

성장기 아동의 골밀도에 영향을 주는 요인에 관한 연구: 신체계측치, 사회경제적 요인, 가족력 및 기타 환경요인*

박정난 · 김경희 · 이상선[§]

한양대학교 식품영양학과

A Study of Factors Affecting Bone Mineral Density in Children: Anthropometric Measurements, Socioeconomic Factors, Family History, and Other Environmental Factors*

Park, Jungnan · Kim, Kyunghee · Lee, Sangsun[§]

Department of Food & Nutrition, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the bone mineral density (BMD) and the anthropometric measurements, socioeconomic factors, family history of osteoporosis and other environmental factors affecting BMD in children. One hundred sixty children (80 males, 80 females) in second grade of elementary school in Seoul were recruited; the mean age was 7.7 ± 0.47 years. Bone mineral density was measured in the lumbar spine (LS), femoral neck (FN), femoral trochanter (FT), and Ward's triangle (WT) by Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA). Socioeconomic factors, family history of osteoporosis, and other environmental factors were assessed by questionnaire. Bone mineral densities of LS, FN, FT, and WT were 0.677, 0.637, 0.618, and 0.658 g/cm². BMD of boys was higher than that of girls (LS: 0.685 vs. 0.669, FN: 0.660 vs. 0.614, FT: 0.632 vs. 0.604, WT: 0.678 vs. 0.639 g/cm²). Anthropometric measurements (height, weight, relative body weight, circumference of waist and hip) were positively correlated with BMD. With increasing family income, BMD of LS was significantly lowered, and negative correlation was observed between mother's age at birth of subject and the BMD of FN. And the BMD of children with a family history of osteoporosis was significantly lower. However BMDs were not different by educational level of parents, family pattern, delivery term, birth weight, and type of feeding. Further studies are needed to clarify the factors affecting BMD of children and earlier age, included infants and even prenatal life. If any association is revealed and persist until the attainment of peak bone mass, osteoporosis prevention programs are needed to be start very early in the life cycle. (*Korean J Nutrition* 37(1): 52~60, 2004)

KEY WORDS : bone mineral density (BMD), children, anthropometric measurements, socioeconomic factor, family history, osteoporosis, environmental factor.

서론

최근 들어 우리나라에서 골다공증은 국민건강상 중요한 질병으로 대두되고 있으며 국민 총 의료비 증가에도 상당 부분을 차지하기에 이르렀다. 골다공증은 침묵의 병 (silent disease)이라고도 일컬어지며, 감소된 골밀도 (bone mineral density, BMD)와 골조직의 미세구조 변화로 인해

경미한 충격에도 쉽게 골절이 일어나게 되는 질병이다.¹⁾ 이러한 골다공증으로 인한 골절은 폐경기 여성이나 노년기에 있어서 치명적인 건강문제를 초래할 수도 있다.^{2,3)} 골밀도는 유년기와 청소년기를 통해 최대골질량 (peak bone mass)에 이르게 되며, 이 때의 최대골질량은 폐경기 여성과 노년기의 골다공증 유발을 결정하는데 있어서 중요한 역할을 하게 된다.^{4,5)} 따라서 유년기와 청소년기의 최대골질량 형성을 증가시켜주는 것이 골다공증과 골다공증 관련 골절을 예방하는데 최선책이라 할 수 있다.

성장기 골밀도에 영향을 미치는 요인으로 보고된 것은 신체계측치, 연령, 성별, 인종, 호르몬, 유전, 활동량, 식이인 등을 들 수 있다. 신장, 체중 등의 신체계측치는 골밀도

접수일 : 2003년 10월 1일

채택일 : 2004년 1월 15일

*This research was supported by grants from Ministry of Health and Welfare (HMP-98-F-4-0011).

[§]To whom correspondence should be addressed.

와 유의적인 양의 상관관계를 보이는데, 그 중 체중과의 관련성이 가장 높았다.⁶⁻⁸⁾ 연령증가에 의해 골밀도는 감소되며, 동일연령에서 칼슘섭취가 같을 때 남성이 여성보다 골밀도가 높았고, 흑인이 백인보다 골밀도가 높으며, 성인의 경우 한국인이 백인보다 골밀도가 낮게 나타났다.⁹⁾ 체내 칼슘 항상성 유지에 관여하는 부갑상선호르몬 (parathyroid hormone), calcitonin, 1,25-dihydroxy vitamin D, estrogen의 농도와 그의 활성도가 연령 증가에 따라 변화하여 골밀도에 영향을 줄 수 있다고 하였으며,¹⁰⁾ 유전적 요인에 대한 연구에서는 아동과 부모간 또는 가족간 골밀도가 유의한 상관관계를 보였다.¹¹⁾ 사춘기와 성인기 초기의 신체적 활동과 식이요인, 특히 칼슘 섭취량도 최대 골밀도를 증가시킨다고 보고되어지고 있다.^{12,13)}

이처럼 지금까지 많은 연구들에서 골밀도와 관련된 요인들이 제시되고 있지만 성인 골밀도의 상당부분이 14세 이전에 도달됨에도 불구하고 실제 이 시기에 대한 유전적, 기타 환경적 인자에 대해서는 알려지지 않고 있다.¹⁴⁾ 그러나 이러한 연구들은 대부분 서양에서 이루어졌을 뿐이며, 한국인의 경우에서도 골밀도와 관련된 인자를 밝히기 위해 주로 폐경기 여성을 대상으로 한 연구¹⁵⁻¹⁷⁾와 성인기 여성,¹⁸⁻²²⁾ 여대생^{23,24)}에 대한 연구가 주를 이루고 있으며 각 연령별 연구를 시행한 경우라 하여도 대상은 여성에 한정되었다.^{25,26)} 반면 성장속도가 빠른 유년기 및 청소년에 관한 연구와 남녀 모두를 대상으로 한 골밀도에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다.²⁷⁾

