

## 정상 성인의 혈청 Vitamin D 수준과 이에 영향을 주는 변인에 관한 연구\*

문수재 · 김수원 · 김정현 · 임승길\*\*

연세대학교 생활과학대학 식품영양학과  
연세대학교 의과대학 내과학교실\*\*

### A Study on Vitamin D Status and Factors Affecting It in Young Adults

Moon, Soo-Jae · Kim, Soo-Won · Kim, Jung-Hyun · Lim, Sung-Kil\*\*

Department of Foods and Nutrition, Yonsei University, Seoul, Korea  
Department of Internal Medicine,\*\* Yonsei University, Seoul, Korea

#### ABSTRACT

In this study, the serum level of 25-hydroxyvitamin D(25-(OH)D) was measured by high pressure liquid chromatography(HPLC), and factors affecting it were investigated in 72 young adults age ranging from 21 years to 39 years with normal bone density.

The mean level of serum 25-(OH)D was  $20.0 \pm 6.8$  ng/ml in males and  $26.1 \pm 12.3$  ng/ml in females, which was significantly higher in females ( $p < 0.01$ ). The serum level of parathyroid hormone(PTH) showed a negative correlation with that of 25-(OH)D ( $p < 0.05$ ). Time spent outdoors in a day correlated positively with the serum level of 25-(OH)D ( $p < 0.01$ ). During the day, a specific time between 12 : 00 a.m. and 2 : 00 p.m. showed the most significant correlation with the level of 25-(OH)D ( $p < 0.005$ ). Among the nutrients studied, fat and vitamin D intake were positively correlated with the serum 25-(OH)D level.

Stepwise multiple regression analysis showed that the serum level of 25-(OH)D could be fit by vitamin D intake(34.7% explained), serum PTH level(27.3% explained), and the time spent outdoors during the specific time(28.4% explained). (*Korean J Nutrition* 29(7) : 747~757, 1996)

**KEY WORDS** : vitamin D status · serum 25-hydroxyvitamin D · parathyroid hormone · time spent outdoors · vitamin D intake.

#### 서 론

인체의 지주(支柱)라고 할 수 있는 골격을 견고하게 형성하고 건강하게 유지하는 것은 일생을 통해 가장 기본적인 요건이다. 골격의 형성과 석회화는 여러 호르몬에 의해 조절되는데, vitamin D는<sup>1-3)</sup> 칼슘과 인의 항상성 유지에 관여하여 parathyroid hormone(PTH), calcitonin과 함

께 골격 유지에 필수적인 요소이다.

다른 영양소와는 달리 vitamin D는 식사를 통해서 뿐만 아니라 자외선에 의한 피부 합성으로도 요구량이 충족될 수 있으므로 그 중요성이 두드러지지 않았다<sup>4)</sup>. 그러나 최근 생활 환경의 변화로 현대인들이 실내에서 생활하는 시간이 많아지면서 vitamin D의 피부 합성 기회는 점차로 감소되고, 골절 등 골대사 질환의 발병이 증가되고 있음이 보고되었다<sup>5)</sup>. 이에 따라 골대사의 조절 물질인 vitamin D의 중요성이 대두되고 있다.

Vitamin D 상태에 영향을 주는 것으로 알려진 요인으로는 피부에서의 합성에 영향을 미치게 되는 요인인

채택일 : 1996년 7월 26일

\*본 연구는 과학재단 '95 핵심 연구 과제의 연구비로 수행되었음.

자외선 및 피부의 상태와, 식사를 통한 공급을 들 수 있다. 자외선은 그 지역의 위도, 하루중의 시간<sup>6)</sup>, 계절<sup>6-13)</sup>, 지형<sup>14)</sup>에 따라 달라지며 자외선 차단제의 사용<sup>15-16)</sup>과 의복의 착용<sup>17)</sup>, 건물의 유리<sup>5)</sup>나 공해<sup>14)</sup>에 의해서 방해를 받는 것으로 알려져 있다. 피부의 조건으로는 피부내에 존재하는 전구체의 양<sup>18)</sup>, 피부의 색소<sup>19)</sup> 등이 영향을 미칠 것으로 간주되어 이에 대한 연구가 이루어진 바 있다. 식사로 공급되는 vitamin D의 급원은 이차적인 것으로 알려져 왔지만 생활 환경의 변화, 활동이 부족한 노인의 경우 자외선에 의한 합성이 충분하지 못하므로 식사를 통한 섭취가 상대적으로 중요한 의미를 가지게 된다. Vitamin D 섭취량과 혈청 25-hydroxyvitamin D(25-(OH)D) 사이의 양의 상관관계는 여러 연구에서 공통적으로 나타난 바 있으며<sup>20-22)</sup>, vitamin D 상태와 관련이 있는 생화학적 변인들로는 PTH, alkaline phosphatase(ALP), creatinine, 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg) 그리고 인(P) 등이 알려져 있다.<sup>11)20-27)</sup>

체내의 vitamin D 상태를 평가할 수 있는 가장 좋은 지표는 vitamin D의 체내 주 순환형인 25-(OH)D가 알려져 있다.<sup>28-30)</sup> 국외의 경우 지역에 따른 혈청 25-(OH)D 수준 평가 및 이에 영향을 주는 자외선 노출<sup>6-13)</sup>, 식사 섭취<sup>8)10)</sup> 및 연령<sup>13)30-32)</sup>에 따른 혈청 25-(OH)D 상태에 관한 연구들이 있고, 최근에는 골질환에 있어 취약한 집단인 폐경 후 여성과 노인층에 연구가 집중되어 진행되고 있다.<sup>30-32)</sup>

그러나 우리나라의 경우는 아직 25-(OH)D의 분석 방법조차 정립되어 있지 못한 실정이며 한국인의 25-(OH)D 수준을 보여주고 있는 연구는 거의 없는 상태이다. 혈청 25-(OH)D의 수준은 자외선에의 노출에 의한 영향이 크므로, 한국의 지리적 위치의 특성, 즉 위도, 계절에 따라 크게 달라지며<sup>21-31)41)</sup>, 생활 환경 및 생활 습성에 따라서도 변화될 수 있다. 따라서 우리나라 사람들의 25-(OH)D 수준의 평가 기준을 위한 측정치가 마련되어야 한다.

이에 본 연구에서는 골밀도가 정상으로 판정된 젊은 성인을 대상으로 혈청 25-(OH)D의 수준을 측정하였고, 이와 관련된 변인들을 탐색하여 변인들 간의 상관성 및 이들 요인이 혈청 25-(OH)D 수준에 미치는 영향력을 규명하여 한국 정상인의 혈청 25-(OH)D 수준에 대한 기초 자료로서 제시하고자 하였다.

## 연구 방법

### 1. 연구 대상자의 선정

1994년 8~10월의 3개월 동안 21세에서 39세의 성인

남녀를 모집하여 이들을 대상으로 골절된 적이 없으며 주로 사용하지 않는 팔의 원위 요골부위(distal site of nondominant forearm)의 골밀도를 측정한 결과 Z-score가 -1.0이내에 포함되어 골밀도가 정상인 사람들을 선정하였다. 이들 중 혈청내 vitamin D 대사물질의 수준에 영향을 주는 것<sup>23)</sup>으로 알려진 간, 신장질환, 당뇨, 대사성 골질환 등의 질병력이 있거나 종합 비타민제, 칼슘 보충제, 호르몬제, 스테로이드, 항경련제 등의 약물을 복용하는 사람은 제외시켰으며, 여성의 경우는 폐경 전 여성만을 포함시켰다.

