

## 瘦身志向が骨密度に及ぼす影響

河野 節子・大森恵理子\*・黒宮百合子\*・筒井 香里\*\*・錦 満保\*\*

### Influence on the Bone Mass by Desire of Slender Body

Setsuko KAWANO, Eriko OHMORI, Yuriko KUROMIYA, Kaori TSUTSUI and Maho NISHIKI

#### Abstract

We investigated either increase of every diet and high percentage of body fat may cause good influence to bone density or not, monitoring the amount of every diet and daily physical activity of students.

First, students were divided into two of low body fat group ( $22.5 \pm 2.4\%$ ) and higher body fat group ( $31.2 \pm 3.8\%$ ), based on a standard of body fat rate 25%. Body weight, BMI and amount of activity showed significantly higher points in higher body fat group compared with lower group. However, amount of energy intake and sufficiency of nutrient showed lower points in higher body fat group.

Next, each body fat group was divided further into two of higher bone density group and lower bone density group based on a standard of bone Stiffness 85. In the case of higher body fat group, we suggest that load of weight on the bone helps to increase bone density in spite of shortage of life activity and nutrient intake.

Consequently, it is strongly suggested that of enough amount of caloric and nutritious intake is important, and is also suggested that increase of caloric intake does not necessary cause the problem of lifestyle-related diseases by increase of body fat within the limited range.

#### 緒 言

戦中戦後の貧しい生活から脱却して50年、今では生活が洋風化し、食も豊かになって過剰栄養の傾向がある。しかも、生活の利便さが運動不足を生じてエネルギー消費量の低下をもたらし、肥満に起因する生活習慣病を著しく増加させている。高齢化社会の進行が深刻な日本は、生活習慣病を防止して寝たきり老人の増加に歯止めをかけることにより、健康で活力のある社会を実現することを目指している。しかし現実には、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、苦痛を強いられている高齢者が急増している。特に、閉経後の女性に重大な影響を及ぼす要因の一つに骨粗鬆症があり、これは卵巣機能低下によるエストロゲンの分泌低下によると考えられている。また1998年には、アンドロゲンからエストロゲンに変換する酵素アロマターゼ遺伝子に変異を持つ男性で骨形成不全が報告され<sup>1)</sup>、にわかに男性の

\* 名古屋女子大学短期大学部 平成14年度卒業生      \*\* 同平成13年度卒業生

骨粗鬆症においてもエストロゲンの重要性が指摘されるようになってきている。

最近,若い女性においても痩身志向から極度の食事制限をするために月経不順やエストロゲンの分泌不足が引き起こされている。脂肪組織の減少はアロマターゼを介するエストロゲンの産生不足を引き起こし,さらには,体重の減少による骨への負荷不足も加わり,骨量獲得が十分にできない可能性が懸念される。そこで今回は,この仮説を実証するために,女子大学生の食事摂取量と生活活動の実態を調査し,それらが骨密度と体脂肪量にどのように影響を及ぼすかを検討した。

## 方 法

調査対象は心身ともに健康な女子大学生 16名で,2000年～2002年の冬(12月),春(3月),夏(6月),秋(9月)の各7日間の生活時間を午前0時から24時までの24時間についてできる限り詳しく生活時間調査票に記録した。また,同時に各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)を用いて栄養素の摂取量を計算した。

対象者の生活活動強度指数(動作強度 Af:基礎代謝の倍数)は生活時間調査より,日常生活の動作強度別目安を用いて計算した<sup>2)</sup>。測定方法は前報に従った<sup>3)</sup>。即ち,記述式エネルギー消費量は生活時間調査票から1日の基礎代謝量×生活活動強度指数を用いて求めた。ライフコーダーによるエネルギー消費量及び運動量の測定は,生活時間調査期間中,加速度計測装置付き歩数計ライフコーダー(LC)スズケン社製を腰部に装着して実施した。但し,運動量には微小な運動即ち立位談話など非常に弱い強度の運動量は除外されている。体重,体脂肪量は生体インピーダンス式タニタ社製体組成計 BC118で測定し,骨量の測定は,GE Medical System LUNAR 社製 A-1000PLUSII 超音波踵骨測定装置で実施し Stiffness 値で示した。BMI (Body Mass Index)は体重(kg)/身長(m)<sup>2</sup>により算出した。統計処理には ANOVA 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. 体脂肪率群別にみた Stiffness 値,身長,体重,BMI,Af,運動量及び歩数

