 低骨密度群では $19.3 \pm 2.2$ で高骨密度群が有意に高かったが, 両群とも $18.5 \sim < 25$ で正常範囲であった. 体脂肪率は高骨密度群では $26.2 \pm 5.3\%$ , 低骨密度群では $25.3 \pm 3.1\%$ で, 両群とも20歳の正常範囲よりやや高めであった. エネルギー摂取量は高骨密度群が $1,751 \pm 241\text{kcal}$ , 低骨密度群が $1,436 \pm 221\text{kcal}$ と高骨密度群の摂取量が有意に高かった. 一方, エネルギー消費量は記述式による測定結果(高骨密度群 $1,610 \pm 232$ , 低骨密度群 $1,444 \pm 141$ )とライフコーダーによる測定結果(高骨密度群 $1,781 \pm 203$ , 低骨密度群 $1,587 \pm 127$ )の平均として高骨密度群では $1,695 \pm 211\text{kcal}$ , 低骨密度群では $1,516 \pm 129\text{kcal}$ であった. 高骨密度群はエネルギー摂取量がエネルギー消費量の103%となりわずかに正の出納であったが, 低骨密度群はエネルギー摂取量がエネルギー消費量の95%とわずかに負の出納であった. Af値は高骨密度群 $1.3 \pm 0.1$ , 低骨密度群 $1.3 \pm 0.1$ となり全く差は認められなかった. また運動量は高骨密度群の $201.4 \pm 77.3\text{kcal}$ に比し低骨密度群は $138.4 \pm 40.8\text{kcal}$ , 歩数は高骨密度群の $8,192 \pm 2,400$ 歩に比し低骨密度群は $6,696 \pm 1,852$ 歩であり, いずれも高骨密度群が有意に高値であった.

### 2. 骨に影響する栄養素(Ca, タン白質, VD, VE, VK, 食物繊維摂取量)

表2に骨量に影響する各種の栄養素量を示す. もっとも骨量に関与するといわれるカルシウム摂取量は高骨密度群では $584.2 \pm 194.5\text{mg}$ , 低骨密度群では $436.7 \pm 117.1\text{mg}$ であり, タン白質摂取量は高骨密度群では $66.8 \pm 18.0\text{g}$ , 低骨密度群では $52.5 \pm 8.1\text{g}$ であった. また, 脂肪は高骨密度群では $516.8 \pm 85.5\text{kcal}$ , 低骨密度群では $412.1 \pm 105.8\text{kcal}$ であり, 炭水化物は高骨密度群では $933.7 \pm 146.2\text{kcal}$ , 低骨密度群では $795.3 \pm 110.4\text{kcal}$ であった. 一方, ビタミンD摂取量は高骨密度群は $7.5 \pm 4.7\mu\text{g}$ , 低骨密度群では $6.7 \pm 3.5\mu\text{g}$ , ビタミンE摂取量は高骨密度群では $8.0 \pm 2.6\text{mg}$ , 低骨密度群では $6.6 \pm 1.7\text{mg}$ , ビタミンKは高骨密度群では $227.4 \pm 154.1\mu\text{g}$ , 低骨密度群では $170.6 \pm 98.8\mu\text{g}$ となり, いずれも低骨密度群に比し高骨密度群のほうが多いかまたは多い傾向がみられた. 特に, 有機質の主成分であるタン白質, 無機質の主要成分であるカルシウムが高骨密度群で有意に高く, ビタミンではビタミンEに有意差を認めた.

### 3. Stiffnessと低及び高骨密度群別エネルギー摂取量, エネルギー消費量, 各栄養素摂取量との相関関係

図1～図4に高及び低骨密度群別のStiffnessとエネルギー摂取量及びエネルギー消費量, 各栄養素(カルシウム, 食物繊維, タン白質, 炭水化物, 脂肪, ビタミンD, ビタミンE, ビタミンK)摂取量との間の相関関係を示す. 各プロットは被験者の季節ごとに測定した値であり, 高骨密度群の総数(N)は16, 低骨密度群は20である. 従って危険度(p)の5%における相関係数のrの値は( $14, 0.05$ ) = 0.4973, ( $18, 0.05$ ) = 0.4438, ( $34, 0.05$ ) = 0.3291である. また,

危険度 (p) が1%の場合のr値は (14, 0.01) = 0.6226であり, (18, 0.01) = 0.5614であり, (34, 0.01) = 0.4238である.

