

## 어머니의 골밀도와 생활습관이 소아청소년의 골밀도에 미치는 영향

이병국<sup>1\*</sup> · 이용현<sup>2\*</sup> · 이혜림<sup>2</sup> · 박선민<sup>2§</sup>

대한산업보건협회,<sup>1</sup> 호서대학교 자연과학대학 기초과학연구소 식품영양학과<sup>2</sup>

### Maternal and lifestyle effect on bone mineral density in Korean children and adolescents aged 8-19

Lee, Byung-Kook<sup>1\*</sup> · Lee, Yong Hyun<sup>2\*</sup> · Lee, Hye Lim<sup>2</sup> · Park, Sunmin<sup>2§</sup>

<sup>1</sup>Korea Industrial Health Association, Seoul 137-870, Korea

<sup>2</sup>Department of Food and Nutrition, Hoseo University, Asan 336-795, Korea

#### ABSTRACT

Higher bone mineral density (BMD) at a young age, calcium intake, and exercise are important for prevention of osteoporosis later in life. We examined familial effects of BMD between mothers and children and adolescents aged 8–19 in Cheonan, Korea and the relationships between BMD and lifestyle parameters, including: food and nutrient intake and exercise. For daughters and sons, significant differences in BMD were observed at the three bone sites (total femur, femur neck, and lumbar spine) according to age, gender, body mass index, exercise, and milk consumption, compared to the reference value for each classification category. Mean differences in children's BMD were observed according to maternal BMD. Energy and calcium intake were lower in both children and mothers in comparison to the estimated daily energy requirement; however, their protein intake was much greater than the daily recommended intake. After adjusting for age and gender and for mother's age, body mass index, and total calorie intake, results of the food frequency test showed an association of a higher intake of meat, meat products, milk and milk products with greater BMD of total femur, femur neck, and lumbar spine of children. In addition, exercise was positively associated with higher BMD. Regression analysis showed a positive association of BMD with age, male gender, exercise, and mother's BMD. In conclusion, after adjustment for environmental parameters, maternal BMD had a positive influence on BMD in daughters and sons. This finding suggests that parents need to check their BMD in order to determine whether their children are at increased risk of low BMD. (*Korean J Nutr* 2013; 46(2): 147 ~ 155)

**KEY WORDS:** bone mineral density, children, mother, body mass index, calcium.

## 서 론

매스컴이나 의학계를 통해 골다공증의 위험성이나 예방의 중요성을 강조하여 국민의 건강증진을 도모하려는 방안을 모색하고 있으나, 성장기에 운동을 통해 골질량을 최대화하여야 한다는 국민의 관심은 아직 낮은 실정이다. 최근 고령화에 따른 골다공증이 증가하면서 선진국뿐만 아니라 우리나라에서도 중요한 공중보건의 문제로 제기되어 국가차원에서 이미 다각적인 조사와 대책을 강구하고 있다.<sup>1)</sup> 골다공증과 관련된 골질량의 결정요인으로는 수정이 불가능한 요인과 수정이 가능한 요인이 있다. 수정 불가능한 요인들은 유전, 인종 및 성별 등이 있으며, 이

요인들은 골밀도 (bone mineral density)의 50~70%를 변이를 설명한다.<sup>2-4)</sup> 규칙적인 운동 등으로 유전적 잠재성에 대한 최대 골질량을 가지게 되면 나이가 들면서 일어나는 필수불가결한 골 손실의 피해를 줄일 수 있도록 도와준다.<sup>5)</sup> 그리고 수정이 가능한 환경적인 요인인 체성분, 사춘기 상태, 영양 및 신체활동 등은 골질량의 나머지 20~50%의 변동을 설명한다. 수정 가능한 요인 중에 하나가 칼슘 섭취 부족과 혈청내 비타민 D 결핍 증세이다. 이러한 요인에 대한 연구는 최근에 많이 수행되었다. 우리나라를 비롯한 아시아인은 칼슘섭취가 일일 섭취권장량의 50% 미만이고, 혈청 내 25-(OH)-cholecalciferol 농도는 서구의 중앙값 (median)에도 미치지 못한다.<sup>6)</sup> 이러한 차이는 아시아인들의 야외 활동과 비타민 D 섭취 부족으로 인한 비타민 D

접수일: 2012년 12월 31일 / 수정일: 2013년 1월 16일 / 채택일: 2013년 1월 31일

<sup>§</sup>To whom correspondence should be addressed.

\*These authors contributed equally to this work.

E-mail: smpark@hoseo.edu

© 2013 The Korean Nutrition Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

결핍과 우유 및 유제품 섭취 부족으로 인한 칼슘 결핍과 밀접한 연관성이 있다. 또한 신체적인 조건으로 체중, 체성분, 근력 등이 골 증식에 영향을 미치므로, 이들을 변화시키는 생활습관 요인들이 중요하게 여겨지고 있다. 성장기는 골질량이 축적되는 시기로서 골밀도는 성장판이 융합된 이후부터 증가하여 사춘기 말에 골질량의 축적과 함께 골질량이 크게 증가한다.<sup>7)</sup> 특히 사춘기 동안에는 골질량이 최대 골질량의 85%까지 도달하는데 여자의 경우는 골질량 증가속도가 약 13세에 최고치를 이루며 그 이후로는 계속 감소하여 16~17세경에는 골밀도 증가속도가 매우 미약하고 18세까지는 최대 골질량의 약 90%에 도달할 수 있다.<sup>8)</sup> 남자의 경우 13~17세 사이에 뚜렷한 골질량의 증가를 보여주며 여자가 남자보다 더 이른 골질량 발달의 시기를 보인다.<sup>9)</sup> 그러므로 아동기와 청소년기에 골밀도를 증가시키는 것이 나이가 들어서 골밀도를 유지하여 골다공증을 예방하는데 매우 중요하다는 것이다. 지금까지의 골다공증에 관한 연구로는 폐경 전, 후의 여성을 대상으로 한 연구와 성인, 노인들에 대한 연구는 많지만,<sup>10,11)</sup> 골질량의 축적과 형성에 중요한 시기인 아동기와 청소년기의 연구는 부족한 편이다. 유전적인 요인이 골밀도에 미치는 영향이 크다는 것은 알려졌지만, 부모의 골밀도와 자녀들의 골밀도와의 관련성을 연구한 논문이 매우 적다.<sup>12)</sup> 아동기와 청소년기에는 골밀도를 향상시키는 요인이 성인과 차이가 있을 수 있으므로 이에 대한 연구가 필요한데, 특히 체질량지수나 체지방률이 골밀도에 미치는 역할에 대한 연구도 역시 아동들에 대한 연구는 미흡한 편이다. 골질량이 형성되는 아동기와 청소년기에 골밀도를 증가시키는 요인을 파악하여, 신장을 크게 할 뿐 아니라 골밀도를 증가시키도록 하는 것이 20대 초기의 최대 골질량을 극대화시킬 수 있다. 최대 골질량을 개인에게 맞도록 극대화시키는 것은 나이가 들면서 골다공증 예방 차원에서 중요한 의미를 가지므로 성장기와 청소년기에 골밀도를 증가시키도록 노력하는 것이 필요하다.

