

## 한국 사춘기 소녀들의 골밀도와 환경요인들과의 관계(II)

최 미 자

계명대학교 가정대학 식생활학과

### The Relationship Between Bone Mineral Density and The Environmental Factors in Korean Pubescent Girls

Mi-Ja Choi

*Department of Nutrition and Food Sciences,  
College of Home Economics, Keimyung University, Daegu, Korea*

#### Abstract

Bone mass accretion during puberty appears to be critical in the development of peak bone mass. Although bone density of females in Korea has been studied, only a few studies have related bone mass with anthropometric patterns or puberty in the pubescent girls. This study was conducted as part of a study of major determinants of bone development during puberty. Subjects were aged 14~16 yr(mean 14.97), and had no history of disorders or medication use likely to influence bone or calcium metabolism.

Bone mineral density and content were measured by dual energy X-ray absorptiometry using a Lunar DPX+ Scanner (Lunar Madison, WI). Also, total body fat, and total lean body mass were assessed using a Lunar DPX dual-energy X-ray absorptiometer. Pubertal status was assessed according to the Marshall and Tanner guidelines. Serum levels of osteocalcin was measured by RIA using a commercial kit assay. Skinfold measurements were taken with a skinfold caliper(Lange Caliper, USA). Data were analyzed using the regression and GLM procedure of the statistical package SAS.

The results indicated that the observed means for lumbar spine BMD and femoral BMD correspond to approximately 91% and 96% of the means for young adult females, respectively. All subjects were menarchal, with the majority being in the middle to end stages of pubertal development. Total body BMD was positively related to fat mass( $P<0.001$ ), lean body mass and time since menarche, and negatively related to urine pyridinoline, serum alkaline phosphatase and osteocalcin. The data indicate that girls who reported lower age for menarche had significantly higher bone densities than girls who reported higher age for menarche. Attaining peak skeletal bone mass during puberty may reduce the incidence of osteoporosis in later life. This finding suggests that early menarche may augment peak bone mass, influencing the extent of bone loss later in adulthood. The results suggest that good nutrition in childhood appears to be needed not only for growth and development, but possibly also to assure an optimal peak of bone mass and thus greater latitude for the maintenance or skeletal integrity in the face of bone losses. Triceps skinfold thickness was a better predictor of total BMD

and total BMC than was any other skinfold thickness. The study did not find a relationship between total BMD and body fat %, but total fat was significantly positively related to total BMD( $r=0.49$ ) and total BMC( $r=0.60$ ). It supports earlier report that there was a significant correlation between TBMD and body weight.

Conclusively, total fat, lean body mass and pubertal development could influence BMD in pubescent girls. Clearly, longitudinal studies are required to assess the effect of puberty on peak bone mass, and to define further the potential determinants of peak bone mass.

Key word : bone mineral density, pubescent girls, body fat, lean body mass, triceps skinfold thickness, ALP, osteocalcin, pyridinoline, pubertal development.

\* 본 연구는 1993년도 계명대학교 비사교수연구기금으로 이루어졌음.

## 서 론

최근 경제 성장과 의학의 발달로 인간의 평균수명이 늘어 나면서 노인인구도 점점 증가하는 추세에 있다. 1991년 보사부 통계에 의하면 우리나라 국민의 평균수명은 70.8세로 남자는 66.9세 여자는 75세로 발표되었다<sup>1)</sup>. 골다공증은 뼈의 화학적 조성에는 변화가 없으나 단위 용적내에 골질량이 점차적으로 감소되면서 골질의 위험율이 증가하는 것으로 알려져 있는데<sup>2)</sup>, 노령인구가 증가함에 따라 골다공증으로 인해 발생하는 문제에 대한 관심과 연구는 점점 증가되고 있다.

미국에서는 45세부터 79세 사이의 성인 남녀에서 단순 방사선 소견상 여성에서는 29%, 남성에서는 18%가 골다공증 소견을 보이는 것으로 알려져 있다<sup>3)</sup>. 이러한 골다공증은 다인성 질환으로 생각되고 있는데 그 원인이나 관계되는 여러 요인의 상관도에 관한 관계는 아직 명확히 밝혀지지 않고 있지만 폐경기 이후 골질량이 급속히 감소하는 것과 연령증가에 따라 골질량이 감소하는 것, 대사성 질환의 경우 호르몬의 영향으로 골다공증이 촉진 된다는 것은 여러 저자들에 의해 보고되었다<sup>4,6)</sup>. 이와 같은 골다공증은 막연한 요통외에는 뚜렷한 자각증상이 없어 골격기형이 초래될 정도로 진행된 연후나 또는 골절이 있는 후에야 비로소 의사를 방문케 됨으로써 조기진단 및 치료의 기회를 놓치게 되는

