

中年男性の栄養状態

— 特に、カルシウム、マグネシウム、リンの摂取量と血漿・血液中濃度 —

武田 隆 司, 今 西 雅 代, 前 澤 智 栄, 武 田 隆 久, 木 村 美 恵 子

(タケダライフサイエンスリサーチセンター・疾病予防センター*)

Nutritional status in middle age Japanese

- Calcium, magnesium and phosphorus intake, and these concentrations in blood and plasma of Japanese adult men -

Ryuji TAKEDA, Masayo IMANISHI, Chie MAEZAWA, Takahisa TAKEDA and Mieko KIMURA

Takeda Research Institute of Life Science and Preventive medicine

Summary

Recently, the increase of morbidity and mortality of cardiovascular disease in Japanese caused by high calcium/magnesium ratio in dietary intake are focused. In this report, calcium, magnesium and phosphorus intake, and these concentrations in blood and plasma of Japanese adult men are examined.

Subjects in this survey were 20 healthy adult men (42 ± 6.6 years) and the intakes of calcium (Ca), magnesium (Mg), phosphorus (P), Ca and Mg ratio (Ca/Mg ratio) and P and Ca ratio (P/Ca ratio) were calculated from the daily food intakes. Ca, P and Mg concentrations in plasma and blood were measured by using inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry (ICP-AES: Perkin Elmer Co. Ltd) after wet digestion by nitric acid, and biochemical parameters in plasma were monitored. No significant correlation was found between Ca, P and Mg concentrations in plasma or blood and Ca, P, Mg, P/Ca ratio and Ca/Mg ratio in dietary intakes. Ca/Mg ratio in food intake correlated positively with phospholipid and triglyceride values in plasma ($P < 0.05$).

These results indicate that Ca, Mg and P concentrations in plasma are not so much change for the most part by the homeostasis mechanism, so that not always reflected in the nutritional status. However, they support that increase of Ca/Mg ratio in daily food intakes induces arteriosclerosis and ischemic heart disease, and showed high correlation with plasma index for these diseases. It is suggested that anew not only individual mineral intake but also mineral balance is important.

1960年、米国における飲料水の硬度と死亡率の関係についての調査から、循環器疾患による死亡率は硬水地域よりも軟水地域で高いことがSchroederら¹⁾により発表され、マグネシウム (Mg)、カルシウム (Ca) と循環器疾患の関連が示唆された。そして、1978年には、Karppanenら²⁾が、虚血性心疾患による死亡率と食事中のCa/Mg比が、正の相関関係を示すことを発表した。これによると、日本は、フィンランドやオランダ、米国などに比べ、Ca摂取量が少なく、Mg摂取量が多く、虚血性心疾患による死亡率が少ない地域であると報告されている。また、飲料水中のMg濃度と高血圧による死亡の危険性との間には負の相関関係があるとし、飲料水より摂取するMgには、高血圧を予防する効果があるとの報告もある³⁾。近年、日本でも食生活の欧米化に呼応し、虚血性心疾患を中心とした循環器疾患が増加し、生

*所在地：京都市下京区中堂寺南町134 (〒600-8813)

活習慣病の最大課題となっている。

Caは、所要量600mg/日にたいして摂取不足が取り上げられているが、国民栄養調査結果によると、Ca摂取量は、1955年頃300mg/日弱から、年々増加して1970年には500mg/日を超え、1998年の調査では、579mg/日と増加してきている⁴⁾。一方、食生活の欧米化による脂質の過剰摂取の他、魚や野菜の摂取減少からのMgの摂取不足がある。我々の日本人のMg摂取の実態調査結果⁵⁾、Mg摂取量は150-250mg/日と所要量に達していない者が非常に多い。従って、Ca/Mg比は、年々上昇し、1955年当時の約2倍となっている。

ラットをMg欠乏飼料にて飼育すると、血漿中中性脂肪(TG)、コレステロール(CHO)、リン脂質(PL)が上昇するなど脂質代謝異常が生じ、動脈硬化をもたらし、心発作を起こし死亡にいたること⁶⁻⁹⁾、Mg利尿剤投与時に見られるMg欠乏状態にMgを補給すると、HDLコレステロール(HDL-CHO)の増加が見られ¹⁰⁾、血小板内イオン化Mg濃度が本態性高血圧患者で血清中性脂肪と逆相関すること¹¹⁾、生体内ミネラルアンバランスを招く⁶⁻⁸⁾などの報告がある。ラットをCa欠乏飼料にて飼育すると血圧上昇や骨の柔化、生体内ミネラルのアンバランスなどを招き¹²⁾、一方、Ca過剰摂取により、成長障害、尿路系結石の産生、骨の脆化や各種生体内ミネラルのアンバランスなどの悪影響がもたらされる^{13,14)}ことを報告した。

