静岡県における血清 25-Hydroxyvitamin D, 1,25-Dihydroxyvitamin D の分布及び栄養素摂取状況との関連

中 村 美詠子*¹, 青 木 伸 雄*¹, 吹 野 洋 子*²,
飯 樋 洋 二*³, 赤 羽 正 之*³

*¹浜松医科大学衛生学, *²静岡県立大学食品栄養科学部, *³東京農業大学栄養学科

Serum 25-Hydroxyvitamin D and 1,25-Dihydroxyvitamin D Status in Relation to Nutrient Intake in Healthy Japanese Population

Mieko Nakamura*¹, Nobuo Aoki*¹, Yoko Fukino*²,

Yoji Itoi*³ and Masayuki Akabane*³

*¹Department of Hygiene, Hamamatsu University School of Medicine ;

*²School of Food and Nutritional Sciences, University of Shizuoka ;

*³Department of Nutrition, Tokyo University of Agriculture

We conducted a collaborative study as a part of Shizuoka Prefecture Health Project (*Kenmin Kenko Kiso Chousa*) in November, 1995. Subjects were 99 men and 162 women aged 20 to 59 randomly selected from participants of the nutritional survey of the Project. The purpose of this study is to clarify the distribution and level of serum 25-hydroxyvitamin D and 1,25-dihydroxyvitamin D, and the relation between dietary nutrient intake and serum vitamin D status. The results are summarized as follows.

1) The serum level of 25(OH)D in men was higher than that in women. The average 25(OH)D in men in their 20s was 50% higher than in women of the same age group, and 20 to 30% higher in those who were in their 30s, 40s and 50s.

2) In multiple linear regression analysis, the serum concentration of 25(OH)D as a dependent variable was regressed by sex, age, body mass index, nutrient intake and exercise outdoors as independent variables. The concentration of 25(OH)D was higher in men and positively related to aging and dietary vitamin D intake.

3) Two-thirds of dietary vitamin D intake was from fish and shellfish, the major source of dietary vitamin D in Japan.

4) None had serum 25(OH)D deficiency ($<10\text{ng/ml}$) and 2.0% of men and 6.2% of women showed relatively low concentrations of 25(OH)D ($<15\text{ng/ml}$). Average dietary vitamin D intake in the low 25(OH)D group was significantly lower than that in the normal group at 118 and 334 IU per day respectively. The ultrasonic measurement of os calcis revealed that the

Key words : 25-hydroxyvitamin D, 1,25-dihydroxyvitamin D, vitamin D intake, ultrasonic measurement

25-hydroxyvitamin D, 1,25-dihydroxyvitamin D, ビタミンD 摂取量, 超音波測定

mean of SOS (speed of sound) of the low 25(OH)D ($n=8$) was lower than that of the normal 25(OH)D group ($n=52$) at 1,548.4 and 1,557.1 m/sec respectively but not with statistical significance.

Jpn. J. Nutr., 55 (6) 305~313 (1997)

緒 言

重度のビタミンD 欠乏状態が長く続くと、カルシウム及びリンの腸管吸収障害から、軟骨及び骨基質への石灰化障害を来し、骨軟化症に至る¹⁾。ビタミンD の減少による2 次性副甲状腺機能亢進症(代償的な副甲状腺ホルモンの過分泌)は骨のリモデリングを促進し、骨の喪失や骨折の発生を促進する可能性がある¹⁾。そこで、公衆栄養学的には、潜在的あるいは軽度のビタミンD 欠乏状態²⁾が、高齢期における骨粗鬆症や関連骨折の発生に関係しているかどうかに興味をもたれる¹⁾。

血清ビタミンD レベルは、25-hydroxyvitamin D (以下、25(OH)D) 濃度により評価されることが多い^{3~9)}。これは、体内に取り込まれたビタミンD が肝臓で最初に代謝されたもので、D 関連化合物の中で最も高い濃度で血中を循環している^{1,2)}。更に腎臓で代謝を受けた1,25-dihydroxyvitamin D (以下、1,25(OH)₂D) がビタミンD の活性型であり、カルシウム調節作用を始めとした生理作用を示す^{1,2)}。血清ビタミンD の分布、欠乏状態、及び季節変動を中心としたその関連要因は、欧米において広く研究されてきた^{3~9)}が、我が国における報告は少ない¹⁰⁾。関連要因の中でも、食事からのビタミンD 摂取量等との関連を定量的に詳細に評価した研究は稀である¹⁾。本研究は、静岡県の地域住民における血清ビタミンD の分布とその低値者の特徴、及び食生活との関連を明らかにすることを主な目的とする。