表1に体脂肪群別にみた体脂肪率,Stiffness 値,身長,体重,BMI,Af,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。被験者の体脂肪率は  $27.4 \pm 5.4\%$  で,Stiffness 値は  $90.4 \pm 12.2$  であった。20才の体脂肪率の正常範囲が17～24%であるので,25%を基準として低体脂肪群 ( $22.5 \pm 2.3$ ,  $n = 28$ ) と高体脂肪群 ( $31.2 \pm 3.8$ ,

表1 体脂肪群別に見た体脂肪率, Stiffness 値, 身長, 体重, BMI, 生活活動強度指数, 運動量, 歩数

	体脂肪率 (%)	Stiffness 値	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI 体重(kg)/身長(m) <sup>2</sup>	生活活動 強度指数	運動量 (kcal/日)	歩数 (歩/日)
低体脂肪群	$22.5 \pm 2.3$	$91.5 \pm 13.7$	$155.8 \pm 4.9$	$46.1 \pm 5.0$	$18.9 \pm 1.5$	$1.42 \pm 0.10$	$157.7 \pm 48.1$	$7,519 \pm 2,082$
高体脂肪群	$31.2 \pm 3.8$	$89.6 \pm 10.6$	$158.1 \pm 5.7$	$55.2 \pm 7.8$	$22.0 \pm 2.1$	$1.35 \pm 0.10$	$190.1 \pm 64.2$	$7,637 \pm 2,416$
p	**	ns	ns	**	**	*	*	ns

mean  $\pm$  SD      \*\* $p < 0.01$       \* $p < 0.05$

低体脂肪群: 体脂肪率 25%未満       $n = 28$

高体脂肪群: 体脂肪率 25%以上       $n = 36$        $n = 16$ 人以上の被験者×四季

n = 36) の2群に分けて以下の検討を行った。

BMI は低体脂肪群では  $18.9 \pm 1.5$ 、高体脂肪群では  $22.0 \pm 2.1$  と高体脂肪群が有意に高かったが、両群とも 18.5 以上 25 未満で正常範囲であった。Stiffness 値は低体脂肪群では  $91.5 \pm 13.7$ 、高体脂肪群では  $89.6 \pm 10.6$  と両群に差を認めなかった。1日運動量は、高体脂肪群の  $190.1 \pm 64.2 \text{ kcal}$  に比し低体脂肪群が  $157.8 \pm 48.1 \text{ kcal}$  と、高体脂肪群が有意に多かったが、歩数は低体脂肪群の  $7,519 \pm 2,082$  歩、高体脂肪群の  $7,637 \pm 2,416$  歩と、差を認めなかった。生活活動強度指数は、低体脂肪群  $1.41 \pm 0.10$ 、高体脂肪群  $1.35 \pm 0.10$  と、低体脂肪群のほうが有意に高値であった。

## 2. エネルギー摂取量と記述式及びライフコーダー装着により求められたエネルギー消費量

表 2 に体脂肪群別にみたエネルギー摂取量と記述式及びライフコーダーによるエネルギー消費量を示す。

1日のエネルギー摂取量は低体脂肪群では  $1,647 \pm 280 \text{ kcal}$ 、高体脂肪群では  $1,586 \pm 226 \text{ kcal}$  と低体脂肪群が多かったが、有意の差はなかった。一方、エネルギー消費量は、記述式による測定結果（低体脂肪群  $1,531 \pm 157$ 、高体脂肪群  $1,756 \pm 261$ ）とライフコーダーによる測定結果（低体脂肪群  $1,649.7 \pm 132$ 、高体脂肪群  $1,818 \pm 195$ ）の平均として、低体脂肪群が  $1,590 \pm 140 \text{ kcal}$ 、高体脂肪群が  $1,787 \pm 223 \text{ kcal}$  であり、高体脂肪群が有意に高かった。低体脂肪群においてはエネルギー摂取量がエネルギー消費量の 103% とわずかに正の出納であったが、高体脂肪群においてはエネルギー摂取量がエネルギー消費量の 89% と逆に負の出納であった。生活行動から算出した記述式によるエネルギー消費量と加速度計測装置付き歩数計ライフコーダー装着によるエネルギー消費量の関係は、低体脂肪群で 93%、高体脂肪群で 96% と後者が僅かに高値であった。

