

## 한국 성인의 Vitamin D 영양 상태가 골밀도에 미치는 영향\*

문 수 재 · 김 정 현

연세대학교 생활과학대학 식품영양학과

### The Effects of Vitamin D Status on Bone Mineral Density of Korean Adults

Moon, Soo-Jae · Kim, Jung-Hyun

*Department of Food and Nutrition, College of Human Ecology, Yonsei University,  
Seoul, Korea*

#### ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the effects of vitamin D nutritional status on bone mineral density of adults(21 - 49 years). To attain the aim, we measured bone mineral density (BMD) of the subjects at distal radius by single-photon absorptiometry(SPA). Serum level of 25-hydroxyvitamin D(25-(OH)D), known to be the best indicator of vitamin D status in humans, was analyzed. The factors affecting this vitamin D level were also investigated in autumn in 122 young adults.

Serum level of 25-(OH)D was measured by high pressure liquid chromatography(HPLC) and biochemical variables also were analyzed. Information obtained by interviews as follows; sociodemographic variables, general health status, time spent outdoors, and dietary intakes of the subjects.

BMD of the male subjects was significantly greater than that of female subjects. Weight, activity and total energy expenditure(TEE) showed a positive correlation with distal BMD. The mean level of serum 25-(OH)D was  $24.4 \pm 11.0$ ng/ml and by sex,  $26.0 \pm 6.8$ ng/ml for males and  $23.3 \pm 12.3$ ng/ml for females, the level was significantly higher in male( $p < 0.01$ ). There was significant correlation between BMD at distal-radius and s-25(OH)D levels( $p < 0.001$ ). The serum level of parathyroid hormone(PTH) showed a negative correlation with BMD( $p < 0.05$ ), with the more obvious correlation in females.

Vitamin D intake was estimated to be  $3.75 \pm 2.19$ µg/day in average. Among the nutrients studied, protein, fat, calcium, and vitamin D intake were positively correlated with distal BMD. When food frequencies were concerned, milk and dairy products showed a significant positive correlation with the BMD level, and dried foods, eggs, fats and oils, and cereals also showed a positive correlation.

Time spent outdoors was estimated to be about 70 minutes in average and positively correlated with the distal BMD levels( $p < 0.01$ ). During the day, the specific time between 12:00pm and 2:00pm showed the most significant correlation with BMD( $p < 0.001$ ).

Multiple regression analysis with the variables showed that distal BMD could be fit 31.9% by the time spent outdoors a day, intake of Ca and vitamin D, and TEE. The standardized

---

채택일 : 1998년 2월 5일

\*본 연구는 '95 핵심연구과제 연구비로 수행되었음.

estimates were 0.344 for vitamin D intake, 0.284 for Ca intake, 0.179 for the time spent outdoors a day and 0.273 for TEE. For males, s-25(OH)D level, TEE, and time spent outdoors during a day showed a significant correlation. For females, intake of Ca and vitamin D could fit about 27.1% of the distal BMD. (*Korean J Nutrition* 31(1) : 46-61)

**KEY WORDS** : bone mineral density · serum 25-hydroxyvitamin D · vitamin D and Ca intake · time spent outdoors.

## 서 론

출생 후 영유아부터 노년층에 이르기까지 골격 형성 및 유지는 인간에 있어 기본적인 현상이다. 골형성(bone formation)과 골흡수(bone resorption)는 각각 독립적으로 일어나는 것이 아니고 basic remodeling unit이라고 불리는 장소에서 반복된 주기로 계속된다고 알려져 있다. 골흡수와 골형성이 균형을 이루는 것은 연결 현상(coupling phenomenon)에 의한 것이며, 여기에 관여하는 인자들을 연결 인자(coupling factor)라고 하는데, 연령, 활동량, 유전자, 호르몬 그리고 영양적인 요인 등이 관여한다<sup>1)</sup>.

Bone mass는 성장이 끝난 후 몇년 간(30~35세) 최대치를 유지하다가 이후부터 감소하여 평생을 두고 연령이 증가할수록 계속 골소실이 일어난다<sup>2,4)</sup>. 남자의 경우 1년에 0.3%, 여자는 1% 정도의 골소실을 보이다가 폐경이 되면 이러한 현상은 약 5년 정도 가속된다<sup>3,5)</sup>. 따라서 현 40세 이후가 되면 골절이 일어나는 비율이 증가하게 되고 모든 연령층에서 여자가 남자보다, 백인이 흑인보다 그 발생율이 증가한다고 알려져 있다<sup>4,5)</sup>. 골질환을 포함한 골절의 발병은 크게 두 가지에 의해 좌우되는데 골격이 성장 및 보유 기간동안 얼마나 축적이 잘 되었는가와 골소실이 어느 정도로 덜 일어나는가에 따라 좌우되므로 골격 형성에 관여하는 식사적 요인인 칼슘 및 vitamin D는 매우 주요한 인자이다<sup>6,7)</sup>. Vitamin D와 부갑상선 호르몬은 혈청 칼슘 항상성에 중요한 역할을 하는 것은 이미 알려진 사실이나 골밀도에 대한 역할은 아직 명확히 밝혀지고 있지 않다<sup>7-11)</sup>. 혈청 vitamin D 저하가 2차적 hyperparathyroidism의 원인이 되어 골밀도에 영향을 주는 것으로 많은 연구자들이 보고하고 있으나 골밀도에 있어 식사적 요인의 역할에 대한 연구는 아직까지도 논의 중이다<sup>4,5)</sup>. Avila 등<sup>6)</sup>은 칼슘과 vitamin D 섭취량 증가가 골밀도에 유의적으로 양의 상관성을 가지고 있다고 하였으며, Fehily 등<sup>2)</sup> 성장기의 우유 및 유제품의 섭취 정도가 골 질량 보유에 큰 역할을 한다고 하였다. 즉, 우유 및 유제품의 섭취는 칼슘뿐만 아니라 vitamin D 강화 식품으로서

주요 급원이 되므로 중요한 역할을 하는 것으로 보고하였다. 이는 칼슘 및 vitamin D 섭취 상태와 골내 무기질 함량(bone mineral content)사이엔 긴밀한 상관관계가 있음을 나타내는 것이다<sup>7,8)</sup>. 따라서 vitamin D는 장내 칼슘 흡수의 가장 중요한 조절자로서 작용하므로, 이것의 결핍은 어린이의 경우 골격의 무기질 침착에 손상을 일으켜 구루병(rickets)을 초래하며, 성장기 이후에는 2차적 hyperparathyroidism이 되어 골소실을 일으키게 되고 이는 hypovitaminosis D의 심각한 임상적 증상(osteoporosis)을 초래하여 골질의 위험이 증가하는 등 여러 골질환의 병인이 되고 있음을 알 수 있다<sup>9)</sup>.

국외의 경우, 체내 vitamin D 상태에 관한 연구는 이미 진행되고 있으나 골밀도와와의 관련성에 대해서는 아직 명확히 밝혀진 바 없으며 특히 골다공증의 예방 및 치료적인 측면에서도 서로 다른 연구 결과가 제시되고 있는 실정이다<sup>10,11)</sup>. 따라서 전반적인 자료는 매우 부족하며, 더욱이 국내의 경우는 한국인을 대상으로 한 기초적인 연구의 진행이 거의 이루어지지 않고 있고, 식품내 vitamin D 함량조차 분석되어 있지 않아 권장량 역시 외국의 자료에 의존하고 있는 실정이다.

골격은 성장기에 꾸준히 형성이 되어 성장이 끝난 후 최대치(peak bone mass)를 보이다가 연령이 증가할수록 골소실이 일어난다. 따라서 성인층은 골격을 형성하였던 시기인 성장기를 나타낼 수 있으며 또한 골소실을 일으키는 노년층을 준비하는 연령층이므로 이들의 골밀도를 측정하고 이에 영향을 줄 수 있는 vitamin D 영양 상태를 분석하였다. 이를 통하여, 골격 형성 및 유지에 있어 vitamin D의 영양적 중요성을 제시하여, 식품 영양학적, 의학적 분야에서 골질환의 예방 및 치료적 차원에서의 활용되고자 하였다.

## 연구방법

### 1. 연구 대상자의 선정

본 연구 대상자는 서울 및 경기도에 거주하는 21세에서 49세의 성인 남녀 122명(남성 34명, 여성 88명)으로 골절된 경험이 없으며, 간, 신장 질환, 당뇨, 대사성 골

질환 등 혈청내 vitamin D 대사물질의 수준을 변화시키는 것으로 알려진 질병력이 있거나 종합 비타민제, 칼슘보충제, 호르몬제, 스테로이드, 항경련제 등의 약물을 복용하는 사람은 제외하였으며, 여성의 경우는 폐경하지 않은 사람만을 포함시켰다. 또한, 본 연구의 특성상 vitamin D의 계절에 따른 변화 양상을 배제시키기 위해 동일한 계절(1994년 9~11월)에 수행되었다.

**2. 자료 수집 및 분석 방법**

골질환의 병력이 없는 21세부터 49세에 이르는 성인들을 대상으로 골밀도를 측정하였으며, 혈청 25-hydroxyvitamin D (25-(OH)D) 및 관련 생화학적 변인들을 측정하기 위해 혈액을 채취하였고, 연구 대상자의 사회, 환경적 변인, 일반 건강사항, 생활습성, 식생활행태 등에 관한 자료를 얻기 위하여 설문 도구로 면접을 실시하였다.

**1) 골밀도 측정**

연구 대상자 전원에게 single-photon absorptiometry(SPA)를 이용하여 골절된 경험이 없으며 자주 사용하지 않는 팔의 원위부 요골(distalradius)부위에 대한 골밀도를 측정하였다.

**2) 생화학적 분석**

**(1) 혈청 25-hydroxyvitamin D의 측정**

혈청 25-(OH)D의 분석을 위해서는 선행 연구<sup>12-14)</sup>에서 제시된 HPLC를 이용한 분석 방법을 사용하였다. 문등<sup>12-14)</sup>이 보고한 25-(OH)D 측정 방법인 추출 단계와 chromatography 단계인 2단계 방법을 수행하였다.

**(2) 혈청 무기질(Ca, Mg, P)의 측정**

무기질의 측정을 위해 시료 혈청을 동량의 8% trichloroacetic acid(TCA)와 혼합한 후 원심 분리하여 상층액을 얻은 후 혈청 Ca, Mg의 분석은 Atomic Absorption Spectrophotometric (AAS)를 이용하였으며, 혈청 P의 분석은 Molybden Blue Colorimetric Method (비색 정량)을 사용하였다<sup>12-14)</sup>.

**(3) 혈청 parathyroid hormone 및 alkaline phosphatase, creatinine, albumin의 측정**

PTH는 상업용 제품인 N-tact PTH SP kit(INCSTAR Corp., Minnesota, U.S.A.)를 이용하여 biologically active intact human PTH(hPTH 1-84)를 immunoradiometric assay(IRMA)원리에 의해 분석하였다. 또한, Kyokuto Pharma.社(일본, 동경)의 진단 시약을 이용하여 creatinine은 Jeffe reaction,

alkaline phosphatase는 n-nitrophenylphosphatase로 분석하였다<sup>12-14)</sup>.

**3) 면접을 통한 설문조사**

본 연구를 위해 고안된 설문지<sup>13-14)</sup>를 도구로 면접을 통해 연구 대상자의 사회 환경적 변인, 일반 건강사항, 생활습성, 식생활 행태 등을 조사하였다.