## 2. 자료 수집 및 분석 방법

### 1) 혈액 채취 및 생화학적 분석 방법

혈청 25-(OH)D 및 관련 생화학적 변인들을 측정하기 위해 연구 대상자들로부터 정맥혈을 약 10ml 채취한 후 원심분리하여 혈청을 분주, 밀봉하였으며, 모든 대상자 혈청의 일괄적 분석을 위해 이를 -70℃에 냉동 보관하였다. 보관된 혈청으로부터 25-(OH)D 및 그 외 관련 생화학적 변인들을 문수제 등<sup>33)</sup>의 선행 연구에 제시된 방법으로 측정하였다. 혈청 25-(OH)D의 측정은 HPLC를 이용하였으며, 혈청 Ca, Mg, P는 atomic absorption spectrophotometry(AAS)로, PTH는 immunoradiometric assay(IRMA)의 원리로, 혈청 ALP, creatinine, albumin은 진단시약을 사용하여 측정하였다.

### 2) 면접을 통한 설문조사

본 연구를 위해 고안된 설문지를 사용한 개인별 면접을 통하여 자료를 수집하였다. 수집된 자료의 내용은 크게 연구 대상자의 사회 인구학적 변인, 일반 건강사항, 생활습성, 식생활 행태 등으로 나누어지는데, 사회 인구학적 변인으로 성별, 연령, 직업, 학력, 거주지 등을 조사하였고, 일반 건강사항으로는 현재의 체중 및 신장, 최근 몇년간의 체중 변화 여부, 질병력, 섭취하고 있는 영양제나 건강 식품, 보조 식품, 그리고 기타 약제에 대해 조사하였다. 여성의 경우에는, 초경 연령, 폐경 여부, 피임약 및 호르몬 제제 복용 여부, 그리고 임신 및 출산 횟수에 대하여서도 조사하였다. 생활 습성에 대해서는 음주 및 흡연의 여부와 정도에 대해 알아보았으며, 활동 강도 및 자외선 노출 시간(time spent outdoors, exposure to sunlight)을 조사하였다. 자외선 노출에 대해서는 하루의 시간대 별로 옥외 활동 시간(단위: 분)을 조사함으로써 시간대별 및 하루 총 자외선 노출 시간을 산출할 수 있도록 하였다. 또한 정기적인 운동을 하는지의 여부와 운동의 종류 및 빈도, 운동하는 장소에 대해서도 조사하였다.

식생활 행태로는 영양소 섭취상태와 식생활 태도에 대하여 조사하였다. 영양소 섭취 상태는 혼련된 면접지(영양사 자격증 소지)가 식품모델, 각종 계량기구 및 용기를 도구로 문수재 등<sup>34)</sup>이 개발한 간이 영양섭취 조사 방법을 이용하여 조사하였으며, vitamin D와 칼슘의 주요 급원으로 알려진 식품들에 대해서는 반정량적 빈도에 근거한 설문지(semiquantitative food frequency questionnaire)를 개발하여 이들 식품에 대해 일주일의 섭취횟수 및 평상시 섭취 분량을 조사하였다. 그러나 현재 우리나라 식품중 vitamin D의 함량에 관한 자료는 없으므로 vitamin D의 주요 급원이 되는 것으로 알려진 식품들 즉, 기름기 많은 생선, 우유 및 유제품, 계란과 cereals에 대한 섭취 빈도수를 조사하여 이들 항목에 대해서 영국<sup>35)</sup>과 일본<sup>36)</sup>의 식품분석표를 이용하여 vitamin D의 섭취량을 추정하였다. 면접시 각 식품의 종류 및 상품명을 조사하였으므로 강화식품을 섭취한 경우는 제품에 명시된 함량을 토대로 계산하였으며 그렇지 않은 경우에는 외국 자료 중 강화되지 않은 식품의 vitamin D 함량을 이용하여 추정하였다. 식생활 태도는 Atachi 등<sup>37)</sup>에 의해 개발된 식생활 태도 점검 문항을 표현 내용상 우리나라의 실정에 알맞도록 문수재 등<sup>38)</sup>이 수정, 보완한 설문지를 사용하였다.

### 3) 통계적 분석

조사된 모든 자료는 Statistical Analysis System (SAS) Package를 이용하여 통계처리 하였다<sup>39)</sup>. 모든 결과에 대해 평균값과 표준편차를 산출하였고, 혈청 25-(OH)D에 차이가 있는지를 변수의 수준에 따라 t-test와 ANOVA로 검정하였으며, 혈청 25-(OH)D와의 상관성은 Pearson correlation으로 분석하였다. 혈청 25-(OH)D 수준에 영향을 주는 것으로 나타난 변인들에 대해서는 multiple regression analysis로 이들의 설명력을 평가하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 연구 대상자의 특성

본 연구는 모집된 인원 중에서 골밀도 검사 결과 정상으로 판정된 젊은 성인(21세~39세) 72명을 대상으로 수행되었다. 이들 중 남성은 26명(36%), 여성은 46명(64%)이었다. 평균 연령은 30세였으며 거주지는 서울이 76.4%(55명)으로 가장 많은 비율을 차지하였고 학력 수준은 대학 재학 및 졸업이 59명(81.9%)으로 나타났다.

직업 구성은 학생이 26명(36.1%)으로 가장 많은 비율

을 차지 하였고, 그 외 사무직 종사자, 임상병리사 및 간호사, 주부, 교사, 상임 등의 순으로 나타났다. 연구 대상자의 신장은 남성과 여성이 각각 평균 174.6±4.2cm와 160.0±4.1cm였고, 체중은 각각 71.8±6.8kg와 52.4±6.3kg으로 조사되었다.

### 2. 혈청 25-hydroxyvitamin D(25-(OH)D) 수준

연구대상자의 혈청 25-(OH)D 수준은 평균 23.9±11.0ng/ml로 측정되었으며, 최소치 8.2ng/ml에서 최대치 65.4ng/ml의 분포를 보였다(Table 1). 성별에 따른 측정치는 남성과 여성이 각각 20.0±6.8ng/ml(8.2~32.4ng/ml), 26.1±12.3ng/ml(10.4~65.4ng/ml)로, 여성이 유의적으로 높게 나타났다(p<0.01). Fig. 1은 25-(OH)D의 측정치를 성별에 따른 분포로 나타낸 것으로, 남성의 경우는 15~25ng/ml 사이에 약 60%가 분포되어 비교적 이 범위에 집중되어 있는 양상을 보였고, 여성의 경우는 10~35ng/ml에 비교적 고르게 분포되어 있었다. 혈청 25-(OH)D이 부족 내지는 결핍(hypovitaminosis D)으로 간주되는 10ng/ml이하<sup>24)</sup>의 측정치를 나타낸 사람은 2명(2.8%)이었는데 모두 남성이었다.