골 형성이 왕성한 아동기와 청소년기에 골밀도를 증가시켜 20대 초반에 최대 골질량을 극대화시킬 수 있다. 이 시기에 최대 골질량 획득을 위하여 영양은 매우 중요한 인자이고, 유전적인 요인과 식습관과 같은 환경적인 요인이 어린이의 골밀도에 영향을 미친다는 것이 알려졌다.<sup>2-4)</sup> 따라서 본 연구는 소아 청소년의 생활습관 및 식품섭취와 골밀도와의 관련성과 소아청소년과 어머니의 골밀도 관련성을 알아보고, 소아 청소년 골밀도 향상을 위한 기초 자료를 제시하고자 하였다.

## 연구방법

### 조사 대상자 및 기간

순천향대학교 환경산업의학 연구소 검진센터에서 천안 아산

신도시의 중심지역의 초, 중, 고등학교에 재학 중인 남녀 소아청소년(8~19세) 총 199명과 이들의 어머니 121명을 선정하여 2012년 7월부터 8월까지 설문조사를 실시하였다. 본 연구는 순천향대학교 의과대학 연구 윤리 위원회 (IRB)의 허가를 받았으며 연구대상자 모두에게 연구의 기간, 목적과 방법, 예견되는 효과 등에 대해 설명하고 서면 동의를 받았다.

### 신체계측 및 골밀도 측정

본 대상자의 신체계측을 통하여 기본적인 체위상태가 어떤지 알아보기 위하여 신장, 체중 등을 측정하였고 신장과 체중으로 체질량 지수를 계산하였다. 소아청소년의 비만 진단기준은 소아청소년 표준 성장도표를 기준으로 연령별, 성별 체질량지수 95 백분위수 이상 혹은 체질량지수 25 이상을 비만으로 진단하고 85-94 백분위수는 과체중 (비만위험군)으로 판정하였다.<sup>13)</sup> 본 연구에서는 저체중, 정상체중, 과체중으로 나누었으므로 과체중의 시작 기준인 85 백분위수에 해당하는 체질량지수인 23을 기준으로 삼았다. 결과적으로 체질량지수가 18 미만은 저체중, 18 이상 23 미만이면 정상체중, 23 이상이면 과체중으로 정의하였다. 또한 골밀도는 뼈 미네랄 밀도를 이중 에너지 X 선 흡수에 의해 측정하는 골밀도 측정기 (Lunar Prodigy Advance, GE Healthcare, USA)를 이용하여 총 대퇴골, 대퇴골의 목, 척추뼈의 골밀도를 측정하였다. 본 연구에서는 한국국민건강영양조사 (KNHANES) 데이터<sup>14)</sup>를 고려하여 골밀도를 총 대퇴골, 대퇴골의 목, 그리고 척추뼈의 T-점수로 나타내었다.<sup>15)</sup> 어머니의 골밀도를 3부위 (tertile)로 나눌 때 총 대퇴골, 대퇴골의 목 그리고 척추뼈의 기준 값으로 정한 것은 다음과 같다. 총 대퇴골, 대퇴골의 목과 척추뼈의 경우 T-점수가 각각 0.944, 0.878과 1.148 이하이면 저밀도, 각각 0.944, 0.878과 1.148 초과이면 1.027, 0.965와 1.271 미만이면 정상밀도, 각각 1.027, 0.965와 1.271 이상이면 고밀도로 정하였다.

### 설문조사 및 항목

영양 및 골격상태와 관련된 요인들을 파악하기 위하여 생활습관조사에서 24시간회상법과 식품빈도조사 (food frequency)방법으로 식품과 영양소 섭취량을 조사하였다. 생활습관조사에서 신체활동량과 생활습관 (운동, 영양제 등)은 설문지를 통하여 실시하였다. 본 연구를 진행하는 동안 어머니와 자녀가 함께 건강 검진센터에 와서 골밀도, 식사 섭취량, 설문지를 작성하여서 어머니와 자녀가 함께 간호사나 영양사의 도움을 받아 하나하나 설문지 작성을 하였다. 설문지의 항목으로는 식사습관, 기호도, 운동 및 신체활동으로 구성하였으며 소아 청소년 총 33개의 항목, 성인의 경우 총 23개의 항목으로 작성하였다. 식품빈도조사에서 각 식품군 별로 섭취정도에 따라 3분위로 나누었다. 밥, 고기류, 채소류처럼 모든 사람들이 매일 1번 이

상 섭취하는 식품은 일주일에 7번 이상은 '많이 섭취'로, 4~6번 섭취하는 경우는 '중간 섭취'로 그리고 3번 이하로 섭취하는 경우는 '적게 섭취'로 정하였다. 해조류, 과일류, 유제품류처럼 모든 사람들이 매일 섭취하지 않는 경우는 일주일에 6번 이상 섭취하면 '많이 섭취', 3~5번 섭취하면 '중간 섭취' 그리고 2번 이하로 섭취하는 경우는 '적게 섭취'로 정하였다. 그리고 패스트푸드, 콜라, 과자류, 라면류, 튀긴 음식은 일주일에 5번 이상 섭취하면 '많이 섭취', 2~4번 섭취하면 '중간 섭취' 그리고 1번 이하로 섭취하는 경우는 '적게 섭취'로 정하였다.

**영양소 섭취량 조사**

식품 섭취량은 조사원이 직접 일대일 면접 상담을 통하여 식기와 음식모형을 제시하면서 조사가 실시되기 전날에 섭취한 것을 24시간회상법에 의해 조사하였다. 이때 전날의 기억을 상기시키기 위해서 그 전날 기상시간부터 취침하기 전까지 생활과 식사한 종류와 양을 알아보았고, 국이나 찌개는 국물과 건더기의 섭취 비율도 파악하여 식품 섭취량에 반영하였다. 자녀의 24시간 회상법을 하는 동안 어머니가 함께 입회하여 자녀가 기억을 회상할 수 있도록 진행하였다. 식품섭취조사 결과는 영양분석 프로그램 CAN-Pro 3.0 (한국영양학회)을 이용하여 영양소

섭취량을 분석하였다. 개인별 영양소 섭취량을 계산한 뒤, 섭취한 영양소에 대한 상담 자료를 작성하여 제공하였다.