최근에는 Barker에 의해 인생초기 (early life)와 유아기 (乳兒期)에 노출되는 요인들이 비만, 고혈압, 허혈성 심장 질환과 당불내증과 같은 성인병의 위험도에 기여할 것이라는 가설이 제기되고 있다.²⁸⁾ 아직까지 확실한 기전에 대해서는 알려지지 않았지만 영국의 한 연구에서는 이러한 가설을 골격성장에 적용하여 생후 1년시의 체중으로 최대 골질량을 예측할 수 있으며,²⁹⁾ 노년기에서의 골질량까지도 예측할 수 있다고 했으며, 골격성장은 태내 또는 출생직후, 특히 자궁내에서의 식이와 출생후 초기 식이에 의해 미리 프로그래밍되는 것이라는 추론도 나왔다.³⁰⁾ 아직까지 모체의 임신시 식이와 자녀의 골밀도에 관한 연구는 매우 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 유년기의 남녀아동을 대상으로 골밀도에 영향을 줄 수 있는 신체계측치, 사회경제적 요인, 골다공증 가족력 및 기타 환경적 요인들에 따른 골밀도에 대해 분석하여, 골다공증 예방책 마련을 위한 기초 자료를 제시하고자 하였다.

연구방법

1. 조사대상

조사대상은 서울시내 2개 초등학교 2학년 학생으로, 남학생 80명 (7.7 ± 0.48세), 여학생 80명 (7.7 ± 0.46세), 총 160명 (7.7 ± 0.47세)이었다. 보호자의 도움으로 설문조사를 하였고, 보호자 동의하에 신체 계측 및 골밀도 측정을 하였다. 이들 모두는 질병력 조사와 골밀도 검사에서 특기할 만한 이상 없이 건강하였다.

2. 설문조사

대상자의 성별, 생년월일, 가족수, 질병력 및 가족력과 사회경제적 지표에 관한 사항으로 대상자 부모의 소득, 학력을 조사하였으며, 골다공증 가족력은 조사대상자의 부모, 친가와 외가의 조부모 및 부모의 형제들을 대상으로 하였다. 그리고 대상자의 가족형태, 대상자 출산시 어머니 연령 및 임신기간, 대상자 출생시 체중, 수유방법 등을 조사하였다.

3. 신체계측

신장, 체중, 허리둘레, 엉덩이 둘레는 골밀도 측정시 숙련된 조사자가 직접 측정하였으며 RBW (relative body weight)는 한국소아과학회에서 제시한 한국소아 신체발육 표준치를 이용하여 구하였다.

4. 골밀도 측정

골밀도는 이중에너지 방사선 골밀도 측정기 (Dual energy X-ray absorptiometry, DEXA: DPX ProTM, GE, USA)를 이용하여 체중이 실리는 부위인 요추 (Lumbar spine, LS)와 대퇴골의 세 부위인 대퇴경부 (Femoral neck, FN), 와드삼각부 (Ward's triangle, WT), 대퇴전자부 (Femoral trochanter, FT)에서 측정하였다. 요추 골밀도는 전후면 투영 (Anteroposterior projection, AP)으로 측정하였고, 요추 골밀도 (LS)로 표현되는 수치는 제 2 요추 (L2)에서 제 4 요추 (L4)까지의 골밀도 평균수치를 사용하였으며 대퇴부 골밀도는 대퇴경부의 골밀도 (FN)를 사용하였다.

5. 자료처리 및 통계분석

본 연구의 모든 자료는 SPSS package (version 11.0)를 이용하여 분석하였다. 성별간의 골밀도 차이는 Student's t-test로 비교하였고, 조사 항목에 따른 골밀도를 비교하기 위하여 일원분산분석 (one-way ANOVA)과 Tukey's test를 이용하였으며, 골밀도에 미치는 주요 요인을 파악하기 위해서 다중회귀분석 (multiple regression)을 시행하였다.

Table 1. Anthropometric measurements of subjects

	Total	Boys	Girls	p-value
Height (cm)	127.8 ± 5.8 ¹⁾	128.4 ± 5.8	127.1 ± 5.8	0.181
Weight (kg)	28.4 ± 6.1	29.5 ± 6.7	27.2 ± 5.3	0.020*
Waist (cm)	59.3 ± 7.3	60.5 ± 7.9	58.1 ± 6.4	0.040*
Hip (cm)	69.4 ± 6.9	70.0 ± 7.6	68.8 ± 6.1	0.306
RBW ²⁾	110.8 ± 17.0	111.8 ± 18.9	109.7 ± 14.9	0.446

1) Mean ± SD

2) RBW (relative body weight) = (current weight/ideal body weight) × 100

*: p < 0.05 significantly different between sex by Student's t-test

결과 및 고찰

1. 신체계측치

조사대상자의 신장은 127.8 cm, 체중은 28.4 kg으로 제 7 차 개정 한국인영양권장량³¹⁾에서 제시한 연령별 체위기 준치에서 제시된 만 7~9세의 신장 127 cm, 체중 27.0 kg 보다 조금 높게 나타난 편이었다. 성별간 비교에서 체중, 허리둘레가 여학생보다 남학생의 경우 모두 유의적으로 높게 나타났다 (Table 1).

2. 사회경제적 요인, 골다공증 가족력 및 기타 요인

조사 대상자의 사회경제적 요인, 골다공증 가족력, 가족 형태, 출산시 어머니 연령, 대상자의 임신기간, 출생시 체중 및 대상자에 대한 수유방법에 대한 결과는 Table 2에 제시되었다.

조사 대상자 가구별 월평균소득은 255만원이었으며, 200만원 이상인 경우가 전체의 78.7%이었다. 이는 전국의 월평균 총 수입이 129만원, 대도시가 146만원이었던 것과 분포상 전국적으로 200만원 이상인 가구가 20%였다는 결과와 비교해 볼 때 이 연구 대상자 집단은 평균 소득과 200만원 이상 가구의 분포로 보아 소득이 높은 편에 해당된다.³²⁾ 아버지 학력은 고졸이하가 33.1%이고, 대졸 이상이 66.9%였고, 어머니는 고졸 이하가 49.4%, 대졸 이상이 50.6%로 아버지의 학력이 어머니보다 더 높은 것으로 나타났다.