表 2 体脂肪群別にみたエネルギー摂取量と記述式及びライフコーダーによるエネルギー消費量

	エネルギー摂取量 (kcal/日)	エネルギー消費量 (記述式 とライフコーダーとの平均) (kcal/日)	エネルギー消費量 (記述式) (kcal/日)	エネルギー消費量 (ライフコーダー) (kcal/日)
低体脂肪群	$1,647 \pm 280$	$1,590 \pm 140$	$1,531 \pm 157$	$1,649 \pm 132$
高体脂肪群	$1,586 \pm 226$	$1,787 \pm 223$	$1,756 \pm 261$	$1,818 \pm 195$
p	ns	**	**	**

mean  $\pm$  SD      \*\*p<0.01      \*p<0.05

低体脂肪群：体脂肪率 25% 未満      n = 28

高体脂肪群：体脂肪率 25% 以上      n = 36      n = 16 人以上の被験者  $\times$  四季

## 3. 骨に影響する栄養素 (Ca, タン白質, 脂質, 炭水化物, VD, VE, VK, 食物繊維, 食塩摂取量)

表 3 に、体脂肪群別にみた Ca, タン白質, 脂質, 炭水化物, VD, VE, VK, 食物繊維, 食塩摂取量を示す。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、低体脂肪群で  $553.3 \pm 165.8 \text{ mg}$ 、高体脂肪群で  $472.3 \pm 116.3 \text{ mg}$  であり、タン白質摂取量は低体脂肪群で  $64.4 \pm 15.9 \text{ g}$ 、高体脂肪群で  $59.0 \pm 8.7 \text{ g}$  であった。また、脂質は低体脂肪群で  $53.5 \pm 12.4 \text{ g}$ 、高体脂肪群で  $50.1 \pm 9.7 \text{ g}$  であり、炭水化物は低体脂肪群で  $221.8 \pm 35.7 \text{ g}$ 、高体脂肪群で  $218.7 \pm 34.0 \text{ g}$  であった。ビタミンについては、ビタミン D 摂取量は低体脂肪群で  $7.1 \pm 4.1 \mu \text{ g}$ 、高体脂肪群で  $6.2 \pm 2.9 \mu \text{ g}$ 、ビタミン E 摂取量は低体脂肪群で  $7.5 \pm 2.5 \text{ mg}$ 、高体脂肪群で  $6.9 \pm 1.4 \text{ mg}$ 、

表3 体脂肪群別にみたCa, タン白質, 脂質, 炭水化物, VD, VE, VK, 食塩, 食物繊維摂取量

[illegible]

mean  $\pm$  SD      \*\*p<0.01      \*p<0.05

低体脂肪群：体脂肪率 25%未滿 n = 28

高体脂肪群：体脂肪率25%以上 n = 36 n = 16人以上の被験者×四季

ビタミン K は低体脂肪群で  $233.7 \pm 127.2 \mu\text{g}$ 、高体脂肪群で  $183.9 \pm 98.7 \mu\text{g}$  となり、いずれも高体脂肪群に比し低体脂肪群のほうが多い摂取量であったが、有意な差は認めなかった。一方、食物繊維摂取量は低体脂肪群で  $12.9 \pm 3.6\text{g}$ 、高体脂肪群で  $10.7 \pm 2.7\text{g}$  と、低体脂肪群のほうが有意に多い摂取量であった。骨の無機物の主成分であるカルシウム摂取量は低体脂肪群で有意に高く、有機物の主成分であるタンパク質や、その他の栄養素摂取量も低体脂肪群で多かった。食塩摂取量は僅かではあるが高体脂肪群で多かった。

4. 高骨量群における体脂肪群別に見た生活活動強度指数、エネルギー充足率及び骨に影響する栄養素（タン白質、脂質、炭水化物、Ca、VD、食物繊維充足率）

被検者 (n = 64) の内で, Stiffness 値 85以上を高骨量群 (n = 41), 85未満は低骨量群とし, 各群を低体脂肪群, 高体脂肪群に分割したが, 低骨量群は例数が少ないので今回の検討からは除外した。

