

사춘기 초기 여자 어린이의 골질량 변화와 이에 영향을 미치는 요인 분석*

윤소윤** · 박민경** · 백희영**§ · 정효지***

서울대학교 생활과학대학 식품영양학과,** 서울대학교 보건대학원***

Factors Associated with Changes in Bone Mineral Content among Girls in Early Pubertal Age*

Yun, So Yoon** · Park, Min Kyoung** · Paik, Hee Young**§ · Joung, Hyojee***

Department of Food & Nutrition,** Seoul National University, Seoul 151-742, Korea
Graduate School of Public Health,** Seoul National University, Seoul 110-460, Korea

ABSTRACT

The study was conducted to investigate the factors associated with bone mineral content (BMC) changes among early pubertal aged girls. Two hundred and thirty girls between 9 to 11 years of age participated in four surveys over 2 year period. During each survey, dietary intakes were collected with 3-day food records, BMC of left leg's calcaneus were measured by PIXI (Lunar Ltd.) and body composition was measured by bioimpedance method (Inbody 3.0 Biospace Co. Ltd, Seoul, Korea). Mean values of BMC increased in consecutive measurements - 1.48 g, 1.54 g, 1.61 g and 1.66 g. The change of BMC between the first and last measurements was significantly positively correlated with % body fat, negatively correlated with BMC at the baseline ($p < 0.05$). Change of BMC was also significantly positively correlated with % change of lean mass and mineral mass between the first and last measurements. Nutrient intakes during the study period were calculated as mean daily intakes from all surveys. Mean daily intakes of Vit. C and Vit. B₆ were positively and isoflavone intake was negatively correlated with changes of BMC ($p < 0.05$). In stepwise regression of BMC change with body composition and nutrient intakes, baseline values of BMC, weight, BMI and age, % change of mineral mass during the study period, mean intakes of isoflavone, Vit. B₆, protein, carotene and zinc were significant explanatory variables ($R^2 = 0.38$, $p < .001$, $F = 32.39$). The results imply that the change of BMC among early pubertal aged girls are associated with some body composition and intakes of certain nutrients. (*Korean J Nutrition* 40(1): 69~77, 2007)

KEY WORDS : bone mineral content, pubertal age, bone growth.

서론

골다공증은 낮은 골량과 골 조직의 미세구조변화로 인해 뼈가 약해지고 그 결과 사소한 외상에 의해서도 뼈가 쉽게 부서져서 고관절, 척추, 손목 등에 골절이 일어나는 골격질 환으로써 최근 고령화와 식생활 변화 등의 이유로 모든 연령층에 확대되고 있다. 국제골다공증협회 (International Osteoporosis Foundation)는 우리나라의 경우 1991년에서

2001년 10년 사이에 고관절 골절이 4배 이상 증가하였으며,¹⁾ 75세 이상 인구 가운데 여성은 1,000명 중 4.3명, 남성은 1,000명 중 2.97명이 고관절 골절을 일으키는 것으로 보고하였다.²⁾

남성과 여성의 골다공증 발병율의 차이는 여성의 경우 폐경 후 에스트로겐의 결핍이 골 조직에 지대한 영향을 주어 폐경 이후 5~10년 동안 매년 2~4%씩 골 농도가 감소되어 골다공증을 초래하기 때문이다.³⁾ 우리나라 여성의 폐경 연령은 평균 49.2세, 중앙값은 50.0세로⁴⁾ 나타났으며, 40대 이상 여성 인구가 전체 여성의 51.9%를 차지하는 것으로 보고되어 전체 인구에서 갱년기 여성의 점유율과 골다공증 유병율이 높은 것을 알 수 있다.⁵⁾

골다공증은 확실한 치료 방법이 없으므로 예방이 가장 중요하며, 최선의 예방 방법은 최대 골질량 (peak bone mass)

접수일 : 2006년 12월 6일

채택일 : 2007년 1월 5일

*This research was supported by Korea Research Foundation (R04-2003-000-10199-0).

§To whom correspondence should be addressed.

E-mail : hypaik@snu.ac.kr

을 극대화하는 것이다.⁶⁾ 일반적으로 골질량은 성장기에 증가하며 성장이 끝난 후 수년 동안 증가가 계속되어 30~40세에 최대에 달한다.⁷⁾ 그 후부터는 골질량이 감소되며 골량 감소 속도는 남성보다 여성의 경우가 2배 정도 빠르다. 개인의 골무기질량에 미치는 요인은 크게 유전적 요인과 환경적 요인이 있으며 환경적 요인은 20% 정도의 변이를 가져오는 것으로 알려져 있다.⁷⁾ 주 환경인자로는 신체활동,^{6,8,9)} 식이 인자¹⁰⁻¹²⁾ 등이 제안되고 있으나 아직까지 정확한 최대 골질량 시기 및 그 기작은 알려져 있지 않다.¹³⁾

한국 여성의 연령별 골밀도를 살펴 본 연구에서 각 연령대별 골밀도는 어린이 (8~9세) 0.61 g/cm², 청소년 (16~18세) 0.88 g/cm², 성인 (25~35세) 0.90 g/cm², 노인 (60세 이상) 0.64 g/cm²으로 나타났으며¹⁴⁾ 또 다른 연구에서도 골밀도와 골무기질량은 7~34세의 시기에서 증가한다고 보고하였다.¹⁵⁾ 특히 성장기 여자 어린이들의 골질량 획득에 영향을 주는 생화학적 요인으로는 estradiol이 중요한 역할을 하며, 체지방이 골질량 획득과 큰 연관성이 있는 것으로 보고되었다.¹⁶⁾

이제까지 행해진 대부분의 연구들은 골다공증과 관련하여 그 대상이 폐경 전후의 여성 및 노인이 주류를 이루고 있고 아동 및 청소년을 대상으로 한 연구는 미흡한 실정이다.¹⁷⁾ 최근 성장기 어린이들을 대상으로 한 연구 결과에 의하면 높은 칼슘 섭취를 한 대상자들의 경우 골질량이 유의적으로 증가하였으며,¹¹⁾ 학령기 전 아동들에게 칼슘 보충제를 섭취하도록 한 경우의 골질량이 유의적으로 높다고 한다.¹⁸⁾ 그러나 골밀도와 골무기질량의 축적에 영향을 줄 수 있는 신체 계측 및 체조성, 일상 영양소 섭취 및 에너지 소비량 등의 포괄적인 관련 인자들에 관한 연구는 매우 부족한 실정이며, 횡단적 (cross-sectional) 연구들만이 일부 시행되어왔다.