方 法

本研究は、平成7 年11 月に静岡県保健衛生部(現健康福祉部)により実施された静岡県県民健康基礎調査(以下、基礎調査)対象者の一部を抽出して実施した。基礎調査は、無作為に抽出した静岡県内17 地区に在住する1,470 人を対象として、血液検査、血圧測定、問診、食事調査、超音波骨粗鬆症検査等を行った。食事調査は、1 日に食べた食品全てを被調査者に秤量、記録してもらい、保健所栄養士が各家庭を訪問した上で、記入漏れなどの確認を行い回収した。超音波骨粗鬆症検査は、ルナー社製 A-1000 を用いて、踵骨の超音波伝導速度(SOS: speed of sound)と広周波数帯域超音波減衰係数(BUA: broadband ultrasound attenuation)を求めた。本研究では、基礎調査において血液検査を受けた20~59 歳の男女465 人(17 地区)のうち、地区単位で抽出した8 地区の265 人(抽出率57.0%)を対象とした。このうち3 人は十分な採血量が得られず、また1 人は屋外での運動状況が不明のため分析から除外し、分析対象者は男性 99 人、女性 162 人の計261 人となった。

血清中の25(OH)D は、競合たんぱく結合法により測定した。また、採血量を確保できた女性156 人については、ラジオレセプター法により1,25(OH)₂D を測定した²⁾。本来は男女全員についての測定が望まれるところであるが、測定能力等の諸事情により、本研究では男性の1,25(OH)₂D を測定することができなかった。血清ビタミンD については、25(OH)D が10.0ng/ml未満を25(OH)D 欠乏、10.0ng/ml以上15.0ng/ml未満を25(OH)D 低値(潜在的欠乏)、1,25(OH)₂D が15.0pg/ml未満を1,25(OH)₂D 低値とした^{2,3)}。エネルギー摂取状況、超音波踵骨測定値等については、基礎調査のデータをレコード・リンケージして分析に用いた。ま

図1 25(OH)Dの性別分布

表1 25(OH)D, 1,25(OH)₂Dの年齢階級別平均値と標準偏差

	男 性			女 性		
	人 数	平均値	標準偏差	人 数	平均値	標準偏差
25(OH)D (ng/ml)						
20~29 歳	6	27.5	11.0	17	17.9	7.5
30~39 歳	25	29.4	8.3	44	23.0	6.4
40~49 歳	48	28.5	6.4	56	21.8	4.8
50~59 歳	20	30.2	8.8	45	24.5	8.1
全年齢	99	29.0	7.6	162	22.5	6.8
1,25(OH) ₂ D (pg/ml)						
20~29 歳	—	—	—	16	51.9	23.5
30~39 歳	—	—	—	44	48.6	11.5
40~49 歳	—	—	—	53	47.9	16.6
50~59 歳	—	—	—	43	49.0	13.6
全年齢	—	—	—	156	48.8	15.3

* $p < 0.05$

た、特に食事からのビタミンD、K等の摂取状況は、基礎調査の1日記録秤量法の結果を基に、日本食品ビタミンD成分表¹¹⁾、ビタミンK・B₆・B₁₂成分表¹²⁾、無機質成分表¹³⁾、及び食物繊維成分表¹⁴⁾を用いて把握した。なお、基礎調査時の踵骨超音波測定は、20~39歳の女性を対象として実施されたため、測定者数は60人となっている。

統計パッケージは、SPSS 6.13Jを用い、2群の平均値の差は t 検定、3群以上ではDuncunの多重比較検定、2群の比率の差は χ^2 検定を用いて検討した。