表 4には高骨量群における体脂肪群別にみた生活活動強度指数及びエネルギー、タン白質、脂質、炭水化物、Ca、VD、食物繊維充足率を示す。

同じ高骨量群内での生活活動強度指数は、低体脂肪群  $1.42 \pm 0.09$ 、高体脂肪群  $1.35 \pm 0.10$  と低体脂肪群のほうが有意に高値であった。また、エネルギー充足率は両群に差を認めないものの、骨に関与する各種の栄養素充足率は低体脂肪群が高体脂肪群より有意に高かった。タンパク質、脂質、ビタミン D は両群共に必要量を充足していた。カルシウムは低体脂肪群では充足していたが、高体脂肪群では 81% の充足率であった。炭水化物、食物繊維は両群ともに必要量を満たしておらず、特に高体脂肪群の食物繊維については 59% の充足率であった。

表 4 高骨量群における体脂肪群別にみた生活活動強度指数及びエネルギー，タン白質，脂質，炭水化物，Ca，VD，食物繊維充足率

	生活活動 強度指数	エネルギー (%)	タン白質 (%)	脂質 (%)	炭水化物 (%)	Ca (%)	VD (%)	食物纖維 (%)
低体脂肪群	1.42 ± 0.09	97.7 ± 12.1	131.2 ± 19.6	126.0 ± 24.1	86.6 ± 13.3	101.6 ± 27.0	352.1 ± 169.8	77.0 ± 20.6
高体脂肪群	1.35 ± 0.10	85.2 ± 10.9	98.3 ± 15.7	107.4 ± 17.5	78.6 ± 11.2	81.3 ± 19.6	198.7 ± 81.2	59.2 ± 13.4
p	*	ns	**	**	**	**	**	**