図1のStiffnessとエネルギー摂取量との間には全被験者については1%の危険率で相関を示し, 高骨密度群では $r=0.450$ で高い相関傾向を示すが, 低骨密度群では全く相関を示さなかった. Stiffnessとエネルギー消費量との間にはいずれの群も相関関係を示さなかった.

図2のStiffnessとカルシウム摂取量との間の相関関係では全被験者については5%の危険率で相関を示した. また高骨密度群では $r=0.490$ で高い相関傾向を示したが, 低骨密度群では全く相関を示さなかった. Stiffnessと食物繊維摂取量との間には相関関係を認めなかった.

図3のStiffnessとタン白質摂取量との間では全被験者については1%の危険率で相関を示し, また高骨密度群でも $r=0.511$ で5%の危険率で相関を示すものの, 低骨密度群では全く相関を示さなかった. Stiffnessと炭水化物摂取量との間では $r=0.321$ で高い相関傾向を示すものの, 脂肪摂取量とは相関を示さなかった.

図4には骨量と関係するといわれるビタミン群との相関を示す. StiffnessとビタミンD, ビタミンE, ビタミンKとの間の相関関係では全被験者についてはいずれも有意な相関を示さなかった. しかし, 高骨密度群ではビタミンDは $r=0.394$ であり, ビタミンEは $r=0.335$ で高骨密度の者ほど摂取量が多い傾向が認められた.

表1 骨密度群別にみたBMI, 体脂肪率, エネルギー摂取量, エネルギー消費量, Af値, 運動量, 歩数

	stiffness値	BMI	体脂肪率 (%)	エネルギー摂取量 (kcal)	エネルギー消費量 (kcal)	Af値	運動量 (kcal)	歩数 (歩)
高骨密度群	97.3±6.7	20.3±1.0	26.2±5.3	1,751±241	1,695±211	1.3±0.1	201.4±77.3	8,192±2,400
低骨密度群	77.3±4.6	19.3±2.2	25.3±3.1	1,436±221	1,516±129	1.3±0.1	138.4±40.8	6,696±1,852
p	**	*	ns	**	**	ns	**	*

mean±SD  
高骨密度群: stiffness 85以上  
低骨密度群: stiffness 85未満  
student's t-test  
n=16  
n=20  
\*\* p<0.01  
\* p<0.05  
Af: Activity factor

表2 骨密度群別にみたカルシウム, タン白質, 脂肪, 炭水化物, ビタミンE, ビタミンD, ビタミンK及び食物繊維摂取量

	カルシウム (mg)	タン白質 (g)	脂肪 (kcal)	炭水化物 (kcal)	ビタミンD (μg)	ビタミンE (mg)	ビタミンK (μg)	食物繊維 (g)
高骨密度群	582.4±194.5	66.8±18.0	516.8±85.5	933.7±146.2	7.5±4.7	8.0±2.6	227.4±154.1	11.9±3.6
低骨密度群	436.7±117.1	52.5±8.1	412.1±105.8	795.3±110.4	6.7±3.5	6.6±1.7	170.6±98.8	10.4±2.9
p	**	**	**	**	ns	*	ns	ns

mean±SD  
高骨密度群: stiffness 85以上  
低骨密度群: stiffness 85未満  
student's t-test  
n=16  
n=20  
\*\* p<0.01  
\* p<0.05  
Af: Activity factor