**(1) 사회 인구학적 변인**

연구 대상자들의 골밀도 및 vitamin D 상태에 영향을 줄 수 있는 사회, 환경적 변인을 규명하기 위해 성별, 연령, 직업, 학력, 경제 수준, 거주지, 주 성장지 등을 조사하였다.

**(2) 일반 건강 사항**

현재의 체중 및 신장, 최근 몇년간의 체중 변화 여부를 조사하였고, 체중 및 신장으로부터 체질량 지수(body mass index, BMI)와 이상체중비(percent ideal body weight, PIBW)를 계산하였다. 또한 과거 및 현재에 어떠한 질병력이 있는지, 현재에 섭취하고 있는 영양제나 건강 식품, 보조 식품, 그리고 기타 약제 등에 대해 조사하였다.

**(3) 활동량 및 1일 에너지 소비량**

하루의 활동량, 활동 강도 및 자외선 노출 시간(time spent outdoors, sunshine exposure)을 조사하였다. 1일 활동 대사량은 평상시의 24시간 동안의 활동 내용과 활동 시간을 면접을 통하여 조사한 후 활동 내용을 열량 소모량에 따라 11단계의 활동으로 구분하고 각 단계별 활동에 필요한 열량 소모량을 기초로 하여 하루 24시간 동안의 육체적 활동량을 계산하였다<sup>14)</sup>.

**(4) 영양소 섭취 상태**

Vitamin D의 급원 중 식사로 부터 공급되는 정도를 조사하였다. 골밀도를 측정하는 동안 면접을 통해 선행 연구에서<sup>12-14)</sup> 사용된 간이 영양섭취 조사 방법을 기초로 하여 연구의 특성상 식품 섭취 빈도 조사로 보완하여 영양소 섭취 상태를 조사하였다. 간이 영양섭취 조사 방법은 육어란 및 두류 제품, 우유 및 유제품, 과일, 야채, 곡류와 서류, 설탕류, 유지류의 7가지 식품군으로 나누어 이들 식품의 평소 섭취량을 조사하는 것인데, 훈련된 면접자가 식품모델, 각종 계량기구 및 용기를 이용하여 면접함으로써 대상자의 평소 섭취 상황을 정확히 기록하도록 하였다. 하루 동안 섭취된 열량 및 영양소량은 면접을 통하여 기록한 평소 섭취상황을 연구자가 중량으로 환산하여 여기에 각 식품군별 환산 계수를 이용하여 산출하였다. 또한 Vitamin D와 칼슘의

주요 급원으로 알려진 식품들에 대해서는 반정량적 식품 섭취 빈도 설문지(semiquantitative food frequency questionnaire)를 별도로 제작하여 이들 식품에 대해 일주일의 섭취 횟수 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 cereal에 대한 섭취 빈도수를 조사하여 vitamin D의 섭취량을 추정하였다<sup>13,14)</sup>.

(5) 자외선 노출 정도

Vitamin D의 식사적 급원 외에 또 하나의 중요한 급원이 되는 자외선 노출에 대해서는 선행 연구<sup>13,14)</sup>에서 제시된 조사 방법에 근거하였다. 즉, 시간대 별로 야외 활동 시간(단위 : 분)을 조사함으로써 시간대별 및 하루 총 자외선 노출 시간을 산출할 수 있도록 하였다.

4) 통계적 분석

조사된 모든 자료는 Statistical Analysis System (SAS) Package를 이용하여 통계처리 하였다. 모든 결과에 대해 평균값과 표준편차를 산출하였고, 통계량의 검정시 p값이 0.05 미만일 경우 통계적으로 유의하다고 보았다.

연구결과

1. 연구 대상자의 골밀도 상태

연구 대상자 전원에게 single-photon absorptiometer(SPA)를 이용하여 원위부 요골(distal radius)부위에 대한 골밀도를 측정할 결과, Table 2에 제시된 바와 같이 전체 연구 대상자의 평균은 0.445g/cm<sup>2</sup>이었으며, 그 범위는 0.237 부터 0.644g/cm<sup>2</sup>이었다. 연령에 따른 측정치는 남성의 경우 20~39세까지에서 0.5645 (0.4620~0.6444)g/cm<sup>2</sup>이었으며, 40~49세의 경우 0.5357 (0.4080~0.5940)g/cm<sup>2</sup>으로 다소 낮아지는 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 없었다. 여성의 경우 20~39세 연령 군에서는 0.4645(0.3620~0.5410)g/cm<sup>2</sup>이었으며, 40~49세의 경우 0.4657(0.3680~0.5440)g/cm<sup>2</sup>으로 연령 집단에 따른 차이는 없었다. 그러나 성별에 따른 골밀도의 차이가 관찰되었는데, 남성의 경우 여성에 비해 유의적으로 골밀도가 높은 것으로 나타났다(p<0.05).

try(SPA)를 이용하여 원위부 요골(distal radius)부위에 대한 골밀도를 측정할 결과, Table 2에 제시된 바와 같이 전체 연구 대상자의 평균은 0.445g/cm<sup>2</sup>이었으며, 그 범위는 0.237 부터 0.644g/cm<sup>2</sup>이었다. 연령에 따른 측정치는 남성의 경우 20~39세까지에서 0.5645 (0.4620~0.6444)g/cm<sup>2</sup>이었으며, 40~49세의 경우 0.5357 (0.4080~0.5940)g/cm<sup>2</sup>으로 다소 낮아지는 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 없었다. 여성의 경우 20~39세 연령 군에서는 0.4645(0.3620~0.5410)g/cm<sup>2</sup>이었으며, 40~49세의 경우 0.4657(0.3680~0.5440)g/cm<sup>2</sup>으로 연령 집단에 따른 차이는 없었다. 그러나 성별에 따른 골밀도의 차이가 관찰되었는데, 남성의 경우 여성에 비해 유의적으로 골밀도가 높은 것으로 나타났다(p<0.05).

2. 골밀도에 영향을 미치는 vitamin D 관련 변인 분석

1) 신체 계측지 및 에너지 소비량

본 연구에서는 대상자들의 신장과 체중을 측정하여 BMI를 산출하여, 혈청 25-OHD 및 골밀도에 미치는 영향을 분석하였다(Table 3, 4). 본 연구 대상자들의 체격 지수는 평균적으로 정상 범위에 포함되어 있었으며, BMI를 기준으로 비만으로 판정된 사람들이 1.4% 뿐이었다. 분석 결과, 전체 대상자에 대해서는 신장과 체중이 혈청 25-(OH)D 수준 및 골밀도에 유의적인 상관성을 가지고 있었으며(p<0.05), 특히 여성인 경우 남성에 비해 신장과 체중이 증가할수록 혈청 25-(OH)D와 골밀도가 유의적으로 높은 것으로 나타났다. 반면, BMI와 PIBW와는 유의적인 상관성을 나타내지 않았다(Table 4).

한편 에너지 소비량과의 상관성을 살펴본 결과, 골밀도는 남, 녀 모두 기초 대사량과 유의적인 상관성을 보이고 있었으며, 활동량과도 연관되어 있어 결과적으로 1일 총 에너지 소비량과 유의적인 상관성(p<0.05)을 보이고 있었다(Table 4).

2) Vitamin D 관련 생화학적 변인

체내 vitamin D 상태를 가장 잘 반영하는 혈청 25-

Table 1. General characteristics of total subjects

| Characteristics                       |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|
| Number of subjects                    | 122(male=34, female=88)    |
| Age : Total                           | 34.7±5.1 years(21 - 49)    |
| Male                                  | 35.8±3.2 years(21 - 49)    |
| Female                                | 33.7±8.1 years(21 - 49)    |
| Education level                       | Higher than high school    |
| Residence                             | Kyungki including in Seoul |
| No history of medical supplementation |                            |

Table 2. Bone mineral density of subjects according to age and sex

|               | Number | Mean(g/cm <sup>2</sup> ) | SD(g/cm <sup>2</sup> ) | Minimum(g/cm <sup>2</sup> ) | Maximum(g/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------|--------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Total         | 167    | 0.445                    | 0.057                  | 0.237                       | 0.558                       |
| Male*         |        |                          |                        |                             |                             |
| 20 - 39 years | 23     | 0.5645                   | 0.0390                 | 0.4620                      | 0.6410                      |
| 40 - 49 years | 12     | 0.5357                   | 0.0431                 | 0.4080                      | 0.5940                      |
| Female        |        |                          |                        |                             |                             |
| 20 - 39 years | 53     | 0.4645                   | 0.0390                 | 0.3620                      | 0.5410                      |
| 40 - 49 years | 35     | 0.4657                   | 0.0431                 | 0.3680                      | 0.5540                      |

Variables with \* are significantly different between male and female (\* : p<0.05, \*\* : p<0.01, \*\*\* : p<0.0001)

(OH)D 수준을 측정하였으며, 이와 관련된 PTH, creatinine과 Ca, P, Mg 등의 무기질에 대해 분석하여 이들의 측정치와 골밀도와의 상관성에 대해 알아보았다. Table 5에서 제시된 바와 같이 혈청 25-(OH)

D 수준은 연구 대상자의 대부분에서 정상 범위의 혈청 25-(OH)D의 분포를 보이고 있었다. 저 vitamin D 혈증(hypovitaminosis D)의 우려가 예상되는 대상자를 분류해 보면, vitamin D 부족으로 판정하는데 가장 일

**Table 3.** Physical and energy expenditure characteristics of the subjects

| Variables(unit)                       | Total(n=122) <sup>a</sup>                             | Male(n=34)                          | Female(n=88)                        |
|---------------------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Age (yr)                              | 34.7 ± 5.1 <sup>b</sup><br>(21.0 - 49.0) <sup>c</sup> | 34.7 ± 5.1<br>(21.0 - 49.0)         | 34.8 ± 4.9<br>(21.0 - 49.0)         |
| Height (cm)                           | 163.1 ± 8.3<br>(151.0 - 184.0)                        | 174.5 ± 4.1<br>(165.0 - 184.0)      | 158.7 ± 4.5<br>(151.0 - 171.0)      |
| Weight (kg)                           | 59.1 ± 11.4<br>(42.6 - 90.0)                          | 71.6 ± 8.7<br>(58.9 - 90.0)         | 52.2 ± 8.1<br>(42.6 - 67.0)         |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>d</sup> | 22.1 ± 3.1<br>(16.8 - 30.8)                           | 23.5 ± 2.9<br>(19.6 - 30.8)         | 21.5 ± 3.0<br>(16.8 - 26.2)         |
| BMR(kcal/day) <sup>e</sup>            | 1273.9 ± 308.6<br>(872.3 - 2115.0)                    | 1669.3 ± 206.8<br>(1357.2 - 2115.0) | 1133.0 ± 171.5<br>(872.3 - 1407.0)  |
| Activity <sup>f</sup> (kcal/day)      | 759.8 ± 234.2<br>(381.6 - 1350.9)                     | 970.7 ± 196.7<br>(652.0 - 1351.0)   | 684.6 ± 255.5<br>(381.6 - 1159.4)   |
| SDA <sup>g</sup> (kcal/day)*          | 204.1 ± 51.0<br>(126.1 - 346.6)                       | 290.4 ± 28.8<br>(216.6 - 346.6)     | 181.9 ± 28.4<br>(126.1 - 245.5)     |
| TEE <sup>h</sup> (kcal/day)*          | 2237.7 ± 560.5<br>(1387.5 - 3812.5)                   | 2904.0 ± 317.2<br>(2383.1 - 3812.5) | 1999.5 ± 412.1<br>(1387.5 - 2700.7) |

<sup>a</sup>Number of subjects

<sup>b</sup>Mean ± Standard deviation

<sup>c</sup>(Minimum - Maximum)

<sup>d</sup>BMI : Body mass index(kg/m<sup>2</sup>)=Body weight in kilogram/(Height in meter)<sup>2</sup>.