結 果

血清25(OH)Dの性別分布を図1に示した。男性は女性に比べ高値に分布していた。また、性・年齢階級別

図2 1,25(OH)₂Dの分布

表2 25(OH)D 低値群と標準群の比較

		低値群 (25(OH)D<15.0ng/ml)	標準群 (25(OH)D≥15.0ng/ml)	p 値
人数	(人)	12	249	
25(OH)D	(ng/ml)	12.3±1.1	25.6±7.4	p<0.001
女性の割合	(%)	83.3	61.0	NS
年齢	(歳)	35.8±12.8	43.4±8.9	NS
BMI	(kg/m ²)	21.6±2.0	22.6±3.0	NS
エネルギー摂取量	(kcal/日)	1,745.3±384.4	2,052.5±579.0	NS
カルシウム摂取量	(mg/日)	448.1±214.9	534.0±254.2	NS
マグネシウム摂取量	(mg/日)	173.3±78.5	216.2±89.7	NS
ビタミンD 摂取量	(IU/日)	118.3±108.8	334.2±487.5	p<0.001
ビタミンK 摂取量	(μg/日)	325.2±234.5	451.2±399.1	NS
総食物繊維摂取量	(g/日)	10.4±4.6	13.0±5.1	NS
うち水溶性	(g/日)	1.5±0.8	2.1±1.0	NS
うち不溶性	(g/日)	8.8±4.0	10.4±4.0	NS
屋外で運動をしている者の割合	(%)	33.3	32.5	NS

NS: not significant

に 25(OH)D の平均値を比較すると、男性の 20 歳代では女性より約 50% 高く、30~50 歳代では 20~30% 高かった (表 1)。女性の 20 歳代は、他の年齢階級に比べ有意に低値を示したが、男性は各年齢階級間で有意な差を示さなかった。また、本研究対象の 20~59 歳男女全体では、25(OH)D は年齢と有意な正相関を示した ($r=0.165$, $p<0.01$)。女性における血清 1,25(OH)₂D の分布を図 2 に示した。1,25(OH)₂D は、18.1~108.0pg/ml の間に分布していた。1,25(OH)₂D の平均値は、各年齢間で有意な差を示さなかった。

男女ともに 25(OH)D 欠乏の者はいなかった。しかし、男性の 2.0% (2 人)、女性の 6.2% (10 人) に 25(OH)D 低値がみられた (表 2)。低値群の 25(OH)D の平均値は 12.3ng/ml、標準群では 25.6ng/ml であっ

表3 25(OH)D, 1,25(OH)₂D と栄養素等摂取量の相関係数

	1,25(OH) ₂ D	性* ¹	年齢	BMI	エネルギー
25(OH)D	0.213**	-0.409***	0.165**	0.090	0.212**
1,25(OH) ₂ D	1.000	—	0.010	0.030	-0.058
性* ¹		1.000	-0.015	-0.143*	-0.453***
年齢			1.000	0.232***	-0.010
BMI				1.000	0.091
エネルギー					1.000
ビタミンD					
カルシウム					
マグネシウム					
ビタミンK					
総食物繊維					

	ビタミンD	カルシウム	マグネシウム	ビタミンK	総食物繊維
25(OH)D	0.185**	0.037	0.200**	0.086	0.121
1,25(OH) ₂ D	0.017	-0.072	-0.089	0.014	-0.009
性* ¹	-0.087	-0.025	-0.275***	-0.034	-0.137*
年齢	0.067	0.168**	0.084	0.125*	0.216***
BMI	0.066	0.038	0.119	0.002	0.159*
エネルギー	0.198**	0.378***	0.647***	0.182**	0.536***
ビタミンD	1.000	0.297***	0.244***	0.000	0.116
カルシウム		1.000	0.577***	0.328***	0.578***
マグネシウム			1.000	0.313***	0.710***
ビタミンK				1.000	0.346***
総食物繊維					1.000

$n=261$, ただし 1,25(OH)₂D について (女性) は $n=156$. *¹ 男 0, 女 1.