## 考 察

Nordin等はカルシウム及びタン白質の摂取不足が骨粗鬆症を引き起こし、また大腿骨骨折率を高めることを報告している<sup>7-8)</sup>。一方、欧米人に比べ、日本女性に大腿骨頸部骨折率が低いのは生活様式の相違と共に大豆・大豆製品の摂取によるフィトエストロゲンと総称されるイソフラボンの摂取量が多いことであると示唆しているが<sup>9)</sup>、近年では骨量は遺伝的素因が大きな要因であるとの報告もある<sup>10)</sup>。本研究においては、綿密に食事摂取量とエネルギー消費量を記述して骨密度とエネルギー摂取量及び各種栄養素摂取量、生活活動との関係を検討した。

高骨密度群の体重は $51.4 \pm 6.3$ kgであるのに対し、低骨密度群の体重が $45.5 \pm 6.2$ kgと有意に低く、エネルギー摂取量は高骨密度群の82.0%である。また、エネルギー消費量、運動量、歩数とも高骨密度群で高いものの、今回の調査ではAf値に両群で全く差は認められなかった。これは、高骨密度群は体重が重いことにより1日当たりの基礎代謝量が高く{18~29歳の基礎代謝基準値 $23.6 \times \text{体重 (kg)}$ で計算}、その結果Af値(動作強度)が1年を通じ、高骨密度群 $1.3 \pm 0.1$ 、低骨密度群の $1.3 \pm 0.1$ と全く差がなかったにもかかわらず、高骨密度群のエネルギー消費量は低骨密度群より高くなったものと考えられる。体重は両群共正常範囲でありながら、体脂肪率は両群ともやや高めであることから、今後はエネルギー消費量を増加させて、エネルギー摂取量を十分にとる必要性が強く示唆された。しかし、我々の現在の日常生活だけでは、生活活動強度「III(適度)」(18~29歳女子で2050kcal)に相当するエネルギー量を摂取し、その摂取量を消費するにはかなり意識的に体を動かす必要がある。「健康日本21」の身体活動・運動の具体的な目標(成人の場合)では意識的に体を動かす等の運動をしている人の割合を2010年に男女とも63%とする。日常生活における歩数は男性9200歩以上、女性8300歩以上とする。また1回30分以上の運動を週2回以上実施し、1年以上持続している人の割合を男性39%、女性35%以上となるよう設定し推進している。実際には意識的に運動を実施するように指導した今回の調査結果に見られるように、2010年の目標値に到達するにはかなりの努力を要する。

BMIが低骨密度群で低く、高骨密度群で高いことは骨に荷重が重要であることを示している。一般に、運動や荷重により骨量は増加し、宇宙飛行や長期臥床時には骨量の減少が認められる<sup>11-12)</sup>。生活活動強度「II(やや低い)」の18~29歳女性のエネルギー所要量は1800kcalであるので、低骨密度群のエネルギー摂取量はその80%と大幅に下回っている。近年、若者のダイエット志向により、減量を目的とした欠食や低エネルギー食品のみの摂取など最大骨量獲得の不足に対して懸念がもたれているが、今回の結果でも低骨密度群で低体重者が多く、エネルギー摂取量が低いことが明らかとなった。最近、孫等は骨粗鬆症の予防研究に必要な確実な誘発法として、従来より用いられている卵巣摘出法よりより確実である食餌制限法を報告している<sup>13)</sup>。また鎌田等も鶏に食餌制限をすると骨の破断エネルギー等が減少したと報告している<sup>14)</sup>。今回の人による調査においても青年期の食事制限が骨量獲得を阻害し、将来の骨粗鬆症を誘発する可能性を示唆する結果となった。

高骨密度群では低骨密度群に比しカルシウムは133.8%、タン白質は127.4%、炭水化物117.4%、脂肪125.4%、ビタミンEは120.5%と有意に高い摂取量であった。タン白質は低骨密度群でも $1.16\text{g/kg}$ (成人所要量 $1.01\text{g/kg}$ )摂取しており基準値を上まわっているものの、カルシウムの摂取量は高骨密度群でも $584.2 \pm 194.5\text{mg}$ (所要量600mg)で、平成11年の国民栄養調査結果においての平均値575mgをわずかに上まわるに過ぎず、所要量を満たしていなかった<sup>15)</sup>。高骨密度群と低骨密度群では体重に有意の差があるので、当然エネルギー摂取量及び各種の栄養