生活習慣病予防がとりあげられて久しい中、中年の突然死が目立ち、循環器疾患の課題から脱出できない現状がある。今、改めて、生活習慣病予備軍が考慮される中年男子の日本人の食生活、健康状態をMg、Caをターゲットに、また、Pを多量含む長期保存可能な加工食品の氾濫下、Pの摂取についても検討した。

実験方法

調査対象は、試験の趣旨を説明、合意を得たボランティア成人男子、20名、平均年齢42歳(27~54歳)である。血漿および全血中Ca、Mg、P濃度の測定と25項目の血漿生化学検査を実施し、同時に24時間記録法により、食生活調査(朝、昼、夜、間食別に食事内容及び行動記録記入)を行った。Ca、Mg、P摂取量等、各種栄養素摂取量は5訂日本食品標準成分表をデータベースとして算出した。血漿および全血中Ca、Mg、P濃度は、試料をマイクロウェーブサンプル分解装置(MULTIWAVE Perkin Elmer社製)を用いて硝酸による湿式灰化し、誘導結合プラズマ発光分光分析装置(OPTIMA4300DV, Perkin Elmer社製)にて測定した。これら摂取栄養素項目と血漿、全血中Ca、Mg、P濃度および血漿生化学検査との関連について検討した。統計処理には危険率5%で対応のないt検定、ピアソンの相関係数の検定を用いた。

結果と考察

血漿生化学検査の結果をTable 1に示す。本調査グループでは、中性脂肪は55%、総コレステロールは35%、遊離脂肪酸は30%のヒトが基準値範囲より高値であった。血漿および全血中Ca、Mg、P濃度の測定結果をTable 2に示す。食事調査の結果をTable 3に示す。Fig. 1に成人男子の各種栄養素の所要量を100として、本グループの充足率を示す。

本調査対象のエネルギー摂取量は2469kcalと、所要量を充足していた。タンパク質は125%の充足率であった。ビタミン類はビタミンCを除いてほぼ充足していた。ビタミンCの所要量は第6次改訂日本人の栄養所要量でそれまでの50mgから100mgへと変化したため¹⁵⁾、従来は充足されていることの多い栄養素であったが、第6次改定以降は不足しがちな栄養素となっている^{16,17)}。ビタミンB12、ビタミンD、ビタミンKは300%あるいは300%を超える充足率を示した。水溶性ビタミンであるビタミンB12は、過剰に摂取しても尿中に排泄されるため過剰症はないとされているが¹⁵⁾、ビタミンDやビタミンKは脂溶性ビタミンであり過剰症が危惧される。しかし、ビタミンD 7.7 μ g、ビタミンK 207 μ gの摂取量で、許容上限摂取量(ビタミンD: 50 μ g、ビタミンK: 30,000 μ g)以内である。一方、若年女性を対象に行った食事調査においても、エネルギー摂取量が所要量よりも低い集団にも関わらず、ビタミンDやビタミンKについては平均摂取量が所要量の2倍、3倍という今回同様の結果が得られることが多い^{16,17)}。しかし、ビタミンK欠乏症による新生児消化管出血や乳児頭蓋内出血の発生は母乳栄養児に多く¹⁸⁾、その予防には母体へのビタミンKの投与が有効な

Table 1 Biochemical parameters of the subjects.

T-P	(g/dl)	7.38 ± 0.32	GLS	(mg/dl)	95.5 ± 14.6
ALB	(g/dl)	4.41 ± 0.20	T-CHL	(mg/dl)	205 ± 37
AL/GL		1.49 ± 0.17	HDL-CHL	(mg/dl)	54.7 ± 13.6
GOT	(IU/l)	27.1 ± 15.1	TG	(mg/dl)	194 ± 160
GPT	(IU/l)	32.1 ± 17.2	PL	(mg/dl)	211 ± 38
ALP	(IU/l)	196 ± 46	NEFA	(μEq/l)	574 ± 194
γ-GTP	(IU/l)	53.4 ± 28.9	UA	(mg/dl)	6.22 ± 1.34
LAP	(IU/l)	112 ± 21	UN	(mg/dl)	13.7 ± 2.7
CHE	(IU/l)	180 ± 25	CRE	(mg/dl)	1.08 ± 0.12
LDH	(IU/l)	163 ± 31	Fe	(μg/dl)	111 ± 40
CPK	(IU/l)	161 ± 200	TIBC	(μg/dl)	282 ± 40
AMY	(IU/l)	65.3 ± 18.6			