경우가 허다하여 의료비를 증가 시킬 뿐 아니라 생명의 위험을 가져올 수도 있다<sup>7)</sup>. 골다공증으로 기인된 골절환자가 미국에서는 매년 130만명 정도가 발생되며 이에 소요되는 경비만도 1984년에 약 61억불이었는데 연령증가와 노인인구의 급격한 증가때문에 30년 이내에 소요경비가 연 310~620억불에 이를 것으로 예상하며<sup>8)</sup>, 이웃 일본에서도 골다공증환자가 1985년에 약 430만 명으로 보고 되었고 2000년대에는 540만명에 달할 것으로 추정하고 있고 또한 1년에 약 10만명이 골절된다고 발표 하였다<sup>9)</sup>.

골다공증은 남성보다 여성의 유병율이 높은데 이는 폐경기 이후에 골질량이 급격히 감소하는 특성에 기인하는 것이다. 폐경은 50세 전후로 발생하는데 현대에 들어 초경의 나이가 낮아지는 것과는 달리 폐경이 되는 나이는 고대로 부터 변하지 않고 일정한 것으로 알려져있다<sup>10)</sup>. 특히 폐경기후 estrogen의 결핍은 여러가지 증상 뿐 아니라 골다공증을 가져오므로<sup>11)</sup>, 현재 선진각국에서도 폐경기후 골다공증이 커다란 공중보건 문제로 대두되어 이러한 폐경기와 관련된 문제들의 적극적인 해결이 강조되고 있다. 따라서 골다공증과 여러 요인과의 상관성에 관한 관찰과 연구가 대부분은 성인들, 특히 갱년기 이후 여성의 골손실(Bone Loss)에 초점을 맞추어 왔으며<sup>12,14)</sup> 성장기 아동이나 청소년에 대한 연구는 소수에 불과하다. 최근 우리나라에서도 골다공

중에 대한 관심이 높아져서 여러 연구보고가 제출 되었는데 이 또한 골손실이 이루어지고 있는 혹은 골손실이 현저한 나이군을 대상으로 많은 연구가 행해졌다<sup>15-17)</sup>.

골밀도는 연령에 따라 변화 하는데 30대에 최대골질량에 달하다가 그 이후 부터 점차 골밀도가 감소하게 된다<sup>18)</sup>. 이때 개인의 연령이 증가됨에 따라서 감소되는 골질량의 감소율은 최대 골질량이 높은 개인이나 그렇지 않은 개인이나 큰차이가 없고 감소된 이후에 남아있는 골질량의 양은 최대 골질량이 높았던 개인이 유리하다고 한다<sup>19)</sup>. 따라서 최대 골질량을 높히는 일은 골다공증예방에 중요한 일이다. 최대골질량(Peak bone mass)이란 한 개체에 있어서 생애에 도달하는 최고의 골량을 말하는데 최대 골질량을 증가 시키는 방법에 대해서는 연구가 미흡한 실정이다.

최근 단면적 연구(Cross-sectional studies)에 의하면 사춘기 동안은 남녀 모두 골질량의 급격한 증가를 보이나 20세 이후에는 골밀도가 증가하지 않는다는 보고가 있다<sup>20)</sup>. 그리고 최대 골질량의 우선적 결정인자(Primary determinant)로 유전적 영향이 지배적이지만 변경인자 또는 허용인자로서 2차요인 즉 영양과 활동상태 등의 환경적 요인이 골질량의 증가에 영향을 미친다는 주장이 점차 증가되고 있다<sup>21)</sup>.

백인여성은 골다공증과 골질의 빈도율이 흑인여성 보다 높다고 알려져 있는데 흑인 여성은 peak bone mass 시기에 골밀도 축적률이 높다고 보고 되어서<sup>22)</sup> 골축적이 활발히 일어나는 시기와 이 시기에 골밀도를 높히는 것은 골다공증예방에 상당히 중요하다고 보겠다. 그리고 최근에 사춘기가 늦어지는 소녀들에게서 골밀도가 유의적으로 낮은 것이 보고<sup>23)</sup> 되어서 성호르몬의 분비 변화는 골대사와 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 골질량 형성은 여자의 경우 약 11~15세 남자의 경우 약 13~17세 사이에 급격히 증가 되고 이후 20대 까지 완만하게 증가한다고 보고하였다<sup>24)</sup>.