<sup>e</sup>BMR : Basal metabolic rate

<sup>f</sup>Activity : Energy expended for physical activity

<sup>g</sup>SDA : Specific dynamic action of food

<sup>h</sup>TEE : Total energy expenditure

Variables with "\*" are significantly different between male and female

(\* : p<0.05)

**Table 4.** Correlation between anthropometric and energy expenditure data and serum 25-hydroxyvitamin D and bone mineral density

|                       | Total(n=122) <sup>a</sup> |                 | Male(n=34) |         | Female(n=88) |         |
|-----------------------|---------------------------|-----------------|------------|---------|--------------|---------|
|                       | s-25(OH)D <sup>b</sup>    | BD <sup>c</sup> | s-25(OH)D  | BD      | s-25(OH)D    | BD      |
| Height                | 0.2252*                   | 0.3310*         | 0.1357     | 0.2308* | 0.2128*      | 0.2557* |
| Weight                | 0.2154*                   | 0.2910*         | 0.0184     | 0.0184  | 0.2342*      | 0.2232* |
| BMI <sup>d</sup>      | 0.1228                    | 0.1406          | -0.0292    | 0.0249  | 0.0477       | 0.0969  |
| PIBW <sup>e</sup>     | 0.1095                    | 0.1127          | 0.0065     | 0.0514  | 0.0967       | 0.0452  |
| BMR <sup>f</sup>      | -0.1125                   | 0.3611          | 0.1926     | 0.3785  | 0.3519       | 0.0178  |
| Activity <sup>g</sup> | -0.0058                   | 0.5627          | 0.2889     | 0.1812  | 0.2083       | 0.1697  |
| SDA <sup>h</sup>      | -0.0708                   | 0.5663          | 0.2624     | 0.2265  | 0.3055       | 0.0413  |
| TEE <sup>i</sup>      | -0.0708                   | 0.5663          | 0.2624     | 0.2265  | 0.3055       | 0.0413  |

<sup>a</sup>Number of subjects

<sup>b</sup>s-25(OH)D : Pearson correlation coefficient

<sup>c</sup>BD : Bone mineral density

<sup>d</sup>BMI : Body mass index

<sup>e</sup>PIBW : Percent ideal body weight

<sup>f</sup>BMR : Basal metabolic rate

<sup>g</sup>Activity : Energy expended for physical activity

<sup>h</sup>SDA : Specific dynamic action of food

<sup>i</sup>TEE : Total energy expenditure

\* : p<0.05

반적인 기준으로 제시되고 있는 10ng/ml 이하로 측정된 사람은 2.8% 이었으며, 8ng/ml 이하인 사람은 없었다.

혈청 25-OHD와 골밀도와의 상관성을 pearson correlation을 이용하여 분석해 본 결과(Table 6), 전체 대상자에 대해 상관 계수(r)가 0.281로서 유의적인 양의 상관성을 보였으며, 이러한 양상은 남, 녀 모두에서 동일하였다. Vitamin D 내분비 체계에 관여하고 있는 생화학적 변인들의 측정치와 골밀도와의 상관성을 분석한 결과는 Table 6에 제시된 바와 같다. 즉, vitamin D와 칼슘의 내분비 체계를 조절하는 PTH는 골

밀도가 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였다( $r = -0.235, p = 0.0470$ ). 이러한 양상은 남성에서는 관찰되지 않았으나, 여성의 경우 뚜렷한 결과를 보였다. 한편, alkaline phosphatase는 골밀도가 증가할수록 유의적이지는 않으나, 감소하는 경향을 보였다( $r = 0.200, p < 0.0748$ ). 한편, 혈청 칼슘과 인 그리고 마그네슘은 골밀도와의 상관성을 나타내지 않았다. 이러한 결과를 단순회귀식으로 추정한 결과 Table 7에서 제시된 바와 같이 혈청 25-(OH)D 수준이 증가할수록 골밀도는 유의적으로 다음과 같은 회귀 방정식에 의해 증가하였으며, PTH는 감소하고 있었음을 알 수 있었다.

**Table 5.** Serum 25-hydroxyvitamin D levels and biochemical variables of vitamin D endocrine system by sex

| Variables (Unit)                               | Total(n=122) <sup>a</sup>                             | Male(n=35)                      | Female(n=87)                    |
|--|---|---------------------------------|---------------------------------|
| 25-Hydroxyvitamin D**<br>(ng/cm <sup>2</sup> ) | 24.4 ± 11.0 <sup>b</sup><br>(8.2 - 65.4) <sup>c</sup> | 26.0 ± 6.8<br>(12.2 - 67.4)     | 23.3 ± 12.3<br>(13.4 - 65.4)    |
| PTH<br>(pg/ml)                                 | 20.43 ± 8.44<br>(10.61 - 57.96)                       | 19.94 ± 6.74<br>(10.61 - 37.75) | 21.86 ± 9.13<br>(12.59 - 57.96) |
| Alkaline phosphatase<br>(K.A.u) <sup>d</sup>   | 8.10 ± 2.02<br>(2.74 - 11.91)                         | 8.11 ± 2.29<br>(3.70 - 11.91)   | 8.10 ± 2.47<br>(2.74 - 11.85)   |
| Creatinine<br>(mg/dl)                          | 0.97 ± 0.28<br>(0.47 - 1.69)                          | 0.96 ± 0.16<br>(0.63 - 1.53)    | 0.99 ± 0.32<br>(0.47 - 1.69)    |
| Albumin<br>(g/dl)                              | 4.67 ± 0.73<br>(3.09 - 6.08)                          | 4.70 ± 0.76<br>(3.41 - 5.99)    | 4.64 ± 0.72<br>(3.09 - 6.08)    |
| Ca <sup>++</sup><br>(mg/dl)                    | 10.03 ± 0.92<br>(7.10 - 12.96)                        | 10.36 ± 0.75<br>(9.10 - 10.24)  | 10.07 ± 0.78<br>(7.22 - 12.96)  |
| Mg*<br>(mg/dl)                                 | 2.14 ± 0.22<br>(1.51 - 2.65)                          | 1.98 ± 0.31<br>(1.60 - 2.41)    | 2.10 ± 0.21<br>(1.50 - 2.65)    |
| P*<br>(mg/dl)                                  | 3.97 ± 0.79<br>(2.26 - 6.13)                          | 3.88 ± 0.97<br>(2.26 - 5.80)    | 4.17 ± 0.80<br>(2.47 - 6.13)    |

<sup>a</sup>Number of subjects

<sup>b</sup>Mean ± Standard deviation

<sup>c</sup>(Minimum-Maximum)

<sup>d</sup>King-Armstrong units

Variables with \* are significantly different between male and female

(\* : p < 0.05, \*\* : p < 0.01)

**Table 6.** Correlation between the serum 25-hydroxyvitamin D endocrine system and bone-density

| Biochemical variables | Total(n=72) <sup>a</sup> |         | Male(n=26) |         | Female(n=46) |         |
|-----------------------|--------------------------|---------|------------|---------|--------------|---------|
|                       | r <sup>b</sup>           | P-value | r          | P-value | r            | P-value |
| s-25OHD               | 0.281                    | 0.0439  | 0.1987     | 0.0389  | 0.2789       | 0.038   |
| PTH <sup>c</sup>      | -0.235                   | 0.0470  | -0.198     | 0.3325  | -0.324       | 0.0280  |
| ALP <sup>d</sup>      | -0.200                   | 0.0944  | -0.041     | 0.8415  | -0.208       | 0.1708  |
| Creatinine            | -0.211                   | 0.0748  | 0.177      | 0.3872  | -0.143       | 0.0694  |
| Albumin               | 0.052                    | 0.6672  | 0.316      | 0.1163  | -0.022       | 0.8868  |
| Ca                    | 0.181                    | 0.1289  | 0.123      | 0.2621  | -0.023       | 0.8784  |
| Mg                    | -0.063                   | 0.6001  | 0.101      | 0.6245  | -0.222       | 0.1375  |
| P                     | 0.063                    | 0.6028  | 0.074      | 0.7189  | -0.037       | 0.8080  |

<sup>a</sup>Number of subjects

<sup>b</sup>r : Pearson correlation coefficient

<sup>c</sup>PTH : Parathyroid hormone

<sup>d</sup>ALP : Alkaline phosphatase

$$y (\text{골밀도}) = 0.4079 + 0.0016 \times (s-25(\text{OH})\text{D})$$

$$y (\text{골밀도}) = 0.4673 - 0.0011 \times 2(s\text{-PTH})$$

**3) 영양소 섭취 상태**

본 연구 대상자의 열량 및 단백질 섭취량은 전체적으로 % RDA를 상회하고 있었으며, 여성에 비해 남성의 경우 섭취량이 전반적으로 약간 낮은 것으로 관찰되었다(Table 8). 특히 칼슘의 경우 80% RDA 수준에 머

무르고 있는 것으로 나타나 매우 부족되고 있는 것이 지적되었다. 본 연구 대상자들의 vitamin D 섭취량 추정치는 평균  $3.75 \pm 2.19 \mu\text{g}$  (0~8.97 $\mu\text{g}$ )로, 남녀 간에는 유의적인 차이는 없었다. Vitamin D 섭취의 양상은 권장량인 5 $\mu\text{g}$  이하를 섭취하고 있는 사람이 전체 대상자의 77.8%로 나타났으며, 권장량의 75%이하를 섭취하는 사람이 51.4%, 50% 이하로 섭취하고 있는 사람이 23.6%였다(Table 9). 한편, 남성과 여성에게서 공

**Table 7.** Serum 25-hydroxyvitamin D levels and biochemical parameters of vitamin D endocrine system : means, SD, and coefficient of regression on bone mineral density

| Parameters     | Mean  | SD   | Intercept | Slope   | r       | p-value |
|----------------|-------|------|-----------|---------|---------|---------|
| 25-OHD (ng/ml) | 24.4  | 11.0 | 0.4079    | 0.0016  | 0.3699  | 0.0001  |
| PTH (pg/ml)    | 21.4  | 8.44 | 0.4673    | -0.0011 | -0.1587 | 0.0424  |
| ALP (KA)       | 8.10  | 2.42 | 0.4876    | -0.0049 | -0.2177 | 0.0554  |
| Cr (mg/dl)     | 0.96  | 0.28 | 0.4384    | 0.0066  |         | 0.6060  |
| Alb (g/dl)     | 4.69  | 0.73 | 0.4215    | 0.0051  |         | 0.4740  |
| Ca (mg/dl)     | 10.05 | 0.93 | 0.4378    | 0.0008  |         | 0.8586  |
| Mg (mg/dl)     | 2.04  | 0.22 | 0.4715    | 0.0122  |         | 0.5190  |
| P (mg/dl)      | 3.98  | 0.89 | 0.4270    | 0.0048  |         | 0.3550  |

25-OHD=25-hydroxyvitamin D, PTH=parathyroid hormone, ALP=serum alkaline phosphatase, Cr=serum creatine, Alb=serum albumin, Ca=serum calcium, Mg=serum magnesium, P=serum phosphorus, SD=standard deviation