**통계처리**

통계분석은 SAS 프로그램 패키지 (릴리스 10.0, SAS 연구소, 트라이앵글연구소, Research Triangle Park, Cary, NC, USA)를 이용하여 분석하였다. 각각의 변수에 대해서 성별, 나이, 체질량 지수를 공변량으로 조정하고 평균과 표준편차를 계산하였고, 식품빈도조사에 대해서도 공변량 (성별, 나이, 어머니 나이, 체질량지수, 총 열량섭취량)을 조정한 후 각 식품그룹에 대한 각 식품의 삼분위수를 계산하고 삼분위 값에 대한 95%의 신뢰 구간 (CI)을 추정하였다. 회귀분석으로 골밀도의 변이를 설명하는 변수를 찾아 조사하였다.

**결 과**

**다양한 변수에 대한 골밀도**

성별, 연령별, 비만도 및 어머니의 골밀도와 골절여부에 따른 골밀도는 Table 1에 나타내었다. 총 대퇴골과 대퇴골 목의 골밀도는 남자가 여자보다, 척추 골밀도는 여자가 남자 보다 통계적

**Table 1.** Bone mineral density (BMD) of total femur, femur neck and lumbar spine of children according to general characteristics

Classification variables	n	Bone mineral density (g/cm <sup>2</sup> )		
		Total femur	Femur neck	Lumbar spine
Total	199	0.853 (0.836-0.870)	0.831 (0.813-0.848)	0.873 (0.852-0.893)
Gender				
Boy	104	0.875 (0.851-0.899)	0.855 (0.830-0.879)	0.844 (0.817-0.871)
Girl	95	0.829 (0.806-0.851)**	0.804 (0.782-0.827)**	0.903 (0.872-0.935)**
Age group				
10-11	66 (35) <sup>1)</sup>	0.769 (0.752-0.786)	0.748 (0.732-0.765)	0.758 (0.739-0.777)
12-13	59 (32) <sup>1)</sup>	0.835 (0.810-0.860)	0.813 (0.787-0.840)	0.832 (0.805-0.859)
14-15	48 (20) <sup>1)</sup>	0.918 (0.892-0.945)	0.887 (0.862-0.912)	0.978 (0.942-1.013)
15-	26 (17) <sup>1)</sup>	0.988 (0.937-1.038)***	0.974 (0.920-1.027)***	1.061 (1.026-1.097)***
Body mass index				
Underweight	87	0.850 (0.829-0.870)	0.829 (0.808-0.851)	0.873 (0.851-0.895)
Normal weight	89	0.886 (0.867-0.905)**	0.859 (0.839-0.878)*	0.932 (0.912-0.952)***
Overweight	23	0.919 (0.881-0.957)**	0.911 (0.873-0.950)***	0.943 (0.903-0.982)**
Mother's BMD				
Low	70 <sup>2)</sup>	0.851 (0.829-0.872)	0.830 (0.808-0.852)	0.879 (0.858-0.900)
Middle	66 <sup>2)</sup>	0.875 (0.853-0.897)	0.853 (0.830-0.876)	0.899 (0.875-0.923)
High	63 <sup>2)</sup>	0.904 (0.881-0.927)***	0.881 (0.858-0.904)***	0.958 (0.935-0.982)***
Fracture				
Yes	47	0.869 (0.828-0.910)	0.846 (0.805-0.886)	0.869 (0.824-0.914)
No	150	0.848 (0.830-0.866)	0.826 (0.807-0.844)	0.875 (0.852-0.899)

Values are means and 95% confidence intervals

The obesity was divided into by body mass index: 18 and 23 kg/m<sup>2</sup>

The reference values of maternal BMD of total femur, femur neck and lumbar spine: 0.944 and 1.027, 0.878 and 0.965, and 1.148 and 1.271, respectively

1) The number of boys 2) The number of mothers according to the categories of total femur BMD

\*: Significantly different from the reference group in each variavle at p < 0.05, \*\*: p < 0.01, \*\*\*: p < 0.001

으로 유의하게 높았다 ( $p < 0.01$ ). 나이에 따른 골밀도를 비교하였을 때 총 대퇴골, 대퇴골 목, 척추 모두 나이가 많아짐에 따라 통계적으로 유의하게 증가하는 것을 보였으며 특히 15세 이상에서 가장 높았다 (Table 1). 총 대퇴골, 대퇴골의 목 그리고 척추뼈에서 모두 골밀도는 체질량 지수가 높아질수록 높은 값을 나타내었고, 과체중군과 정상체중군들이 저체중군에 비해 통계적으로 유의하게 높았다 ( $p < 0.01$ ). 그러나 골밀도는 정상체중군과 과체중군 사이에는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 어머니의 골밀도가 낮은 군의 아이들의 골밀도가 통계적으로 유의적으로 낮았다 (Table 1). 어머니의 평균나리와 표준편차는  $41.9 \pm 3.68$ 년이어서 어머니의 나이의 분포가 아주 넓지는 않았다. 소아 청소년들의 골밀도 골절 여부에 따른 골밀도를 비교하여 보았을 때 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.

### 일일 남녀 소아청소년과 어머니의 영양소 섭취량 분석

Table 2에는 24시간 회상법으로 조사한 일일 영양소 섭취량을 분석한 결과를 나타내었다. 소아 청소년은 남녀 모두 일일 에너지 섭취추정량의 74%와 77%이고 어머니는 72.1%로 모두 성별과 나이의 적당한 일일 에너지 섭취 추정량보다 낮게 섭취하였다 (Table 2). 단백질은 소아 청소년과 어머니 군에서 모두 일일 권장량보다 과다하게 섭취하였고, 특히 남자 어린이가 여자 어린이에 비해 통계적으로 유의하게 많이 섭취하였다 ( $p < 0.05$ ). 칼슘 섭취량은 소아 청소년과 어머니군에서 모두 일일 권장량의 약 60%를 섭취하여 권장량에 비해 낮게 섭취하였고 (소아 청소년 남: 62.0%, 여: 58.2%, 어머니: 63.4%), 남자 어린이와 여자 어린이 사이에 칼슘 섭취량의 차이는 없었다 (Table 2). 철의 섭취량은 소아 청소년은 일일 권장량과 유사하게 섭취하였고

(남: 118.1%, 여: 102.5%), 두 군 사이에 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 어머니군은 일일 권장량 보다 적게 섭취하였다 (82%, Table 2).