*** $p<0.001$, ** $p<0.01$, * $p<0.05$

た。低値群は標準群に比べて年齢が若く、エネルギー、ビタミンD、総食物繊維摂取量が少ない傾向を示した。これらの要因の中で、ビタミンD摂取量のみが統計学的に有意で、標準群では334 IU/日摂取されていたのに対し、低値群では118 IU/日と標準群の約1/3の摂取量であった。ビタミンDを摂取食品別にみると、64.4%が魚介類から、20.1%が卵類から、13.1%がきのこ類から、3.4%が肉類から摂取されていた。各年齢階級で男性のビタミンD摂取量は女性より多く、その平均値は、男性 377.4 ± 522.6 IU/日、女性 291.8 ± 448.6 IU/日であったが、この差は統計学的には有意ではなかった。超音波法による踵骨測定値は、25(OH)D低値群のSOSが $1,548.4 \pm 24.3$ m/秒と標準群の $1,557.1 \pm 29.2$ m/秒に比べやや低い値を示したが、統計学的には有意ではなかった。また、両群のBUAの平均値に差はみられなかった。1,25(OH)₂Dが15pg/ml未満の低値者はいなかった。また、1,25(OH)₂Dと25(OH)Dは、有意な正相関を示した ($r=0.213$, $p<0.01$)。

25(OH)D, 1,25(OH)₂Dと年齢, BMI (body mass index), 及び栄養素等摂取量の相関係数を表3に示した。25(OH)Dは年齢, エネルギー, ビタミンD, マグネシウム摂取量と有意な正相関を示したが、1,25(OH)₂Dはこれらの要因と有意な相関を示さなかった。次に、25(OH)Dを従属変数とし、性, 年齢, BMI, 各栄養素等摂取量, 及び屋外運動状況を独立変数として重回帰分析を実施し、25(OH)Dとこれらの要因との関連を検討した (表4)。25(OH)Dは女性で低く、年齢が高いほど高かった。また、栄養素等摂取量の中でビタミンD摂取量のみが有意な関連を示し、食事からのビタミンD摂取量が多いほど25(OH)Dは高

かった。1,25(OH)₂D に関しても同様の検討を行ったが、これらの要因との間に明らかな関連はみられなかった (表5)。

考 察

血清 25(OH)D レベルやその関連要因は、主に米国³⁻⁶⁾や、スイス⁷⁾、ベルギー⁸⁾、デンマーク⁹⁾等のヨーロッパ諸国において注目され、報告されてきた。

25(OH)D の測定法には、競合たんぱく結合法^{4, 6, 8)}、HPLC 法¹⁰⁾、RIA 法^{5, 8)}等があるが、一般に競合たんぱく結合法が多く用いられており、本研究も同法によった。血清 25(OH)D レベルを国際的に比較するためには、対象として職域集団や地域住民のようなよく定義された集団を選ぶことが望ましいが、そのような研究は比較的少ない⁵⁻⁷⁾。本研究対象は、静岡県民を比較的よく代表していると考えられる。静岡県民の血清 25(OH)D レベルは、スイス (25~74 歳、平均 20.0ng/ml)⁷⁾ よりも高く、米国 (20~94 歳、平均 27.6

~35.4ng/ml)^{5, 6)} よりも低かった。また、日本における小林らの報告 (6~73 歳、平均 23.8ng/ml)¹⁰⁾ と同程度であった。小林らの報告¹⁰⁾ と本研究では、その研究方法に主に 2 つの違いがみられる。前者¹⁰⁾ においては、25(OH)D は HPLC 法により測定されており、また、対象者は病院で肝機能測定のために採血され、異常が見つからなかった者、及びボランティアとなっている。しかし、両研究での研究方法の違いにもかかわらず、血清 25(OH)D レベルは類似していた。また、25(OH)D の欠乏状況を国際的に比較すると、本研究では欠乏者 (<10ng/ml) はおらず、低値者 (<15ng/ml) も男性で 2.0%、女性で 6.2%であり、スイス⁷⁾ での欠乏者 [≤20nmol/L (= 8 ng/ml)] 6%、低値者 [<38nmol/L (=15.2ng/ml)] 35%と比べ少なかった。

血清 25(OH)D と性、年齢との関連については、欧米では本研究と同様、男性の 25(OH)D は女性より高いとする報告⁴⁻⁶⁾が多いが、25~44 歳では女性でやや高いとする報告⁷⁾もある。本研究では、男性のビタミン