**Table 8.** Nutrient intake, % RDA<sup>1)</sup> and correlation of intake with bone density of the subjects

| Nutrient(Unit)     | Sex(No.) | Intake                       |                                 | % RDA        |                 | r <sup>2)</sup> |
|--------------------|----------|------------------------------|---------------------------------|--------------|-----------------|-----------------|
|                    |          | Mean                         | SD                              | Mean         | SD              |                 |
| Energy (kcal/d)    | T (n=67) | 2123.3 ± 486.3 <sup>3)</sup> | (1120.0 - 2946.4) <sup>4)</sup> | 100.5 ± 23.7 | (44.8 - 147.1)  | 0.109           |
|                    | M (n=25) | 2237.8 ± 485.8               | (1120.0 - 2927.3)               | 91.5 ± 19.4  | (44.8 - 117.1)  | 0.116           |
|                    | F (n=42) | 2115.2 ± 455.3               | (1457.1 - 2946.4)               | 102.3 ± 22.8 | (72.9 - 147.3)  | 0.129           |
| Carbohydrate (g/d) | T (n=67) | 374.5 ± 87.8                 | (232.2 - 527.3)                 | -            | -               | 0.063           |
|                    | M (n=24) | 378.9 ± 83.5                 | (234.9 - 513.0)                 | -            | -               | 0.163           |
|                    | F (n=43) | 372.1 ± 91.0                 | (232.2 - 522.3)                 | -            | -               | 0.057           |
| Protein (g/d)      | T (n=67) | 71.7 ± 14.8                  | (46.3 - 102.5)                  | 111.3 ± 24.9 | (61.7 - 132.3)  | 0.172*          |
|                    | M (n=25) | 72.0 ± 16.9                  | (46.3 - 99.2)                   | 96.3 ± 22.6  | (61.7 - 132.3)  | 0.148*          |
|                    | F (n=42) | 71.4 ± 13.5                  | (47.8 - 102.5)                  | 119.7 ± 22.6 | (80.0 - 170.9)  | 0.172*          |
| Fat (g/d)          | T (n=66) | 38.8 ± 8.4                   | (24.0 - 54.3)                   | -            | -               | 0.244*          |
|                    | M (n=24) | 38.6 ± 8.2                   | (25.5 - 54.3)                   | -            | -               | 0.220           |
|                    | F (n=42) | 39.4 ± 8.6                   | (24.0 - 54.1)                   | -            | -               | 0.295           |
| Calcium (mg/d)     | T (n=65) | 603.3 ± 142.2                | (338.5 - 905.0)                 | 86.3 ± 20.3  | (48.4 - 129.3)  | 0.188*          |
|                    | M (n=24) | 608.6 ± 167.1                | (399.7 - 885.0)                 | 86.8 ± 23.9  | (57.1 - 126.4)  | 0.149           |
|                    | F (n=41) | 601.6 ± 127.5                | (338.5 - 905.0)                 | 85.8 ± 18.2  | (48.4 - 129.3)  | 0.135           |
| Phosphorus (mg/d)  | T (n=66) | 1043.9 ± 208.4               | (664.0 - 1462.7)                | 149.7 ± 29.8 | (94.9 - 209.0)  | 0.087           |
|                    | M (n=24) | 1023.1 ± 238.4               | (713.0 - 1428.6)                | 150.0 ± 34.1 | (101.9 - 204.1) | 0.116           |
|                    | F (n=42) | 1025.7 ± 192.3               | (664.0 - 1462.7)                | 149.5 ± 27.5 | (94.9 - 209.0)  | 0.093           |
| Vitamin D (μg/d)   | T (n=72) | 3.75 ± 2.19                  | (0.00 - 8.97)                   | 77.6 ± 43.4  | (0.0 - 179.4)   | 0.237*          |
|                    | M (n=26) | 3.42 ± 1.82                  | (0.77 - 7.77)                   | 68.4 ± 36.4  | (15.5 - 155.4)  | 0.279*          |
|                    | F (n=46) | 3.89 ± 2.37                  | (0.00 - 8.97)                   | 77.8 ± 47.4  | (0.0 - 179.4)   | 0.288*          |

1) % RDA : Percent of RDA  
 RDA : Recommended Dietary Allowances for Korean, 6th ed  
 2) r : Pearson correlation coefficient  
 3) Mean ± Standard deviation  
 4) Range (Minimum - Maximum)  
 \*p < 0.05

통적으로 나타난 특징은 칼슘과 인의 섭취 비율인데, 남녀 모두 칼슘은 권장량에 미달하여 섭취하고 있는 반면 인은 매우 많은 양을 섭취하고 있는 것으로 나타나 그 비율이 평균 0.58에 불과하였고 이는 권장되고 있는 칼슘과 인의 비율인 1 : 1에 크게 못 미치는 것이었다. 이들 영양소 섭취량과 골밀도와의 상관성을 살펴 본 결과, 단백질, 지방, 칼슘 그리고 vitamin D 섭취량의 추정치가 골밀도와 유의적인 양의 상관 관계를 보여주었다(Table 8).

식품 급원별 섭취 빈도와 골밀도와의 상관성을 분석한 결과, 단백질 및 칼슘 그리고 vitamin D 급원 식품으로 분류될 수 있는 식품들의 섭취 빈도와 골밀도와 유의적인 양의 상관성이 관찰되었다(Table 10). 즉, 육

류 및 달걀이 남성의 경우 골밀도와 유의적인 양의 상관성을 보였으며, 칼슘의 급원 식품으로 볼 수 있는 우유 및 유제품과 vitamin D 급원 식품인 버섯 등의 건조 식품과 버터 등의 유지류 그리고 cereal 등의 섭취 빈도와 골밀도와의 상관성이 관찰되었다.

4) 옥외 생활 시간

오전 8시 부터 오후 6시까지 시간대 별 옥외 생활 시간을 조사한 결과, 1일 총 옥외 생활 시간은 약 70분 정도로 추정되었으며, 이는 남성에 비해 여성의 경우 약간 많은 것으로 나타났다(Table 11). 따라서 1일 총 옥외 생활 시간은 골밀도와의 유의적인 양의 상관성(r= 0.328, p<0.01)을 보였으며, 이러한 경향은 남, 녀 모

Table 9. Vitamin D intake of the subjects according to % RDA\*

| % RDA                    | < 50%                  | ≤50% - <75%       | ≤75% - <100%      | ≥100%     |
|--------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-----------|
|                          | (<2.50μg) <sup>b</sup> | (≤2.50 - <3.75μg) | (≤3.75 - <5.00μg) | (≥5μg)    |
| Male (N=34) <sup>c</sup> | 7 (20.8) <sup>d</sup>  | 9 (26.9)          | 9 (26.9)          | 9 (26.9)  |
| Female (N=88)            | 17 (19.6)              | 25 (28.3)         | 23 (26.1)         | 23 (26.1) |
| Total (N=122)            | 29 (23.6)              | 34 (27.8)         | 32 (26.4)         | 27 (22.2) |

\*RDA : Recommended Dietary Allowances for Korean, 6th ed

<sup>b</sup>Vitamin D intake per day

<sup>c</sup>N : Number of subjects

<sup>d</sup>Percent of total subjects

Table 10. Frequency of the food items consumed per week and correlation between the frequency and serum 25-hydroxyvitamin D levels in total of the subjects (N=122)<sup>a</sup>

| Food items               | Total(n= 122)          | Male(n= 34)  | Female(n=88) |
|--------------------------|------------------------|--------------|--------------|
|                          | Mean ± SD <sup>b</sup> | Mean ± SD    | Mean ± SD    |
| Meats                    | 1.20 ± 1.64            | 1.38 ± 1.79* | 1.10 ± 1.56  |
| Fish                     | 1.36 ± 2.06            | 1.73 ± 1.04  | 1.72 ± 2.40  |
| Eggs                     | 3.89 ± 2.32*           | 4.44 ± 2.33* | 3.58 ± 2.27  |
| Bean products            | 1.37 ± 2.10            | 1.38 ± 2.04  | 1.37 ± 2.15  |
| Dried foods <sup>c</sup> | 1.18 ± 2.18*           | 1.92 ± 1.98* | 1.33 ± 2.29* |
| Milk                     | 5.01 ± 3.61*           | 3.33 ± 4.54* | 4.26 ± 2.75* |
| Flavored milk            | 0.10 ± 0.83            | 0.27 ± 1.37  | 0.56 ± 0.77  |
| Yoghurt                  | 1.83 ± 2.62*           | 1.31 ± 2.87* | 1.57 ± 2.46* |
| Cheese                   | 0.67 ± 1.38*           | 0.92 ± 1.98* | 0.78 ± 0.89* |
| Ice cream                | 1.10 ± 2.04*           | 0.88 ± 2.53* | 0.65 ± 1.55* |
| Butter                   | 2.38 ± 2.74*           | 2.69 ± 2.85* | 2.21 ± 2.70* |
| Fats & oils              | 4.28 ± 3.12*           | 4.44 ± 2.33  | 4.58 ± 3.31  |
| Bread                    | 2.22 ± 2.23            | 2.38 ± 2.48  | 2.24 ± 2.20  |
| Potato                   | 1.75 ± 2.12            | 1.35 ± 1.74  | 1.79 ± 2.23  |
| Cereals                  | 0.15 ± 0.52*           | 0.19 ± 0.57* | 0.34 ± 0.40* |
| Coffee                   | 14.63 ± 9.58           | 14.42 ± 9.64 | 14.78 ± 9.78 |
| Soft drinks              | 4.33 ± 3.19            | 6.19 ± 3.61  | 5.35 ± 3.34  |
| Chocolate                | 0.45 ± 1.17            | 0.70 ± 1.27  | 0.56 ± 1.07  |

<sup>a</sup>N : Number of subjects

<sup>b</sup>Standard deviation

<sup>c</sup>Range : Minimum-Maximum

<sup>d</sup>r : Pearson correlation coefficient

<sup>e</sup>Dried foods include dried fish and mushrooms

\*p<0.05



두에서 동일한 양상이 관찰되었다. 또한, 시간대별로 살펴본 결과 남, 녀 모두 정오부터 2시까지 시간대에서는 모두 골밀도와 유의적인 상관성을 보였으며, 남성의 경우 오전 8시 부터 10시, 오후 4시부터 6시까지의 시간대, 여성의 경우 오전 10시부터 12시와 오후 4시부터 6시까지의 시간대에서 골밀도와 유의적인 양의 상관성이 나타났다(Table 11).

**3. 골밀도에 영향을 미치는 vitamin D 관련 변인들의 다중 회귀 분석**

**1) Vitamin D 급원이 골밀도에 미치는 영향력 분석**

Vitamin D의 2가지 급원, 즉 식사 급원과 1일 옥외 생활 시간이 골밀도에 미치는 영향력에 대해 다중 회귀

분석으로 그 기여도를 분석한 결과(Table 12), 전체적으로 vitamin D 섭취량이 31.2%의 기여도를 가지고 있었으며, 1일 옥외 생활 시간을 40.3% 의 기여도를 가지고 있었다. 이러한 현상은 남성과 여성으로 분류하여 살펴본 결과 조금 다른 양상이 관찰되었다. 즉, 남성의 경우 vitamin D의 식사 급원(11.3%) 보다 옥외 생활 시간(57.9%)이 골밀도에 보다 많은 기여를 하고 있었으며, 여성의 경우는 vitamin D의 식사적 급원(32.7%)이 옥외 생활 시간(23.2%)보다 많은 기여를 하고 있었다.