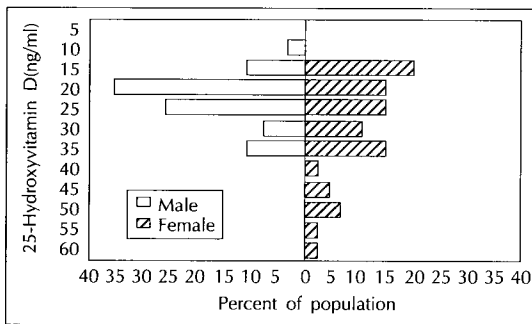
1970년 이후로 혈청 25-(OH)D 수준을 측정할 수 있는 연구 결과들을 위도, 계절, 연령, 측정 방법 등과 함께 Table 2에 제시하였다. Table 2에 제시된 여러 결과를 살펴보면, 대상자의 연령에 따라, 노인을 대상으로 한 경우<sup>22)32)41-43)</sup>의 혈청 25-(OH)D 수준은 젊은 연령 층을 포함한 경우<sup>32)44-48)</sup> 보다 낮은 양상을 보였다. 또한 위도에 따라서도 위도가 높을수록 혈청 25-(OH)D 수준은 낮은 경향을 보였다. 본 연구에서는 여름이 지난 후인 9월에 혈액을 채취하였는데, 평균 25-(OH)D 수준인 23.9ng/ml는 여름에 미국에서 같은 분석 방법으로 행해진 연구<sup>44)</sup>에서 보고된 값인 25.4ng/ml과 거의 비슷한 값이다. 또한 일본에서 가을에 수행된 연구 결과<sup>46)</sup>는 27.2ng/ml로 본 연구와 비교적 비슷한 수준임을 알 수 있다. Kobayashi 등<sup>48)</sup>의 연구는 본 연구와 마찬가지로 건강한 사람을 대상으로 하였으나 본 연구보다 많은 인원(n=178)을 대상으로 하면서 연령 분포는 젊은 성인에 국한되지 않고 6세에서 73세로 거의 모든 연령대를 포함하였다. 이들의 연구 결과에서는 봄과 가을의 25-(OH)D 수준이 본 연구의 결과보다 다소 높은 것을 볼 수 있는데, 그들은 대상자 선정에 있어 종합비타민제 복용자를 제외하지 않았기 때문인 것으로 사료된다.

성별에 따른 25-(OH)D 수준은 여러 연구에서 보고된 바 있는데, 여성에서 높았다는 보고<sup>23)</sup>, 반대로 남성에서 높았다는 보고<sup>7)25)46)</sup>, 또한 성별간에 차이가 없었다는 보고<sup>10)22)24)32)</sup> 등 그 결과가 일관되지 않게 보고되고 있

**Table 1.** Serum levels of 25-hydroxyvitamin D and the related biochemical variables and correlation between 25-hydroxyvitamin D level and the variables

Variables(Unit)	Total(n=72) <sup>1)</sup>		Male(n=26)		Female(n=46)	
	Mean ± SD <sup>2)</sup> (Range) <sup>3)</sup>	r <sup>4)</sup>	Mean ± SD (Range)	r	Mean ± SD (Range)	r
25-Hydroxyvitamin D <sup>5)</sup> (ng/ml)	23.9 ± 11.0 (8.2 ~ 65.4)	-	20.0 ± 6.8 (8.2 ~ 32.4)	-	26.1 ± 12.3 (10.4 ~ 65.4)	-
PTH (pg/ml)	21.43 ± 8.44 (10.61 ~ 57.96)	-0.235*	19.44 ± 6.74 (10.61 ~ 37.75)	-0.198	22.56 ± 9.13 (12.59 ~ 57.96)	-0.324*
Alkaline Phosphatase (K.A.u) <sup>6)</sup>	8.10 ± 2.42 (2.74 ~ 11.91)	-0.200	8.61 ± 2.29 (3.70 ~ 11.91)	-0.041	7.80 ± 2.47 (2.74 ~ 11.85)	-0.208
Creatinine (mg/dl)	0.96 ± 0.28 (0.47 ~ 1.65)	-0.211	0.89 ± 0.16 (0.63 ~ 1.23)	0.177	0.99 ± 0.32 (0.47 ~ 1.65)	-0.343*
Albumin (g/dl)	4.69 ± 0.73 (3.09 ~ 6.08)	0.052	4.71 ± 0.76 (3.41 ~ 5.99)	0.316	4.69 ± 0.72 (3.09 ~ 6.08)	-0.022
Ca <sup>†</sup> (mg/dl)	10.05 ± 0.93 (7.10 ~ 12.96)	0.181	9.35 ± 0.76 (7.10 ~ 10.24)	0.123	10.45 ± 0.78 (9.22 ~ 12.96)	-0.023
Mg <sup>†</sup> (mg/dl)	2.04 ± 0.22 (1.50 ~ 2.67)	-0.063	1.97 ± 0.21 (1.60 ~ 2.41)	0.101	2.08 ± 0.21 (1.50 ~ 2.67)	-0.222
P <sup>†</sup> (mg/dl)	3.98 ± 0.89 (2.26 ~ 6.16)	0.063	3.69 ± 0.97 (2.26 ~ 5.80)	0.074	4.14 ± 0.80 (2.47 ~ 6.16)	-0.037

- 1) Number of subjects.
- 2) Mean ± Standard deviation.
- 3) (Minimum ~ Maximum).
- 4) r : Pearson correlation coefficient.
- 5) Variables with '†' are significantly higher in female than male (†p < 0.05, ‡p < 0.01, ††p < 0.0001).
- 6) King-Armstrong units. \*p < 0.05.



**Fig. 1.** Distribution of circulating level of 25-hydroxyvitamin D for males and females.(Each figure on Y axis represents n-5 to n, eg. 25 represents all samples between 20 and 25g/ml.)

다. 본 연구에서는 여성의 혈청 25-(OH)D 수준이 유의적으로 높은 것으로 나타났는데, 본 연구와 같은 방법인 HPLC로 분석되고 비슷한 측정치를 나타낸 일본의 연구<sup>50)</sup>에서는 반대의 양상을 보여, 남성에게서 유의적으로 높았음을 보고하였다. 이에 대해 Kobayashi 등<sup>49)</sup>은 남녀간에 나타난 차이를 활동에 따른 자외선 노출의 차이 때문일 것이라고 설명하고 있는데, 건강한 성인의 경우 성별 자체에 따른 차이보다는 환경적 요인(식이, 자외선

노출 등)이 영향을 주는 요인이 되는 것으로 사료된다. 본 연구에서도 여성이 남성보다 혈청 25-(OH)D 수준이 높게 나타났는데, 자외선 노출 및 식사를 통한 vitamin D 섭취를 추정한 결과, 이 두가지 요인이 남성보다 여성의 경우에서 많은 경향을 보였다.

### 3. 혈청 25-hydroxyvitamin D(25-(OH)D) 수준에 영향을 주는 변인

#### 1) 사회 환경적 변인

혈청 25-(OH)D 수준은 젊은 성인만을 대상으로 하였던 본 연구의 대상자 내에서는 연령에 따라 차이를 보이지 않았으며 대상자들의 거주지, 학력 수준, 직업 등에 따라서도 차이가 없는 것으로 나타났다. 신장, 체중, BMI 및 PIBW의 경우 전체 대상자에 대해서 볼 때 25-(OH)D 수준과 상관성을 나타내지 않았으나 여성에게서는 25-(OH)D 수준과 체중(r=0.3342, p<0.05) 및 PIBW(r=0.2967, p<0.05)가 유의적인 양의 상관성을 보였다.