### 식품군별 섭취빈도와 운동에 따른 골밀도

Table 3에는 식품군의 섭취 형태에 따라 섭취빈도가 높은군, 중간군, 낮은군으로 나누어 골밀도에 영향을 미치는 것으로 알려진 성별, 나이, 어머니 나이, 체질량지수, 총 열량섭취량을 공변량으로 정하여 총 대퇴골, 대퇴골의 목과 척추뼈의 골밀도 차이를 각각 나타냈다. 식품 중 밥, 채소, 콜라, 크래커, 라면, 해조류, 튀긴 음식, 패스트푸드는 섭취빈도에 따라 총 대퇴골, 대퇴골의 목과 척추뼈의 골밀도 모두 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않았다 (Table 3). 반면 고기와 우유의 섭취량은 총 대퇴골, 대퇴골의 목과 척추뼈의 골밀도 모두 통계적으로 유의한 영향을 미쳐 고기를 가장 적게 섭취한 군의 총 대퇴골, 대퇴골의 목과 척추 뼈의 골밀도가 고기를 가장 많이 섭취한 군보다 높았다 ( $p < 0.05$ , Table 3). 그리고 과일을 섭취한 사람의 대퇴골의 목의 골밀도는 가장 많이 섭취한 군에서 적게 섭취한 군에 비해 통계적으로 유의하게 높았다 ( $p < 0.05$ ). 또한, 운동하는 횟수가 높은 군이 운동하는 횟수가 적은 군에 비해 총 대퇴골, 대퇴골의 목과 척추뼈의 골밀도가 통계적으로 유의하게 높았다 ( $p < 0.05$ , Table 3).

### 소아청소년의 뼈 골밀도에 영향을 주는 요인

Table 4는 소아 청소년의 총 대퇴골, 대퇴골의 목과 척추뼈의 골밀도의 변이를 설명하여 주는 요인을 조사하기 위해서 여러 가지 요인 중에서 소아의 골밀도에 차이를 보여 주었던 요인들을 선택하여 회귀분석을 하여 나타냈다. 회귀분석에서 골밀도

**Table 2.** Daily nutrient intake of children and their mother

Nutrients	Mean (95% confidence Interval)		
	Boy (n = 104)	Girl (n = 95)	Mother (n = 121)
Energy (kcal)	1,673 (1,576–1,770)**	1,440 (1,346–1,535)	1,460 (1,370–1,550)
Energy (% DRI)	74.0 (69.1–78.6)	77.0 (71.8–81.7)	72.1 (72.1–81.5)
Protein (g)	65.2 (59.6–70.9)**	53.5 (49.1–57.8)	57.7 (53.5–61.9)
Protein (% DRI)	180 (156.3–201.1)	151 (138.4–163.5)	128 (118.8–137.2)
Lipid (g)	52.0 (47.1–56.9)	47.0 (42.3–51.7)	41.7 (37.6–45.9)
Carbohydrates (g)	239.5 (225.6–253.3)**	204.8 (191.7–218.0)	212.4 (199.4–225.5)
Fiber (g)	13.5 (12.5–14.5)*	11.7 (10.8–12.6)	17.1 (15.8–18.4)
Calcium (mg)	457.5 (403.0–511.9)	406.1 (354.6–457.5)	413.1 (372.6–453.6)
Calcium (% DRI)	62.0 (54.8–69.2)	58.2 (50.7–65.6)	63.4 (57.2–69.6)
Phosphorus (mg)	879.3 (810.2–948.3)**	748.9 (686.0–811.8)	808.0 (751.6–864.4)
Iron (mg)	11.8 (10.1–13.6)	10.1 (8.5–11.7)	11.1 (10.3–12.0)
Iron (% DRI)	118.1 (97.8–138.5)	102.5 (87.1–117.9)	82.0 (74.6–89.0)
Sodium (mg)	2,975 (2,774–3,176)**	2,515 (2,302–2,728)	3,313 (3,018–3,608)
Potassium (mg)	2,026 (1,851–2,200)**	1,707 (1,570–1,845)	2,179 (2,016–2,341)
Zinc (mg)	7.6 (7.0–8.2)**	6.4 (5.9–6.9)	6.8 (6.3–7.3)

Significantly different from girl group at \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$



**Table 3.** Bone mineral density of total femur, femur neck and lumbar spine of children according to the frequencies of food intake after covariate adjustment<sup>1)</sup>

Teriles of each food group	n	Bone mineral density (g/cm <sup>2</sup> )		
		Total femur	Femur neck	Lumbar spine
<b>Rice</b>				
1	78	0.877 (0.856–0.898)	0.853 (0.832–0.875)	0.903 (0.880–0.925)
2	55	0.880 (0.856–0.905)	0.862 (0.837–0.887)	0.917 (0.890–0.943)
3	66	0.872 (0.848–0.895)	0.848 (0.824–0.872)	0.913 (0.888–0.938)
<b>Meat</b>				
1	52	0.865 (0.840–0.890)	0.840 (0.814–0.866)	0.895 (0.868–0.922)
2	76	0.863 (0.842–0.884)	0.845 (0.824–0.866)	0.900 (0.878–0.922)
3	71	0.899* (0.877–0.921)	0.876* (0.853–0.898)	0.932* (0.909–0.955)
<b>Vegetables</b>				
1	47	0.848 (0.815–0.881)	0.826 (0.792–0.860)	0.883 (0.839–0.927)
2	65	0.852 (0.824–0.880)	0.832 (0.804–0.860)	0.874 (0.839–0.908)
3	87	0.856 (0.829–0.883)	0.832 (0.805–0.859)	0.866 (0.833–0.899)
<b>Fast foods</b>				
1	47	0.874 (0.847–0.902)	0.853 (0.825–0.881)	0.917 (0.887–0.946)
2	138	0.872 (0.856–0.888)	0.849 (0.833–0.866)	0.907 (0.890–0.924)
3	14	0.921 (0.873–0.970)	0.903 (0.854–0.953)	0.921 (0.869–0.973)
<b>Cola</b>				
1	150	0.872 (0.856–0.888)	0.852 (0.835–0.869)	0.908 (0.891–0.925)
2	32	0.875 (0.843–0.907)	0.851 (0.818–0.884)	0.897 (0.863–0.931)
3	17	0.912 (0.867–0.957)	0.882 (0.837–0.928)	0.949 (0.901–0.997)
<b>Crackers</b>				
1	68	0.875 (0.853–0.897)	0.853 (0.830–0.876)	0.909 (0.885–0.932)
2	57	0.876 (0.851–0.900)	0.853 (0.828–0.878)	0.911 (0.885–0.937)
3	74	0.878 (0.855–0.900)	0.856 (0.834–0.879)	0.911 (0.887–0.934)
<b>Ramyun</b>				
1	26	0.877 (0.840–0.914)	0.856 (0.819–0.893)	0.886 (0.848–0.925)
2	139	0.874 (0.857–0.891)	0.853 (0.836–0.870)	0.917 (0.900–0.935)
3	34	0.883 (0.852–0.915)	0.857 (0.825–0.889)	0.900 (0.867–0.933)
<b>Seaweeds</b>				
1	18	0.871 (0.828–0.914)	0.853 (0.809–0.897)	0.892 (0.846–0.938)
2	86	0.875 (0.854–0.896)	0.854 (0.833–0.875)	0.910 (0.888–0.932)
3	95	0.879 (0.859–0.898)	0.855 (0.835–0.874)	0.913 (0.893–0.934)
<b>Fried foods</b>				
1	57	0.874 (0.849–0.898)	0.853 (0.828–0.879)	0.908 (0.881–0.934)
2	106	0.874 (0.856–0.893)	0.854 (0.835–0.873)	0.904 (0.884–0.924)
3	36	0.885 (0.854–0.915)	0.857 (0.826–0.887)	0.928 (0.896–0.960)
<b>Fruits</b>				
1	58	0.857 (0.834–0.882)	0.829 (0.805–0.853)	0.899 (0.873–0.924)
2	82	0.881 (0.861–0.901)	0.864 (0.843–0.884)	0.911 (0.890–0.933)
3	59	0.889 (0.864–0.914)	0.867* (0.842–0.892)	0.920 (0.894–0.946)
<b>Milk</b>				
1	47	0.857 (0.831–0.884)	0.836 (0.809–0.863)	0.892 (0.864–0.920)
2	71	0.873 (0.850–0.895)	0.849 (0.826–0.872)	0.901 (0.878–0.925)
3	81	0.891* (0.871–0.912)	0.871* (0.850–0.892)	0.929* (0.907–0.951)
<b>Exercise</b>				
1	44	0.856 (0.828–0.883)	0.832 (0.804–0.860)	0.902 (0.873–0.931)
2	76	0.876 (0.855–0.897)	0.856 (0.834–0.877)	0.895 (0.873–0.917)
3	79	0.892* (0.869–0.916)	0.870* (0.846–0.893)	0.933* (0.909–0.958)