Data are mean ± SD (n=20)

Table 2 Calcium, magnesium and phosphorus concentrations in blood and plasma

		Plasma		Blood	
Ca	(μg/ml)	85.9	± 6.4	56.9	± 3.6
Mg	(μg/ml)	18.6	± 1.1	37.1	± 2.3
P	(μg/ml)	131	± 21.7	404	± 30.3

Date are mean ± SD (n=20)

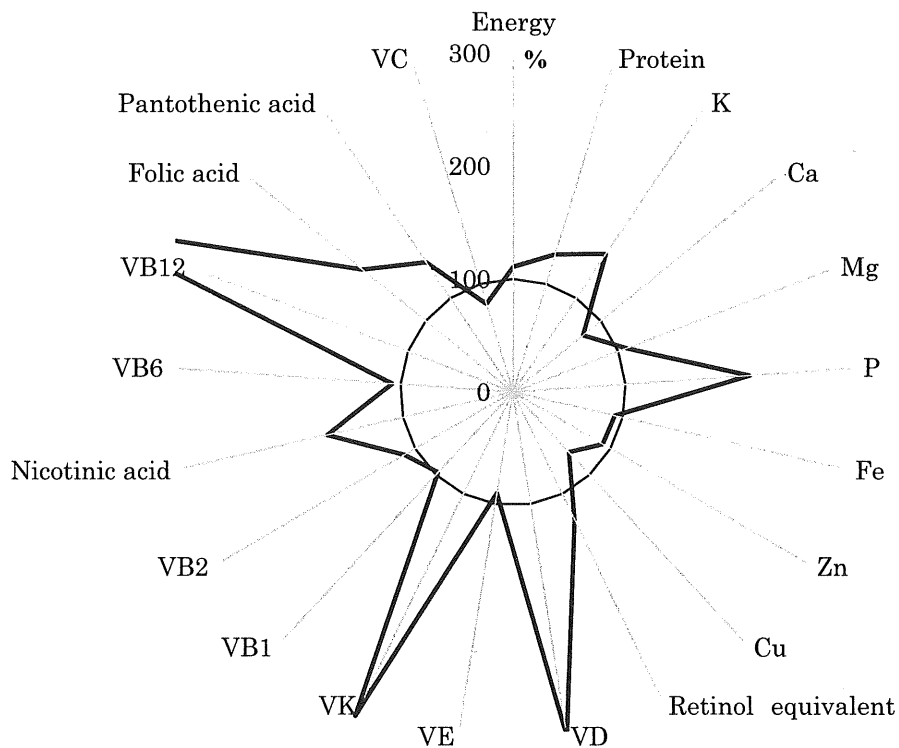


Fig. 1 The rate of sufficiency of dietary intake of various nutrients for recommended dietary allowances.

Table 3 Dietary intake of energy and nutrients per day.

		Subjects		RDA*
Energy	kcal	2469	± 499	2250
Protein	g	88.4	± 18.9	70
Fat	g	66.0	± 19.2	
Carbohydrate	g	313	± 70	
Na	mg	4967	± 1321	
Salt	g	12.5	± 3.37	
K	mg	2944	± 887	
Ca	mg	482	± 113	600
Mg	mg	342	± 103	320
P	mg	1275	± 254	700
Fe	mg	9.29	± 2.15	10
Zn	mg	10.4	± 2.7	12
Cu	mg	1.31	± 0.35	1.8
Retinol equivalent	μgRE	749	± 277	600
Vitamin D	μg	7.71	± 4.51	3
Vitamin E	mg α-TE	9.04	± 2.66	10
Vitamin K	μg	207	± 73	65
Vitamin B1	mg	1.07	± 0.32	1.1
Vitamin B2	mg	1.33	± 0.38	1.2
Nicotinic acid	mgNE	27.2	± 11.9	16
Vitamin B6	mg	1.72	± 0.49	1.6
Vitamin B12	μg	9.79	± 5.45	2.4
Folic acid	μg	344	± 119	200
Pantothenic acid	mg	6.92	± 2	5
Vitamin C	mg	81.4	± 27	100
Cholesterol	mg	403	± 142	
Dietary fiber	g	13.1	± 3.58	
Energy intake ratio of fat	%	23.9	± 4.55	
Energy intake ratio of carbohydrate	%	50.9	± 5.69	
Ca/Mg ratio		1.51	± 0.56	
P/Ca ratio		2.75	± 0.70	

