カルシウム栄養に関する基礎的・疫学的研究

北 野 隆 雄

国立大学法人熊本大学大学院医学薬学研究部公衆衛生・医療科学分野

Basic and Epidemiological Studies on Calcium Nutrition for Japanese People

Takao Kitano

Department of Public Health, Graduate School of Medical Sciences Kumamoto University

It is well known that calcium is an essential mineral for humans, and its requirement has been well established by biochemical and microbiological techniques. However there is little evidence about the recommended dietary intake as calcium for Japanese people. It is difficult to obtain information about calcium utilization which is affected by multiple factors involving other minerals and such nutrients as protein, oil and vitamins in the human body.

We report here the results of calcium studies involving basic and epidemiological work which focus on calcium nutrition for Japanese people.

A study on calcium balance, which is affected by the protein intake, was conducted on 27 children aged 3-6 years and on 6 adult males aged 19-21 years. A survey was also conducted on the relationship between urinary nitrogen and calcium excretion and physical development for 217 males and females aged 9-15 years. There was significant correlation between the protein intake and urinary calcium excretion with both children and adults, while there was a negative correlation between the protein intake and calcium retention. This result suggests that the protein intake was also related to calcium utilization in Japanese people.

The relationships among bone mineral density (BMD), body composition and lifestyle from a 10-year follow-up study involving 214 females aged 20 years and from a cross-sectional study involving 2,652 females aged 19-40 years were also deduced. There was significant correlation between BMD and lean body mass and body mass index (BMI) from the results of both studies, while there was a negative correlation between BMD and the body fat percentage from both studies.

Many unknown factors affect calcium utilization in relation to other minerals and nutrients, so it is important to obtain evidence about the roles of nutrients to improve the effects of preventive medicine.

Jpn. J. Nutr. Diet., 63 (5) 253～259 (2005)

Key words : calcium nutrition, nutritional balance, bone mineral density, preventive medicine

I. はじめに

カルシウム（以後、Ca）は人体を構成する主要元素であり、必須の元素として古くから知られている。また、栄養素としてのCaの研究も古くから行われており、多くの論文や書籍が出版されている¹⁾。

一般的にはCa摂取量が不足した場合、骨中のCaが血液に動員される。過剰に摂取した場合、吸収が抑制されるか、吸収されたCaは骨に蓄積されるか、あるいは尿中に排泄される。言い換えると血液中のCa濃度を一定に保つシステムがあり、一定に保たなければならない

機構が生体内にあることを意味している。

近年、Caの必須性について細胞レベルでの研究が進み、生化学的な役割や生理学的な役割がより明らかにされ多くの知見が得られている^{2, 3)}。

しかしながら、その摂取必要量や摂取基準については、十分な研究成果が示されているとは言えない。その結果、日本人の食事摂取基準（2005年版）では、Caの推定平均必要量は示されていない⁴⁾。その要因として、Caの吸収、体内利用等が、その他の元素や栄養素の摂取量によって大きく変化するために、最低必要量を導き出すこと

本論文は、平成16年度（第51回日本栄養改善学会学術総会）学会賞受賞対象の研究である。

キーワード：カルシウム栄養、栄養バランス、骨密度、予防医学

（連絡先：北野隆雄 〒860-0811 熊本市本荘1-1-1 熊本大学大学院医学薬学研究部公衆衛生・医療科学分野 電話 096-373-5112

E-mail kitano@gpo.kumamoto-u.ac.jp)

が容易ではないこと、また、貧血の指標の1つである血液中のヘモグロビンやヘマトクリットのような、体内のCaの不足や過剰を示す指標が見出されていないことが挙げられる。

ところで、Caの必要量を推定するためのこれまでの研究成果は、もっぱら出納法や放射性元素を用いた実験を基に求められている。それらの研究成果から、Caの利用に影響する因子として、リン、マグネシウムなどの元素摂取が示されている。また、たんぱく質や脂肪の摂取がCaの利用に影響すると言われている。これらの研究は海外で行われたものがほとんどで、日本人を対象にした研究は余りみられない。

そこで、私どもがこれまで行ってきた日本人を対象にしたCa栄養についての基礎研究、あるいは疫学的な研究について報告する。

Ⅱ. Caの利用とたんぱく質摂取の関連

1980年代にLinkswilerらは、たんぱく質摂取とCa利用についての系統的な研究を行い、高たんぱく質摂取はCaの尿中排泄を高め、Caの利用に有効に働かないことを報告している⁵⁾。それまでは、たんぱく質摂取の増加はCaの吸収を高めるので、むしろCaの利用にとっては有効であると言われていた⁶⁾。