Values are means and 95% confidence intervals

1) Age, gender, mother age, body mass index and total calorie intake

Reference value in each food group = 1

\*: Significantly different from the reference group in each variavle at p < 0.05

**Table 4.** Regression coefficient of bone mineral densities (BMD) of three area of children according to classification variables including mother's BMD

Classification variables		Total femur		Femur neck		Lumbar spine	
		Beta coefficients	p-value	Beta coefficients	p-value	Beta coefficients	p-value
Intercept		0.740	0.000	0.695	0.000	0.939	0.000
Gender	Boy	0.020	0.147	0.024	0.090	-0.095	0.000
	Girl	0.000	-	0.000	-	0.000	-
Age (years)	10-11	-0.197	0.000	-0.201	0.000	-0.297	0.000
	12-13	-0.135	0.000	-0.142	0.000	-0.232	0.000
	14-15	-0.057	0.034	-0.072	0.009	-0.104	0.000
	15-	0.000	-	0.000	-	0.000	-
Exercise	None	0.000	-	0.000	-	0.000	-
	Moderate	0.027	0.109	0.034	0.030	0.018	0.336
	Frequently	0.040	0.031	0.042	0.018	0.039	0.031
Mother's BMD	Low	0.000	-	0.000	-	0.000	-
	Middle	0.036	0.018	0.032	0.024	0.032	0.033
	High	0.055	0.000	0.053	0.001	0.086	0.000

Reference value: gender = girl, age = 15 and over, exercise = none, mother's BMD = Low, Milk intake = Low

에 영향을 줄 수 있을 요인으로 선정한 것은 어머니의 골밀도, 성별, 나이, 운동, 우유섭취량이었다. 골밀도의 변이를 조사할 때 운동을 적게 하고, 우유섭취량이 낮고, 어머니의 골밀도가 낮은 15세 이상의 여성을 기준으로 성별과 연령, 운동 여부, 어머니의 골밀도, 우유섭취량에 따른 총 대퇴골, 대퇴골의 목, 척추뼈의 골밀도를 계산하였다. 그 결과 여아와 남아 간의 총 대퇴골의 골밀도는 통계적으로 유의한 차이는 없었고, 척추뼈는 여아가 남아 보다 통계적으로 유의하게 높았다 (Table 4). 그리고 연령에 따라 골밀도를 비교했을 때, 연령이 많아짐에 따라 총 대퇴골, 대퇴골의 목 그리고 척추뼈의 골밀도가 높아졌다 ( $p < 0.0001$ ). 운동 횟수는 운동을 하지 않은 군의 총 대퇴골, 대퇴골의 목과 척추뼈 모두 운동을 자주한 군에 비해 골밀도가 낮게 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 반면 우유의 섭취량이 높을수록 총 대퇴골, 대퇴골의 목의 골밀도가 높아졌으나 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다 (Table 4). 흥미롭게도 어머니의 골밀도는 소아의 총 대퇴골, 대퇴골의 목 그리고 척추뼈에 영향을 미쳐 어머니의 골밀도가 낮을수록 소아의 모든 골밀도가 통계적으로 유의하게 낮았다 ( $p < 0.001$ , Table 4).

## 고 찰

과거의 연구에서 어린이 골밀도에 영향을 주는 요인으로는 어린이의 신체활동 정도, 칼슘의 섭취 정도, 비타민 D의 노출 정도 등 여러 가지 요인이 있다. 기존 연구에서 골밀도의 변이를 가장 잘 설명하는 요인으로는 나이, 체질량지수, 비만도, 운동, 비타민 D 노출, 우유 섭취 등이 있다. 성인에서는 나이가 어릴수록, 체질량지수가 높을수록 골밀도가 높은 것으로 나타났

다.<sup>16)</sup> 어린이에서는 체중이 골밀도에 미치는 영향에 대해서 잘 알려지지 않았으나, 성장기에는 체중 증가가 과체중과 비만인 어린이에서 골밀도가 높다는 연구가 있었다.<sup>17)</sup> 반면에 Ducy 등은<sup>18)</sup> 비만한 사람은 혈청 랩틴 농도가 높고 이것이 골 생성을 저해한다는 보고가 있으며, 비만인들은 혈청 유리 지방산의 농도 증가로 인해 성장호르몬의 분비 장애를 나타낸다는 보고가 있다.<sup>19)</sup> 그러므로 비만은 이러한 호르몬 변화와 활동량 감소로 골 무기질화를 저하시킨다는 것을 보여 주었고, 청소년에 있어서도 과체중이나 비만은 골밀도를 감소시킨다고 보고되었다.<sup>20-22)</sup> 그러나, 본 연구에서는 오히려 저체중 청소년들이 정상체중이나 과체중 청소년들보다 골밀도가 현저하게 낮은 것을 볼 수 있었다. 이러한 결과 본 연구에 참여한 소아 청소년들은 비만이기 보다는 과체중이어서 골밀도에 유리한 영향을 미친 것으로 사료된다. 저체중은 골밀도에 악영향을 미치므로 성장기 어린이나 청소년은 정상체중을 가지는 것이 골밀도를 높이는데 효과적이다.