조사대상자의 부모, 친가와 외가의 조부모 및 부모의 형제들을 대상으로 조사한 골다공증 가족력에 대한 결과에서는 전체의 18.1%가 골다공증의 가족력을 갖는 것으로 조사되었으며, 대상자의 가족 형태는 핵가족인 경우가 전체의 82.3%로 나타났다.

3. 골밀도

조사 대상자의 요추 골밀도는 L2 부위가 0.665 g/cm², L3 부위가 0.687 g/cm², L4 부위가 0.679 g/cm²이고, 이 세부위의 평균치인 L24는 0.677 g/cm²이었다. 대퇴골의

Table 2. General characteristics of subjects (Unit: number (%))

Characteristics	Total	Boys	Girls
Income (10,000 won/month)			
< 200	34 (21.3)	15 (18.8)	19 (23.8)
200 ~ < 300	79 (49.4)	46 (57.5)	33 (41.2)
≥ 300	47 (29.3)	19 (23.7)	28 (35.0)
Father's education level			
≤ 12 year	52 (33.1)	29 (36.7)	23 (29.5)
> 12 year	105 (66.9)	50 (63.3)	55 (70.5)
Mother's education level			
≤ 12 year	78 (49.4)	43 (54.4)	35 (44.3)
> 12 year	80 (50.6)	36 (45.6)	44 (55.7)
Family history of osteoporosis			
Yes	26 (18.1)	10 (12.5)	16 (22.5)
No	131 (81.9)	69 (86.3)	62 (77.5)
Family pattern			
Nuclear family	130 (82.3)	65 (81.3)	65 (80.0)
Extended family	28 (17.7)	13 (16.3)	15 (20.0)
Mother's delivery age			
21 ~ 25	23 (14.4)	12 (15.0)	11 (13.7)
26 ~ 29	86 (53.7)	45 (56.3)	41 (51.3)
≥ 30	51 (31.9)	23 (28.7)	28 (35.0)
Delivery term			
Preterm	8 (5.0)	4 (5.1)	4 (5.0)
Full-term	151 (95.0)	75 (94.9)	76 (95.0)
Birth weight			
< 3.0 kg	29 (18.5)	12 (15.2)	17 (21.3)
3.0 ~ < 3.5 kg	81 (51.6)	40 (50.6)	41 (52.6)
≥ 3.5 kg	47 (29.9)	27 (34.2)	20 (25.6)
Type of feeding			
Breast feeding	36 (22.5)	18 (22.5)	18 (22.5)
Breast & formula feeding	60 (37.5)	34 (42.5)	26 (32.5)
Formula feeding	63 (39.4)	28 (35.0)	35 (43.8)

평균 골밀도는 대퇴경부 (FN) 0.637 g/cm², 대퇴전자부 (FT) 0.618 g/cm², 와드삼각부 (WT) 0.658 g/cm²로 나타났다 (Table 3). 모든 부위의 골밀도는 남학생이 여학생보다 높게 나타났고, 특히 요추의 L2부위와 대퇴경부, 대퇴전자부에서는 남학생의 골밀도가 여학생의 골밀도보다 유의하게 높은 것으로 나타났다. 아직 성별차이가 나타나기에는 시기적으로 빠른 7~8세 어린이인데도 남자 어린이의 골밀도가 여자 어린이보다 높은 것은 이 시기 어린이들의 신체활동량이 남자가 여자보다 높기 때문으로 생각된다.

DEXA를 이용하여 성장기 아동의 골밀도를 측정한 연구 결과, 우리 나라 7~16세 여성 83명의 요추 골밀도는 0.92 g/cm²로 나타났는데,²⁷⁾ 이는 연령의 범위가 성장기와 사춘기가 함께 포함되어 있어 본 연구와 비교하기에는 적당하지

Table 3. Bone mineral density of subjects

	Total	Boys	Girls	p-value
(Unit: g/cm ³)				
Lumbar spine				
L2	0.665 ± 0.080 ¹⁾ (0.466 ~ 0.953)	0.678 ± 0.075 (0.466 ~ 0.953)	0.652 ± 0.083 (0.500 ~ 0.909)	0.040*
L3	0.687 ± 0.078 (0.498 ~ 0.961)	0.693 ± 0.071 (0.540 ~ 0.961)	0.680 ± 0.083 (0.498 ~ 0.891)	0.289
L4	0.679 ± 0.087 (0.388 ~ 0.993)	0.685 ± 0.082 (0.494 ~ 0.993)	0.672 ± 0.093 (0.388 ~ 0.858)	0.347
L24 ²⁾	0.677 ± 0.078 (0.456 ~ 0.970)	0.685 ± 0.072 (0.545 ~ 0.970)	0.669 ± 0.084 (0.459 ~ 0.883)	0.185
Femur				
Neck	0.637 ± 0.142 (0.205 ~ 0.991)	0.660 ± 0.148 (0.248 ~ 0.991)	0.614 ± 0.133 (0.205 ~ 0.884)	0.041*
Trochanter	0.618 ± 0.086 (0.400 ~ 0.883)	0.632 ± 0.093 (0.400 ~ 0.883)	0.604 ± 0.076 (0.462 ~ 0.799)	0.036*
Ward's triangle	0.658 ± 0.135 (0.242 ~ 1.015)	0.678 ± 0.152 (0.242 ~ 1.015)	0.639 ± 0.114 (0.314 ~ 0.940)	0.072