1. 小児のたんぱく質摂取とCaの利用

小児のたんぱく質の摂取と利用について、調査を行った⁷⁾。その際、小児のCaの利用がたんぱく質の摂取に

よって影響されるか否かを検討した⁸⁾。

対象は大阪市内の福祉施設に居住する3～6歳の男女27名で、7日間にわたり日常の給食、その他の摂取したものについて、個人ごとに摂取量を調査した。また、摂取したすべての食品について物理的燃焼値、窒素ならびに無機質の含有量を分析し、摂取実測量を求めた。同時に個人ごとの糞尿を分離採取して、日常のエネルギー摂

図1 小児の窒素（たんぱく質）摂取量とCaの体内保留量との相関
資料) 文献8

表1 小児のCa出納試験の結果

			Male	Female	Average
Intake	DD ^a	mg/kg	25.89 ± 0.79 ^c	25.96 ± 1.78	25.91 ± 0.77
	LPD ^b		31.60 ± 1.08	31.18 ± 1.70	31.46 ± 0.88
Fecal excretion	DD	mg/kg	12.39 ± 1.47	12.01 ± 3.31	12.25 ± 1.43
	LPD		13.88 ± 1.13	15.65 ± 3.15	14.47 ± 1.46
	DD	% ^d	47.8 ± 5.4	44.4 ± 10.4	46.6 ± 4.9
	LPD		43.6 ± 4.7	49.4 ± 8.2	45.6 ± 4.1
Absorption	DD	mg/kg	13.49 ± 1.46	13.95 ± 2.09	13.66 ± 1.15
	LPD		17.70 ± 1.47	15.52 ± 2.28	16.98 ± 1.22
	DD	%	52.2 ± 5.4	55.6 ± 10.4	53.4 ± 4.9
	LPD		56.4 ± 4.7	50.6 ± 8.2	54.5 ± 4.1
Urinary excretion	DD	mg/kg	3.36 ± 0.22	3.49 ± 0.24	3.41 ± 0.16
	LPD		3.43 ± 0.31	3.44 ± 0.36	3.43 ± 0.23
	DD	%	13.1 ± 0.8	13.6 ± 0.9	13.2 ± 0.6
	LPD		10.8 ± 0.9	10.9 ± 0.7	10.9 ± 0.6
Retention	DD	mg/kg	10.12 ± 1.41	10.45 ± 2.22	10.24 ± 1.15
	LPD		14.27 ± 1.63	12.08 ± 2.41	13.54 ± 1.33
	DD	%	39.1 ± 5.3	42.0 ± 10.4	40.2 ± 4.8
	LPD		45.5 ± 5.3	39.6 ± 8.5	43.5 ± 4.4

^a Daily diet, ^b Low protein diet, ^c Mean ± SE, ^d Percentage of intake.
資料) 文献8

取量および利用率、たんぱく質ならびに無機質の利用率等を求めた。さらに、7日間について日常食よりたんぱく質源となる一部の摂取食品を除き（例えば牛乳を取り除き、その代わりにオレンジジュースを摂取させる）、摂取量を日常食摂取調査同様の方法で摂取実測値を求めた。たんぱく質量とCa出納の結果を表1ならびに図1に示した。すなわち、たんぱく質の摂取量とCaの体内保留量との間に負の相関が認められた。また、たんぱく質摂取とCaの尿中排泄に正の相関が認められた。

これらの結果から、成人と同じように小児においてもたんぱく質の摂取が高まれば、尿中のCa排泄が増加することが明らかになった。

そこで、熊本県内の都市近郊、農村部、漁村部の男女9～15歳、計217名の小学生ならびに中学生を対象に、たんぱく質の摂取とCaの関連を明らかにするために24時間の蓄尿を依頼し、尿中尿素窒素、Ca、リン、マグネシウムの関連を求めた。それらの結果を表2に示した。また、これらの3地域の学童、生徒の発育については地域間で大きな違いは認められなかった⁹⁾。

尿中の窒素とCa排泄の相関には、正の相関が認められた¹⁰⁾。

2. 日本人成人におけるたんぱく質摂取とCaの利用

19～21歳の成人男子6名を対象に、たんぱく質摂取とCaの利用について24日間の出納実験を行った¹¹⁾。Ca出納の結果を表3に、また尿中排泄の変化を図2に示した。たんぱく質の摂取の増加は明らかにCaの尿中排泄を増加させたが、Caの見かけの吸収率を増加させていなかった。その結果、Caの体内保留率は低下していた。