본 연구에서는 식습관이 골밀도에 미치는 영향을 조사하기 위해 24시간 회상법으로 조사한 식품섭취량으로 일일 영양소 섭취량을 계산하여 살펴보았다. 그 결과 소아 청소년은 일일 에너지 필요추정량의 74%, 부모는 72%로 다소 적게 섭취한 반면 단백질 섭취에서 소아 청소년은 권장섭취량의 180%, 부모는 128%로 충분히 섭취하였으며, 특히 소아 청소년의 단백질 섭취량은 권장량보다 상당히 높았다. 소아 청소년에서 단백질의 섭취량과 골밀도와의 관계는 복잡하다. 식이 중 단백질은 칼슘 흡수 증가와<sup>23)</sup> 혈중 insulin-like growth factor-1 농도를 증가시키고, 이 호르몬은 골 성장과 뼈의 무기질화를 촉진시킬 수 있을 것이라는 보고가 있었다.<sup>24-26)</sup> 식이 단백질, 특히 동물성 단

백질의 섭취 증가는 혈액을 산성화시키고 뼈의 용해를 증가시켜 칼슘 배설을 증가시킨다. 중국의 여자 청소년에서 단백질 섭취량(특히 동물성 단백질 섭취량)은 골밀도와 역의 상관관계를 나타내었다.<sup>27)</sup> 그러나 본 연구에서는 단백질 섭취와 골밀도가 상관관계를 나타내지 않았으며, 특히 총 대퇴골, 대퇴골의 목과 척추뼈의 골밀도는 육류 섭취량이 높을수록 높게 나타났다. 칼슘 섭취량이 골밀도와 밀접한 관계가 있다는 것은 잘 알려져 있고, 본 연구에서도 칼슘 섭취가 높을수록 골밀도가 높았다. Zhang 등의 연구에서<sup>28)</sup> 중국 여학생은 칼슘 섭취가 본 연구의 학생들만큼 낮았고, 칼슘 섭취량과 골밀도가 양의 상관관계를 나타내었다. 본 연구에서 칼슘 섭취량은 소아 청소년은 일일 권장량의 62%, 부모는 63.4%로 권장량에 크게 미치지 못하여 낮은 칼슘 섭취량이 골밀도에 영향을 더 많이 미칠 수 있을 것으로 사료되었다. 그리고 철의 섭취량은 소아 청소년은 일일 권장 섭취량의 118%, 부모는 82%로 나타내었다. 또한, 식품빈도조사법으로 식품군별 섭취의 차이가 골밀도에 미치는 영향을 조사하였다. 식품군 중 밥, 채소, 콜라, 크래커, 라면, 해조류, 튀김 음식, 패스트푸드는 섭취빈도에 따라 총 대퇴골, 대퇴골의 목과 척추뼈의 골밀도에 영향을 미치지 않았고, 과일, 우유 및 유제품의 섭취가 높을 시 골밀도가 높았다. 우유의 기능성 성분 중 생리활성을 나타내는 펩타이드가 골밀도 증진에 영향을 미쳤으며, 이는 뼈의 중요한 성분 중의 하나인 칼슘의 이용률을 향상시켰기 때문이다.<sup>29)</sup>

운동이 골밀도를 향상시킨다는 연구는 많이 보고되고 있는데, 특히 규칙적인 운동은 근육량 손실을 막아주고, 골 무기질 함량 및 골밀도를 증가시키며, 체지방량과 혈중 지질을 감소시킨다.<sup>30)</sup> 하지만, 오늘날 초등학교 아동들의 운동부족으로 인해 성인병이 증가하고 이로 인해 체육시간과 학교생활에서 골절현상이 빈번하게 일어나고 있는 실정이다. 이러한 현상들은 체육 수업 기피현상, 컴퓨터 게임 및 인터넷 검색 등의 취미활동, 극성스런 부모님의 입시준비를 위한 생활양상에서 벗어지는 운동부족에서 기인한 것으로 볼 수 있다. 생활습관 중 운동과 골밀도의 연관성을 살펴보면 울산 현대자동차 검진대상자를 대상으로 한 연구에서 운동 여부에 대한 2,985명의 골밀도 검사 결과, 운동을 하지 않는 군의 골다공증과 골감소증의 비율이 각각 5.9%와 38.9%로 높게 나타났고, 운동을 하는 군에서 정상 비율은 62.6%로 운동을 하지 않는 군의 55.2%에 비해 높게 나타났다.<sup>31)</sup> 또 다른 연구에서는 운동선수와 일반인의 골밀도를 비교하였을 때 운동선수가 일반인에 비해 높은 골밀도를 가지고 있었다.<sup>32)</sup> 본 연구에서도 운동과 골밀도를 비교 분석한 결과 운동을 자주하는 사람의 골밀도가 높은 것으로 나타났다. 일반적으로 골다공증의 예방을 위해서는 운동의 강도, 빈도 및 기간이 중요한 것으로 알려졌으며, 단기간 동안 운동을 한 사

람은 수년간 운동을 계속해 온 사람에 비해 골다공증의 위험이 더 높으므로<sup>32)</sup> 꾸준히 운동하는 것이 중요하다. 또한 1회 운동시간보다 주당 운동 횟수가 골밀도와 더욱 깊은 관계가 있으며 중부하운동형태가 효과적인 운동으로 보고되고 있다.<sup>33)</sup>

여러 연구에서 고찰하였듯이 BMD는 환경요인인 식사습관 및 운동량 등에 의해서 영향을 받는데 이것만으로 골밀도의 변이를 모두 설명할 수 없었다. 최근의 연구에서 자녀의 골밀도는 어머니에 의해서 영향을 받는다는 보고가 있었다. 또한 아버지에 의한 영향도 배제할 수 없다는 연구 결과들이 있었다. 그러나 아직까지 부모의 골밀도가 자녀의 골밀도의 관계를 연구한 것은 적다. Cvijetic 등은<sup>12)</sup> 부모와 자녀 연구에서 부모의 골밀도기 자녀의 골밀도에 영향을 미친다는 보고를 하였는데 이 연구는 연구대상자가 83명으로 적었다. 또한, 스웨덴에서 50가정에 대한 연구에서 부모의 유전이 아들의 골밀도의 변이의 약 34~54%를 차지한다는 보고를 하였다.<sup>34)</sup> 또한, 일본에서도 339쌍의 어머니와 딸의 골밀도를 조사하였을 때 어머니의 골밀도가 딸의 골밀도와 양의 상관관계를 가진다고 보고하였다.<sup>35)</sup>