혈청 25-(OH)D 수준은 음주, 흡연 여부 및 양, 활동 강도, 규칙적인 운동 여부와 관계가 없는 것으로 나타났다. 기초 대사량, 활동량 및 1일 총 에너지 소비량은 전체

**Table 2.** Comparison of serum or plasma 25-hydroxyvitamin D levels in reported studies

Country	Mean <sup>2)</sup>	Season	Group studied	No. of subjects	Method
France(32) <sup>1)</sup>	28.1	Feb~May	Healthy adults aged 20~40	37	CPBA <sup>3)</sup>
U.S.A.(44)	32.2	Summer	Normal	19	HPLC <sup>4)</sup>
U.S.A.(45)	25.4	Sept	Normal aged 20~50	10~20	HPLC
U.S.A.(46)	18.9	-	Healthy adults aged 20~46	36	CPBA
U.S.A.(47)	36.1	Feb	Normal	-	HPLC
Japan(48)	23.0	A year	Healthy subject aged 6~73	758	HPLC
Japan(48)	16.6	Winter	Healthy subject aged 6~73	178	HPLC
Japan(48)	19.7	Spring	Healthy subject aged 6~73	191	HPLC
Japan(48)	27.9	Summer	Healthy subject aged 6~73	211	HPLC
Japan(48)	27.2	Autumn	Healthy subject aged 6~73	178	HPLC

1) Reference number cited.

2) Unit : ng/ml.

3) CPBA : competitive protein binding assay. 4) HPLC : high pressure liquid chromatography.

대상자에 대해서는 혈청 25-(OH)D와 상관성이 없는 것으로 나타났으나, 여성에게 있어서는 기초대사량( $r=0.3519, p<0.05$ )과 1일 총 에너지 소비량( $r=0.3055, p<0.05$ )이 혈청 25-(OH)D와 유의적인 양의 상관관계를 보였다. 또한 여성의 경우 초경 연령, 임신 및 출산 횟수, 모유 수유 횟수 및 피임약 복용 기간 및 복용 여부는 25-(OH)D 수준과 유의적인 상관성을 나타내지 않았다.

**2) 생화학적 변인**

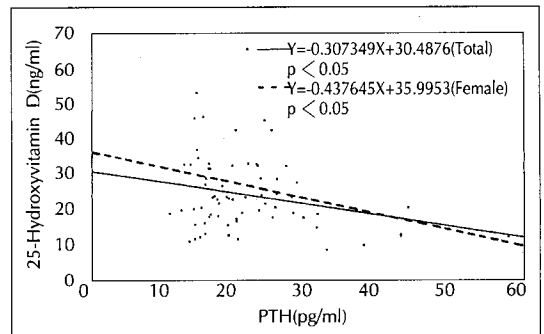
본 연구에서 측정된 생화학적 변인의 평균 및 범위와 혈청 25-(OH)D의 수준과의 상관성에 대해 분석한 결과는 Table 1에 제시된 바와 같다. PTH는 평균  $21.43 \pm 8.44 \text{ pg/ml}$  ( $10.61 \sim 57.96 \text{ pg/ml}$ )의 수준을 보였으며 남녀간의 차이는 나타나지 않았다. ALP, creatinine, albumin 역시 남녀간에 유의적인 차이는 없었다. 혈청 무기질인 Ca, Mg, P의 농도는 여자가 남자보다 유의적으로 높은 수준인 것으로 나타났다(Ca :  $p<0.0001$ , Mg, P :  $p<0.05$ ).

상관성 분석 결과에 따르면(Table 1), 25-(OH)D가 증가할수록 PTH는 유의적으로 낮아졌으며( $p<0.05$ ), 이러한 음의 상관성은 여성의 경우 더욱 뚜렷하였다( $r=-0.324, p<0.05$ ). 혈청 25-(OH)D와 PTH의 상관성을 단순회귀식을 통해 추정한 결과 산출된 식은  $-0.307349 X + 30.487036$  (X : PTH(pg/ml), Y : Serum 25-(OH)D(ng/ml),  $R^2=0.0552, p<0.05$ )이었으며 대상자 전체와 여성에 대한 분산도 및 회귀선은 Fig. 2에 제시하였다.

혈청 ALP와 creatinine의 농도는 전체 대상자에 대해 혈청 25-(OH)D 수준과 음의 상관성을 보였으며(NS), creatinine은 여성에 있어서는 유의적인 음의 상관성을 보였다( $p<0.05$ ). 혈청 albumin, Ca, Mg 및 P의 농도는 25-(OH)D 수준과 유의적인 상관성을 보

지 않았다.

PTH는 two-site IRMA assay(1-84 PTH)<sup>24)</sup>로 측정되었는데, PTH는 혈청 칼슘이 정상 범위 이하로 떨어지면 골격으로부터 칼슘의 방출을 유도하며, 신장에서의 25-(OH)D 1- $\alpha$ -hydroxylase를 자극하여 활성형 1, 25-(OH)<sub>2</sub>D 합성을 증가시킴으로써 장에서의 칼슘 흡수를 증가시켜 결국 혈청 칼슘 농도를 증가시키는 역할을 하는 것으로 알려져 있다. Vitamin D 상태를 보고한 연구들에서는 vitamin D 대사물질과 PTH의 수준이 역관계에 있음이 보고되고 있다<sup>25)</sup>. 이러한 역관계는 노인을 대상으로 한 연구에서 주로 보고되었는데, 연령 증가에 따라 PTH의 수준은 남녀 모두에게서 유의적으로 증가하며<sup>25)</sup> 혈청 vitamin D 수준은 감소하는 경향을 보인다고 한다. 또한 Villareal 등<sup>21)</sup>의 연구에서는 혈청 25-(OH)D 수준이 15ng/ml 이하인 사람에게서 PTH가 증가되어 있음을 보고하였다. 이러한 역관계는 건강한 정상 성인을 대상으로 한 본 연구에서도 유의적으로 나타났으며, 특히 여성의 경우 더 뚜렷하게 나타났다. Sherman 등<sup>26)</sup>의 연



**Fig. 2.** Relationship between PTH and 25-hydroxyvitamin D level in female and total of the subjects. Illustrated are the regression lines. (Total : ·····, female : - - -)

구에서도 남성의 경우 연령에 상관없이 PTH와 혈청 25-(OH)D는 유의적인 음의 상관성을 보였다고 보고하였으므로 PTH와 혈청 25-(OH)D 수준의 역관계는 연령에 독립적으로 나타나는 현상이라고 사료된다.

혈청 무기질인 칼슘, 마그네슘, 인은 골대사와 밀접하게 관련되는 것으로 알려져 있고 이들의 흡수가 vitamin D의 상태에 따라서 크게 좌우되므로, 항상성이 엄격하게 지켜지는 칼슘의 경우를 제외하고는 혈청 25-(OH)D의 수준과 관련성이 있을 것으로 예상되었으나 유의적인 관계를 보이지 않았다.

이상에서 고찰해 본 바와 같이 혈청 25-(OH)D는 PTH와의 역관계를 제외하고는 다른 생화학적 변인들과는 분명한 관계를 나타내지 않았다. 이러한 결과는 본 연구가 연구 대상자의 선정에 있어 골대사가 정상인 사람을 선정하는 데에 일차적 초점을 두었기 때문인 것으로 생각된다. 즉, 이러한 생화학적 변인들은 혈청 25-(OH)D와 함께 골대사에 관여하며, 골대사를 매개로 25-(OH)D와 관련성을 가지는 것으로 알려져 있으므로 골밀도가 정상인 사람에게는 생화학적 변인들 간에 뚜렷한 관계가 나타나지 않은 것으로 사료된다. 혈청 25-(OH)D 수준과 PTH 농도간의 유의적인 역관계는 이 두 변인이 서로 매우 밀접하게 관련되어 있으며 보다 직접적으로 각각의 대사에 관련되어 있음을 시사하는 것이라고 생각된다.

### 3) 자외선 노출 정도

연구 대상자의 하루의 시간대별 및 총 자외선 노출 시간의 평균과 표준편차, 그리고 노출 시간과 혈청 25-(OH)D와의 상관성을 분석한 결과는 Table 3과 같다.