Data are mean ± SD (n=20)

*30 - 49 years old man

ことが知られている^{19, 20)}。ビタミンKの主摂取源は、野菜が占めている¹⁶⁾。また、1999年の第五次改訂により新しく所要量が決定されたビタミンKの所要量の算定には腸内細菌による産生と供給が考慮されて¹⁵⁾、所要量が若干低値である可能性が考慮される。既に、平内らにより腸内細菌が産生するビタミンKの生体での利用は否定されており、実際の栄養状態と栄養計算上の摂取充足状況の間にずれがあると考えられる。

ミネラル類は、Ca、鉄 (Fe)、亜鉛 (Zn)、銅 (Cu) の所要量充足率をみると、不足傾向が認められたが、Pは所要量の1.8倍の摂取であった。Caの摂取量は482mgで、国民栄養調査結果²¹⁾の491mg (30～49歳平均摂取量) よりも少なかった。本調査対象者は、多くの栄養素の充足状況は国民栄養調査による同年代の男性とほぼ同様であったが、国民栄養調査では不足していたMgとビタミンB6の摂取が充足されていた。

食事からのCa、Mg、P摂取量と血漿生化学検査、血漿および全血中Ca、Mg、P濃度の相関関係について検討したが、有意の関係は認めなかった。Ca/Mg摂取比と、中性脂肪 ($r = 0.66$, $p < 0.01$)、リン脂質 ($r = 0.47$, $p < 0.05$) の間に有意の正の相関関係が認められた (Fig. 2) が、Ca/Mg摂取比、P/Ca摂取比と血漿および全血中Ca、Mg、P濃度の間には有意の相関関係を認められなかった。

本調査対象者をCa/Mg摂取比の高低により2群に分け血漿脂質系指標値について比較検討した (Fig. 3)。Ca/Mg摂

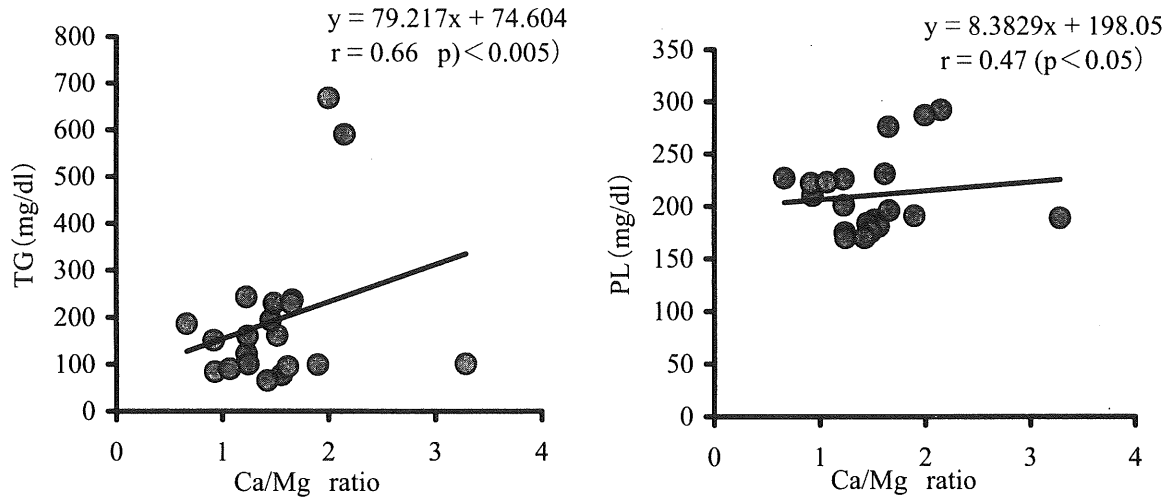


Fig. 2 Correlation Ca/Mg ratio in food intake and lipid parameters in plasma.