表4 重回帰分析による 25(OH)D と栄養素等摂取量、屋外運動状況との関連

	標準化偏回帰係数	p 値	R ²
			0.225
性* ¹	-0.378	p<0.001	
年齢 (歳)	0.157	p<0.01	
BMI (kg/m ²)	-0.017	NS	
エネルギー摂取量 (kcal/日)	-0.028	NS	
ビタミンD 摂取量 (IU/日)	0.157	p<0.01	
カルシウム摂取量 (mg/日)	-0.122	NS	
マグネシウム摂取量 (mg/日)	0.113	NS	
ビタミンK 摂取量 (μg/日)	0.062	NS	
総食物繊維摂取量 (g/日)	0.004	NS	
屋外運動* ²	0.011	NS	

*¹ 男 0, 女 1, *² 運動している 0, 運動していない 1

NS: not significant

表5 重回帰分析による 1,25(OH)₂D と栄養素等摂取量、屋外運動状況との関連

	標準化偏回帰係数	p 値	R ²
			0.024
年齢 (歳)	-0.013	NS	
BMI (kg/m ²)	0.035	NS	
エネルギー摂取量 (kcal/日)	-0.028	NS	
ビタミンD 摂取量 (IU/日)	0.077	NS	
カルシウム摂取量 (mg/日)	-0.089	NS	
マグネシウム摂取量 (mg/日)	-0.156	NS	
ビタミンK 摂取量 (μg/日)	0.052	NS	
総食物繊維摂取量 (g/日)	0.136	NS	
屋外運動* ¹	0.012	NS	

*¹ 運動している 0, 運動していない 1

NS: not significant

D 摂取量は各年齢階級で女性より多く、25(OH)D の性差の一因となっていると考えられる。また、血清 25(OH)D と年齢との関連については、Sherman ら⁶⁾、Burnand ら⁷⁾ は各々 20~94 歳、25~74 歳の男女において、年齢と有意な関連を示さなかったとし、Dawson-Hughes ら⁶⁾ は 65~87 歳の男女において加齢に伴う低下がみられたと報告している。Lund ら⁹⁾ は、ビタミン D 剤を服用していない対象者 (18~93 歳) において、夏にだけ、25(OH)D と年齢との間に負の相関を観察しており ($r=-0.55$)、25(OH)D と年齢との関連は、ビタミン D の摂取状況や季節により修飾されと考えられる。また、本研究では小林ら¹⁰⁾ と同様に 20 歳代女性で特に低い傾向がみられた。小林ら¹⁰⁾ は、化粧品使用の影響を推測しているが、その影響を明らかに示した研究は見当たらない。なお、血清 25(OH)D が季節変動を示す^{3~10)} ことは既に明らかにされている。健康な一般人の紫外線 (UVB) 曝露量は、日照時間が長い季節に多いため、血清 25(OH)D は夏に高値を示し、冬に低下する^{3~10)}。日本では、8 月と 2 月に最大及び最小となる¹⁰⁾。本研究は 1 回のみの測定であり、季節変動を考慮していないが、11 月という測定時期は、血清 25(OH)D の年間の変動内ではほぼ中間に位置すると思われる。

25(OH)D レベルに影響する要因には、主に皮膚におけるビタミン D 生成量と食事から摂取されるビタミン D 量が考えられるが、両者とも簡便に定量的に評価することは難しい。血清ビタミン D に関連する食生活要因を定量的に明らかにした報告は限られている⁴⁾。骨粗鬆症はカルシウムやビタミン K 等の摂取不足¹⁵⁾ や低体重とも関連しているが、血清ビタミン D とこれらの栄養素との間の関連をみた研究は見当たらない。そこで本研究では、骨粗鬆症との関連が報告されているビタミン K¹⁵⁾ や、カルシウム、リンとともに主要な骨の構成成分であるマグネシウム¹⁶⁾ 等の栄養素も同時に検討した。リン摂取量も骨粗鬆症との関連において注目されているが、カルシウム摂取量との相関係数が最も高かった ($r=0.738$) ため、分析から除外した。その結果、エネルギー摂取量や他の骨粗鬆症関連の栄養素摂取量を考慮しても、ビタミン D 摂取量が有意に血清 25(OH)D レベルに関連していることが分かった。