素摂取量にも差があると考えられるが、体重kg当たりでも高骨密度群のエネルギー摂取量は  $34.3 \pm 4.8\text{kcal}$ 、低骨密度群のエネルギー摂取量は  $31.8 \pm 4.0\text{kcal}$  で高骨密度群が有意に多かった ( $p < 0.05$ )。カルシウム、タン白質、脂肪の体重kg当たりの摂取量も有意差は認めなかったものの、高骨密度群の摂取量の方が多い傾向であった。

図1、図2、図3、図4からStiffnessとエネルギー、カルシウム、タン白質摂取量との間には有意な相関が認められ、摂取量が多いものほどStiffnessが高い。図1のグラフから約185kcalのエネルギー摂取量を増大させると、Stiffnessは10上昇することが予想される。従って、18~29歳 (Af値 1.3) の食餌摂取基準値は1550kcalでありカルシウム所要量は600mgであるからCaの摂取

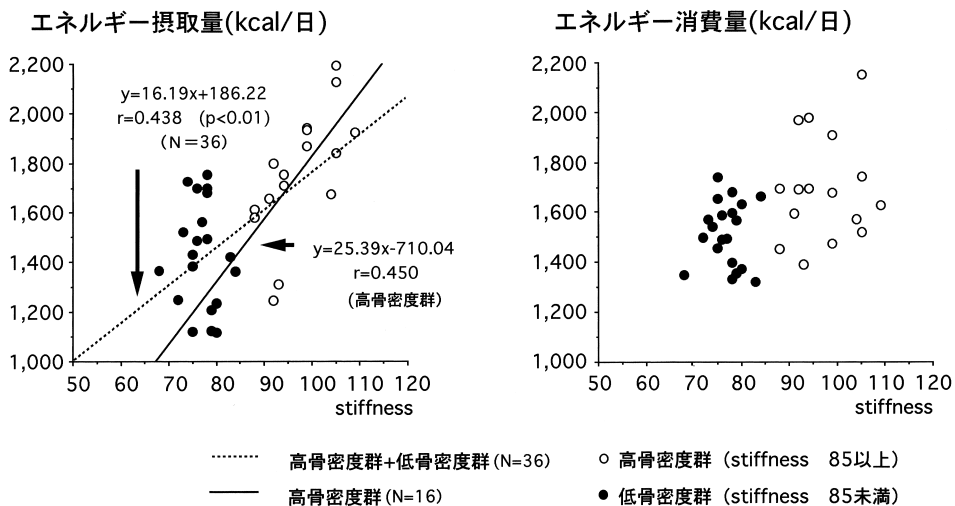


図1 Stiffnessとエネルギー摂取量，エネルギー消費量との間の相関関係

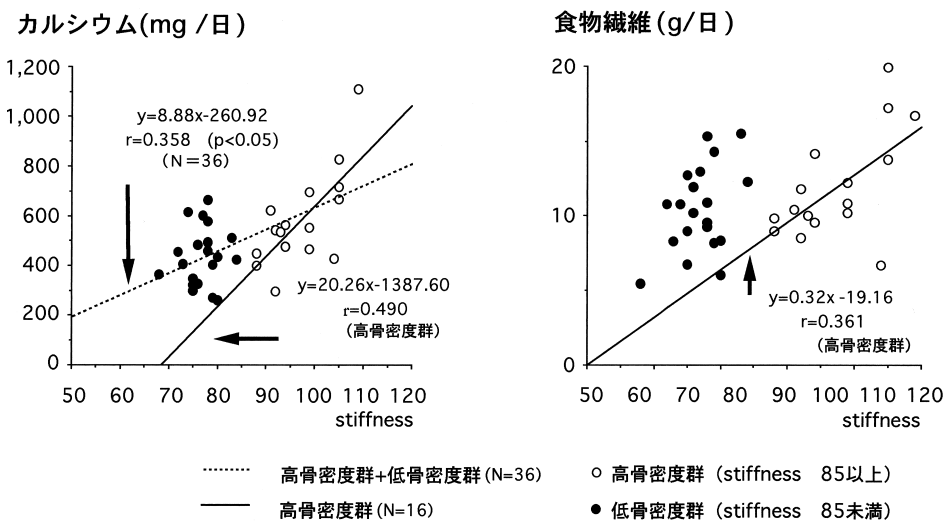


図2 Stiffnessとカルシウム，食物繊維摂取量との間の相関関係

タンパク摂取量(g/日)