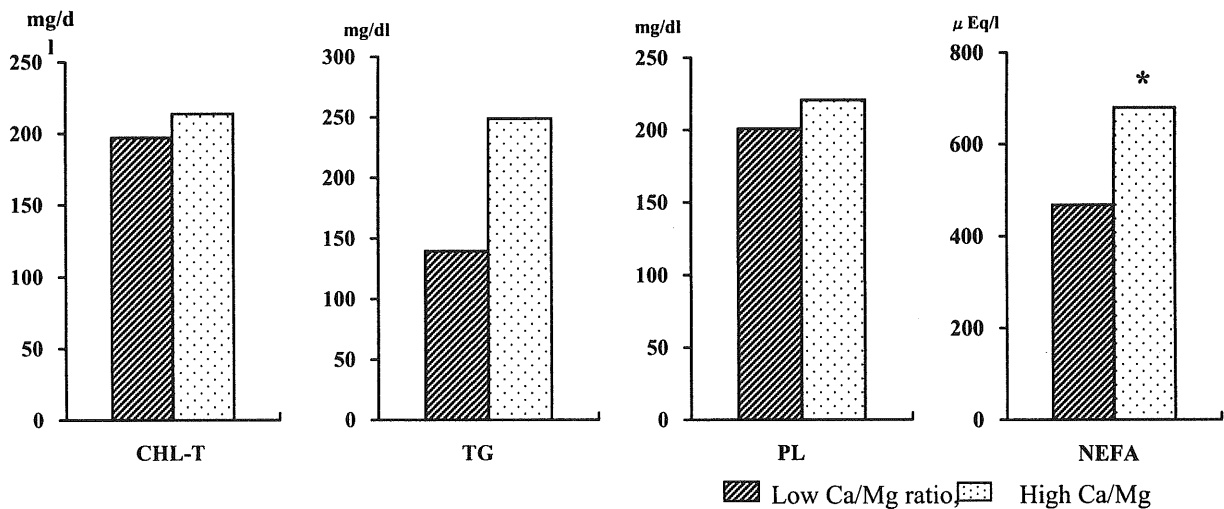


Fig. 3 Ca/Mg ratio in food intake and lipid parameters in plasma. * $p < 0.05$

取比低値グループは、総コレステロール、中性脂肪、リン脂質の平均値がCa/Mg摂取比高値グループに比較して低値傾向を示し、遊離脂肪酸は有意の低値を示した。Ca/Mg摂取比が低い食生活をしている国々では循環器疾患による死亡が少ないという報告^{2, 22)}、低Mg摂取が冠動脈疾患、高コレステロール血症、糖尿病の危険因子の一つであること²³⁾など、Mgと循環器疾患、高脂血症の関連については多くの報告があるが、今回の結果もそれを支持すると考えられる。我々の行った中国人の調査²⁴⁾では、Caの充足率は中国所要量800mgに対し男女とも50-60% (400-480mg) と低く、一方、Mgの摂取量は男女ともに300mgを超え、日本での調査結果 (150-250mg)^{5, 25, 26)}に比較して高値で、Ca/Mgの摂取比は男子1.35、女子1.33と低値であった。この調査対象者では循環器疾患関連の検査異常者は認められず、また、Caの摂取量が低値であるに関わらず、体格は頑健で、腰痛などの訴えもなかった。Ca、Mgのそれぞれの摂取量のみではなく、Ca/Mgの摂取比率、摂取バランスの重要性が再確認された。それぞれ単独の栄養素摂取の過不足のみならず、栄養素間の摂取バランスを考慮した食事摂取が重要であることが再確認された。