小児ならびに成人でのたんぱく質摂取とCaの利用について検討を行ったが、たんぱく質の摂取増加は、Caの尿中排泄を高めることが日本人でも確認された。しかしながら、これらの機序については明らかにされていない。

一方、国民栄養調査の成績からすると、たんぱく質の摂取は増加しているが、Caの摂取は近年変化していな

い¹²⁾。この状況は、Caの利用にとっては望ましい方向を示しているとは言えない。

これらの点を考慮すると、Caの摂取量が食事摂取基準で示される目標量に到達するような指導をまずは行う必要があると言える。その場合、単に乳製品の摂取の奨励やサプリメントに頼るような短絡的な方法でなく、食生活全般について再構築できるような観点での指導が必要と思われる。

Ⅲ. 骨密度と体格

近年、骨粗鬆症が注目されている。その理由の1つとして、高齢化社会が進み骨粗鬆症から骨折に至り、寝たきりになる老人が増えていることがある。また、骨の主成分であるCaの摂取量が日本人では少ないことが、この疾患について社会的にも注目される原因と考えられる。しかしながら、Ca摂取については、欧米の国々と比較すると確かに日本人摂取は少ないが、疾患の発症については、必ずしも欧米より高いとは言われていない。

1. 骨密度の関連因子

私どもは、1989年に熊本県南部の地域で、老人保健法に伴う住民健診の一環として、前腕部骨密度の測定を行った。その結果を基に、骨密度と血液成分、食品摂取頻度など関連する因子について解析を行ったところ、最も大きな因子は年齢であった¹³⁾。この調査は40歳以降の男女を対象にしたが、これらの対象者では特に閉経後の骨密度が年齢影響を大きく受けることから、予防を考慮した研究については、最大骨塩量を獲得するとされる若年期からの調査が必要であると考え、以下の調査を計画した。

2. 縦断研究

1994年から97年にかけて毎年、20歳のおよそ女性50名を被検者としてリクルートし、214名の母集団を構築した。被検者の腰椎、全身骨密度ならびに体組成を、dual energy X-ray absorptiometry (DXA) 法により測定を行うとともに、体力測定、生活習慣、栄養調査を

表2 学童、生徒の身体計測値と尿中尿素窒素、Ca、Mg、Pとの相関

	Age	Body weight	Body height	Urea-N	Calcium	Magnesium	Phosphorus
Age	1.000						
Body weight	0.797 *	1.000					
Body height	0.849 *	0.869 *	1.000				
Urea-N	- 0.615 *	- 0.560 *	- 0.586 *	1.000			
Calcium	- 0.362 *	- 0.368 *	- 0.394 *	0.509 *	1.000		
Magnesium	- 0.180 *	- 0.172 *	- 0.171 *	0.234 *	0.197 *	1.000	
Phosphorus	- 0.487 *	- 0.413 *	- 0.444 *	0.747 *	0.366 *	0.220 *	1.000

* $p < 0.01$

資料) 文献10

表 3 成人のたんぱく質摂取とCa出納試験の結果

	Intake	Fecal output			Absorption		
		I (1-4 days)	II (5-8 days)	III (9-12 days)	I (1-4 days)	II (5-8 days)	III (9-12days)
Control (mg)	765 ± 21	609 ± 21	610 ± 12	600 ± 18	156 ± 29	154 ± 24	167 ± 26
% of intake		79.9 ± 3.6	80.2 ± 2.7	78.5 ± 3.3	20.1 ± 3.6	19.8 ± 2.7	21.5 ± 3.0
High protein (mg)	832 ± 22	656 ± 11	667 ± 10	686 ± 8	178 ± 27	165 ± 32	147 ± 16
% of intake		79.0 ± 2.8	80.6 ± 3.5	82.6 ± 1.5	21.0 ± 2.8	19.4 ± 3.5	17.4 ± 1.5