이에 본 연구에서는 초등학교 재학 중인 성장기에 있는 여자 어린이들을 대상으로 신체 계측 및 식사섭취 조사를 총 22개월 동안 4차에 걸쳐 측정하여 골질량 변화를 조사하고 골질량 변화와 신체계측 및 식생활 요인의 관계를 종단적 (longitudinal)으로 분석하였으며 연구 결과를 바탕으로 어린이 및 청소년 대상의 골다공증 예방을 위한 영양증진 사업의 기초 자료를 제공하고자 한다.

연구 방법

1. 대상자 선정

본 연구는 2003년 5월 (1차 조사)에 서울 소재 초등학교 4학년과 5학년 여자 어린이 303명을 대상으로 22개월

간 총 4차례에 걸쳐 추적조사를 실시하였으며 연구 시작 전 해당 초등학교 교장 선생님과 이하 선생님들에게 연구의 목적과 과정을 설명하고 대상자들에게 동의서를 받은 후 실시되었다. 조사 내용은 일반 설문, 신체 계측, 식이 섭취 조사로 이루어졌다. 본 조사내용은 서울대학교 보건대학원의 생명 윤리 심의 위원회의 승인을 받았다. 대상자들은 자유로운 식이를 하였으며 식이와 보충제 등을 통한 식이 통제는 없었다. 2004년 4월 (2차 조사)에 전년도에 조사를 실시했던 초등학교 5학년, 6학년 여학생을 대상으로 조사를 실시하였으며 조사 내용은 동일하였다. 2004년 10월 (3차 조사)과 2005년 2월과 3월 (4차 조사)에 두 차례의 추적 조사가 실시되었으며, 조사 내용은 1차 조사와 같다. 조사 대상자는 22개월 동안의 연구 기간에 참여한 총 대상자 중 필수적으로 1차와 4차의 골밀도를 비롯한 식이 섭취 조사 자료와 신체 계측 자료가 모두 있으며 그 대상자들 중 2차와 3차 조사 중 1회 이상의 자료가 있는 230명으로 선정하였다.

2. 신체 계측 조사

기본적인 신체 발달을 평가하기 위하여 대상자들의 신장, 체중, 체구성 성분, 골밀도를 측정하였다. 신장은 신장계를 이용하였으며 체중과 체지방, 체지방 등 체구성 성분은 생체 전기 임피던스 저항 분석법 (Bioelectrical Impedance Analysis, BIA)을 기초로 한 체성분 측정기 (Inbody 3.0 Biospace Co. Ltd, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다. 신체 계측은 측정기에 대한 충분한 이해와 정확한 측정법을 숙지하도록 조사원들을 사전교육한 후 측정하였으며, 신장, 체중을 이용하여 신체체질량지수 (Body mass index, BMI)를 계산하였다.

골조직의 방사선 투과율 차이를 반영하여 골밀도를 산출하는 이중 에너지 X선 흡수 계측법 (Dual-energy X-ray Absorptionmetry)의 기술을 이용해서 만든 간이용 기기 PIXI (Peripheral Instantaneous X-ray Imager, Lunar Radiation Corp, Madison, WI, U.S.A)를 사용하여 좌측 종골의 단위면적당 골밀도 (Bone Mineral Density, BMD)와 골무기질 함량 (Bone Mineral Content, BMC)을 측정하였다.

3. 식이 섭취 조사

식이섭취 조사는 식사 기록법을 이용하여 평일 2일, 주말 1일 총 3일간 조사하였다. 식사 기록을 위하여 대상자들에게 식이 기록 방법에 대하여 간단한 사전 교육을 실시하였으며, 식사 섭취 조사지에는 각 끼니별로 하루 동안 섭취한 모든 음식의 섭취량과 식품 재료를 대상자들이 직접

기록하도록 하였고, 건강보조식품, 영양제 및 간식 등의 섭취에 대해서도 모두 기록하도록 하였다. 식사 기록지에는 대상자들이 정확한 분량을 기록하는데 도움이 되도록 2001년 국민건강영양조사에서 사용하였던 컵, 밥그릇, 국그릇의 2차원 축소 모델을 함께 제시하였다. 기록된 식이 섭취 조사를 수거할 때에는 기록의 정확도를 높이기 위하여 식품영양학과 학부생 및 대학원생으로 구성된 영양 전문 인력이 실물크기의 식품모형과 사진자료를 이용하여 대상자들과 직접 면접을 실시하면서 기록 사항을 검토하였다. 학교 급식의 경우, 해당 영양사와 사전 약속을 통하여 정확한 레시피를 받아 자료로 이용하였다. 식사 기록 자료는 서울대학교 식품영양학과 인체영양학 연구실에서 자체 개발한 식이 섭취 분석 프로그램인 DS24의 data base를 바탕으로 분석하여 1일 평균 식품 섭취량 및 25개의 영양소 섭취량으로 환산하였다.

4. 자료 분석

통계 분석은 SAS (Statistical Analysis System, Version 9.1, SAS Institute, Cary, NC.)를 이용하였다. 골무기질량의 변화율과 영양소, 신체 계측 값의 상관관계는 상관분석 (Pearson's correlation analysis)을 실시하였으며 골질량 변화율에 영향을 미치는 요인들을 확인하기 위하여 단계적 회귀분석 (Stepwise regression)을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 신체 계측 결과

대상자들의 연령과 BMI, 신장, 체중, 체지방율, 체지방량, 체지방률, 무기질량, 골밀도와 골질량 등의 신체 계측 결과를 Table 1에 제시하였다. 전체 대상자의 신장은 각 측정 시기에 따라 140.9 cm, 146.9 cm, 150.8 cm, 152.5 cm,

체중은 36.5 kg, 41.6 kg, 44.5 kg, 46.2 kg으로 연령이 증가하면서 점차 증가하였다. 이는 교육인적자원부에서 실시한 초등학교 여학생 4학년, 5학년, 6학년의 신장이 137.0 cm, 143.7 cm, 150.3 cm, 체중 33.1 kg, 37.2 kg, 43.2 kg¹⁹⁾ 보다 높은 수치였다. 신체 계측 결과에서 환산한 BMI, 신장, 체중, 체지방율, 체지방량, 무기질량, 골질량은 꾸준히 증가하였으나 골밀도는 4차에서 감소하는 것을 볼 수 있었다.