1) mean ± SD

2) L24 = (L2 + L3 + L4) / 3

*: p < 0.05 significantly different between sex by Student's t-test

않다고 본다. 국외 연구들을 보면 7~9세의 백인 남아의 요추 골밀도는 평균 0.704 g/cm²이었고, 여아 25명의 골밀도는 0.727 g/cm²이었으며,³³⁾ 8~10세의 백인 여아 100명의 골밀도는 요추 0.763, 대퇴경부 0.770, 대퇴전자부 0.666, 전체 0.889 g/cm²였다.³⁴⁾ 또한 1~15세의 건강한 백인 아동 135명의 골밀도를 측정 한 결과 1세 0.446, 10세 0.625 g/cm²로 나타났고, 15세에는 2세기 골밀도의 두 배가 되며, 동시에 성인의 골밀도보다 14% 정도 낮은 0.891 g/cm²이었다. 또한 이 연구에서는 여아의 골밀도가 12세에서만 남아보다 유의적으로 높게 나타났으며 (0.945 g/cm² vs. 0.666 g/cm²) 이는 이 시기가 여아의 성숙이 시작되는 나이이기 때문일 것이라고 하였다.⁶⁾ 핀란드의 6~19세 아동과 청소년 84명의 골밀도를 측정 한 연구에서는 요추 골밀도는 여학생이, 반면에 대퇴경부 골밀도는 남학생이 더 유의적으로 높아 본 연구와는 다른 결과를 나타냈다.³⁵⁾ 또한 4~16.9세 아동 53명의 골밀도를 측정 한 결과 남아는 1년에 0.047 g/cm², 여아는 1년에 0.039 g/cm²씩 증가했다는 보고도 있었다.³⁶⁾

4. 각 요인에 따른 골밀도

1) 신체계측치에 따른 골밀도

신장, 체중, 허리둘레, 엉덩이둘레, RBW는 전체 대상자의 요추 및 대퇴경부 골밀도와 유의적인 양의 상관관계를 나타냈으며 성별에 따라 상관성의 차이가 있었다. 그리고 요추 골밀도에서는 엉덩이 둘레, 체중, 신장 순으로, 대퇴경부 골밀도에서는 신장, 체중, 엉덩이 둘레 순으로 상관성이 높았으며 여학생의 경우 신체계측치와 골밀도와의 상관계수

Table 4. Correlation coefficients between anthropometric measurements and bone mineral density

	Lumbar spine			Femoral neck		
	Total	Boys	Girls	Total	Boys	Girls
Height	0.513**	0.475**	0.538**	0.407**	0.211	0.599**
Weight	0.524**	0.480**	0.573**	0.364**	0.265*	0.453**
Waist	0.440**	0.389**	0.486**	0.257**	0.176**	0.318**
Hip	0.549**	0.537**	0.573**	0.337**	0.314**	0.349**
RBW	0.322**	0.295**	0.356**	0.210**	0.253**	0.134

*: p < 0.05, **: p < 0.01

가 더 높게 나타났다. (Table 4).

일반적으로 체격이 클수록 골밀도도 높을 것으로 예상되지만, 골격의 성장 발달 과정시 여러 외적, 내적 요소가 관여하므로 골격의 외형적인 형태와 질적인 면이 반드시 일치하지는 않는다. 그러나 신체 측정과 골밀도와의 관계에 관한 연구는 단순한 신체 측정치만을 이용하여 골질량의 대체적인 평가를 하고, 골밀도가 낮거나 골다공증의 위험도가 높은 사람을 쉽게 예견할 수 있도록 하기 위하여 행해져 왔다.²⁷⁾

여러 연구에서 나이, 신장, 체중이 골밀도와 유의적인 양의 상관관계가 있었고^{6,37)} 최대골질량이 이루어지기 전인 성장기에서 요추 골밀도는 체중과, 대퇴경부 골밀도는 체중과 신장이 관련이 있는 것으로 나타났다.³⁶⁾ 이러한 결과는 척추의 석회화가 나이나 신장보다는 체중에 의한 하중 (loading bearing)과 관련이 깊다는 것을 보여준다.³⁸⁾ 즉 체중은 골격에 물리적인 힘을 가해줌으로써 골질량과의 관련성이 높은데, 특히, 척추는 골대사율이 높은 해면골 (trabecular bone)을 다량 함유하고 있으므로 더욱 상관성이 높게 나타

나는 것이다. 본 연구에서도 골밀도와 상관관계를 보이는 신체측치들이 대퇴경부보다는 요추부위와의 관계에서 더 높은 상관계수를 보였다.

2) 사회경제적인 요인에 따른 골밀도

대상자 가정의 사회경제적 수준에 따른 골밀도의 차이를 살펴본 결과 대상자 가정의 월평균 소득이 증가함에 따라 요추 골밀도는 유의적으로 감소하였으나 대퇴경부의 골밀도에서는 유의적인 결과를 얻을 수 없었다. 부모의 교육수준에 따른 골밀도의 차이는 요추와 대퇴경부 모두에서 유의적이지 않은 것으로 나타났다 (Table 5).

스페인에서의 연구에 의하면 사회경제적 수준이 다른 두 지역의 거주자들의 골밀도를 조사한 결과 도시지역에 사는 사람들의 경우가 사회경제적 수준이 낮은 교외 거주자 보다 골밀도가 높았다.³⁹⁾ 사회경제적 수준이 낮은 취학 전 아동의 식이섭취량에 대한 연구에서도 칼슘의 섭취가 DRI (Dietary Reference Intake)보다 낮은 것을 보여주었고, 이 결과와 대상 아동의 성인기 골밀도와의 관련성에 대해서도 언급하였다.⁴⁰⁾

반면 뉴질랜드에서의 연구는 직업을 고려한 사회경제적 수준을 구분하고 이들의 골밀도를 비교한 결과 사회경제적 수준이 낮은 경우 높은 골밀도를 가진 것으로 보고하였다. 이 연구에서는 사회경제적 수준이 낮은 것과 관련된 직업은 주로 육체노동을 많이 필요로 하는 직업들이었으며, 이들의 높은 활동량이 골밀도를 높였거나, 육체노동자들의 높은 열량 섭취에 따른 다량의 식이칼슘의 섭취가 골밀도를 높혔을 것이라 추정하였다.⁴¹⁾ 이는 사회경제적인 상태로만 비교하였을 때는 본 연구 결과와 일치하는 것으로 보이나, 본 연구는 아동을 대상으로 한 연구이었으므로 직업에 의한 영향보다는 사회경제적 수준이 높을 경우 어린이들의 과외학습 참여율이 높아 야외에서의 활동량이 적은 결과에 기인한 것이 아닌가 추정되며 이에 대한 연구가 필요하다고 본다.