		Urinary output			Retention		
		I (1-4 days)	II (5-8 days)	III (9-12 days)	I (1-4 days)	II (5-8 days)	III (9-12 days)
Control (mg)		104 ± 11	114 ± 12	118 ± 14	51.5 ± 21.7	40.0 ± 14.6	49.0 ± 19.9
% of intake		13.6 ± 1.2	14.8 ± 1.3	15.2 ± 1.6	6.50 ± 2.78	5.04 ± 1.87	6.23 ± 2.60
High protein (mg)		189 ± 18**	173 ± 10**	169 ± 13**	- 10.3 ± 23.5*	- 8.50 ± 26.6*	- 23.5 ± 13.7**
% of intake		22.5 ± 1.8**	20.8 ± 0.9**	20.4 ± 1.4**	- 1.46 ± 2.85*	- 1.44 ± 3.42*	- 2.97 ± 1.80**

Mean ± SE. There was a statistically significant difference at $p < 0.01$ (**) and $p < 0.05$ (*) between control diet and high protein diet groups by paired t -test.

資料) 文献 11

図 2 成人におけるたんぱく質摂取量とCaの尿中排泄量の変化

資料) 文献 11

行うプログラムをつくり隔年に同様の測定を行い、10年間の追跡調査計画を立案した。この調査は、現在も継続中である。

base line study の骨密度、骨塩量並びに体格との関連を表 4 に示した¹⁴⁾。その結果、腰椎、全身骨密度は体格との関連が認められた。しかしながら体組成では、除脂肪量とは正の相関が認められたが、体脂肪量とは負の相

表 4 成人女子の骨密度、骨塩量と体格ならびに体組成との相関

Variables	Standardized regression coefficient				R ²
	BMI	SFT	FM	LM	
BMD _{TB}	0.476	NS	- 0.433	0.224	0.14
BMD _{L2-4}	0.429	NS	- 0.321	0.190	0.12
BMC _{TB}	NS	NS	NS	0.655	0.43
BMC _{L2-4}	NS	NS	NS	0.476	0.22

BMI : body mass index, SFT : skinfold thickness,
FM : fat mass, LM : lean mass
BMD_{TB} : total body mineral density,
BMD_{L2-4} : L2-4 spine bone mineral density
BMC_{TB} : total body bone mineral content,
BMC_{L2-4} : L2-4 spine bone mineral content
NS : not significant (at the $p = 0.05$ level)

資料) 文献 14

関が認められた。また、骨塩量と除脂肪量との間には正の相関が認められた。

3. 横断研究

1994年から99年まで熊本市の婦人健診の一環として、19～40歳の女性の前腕部骨密度をDXA法により測定した。同時に体格、体組成ならびに生活習慣等に関する聞き取りを行った。5年間の総測定者数は3,500名余、そのうち、複数回受診者、婦人科疾患罹患患者あるいは有病者を除いた2,652名について解析を行った¹⁵⁾。

図 3 に示す解析モデルをつくり、共分散構造分析を行った。body mass index (BMI) と体脂肪率ならびに前腕部骨密度の関連を表 5 に示した。すなわち、BMI と体脂肪率は、高い相関が認められた。また骨密度とも相

図3 BMI (body mass index) とBF% (body fat percentage) ならびにBMD (bone mineral density) についての共分散構造分析モデル

資料) 文献13

表5 BMI (body mass index) とBF% (body fat percentage) ならびにBMD (bone mineral density) についての共分散構造分析の解析結果

		Estimate
BMD	← BMI	0.538 *
BMD	← BF %	- 0.184 *
BF %	← BMI	0.896 *

squared multiple correlations = 0.146

* $p < 0.05$

資料) 文献13

関が認められた。しかしながら、体脂肪と骨密度とは負の相関が認められた。このことは、るい瘦が低骨密度のリスクではあるが、単にBMIが高まれば、骨密度も高くなるということを示唆していない。体重の増加に伴って筋肉量が高まらなければ、骨密度も高くはならないことを示唆していると言える。

ところで、この横断研究と縦断研究の過程で20代女性のBMIと体脂肪の関連が、これまで言われてきた肥満分類とは異なることが観察された。すなわち、よく言われる「隠れ肥満」である。

この点を明らかにするために、20代女性249名について身体計測と水中体重法、インピーダンス法ならびに皮脂厚計による体脂肪の測定を行った¹⁶⁾。また、縦断研究の対象者についてもDXA法から得られた体重ならびに体脂肪量とともにインピーダンス法、皮脂厚計による体脂肪率の測定を行い、3種の測定法での体脂肪率について比較検討した¹⁷⁾。