**2) Vitamin D 관련 변인이 골밀도에 미치는 영향력 분석**

본 연구에서 분석된 vitamin D 관련 변인들이 골밀

**Table 11.** Correlation of time spent outdoors with bone density

| Time spent outdoors <sup>1)</sup> | Total(n=122) <sup>2)</sup>                       |                 | Male(n=34)                 |          | Female(n=88)                  |         |
|-----------------------------------|--|-----------------|----------------------------|----------|-------------------------------|---------|
|                                   | Mean ± SD <sup>3)</sup><br>(Range) <sup>4)</sup> | r <sup>5)</sup> | Mean ± SD<br>(Range)       | r        | Mean ± SD<br>(Range)          | r       |
| Total                             | 69.8 ± 33.4<br>(0 - 160.0)                       | 0.328**         | 57.8 ± 34.7<br>(0 - 100.0) | 0.546*** | 75.4 ± 38.4<br>(30.0 - 160.0) | 0.215** |
| Between                           |  |                 |                            |          |                               |         |
| 08 : 00 - 10 : 00                 | 11.5 ± 9.8<br>(0 - 30.0)                         | 0.218           | 14.8 ± 8.5<br>(0 - 30.0)   | 0.387*   | 10.6 ± 10.3<br>(0 - 30.0)     | 0.038   |
| 10 : 00 - 12 : 00                 | 6.7 ± 11.9<br>(0 - 60.0)                         | 0.003           | 5.1 ± 8.1<br>(0 - 20.0)    | 0.010    | 7.4 ± 13.7<br>(0 - 60.0)      | 0.287*  |
| 12 : 00 - 14 : 00                 | 13.6 ± 12.2<br>(0 - 60.0)                        | 0.377***        | 11.1 ± 9.9<br>(0 - 30.0)   | 0.437*   | 14.6 ± 13.2<br>(0 - 60.0)     | 0.329*  |
| 14 : 00 - 16 : 00                 | 12.7 ± 17.3<br>(0 - 60.0)                        | -0.135          | 9.7 ± 11.0<br>(0 - 30.0)   | 0.080    | 13.9 ± 20.0<br>(0 - 60.0)     | -0.267  |
| 16 : 00 - 18 : 00                 | 25.4 ± 21.6<br>(0 - 120.0)                       | 0.298*          | 17.1 ± 10.1<br>(0 - 100.0) | 0.359*   | 28.7 ± 25.1<br>(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<0.001

**Table 12.** Regression coefficients of the sources of vitamin D on bone mineral density in total subjects and by sex

| Selected variables                    | Parameter estimate | Standard error | T-value | P-value | Standardized estimate    |
|---------------------------------------|--------------------|----------------|---------|---------|--------------------------|
| <b>Total</b>                          |                    |                |         |         |                          |
| Constant                              | 12.842520          | 2.8805         | 4.458   | 0.0001  | 0.0000                   |
| Vitamin D intake                      | 1.574652           | 0.5600         | 2.812   | 0.0064  | 0.3124                   |
| Time spent outdoors 12 : 00 - 14 : 00 | 3.676885           | 0.9685         | 3.797   | 0.0003  | 0.4028                   |
|                                       |                    |                |         |         | (R <sup>2</sup> =0.2512) |
| <b>Male</b>                           |                    |                |         |         |                          |
| Constant                              | 13.090339          | 3.6580         | 3.579   | 0.0016  | 0.0000                   |
| Vitamin D intake                      | 0.017295           | 0.6628         | 0.026   | 0.0494  | 0.1126                   |
| Timespent outdoors sum total          | 1.178746           | 0.3812         | 3.093   | 0.0051  | 0.5786                   |
|                                       |                    |                |         |         | (R <sup>2</sup> =0.2981) |
| <b>Female</b>                         |                    |                |         |         |                          |
| Constant                              | 14.111756          | 3.9486         | 3.574   | 0.0009  | 0.0000                   |
| Vitamin D intake                      | 1.838339           | 0.7429         | 2.475   | 0.0175  | 0.3267                   |
| Time spent outdoors 12 : 00 - 14 : 00 | 3.145129           | 1.2784         | 2.460   | 0.0181  | 0.3324                   |
|                                       |                    |                |         |         | (R <sup>2</sup> =0.2218) |

도에 미치는 상관성을 분석한 결과는 Table 13에서 제시된 바와 같이 1일 에너지 소비량( $r=0.5663$ )과 활동량( $r=0.5627$ ), 체중( $0.2910$ ), 1일 총 옥외 생활 시간( $r=0.3766$ ), 칼슘( $r=0.1880$ ) 및 vitamin D 섭취량( $r=0.2370$ ) 그리고 혈청 25-(OH)D( $r=0.2809$ ) 및 PTH 수준( $r=-0.2349$ )으로 나타났다(Table 13). 또한, 다중 회귀 분석결과, 골밀도는 하루 총 자외선 노출 시간, 12시에서 2시 사이의 자외선 노출 시간, vitamin D 섭취량, TEE에 의해서 유의적으로 결정되어 짐을 알 수 있었다(Table 14). 이들 중 설명력이 가장

큰 것은 vitamin D 섭취량이었으며(34.4%), 그 다음은 12시에서 2시 사이의 자외선 노출 시간, TEE의 순인 것으로 분석되었다. 성별에 따라서는 남성의 경우 혈청 25-(OH)D 수준, TEE 그리고 하루 총 자외선 노출 시간이 유의적으로 영향을 미치는 변인으로 분석되었으며, 여성의 경우는 Ca 과 vitamin D 섭취량이 유의적으로 설명할 수 있는 것으로 분석되었는데, 가장 유력한 요인은 Ca 섭취량 이었으며(설명력 40.9%), vitamin D(37.9% 설명력)가 그 다음 요인이 되는 것으로 나타났다.

**Table 13.** Correlation coefficients of the selected variable significantly correlated with serum 25-hydroxyvitamin D levels (N=122)<sup>a</sup>

| Variables                                     | r <sup>b</sup> | P-value |
|---|----------------|---------|
| TEE   | 0.5663         | 0.0002  |
| Activity                                      | 0.5627         | 0.0011  |
| Weight  | 0.2910         | 0.0012  |
| Time spent outdoors between 12 : 00 ~ 14 : 00 | 0.3766         | 0.0012  |
| Time spent outdoors sum total of the day      | 0.3279         | 0.0052  |
| Ca intake                                     | 0.1880         | 0.0318  |
| Vitamin D intake                              | 0.2370         | 0.0450  |
| s-25OHD                                       | 0.2809         | 0.0460  |
| PTH <sup>c</sup>                              | -0.2349        | 0.0470  |

<sup>a</sup>N : Number of subjects

<sup>b</sup>Pearson correlation coefficient

<sup>c</sup>PTH : Parathyroid hormone

<sup>d</sup>ALP : Alkaline phosphatase

## 고 찰

### 1. 연구 대상자의 골밀도 상태

골밀도는 성장이 끝난 후 몇 년간 최대치를 유지하다가 연령이 증가할수록 골소실이 진행되는데<sup>(5-17)</sup>, 이러한 현상은 여러 변인에 좌우된다고 알려져 있다. 원위 요골 부위의 골밀도 측정은 전신 또는 다른 여러 부위의 측정과 비교적 상관성이 높은 것으로 보고되고 있으므로, 골대사에 있어서 정상과 비정상을 일차적으로 screening 하는데 사용하는 지표로 알려져 있다<sup>(2)</sup>. 본 연구 대상자의 연령은 최대골질량(peak bone mass) 형성과 관련하여 골소실이 두드러지는 연령이 아닌, 최대골질량 형성 후 유지 단계에 있는 연령 범위이다. 최대 골질량이란 골격의 성숙이 완료되었을 때 존재하는 골격조직의 양으로 정의되는데<sup>(18)</sup> 최대 골질량의 형성

**Table 14.** Regression coefficients for bone mineral density of the subjects

| Selected variables            | Parameter estimate | Standard error | T-value | P-value | Standardized estimate |
|-------------------------------|--------------------|----------------|---------|---------|-----------------------|
| <b>Total</b>                  |                    |                |         |         |                       |
| 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                |
| Ca intake                     | 2.5730             | 1.0881         | 2.365   | 0.0210  | 0.2838                |
| Vitamin D intake              | 1.8051             | 0.5471         | 3.299   | 0.0016  | 0.3444                |
| TEE <sup>e</sup>              | 0.3566             | 0.1370         | 2.604   | 0.0114  | 0.2728                |
| (R <sup>2</sup> =0.3195)      |                    |                |         |         |                       |
| <b>Male</b>                   |                    |                |         |         |                       |
| Constant                      | 13.3210            | 2.4796         | 9.836   | 0.0001  | 0.0000                |
| s-25OHD                       | 0.2140             | 0.3678         | 3.5700  | 0.0002  | 0.3008                |
| TEE                           | 1.0727             | 0.2367         | 2.3567  | 0.0045  | 0.2357                |
| Timespent outdoors sum total  | 1.1801             | 0.2697         | 2.192   | 0.0039  | 0.1409                |
| (R <sup>2</sup> =0.2981)      |                    |                |         |         |                       |
| <b>Female</b>                 |                    |                |         |         |                       |
| Constant                      | 32.5755            | 4.0778         | 6.395   | 0.0001  | 0.0000                |
| Vitamin D intake              | 1.8720             | 0.7292         | 2.781   | 0.0080  | 0.3789                |
| Ca intake                     | 0.5728             | 0.1840         | 2.998   | 0.0045  | 0.4085                |
| (R <sup>2</sup> =0.2714)      |                    |                |         |         |                       |

<sup>e</sup>TEE : Total Energy Expenditure

시기는 연구자에 따라 다르게 보고되고 있다. 남성과 여성 모두 30대 중반에 모든 부위에서 형성된다고 하는 이론도 있으나 열량과 칼슘의 섭취가 충분한 경우에는 요추(lumbar spine)나 대퇴경부(femoral neck)에서 20세 이전에도 완성될 수 있다고 한다<sup>18)</sup>. 인간에 있어 연령과 관련된 골대사 변화에 대한 연구는 골격 내 무기질 형성에 심각한 악영향을 미치는 것으로 알려진 폐경과 관련하여 폐경 후 여성과 노인, 특히 골다공증으로 고생하는 환자들에게 집중되어 왔다<sup>19)</sup>. 골소실, 특히 해면골(trabecular bone)의 소실은 여성에게서 최소한 폐경전 10년 전부터 시작될 수 있으며 남성에서도 비교적 일찍 시작된다고 한다<sup>20)</sup>. Newton-John과 Morgan 등<sup>21)</sup>은 여성의 경우 해면골의 감소가 40~45세부터 시작되며 남성은 60세부터 일어나기 시작한다고 보고하였다. 또 다른 연구자는<sup>22)</sup> 치밀골이 90% 이상인 요골에서 골밀도를 측정하여 남성의 경우 10년당 3~4%씩 직선적으로 감소함을 보였으며 여성의 경우는 30대 중반에 최대 골질량을 이룬 후 45~50세까지 3%정도의 감소를 보이다가 폐경 후 골밀도의 감소가 10년당 9%로 현저해지고 75세 이후에는 남성과 같은 비율인 10년당 3~4%의 감소를 보인다고 하였다. 우리나라 사람들의 골밀도를 단면연구(cross-sectional study)로 검토한 용 등의 연구<sup>23)</sup>에서는 남성의 경우 연령 증가에 따라 요추의 골밀도는 10년 당 3%씩의 직선적인 감소를 보였으며 여성의 경우는 cubic form으로 20세부터 연령이 증가함에 따라 요추의 골밀도도 10년당 5% 정도로 증가하며 35세 전후에 최대 골질량을 이룬 후 50세까지는 10년당 7%로 완만한 감소를 보이다가 50세 이후에는 10년당 12%로 급격한 감소를, 65세 이후부터는 다시 5.5%로 완만한 감소를 보인다고 하였다. 부위에 따른 감소의 비율에는 약간의 차이가 있으나 그 양상은 같은 것으로 보고되었다<sup>23)</sup>. Hedlund와 Gallaghrt<sup>24)</sup>에 의하면, 대퇴골 원위부(proximal femur)의 골밀도는 20대 초반에서 30대 중반부터 감소한다고 하며, Arnold의 연구<sup>25)</sup>에서도 20세에서 45세 사이에 남녀 모두 골밀도의 증가를 보이지 않았다고 한다. 따라서 연령이 증가할 수록 증가하는 골소실은 골다공증의 병인과 연루될 수 있음을 예상할 수 있는데<sup>26)</sup>, 본 연구에서는 성인만을 대상으로 측정하였으므로 연령 집단에 따른 유의적인 감소는 보이지 않았다. 그러나 남성에 비해서는 여성이 유의적으로 낮은 것으로 나타나, 골격 건강에 있어 여성이 취약 집단임을 알 수 있었다.