하루 중 일출 시간부터 일몰 시간까지 옥외에서 생활하는 시간(time spent outdoors)은 0분에서 160분(2.6시간, 2시간 40분)의 범위로 조사되어 하루 평균 자외선 노출 시간은 69분으로 추정되었다. 성별에 따라서는 남성이 58.8±31.7(0.0~100.0)분, 여성이 74.4±33.4(30.0~160.0)분으로 여성이 높은 경향을 보였으나 그 차이가 유의적이지는 않았다( $p=0.0576$ ).

하루의 총 옥외 활동 시간과 혈청 25-(OH)D 간에는 양의 상관관계가 나타나, 옥외 활동 시간이 많을수록 혈청 25-(OH)D의 수준은 유의적으로 증가하였다( $p < 0.01$ ). 전체 대상자에 대하여 하루 총 자외선 노출 시간과 혈청 25-(OH)D의 수준을 회귀분석한 결과 추정된 직선의 식은

$$Y = 0.108918X + 16.478614$$

X : Time spent outdoors total(min.),

Y : Serum 25-(OH)D(ng/ml),

$$R^2 = 0.1075, p < 0.01$$

이었으며 이를 회귀선으로 나타내면 Fig. 3과 같다.

또한 하루 중 옥외에서 활동하는 시간을 오전 8시부터 오후 6시까지 2시간 간격으로 나누어 시간대별로 25-(OH)D와의 상관성을 분석한 결과, 정오인 12시부터 오후 2시 사이( $p < 0.005$ ), 오후 4시부터 6시 사이( $p < 0.05$ )의 시간대가 유의적인 상관성을 보였는데, 상관계수를 비교하여 보면 12시부터 2시 사이의 시간대가 더욱 높은 상관관계를 보였다( $r = 0.377$ ).

자외선에 의한 vitamin D 피부 합성은 태양광선 중 UVB에 의해 이루어진다. 우리나라에서 시간별, 월별 및 기후에 따라 측정된 김향배와 박장규의 보고<sup>14)</sup>에 따

**Table 3.** Mean, standard deviation, and correlation of time spent outdoors with serum 25-hydroxyvitamin D levels

Time spent outdoors <sup>1)</sup>	Total(n=72) <sup>2)</sup>		Male(n=26)		Female(n=46)	
	Mean ± SD <sup>3)</sup> (Range) <sup>4)</sup>	r <sup>5)</sup>	Mean ± SD (Range)	r	Mean ± SD (Range)	r
Total	68.7 ± 33.4 (0~160.0)	0.328**	58.8 ± 31.7 (0~100.0)	0.546***	74.4 ± 33.4 (30.0~160.0)	0.215
Between						
08 : 00~10 : 00	11.5 ± 9 .8 (0~ 30.0)	0.218	13.8 ± 8.5 (0~ 30.0)	0.087	10.2 ± 10.3 (0~ 30.0)	0.338*
10 : 00~12 : 00	6.1 ± 11.9 (0~ 60.0)	0.003	5.4 ± 8.1 (0~ 20.0)	0.410*	6.4 ± 13.7 (0~ 60.0)	-0.087
12 : 00~14 : 00	13.9 ± 12.2 (0~ 60.0)	0.377***	11.2 ± 9.9 (0~ 30.0)	0.437*	15.6 ± 13.2 (0~ 60.0)	0.329*
14 : 00~16 : 00	11.5 ± 17.3 (0~ 60.0)	-0.135	10.0 ± 11.0 (0~ 30.0)	0.480*	12.4 ± 20.0 (0~ 60.0)	-0.267
16 : 00~18 : 00	25.9 ± 21.6 (0~120.0)	0.298*	18.5 ± 10.1 (0~100.0)	0.359	30.2 ± 25.1 (0~120.0)	0.229

1) Unit : minutes.

2) N : Number of subjects.

3) Standard deviation.

4) (Minimum~Maximum).

5) r : Pearson correlation coefficient.

\* $p < 0.05$  \*\* $p < 0.01$  \*\*\* $p < 0.005$ .

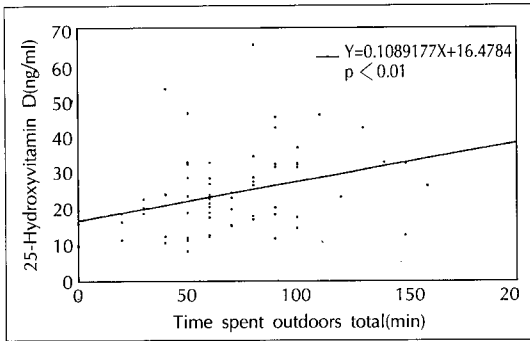


Fig. 3. Relationship between time spent outdoors(sum total of the day) and serum 25-hydroxyvitamin D levels. Illustrated is the regression line.

르면 맑은 날씨에 UVB가 가장 많이 조사되는 시간은 하루중 정오인 12시였으며 그 다음으로는 14시, 10시, 16시의 순이었는데 이는 본 연구에서 혈청 25-(OH)D 수준과 가장 유의적인 상관관계를 보인 시간대와 일치하는 결과임을 알 수 있었다.

Vitamin D의 합성은 자외선 조사량에 따라 무한히 직선적인 비례관계를 보이는 것이 아니라 합성의 정도가 광분해에 의해 조절되므로<sup>49)</sup>, 본 연구에서 나타난 유의적인 상관관계는 0분에서 160분 사이의 자외선 노출 범

위 내에서 나타난 것이라는 점을 주의하여 고려하여야 할 것으로 여겨진다.

4) 식생활 행태

연구 대상자의 열량과 3대 열량 영양소, 칼슘, 인 및 vitamin D의 섭취 상태 및 혈청 25-(OH)D와의 상관성 분석 결과는 Table 4에 요약되어 있다. 외국의 분석 자료를 기초로 산출된 vitamin D 섭취량의 추정치는 남녀 각각 3.55±1.82µg과 4.06±2.37µg이었으며, 조사된 모든 영양소 섭취에 있어서 남녀간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. Vitamin D의 섭취 양상을 살펴 보면, 섭취량은 남녀 각각 권장량<sup>50)</sup>의 71%와 81%였고 권장량인 5µg 이하를 섭취하고 있는 사람이 56명(77.8%)으로 나타났으며, 권장량의 75%이하를 섭취하는 사람은 37명(51.4%)이었고, 50% 이하로 섭취하고 있는 사람도 17명(23.6%)이나 되었다.