3) 골다공증 가족력에 따른 골밀도

골다공증 가족력에 따른 골밀도를 비교해보면 전체대상자에서 골다공증 가족력이 있는 대상자의 대퇴경부 골밀도는 0.578 g/cm², 그러한 가족력이 없는 대상자의 대퇴경부 골밀도는 0.647 g/cm²로 골다공증의 가족력이 있는 대상자의 대퇴경부 골밀도가 유의적으로 낮았다. 또한 요추부위의 골밀도는 유의적이지는 않았지만 골다공증 가족력이 있는 대상자의 경우 낮은 경향을 보였다 (Table 5).

인종에 따라 골밀도 차이는 있지만 골다공증 및 골절 발병률의 인종간 격차가 점차적으로 감소하는 것은 환경적인 요인의 영향 또한 중요함을 내포한다. 골소실률은 종족이

다른 경우에도 비슷하므로 골다공증 발병률에 있어서 종족간의 차이는 골소실보다는 최대골질량 형성의 차이를 반영하는 듯하다.⁴²⁾ 이처럼 유전적 요인은 최대 골질량 형성에

Table 5. Bone mineral density by general characteristics (Unit: g/cm²)

Characteristics	Lumbar spine	Femoral neck
Income (10,000 won/month)		
<200	0.707 ± 0.079 ^{1b)}	0.651 ± 0.140
200 ~ <300	0.676 ± 0.073 ^{ab)}	0.647 ± 0.147
≥ 300	0.657 ± 0.080 ^{a)}	0.610 ± 0.134
p-value	0.016*	0.307
Father's education level		
≤ 12 year	0.677 ± 0.079	0.646 ± 0.162
> 12 year	0.680 ± 0.078	0.633 ± 0.134
p-value	0.847	0.615
Mother's education level		
≤ 12 year	0.674 ± 0.069	0.628 ± 0.150
> 12 year	0.681 ± 0.087	0.646 ± 0.136
p-value	0.586	0.452
Family history of osteoporosis		
Yes	0.658 ± 0.070 ¹⁾	0.578 ± 0.150
No	0.682 ± 0.079	0.647 ± 0.139
p-value	0.153	0.024*
Family pattern		
Nuclear family	0.676 ± 0.079 ¹⁾	0.636 ± 0.141
Extended family	0.681 ± 0.079	0.626 ± 0.152
p-value	0.775	0.721
Mother's delivery age		
21 ~ 25	0.687 ± 0.062 ¹⁾	0.700 ± 0.117 ^{b)}
26 ~ 29	0.679 ± 0.071	0.634 ± 0.134 ^{ab)}
≥ 30	0.669 ± 0.095	0.613 ± 0.159 ^{a)}
p-value	0.596	0.048*
Delivery term		
Preterm	0.638 ± 0.087	0.613 ± 0.149
Full-term	0.679 ± 0.078	0.637 ± 0.141
p-value	0.150	0.644
Birth weight		
<3.0 kg	0.681 ± 0.097	0.594 ± 0.148
3.0 ~ <3.5 kg	0.676 ± 0.081	0.661 ± 0.137
≥ 3.5 kg	0.678 ± 0.061	0.623 ± 0.141
p-value	0.939	0.066
Type of feeding		
Breast feeding	0.679 ± 0.076	0.621 ± 0.135
Breast & formula feeding	0.679 ± 0.081	0.654 ± 0.144
Formula feeding	0.671 ± 0.074	0.628 ± 0.144
p-value	0.813	0.459

1) Mean ± SD
 *: p < 0.05 significantly different among groups by one way ANOVA
^{ab)}: Value with different letters in a column are significantly different among groups at p < 0.05 by Tukey's test

중요한 역할을 하는데 최대 골질량 형성 변인의 약 80~90% 정도가 유전적 요인에 의해서 정해지고 10~20% 정도가 환경적 요인에 의해서 정해진다는 일부 보고도 있다.^{43,44)} 한 보고에서는 골다공증 가족력이 있는 경우 낮은 골밀도를 나타내고, 이를 보완하기 위해 우유 섭취량이 많아져 실제 칼슘 섭취량과 골밀도와의 관련성이 나타나지 않게 된다고도 하였다.⁸⁾

일관성 쌍생아간의 골밀도 상관정도는 이란성일 경우보다 높으며,⁴⁵⁾ 성장기 여아와 폐경 전 어머니간의 골밀도도 유의적인 상관관계를 보였다.¹¹⁾ 아버지의 골밀도가 낮을 경우 아들의 골밀도 또한 낮을 위험은 3.8배였고, 어머니 골밀도가 낮을 경우 딸의 골밀도도 낮을 위험은 5.1배였으며, 부모의 평균 골밀도는 아들보다 딸에서 좀 더 상관성이 높았다.⁴⁶⁾

4) 기타 요인에 따른 골밀도

대상자의 가족 형태에 따른 골밀도의 차이는 나타나지 않았으며, 대상자 출산시 어머니 나이가 25세 이하였을 경우 대상아동의 대퇴경부 골밀도가 유의적으로 높았다 (Table 5).