## 2. 골밀도에 영향을 vitamin D 관련 변인 분석

비만인 사람에게서는 vitamin D 내분비계가 변화한

다는 보고가 있으며, 또한 골밀도에도 영향을 미치고 있음은 잘 알려진 사실이다<sup>27)</sup>. Bell 등<sup>27)</sup>의 연구에 따르면 비만인 사람들의 vitamin D 내분비계 변화는 신장에서의 칼슘 재흡수 증진과 순환하는 1,25-(OH)<sub>2</sub>D의 증가와 관련된 2차성 parathyroidism으로 특징지어진다고 하였다. 이들의 연구에서 비만인 사람들에게서는 PTH와 1,25-(OH)<sub>2</sub>D가 증가되어 있으며, 혈청 25-(OH)D 수준은 감소되어 있는 것으로 보고되었는데, 이는 1,25-(OH)<sub>2</sub>D가 증가됨에 따라 이 대사물질이 간에서 합성되는 자신의 전구체인 25-(OH)D를 길항 작용으로 감소시키기 때문이라고 설명하였다. 본 연구에서는 1,25-(OH)<sub>2</sub>D는 측정하지 않았으나, 여성의 경우 체중이 증가할수록 혈청 25-(OH)D 수준이 유의적으로 증가하고 있음이 관찰되었다. 그러나 BMI와 PIBW를 관찰하여 비교한 결과 유의한 상관성이 관찰되지 않았다.

한편, 체중이 높은 경우 골밀도가 높다고 알려져 있는데, Desimone 등<sup>28)</sup>은 체중이 백인과 흑인 모두에서 골밀도에 중요한 결정 인자 중의 하나라고 지적 한 바 있다. 즉, 체중이 부하되는 부위의 골밀도인 요추와 대퇴골인 경우 비만인 집단에서 일반적으로 골밀도가 높은 것으로 알려져 있는 반면, 요골 부위인 경우 요추와 대퇴골 만큼 체중이 중요한 변인으로 작용하지 않는다고 보고하였다. 그러나 본 연구 결과, 여성인 경우 신장과 체중 모두 본 연구에서 측정된 부위인 원위 요골 부위의 골밀도에 유의적인 양의 상관성을 가지고 있는 것이 관찰되었으며, BMI와 PIBW와는 상관성을 보이지 않았다. 따라서 골밀도에 영향을 주는 인자로서 체중 및 체격 지수가 추정되고 있으나, 그 연관성에 관한 정확한 연구는 매우 부족하며, 체중이 골격의 보호 역할에 대한 기여도 역시 아직까지는 미지수라 할 수 있을 것이다. 그러나 폐경 후 여성인 경우 체지방의 감소가 골밀도 소실에 현저한 영향을 미치고 있어 골다공증 발병에 중요 변인으로 작용하고 있음은 이미 지적된 바 있으므로 간과해서는 안 될 변인인 것으로 분석되었다.

한편 에너지 소비량과의 상관성을 살펴본 결과, 골밀도는 남, 녀 모두 기초 대사량과 유의적인 상관성을 보이고 있었으며, 활동량과도 연관되어 있어 결과적으로 1일 총 에너지 소비량과 유의적인 상관성( $p < 0.05$ )을 보이고 있었다(Table 3). 체중이 부하된 활동은 골격 건강에 중요한 변인으로서 활동량의 감소는 노년기에 골소실을 가중시키는 것으로 알려져 있다. 따라서 성장기 아동 및 성인 그리고 골소실을 경험하는 노년층 모두에 있어 활동량의 증가는 골밀도 유지 및 증가를 위해 필수적임을 알 수 있었다.

Vitamin D 대사와 관련된 혈청내 생화학적 변인들에는 PTH, ALP, creatinine과 Ca, P, Mg 등의 무기질에 대해 분석하여 이들의 측정치와 골밀도와의 상관성에 대해 알아보았다. Table 5에서 제시된 바와 같이 혈청 25-(OH)D 수준은 연구 대상자의 대부분에서 정상 범위의 혈청 25-(OH)D의 분포를 보이고 있었으며, 저 vitamin D 혈증(hypovitaminosis D)에 대한 우려를 보이는 대상자는 즉, vitamin D 부족으로 판정하는데 가장 일반적인 기준으로 제시되고 있는 10ng/ml 이하로 측정된 사람은 2.8% 이었으며, 8ng/ml 이하인 사람은 없었다. McKenna<sup>29)</sup>는 hypovitaminosis D 자체가 vitamin D 결핍을 의미하는 것은 아니라고 하였으며, 결핍의 위험 또는 곧 결핍이 일어날 가능성을 반영하는 것이라고 하였다. Hypovitaminosis D의 기준으로서 14ng/ml 또는 15ng/ml은 다소 높다고 생각되지만 임상적으로 분명한 vitamin D 결핍의 증후가 나타나기 전에 미리 이를 발견함으로써 vitamin D 결핍을 예방할 수 있다면 다소 높은 수준까지를 hypovitaminosis D의 범주에 포함시켜 평가하고 그 수준이 낮은 사람에 대해서는 개별적으로 접근하는 것이 바람직하다고 사료된다. 또한, 혈청 25-(OH)D 수준에 있어 남녀에 따라 유의적인 차이를 보였는데, 성별에 따른 25-(OH)D 수준의 차이는 여러 연구에서 보고된 바 있다. 본 연구와 같은 방법으로 분석되고 비슷한 측정치를 나타낸 일본의 연구<sup>30)</sup>에서도 본 연구와 같은 양상으로 남성에게서 유의적으로 높게 나타났음을 보고하였다. Vitamin D의 수준을 평가한 여러 연구 중에는 성별간에 차이가 없다는 보고도 있으며, 여성에서 높았다는 보고, 반대로 남성에서 높았다는 보고 등<sup>31-34)</sup> 그 결과가 일치하지 않고 그에 대한 설명도 거의 이루어지지 않았다. 일본의 연구에서 저차는 이들간의 차이를 활동에 따른 자외선 노출의 차이 때문일 것이라고 설명하고 있는데<sup>30)</sup>, 본 연구에서 나타난 성별간의 차이도 성별 자체에 따른 차이이기 보다는 개인의 활동에 따른 자외선 노출 정도에 따른 것으로 풀이할 수 있다.

본 연구에서는 매우 민감한 assay로 알려진 two-site IRMA assay(1-84 PTH)<sup>35)</sup>로 PTH를 측정하였는데, 평균 20.43±8.44pg/ml의 수준을 보였으며 남녀간의 차이는 나타나지 않았다. 이 측정치는 사용한 kit에서 제시하고 있는 평균인 26pg/ml과 비슷한 수준이었으며 제시된 범위인 13~54pg/ml과도 잘 일치하는 것으로 나타났다. 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 상태 연구에서 PTH가 거론되는 것은 vitamin D와 PTH가 골대사에 있어 이러한 관련성을 갖고 있기 때문이다. Vitamin D 및 골밀도 상태를 보고한 연구들에서는 vitamin D 대사물질과 PTH의 수준이 역관계에 있음이 보고되고 있다<sup>36)</sup>. 즉, vitamin D 상태 및 골밀도가 높을수록 PTH의 수준은 저하되어 있음이 보고되고 있다.

혈청 25-OHD와 골밀도와의 상관성을 Pearson correlation을 이용하여 분석해 본 결과 유의적인 양의 상관성을 보였으며, vitamin D의 내분비 체계에 관여하고 있는 생화학적 요인들의 측정치와 골밀도와의 상관성을 분석한 결과는 Table 6에서 제시된 바와 같다. 골다공증 발병 시 체내 vitamin D 관련 내분비 대사 체계에 변화가 오는 생화학적 지표들은 또한 골질량을 판별하는 임상적인 지표로도 이용되고 있다. 이들은 어떤 대사 경로를 거치고 있던지 간에 골소실을 유도하는 변인들로 여겨지고 있다. Khaw등<sup>37)</sup>이 영국의 중년 여성들을 대상으로 실시한 연구에서, iPTH는 골밀도와 유의적인 음의 상관성을 보이며 25-OHD는 골밀도와 유의적인 양의 상관성을 가지므로 PTH와 25-OHD는 골밀도에 영향을 주는 요인이므로 골소실로 인한 골질량(골다공증)에 있어 vitamin D의 역할은 필수적이라고 주장한 바 있다. 또한 Villareal<sup>38)</sup>등도 25-OHD와 iPTH는 각각 골밀도에 유의적인 양의 상관성(r=0.34)과 음의 상관성(r=-0.41)을 보여 골밀도에 있어 vitamin D 내분비 체계가 중요한 역할을 하고 있음을 제시하였다. 한편, Gallagher등<sup>39)</sup>은 50세 이후의 정상인과 골다공증 환자를 대상으로 조사한 결과 이들의 골밀도에 차이가 있어 정상인과 환자가 구분되나 25-OHD는 집단간 차이가 없고 1,25(OH)<sub>2</sub>D는 환자에서 유의적으로 낮음을 보고하여 25-OHD의 문제가 아닌 1,25(OH)<sub>2</sub>D로의 전환을 촉진하는 효소들의 결핍에서 오는 것이라고 주장하였다.

본 연구에서도 골밀도와 혈청 25-OHD와의 Pearson correlation 분석 결과, 체내 vitamin D 상태는 골밀도에 강력한 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다. 즉, 체내 vitamin D 상태가 감소할수록 감소된 vitamin D 수준은 칼슘 흡수를 감소시켜 골밀도 저하의 원인이 되는 것이다<sup>40)</sup>. 또한 골밀도와 생화학적 변인들과의 상관성을 분석한 결과 혈청 PTH와 alkaline phosphatase는 골밀도가 증가할수록 유의적으로 감소하여 PTH와 alkaline phosphatase는 골격 및 칼슘 대사를 조절하는 요인임을 알 수 있었다.

아직까지는 혈청 25-OHD 수준과 골밀도와의 상관

성에 대한 상반된 결과가 여러 연구에서 제시되고 있지만, 혈청 25-OHD 수준이 40nmol/l 이상인 경우에는 골밀도가 5~10% 정도 증가한다는 보고<sup>41)</sup>와 본 연구 결과를 연결시켜 보면 연령의 증가에 따른 골밀도 감소에 영향을 주는 요인들은 명확하지 않으나 골밀도의 감소는 여러 요인들이 복합적으로 작용하여 골형성은 감소되고 골흡수는 증가되어 비정상적인 비율에 의한 결과임을 고려해 볼 때 연령에 따라 혈청 25-OHD 수준은 유의적으로 감소하고 PTH는 증가하고는 변화된 vitamin D 내분비 체계는 골다공증 내지 골감소증의 원인이 될 수 있음을 제시할 수 있을 것이다.