2. 영양소 섭취량

대상자들의 영양소 섭취량은 Table 2에 나타났다. 각 조사 시기별 평균 영양소 섭취량을 살펴보면 2차 조사의 에너지 섭취량 1,608 kcal이 1차 조사의 1,669 kcal에 비해 4% 감소하였으며 4차 조사의 1,493 kcal은 다른 조사 결과에 비해 7%에서 11%까지의 감소를 보였다. 4차 조사에서 에너지 섭취량이 낮은 경향을 보이는 것은 조사 시기가 2005년 2월과 3월 봄방학 기간으로 학교 급식을 실시하지 않았으며 대상자들의 불규칙적인 식생활에 의한 차이로 사료된다. Lee and Choi가 7~16세 여자 어린이가 83명을 대상으로 수행한 연구 결과에 따르면 평균 에너지 섭취량이 2,008 kcal로 나타났고²⁰⁾ 한국인 영양섭취기준²¹⁾에서는 9~11세 여자 어린이들의 일일 에너지 필요 추정량을 1,700 kcal로 제시하였다. 본 연구에서는 대상자들의 1일 에너지 섭취가 966 kcal에서 2,263 kcal로 큰 편차를 보였으며 조사 시기별 평균 에너지 섭취량 분포는 1,493 kcal에서 1,670 kcal로 나타나 에너지 섭취량이 낮은 것을 볼 수 있었다.

에너지에 기여하는 3대 영양소 탄수화물 : 단백질 : 지방의 비율은 조사 시기별로 각각 1차 조사는 58.2 : 15.2 : 26.6, 2차 조사는 56.2 : 15.8 : 27.7, 3차 조사는 58.3 : 15.7 : 25.8, 4차 조사는 56.5 : 15.2 : 28.3의 비율을 보였으며, 연구 기간 동안 영양소 섭취량 평균 중 3대 영양

Table 1. General characteristics of subjects

	(Mean ± SD)				
	1st ¹⁾ (N = 230)	2nd ²⁾ (N = 225)	3rd ³⁾ (N = 225)	4th ⁴⁾ (N = 230)	4th - 1st
Age (month)	122.9 ± 6.9	133.9 ± 6.7	139.9 ± 6.7	144.4 ± 6.3	21.5 ± 1.38
BMI (kg/m ²) ⁵⁾	18.2 ± 2.8	19.2 ± 2.9	19.5 ± 3.1	19.8 ± 3.1	1.53 ± 1.27
Height (cm)	140.9 ± 6.7	146.9 ± 6.8	150.8 ± 6.3	152.5 ± 6.0	11.6 ± 2.70
Weight (kg)	36.5 ± 7.4	41.6 ± 8.4	44.5 ± 8.7	46.2 ± 8.8	9.71 ± 3.52
Percent body fat (%)	22.5 ± 7.8	25.1 ± 7.2	24.9 ± 7.2	26.6 ± 6.8	4.14 ± 4.57
Lean mass (kg)	27.8 ± 4.1	30.7 ± 4.5	32.9 ± 4.7	33.4 ± 4.5	5.59 ± 2.50
Fat mass (kg)	8.62 ± 4.4	10.9 ± 4.9	11.5 ± 5.1	12.7 ± 5.3	4.12 ± 2.56
Mineral mass (kg)	1.94 ± 0.3	2.20 ± 0.3	2.37 ± 0.3	2.44 ± 0.3	0.49 ± 0.18
BMD (g/cm ²) ⁶⁾	0.44 ± 0.1	0.44 ± 0.1	0.47 ± 0.1	0.46 ± 0.1	0.02 ± 0.04
BMC (g) ⁷⁾	1.48 ± 0.3	1.55 ± 0.4	1.61 ± 0.3	1.66 ± 0.4	0.18 ± 0.22

1) Conducted in May, 2003. 2) Conducted in April, 2004. 3) Conducted in October, 2004. 4) Conducted in February and March, 2005. 5) Body Mass Index. 6) Bone Mineral Density. 7) Bone Mineral Content

Table 2. Mean daily dietary intake of subjects(Mean \pm SD)

	1st ¹⁾ (N = 230)	2nd ²⁾ (N = 224)	3rd ³⁾ (N = 216)	4th ⁴⁾ (N = 230)	Mean of 4 surveys
Energy (kcal)	1669 \pm 339	1608 \pm 356	1670 \pm 404	1493 \pm 425	1606 \pm 239
Protein (g)	63.2 \pm 15.7	63.2 \pm 16.3	64.9 \pm 17.0	57.2 \pm 20.5	62.0 \pm 10.9
Fat (g)	49.8 \pm 15.6	49.9 \pm 16.3	48.4 \pm 17.2	47.9 \pm 20.2	49.0 \pm 10.4
Sugar (g)	242 \pm 49.2	225 \pm 50.2	243 \pm 61.0	208 \pm 56.1	228 \pm 33.5
Ca (mg)	523 \pm 192	530.9 \pm 192	502.0 \pm 186.1	382.3 \pm 199.3	483 \pm 122
P (mg)	969.6 \pm 239.3	969.6 \pm 245.2	980.6 \pm 258.7	823.5 \pm 283.3	933.6 \pm 164.2
Fe (mg)	9.17 \pm 2.8	8.47 \pm 2.5	8.93 \pm 2.8	7.95 \pm 3.1	8.59 \pm 1.7
K (mg)	1973 \pm 537.3	2016 \pm 538.9	2002 \pm 552.6	1628 \pm 605.8	1900 \pm 356.1
Vit.A (R.E.)	584.4 \pm 231.1	496.7 \pm 224.2	491.2 \pm 191.8	412.6 \pm 244.9	493.3 \pm 131.0
Na (mg)	3214 \pm 954.7	3170 \pm 882.7	3277 \pm 1003.3	3001 \pm 1038.5	3158 \pm 591.1
Vit.B ₁ (mg)	1.00 \pm 0.3	1.09 \pm 0.3	1.02 \pm 0.4	0.97 \pm 0.4	1.02 \pm 0.2
Vit.B ₂ (mg)	1.11 \pm 0.3	1.04 \pm 0.3	1.06 \pm 0.3	0.90 \pm 0.4	1.02 \pm 0.2
Niacin (mg)	13.2 \pm 4.0	12.8 \pm 4.1	13.7 \pm 4.4	11.9 \pm 5.2	12.9 \pm 2.6
Vit.C (mg)	61.3 \pm 32.0	77.5 \pm 52.6	64.9 \pm 46.5	60.4 \pm 58.7	66.0 \pm 28.7
Zinc (mg)	7.47 \pm 2.2	7.07 \pm 1.9	7.76 \pm 2.1	6.82 \pm 2.8	7.27 \pm 1.3
Vit.B ₆ (mg)	1.77 \pm 0.5	1.55 \pm 0.5	1.77 \pm 0.6	1.44 \pm 0.5	1.63 \pm 0.3
Folate (μ g)	197.6 \pm 58.8	190.4 \pm 58.5	169.9 \pm 64.4	151.1 \pm 64.4	176.5 \pm 35.9
Retinol (μ g)	140.8 \pm 96.0	122.8 \pm 73.9	113.9 \pm 69.2	123.3 \pm 74.6	125.0 \pm 43.5
Carotene (μ g)	2289 \pm 953.6	2128 \pm 1224.7	2090 \pm 949.6	1673 \pm 1275.9	2034 \pm 619.3
Ash (mg)	15.1 \pm 3.9	15.5 \pm 3.9	15.8 \pm 4.3	14.2 \pm 4.7	15.1 \pm 2.7
Fiber (g)	4.10 \pm 1.6	4.25 \pm 1.7	4.07 \pm 1.4	3.64 \pm 1.8	4.00 \pm 1.0
Water (%)	874.1 \pm 239.2	823.3 \pm 209.3	853.8 \pm 237.8	703.7 \pm 249.2	812.0 \pm 146.1
Vit.E (mg)	12.8 \pm 5.5	13.1 \pm 4.5	11.8 \pm 4.8	11.8 \pm 7.2	12.3 \pm 3.1
Cholesterol (mg)	279.3 \pm 129.2	294.1 \pm 121.3	285.7 \pm 117.5	266.1 \pm 136.9	281.1 \pm 74.1
Isoflavone (mg)	6.67 \pm 6.5	9.49 \pm 9.0	9.37 \pm 9.6	8.30 \pm 7.3	8.47 \pm 4.7
Percent of total energy intake from each macro nutrient (%)					
Carbohydrate	58.2 \pm 5.5	56.2 \pm 5.6	58.3 \pm 5.8	56.5 \pm 7.2	57.0 \pm 3.6
Protein	15.2 \pm 2.2	15.8 \pm 2.4	15.7 \pm 2.5	15.2 \pm 2.6	15.4 \pm 1.3
Fat	26.6 \pm 5.1	27.7 \pm 4.9	25.8 \pm 5.0	28.3 \pm 6.2	27.3 \pm 3.1