어머니의 출산 연령은 출생아의 체중에 영향을 미치게 되어 모체가 10대이거나 40세가 넘는 노산의 경우 흔히 출생시의 체중이 낮다고 한다.⁴⁷⁾ 이렇게 어머니의 나이와 그 밖에 신장, 사회경제적 수준, 흡연 등은 아동의 출생시 체중에 영향을 주고, 출생시의 체중과 체조성은 영양상태를 반영하며 동시에 영아의 골밀도와 매우 유의적으로 높은 양의 상관관계를 보인다.⁴⁸⁾

저체중아와 정상아의 골밀도를 비교한 결과 출생 후 3개월에는 유의적인 차이를 보였으나 6개월째에는 두 그룹간

의 골밀도에 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 그 시기까지의 적절한 무기질 보충이 필요함을 강조하였다.⁴⁹⁻⁵²⁾ 폐경 전 여성에서는 출생 후 1년 때의 체중이 현재의 골밀도와 유의적인 양의 상관관계를 나타낸 반면 출생시 체중과는 유의적인 관련성이 없는 것으로 나타났다.³⁷⁾

또한 조산되었던 8~12세 아동 244명의 골밀도를 측정 한 결과 뼈의 길이가 더 짧았고 더 가벼웠으며 골질량이 더 낮았다는 보고가 있다.⁵³⁾

호주의 한 연구에서는 출생시 모유수유를 한 아이들의 경우 인공수유를 한 아이들보다 8세가 되었을 때의 골밀도가 높은 것으로 나타났으나 이는 모유수유를 3개월 이상 지속한 경우와 조산아가 아닌 만기출산아인 경우에 나타난 결과였다.¹⁴⁾

5. 다중회귀분석

조사 대상자들의 골밀도 측정치 변이에 설명력 있는 인자를 밝히기 위해 종속변수를 골밀도 측정치로 하고, 독립변수는 요추 골밀도의 경우, 일차원적인 분석에서 유의한 변수였던 소득, 신장, 체중, 허리둘레, 엉덩이둘레, RBW를 독립변수로 하고, 대퇴경부의 경우에는 일차원적인 분석에서 유의한 변수였던 어머니의 출산 나이, 신장, 체중, 허리둘레, 엉덩이둘레, RBW를 독립변수로 하여 다중 회귀분석을 하였다. 골밀도의 변이를 설명하는 이들 인자들의 설명력은 요추 골밀도의 경우 34.5%, 대퇴골밀도의 경우 19.6%였다 (Table 6). 요추 골밀도에 유의하게 영향을 미친 변수는 엉덩이둘레 (p = 0.000)와 신장 (p = 0.036)으로 엉덩이둘레와 신장이 클수록 요추 골밀도가 높아지는 것으로 나타났으며, 대퇴경부 골밀도에 유의하게 영향을 미친 변

Table 6. Multiple regression analysis by significant variables in descriptive analysis with bone mineral density

Variables	R ²	F	Unstandardized coefficients	Standardized coefficients	p-value
<i>Lumbar spine</i>					
Height			0.00413	0.308	0.036
Weight			0.00054	0.043	0.870
Waist	0.345***	14.702	-0.00255	-0.238	0.132
Hip			0.00536	0.475	0.000
RBW			0.00040	0.089	0.575
Income			-0.00006	-0.090	0.171
<i>Femoral neck</i>					
Height			0.00920	0.375	0.022
Weight			0.00137	0.059	0.839
Waist	0.196***	7.290	-0.00698	-0.356	0.044
Hip			0.00505	0.245	0.086
RBW			0.00159	0.191	0.278
Mother's delivery age			-0.00770	-0.156	0.033

***: p < 0.001 significantly different by multiple regression

수는 신장 ($p = 0.022$), 허리둘레 ($p = 0.044$), 출산연령 ($p = 0.033$)으로 나타났다.

요약 및 결론

학령기 아동의 골밀도에 영향을 주는 신체계측치, 사회경제적 요인, 골다공증 가족력 및 기타 환경적 요인들에 따른 골밀도 변화에 대해 살펴보고자 서울 소재 초등학교 2학년 학생 160명 (남녀 각 80명씩)을 대상으로 측정된 골밀도와 각 요인들에 대한 조사결과는 다음과 같다.

1) 조사대상자의 신장은 127.8 cm, 체중은 28.4 kg이며 성별간 비교에서는 체중, 허리둘레가 남학생이 여학생에 비해 모두 유의적으로 높게 나타났다.

2) 조사 대상자 요추 평균 골밀도는 0.677 g/cm^2 , 대퇴골 평균 골밀도는 대퇴경부 0.637 g/cm^2 , 대퇴전자부 0.618 g/cm^2 , 와드삼각부 0.658 g/cm^2 로 나타났다. 모든 부위의 골밀도는 남학생이 여학생보다 높게 나타났고, 특히 요추의 L2부위와 대퇴경부, 대퇴전자부에서는 남학생의 골밀도가 여학생의 골밀도보다 유의하게 높은 것으로 나타났다.

3) 신장, 체중, 허리둘레, 엉덩이둘레, RBW는 전체 대상자의 요추 및 대퇴경부 골밀도와 유의적인 양의 상관관계를 나타냈으며, 여학생의 경우 신체계측치와 골밀도와의 상관계수가 더 높게 나타났다. 그리고 요추 골밀도에서는 엉덩이 둘레, 체중, 신장 순으로, 대퇴경부 골밀도에서는 신장, 체중, 엉덩이 둘레 순으로 상관성이 높았다.

4) 조사 대상자 가구별 월평균소득은 255만원이었으며, 200만원 이상인 경우가 전체의 78.7%이었다. 아버지의 학력은 고졸이상이 33.1%이고, 대졸 이상이 66.9%이었고, 어머니는 고졸 이하가 49.4%, 대졸 이상이 50.6%로 아버지의 학력이 어머니보다 더 높은 것으로 나타났다. 대상자 가정의 월평균 소득이 증가함에 따라 요추 골밀도는 유의적으로 감소하였으나 대퇴경부의 골밀도에서는 유의적인 결과를 얻을 수 없었다. 부모의 교육수준에 따른 골밀도의 차이는 요추와 대퇴경부 모두에서 유의적이지 않은 것으로 나타났다.

5) 조사대상자의 골다공증 가족력에 대한 결과에서는 전체의 18.1%가 골다공증의 가족력이 있는 것으로 나타났으며, 골다공증 가족력이 있는 대상자의 대퇴경부 골밀도는 골다공증 가족력이 없는 대상자의 골밀도보다 유의적으로 낮았다.