식품의 섭취를 통한 vitamin D의 공급은 자외선의 노출이 없을 때 중요한 의미를 갖게 되며 옥외 활동이 자유로운 사람들에게 대해서는 식사를 통한 공급의 중요성이 두드러지지 않는다고 한다<sup>42)</sup>. 그러나 많은 연구에서 vitamin D 섭취량과 혈청 25-(OH)D 간에 유의적인 양의 상관관계를 보여주어<sup>43)</sup> 순환하는 25-(OH)D 수준은 식이 급원에 의존함을 알 수 있음이 보고되었으며<sup>44)</sup>, 특히 식사를 통한 vitamin D의 섭취는 주로 실내에서 생활하여 노출이 적은 노인에게 더욱 중요해진다. 본 연구에서도 vitamin D 섭취량의 추정치는 골밀도와 유의적인 양의 상관 관계를 보여주었다. 칼슘 뿐만 아니라 vitamin D가 다량 함유되어 있는 식품도 골밀도에 유의적인 상관성을 나타낸 것이라고 생각된다. 식품의 섭취 빈도별로 본 골밀도와의 상관성도 흥미로운 양상을 나타냈다. 섭취 빈도가 골밀도 수준과 상관성을 가지는 것으로 나타난 식품은 칼슘과 vitamin D 급원으로 생각되어 지는 식품들로, 우유 및 유제품 그리고 버터, 밀치 및 버섯을 포함한 말린 음식 등 이었다. 버터는 vitamin D의 강화(fortification)가 대표적으로 실시되는 식품이며, 또한 버섯 등의 말린 식품은 자외선 조사에 의해 vitamin D<sub>2</sub>의 형태로 vitamin D를 함유하고 있는 식품이다. 또한, cereal 에는 vitamin D가 강화되어 있다는 것을 고려할 때 의미 있는 결과라고 생각된다. 따라서 골밀도에 식사적 칼슘이 중요한 역할을 하고 있음은 이미 오래 전부터 제시된 바 있다. 즉, 저칼슘 식사는 낮은 수준의 골밀도를 초래한다는 의미인데 실제적으로 논의가 되고 있는 것은 칼슘의 중요성 측면이라기 보다는 식사적 칼슘의 적정량에 관한 문제이다. 즉, 최상의 골밀도(optimal bone density)를 유지하기 위해서는 칼슘의 섭취가 어느 정도인지가 중요한 문제로 대두되고 있다<sup>45)</sup>. 성인 또는 폐경 전 여성에 있어서는 최대 골질량(Peak Bone Mass, PBM)가 골절에 대한 위험 수준에 늦게 노출이 될 수 있는 중요한 요인임이 제시되고 현재의 칼슘 섭취

취보다는 성장기에 섭취된 칼슘이 더욱 더 중요한 역할을 하여, 이 시기의 골밀도에는 현재의 칼슘 섭취라는 식이적 요인보다 체중과 운동이 더 중요하다고 제시되고 있는<sup>6)</sup> 반면, 노년층 혹은 폐경 후 여성에 있어 칼슘 섭취 증가 및 보충은 골밀도에 영향을 주는 강력한 요인임은 여러 차례 주지된 바 있으며 vitamin D도 칼슘 흡수 증진에 주요한 역할을 하므로 식이적 요인의 중요성은 더욱더 강조되어질 수밖에 없다. Avila등<sup>6)</sup>은 미국 여성에 있어 골밀도와 식이적 요인의 관계는 명확하지는 않으나 칼슘 및 vitamin D 섭취는 골밀도에 중요한 역할을 하며 카페인 섭취는 골밀도를 떨어뜨리는 역할을 하고 있음을 제시하였다<sup>6)</sup>. 또한, 영아의 경우 vitamin D 보충이 된 조제유를 수유 받은 영아의 골질량과 보충 받지 않은 영아의 골질량이 차이가 있음을 제시한 연구<sup>46)</sup>에서도 골밀도에 있어 vitamin D의 식이적 요인의 중요성이 제시되고 있다.

본 연구에서는 vitamin D의 급원 중 자외선 노출의 영향이 골밀도에 매우 분명하게 관찰되었다. 대상자들의 아침 8시부터 오후 6시까지의 옥외 활동 시간을 자외선 노출 시간으로 간주하여 이를 골밀도 수준과 관련지어 분석하였을 때 하루 총 노출 시간 및 시간대별 노출 시간이 유의적인 양의 상관관계를 보였다. 이는 vitamin D의 급원인 되는 자외선 노출 정도가 골밀도에 영향을 미치는 것으로 볼 수 있는 결과이다. 또한, 이러한 결과는 옥외 생활 시간이 활동량과도 연결되어 육체적 활동량이 골밀도에 영향을 주는 요인임을 감아해 보면, 활동량과 자외선 조사에 따른 vitamin D 생성이 더욱 가중되어 골밀도에 매우 효과적인 요인이 되어음을 예상 할 수 있다. 이러한 결과는 체내 vitamin D 상태가 골밀도에 미치는 영향은 아직 정확히 밝혀진 바 없으나, 골대사에 계절적인 변화가 관찰되고 있음을 제시한 Vaderschueren등<sup>47)</sup>의 연구와 Aaro등<sup>48)</sup>의 골질이 겨울에 증가함은 체내의 vitamin D 수준이 골밀도에 관여함을 뒷받침 할 수 있다고 사려된다. 그러므로 골밀도 소실을 감소하기 위해서는 육체적 활동이 중요시 될 수 있으며 이는 실외에서 이루어질 경우 활동량 증가로 인한 잇점 외에 자외선 노출로 인한 vitamin D 합성을 촉진시킬 수 있으므로 더욱 더 좋은 효과를 가질 수 있음을 알 수 있다. 본 연구 결과에서도 나타난 바와 같이 폐경 전 여성의 경우는 골소실이 아직은 현저하게 나타나지 않은 시기이므로 골소실이 일어나는 시기의 연장은 무엇보다도 중요하다고 할 수 있으므로 옥외에서 활동하는 시간의 증가는 골소실 예방 및 vitamin D 합성으로 인한 장내 칼슘 흡수 증가와 연결이 되므로 좋은 효과가 있음을 알 수 있었다.

골밀도에 있어 vitamin D 영양 상태를 결정하는 2가지 급원에 대해 기여도를 알아보기 위해 회귀분석으로부터 예측한 결과 전체 대상자에 대해서는 하루 총 자외선 노출 시간보다는 12시에서 2시 사이의 자외선 노출 시간이 vitamin D 섭취량 보다 큰 설명력을 갖는 것으로 나타났다. 이 결과는 다른 문헌들<sup>42, 49)</sup>에서 보고된 바와 일치하는 것으로, 성인에 있어 vitamin D 상태는 식사를 통한 섭취보다는 자외선에의 노출에 의해 더 큰 영향을 받는다는 것을 의미한다. 그러나 성별에 따른 분석 결과는 조금 다른 양상을 보였다. 남성의 경우, 두가지 급원으로 회귀분석하였을 때 vitamin D 섭취량 보다는 하루 총 자외선 노출 시간이 골밀도에 대해 보다 영향력 있는 변인이었으며, 여성의 경우는 vitamin D 섭취량이 32.7%, 자외선 노출 시간이 33.2%로 거의 같은 수준인 것으로 나타났다.

골밀도 수준과 상관성 있는 것으로 나타난 변인들은 TEE, 활동량, 체중, 정오인 12시에서 2시 사이의 자외선 노출 시간, 하루 총 자외선 노출 시간, 지방 섭취량, vitamin D 섭취량, 혈청 25-(OH)D 순으로 나타났다. 다중 회귀분석 결과에 의하면 골밀도를 결정하는 vitamin D 관련 변인들은 전체적으로 하루 총 자외선 노출 시간, Ca 및 vitamin D 섭취량, 혈청 25-(OH)D 수준에 의해서 유의적으로 추정될 수 있었다. 이들 중 설명력이 가장 큰 것은 칼슘 및 vitamin D 섭취량이었으므로 vitamin D의 섭취량이 중요한 변인임을 간과해서는 안 될 것이다. 성별에 따라서는 남성의 경우 TEE와 하루 총 자외선 노출 시간 그리고 s-25(OH)D 수준으로 나타났으며, 여성의 경우는 칼슘 및 vitamin D 섭취량으로 분석되어, 남성과는 차이가 있는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 남, 녀간의 생활 습성의 차이에서 오는 것으로도 설명되어 질 수 있을 것이다. 따라서 이러한 결과를 통해서 한국 성인의 골밀도에 영향을 미치는 인자로서 vitamin D 영양의 중요성이 제시될 수 있을 것으로 사려된다.

## 결론 및 제언

본 연구는 한국 성인의 골밀도에 영향을 미치는 vitamin D 관련 변인들을 분석하여 그 영향력에 대해 규명하여 골밀도에 있어 vitamin D의 중요성을 제시하고자 하였다. 21세 부터 49세의 연령으로 구성된 성인 122명(남성 34명, 여성 88명)을 대상으로 계절적 변인을 가을로 고정하여 골밀도 검사와 혈액 채취 및 면접을 실시하였다. 골밀도 측정 결과 남성이 여성에 비해 비교적 높게 나타났으며, 연령군에 따른 차이는 없었

다. 신장, 체중이 골밀도와 양의 상관성을 보인 반면, BMI 및 PIBW는 골밀도와 상관성을 보이지 않았다. 기초 대사량, 활동량 및 1일 총 에너지 소비량은 전체 대상자에 대해서는 골밀도에 영향을 미치고 있었으며, 이러한 양상은 여성의 경우 더욱 뚜렷하였다. 체내 vitamin D 상태를 반영하는 지표로는 HPLC를 이용하여 혈청 25-(OH)D 수준을 측정된 결과, 대부분 정상 범위에 포함되어 있었으며, 남성이 여성에 비해 유의적으로 높았으며, 남, 녀 모두 골밀도에 유의적인 양의 상관성을 가지고 있었다. 또한 vitamin D 관련 생화학적 변인 중에서 PTH는 남녀간의 차이는 나타나지 않았으며, 골밀도와 유의적인 음의 상관성을 보여 2골밀도가 높을수록 PTH는 유의적으로 낮아졌으며( $p < 0.05$ ). 이러한 음의 상관성은 여성의 경우 더욱 뚜렷하였다( $r = -0.324, p < 0.05$ ).

간이법으로 조사된 영양소 섭취 상태로 부터 현저하게 부족되는 영양소는 없는 것으로 나타났으며 남녀간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 국내에는 식품내 vitamin D 함량이 분석되어있지 않으므로, 국외의 분석 결과를 기초로 산출한 vitamin D 섭취량의 추정치는 평균  $3.75 \pm 2.19 \mu\text{g}$ ( $0 \sim 8.97 \mu\text{g}$ )였다. Vitamin D의 섭취 양상을 살펴보면 권장량인  $5 \mu\text{g}$  이하를 섭취하고 있는 사람이 77.8%로 나타났으며, 권장량의 75%이하를 섭취하는 사람이 51.4%, 50% 이하로 섭취하고 있는 사람이 23.6%로 추정되었다. 영양소 섭취와 골밀도와와의 상관성을 분석한 결과, 단백질, 칼슘과 vitamin D 섭취가 많을수록 골밀도가 높은 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ).