연구 대상자의 영양소 섭취량과 혈청 25-(OH)D 수준과의 상관성을 분석한 결과 분석된 영양소 중 혈청 25-(OH)D와 상관성이 있는 것으로 나타난 영양소는 지질과 vitamin D로, 이들 영양소의 섭취가 많을수록 25-(OH)D 수준도 높은 것으로 나타났다(p < 0.05). 이는 식사로 섭취하는 vitamin D가 혈청 25-(OH)D의

Table 4. Nutrient intake, % RDA<sup>1)</sup> and correlation of intake with serum 25-(OH)D of the subjects

Nutrient(Unit)	Sex (No.)	Intake	% RDA	r <sup>2)</sup>
Energy (kcal/d)	T(n=67)	2173.3 ± 463.3 <sup>3)</sup> (1120.0 ~ 2946.4) <sup>4)</sup>	100.5 ± 23.7 <sup>3)</sup> ( 44.8~147.1) <sup>4)</sup>	0.109
	M(n=25)	2186.8 ± 485.8 (1120.0 ~ 2927.3)	87.5 ± 19.4 ( 44.8~117.1)	0.116
	F(n=42)	2165.2 ± 455.3 (1457.1 ~ 2946.4)	108.3 ± 22.8 ( 72.9~147.3)	0.129
Carbohydrate (g/d)	T(n=67)	385.5 ± 87.8 ( 232.2 ~ 522.3)	-	0.063
	M(n=24)	389.9 ± 83.5 ( 234.9 ~ 513.0)	-	0.163
	F(n=43)	383.1 ± 91.0 ( 232.2 ~ 522.3)	-	0.057
Protein (g/d)	T(n=67)	72.2 ± 14.8 ( 46.3 ~ 102.5)	111.3 ± 24.9 ( 61.7~132.3)	0.072
	M(n=25)	73.0 ± 16.9 ( 46.3 ~ 99.2)	97.3 ± 22.6 ( 61.7~132.3)	0.148
	F(n=42)	71.8 ± 13.5 ( 47.8 ~ 102.5)	119.7 ± 22.6 ( 80.0~170.9)	0.072
Fat (g/d)	T(n=66)	39.9 ± 8.4 ( 24.0 ~ 54.3)	-	0.244*
	M(n=24)	40.6 ± 8.2 ( 25.5 ~ 54.3)	-	0.220
	F(n=42)	39.5 ± 8.6 ( 24.0 ~ 54.1)	-	0.295
Calcium (mg/d)	T(n=65)	604.3 ± 142.2 ( 338.5 ~ 905.0)	86.3 ± 20.3 ( 48.4~129.3)	0.088
	M(n=24)	610.6 ± 167.1 ( 399.7 ~ 885.0)	87.2 ± 23.9 ( 57.1~126.4)	0.049
	F(n=41)	600.6 ± 127.5 ( 338.5 ~ 905.0)	85.8 ± 18.2 ( 48.4~129.3)	0.135
Phosphorus (mg/d)	T(n=66)	1047.9 ± 208.4 ( 664.0 ~ 1462.7)	149.7 ± 29.8 ( 94.9~209.0)	0.087
	M(n=24)	1050.1 ± 238.4 ( 713.0 ~ 1428.6)	150.0 ± 34.1 (101.9~204.1)	0.116
	F(n=42)	1046.7 ± 192.3 ( 664.0 ~ 1462.7)	149.5 ± 27.5 ( 94.9~209.0)	0.093
Vitamin D (µg/d)	T(n=72)	3.88 ± 2.19 ( 0.00~ 8.97)	77.6 ± 43.4 ( 0.0~179.4)	0.237*
	M(n=26)	3.55 ± 1.82 ( 0.77~ 7.77)	71.0 ± 36.4 ( 15.5~155.4)	-0.079
	F(n=46)	4.06 ± 2.37 ( 0.00~ 8.97)	81.3 ± 47.4 ( 0.0~179.4)	0.288

1) % RDA :  $\frac{\text{Intake}}{\text{RDA for the nutrient}} \times 100$ .

RDA : Recommended Dietary Allowances for Korean. 6th ed.

2) r : Pearson correlation coefficient. 3) Mean ± Standard deviation. 4) Range (Minimum~Maximum). \*p < 0.05

수준에 중요하게 기여하는 것으로 생각되며, 지질 섭취와의 상관성은 vitamin D의 대표적인 급원 식품이 기름기 많은 생선과 vitamin D가 강화된 버터 등이기 때문이라고 사료된다. 즉, vitamin D가 다량 함유되어 있는 식품은 동시에 지방도 많이 함유되어 있으므로 이 두 가지 영양소가 혈청 25-(OH)D 수준에 대해 유의적인 상관성을 나타낸 것이라고 생각된다.

또한 vitamin D 섭취량과 혈청 25-(OH)D 수준을 회귀 분석한 결과 계산된 회귀식은

$$Y = 1.195423X + 19.263211$$

X : Vitamin D intake,

Y : Serum 25-(OH)D(ng/ml),

$$R^2 = 0.0562, p < 0.05$$

이었으며, 이로부터 vitamin D의 섭취량은 설명력은 낮으나 혈청 25-(OH)D의 결정요인(determinant)이 될 수 있음을 알 수 있었다. Vitamin D 섭취량과 혈청 25-(OH)D의 관계를 회귀식과 함께 나타낸 그림은 Fig. 4와 같다.

식품의 섭취를 통한 vitamin D의 공급은 자외선에의 노출이 없을 때 중요한 의미를 갖게 되며 옥외 활동이 자유로운 사람들에 대해서는 식사를 통한 공급의 중요성이 두드러지지 않는다고 한다<sup>8)</sup>. 그러나 많은 연구에서 vitamin D 섭취량과 혈청 25-(OH)D 간에 유의적인 양의 상관관계가 나타나<sup>22)</sup> 순환하는 25-(OH)D 수준은 식이 급원에 의존함을 알 수 있으며<sup>21)</sup>, 특히 식사를 통한 vitamin D의 섭취는 주로 실내에서 생활하여 노출이 적은 노인에게 더욱 중요해진다. 본 연구에서도 vitamin D 섭취량의 추정치는 혈청 25-(OH)D 수준과 약하지만 유의적인 양의 상관 관계를 보여주었다.

### 3. Vitamin D 상태에 영향을 주는 변인들의 순위 결정

혈청 25-(OH)D 상태와 상관성이 있는 것으로 나타난 변인들로부터 혈청 25-hydroxyvitamin D 수준을 예측하기 위해 다중 회귀식을 추정하였는데, 그 식은 다음과 같으며, 분석 결과는 Table 5에 제시되어 있다.

$$Y = 0.5960 X_1 + 2.5730 X_2 + 1.8051 X_3 - 0.3566 X_4 + 17.0416$$

X<sub>1</sub> : Time spent outdoors total(min.)

X<sub>2</sub> : Time spent outdoors(12 : 00~14 : 00)

X<sub>3</sub> : Vitamin D Intake(μg/d)

X<sub>4</sub> : PTH(pg/ml)

Y : 25-hydroxyvitamin D(ng/ml)

$$R^2 = 0.3195, p < 0.0005$$

다중 회귀분석 결과에 의하면, 혈청 25-(OH)D의 수준은 하루 총 자외선 노출 시간, 12시에서 2시 사이의 자외선 노출 시간, vitamin D 섭취량, 혈청 PTH 수준에 의해서 32.0%가 추정될 수 있었는데, 이들 중 vitamin D 섭취량에 의한 설명력이 34.4%로 가장 큰 것으로 나타났으며, 12시에서 2시 사이의 자외선 노출 시간에 의해서는 28.4%, 혈청 PTH에 의해서는 27.3%가 설명되는 것으로 나타났다. 따라서 vitamin D 상태의 개선을 위해서는 vitamin D의 섭취와 자외선 노출을 증가시키는 것이 가장 유력할 것임이 제시되었다고 할 수 있다.

그러나, 성별에 따라 다중 회귀분석을 수행한 결과는 Table 6과 같은데, 남성의 경우에는 하루 총 자외선 노출 시간이 54.6%의 설명력으로 혈청 25-(OH)D 상태를 유의적으로 설명할 수 있는 것으로 분석되었으며, 여성의 경우는 vitamin D 섭취와 혈청 PTH 수준이 각각 37.8%와 40.9%의 설명력으로 혈청 25-(OH)D 수준을 유의적으로 설명하는 것으로 분석되었다.