이 연구는 연구 대상자가 특정 도시에 사는 초, 중, 고등학생을 대상으로 연구하여 연구 대상자들을 균일하게 하였고, 대상자의 수가 상당히 크다는 것이 장점이다. 또한 단순 통계 처리로 분석한 것이 아니라 survey design을 사용하여 분석하였다. 반면 이 연구의 단점은 연구가 cross-sectional 연구여서 연구 결과를 원인과 결과로 해석할 수 없고, 단순히 연관성이 있다고 할 수 밖에 없다는 것이다.

본 연구에서 어머니의 골밀도가 소아 청소년들의 골밀도에 미치는 영향을 조사한 결과 어머니의 골밀도가 소아 청소년의 골밀도에 큰 영향을 미쳤다. 어머니의 골밀도가 높을수록 소아 청소년의 골밀도가 높게 나타났고, 이는 유전적인 영향과 임신 전부터 골밀도가 낮아서 임신 기간에도 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 따라서 가임기 여성은 임신 전부터 골밀도에 주의를 기울여야 하며, 이를 위해 유제품의 섭취와 적절한 운동이 필요하다. 또한 이러한 유전적인 요인에 그치는 것이 아니라 소아 청소년 시기의 적절한 골질량을 획득하는 것이 중요하기 때문에 고령층의 골다공증으로 인한 골절이나 기타 건강상의 문제를 예방하기 위해 소아 청소년 시절부터 튼튼한 뼈 관리를 해야 한다. 미국에서는 이들 연령대의 뼈 건강을 증진시키는 다양한 프로그램과 정책이 시행되고 있는 실정이다. 그러나 우리나라에서는 아직 소아 청소년에 대한 골밀도 측정의 골 건강수준에 대한 관심이나 연구는 미미한 편이다. 따라서 본 연구에서는 한국 소아 청소년들의 골격과 신체발달을 위한 올바른 영양관리 및 영양평가에 필요한 기초 자료를 제시하고자 하였다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 아이와 부모와의 유전적인 연관성을 알아보고 성장기 소아 청소년의 골밀도와 영양 섭취와의 관련성을 찾아봄으로써 골격과 신체발달을 위한 올바른 영양관리 및 영양 평가에 필요한 기초 자료를 제시하기 위하여 8~19세 남녀 소아 청소년을 대상으로 신체계측, 골밀도 측정 및 식생활습관조사와 생활습관조사를 실시하고 각 연령군별로 비교, 평가하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1) 총 대퇴골과 대퇴골의 목의 경우 여자보다 남자가 더 높은 경향을 나타내는데 비하여 척추뼈의 경우는 여자의 골밀도가 더 높았다. 소아 청소년에서는 나이가 증가할수록 총 대퇴골과 척추뼈의 골밀도가 증가하였다. 골밀도는 남녀 모두에서 저체중군이 정상체중군이나 과체중군에 비해 낮았고, 정상체중군과 과체중군 사이에는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 골절은 남녀 모두에서 골밀도에 따른 차이가 없는 것으로 보였다.

2) 총 칼로리 중 일일 영양소 권장량 (DRI)에 대한 %를 계산한 결과, 소아 청소년과 어머니 모두 성별과 나이의 권장량보다 낮게 섭취하였다. 단백질은 모두 권장량보다 과잉으로 섭취하였으며, 철의 경우 소아 청소년은 권장량과 유사하게 섭취하였고, 어머니의 경우 낮게 섭취하였다. 칼슘은 어린이와 어머니 모두에서 권장량에 비해 낮게 섭취하였다.

3) 식품 중 밥, 콜라, 크래커, 라면, 패스트푸드, 해산물, 튀김 음식, 과일은 섭취빈도에 따라 총대퇴골, 대퇴골의 목과 척추뼈의 골밀도에 크게 영향을 주지 않았다. 그러나 육류와 우유를 많이 섭취한 사람의 총 대퇴골, 대퇴골의 목과 척추뼈의 골밀도가 가장 적게 섭취한 사람에 비해 더욱 높았다. 또한 운동하는 횟수가 높을수록 총 대퇴골과 대퇴골의 목, 척추뼈의 골밀도가 높게 나타났다.

4) 회귀분석으로 골밀도에 영향을 주는 요인을 조사한 결과, 남자가 여자보다, 연령이 높을수록, 운동 횟수가 많을수록, 어머니의 골밀도가 높을수록, 골밀도가 통계적으로 유의하게 높았다.

결론적으로 우유의 섭취나 정기적인 운동과 같은 환경적인 요인도 골밀도에 영향을 미치지만, 어머니의 골밀도가 자녀에 골밀도에 큰 영향을 미치므로 젊은 나이에도 어머니의 골밀도를 체크하여 어린이의 골밀도가 낮을 가능성을 파악하는 것이 중요하다.