mean  $\pm$  SD      \*\*p<0.01      \*p<0.05

低体脂肪群：体脂肪率 25%未満 n = 17 stiffness 85以上の者を高骨量群とした。

高体脂肪群：体脂肪率 25%以上 n=24

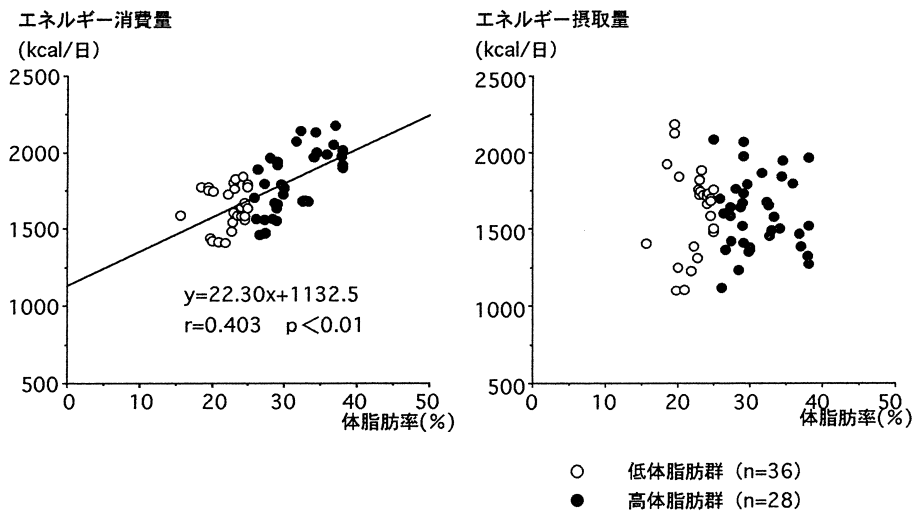


図1 体脂肪率とエネルギー消費及び摂取量との間の相関関係

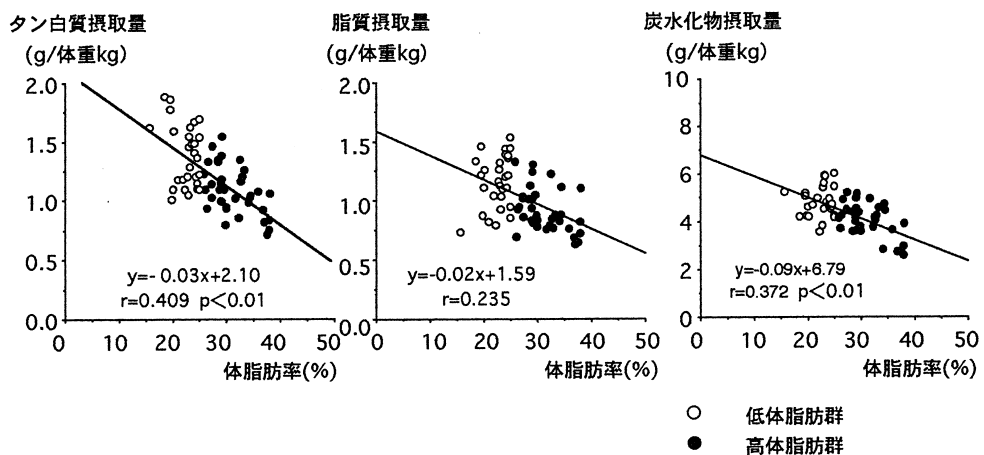


図2 体脂肪率とタンパク質、脂質及び糖質摂取量との間の相関関係

##### 5. 体脂肪群別の体脂肪率とエネルギー消費量，エネルギー摂取量，各栄養素摂取量との相関関係

図1に，体脂肪群別の体脂肪率とエネルギー消費量及びエネルギー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，総数 (N) は64であり，従って危険度 (p) 5%における相関係数の  $r$  の値は  $(64, 0.05) = 0.2423$  である．また，危険度 (p) 1%の場合の  $r$  は  $(64, 0.01) = 0.3150$  である．

体脂肪率とエネルギー消費量との間では  $r = 0.403$  と1%の危険率で高い相関を示した．しかし体脂肪率とエネルギー摂取量との間では全く相関関係を示さなかった．

図2には体脂肪率と体重 kg あたりのタンパク質，脂質，炭水化物摂取量との間の相関関係を示す．タンパク質，炭水化物摂取量では1%の危険率で負の相関を示し，また脂質も  $r = 0.235$  でかなり高い相関を示した．



## 考 察

肥満 (obesity) とは、単に体重が多いこと (overweight) ではなく、体脂肪が過剰に蓄積した状態と定義される。人類の歴史の中で、肥満は豊かさの物差し、即ち、飢餓との戦いの中で生存可能性へのシンボルとしてとらえられてきた。しかし現代の我が国を含む多くの先進諸国において、エネルギー消費量に対するエネルギー摂取量の過剰が引き起こす肥満はかならずしも好ましいものではなくなっている。事実、Body Mass Index (BMI) が約 22 より低くなっても、高くなっても死亡率は上昇して U 字型を描くことが報告されている<sup>4)</sup>。そして BMI が低いことによる死亡率増加は除脂肪体重の低下に起因し、BMI が高い人の死亡率増加は体脂肪量に依存していると説明されている<sup>5)</sup>。即ち、一定量の脂肪組織は身体にとって必須の成分であり、一定量の脂肪蓄積は健康という視点から不可欠であることを報告している。一方、過度の肥満は死亡率を高める一要因である生活習慣病の引きがねになるとして、厚生労働省は「健康日本 21」の中で、健康寿命延伸のための最重要課題として一次予防を取り上げ、適正な体重を維持することを提唱している。ところが国民栄養調査によると、10～20代の女性の栄養素摂取状態は、痩身志向のための食事量制限や不規則な食生活などによって、栄養所要量の不足をきたしているという<sup>6)</sup>。

本研究で明らかなように、高体重者の中には、食事量を減らすことで痩身効果が得られるという誤った考えによって減食、過食を繰り返し、その結果として BMI は正常であるにも関わらず過剰の体脂肪を蓄積している事例がある。今回の調査結果では、高体脂肪群におけるたんぱく質、カルシウム、その他の栄養素摂取量が低体脂肪群に比し低値であった。特に高体脂肪群のカルシウム摂取量は低体脂肪群の 85% にとどまっており、高体脂肪群のエネルギーや各種栄養素摂取量も多くはなかった。さらに、体重 kg 当たりのエネルギー摂取量で見ると、低体脂肪群  $35.7 \pm 4.1 \text{ kcal}$  は、高体脂肪群の  $29.1 \pm 4.7 \text{ kcal}$  に対して有意に高かった。他方、エネルギー消費量については、低体脂肪群は  $36.0 \pm 2.3 \text{ kcal}$  で、高体脂肪群  $33.2 \pm 2.6 \text{ kcal}$  に対して、エネルギー摂取量と同様、有意に高値であった ( $p < 0.01$ )。エネルギー出納については、低体脂肪群では摂取量と消費量のバランスがとれているのに対して、高体脂肪群ではエネルギー消費量がエネルギー摂取量より多く、負のバランスである。それが体重の減少に結びつかないのは、低体脂肪群より有意に生活活動強度が低いために ( $p < 0.05$ )、エネルギー摂取量が不足しているにもかかわらず過剰の体脂肪を不足の代償として蓄積しているためと推定できる。或いは、高体脂肪群では体重の重い者が多いために、調査期間中にはできるだけ減量したいという心理的要因が関与した可能性もあるが、いずれにせよ、食べ方にむらのある可能性が考えられる。