1) Conducted in May, 2003. 2) Conducted in April, 2004. 3) Conducted in October, 2004. 4) Conducted in February and March, 2005

소의 비율은 57.0 : 15.4 : 27.3이었다. 이는 2005년 한국인 영양섭취기준에서 3~19세의 탄수화물 : 단백질 : 지방의 비율을 55~70 : 7~20 : 15~30으로 설정한 것과 비교하였을 때 기준 범위 내에 존재하는 것을 알 수 있었다.

전체 대상자들의 영양 평가 결과 철분 섭취량은 8.59 mg으로 한국인 영양섭취기준에서 제시하는 평균 필요량 9 mg을 만족시켰으며, 비타민 B₆의 섭취량은 1.63 mg으로 9~11세 여자 어린이의 평균 필요량인 0.9 mg에 비해 높았고 비타민 C 섭취량은 66 mg으로 평균 필요량 55 mg 보다 높았다. 각 영양소 섭취를 한국인 영양섭취기준과 비교해 보면 평균 필요량 및 충분 섭취량보다 섭취를 적게 하고 있는 영양소는 에너지, 칼슘, 칼륨, 엽산으로 각각 에너지는 94%, 칼슘은 88%, 칼륨은 40.4%, 엽산은 70.6%를 섭취하고 있었다.

4차 조사에서 대상자들의 에너지 섭취량이 현저히 낮았

던 것을 감안하여 대상자별 영양소 섭취를 에너지 섭취량으로 보정하기 위하여 대상자별 1일 영양소 섭취량을 에너지 섭취량으로 나눈 뒤 1,000을 곱하여 구한 영양소 밀도 (Nutrient density)는 총 영양소 섭취량 평균과 유의적인 차이를 보이지 않았다.

3. 골질량의 변화량 및 관련 요인

1) 골질량 절대치 및 변화율

골질이란 골조직의 세포간질을 형성하는 물질로서 골질량 변화는 서서히 진행되는 것이므로 연구 시작 시와 11개월 후, 17개월 후, 21개월 후 총 4번을 측정하여 변화양상을 관찰하였다. 연구 시작 시에는 230명이 골밀도와 골질량을 측정하였으며, 11개월 후에는 연구 시작 시 측정된 대상자 230명 중 226명이 측정하였고, 17개월 후에는 연구 시작 시 대상자 230명 중 225명이 골밀도와 골질량을

측정하였다. 마지막 측정은 21개월 후에 이루어졌으며 연구 시작 시의 대상자 230명이 모두 측정하였다. 골질량의 절대치는 조사가 수행됨에 따라 1.478, 1.546, 1.606, 1.662 (g)로 꾸준히 증가한 반면 골밀도 절대치는 0.437, 0.444, 0.468, 0.459 (g/cm²)으로 4차 조사에서 약간 감소하였다 (Fig. 1). 성장기 어린이들의 경우 골밀도가 채워지는 시기가 아니라 골질량이 증가하는 시기이므로 단위 면적당 골질량을 측정하는 골밀도는 감소할 수 있다는 연구 보고²²⁾를 토대로 본 연구에서는 골밀도가 아닌 골질량을 통하여 대상자들의 골건강 상태를 비교하였다.

많은 연구에서 골질량 및 골밀도 값은 요추 및 대퇴부를 측정하였으나 본 연구에서는 좌측 종골의 골질량을 측정하였다. Hakulinen 등의 연구에 의하면 종골 골질량 값의 신뢰도를 높이기 위하여 Lunar PIXI를 이용하여 종골의 골밀도를 측정한 값과 Lunar DPX-IQ DXA로 요추, 대퇴부, 전신 골밀도를 측정한 값들이 유의한 상관관계를 보였으며²³⁾ Han and Davis는 종골의 골밀도 측정이 슬개골에서의 골밀도 측정보다 각 부위의 골밀도 예측에 더 우수하다고 보고하였으므로²⁴⁾ 본 연구에서 사용한 종골 측정치를 전신 골건강 상태의 척도로 해석하는 것은 무리가 없을 것으로 사료된다. 그러나 일부 연구에서는 사지 골밀도는 전신 골건강을 잘 반영하지 못한다는 연구결과²⁵⁻²⁷⁾도 있으므로 연구 결과를 해석할 때 유의하여야 할 것이다.

조사 기간 22개월 동안 골질량 변화율 %를 Fig. 2에 나타냈다. 조사 기간 동안 골질량 변화율이 10% 이상 20% 미만으로 증가한 대상자들이 가장 많았으며, 대부분의 대상자들이 0% 이상 30% 미만의 골질량 성장률을 보였고, 골질량이 감소한 경우도 전체 대상자 230명 가운데 38명으로 나타났다.