また、日本人の食生活において、ビタミン D の 2/3 は魚介類から摂取されていることが明らかにされた。国民栄養調査成績を用いた研究¹⁶⁾ でも、ビタミン D の 75% 以上が魚介類から摂取されており、魚介類は日本人における主要なビタミン D の供給源といえる。米国では牛乳を始めとした多くの食品にビタミン D が添加されている¹⁾ が、我が国やヨーロッパ諸国⁷⁾ ではほとんど添加されていない。食生活という観点から、米国ではビタミン D 添加食品が血清 25(OH)D レベルの維持に役立っているが、日本では魚介類の摂取習慣が役立っていると考えられる。また小林¹⁷⁾ は、日本における 1 日の日照射量から皮膚でのビタミン D 生成量を求め、晴天日の夏は 716 IU/日、冬は 392 IU/日と報告している。皮膚での生成量は、地域の他、個人の活動状態とも関連し、屋外に出ることの少ない施設入居者では低い³⁾。本研究の結果、血清 25(OH)D 低値群では食事からのビタミン D 摂取が標準群の約 1/3 と少ないことが明らかにされ、皮膚でのビタミン D 生成量のみでは、血清 25(OH)D レベルを維持できないと推定された。日照に恵まれている静岡県においても、ビタミン D 摂取不足により潜在的 25(OH)D 欠乏が起り得るといえる。

本研究では、血清 25(OH)D と骨量との関連について、血清 25(OH)D 低値群の超音波踵骨測定値 (SOS) は標準群に比べやや低い傾向を示したものの、統計学的には有意ではなかった。辻ら¹⁸⁾ は、女子高校生を対象とした研究において、食事からのビタミン D 摂取量と腰椎骨塩量 (DXA 法) との間に有意な正相関 (対象者数 29 人, $r=0.484$) を認めている。また、血清 25(OH)D が 110 nmol/L (=44 ng/ml) を下回ると、副甲状腺ホルモンは上昇し始めることが報告⁶⁾ されている。潜在的ビタミン D 欠乏と、これによる副甲状腺ホルモン

の過分泌が骨量の低下や骨粗鬆症の発症に及ぼす影響については、別途研究が必要である。

要 約

本研究は、平成7年11月に実施された静岡県県民健康基礎調査とともに実施した。研究対象は、基礎調査における栄養調査参加者より無作為に抽出した20～59歳の男性99人、女性162人である。本研究の目的は、血清25-hydroxyvitamin Dと1,25-dihydroxyvitamin Dの分布とレベル、及び食事からの栄養素等摂取状況と血清中のビタミンDの状況との関連を検討することである。結果を以下に要約する。

1) 男性の血清25(OH)Dレベルは、女性に比べ高値を示した。男性の25(OH)Dの平均値は、20歳代では女性より約50%高く、30～50歳代では20～30%高かった。

2) 血清25(OH)Dを従属変数とし、性、年齢、body mass index、栄養素等摂取量及び屋外運動状況を独立変数として重回帰分析を行った。25(OH)Dは男性で高く、また加齢や食事からのビタミンD摂取量と正の関連を示した。

3) 食事からのビタミンDの約2/3は魚介類から摂取されており、日本においては、魚介類が食事からの主要なビタミンD供給源であった。

4) 血清25(OH)Dが欠乏(<10ng/ml)していた者はいなかったが、男性の2.0%、女性の6.2%が低値(<15ng/ml)を示した。低値群の食事からのビタミンD摂取量は、標準群に比べ有意に少なかった。すなわち、低値群では118 IU/日、標準群では334 IU/日であった。また、超音波による踵骨の測定において、低値群($n=8$)の伝導速度(SOS)の平均値は、標準群($n=52$)に比べやや低値を示し、それぞれ1,548.4, 1,557.1m/秒であったが、統計学的には有意ではなかった。

*

本研究は、静岡県による「静岡県における健康実態基礎調査研究」委託費、及び浜松医科大学教育研究特別経費(特別分)の助成を受けて実施した。平成7年静岡県県民健康基礎調査の実施主体である静岡県保健衛生部(現健康福祉部)、静岡県各保健所、「正しい食習慣推進検討会」、及び上記栄養調査にご協力いただいた元浜松医科大学衛生学の萩原見早子管理栄養士に感謝いたします。