炭水化物摂取量(kcal/日)

脂肪摂取量(kcal/日)

stiffness

stiffness

stiffness

..... 高骨密度群+低骨密度群(N=36)

—— 高骨密度群(N=16)

○ 高骨密度群 (stiffness 85以上)

● 低骨密度群 (stiffness 85未満)

Figure 2 consists of three scatter plots showing the relationship between stiffness (x-axis, 50 to 120) and bone mineral density (BMD) (y-axis) for three vitamins: Vitamin D, Vitamin E, and Vitamin K. Each plot compares two groups: the high bone density group (stiffness ≥ 85, represented by open circles) and the low bone density group (stiffness < 85, represented by filled circles). The high density group shows a positive correlation between stiffness and BMD, while the low density group shows a negative correlation. Regression lines are shown for the high density group.

- ビタミン D (μg/日):** The y-axis ranges from 0 to 20. The regression line for the high density group is  $y = 0.44x - 34.94$  with  $r = 0.394$ . An arrow points to the regression line.
- ビタミン E (mg/日):** The y-axis ranges from 0 to 14. The regression line for the high density group is  $y = 0.23x - 14.07$  with  $r = 0.335$ . An arrow points to the regression line.
- ビタミン K (μg/日):** The y-axis ranges from 0 to 600. No regression line is shown for this plot.

Legend:

- 高骨密度群 (N=16)
- 高骨密度群 (stiffness 85以上)
- 低骨密度群 (stiffness 85未満)

図4 StiffnessとビタミンD、E、K摂取量との間の相関関係

製品をかなり努力して摂取する傾向はあった。この傾向が長期に持続すれば、低骨密度群の者も骨量を増加させることが可能と推定でき、また最大骨量を増大させることは不可能でも骨量の損失を抑制できることが期待できる。

高骨密度群ではStiffnessとタン白質 ( $p < 0.05$ ) とは有意の相関を示し、またカルシウム、エネルギー摂取量、ビタミンDとも相関傾向を示した。しかし、低骨密度群では全く相関を示さなかった。高骨密度群ではエネルギー摂取量及び栄養素を十分に摂取している者ほどStiffnessが高いが、低骨密度群では摂取量の比較的多い人でもその摂取量が骨量獲得に充分量でないこと、及び他の要因が関与していることが推定された。特に、図には示していないが、エネルギー摂取量とカルシウム摂取量との相関係数は $r=0.53$  ( $p < 0.01$ ) と高く、食事の量的な相違は骨量を大きく変化させることが推定される。これは十分なエネルギー摂取量がないと骨代謝が亢進し、骨形成以上に骨吸収が促進されて骨量の減少を招くという報告<sup>16)</sup>からも裏づけられる。結論として一般的に痩身志向となっている現代では、エネルギー摂取量が少なくなると骨形成に悪影響をおよぼしていることが今回の研究でも明らかになった。

### 要 約

1. 高骨密度群は低骨密度群に比し、エネルギー摂取量、各栄養素摂取量が多く、BMIの値が大きく体重が重かった。
2. Af値は高骨密度群、低骨密度群間に差はなく、運動量、歩数によるStiffnessへの影響は認められなかった。
3. Stiffnessとエネルギー、タン白質、カルシウム、ビタミンE摂取量との間に有意な相関があった。また高骨密度群ではStiffnessとタン白質との間に有意な相関があり、エネルギー摂取量、カルシウムとも高い相関があったが、低骨密度群では全く相関を示さなかった。
4. エネルギー摂取量とカルシウム摂取量は相関性が高いので、食事量を増加させることがカルシウムの摂取量を増やし、骨密度の増加につながるものと推定される。