2) 골질량 관련 요인 분석

(1) 상관 분석

본 연구는 조사 기간 동안 대상자들의 골질량 변화율을

보기 위한 연구이므로 골질량 변화율을 조사 시작시의 골질량과 최종 조사 시의 골질량 차이를 백분율로 나타내었다. 골질량 변화율 계산은 4차 조사 시 골질량 값과 1차 조사 시 골질량 값의 차이를 1차 조사 시 골질량 값으로 나누어 퍼센트를 구하였다. 골질량 변화율에 영향을 미치는 신체 계측 요인들을 선택하기 위하여 1차 조사 시 신체 계측 요인들과 상관분석을 실시한 결과 연령 (월령), 체지방율과 골질량이 유의한 상관성을 나타내었다. 이 중 연령과 골질량은 골질량 변화율과 유의한 음의 상관관계를 나타내 1차 조사 시 연령과 골질량 절대값이 높게 측정된 대상자들의 골질량 변화율이 낮은 것을 알 수 있었다. 체지방률은 골질량 변화율과 유의한 양의 상관관계를 나타내 1차 조사 시 체지방율이 높게 측정된 대상자들의 골질량 변화율이 높았음을 알 수 있었다. 이 결과는 골질량이 증가되는 시기인 7~34세에서 골질량과 체중과의 관계는 주로 체지방량과 관련이 있었다는 연구와 상응하는 결과를 나타냈다.¹⁵⁾ 또한 골질량 변화율과 1차에서 4차 사이의 신체 계측 요인들의 변화율과의 상관분석을 실시한 결과 체지방량 변화율과 무기질량 변화율이 유의한 양의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다.

골질량 변화율에 영향을 미치는 식이 요인을 알아내기 위

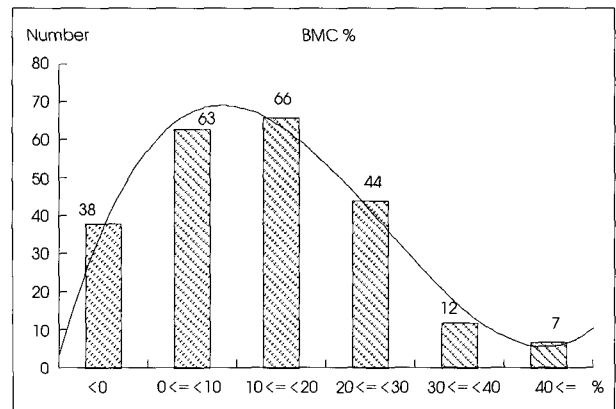


Fig. 2. Percent change of BMC during the study period.

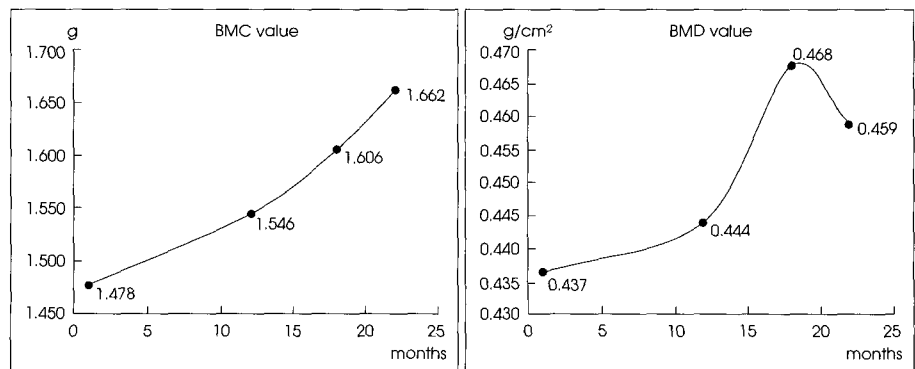


Fig. 1. Change of BMC and BMD values during the study period.

하여 조사 기간 동안 대상자들이 섭취한 총 영양소 섭취량의 평균으로 상관분석을 실시한 결과 비타민 C, 비타민 B₆, 이소플라본이 유의적인 상관성을 보였다. 이 중 비타민 C와 비타민 B₆은 골질량 변화율과 유의한 양의 상관관계를 나타냈으며, 이소플라본은 골질량 변화율과 유의적인 음의 상관관계를 나타냈다 (Table 3).

여러 연구에서 이소플라본 조성물이 골다공증 억제 효과가 있으며^{28,29)} 특히 골질량 감소의 위험이 큰 저체중 여성에게 이소플라본을 공급하였을 때 골밀도가 유의적으로 증가한 효과를 살펴 볼 수 있었다.^{30,31)} 반면 이소플라본과 대두 단백질이 사춘기 여자 어린이들에게는 골 흡수에 영향을 미치지 않으며³²⁾ 성장기 여자 어린이들에게 대두 이소플라본을 1년 동안 공급한 결과 골밀도와 골질량 증가에 영향을 미치지 않았다는 연구 결과들도 있다.³³⁾ 따라서 본 연구에서 이소플라본이 골질량 변화율과 유의적인 음의 상관관계를 나타낸 것은 사춘기의 경우 에스트로겐이 증가하는 시기이기 때문에 이소플라본이 항에스트로겐의 작용을 나타낸 때문인 것으로 사료된다.

(2) 회귀분석

골질량 변화율에 영향을 미치는 영양소를 선택하기 위하

Table 3. Pearson correlation coefficients between % change of BMC, baseline and changes of body composition and mean nutrient intakes during the study period (N = 230)

Baseline measurement	
Age (months)	-0.1160†
Body mass index (kg/m ²)	0.0460
Height (cm)	-0.0172
Weight (kg)	0.0254
Percent body fat (%)	0.1433*
Lean mass (kg)	-0.0623
Fat mass (kg)	0.1002
Mineral mass (kg)	-0.0465
Bone mineral content (g)	-0.3527*
% Change during the study period	
Body mass index	0.0419
Height	0.1488
Weight	0.1114
Percent body fat	-0.1650
Lean mass	0.2670*
Fat mass	-0.1151
Mineral mass	0.2607*
Mean nutrient intake during the study period	
Vit. C (mg/day)	0.1430*
Vit. B ₆ (mg/day)	0.1443*
Isoflavone (mg/day)	-0.1307*

†: 0.05 < p < 0.1, *: p < 0.05

여 1차 조사 시 신체 계측 요인, 조사 기간 동안 신체 계측 요인들의 변화율과 총 영양소 섭취량 평균에 대하여 단계적 회귀 분석을 실시하였다 (Table 4). 분석 결과 1차 조사 시 신체 계측 요인 중에서는 골질량, 체중, BMI, 연령이 선택 되었으며, 신체 계측 요인 변화율 중에서는 무기질량 변화율이 선택 되었다. 식이 요인에서는 이소플라본, 비타민 B₆, 단백질, 카로틴과 엽산이 선택되었다 ($R^2 = 0.38$, $F = 32.39$, $p < .0001$). 위의 선택된 요인들 중에서 1차 조사 시 체중과 무기질량 변화율, 비타민 B₆은 골질량 변화율과 양의 관계를 갖는 것으로 선택되었으며, 1차 조사 시 골질량, BMI, 연령과 식이 중 이소플라본, 단백질, 카로틴, 엽산의 평균값은 음의 관계를 갖는 것으로 선택되었다.