その結果、2つの比較調査から20代の女性では、BMIが正常範囲にあっても体脂肪率が高い者、すなわち隠れ肥満者が多くいることが明らかになった。

表6 成人女子の水中体重法、皮脂厚法、インピーダンス法より求められた体脂肪率の結果

Method	Mean $\pm$ SD	Minimum	Maximum	95% confidence interval
UWW	25.7 $\pm$ 4.8 ^a	14.0	39.5	25.1 ~ 26.3
SFT	24.0 $\pm$ 5.7 ^a	13.0	49.3	23.3 ~ 24.7
BIA	26.5 $\pm$ 4.6 ^a	16.2	45.7	25.9 ~ 27.1

UWW: underwater weighing, SFT: skinfold thickness, BIA: bioelectrical impedance analysis

^a analysis by one-way repeated measures ANOVA ($p < 0.05$)

資料) 文献16

表7 DXA法、皮脂厚法、インピーダンス法から求められた体脂肪量と体重、除脂肪量との相関

	Body weight	Body fat percentage	Body fat mass	Body fat free mass
DXA vs. Skinfolds	0.999	0.741	0.898	0.837
DXA vs. BIA	0.999	0.792	0.927	0.879
Skinfolds vs. BIA	0.998	0.781	0.911	0.844

DXA: dual-energy X-ray absorptiometry, Skinfolds: skinfold thickness, BIA: bioelectric impedance analysis, All p values < 0.001 .

資料) 文献17

一方、表6ならびに表7に示したように、いずれの方法によって得られた体脂肪率も方法間ではよく相関していた。しかしながら、それぞれの方法で得られた固有値には差が認められ、さらに図4に示したように方法間での分布が異なっていた。

近年、体脂肪率あるいは体脂肪量の測定機器が開発されてきている。一般にも数多く普及しているが、学術研究や調査に用いる場合は、使用機器の原理等を理解したうえで、調査目的に則した機器の選定の必要性が示唆された。言い換えると体脂肪量や体脂肪率を求める方法には、いまだgolden standardがないことを理解する必要がある。

Caに限らず、その他の栄養素の個々の役割が明らかにされているが、栄養素の相互の関わりについては十分に検討がなされているとは言えない。この報告でのたんぱく質とCaの関わりについても、基礎的研究だけでなく、疫学的な研究でも明らかにされていない点が多くある。このことは人々の食生活が多様化しているなか、栄養学的重要性とともに、今後の栄養学研究の方向性の一端が示唆されていると言える。また、今日的な問題とされている生活習慣病や高齢化の問題を考慮すると、一次予防としての栄養学の役割を再確認する必要がある。

DXA : dual-energy X-ray absorptiometry,
 Skinfolds : skinfold thickness,
 BIA : bioelectrical impedance analysis.

図4 DXA法, 皮脂厚法, インピーダンス法から求められた体脂肪量の分布

資料) 文献17

少なくとも著者らの研究グループでは, 一次予防の観点から栄養学の研究を今後も進めていきたいと考える。

要 約

カルシウム (Ca) がヒトの生命維持に必須であることはよく知られている。Caの必須性についての研究は, 生化学や分子生物学の分野で明らかにされてきている。しかしながら, 日本人のCaの必要量については, 余り多くの報告は認められない。それは, Caの生体内の利用がその他のミネラルや他の栄養素によって影響されることによる。

この報告では, これまで我々が行ってきたCa栄養に關しての基礎的・疫学的研究について報告した。

まず, たんぱく質摂取とCa出納について, 3~6歳の小児27名と19~21歳の6名の成人男子において研究を行った。次に尿中窒素, Ca排泄ならびに成長との関連を9~15歳の男女児217名を対象に調査を行った。その結果, たんぱく質摂取とCaの尿中排泄には有意な相関が認められた。また, 結果としてたんぱく質摂取とCa

の体内保留には負の関連が認められた。これらの結果は, 日本人においてもたんぱく質の摂取が, Caの体内利用に影響していることを示唆している。

その後, 骨密度と体組成ならびに生活習慣について, 20歳の女性214名を対象に10年間の追跡調査を行った。また, 19~40歳の女性2,652名について横断的研究を行った。その結果, 骨密度と除脂肪量, BMIには有意な相関が認められた。また, 体脂肪率は骨密度と負の相関が認められた。

Caの体内利用性については, 他のミネラルや栄養素との関連について明らかでないことが多くある。

食生活のあり方やヒトでのマクロな栄養研究から, 栄養素の働きについての研究が必要であると言える。なぜなら, それは栄養学が, 人々の健康と幸せに寄与する予防医学であることによる。