文 献

- 1) Parfitt, A. M., Gallagher, J. C., Heaney, R. P., Johnston, C. C., Neer, R. and Whedon, G. D.: Vitamin D and bone health in the elderly, *Am. J. Clin. Nutr.*, **36**, 1014～1031 (1982)
- 2) 小林 正: ビタミンDのすべて/尾形悦郎, 須田立雄, 小椋陽介編, pp. 35～44 (1993) 講談社, 東京
- 3) Webb, A. R., Pilbeam, C., Hanafin, N. and Holick, M. F.: An evaluation of the relative contributions of exposure to sunlight and of diet to the circulating concentrations of 25-hydroxyvitamin D in an elderly nursing home population in Boston, *Am. J. Clin. Nutr.*, **51**, 1075～1081(1990)
- 4) Omdahl, J. L., Garry, P. J., Hunsaker, L. A., Hunt, W. C. and Goodwin, J. S.: Nutritional status in a healthy elderly population: vitamin D, *Am. J. Clin. Nutr.*, **36**, 1225～1233 (1982)

- 5) Sherman, S. S., Hollis, B. W. and Tobin, J. D. : Vitamin D status and related parameters in a healthy population : The effects of age, sex, and season, *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, **71**, 405~413 (1990)
- 6) Dawson-Hughes, B., Harris, S. S. and Dallal, G. E. : Plasma calcidiol, season, and serum parathyroid hormone concentrations in healthy elderly men and women, *Am. J. Clin. Nutr.*, **65**, 67~71 (1997)
- 7) Burnand, B., Sloutskis, D., Gianoli, F., Cornuz, J., Rickenbach, M., Paccaud, F. and Burckhardt, P. : Serum 25-hydroxyvitamin D : distribution and determinants in the Swiss population, *Am. J. Clin. Nutr.*, **56**, 537~542 (1992)
- 8) Bouillon, R. A., Auwerx, J. H., Lissens, W. D. and Pelemans, W. K. : Vitamin D status in the elderly : seasonal substrate deficiency causes 1,25-dihydroxycholecalciferol deficiency, *Am. J. Clin. Nutr.*, **45**, 755~763 (1987)
- 9) Lund, B. and Sorensen, O. H. : Measurement of 25-hydroxyvitamin D in serum and its relation to sunshine, age and vitamin D intake in the Danish population, *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, **39**, 23~30 (1979)
- 10) Kobayashi, T., Okano, T., Shida, S., Okada, K., Sugino, T., Nakao, H., Kuroda, E., Kodama, S. and Matsuo, T. : Variation of 25-hydroxyvitamin D₃ and 25-hydroxyvitamin D₂ levels in human plasma obtained from 758 Japanese healthy subjects, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **29**, 271~281 (1983)
- 11) 科学技術庁資源調査会編 : 日本食品ビタミンD成分表, pp. 1~77 (1993) 大蔵省印刷局, 東京
- 12) 科学技術庁資源調査会編 : 日本食品ビタミンK, B₆, B₁₂成分表, pp. 1~114 (1995) 大蔵省印刷局, 東京
- 13) 科学技術庁資源調査会編 : 日本食品無機質成分表, pp. 1~205 (1991) 大蔵省印刷局, 東京
- 14) 科学技術庁資源調査会編 : 日本食品食物繊維成分表, pp. 1~45 (1992) 大蔵省印刷局, 東京
- 15) 金木正夫, 水野有三, 細井孝之, 井上 聡, 星野真二郎, 秋下雅弘, 明渡陽子, 堀木清美, 中村哲郎, 白木政孝, 大内尉義, 折茂 肇 : 退行期骨粗鬆症における血清ビタミンK濃度の検討, 日本老年医学会雑誌, **32**, 195~199 (1995)
- 16) 竹内敦子, 岡野登志夫, 平原文子, 小林 正 : 健常な日本人の食事性ビタミンD摂取量, ビタミン, **67**, 417~427 (1993)
- 17) 小林 正 : 日光照射とビタミンDの栄養について, 衛生化学, **31**, 156~170 (1985)
- 18) 辻 秀一, 佐保由美子, 勝川史憲, 大西祥平, 山崎 元 : 女子高校生のビタミンD摂取状況と骨塩量への影響, ビタミン, **70**, 309~315 (1996)

(受付 : 平成9年7月2日)