위의 결과는 17~34세 여성에게서 칼슘과 철분이 골밀도와 유의적인 양의 상관관계를 보인 연구 결과와²⁰⁾ 한국 여성들의 골격 건강 상태에 따른 영양소 섭취량을 보았을 때 에너지, 단백질, 지방, 탄수화물, 칼슘, 인, 철, 비타민 A, 비타민 B₁, 비타민 B₂, 나이아신, 비타민 C가 골격 건강 상태에 긍정적인 영향을 미치며, 그 영향은 연령군 간에 차이를 보여 청소년보다는 아동과 노인이 영양소 섭취 상태에 더 많은 영향을 받는 것으로 나타난 연구결과⁴⁾와 부분적으로 일치하는 결과이다. 골질량 형성에 포함되는 대학 신입생의 골밀도에 영향을 미치는 신체 계측 및 영양적 요인을 밝혀 내지 못한 경우도 있으나³⁴⁾ 대부분의 연구에서 최대 골밀도에 이르기 위하여 칼슘과 인의 균형 개선 및 식염의 섭취 절제를 제시하고 있었으며³⁵⁾ 채소와 과일의 높은 섭취가 성장기 어린이들의 골질량 상태에 긍정적인 영향을 준다는 연

Table 4. Stepwise Regression of % BMC change with baseline and change of body composition and mean nutrient intakes during the study period (N = 230)

Variable entered	Parameter estimate	Standard error	Model R-Square	F value	Pr > F
BMC (g) ¹⁾	-73.77	8.834	0.124	32.39	<.0001
Weight (kg) ¹⁾	5.406	0.892	0.197	20.56	<.0001
Mineral mass change (%) ²⁾	1.154	0.241	0.252	16.72	<.0001
Body Mass Index (kg/m ²) ¹⁾	-8.831	2.092	0.291	12.24	0.001
Age (months) ¹⁾	-0.733	0.370	0.308	5.56	0.019
Isoflavone (mg/day) ³⁾	-0.895	0.481	0.320	4.01	0.047
Vit. B ₆ (mg/day) ³⁾	42.96	11.55	0.336	5.07	0.025
Protein (g/day) ³⁾	-0.690	0.443	0.359	8.02	0.005
Carotene (μg/day) ³⁾	-0.009	0.004	0.368	3.06	0.082
Water (%/day) ³⁾	0.042	0.024	0.374	2.27	0.133
Zinc (μg/day) ³⁾	-4.852	3.140	0.381	2.39	0.124

1) Baseline characteristics

2) Change during the study period of 22 months

3) Mean nutrient intakes during the study period

구³⁶⁾ 결과도 있었다. 위 결과들에 의거하여 성장기에 있는 어린이들의 영양 섭취와 골질량의 높은 상관관계를 가늠할 수 있었다. 폐경 전 성인 여성의 경우 영양소 중 칼슘의 섭취량이 높은 군이 골밀도와 골무기질 함량이 높다는 연구 결과가 많았으며^{6,10,12,20)} 성장기 여자 어린이들의 경우에도 칼슘 보충제 등에 의한 칼슘의 섭취가 골질량의 유의적인 상승효과를 나타낸 연구 결과가 보고된 바 있다.^{11,18,37-39)} 그러나 본 연구에서는 칼슘과 골질량 사이의 유의한 결과는 얻지 못하였다.

골질량에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위한 선행 연구들 중 골밀도와 운동과 관련하여 청소년기의 운동 형태가 골밀도에 영향을 미치며 특히 체중 부하 운동은 골에 부하를 주고 골단의 자극을 통해서 골밀도를 더욱 높일 수 있으며^{8,9,40)} 운동이 생애 초기의 골량을 최대화하여 가령에 따른 빠른 골감소를 막아 골량을 유지할 수 있다는 연구들이 있다.⁴¹⁾ 본 연구에서는 골질량 변화에 영향을 줄 수 있는 대상자들의 운동 형태에 관한 조사가 병행되지 못하여 회귀 분석 결과 R² 값이 낮게 나타났을 것으로 사료되며 추후 연구에서는 이 부분의 조사가 병행된 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다.

요약 및 결론

본 연구에서는 골질량의 변화에 영향을 미치는 요인들을 알아보기 위하여 골형성기에 있는 성장기 초등학교 여학생을 대상으로 하여 여학생들의 골질량이 어떻게 변화하는지 살펴보고, 신체 계측과 식사 섭취를 조사하여 이들이 골질량 변화에 미치는 영향을 종합적으로 분석하였다. 대상자는 서울 소재 초등학교 여학생 230명을 대상으로 총 22개월에 걸쳐서 4번의 조사를 실시하였으며, 조사 시 골질량과 신체 계측, 식사 기록법을 이용한 식사 섭취 조사 자료를 수집하였다. 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 연구 시작 시 대상자들의 평균 연령은 10.24세 (122.89개월)이었고, 골질량은 1.48 g, 체지방률은 22.46%로 측정되었다. 골질량은 1.48, 1.55, 1.61, 1.66 (g)으로 점차 증가하는 경향을 보였으며, 골밀도 절대치는 0.44, 0.44, 0.47, 0.46 (g/cm³)으로 4차 조사에서 약간 감소하였다.

2) 1차 조사 시 신체 계측 요인들과의 상관 분석 결과 골질량 변화율과 유의한 음의 상관관계를 나타내는 것은 연령 ($r = -0.1160, p < 0.1$)과 골질량 ($r = -0.3527, p < 0.05$)이었으며 체지방률 ($r = 0.1433, p < 0.05$)은 골질량 변화율과 유의한 양의 상관관계를 나타냈다.

3) 골질량 변화율과 1차 조사와 4차 조사의 신체 계측 요

인들의 변화율과의 상관 분석 결과 체지방률 변화율 ($r = 0.2670, p < 0.05$)과 무기질량 변화율 ($r = 0.2607, p < 0.05$)이 골질량 변화율과 유의한 양의 상관관계를 나타냈다.

4) 골질량 변화율과 조사 기간 중 총 영양소 섭취량 평균의 상관관계를 살펴 본 결과 비타민 C ($r = 0.1430, p < 0.05$)와 비타민 B₆ ($r = 0.1443, p < 0.05$)는 골질량 변화율과 유의한 양의 상관관계를 보였으며, 이소플라본 ($r = -0.1307, p < 0.05$)은 골질량 변화율과 유의한 음의 상관관계를 보였다.