### 結 語

カルシウム、タン白質、ビタミン類を必要量摂取することが骨量獲得に重要であることは明らかであるが、それ以上にエネルギー摂取量が多い人ほどカルシウム摂取量が高値であることから、骨量の指標としてエネルギー摂取量が有効である。従って、極度の痩身志向は骨量獲得に重大な影響を及ぼすことが示唆された。

### 謝 辞

この調査研究に当たり、名古屋女子大学短期大学部平成13年度卒業生梶井晃子さん、西郷恵理さん、筒井香里さん、寺脇美由紀さん、錦満保さん、武藤尚香さん、武藤映子さんの協力を得たことを記して、感謝の意を表します。

### 文 献

- 1) Ettnger B, Genant HK, Cann CE.: Long-term estrogen therapy prevents bone loss and fracture., Ann. Intern Med., 102, 319-324 (1985)
- 2) Quigley ME, Martin PL, Burnier AM, Brooks P.: Estrogen therapy arrests bone loss in elderly women. Am. J. Obstet Gynecol., 156, 1516-1523 (1987)



- 3 ) Pearce G, Tabensky DA, Delmas PD, Baker HW, Seeman E.: Corticosteroid-induced bone loss in men. *J Clin Endocrinol Metab.*, **83**, 801-806 ( 1998 )
- 4 ) 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 )
- 5 ) 健康・栄養情報研究会：第6次改定 日本人の栄養所要量食事摂取基準，36-37，46，第一出版（1999）
- 6 ) 游逸明，山本逸雄，高田政彦，大中恭夫，森田陸司：超音波法を用いた骨量評価法について - 踵骨超音波測定装置 Achillesの使用経験 - ，*Therapeutic Research* **13**，3899-3907 ( 1992 )
- 7 ) Nordin B.E.C.: International patterns of osteoporosis, *Clin. Orhop & Related Research.* **45**, 17-30 ( 1966 )
- 8 ) Matkovic V., Kostial K., Simonovic L., Buzina R., Brodarec A., Nordin B.E.: Bone status and fracture rates in two regions of Yugoslavia. *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**, 540-549 ( 1979 )
- 9 ) Ishimi Y. Miyaura C., Ohmura M., Onoe Y., Sato T., Uchiyama Y., Ito M., Wang X., Suda. T., Ikegami, S.: Selective effects of genistein, a soybean isoflavone, on B-lymphopoiesis and Loss caused by estrogen deficiency. *Endocrinology*, **140**, 1893-1900 ( 1999 )
- 10 ) Pocock N.A., Eisman J.C., Hopper J.L., Yeates M.G., Sambrook P. N., Eberl S.: Genetic determinants of bone mass in adults. A twin study. *J. Clin. Invest.*, **80**, 706-710 ( 1987 )
- 11 ) Morey ER.: Spaceflight and bone turnover. Correlation with a new rat model of weightlessness. *Bioscience*, **29**, 168-172 ( 1979 )
- 12 ) 麻見直美，森川尚美，星野綾，江澤郁子：卵巣摘出骨粗鬆モデルラットの骨代謝に対する自由運動の効果，*栄養食糧学会誌*，**45**，423-428 ( 1992 )
- 13 ) 孙丽曼，大田豊，勝山直文，玉城一，屋宏典，知念功：食事制限したラットで誘発する骨粗鬆症に対するエストロゲンの効果，*栄養食糧学会誌*，**55**，149-155 ( 2002 )
- 14 ) Kamada Y., Oshiro N., Miyagi M., Oku J., Hongo F., Chinen I.: Osteopathy in broiler chicks fed toxic mimosine in *lucaena lucocephala*. *Biosci Biotechnol Biochem* **62**, 34-38 ( 1998 )
- 15 ) 健康・栄養情報研究会編：国民栄養の現状 平成11年度国民栄養調査結果，第一出版，東京，（2001）
- 16 ) 塚原典子，江澤郁子：栄養と運動 - 予防の視点から，*臨床栄養*，**99**，284-289 ( 2001 )