## Literature cited

1) The Korean Society for Bone and Mineral Research. Physician's

- guide for diagnosis & treatment of osteoporosis. Seoul: The Korean Society for Bone and Mineral Research; 2008
- 2) Kelly PJ, Eisman JA. Osteoporosis: genetic effects on bone turnover and bone density. *Ann Med* 1993; 25(2): 99-101
  - 3) Krall EA, Dawson-Hughes B. Heritable and life-style determinants of bone mineral density. *J Bone Miner Res* 1993; 8(1): 1-9
  - 4) Sandhu SK, Hampson G. The pathogenesis, diagnosis, investigation and management of osteoporosis. *J Clin Pathol* 2011; 64(12): 1042-1050
  - 5) Ferry B, Duclos M, Burt L, Therre P, Le Gall F, Jaffré C, Courteix D. Bone geometry and strength adaptations to physical constraints inherent in different sports: comparison between elite female soccer players and swimmers. *J Bone Miner Metab* 2011; 29(3): 342-351
  - 6) Lee BK, Park S, Kim Y. Age- and gender-specific associations between low serum 25-hydroxyvitamin D level and type 2 diabetes in the Korean general population: analysis of 2008-2009 Korean National Health and Nutrition Examination Survey data. *Asia Pac J Clin Nutr* 2012; 21(4): 536-546
  - 7) Cadogan J, Blumsohn A, Barker ME, Eastell R. A longitudinal study of bone gain in pubertal girls: anthropometric and biochemical correlates. *J Bone Miner Res* 1998; 13(10): 1602-1612
  - 8) Rizzoli R, Bonjour JP. Determinants of peak bone mass and mechanisms of bone loss. *Osteoporos Int* 1999; 9 Suppl 2: S17-S23
  - 9) Bonjour JP, Theintz G, Buchs B, Slosman D, Rizzoli R. Critical years and stages of puberty for spinal and femoral bone mass accumulation during adolescence. *J Clin Endocrinol Metab* 1991; 73 (3): 555-563
  - 10) Miller LE, Nickols-Richardson SM, Wootten DF, Ramp WK, Herbert WG. Relationships among bone mineral density, body composition, and isokinetic strength in young women. *Calcif Tissue Int* 2004; 74(3): 229-235
  - 11) Ahn HS, Kim SH, Lee SS. A study of factors affecting bone mineral density in Korean adolescents: anthropometric measurements, life style, and other environmental factors. *Korean J Nutr* 2005; 38(3): 242-250
  - 12) Cvijetic S, Colic Baric I, Satalic Z. Influence of heredity and environment on peak bone density: a parent-offspring study. *J Clin Densitom* 2010; 13(3): 301-306
  - 13) Korean Endocrine Society; Korean Society for the Study of Obesity. Management of obesity, 2010 recommendation. *Endocrinol Metab* 2010; 25(4): 301-304
  - 14) Korea Centers for Disease Control and Prevention, Ministry of Health and Welfare. Korea Health Statistics 2010: Korea National Health and Nutrition Examination Survey. Cheongwon: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2010
  - 15) Lee EY, Kim D, Kim KM, Kim KJ, Choi HS, Rhee Y, Lim SK. Age-related bone mineral density patterns in Koreans (KNHANES IV). *J Clin Endocrinol Metab* 2012; 97(9): 3310-3318
  - 16) Drake MT, Murad MH, Mauck KF, Lane MA, Undavalli C, El-raiyah T, Stuart LM, Prasad C, Shahrour A, Mullan RJ, Hazem A, Erwin PJ, Montori VM. Clinical review. Risk factors for low bone mass-related fractures in men: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Endocrinol Metab* 2012; 97(6): 1861-1870
  - 17) Moro M, van der Meulen MC, Kiratli BJ, Marcus R, Bachrach LK, Carter DR. Body mass is the primary determinant of mid-femoral bone acquisition during adolescent growth. *Bone* 1996; 19 (5): 519-526
  - 18) Ducy P, Amling M, Takeda S, Priemel M, Schilling AF, Beil FT, Shen J, Vinson C, Rueger JM, Karsenty G. Leptin inhibits bone formation through a hypothalamic relay: a central control of bone mass. *Cell* 2000; 100(2): 197-207
  - 19) Nam SY, Lee EJ, Kim KR, Lee HC, Nam MS, Cho JH, Huh KB.



- Long-term administration of acipimox potentiates growth hormone response to growth hormone-releasing hormone by decreasing serum free fatty acid in obesity. *Metabolism* 1996; 45(5): 594-597
- 20) Chang KY, Yang HJ, Shin YK, Park SH, Lee KH, Lee KY. The influences of obesity on bone mineral density in children. *J Korean Soc Pediatr Endocrinol* 2001; 6(2): 129-136
  - 21) Ellis KJ, Shypailo RJ, Wong WW, Abrams SA. Bone mineral mass in overweight and obese children: diminished or enhanced? *Acta Diabetol* 2003; 40 Suppl 1: S274-S277
  - 22) Leonard MB, Shults J, Wilson BA, Tershakovec AM, Zemel BS. Obesity during childhood and adolescence augments bone mass and bone dimensions. *Am J Clin Nutr* 2004; 80(2): 514-523
  - 23) Hunt JR, Johnson LK, Fariba Roughead ZK. Dietary protein and calcium interact to influence calcium retention: a controlled feeding study. *Am J Clin Nutr* 2009; 89(5): 1357-1365
  - 24) Barzel US, Massey LK. Excess dietary protein can adversely affect bone. *J Nutr* 1998; 128(6): 1051-1053
  - 25) Fenton TR, Eliasziw M, Lyon AW, Tough SC, Hanley DA. Meta-analysis of the quantity of calcium excretion associated with the net acid excretion of the modern diet under the acid-ash diet hypothesis. *Am J Clin Nutr* 2008; 88(4): 1159-1166
  - 26) Remer T. Influence of diet on acid-base balance. *Semin Dial* 2000; 13(4): 221-226
  - 27) Zhang Q, Ma G, Greenfield H, Zhu K, Du X, Foo LH, Hu X, Fraser DR. The association between dietary protein intake and bone mass accretion in pubertal girls with low calcium intakes. *Br J Nutr* 2010; 103(5): 714-723
  - 28) Zou ZY, Lin XM, Xu XR, Xu R, Ma L, Li Y, Wang MF. Evaluation of milk basic protein supplementation on bone density and bone metabolism in Chinese young women. *Eur J Nutr* 2009; 48(5): 301-306
  - 29) Ballor DL, Keeseey RE. A meta-analysis of the factors affecting exercise-induced changes in body mass, fat mass and fat-free mass in males and females. *Int J Obes* 1991; 15(11): 717-726
  - 30) Choi BH, Kim SM. Report on the cross-stabulation analysis about bone mineral density test of workers. *Korean J Orient Physiol Pathol* 2009; 23(6): 1508-1512
  - 31) Yi KO, Lee YS. The differing effects of sports training and dietary habits on the menstrual cycle, body composition and bone mineral density, in elite Korean female athletes. *Korean J Phys Educ* 2002; 41(4): 529-539
  - 32) Gambert SR, Schultz BM, Hamdy RC. Osteoporosis. Clinical features, prevention, and treatment. *Endocrinol Metab Clin North Am* 1995; 24(2): 317-371
  - 33) Kelley G. Aerobic exercise and lumbar spine bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analysis. *J Am Geriatr Soc* 1998; 46(2): 143-152
  - 34) Nordström P, Lorentzon R. Influence of heredity and environment on bone density in adolescent boys: a parent-offspring study. *Osteoporos Int* 1999; 10(4): 271-277
  - 35) Ohta H, Kuroda T, Onoe Y, Nakano C, Yoshikata R, Ishitani K, Hashimoto K, Kume M. Familial correlation of bone mineral density, birth data and lifestyle factors among adolescent daughters, mothers and grandmothers. *J Bone Miner Metab* 2010; 28(6): 690-695