次に、これらの体脂肪率増減と除脂肪体重そのものの、どちらが骨量 (Stiffness 値) に影響を及ぼすのかを検討したのが図 3 である。除脂肪体重は骨量と有意ではないが、高い正の相関を示している。一方、体脂肪率は、低体脂肪群と高体脂肪群の被験者全員では全く相関を示さなかったが、高体脂肪群のみでは、除脂肪体重と同様に Stiffness 値とかなり高い相関を示した。さらに、図 4 にカルシウム摂取量と体脂肪率およびエネルギー摂取量との間の相関関係を示した。体脂肪率とカルシウム摂取量との間には全く相関は認められないが、エネルギー摂取量とカルシウム摂取量との間には正の相関が認められた。前報でも報告したように<sup>6)</sup>、エネルギー摂取量とカルシウム摂取量が相関していることから、食事量の増減によって大きくカルシウムの摂取量が変化することが推定された。カルシウムは牛乳、乳製品、小魚、大豆、大豆製品な

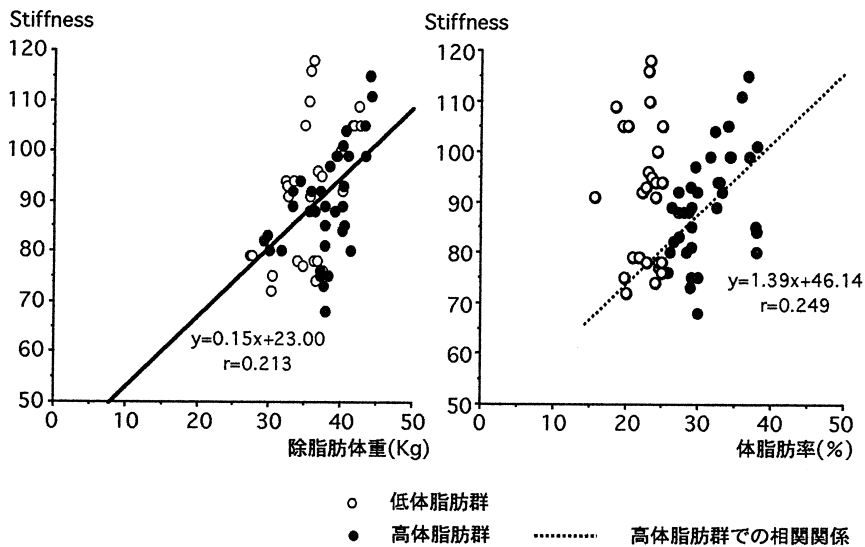


図3 Stiffness と除脂肪体重及び体脂肪率との間の相関関係

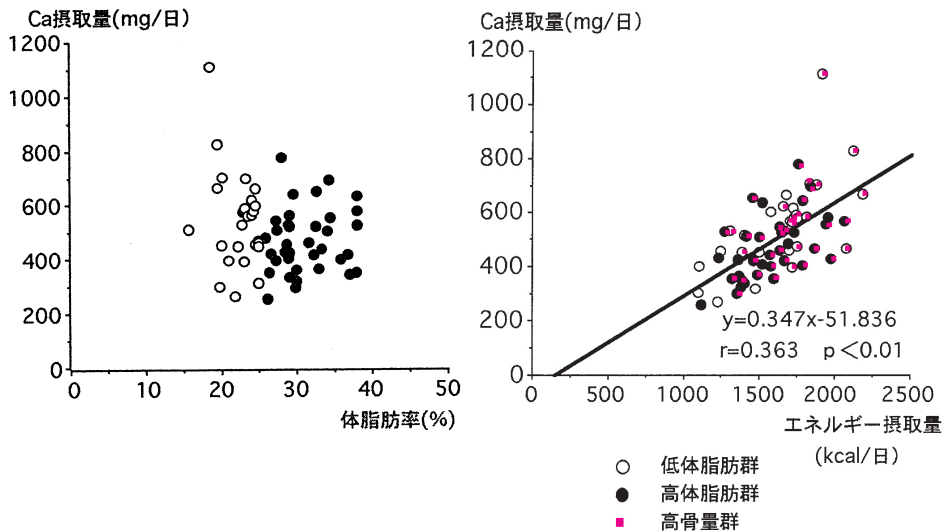


図4 Ca 摂取量と体脂肪率及びエネルギー摂取量との間の相関関係

どを摂取することにより、比較的能量摂取量に関係なく摂取できるとされているが、エネルギー摂取が十分でないと意識的に摂取を心がけない限り充足は不可能であるといえよう。今回の調査において、Stiffness 値の高い（■赤印）低体脂肪群はカルシウムの摂取量が多いことに起因しており、高体脂肪群でカルシウム摂取量が400mgにも満たない者でも高骨量群に属しているのは、体重が骨への負荷となって骨量増加に寄与しているためであると推測される。

以上のことから、体脂肪の蓄積促進は、エネルギーや各種栄養素過剰摂取の要因によるだけでなく、むしろ生活活動の低下に起因している可能性を本調査で推察できた。また、各種栄養素充足や骨密度獲得にはエネルギーを必要量摂取することが非常に重要であり、一定の範囲

であればエネルギー摂取量の増加が必ずしも生活習慣病を引き起こすほどの体脂肪率増加をもたらすものでないことを強く示唆した。

### 要 約

- 1) 高体脂肪群は体重, BMI, 運動量が低体脂肪群に比し有意に高値であったが, エネルギー, 生活活動強度指数および栄養素充足率は低値であった。
- 2) 高体脂肪群の BMI の平均は 22 で正常範囲であったが, 体脂肪率は 31.2 で軽度肥満に属した。体脂肪率が高いのは生活活動強度指数が低いためであることを強く示唆した。
- 3) 高体脂肪群は, 低体脂肪群に比し, カルシウム摂取量が低値にも関わらず, 体脂肪率と Stiffness 値との間にかなり高い正の相関が見られたのは, 体重 (体脂肪量) の負荷が骨に好影響を及ぼしている可能性を示唆した。