謝 辞

この報告に示した研究は, 東京農工大学五島研究室, 大阪市立大学小石研究室, 国立健康・栄養研究所江指研究室, 熊本県立大学北野研究室, 熊本大学大学院医学薬学研究部公衆衛生・医療科学分野の関係者の協力により行われた。また, 多くの研究ボランティアの協力によりなされた。ここにあらためて関係者の皆様に感謝の意を表します。

文 献

- 1) Nordin, B.E.C. ed.: Calcium, Phosphate and Magnesium Metabolism (1976) Churchill Livingstone, London and New York
- 2) Nordin, B.E.C. ed.: Calcium in Human Biology (1988) Springer-Verlag, London
- 3) Bowman, B.A. and Russall, R.M. eds.: Present Knowledge in Nutrition 8th Edition (2001) / 木村修一, 小林修平翻訳監修: 最新栄養学 (第8版) pp.283-291 (2002) 建帛社, 東京
- 4) 厚生労働省: 日本人の食事摂取基準 (2005年版), pp.135-143 (2005) 第一出版, 東京
- 5) Linkswiler, H.M., Zemel, M.B., Hebsted, M. and Schuette, S.A.: Protein induced hypercalciuria, *Fed. Proc.*, **40**, 2429-2433 (1981)
- 6) McCance, R.A. Widdowson, E.M. and Lechmann, H.: The effect of protein intake on the absorption of calcium and magnesium, *J. Biochem.*, **36**, 681-691 (1942)
- 7) 北野隆雄, 高橋恵美, 池原慶子, 小倉希容子, 梶原苗美, 松平敏子, 小石秀夫: 幼児期における窒素出納およびエネルギー利用について, 日本栄養・食糧学会

誌, 37, 203-208 (1984)

8) 五島孜郎, 鈴木和春, 菅家祐輔, 小石秀夫, 北野隆雄: 小児期におけるたん白質摂取とカルシウム, リン, マグネシウム出納との関係, 栄養と食糧, 35, 63-67 (1982)

9) 北野直子, 北野隆雄, 稲岡 司, 上野達郎, 永野 恵, 木場富喜, 二塚 信, 野村 茂: 小・中学生における肥満と食生活・生活習慣の関連, 栄養学雑誌, 48, 11-21 (1990)

10) 北野隆雄, 北野直子, 稲岡 司, 上野達郎, 永野 恵, 木場富喜, 二塚 信, 野村 茂: 漁村, 山村及び農村に居住する児童, 生徒の身体発育, 血液並びに尿中成分について, 熊本医学会雑誌, 63, 10-17 (1989)

11) Kitano, T., Esashi, T. and Azami, S.: Effect of protein intake on mineral (calcium, magnesium, and phosphorus) balance in Japanese males, *J. N. S. V.*, 34, 387-398 (1988)

12) 健康・栄養情報研究会編: 国民栄養の現状 平成14年厚生労働省国民栄養調査結果 (2004) 第一出版, 東京

13) 北野隆雄, 二塚 信, 若宮純司: 骨塩量とその関連因子, マグネシウム, 11, 71-92 (1992)

14) Kitano, N., Sugimori, H., Nakamura, K., Futatsuka, M., Inomoto, T. and Kitano, T.: Association of lean mass, fat mass, body mass index, and skinfold thickness on bone mineral density of young Japanese females: An age-controlled cross-sectional study, *Showa University Journal of Medical Sciences*, 11, 23-31 (1999)

15) Arimatsu, M., Kitano, T., Kitano, N., Inomoto, T., Shono, M. and Futatsuka, M.: Correlation between forearm bone mineral density and body composition in Japanese females aged 18-40 years, *Environ. Health Prev. Med.*, 10, 144-149 (2005)

16) 山岸博之, 朽木 勤, 北野隆雄: 日本人若年女子における身体組成推定の異なる3法 (水中体重法, 皮脂厚法, 生体インピーダンス法) により求めた肥満判定基準値の検討, 栄養学雑誌, 56, 211-216 (1998)

17) Kitano, T., Kitano, N., Inomoto, T. and Futatsuka, M.: Evaluation of body composition using dual energy X-ray absorptiometry, skinfold thickness and bio-electrical impedance analysis in Japanese female college students, *J. N. S. V.*, 47, 122-125 (2001)

(受理: 平成17年5月20日)