5) 영양상태 평가 결과 전체 대상자의 1일 평균 에너지 섭취량은 1606 kcal로 한국인 영양섭취기준에서 9~11세 여자 어린이들의 1일 에너지 필요 추정량으로 제시한 1,700 kcal보다 낮은 경향을 보였고 칼슘과 칼륨, 엽산의 섭취량도 기준보다 낮은 섭취를 보였다. 그러나 비타민 B₆, 비타민 C, 철분은 한국인 영양섭취기준에서 제시하는 평균 필요량보다 높게 섭취하였다.

6) 에너지에 기여하는 3대 영양소 탄수화물 : 단백질 : 지방의 비율은 조사 시기별로 1차 조사는 58.2 : 15.2 : 26.6, 2차 조사는 56.2 : 15.8 : 27.7, 3차 조사는 58.3 : 15.7 : 25.8, 4차 조사는 56.5 : 15.2 : 28.3의 비율을 보였으며 조사 기간 중 총 영양소 섭취량 평균에서의 3대 영양소 비율은 57.0 : 15.4 : 27.3으로 2005년 한국인 영양섭취기준에서 제시한 3~19세의 55~70 : 7~20 : 15~30의 범위를 모두 만족하고 있었다.

7) 골질량 변화율에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위하여 단계적 회귀분석을 실시한 결과 1차 조사 시의 골질량, 체중, BMI, 연령과 무기질량의 % 변화율이 신체 계측 요인 중에서 선택되었으며, 식이 요인에서는 조사 기간 중 총 영양소 섭취량 평균 중에서 이소플라본, 비타민 B₆, 단백질, 카로틴, 아연이 선택되었다 ($R^2 = 0.38, F = 32.39, p < .0001$).

이상의 결과에서 정상 범위의 영양섭취를 하고 있는 사춘기 초기 여자 어린이의 골질량에 영향을 미치는 요인들에 변화율 중에서는 체지방률 변화율과 무기질량 변화율이 골질량 변화와 긍정적인 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 또한 식이 요인 중에서는, 비타민 C, 비타민 B₆, 이소플라본이 골질량 변화율과 상관성을 갖는 것으로 나타났다. 따라서 성장기에 있는 어린이들의 골질량을 높이기 위해서는 수용성 비타민의 충분한 섭취와 더불어 모든 영양소의 적정 섭취를 통하여 신장 및 체중의 발달을 장려하여 최대 골질량을 높여 골다공증 예방의 밑거름이 되도록 해야 할 것이다.

본 연구의 결과를 토대로 성장기 어린이들에게 올바른 식이 교육을 실시한다면 추후 발생할 수 있는 골다공증 예방에 유용한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

Literature cited

- 1) Rowe SM. An epidemiological study of hip fracture: a comparison between 1991 and 2001. *Korean J Bone Metab* 10: 109, 2003
- 2) Cho NH. The hip fracture incidence in Korea: utilization of the 1995 National Universal health insurance system. *Korean J Bone Metab* 6: 104, 1999
- 3) Jeong GH, Yang SO, Lee KO, Pye OJ, Lee KR, Baik SH, Kim KW. Bone mineral density, health-promoting behaviors and self-efficacy in middle-aged women. *Korean J Women Health Nurs* 9(2): 170-178, 2003
- 4) Park YJ, Koo BS, Kang HC, Chun SH, Yoon JW. The menopausal age and climacteric symptoms and the related factors of Korean women. *Korean J Women Health Nurs* 7(4): 473-485, 2001
- 5) Korean statistical information system. Population statistics. Korea National Statistical Office, 2005
- 6) Choi MJ. Effects of nutrient intake and exercise on bone mineral density and bone mineral density in premenopausal women. *Korean J Nutrition* 35(4): 473-479, 2002
- 7) Jones G, Nguyen TV. Associations between maternal peak bone mass and bone mass in prepubertal male and female children. *J Bone Miner Res* 15(10): 1998-2004, 2000
- 8) Woo CH. Effects of exercise types on bone mineral density and metabolism in youth. Kookmin University, 2000
- 9) Lee HJ. The relationship of exercise to bone mineral density of Korean Women in Taegu. *Korean J Nutrition* 29(7): 806-820, 1996
- 10) Choi MJ, Jung JU. The relationship between food habit, nutrient intakes and bone mineral density and bone mineral content in adult women. *Korean J Nutrition* 31(9): 1446-1456, 1998
- 11) Barr SI, Petit MA, Vigna YM, Prior JC. Eating attitudes and habitual calcium intake in peripubertal girls are associated with initial bone mineral content and its change over 2 years. *J Bone Miner Res* 16(5): 940-947, 2001
- 12) Lee HJ, Lee IK. Bone mineral density of Korean mother-daughter pairs: relations to anthropometric measurement, body composition, bone markers, nutrient intakes and energy expenditure. *Korean J Nutrition* 29(9): 991-1002, 1996
- 13) Song YJ, Paik HY. Effect of dietary, biochemical and other factors on bone mineral density change for 2 years in Korean college women. *Korean J Nutrition* 36(2): 175-182, 2003
- 14) Yu CH, Lee JS, Lee L, Kim SH, Lee SS, Jung IK. Nutritional factors related to bone mineral density in the different age groups of Korean women. *Korean J Nutrition* 35(7): 779-790, 2002
- 15) Lee HJ, Choi MJ, Lee IK. The effect of anthropometric measurement and body composition on bone mineral density of Korean women in Taegu. *Korean J Nutrition* 29(7): 778-787, 1996
- 16) 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* 13(10): 1602-1612, 1998
- 17) 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 Nutrition* 38(3): 242-250, 2005
- 18) Specker B, Binkley T. Randomized trial of physical activity and calcium supplementation on bone mineral content in 3- to 5-year-old children. *J Bone Miner Res* 18(5): 885-892, 2003
- 19) Ministry of education and human resources development. A physical examination of elementary and middle school students, 2004
- 20) Lee HJ, Choi MJ. The effect of nutrient intake and energy expenditure on bone mineral density of Korean women in Taegu. *Korean J Nutrition* 29(6): 622-633, 1996
- 21) Dietary reference intakes for Koreans. The Korean nutrition society, 2005
- 22) Fiorito LM, Mitchell DC, Smiciklas-Wright H, Birch LL. Girls' calcium intake is associated with bone mineral content during middle childhood. *J Nutr* 136: 1281-1286, 2006
- 23) Hakulinen MA, Saarakkala S, Toyras J, Kroger H, Jurvelin JS. Dual energy x-ray laser measurement of calcaneal bone mineral density. *Phys Med Biol* 48: 1741-1752, 2003
- 24) Han SM, Davis J. A comparison between the patella and the calcaneus using ultrasound velocity and attenuation as predictors of bone mineral density. *Phys Med Biol* 42: 1947-1955, 1997
- 25) Ro HK, Ahn BS, Shin JK. Significance of bone mineral density measurement in various site of bone. *Chungnam Medical Journal* 22(2): 319-324, 1995
- 26) Park HM, Song MS, Heo M. A comparative study of whole body BMD with regional BMD in diagnosis of osteoporosis. *The Korean Society of Menopauses* 9(1): 25-35, 2003
- 27) Kleerekoper M, Nelson DA. Which bone density measurement? *J Bone Miner Res* 12(5): 712-714, 1997
- 28) Lee DS, Byun SY. Effects of the dietary mixture of isoflavone on osteoporosis. *Korean J Biotechnol Bioeng* 16(4): 420-425, 2001
- 29) Choi MJ, Chae JH. The effect of isoflavone supplementation on bone mineral density and bone mineral content in growing male rats. *Korean J Nutrition* 38(5): 373-379, 2005
- 30) Sung CJ, Kim SY, Kim MH, Kim EY. The effect of isoflavone supplementation by soymilk on bone mineral density in underweight college women. *Korean J Nutrition* 36(5): 470-475, 2003
- 31) Baek SJ, Sung CH. A study of isoflavone supplementation effect on bone mineral density and bone metabolism markers in female college students with low bone mass. *Korean J Nutrition* 36(2): 154-166, 2003
- 32) Nakai M, Black M, Jeffery EH, Bahr JM. Dietary soy protein and isoflavones: no effect on the reproductive tract and minimal positive effect on bone resorption in the intact female Fischer 344 rat. *Food and Chemical Toxicology* 43: 945-949, 2005
- 33) Anderson JJB, Chen X, Boass A, Symons M, Kohlmeier M, Renner JB, Garner SC. Soy isoflavones: No effects on bone mineral contents and bone mineral density in healthy, menstruating young adult women after one year. *J Am College of Nutrition* 21(5): 388-393, 2002
- 34) Chung NY, Choi SN. Bone density and related factors of University students in the Seoul area. *Korean J Food Cookery Sci* 20(5): 468-479, 2004
- 35) Kim JM. An analysis of related factors and nutrients intake affecting bone mineral density of college women in Daegu area. *J Korean Dietetic Assoc* 11(1): 86-94, 2005
- 36) Prynne CJ, Mishra GD, O'Connell MA, Muniz G, Laskey MA,