## 결 론

본 연구는 골밀도가 정상인 청장년기 성인 남녀의 혈청 25-hydroxyvitamin D(25-(OH)D)를 측정하여 vitamin D 상태를 평가하며 이를 정상인의 혈청 25-(OH)D 수준으로 제시하고, vitamin D 영양 상태에 영향을 미치는 요인을 탐색하고자 하였으며 연구 결과는 다음과 같다.

1) 골밀도가 정상인 21세에서 39세 사이의 성인 72명의 혈청 25-(OH)D 수준은 평균 23.9±11.0ng/ml(8.2~65.4ng/ml)이었으며, 성별에 따른 추정치는 남성과

Table 5. Regression coefficients for serum 25-hydroxyvitamin D levels of the subjects

Selected variables	Parameter estimate	Standard error	T-value	P-value	Standardized estimate
Constant	17.0416	4.1370	4.119	0.0001	0.0000
Time spent outdoors sum total	0.5960	0.3945	1.511	0.1357	0.1794
Time spent outdoors between 12:00~14:00	2.5730	1.0881	2.365	0.0210	0.2838
Vitamin D intake	1.8051	0.5471	3.299	0.0016	0.3444
PTH <sup>1)</sup>	-0.3566	0.1370	-2.604	0.0114	-0.2728

1) PTH : Parathyroid hormone.

(R<sup>2</sup>=0.3195)



**Table 6.** Regression coefficients for serum 25-hydroxyvitamin D levels of the subjects by sex

Selected variables	Parameter estimate	Standard error	T-value	P-value	Standardized estimate
<b>Male</b>					
Constant	13.0210	2.4596	5.294	0.0001	0.0000
Time spent outdoors sum total	1.1801	0.3697	3.192	0.0039	0.5459
(R <sup>2</sup> =0.2981)					
<b>Female</b>					
Constant	30.5555	4.7778	6.395	0.0001	0.0000
Vitamin D intake	1.9720	0.7092	2.781	0.0080	0.3789
PTH <sup>1)</sup>	-0.5518	0.1840	-2.998	0.0045	-0.4085

1) PTH : Parathyroid hormone.

(R<sup>2</sup>=0.2414)

여성이 각각 20.0±6.8ng/ml(8.2~32.4ng/ml), 26.1±12.3ng/ml (10.4~65.4ng/ml)로, 여성이 유의적으로 높게 나타났다.

2) 생화학적 변인 중, PTH는 혈청 25-(OH)D 수준과 음의 상관성을 보였으며(p<0.05), 여성의 경우 더욱 뚜렷하였다(r=-0.324, p<0.05).

3) 연구 대상자들의 하루의 총 옥외 활동 시간이 많을수록 혈청 25-(OH)D의 수준은 유의적으로 증가하였다(p<0.01). 특히, 정오인 12시부터 오후 2시 사이(p<0.005)와 오후 4시 부터 6시 사이(p<0.05) 가 혈청 25-(OH)D 수준과 유의적인 상관성을 보였는데, 이 중에서 12시 부터 2시 사이의 시간대가 더욱 높은 상관관계를 보여(r=0.377), 옥외 활동 시간 뿐 아니라 자외선 조사량이 vitamin D 합성에 중요한 요인인 것으로 나타났다.

4) 영양소 섭취 상태 분석 결과, 지질과 vitamin D 섭취 상태가 혈청 25-(OH)D의 수준과 상관성이 있는 것으로 나타났다(p<0.05).

5) 다중 회귀 분석 결과, 혈청 25-(OH)D의 상태는 하루 총 자외선 노출 시간, 12시에서 2시 사이의 자외선 노출 시간, vitamin D 섭취량, 혈청 PTH 수준 등이 유의적으로 관련성을 가지고 있었다. 이들 중 vitamin D 섭취량에 의해 가장 큰 부분이 설명되는 것으로 나타났으며(34.4%), 12시에서 2시 사이의 자외선 노출 시간에 의해서는 28.4%, 혈청 PTH 수준에 의해서는 27.3%가 설명되는 것으로 나타났다. 성별에 따라서는 남성의 경우 하루 총 자외선 노출 시간(r=0.5460, p<0.005)만이 혈청 25-(OH)D 상태를 설명할 수 있는 것(54.6%)으로 분석되었으며, 여성의 경우는 vitamin D 섭취량과 혈청 PTH가 각각 37.9%와 40.9%의 설명력으로 혈청 25-(OH)D 수준을 유의적으로 설명하는 것으로 분석되었다.

본 연구를 통해 정상인의 혈청 25-(OH)D 수준과 vitamin D 영양 상태에 영향을 주는 요인 및 이들의 관련성이 제시되었으나, 계절적 요인에 따른 종적인 연구와

식사 상태 조사를 위해 식품내 vitamin D의 함량 분석이 시급히 이루어져야 할 것으로 생각된다.

### Literature cited

- 1) Fraser DR. The Physiological economy of vitamin D. *Lancet* 1 : 969-72, 1983
- 2) Haussler MR & TA MaCain. Basic and clinical concepts related to vitamin D metabolism and action. *NEJM* 297 : 974-83, 1041-50, 1977
- 3) Haddad JG. Circulating 25-hydroxyvitamin D in man. *Am J Med* 57(July) : 57-62, 1974
- 4) DeLuca HF. Vitamin D : 1993. *Nutrition Today* Nov/Dec : 6-11, 1993
- 5) Holick MF. McCollum Award Lecture, 1994 : Vitamin D- new horizens for the 21st century. *Am J Clin Nutr* 60 : 619-630, 1994
- 6) Webb AR, L Kline & MF Holick. Influence of season and latitude on the cutaneous synthesis of vitamin D<sub>3</sub> : Exposure to winter sunlight in Boston and Edmonton will not promote vitamin D<sub>3</sub> synthesis in human skin. *J Clin Endocrinol & Metab* 67 : 373-378, 1988
- 7) Stamp TCB & JM Round. Seasonal changes in human plasma levels of 25-hydroxyvitamin D. *Nature* 247 : 563-565, 1974
- 8) Webb A, C Pilbeam, N Hanafin & MF Holick. 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
- 9) Devgun MS, CR Paterson, BE Johnson & C Cohen. Vitamin D nutrition in relation to season and occupation. *Am J Clin Nutr* 34 : 1501-1504, 1981
- 10) Poskitt EME, TJ Cole & DEM Lawson. Diet, sunlight, and 25-hydroxyvitamin D in healthy children and adults. *BMJ* 1 : 221-223, 1979
- 11) Stryd RP, TJ Cilbertson & MN Brunden. A seasonal variation study of 25-hydroxyvitamin D<sub>3</sub> serum levels in nor-