### 結 語

体脂肪の少ない者は活動量を多くし, また栄養素を十分に摂取することによって骨量を維持している事が示唆された。一方, 体脂肪は骨量に対して体重当たりのエネルギー消費量及び摂取量が同じであればプラスに影響し, しかも一定の範囲であればエネルギー摂取量の増加が必ずしも生活習慣病を引き起こすほどの体脂肪率増加をもたらすものでないことを強く示唆した。

### 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, 同平成 14 年度卒業生の協力を得たことを記して, 感謝の意を表します。

### 文 献

- 1) Bilezikian, J.P., Morishima A., Bell J. and Grumbach M.M.: Increased Bone Mass as a Result of Estrogen Therapy in a Man with Aromatase Deficiency. *N Engl J Med.* 339, 599-603, (1998)
- 2) 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, 46, 36~37, 第一出版, 東京, (1999)
- 3) 河野節子, 伊藤雅子, 越前昌代: 食事摂取量及び活動強度が骨密度に及ぼす影響. 名古屋女子大学紀要 家政・自然編. 49, 89-97, (2003)
- 4) Tokunaga K., Matsuzawa Y., Kotani K., Keno Y., Takashi K., Fujioka S., et al.: Ideal body-weight estimated from the body-mass index with the lowest morbidity. *Int J Obes.* 15, 1-5, (1991)
- 5) Heitmann B.L., Erikson H., Ellsinger B.-M., Mikkelsen K.L. and Larsson B.: Mortality associated with body fat, fat-free mass and body mass index among 60-year-old Swedish men—a 22-year follow-up. The study of men born in 1913. *Int J Obes.* 24, 33-37, (2000)
- 6) 健康・栄養情報研究会編: 国民栄養の現状 平成 13 年度国民栄養調査結果, 第一出版, 東京, (2003)