- Yan L, Prentice A, Ginty, F. Fruit and vegetable intakes and bone mineral status: a cross-sectional study in 5 age and sex cohorts. *Am J Clin Nutr* 83: 1420-1428, 2006
- 37) Landin-Wilhelmsen K, Nilsson A, Bosaeus I, Bengtsson BA. Growth hormone increases bone mineral content in postmenopausal osteoporosis: A randomized placebo-controlled trial. *J Bone Miner Res* 18 (3): 393-405, 2003
- 38) Specker BL, Johannse N, Binkley T, Finn K. Total body bone mineral content and tibial cortical bone measures in preschool children. *J Bone Miner Res* 16 (12): 2298-2305, 2001
- 39) Specker BL, Mulligan L, Ho M. Longitudinal study of calcium intake, physical activity, and bone mineral content in infants 6-18 months of age. *J Bone Miner Res* 14 (4): 156-176, 1999
- 40) Kim JS, Kim MH, Shin JS. Effects of weight-bearing exercise on bone metabolism in college women. *J Korean Acad Nurs* 34 (5): 760-770, 2004
- 41) Stewart KJ, Bacher AC, Kess PS, Tayback M, Ouyang P, de Beur SJ. Exercise effects on bone mineral density: relationships to changes in fitness and fatness. *Am J Prev Med* 28 (5): 453-460, 2005
- 42) Jones L, Taylor RW, Williams SM, Manning PJ, Goulding A. Four-year gain in bone mineral in girls with and without past forearm fractures: a DXA study. *J Bone Miner Res* 17 (6): 1065-1072, 2002
- 43) Mora S, Pitukcheewanont P, Kaufman FR, Nelson JC, Gilsanz V. Biochemical markers of bone turnover and the volume and the density of bone in children at different stages of sexual development. *J Bone Miner Res* 14 (10): 1664-1671, 1999
- 44) Yu CH, Lee YS, Lee JS. Some factors affecting bone density of Korean college women. *Korean J Nutrition* 31 (1): 36-45, 1998
- 45) Schoenau E, Neu C, Beck B, Manz F, Rauch F. Bone mineral content per muscle cross-sectional area as an index of the functional muscle-bone unit. *J Bone Miner Res* 17 (6): 1095-1101, 2002
- 46) Ellis EJ, Shypailo RJ, Hardin DS, Perez MD, Motil KJ, Wong WW, Abrams SA. Z score prediction model for assessment of bone mineral content in pediatric diseases. *J Bone Miner Res* 16 (9): 1658-1664, 2001
- 47) Burnham JM, Shults J, Semeao E, Foster B, Zemel BS, Stallings VA, Leonard MB. Whole body BMC in pediatric crohn disease: independent effects of altered growth, maturation, and body composition. *J Bone Miner Res* 19 (12): 1961-1968, 2004
- 48) Mackelvie KJ, Khan KM, Petit MA, Janssen PA, McKay HA. A school-based exercise intervention elicits substantial bone health benefits: a 2-year randomized controlled trial in girls. *J Pediatr* 112: 447-452, 2003
- 49) Henderson RC, Kairalla JA, Barrington JW, Abbas A, Stevenson RD. Longitudinal changes in bone density in children and adolescents with moderate to severe cerebral palsy. *J Pediatr* 146: 769-775, 2005
- 50) Acar B, Uslu T, Topuz A, Osma E, Ercal T, Posaci C, Erata Y, Mumcu A. Relation between bone mineral content and clinical, hormonal and biochemical parameters in postmenopausal women. *Arch Gynecol Obstet* 261: 121-128, 1998
- 51) Park JN, Kim KH, Lee SS. A study of factors affecting bone mineral density in children: anthropometric measurements, socioeconomic factors, family history, and other environmental factors. *Korean J Nutrition* 37 (1): 52-60, 2004
- 52) Lee HJ, Lee IK. Bone mineral density of Korean mother-daughter pairs: relations to anthropometric measurement, body composition, bone markers, nutrient intakes and energy expenditure. *Korean J Nutrition* 29 (9): 991-1002, 1996
- 53) Horlick M, Thornton J, Wang J, Levine LS, Fedun B, Pierson RN. Bone mineral in prepubertal children: gender and ethnicity. *J Bone Miner Res* 15 (7): 1393-1397, 2000
- 54) Goulding A, Canna R, Williams SM, Gold EJ, Taylor RW, Lewis-barned NJ. Bone mineral density in girls with forearm fractures. *J Bone Miner Res* 13 (1): 143-148, 1998