6) 조사대상자의 가족 형태는 핵가족인 경우가 전체의 82.3%이었으며, 가족 형태에 따른 골밀도의 차이는 없었다. 대상자 출산시 어머니 나이가 25세 이하였을 경우 대

상아동의 대퇴경부 골밀도가 유의적으로 높았으며, 출산시 어머니 연령과 대퇴경부 골밀도간의 유의적인 음의 상관관계를 보였다. 그 외에 대상자의 임신기간, 대상자의 출생시 체중, 대상자에 대한 수유 방법에 따른 골밀도의 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

7) 조사 대상자들의 골밀도 측정치 변이에 설명력 있는 인자를 밝히기 위해 다중 회귀분석을 한 결과, 요추 골밀도에 유의하게 영향을 미친 변수는 엉덩이둘레 ($p = 0.000$)와 신장 ($p = 0.036$)이며, 대퇴경부 골밀도에 유의하게 영향을 미친 변수는 신장 ($p = 0.022$), 허리둘레 ($p = 0.044$), 출산시 어머니 연령 ($p = 0.033$)으로 나타났다.

이로써 본 연구에서는 학령기 아동의 경우 성별, 신장, 체중, 활동량 이외의 유전적 조건이나 사회경제적 요인 및 일부 기타 환경적인 요인들이 골밀도에 영향을 줄 수 있는 것으로 나타났다.

앞으로는 본 연구에서 실시된 학령기의 골밀도에 영향을 줄 수 있는 여러 인자들에 대한 추적조사 및 다양한 종단 연구가 필요하며, 이보다 더 낮은 연령은 물론이고 임신시의 여러 인자들에 대해서도 많은 연구가 시행되어야 한다고 본다. 그리고 이러한 연구들에서 유년기 또는 더 이전인 임신시나 출생초기의 골밀도가 성인이나 노년기의 골밀도와 관련이 있다는 결과가 나오게 되면 골다공증 예방을 위한 프로그램은 유년기에서부터 뿐만 아니라 훨씬 더 이른 시기에서부터 시작되어야 할 것이라 사료된다.

Literature cited

- 1) Hawker GA. The epidemiology of osteoporosis. *J Rheumatol Suppl* 45: 2-5, 1996
- 2) Christiansen C. Osteoporosis: diagnosis and management today and tomorrow. *Bone* 17(5): 513S-516S, 1995
- 3) Janz K. Physical activity and bone development during childhood and adolescence. Implications for the prevention of osteoporosis. *Minerva Pediatr* 54(2): 93-104, 2002
- 4) Ott SM. Attainment of peak bone mass [Editorial]. *J Clin Endocrinol Metab* 71: 1082, 1990
- 5) Hansen MA, Overgaard K, Riis BJ, Christiansen C. Role of peak bone mass and bone loss in postmenopausal osteoporosis: 12 year study. *Br Med J* 303: 961-964, 1991
- 6) Catherine G, Pierre B, Louis D, Pierre C, Pierre JM, Pierre DD. Measurements of bone mineral content of the lumbar spine by dual energy X-ray absorptiometry in normal children. *J Clin Endocrinol Metab* 70: 1330-1333, 1990
- 7) Fehily AM, Coles RJ, Evans WD, Elwood PC. Factors affecting bone density in young adults. *Am J Clin Nutr* 56(3): 579-586, 1992
- 8) Lonzer MD, Imrie R, Rogers D, Worley D, Licata A, Secic M. Effects of heredity, age, weight, puberty, activity, and calcium