文 献

- 1) Schroeder HA (1960) Relations between mortality from cardiovascular diseases and treated water supplies. *J Ame Med Assoc* 172, 1902-1908.
- 2) Karppanen H, Pennanen R and Passinen L (1978) Minerals, coronary heart disease and sudden coronary death. *Adv Cardiol* 25: 9-24.
- 3) Altura BM, Altura BJ, Gebrewold J, Bloom S (1984) Magnesium deficiency and hypertension: correlation between magnesium-deficient diets and microcirculatory changes in situ. *Science* 223, 1315-1317.
- 4) 厚生省保健医療局 (2001) 国民栄養の現状 第一出版.
- 5) 木村美恵子, 木村一秀, 永井清久, 泰永 募, 森川 雅, 夏山 知, 糸川嘉則 (1984) 日本人のマグネシウム摂取量の推定. *JJSMgR* 3 : 1-16.
- 6) 木村美恵子, 原田武尚, 糸川嘉則 (1983) マグネシウム欠乏ラットにおける血圧, 体温, セロトニン代謝及びミネラル量の変化について. *JJSMgR* 2 : 7-13.
- 7) 木村美恵子, 横井克彦 (1992) 鉄摂取量の違いによるマグネシウム欠乏ラットの血清生化学性状の変化. *JJSMgR* 11 : 19-29.
- 8) Kimura M, Yokoi K (1996) Iron accumulation in tissues of magnesium-deficient rats with dietary iron overload. *Bio Trace Elem Res* 51: 177-197.
- 9) Altura BM (1990) Magnesium dietary intake modulates blood lipid levels and atherogenesis. *Proc Natl Acad Sci USA* 87: 1840-1844.
- 10) Rayssiguier Y, Mbega JD, Durlach V, Gueux E, Durlach J, Giry J, Dalle M, Mazur A, Laurant P, Berthelot A (1992) Magnesium and blood pressure I. *Animal Studies Mag Res* 5: 139-146.
- 11) Davis WH, Leary WP, Reyes AJ, Olhaberry JV (1984) Monotherapy with magnesium increases abnormally low high densitylipoprotein cholesterol. A clinical assay., *Curr Therap Res* 36: 341-346.
- 12) 木村美恵子, 岩淵敦子, 関根健二, 糸川嘉則 (1985) カルシウム欠乏により起こる生体内無機質アンバランスについて - カルシウム欠乏後カルシウム再負荷による影響 -. *微量栄養素研究* 2 : 113-118.
- 13) 木村美恵子, 武田隆久, 松村賢次, 初田直樹, 能美 茂, 横山嘉人 (1998) カルシウム過剰摂取による生体内微量元素の動向. *Biomed Res Trace Elements* 9 : 3.
- 14) Kimura M (1997) Growth check and magnesium imbalance on young rats by over intakes of calcium. *Magnesium. Current Status and New Developments*, ed. by Theophanides T and Anastassopoulou J, Kluwer Academic Publishes, Netherlands: pp.151-168.
- 15) 健康・栄養情報研究会 (1999) 第六次改定日本人の栄養所要量 - 食事摂取基準 -, 第一出版.
- 16) Kimura N, Fukuwatari T, Sasaki R, Hayakawa F, Shibata K (2003) Vitamin intake in Japanese women college students. *J Nutr Sci Vitaminol* 49: 149-155.
- 17) 武田厚子, 平井由美子, 藤田裕子, 上野菜採, 今西雅代, 八木典子, 中川晋一, 永田 宏, 浅見 徹, 武田隆久, 木村美恵子 (2001) マグネシウムは何かから摂取している - 女子大学生の場合 -. *JJSMgR* 20 : 83-85.
- 18) 馬場一雄 (1982) 新生児へのビタミンK使用の歴史. *周産期医学* 12 : 1017-1020.
- 19) Hiraike H, Kimura M, Itokawa Y (1988) Distribution of K vitamins (phyloquinone and menaquinones) in human placenta and maternal and umbilical cord plasma. *Am J Obstet Gynecol* 158: 564-569.
- 20) 平池秀和, 木村美恵子, 糸川嘉則 (1989) 分娩前の母体へのビタミンK2シロップ投与の検討. *ビタミン* 63 : 25-28.
- 21) 健康・栄養情報研究会編 (2004) 国民栄養の現状 平成14年厚生労働省国民栄養調査結果. 第一出版.
- 22) Seelig MS and Heggtivet HA (1974) Magnesium interrelationship in ischemic disease: a review. *Amer J Clin Nutr*

27: 59-79.

- 23) Sigh RB, Niaz MA, Moshiri M, Zheng G, Zhu S (1997) Magnesium status and risk of coronary artery disease in rural and urban populations with variable magnesium consumption. *Magnes Res* 10 (3): 205-213.
- 24) 木村美恵子, 武田隆久, 池川雅哉, 張 震華, 陳 惠君, 初田直樹 (2000) 中国天津住民の健康とカルシウム・マグネシウム摂取状況. *Epidemiology* 10 : 104.
- 25) 木村美恵子, 木村一秀, 永井清久, 糸川嘉則 (1984) 日本人の無機質摂取量について. *微量栄養素研究* 1 : 71-82.
- 26) 木村美恵子, 松本晶博, 永井清久, 糸川嘉則 (1990) ビジネスマンの栄養摂取状況調査. *日本栄養・食糧学会誌* 43 : 379-393.