연구 대상자들의 옥외 활동 시간은 하루의 평균 자외선 노출 시간은 70분으로 추정되었다. 하루의 총 옥외 활동 시간은 골밀도와 유의적인 상관성을 나타내었는데, 시간대별로 분석한 결과, 정오인 12시부터 오후 2시 사이가 가장 높은 상관관계를 보여( $r = 0.377$ ), 옥외 활동 시간 뿐 아니라 자외선 조사량이 vitamin D 합성에 중요한 요인인 것으로 나타났다.

Vitamin D의 급원 중 자외선 노출과 식사 섭취가 골밀도 수준에 미치는 상대적 중요성을 평가하기 위해 이들 급원을 변수로 회귀분석한 결과 전체 대상자에 대해서는 하루 총 자외선 노출 시간(17.9% 설명력)이 vitamin D 섭취량(34.4 설명력) 보다 골밀도에 더 큰 설명력을 가지는 것으로 나타났다. 성별에 따른 분석 결과는 조금 다른 양상을 보여주었다. 남성의 경우는 두가지 급원 중 vitamin D 섭취량이 혈청 25-(OH)D 수준을 설명하는 데에 있어 유의적이지 않았고 하루 총 자외선 노출 시간만이 유의적인 설명력(14.1%)을

가졌다. 한편 여성에 있어서는 vitamin D 섭취량과 12시에서 2시 사이의 자외선 노출 시간이 효과적으로 혈청 25-(OH)D를 설명하는 것으로 분석되었으며, 설명력에 있어서는 vitamin D 섭취량이 32.7%, 33.2%로 거의 같은 수준인 것으로 나타났다. 다중 회귀분석 결과에 의하면 골밀도는 하루 총 자외선 노출 시간, Ca 및 vitamin D 섭취량, TEE에 의해서 유의적으로 설명될 수 있었다. 성별에 따라서는 남성의 경우 혈청 25-(OH)D 수준과 TEE 그리고 하루 총 자외선 노출 시간이 골밀도 상태를 설명할 수 있는 것으로 분석되었으며, 여성의 경우는 Ca 및 vitamin D 섭취량이 골밀도를 유의적으로 설명하는 것으로 분석되었다.

본 연구 결과, 한국 성인 남녀의 골밀도 상태에 있어 칼슘과 함께 vitamin D 영양 상태의 중요성을 제시할 수 있었으며, 이와 함께 vitamin D 관련 변인들이 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 따라서 생활 습성 및 사계절이 뚜렷한 우리나라의 특성을 고려하여 vitamin D 영양 상태에 관한 폭넓은 연구가 수행되어야 할 것이며, 자외선에의 노출의 영향력 규명 및 식품 내 vitamin D 함량이 분석이 시급히 이루어져야 할 것이며, 이를 통하여 vitamin D의 식사적 섭취량에 대한 정확한 권장량과 보충 정도에 관한 타당한 기준이 마련 되어져야 할 것으로 사려된다.

### Literature cited

- Darftt AM. Quantum concept of bone remodeling and turnover : Implication for the pathogenesis of osteoporosis. *Cacif Tissu Int* 28 : 1-5, 1978
- Metz JA, Anderson JB, Gallagher Jr PN. Intakes of calcium, phosphorus, and protein, and physical activity level are related to radial bone mass in young adult women. *Am J Clin Nutr* 58 : 537-542, 1993
- Arnold JS. Amount and quality of trabecular bone in osteoporotic vertebral fractures. *Clin Endo Meta* 2 : 221-238, 1973
- Khaw KT, Sney MJ, Compston J. Bone density and 25-hydroxyvitamin D concentration in middle aged women. *Br J Med* 305(1) : 273-277, 1993
- Villareal DT, Civitelli R, Chines A, Avioli LV. Subclinical vitamin D deficiency in postmenopausal women with low vertebral bone mass. *J Clin Endocrinol Metab* 72 : 628-634, 1991
- Avila MH, Stampfer MJ. Caffeine and other predictor of bone density among pre-and peri-menopausal women. *Epidemiology* 4 : 128-134, 1993
- Wiske PS, Epstein S, Bell NH, Queener SF, Edmondson J, Johnston Jr CC. Increases in immunoreactive parathyroid hormone with age. *N Engl J Med* 300 : 1419-1421, 1979
- Delvin EE, Inbach A, Copti M. Vitamin D nutritional status and related biochemical indices in an autonomous elderly population. *Am J Clin Nutr* 48 : 373-378, 1988
- Lund B, Sorensen OH, Christensen AB. 25-hydroxycholecalciferol and fractures of the proximal femur. *Lancet* 2 : 300-302, 1975
- Riggs BL, Gallagher JC, DeLuca HF, Edis AJ, Lambert PW, Arnaud CD. A syndrome of osteoporosis, increased serum immunoreactive parathyroid hormone, and inappropriately low serum 1,25-dihydroxyvitamin D. *Mayo Clin Proc* 53 : 701-706, 1978
- Tsai KS, Heath III H, Kumar R, Riggs BL. Impaired vitamin D metabolism with aging in women : Possible role in pathogenesis of senile osteoporosis. *J Clin Invest* 73 : 1668-1672, 1984
- 문수재 · 김정현 · 김수원 · 김상용 · 임승길. 한국 여성의 vitamin D 상태 및 관련 생화학적 변인에 관한 연구. 한국 영양학회지 29(7) : 758-771, 1996
- 문수재 · 김수원 · 김정현 · 임승길. 정상 성인의 혈청 vitamin D 수준과 이에 영향을 주는 변인에 관한 연구. 한국 영양학회지 29(7) : 747-757, 1996
- 문수재 · 김정현 · 임승길. 혈청 25-hydroxyvitamin D 수준이 낮은 폐경 후 여성에서 나타난 위험 인자 분석. 한국 영양학회지 29(9) : 981-991, 1996
- Repke JT. Calcium and vitamin D. *Clin. Obstetrics & Gynecol* 37(3) : 550-557, 1994
- Fraser DR. The Physiological economy of vitamin D. *Lancet* 1 : 969-72, 1983
- Haussler MR, McCain TA. Basic and clinical concepts related to vitamin D metabolism and action. *N Engl J Med* 297 : 974-83, 1041-50, 1977
- Sherman SS, Hollis BW & Tobin JD. 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
- Riggs BL & L.J. Melton. Involutional osteoporosis. *N Eng J Med* 314 : 1676-1686, 1986
- Sherman SS, Hollis BW & Tobin JD. 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
- Baylink D, Maloney N, Morey E, Ivey J, Sherrard D. Mild vitamin D deficiency : a cause of osteoporosis in the elderly. *Gerontologist* 17 : 39-41, 1979
- Newton-Jone HP & Morgan DB. The loss of bone with age, osteoporosis, and fractures. *Clin Ortho* 71 : 229, 1970
- Mazess RB. On aging bone loss. *Clin Ortho* 165 : 239-252 1982

- 24) 용석중 · 임승길 · 허갑범 · 박명문 · 김남현. 한국인 성인 남녀의 골밀도. 대한의학협회지 31(12) : 1350-1358, 1988
- 25) Hedlund LR & Gallagher JC. The effect of age and menopause on bone mineral density of the proximal femur. *J Bone Min Res* 4 : 639-642, 1989
- 26) Arnold JS. Amount and quality of trabecular bone in osteoporotic vertebral fractures. *Clin Endocrinol Metab* 2 : 221-238, 1973
- 27) Tasi KS, Heath H, Kumar R & Riggs BL. Impaired vitamin D metabolism with aging in women : possible role in pathogenesis of senile osteoporosis. *J Clin Invest* 73 : 1668-1672, 1984
- 28) Bell NH, Epstein S, Greene A, Shary J, Oexmann MJ & Shaw S. Evidence for alteration of the vitamin D endocrine system in obese subjects. *J Clin Invest* 76 : 370-373, 1985
- 29) Desimore DP, Steven SJ, Edwards J. Influence of body and race on bone density of the midradius, hip. *J Bone Min Res* 4(6) : 827-830, 1989
- 30) McKenna MJ. Differences in vitamin D status between countries in young adults and the elderly. *Am J Med* 93 : 69-77, 1992
- 31) Kobayashi T, Okano T, Shida S, Okada K, Suginozawa T, Nakao H, Kuroda E, Kodama S & Matsuo T. Variation of 25-hydroxyvitamin 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
- 32) Freaney R, NeBrinn Y & McKenna MJ. Secondary hyperparathyroidism in elderly people : combined effects of renal insufficiency and vitamin D deficiency. *Am J Clin Nutr* 58 : 187-191, 1993
- 33) Lund B, Sorensen OH & Christensen AB. 25-hydroxycholecalciferol and fractures of the proximal femur. *Lancet* 2 : 300-302, 1975
- 34) Sedrani SH, Elidrisy AW & Arabi KM. Sunlight and vitamin D status in normal Saudi subjects. *Am J Clin Nutr* 38 : 129-132, 1983
- 35) Stamp TC B & Round JM. Seasonal changes in human plasma levels of 25-hydroxyvitamin D. *Nature* 247 : 563-565, 1974
- 36) Jongen MJMFC, Van Ginkel WJF van der Vijgh S, Kulper JC, Netelenbos & P Lips. An international comparison of vitamin D metabolite measurements. *Clin Chem* 30(3) : 399-403, 1984
- 37) Villareal DT, Civitelli R, Chines A & Avioli LV. Subclinical vitamin D deficiency in postmenopausal women with low vertebral bone mass. *J Clin Endocrinol Metab* 72 : 628-634, 1991
- 38) Khaw KT, Sney MJ, Compston J. Bone density and 25-hydroxy-vitamin D concentration in middle aged women. *Br J Med* 305(1) : 273-277, 1992
- 39) Villareal DT, Civitelli R, Chines A, Avioli LV. Subclinical vitamin D deficiency in postmenopausal women with low vertebral bone mass. *J Clin Endocrinol Metab* 72 : 628-634, 1991
- 40) Gallagher JC, Riggs BL, Eisman J, Hamstra A, Arnaud SB, DeLuca HF. Intestinal calcium absorption and serum vitamin D metabolites in normal subjects and osteoporotic patients. *J Clin Invest* 64 : 729-736, 1979
- 41) Ballamore JR, Gallagher JC. Effect of age on Ca absorption. *Lancet* 12 : 549-551, 1970
- 42) Baker MR, McDonnell H. Plasma 25-hydroxyvitamin D concentrations in patients with fractures on the femoral neck. *Br Med J* 5 : 589-591, 1979
- 43) Webb A, Pilbeam C, Hanafin N & Holick MF. 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
- 44) McKenna MJR, 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
- 45) Fehily AM, Coles RJ. Factors affecting bone density in young adults. *Am J Clin Nutr* 41 : 101-109, 1985
- 46) Arnold JS. Amount and quality of trabecular bone in osteoporotic vertebral fractures. *Clin Endo Meta* 2 : 221-238, 1973
- 47) Greer FR, Searcy JE, Levin RS. Bone mineral content and serum 25-hydroxyvitamin D concentrations in breast-fed infants with and without supplemental vitamin D : one-year follow-up. *J Pediatr* 100 : 919-923, 1982
- 48) Vanderschueren D, Gervers G, Dequeker J. Seasonal variation in bone metabolism in young healthy subjects. *Calcif Tissue Int* 49 : 84-89, 1991
- 49) Aaron JE, Gallagher JC, Nordin BEC. Seasonal variation of histological osteomalacia in femoral neck fractures. *Lancet* 2 : 84-86, 1974