- intake on bone mineral density in children. *Clin Pediatr (Phila)* 35(4) : 185-189, 1996
- 9) Yong SJ, Lim SK, Huh KP, Park DM, Kim NH. Bone mineral density in Korean. *Kor J Int Med* 31: 13-18, 1988
 - 10) Kim WY. Osteoporosis and dietary factors. *Korean J Nutrition* 27(6) : 629-645, 1994
 - 11) Ferrari S, Rizzoli R, Slosman D, Bonjour JP. Familial resemblance for bone mineral mass is expressed before puberty. *J Clin Endocrinol Metab* 83(2) : 358-361, 1998
 - 12) Valimaki MJ, Karkkainen M, Lamberg-Allardt C, Laitinen K, Alhava E, Heikkinen J, Impivaara O, Makela P, Palmgren J, Seppanen R. Exercise, smoking and calcium intake during adolescence and early adulthood as determinants of peak bone mass. *BMJ* 309: 230-235, 1994
 - 13) Welten DC, Kemper HC, Post GB, Van Mechelen W, Twisk J, Lips P, Teule GJ. Weight-bearing activity during youth is a more important factor for peak bone mass than calcium intake. *J Bone Miner Res* 9(7) : 1089-1096, 1994
 - 14) Jones G, Riley M, Dwyer T. Breastfeeding in early life and bone mass in prepubertal children: a longitudinal study. *Osteoporos Int* 11(2) : 146-152, 2000
 - 15) Lee HJ, Lee HO. A study on the bone mineral density and related factors in Korean postmenopausal women. *Korean J Nutrition* 32(2) : 197-203, 1999
 - 16) Hong JY, Choue RW. Correlation of dietary vitamin K intakes and Bone mineral density in postmenopausal women. *Korean J Nutrition* 30(3) : 299-306, 1997
 - 17) Hong JY, Choue RW, Baek JY, Cho HJ, Song YB. The study of correlation between serum vitamin K concentration and bone metabolism in postmenopausal women. *Korean J Nutrition* 32(3) : 287-295, 1999
 - 18) Na HB, Kim HJ, Park J. Effects of calcium supplementation and exercise on bone mineral density in middle-aged women. *Korean J Nutrition* 35(9) : 962-969, 2002
 - 19) Lee JS, Yu CH. Some factors affecting bone mineral density of Korean rural women. *Korean J Nutrition* 32(8) : 935-945, 1999
 - 20) Choi MJ, Jung YJ. 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
 - 21) Oh JJ, Hong ES, Baik IK, Lee HS, Lim HS. Effects of dietary calcium, protein, and phosphorus intakes on bone mineral density in Korean postmenopausal women. *Korean J Nutrition* 29(1) : 59-69, 1996
 - 22) Lee HJ. The relationship of exercise to bone mineral density of Korean women in Taegu. *Korean J Nutrition* 29(7) : 806-820, 1996
 - 23) Song YJ, Paik HY. Effect of dietary factors on bone mineral density in Korean college women. *Korean J Nutrition* 35(4) : 464-472, 2002
 - 24) Yu CH, Lee YS, Lee JS. Some factors affecting bone density of Korean college women. *Korean J Nutrition* 31(1) : 36-45, 1998
 - 25) 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
 - 26) 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
 - 27) Lee HJ, Lee IK. Bone mineral density of Korean mother-daughter pairs: relations to anthropometric measurement, body composition, bone markers, nutrient intake and energy expenditure. *Korean J Nutrition* 29(9) : 991-1002, 1996
 - 28) Barker DJP. Fetal and infant origins of adult disease. BMJ press, London, 1993
 - 29) Cooper C, Cawley M, Bhalla A, Egger P, Ring F, Morton L, Barker D. Childhood growth, physical activity and peak bone mass in women. *J Bone Miner Res* 10: 940-947, 1995
 - 30) Cooper C, Fall C, Egger P, Hobbs R, Eastell R, Barker D. Growth in infancy and bone mass in later life. *Ann Rheum Dis* 56(1) : 17-21, 1997
 - 31) The Korean Nutrition Society. Recommended dietary allowances for Koreans (7th revision), 2000
 - 32) Ministry of health and welfare. Report on 1995 national health and nutrition survey, 1997
 - 33) Annemieke MB, Maria AH, Huibert AP, Eric PK, Sabine MPF. Bone mineral density in children and adolescents: Relation to puberty, calcium intake, and physical activity. *J Clin Endocrinol Metab* 82: 57-62, 1997
 - 34) Goulding A, Cannan R, Williams SM, Gold EJ, Taylor RW, Lewis NJ. Bone mineral density in girls with forearm fractures. *J Bone Miner Res* 13: 143-148, 1998
 - 35) Kroger H, Laitinen K. Bone mineral density measured by dual-energy X-ray absorptiometry in normal men. *Eur J Clin Invest* 22(7) : 454-460, 1992
 - 36) Aloia JF. The gain and loss of bone in the human life cycle. *Adv Nutr Res* 9: 1-33, 1994
 - 37) Adami S, Giannini S, Giorgino R, Isaia G, Maggi S, Sinigaglia L, Filippini P, Crepaldi G, Di Munno O. The effect of age, weight, and life style factors on calcaneal quantitative ultrasound: the ESOP study. *Osteoporos Int* 14: 198-207, 2003
 - 38) Ponder SW, McCormick D, Fawcett D, Palmer JL, McKernan MG, Brouhard B. Spinal bone mineral density in children aged 5.00 through 11.99 years. *AJDC* 144: 1346-1348, 1990.
 - 39) Barquero RL, Baures RM, Segura PJ, Quinquer SJ, Majem SL, Ruiz GP, Navarro LC, Torne DFM. Bone mineral density in two different socioeconomic population groups. *Bone Miner* 18(2) : 159-168, 1992
 - 40) Nitzan KD, Basch CE, Zybert P, Deckelbaum RJ, Shea S. Calcium intake in preschool children-a study of dietary patterns in a low socioeconomic community. *Public Health Rev* 29(1) : 71-83, 2001
 - 41) Elliot JR, Gilchrist NL, Wells JE. The effect of Socioeconomic status on bone density in a male Caucasian Population. *Bone* 18: 371-373, 1996
 - 42) Matkovic V, Llich JZ, Hsieh L. Influence of age, sex, and diet on bone mass and fracture rate. *Osteoporosis Int Suppl*(1) : S20-22, 1993
 - 43) Pocock NA, Eisman JA, Hopper JL, Yeates MG, Sambrook PN, Eberl S. Genetic determinants of bone mass in adults: A twin study. *J Clin Invest* 80: 706-710, 1987
 - 44) Whitney EN, Cataldo CB, Rolfe SR. Life cycle nutrition: Infancy, childhood, and adolescence. In: Howe E, ed. Understanding Normal and Clinical Nutrition, pp498-534, Wadsworth/

Thomson Learning. Belmont, CA, 2002

- 45) Slemenda CW, Christian JC, Williams CJ, Norton JA, Johnston CC Jr. Genetic determinants of bone mass in adult women: a reevaluation of the twin model and the potential importance of gene interaction on heritability estimates. *J Bone Miner Res* 6(6): 561-567, 1991
- 46) Jouanny P, Guillemin F, Kuntz C, Jeandel C, Pourel J. Environmental and genetic factors affecting bone mass. *Arthritis Rheum* 38(1): 61-67, 1995
- 47) Mo SM, Choi HM, Koo JO, Lee JW. Life cycle nutrition. Hyoil-munhwasa, 1994
- 48) Goldstein H. Factors related to birth weight and perinatal mortality. *Brit Med Bull* 37: 259-264, 1981
- 49) Lapillonne AA, Glorieux FH, Salle BL, Brailion PM, Chambon M, Rigo J, Putei G, Senterre J. Mineral balance and whole body bone mineral content in very low-birth-weight infants. *Acta Paediatr Suppl* 405: 117-122, 1994
- 50) Koo WW, Walters J, Bush AJ, Chesney RW, Carlson SE. Dual-energy X-ray absorptiometry studies of bone mineral status in newborn infants. *J Bone Miner Res* 11(7): 997-1102, 1996
- 51) Hayashi T, Satoh H, Soga T, Tanaka D, Itabashi K, Okuyama K. Evaluation of bone density in newborn infants by computed x-ray densitometry. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 23(2): 130-134, 1996
- 52) Osamura T, Hasegawa K, Yoshioka H, Mizuta R, Sawada T. Total bone development during childhood in very low birth weight infants without cerebral palsy and mental retardation. *J Nutr Sci Vitaminol* 44(2): 269-277, 1998
- 53) Fewtrell MS, Prentice A, Jones SC, Bishop NJ, Stirling D, Buffenstein R, Lunt M, Cole TJ, Lucas A. Bone mineralization and turn over in preterm infants at 8-12 years of age. *J Bone Miner Res* 14(5): 810-20, 1999