- mal humans. *J Clin Endocrinol Metab* 48(5) : 771-775, 1979
- 12) Burnand B, D Sloutskis, F Gianoli, J Cornuz, M Rickenbach, F Paccaud & P Burckhardt. Serum 25-hydroxyvitamin D : Distribution and determinants in the Swiss population. *Am J Clin Nutr* 56 : 537-542, 1992
  - 13) Rudnicki M, J Thode, T Jorgensen, BL Heitmann & OH Sorensen. Effects of age, sex, season and diet on serum ionized calcium, parathyroid hormone and vitamin D in a random population. *J Int Med* 234 : 195-200, 1993
  - 14) 김향배 · 박장규. 공주에서 태양광선의 UVA와 UVB 양의 변화에 관한 연구. *대한피부과학회지* 25 : 16-24, 1987
  - 15) Matsuoka LY, J Wortsman & BW Hollis. Use of topical sunscreen for the evaluation of regional synthesis of vitamin D<sub>3</sub>. *J Am Acad Derma* 22 : 772-775, 1990
  - 16) Matsuoka LY, L Ide, J Wortsman, JA MacLaughlin & MF Holick. Sunscreen suppress cutaneous vitamin D synthesis. *J Clin Endo & Metab* 64 : 1165-1168, 1987
  - 17) Matsuoka LY, J Wortsman, MJ Dannenberg, BW Hollis, Z Lu & MF Holick. Clothing prevents ultraviolet-B radiation-dependent photosynthesis of vitamin D<sub>3</sub>. *J Clin Endo Metab* 75 : 1099-1103, 1992
  - 18) MacLaughlin J & MF Holick. Aging decreases the capacity of human skin to produce vitamin D<sub>3</sub>. *J Clin Invest* 76 : 1536-1538, 1985
  - 19) Loomis WF. Skin-pigment regulation of vitamin-D biosynthesis in man. *Science* 157 : 501-506, 1967
  - 20) Delvin EE, A Inbach & M Copti. Vitamin D nutritional status and related biochemical indices in an autonomous elderly population. *Am J Clin Nutr* 48 : 373-8, 1988
  - 21) Villareal DT, R Civitelli, A Chines & LV Avioli. Subclinical vitamin D deficiency in postmenopausal women with low vertebral bone mass. *J Clin Endo Metab* 72 : 628-634, 1991
  - 22) McKenna MJ, R Freaney, A Meade & FP Muldowney. Hypo- vitaminosis D and elevated serum alkaline phosphatase in elderly Irish people. *Am J Clin Nutr* 41 : 101-109, 1985
  - 23) Sedrani SH, AW Elidriissy & KM Arabi. Sunlight and vitamin D status in normal Saudi subjects. *Am J Clin Nutr* 38 : 129-132, 1983
  - 24) Freaney R, Y NcBrinn & MJ McKenna. Secondary hyperparathyroidism in elderly people : combined effects of renal insufficiency and vitamin D deficiency. *Am J Clin Nutr* 58 : 187-191, 1993
  - 25) Sherman SS, BW Hollis & JD Tobin. Vitamin D status and related parameters in a healthy population : The effects of age, sex, and season. *J Clin Endoc Metab* 71 : 405-413, 1990
  - 26) Chesney RW, J Zimmerman, A Hamstra, HF DeLuca & RB Mazess. Vitamin D metabolite concentrations in vitamin D deficiency. *J Dis Child* 135 : 1025-1028, 1981
  - 27) Hardwick LL, MR Jones, N Brautbar & DBN Lee. Magnesium absorption : Mechanisms and the influence of vitamin D, calcium, and phosphorus. *J Nutr* 121 : 13-23, 1991
  - 28) Blunt JW, HF DeLuca & HK Schnose. 25-hydroxycholecalciferol : a biologically active metabolite of vitamin D<sub>3</sub>. *Biochemistry* 7 : 3317, 1968
  - 29) Aksnes LA. A simplified HPLC method for determination of vitamin D, 25-hydroxyvitamin D<sub>2</sub> and 25-hydroxyvitamin D<sub>3</sub> in human serum. *Scand J Clin Lab Invest* 52 : 177-182, 1992
  - 30) Chan ELP, E Lau, CC Shek, D MacDonald, J Woo, PC Leung & R Swaminathan. Age-related changes in bone density, serum parathyroid hormone, calcium absorption and other indices of bone metabolism in Chinese women. *Clin Endocrinol* 36 : 375-381, 1992
  - 31) Baker MR, M Peacock & BEC. Nordin. 1980. The decline in vitamin D status with age. *Age and ageing* 9 : 249-252, 1980
  - 32) Chapuy MC, F Durr & P Chapuy. Age-related changes in parathyroid hormone and 25-hydroxycholecalciferol levels. *J Gerontol* 38(1) : 19-22, 1983
  - 33) 문수재 · 김정현 · 김수원 · 김상용 · 임승길. 한국 여성의 Vitamin D 상태 및 관련 생화학적 변인에 관한 연구. *한국 영양학회지*. 게재중, 1996
  - 34) 문수재 · 이기열 · 김숙영. 간이식 영양조사법을 적용한 중년 부인의 영양실태. *연세 논총* 17 : 203-218, 1980
  - 35) Holland B, ID Unwin & DH Buss. The Composition of foods. 4th ed. RSC/MAFF. Nottingham. UK., 1988
  - 36) 日本厚生省公衆衛生局營養課編. 日本人の營養所要量. 第一出版株式會社. 東京, 1994
  - 37) 足立己幸, 磯田厚子. 食事の健全 自己點檢のこひさ, 食の科學, 61 : 105, 1983
  - 38) 문수재 · 윤진 · 이영미. 청소년의 식생활 행동, 성격 특성과 영양섭취 상태에 관한 연구. *연세대학교 생활과학 논집* 3 : 47-61, 1989
  - 39) SAS/STAT. Guide for personal computer, version 6.03., 1987
  - 40) Omdahl JL, PJ Garry, LA Hunsaker, WC Hunt & JS Goodwin. Nutritional status in a healthy elderly population : vitamin D. *Am J Clin Nutr* 36 : 1225-1233, 1982
  - 41) Jongen MJM, FCV Ginkel, WJF Vijgh, S Kulper, JC Netelenbos & P Lips. An international comparison of vitamin D metabolite measurements. *Clin Chem* 30(3) : 399-403, 1984
  - 42) Rapin CH, R Lagier, G Boivin, A Jung & W MacGee. Biomedical findings in blood of aged patients with femoral neck fractures : A contribution to the detection of occult osteomalacia. *Calcif Tissue Int* 34 : 465-469

- 43) Lund B, OH Sorensen & AB Christensen. 25-hydroxychole- calciferol and fractures of the proximal femur. *Lancet* 2 : 300-302, 1975
- 44) Eisman JA, RM Shepard & HF DeLuca. Determination of 25-hydroxyvitamin D<sub>2</sub> and 25-hydroxyvitamin D<sub>3</sub> in human plasma using high-pressure liquid chromatography. *Anal Biochem* 80 : 298-305, 1977
- 45) Lambert PW, BJ Syverson, CD Arnaud & TC Spelsberg. Isolation and quantitation of endogenous vitamin D and its physiologically important metabolites in human plasma by high pressure liquid chromatography. *J Steroid Biochem* 8(9) : 929-937, 1977
- 46) Caldas AE, RW Gray & J Lemann. The simultaneous measurement of vitamin D metabolites in calf-plasma : studies in healthy adults and in patients with calcium nephrolithiasis. *J Lab Clin Med* (May) : 840-847, 1978
- 47) Shepard RM, RL Horst, AJ Hamstra & HF DeLuca. Determination of vitamin D and its metabolites in plasma from Normal and Anephric man. *Biochem J* 182 : 55-69, 1979
- 48) Kobayashi T, T Okano, S Shida, K Okada, T Sugino-hara, H Nakao, E Kuroda, S Kodama & T Matsuo. Variation of 25-hydroxy- vitamin D<sub>3</sub> and 25-hydroxyvitamin D<sub>2</sub> levels in human plasma obtained from 758 Japanese healthy subjects. *J Nutr Sci Vitaminol* 29 : 271-281, 1983
- 49) Webb AR, BR DeCosta & MF Holick. Sunlight regulates the cutaneous production of vitamin D<sub>3</sub> by causing its photodegradation. *J Clin Endoc Metab* 68 : 882-887, 1989
- 50) 한국영양학회. 한국인 영양 권장량. 제 6 차 개정. 서울, 1995