따라서 본 연구의 목적은 골다공증 예방의 최선책으로 여겨지는 성장기 동안의 골질량축

적을 최대화시킬 수 있는 방안에 대한 연구의 한 부분으로 Growth Spurt시기에 있는 사춘기 소녀를 대상으로 사춘기의 골질량 형성과 증가에 영향을 미치는 환경요인 인자에 관한 연구의 부분중 영양인자 및 식습관과 신체활동량과 골질량 관계에 대한 연구에<sup>25)</sup> 이어 pubertal development 와 체지방 및 인체계측치 그리고 생화학적 요인과의 관계를 조사하여 골다공증 예방을 위한 기초 자료를 제공 하고자 한다.

## 연구 방법

이 연구에 협조적이면서 특별한 질병이나 약물을 복용하고 있지 않는 대구시에 거주하는 건강한 사춘기 소녀인 여중 3년생 33명을 대상으로 하였다. 연구대상자의 키와 몸무게를 측정하였으며 BMI를 산출하였다.

골질량(Bone Mineral Content : BMC)과 골밀도(Bone Mineral Density : BMD)는 Dual Energy X-ray Absorptiometry(DEXA)를 이용하여 총골밀도, 요추 및 대퇴골밀도를 측정하였고 또한 체지방량과 lean body mass를 측정하였다. 또한 대퇴골 골밀도는 femoral neck, ward's triangle, trochanter 부분을 측정하였다.

또한 Langer Caliper를 이용하여 skinfold thickness를 Subscapular, triceps, biceps, iliac, femurs, calfs, dorsal hand부위에 3번 측정하여 그 평균값을 이용하였다. 그리고 줄자로 head, abdominal, waist, hip, mid-upper arm, femur, calf의 둘레를 측정하였다.

공복 혈액을 채취하여 혈중 칼슘, 인, total protein, albumin, ALP, osteocalcin을 측정하였고 뇨를 채취하여 pyridinoline과 creatinine을 측정하여 crosslink value를 구하였다. 그리고 pubertal development측정은 Marshall and Tanner guidelines<sup>26)</sup>를 따라서 구분하였다.

통계처리는 SAS Package(Statistical Analysis System)를 이용하여 Student's t-test, ANOVA, Pearson correlation coefficient 분석 등을 하였다.

## 결과 및 고찰

Table 1. General characteristics of the study subjects

Variable	Mean ± SD
Age(y)	14.97 ± 0.47
Age at menarche(y)	12.87 ± 1.02
Height(cm)	156.7 ± 5.14
Weight(kg)	50.61 ± 7.52
Energy intake(Kcal)	2081 ± 657
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	20.56 ± 2.59
Fat mass(kg)	15.88 ± 3.59
Fat mass/Weight(%)	31.12 ± 4.32
Lean mass(kg)	34.72 ± 4.53
Lean mass/Weight(%)	68.6 ± 6.12
TBMD(g/cm <sup>3</sup> ) <sup>1)</sup>	1.048 ± 0.071
TBM(g) <sup>2)</sup>	2038.2 ± 306.8
Spine BMD(g/cm <sup>3</sup> )	1.087 ± 0.116
L <sub>2</sub> ~L <sub>4</sub> BMD(g/cm <sup>3</sup> )	1.068 ± 0.12
FN <sup>3)</sup> BMD(g/cm <sup>3</sup> )	0.865 ± 0.198
FWT <sup>4)</sup> BMD(g/cm <sup>3</sup> )	0.783 ± 0.198
Trochanter BMD(g/cm <sup>3</sup> )	0.767 ± 0.199

1) TBMD=Total Bone Mineral Density.

2) TBM=Total Bone Mineral Content.

3) FN=Femoral Neck.

4) FWT=Femoral Ward's Triangle.

연구대상자의 일반적 특성은 Table 1에 나타내었다. 이 연구 대상자의 평균나이는 14.96세였고 범위는 14세~16세였으며 이중 15세 소녀가 26명으로서 약 79%였고 나머지 14세가 4명 16세가 3명으로 비교적 아주 나이가 비슷하게 이루어졌다. 평균 BMI는 20.56 이며 평균 체지방은 31%로서 정상 범위에 속하였다. 이 연구에 포함된 모든 소녀는 초경을 하였고 초경의 평균 나이는 12.9 세로서 현재 평균 50대 여성의 초경 나이가 16세로 보고된 것에 비하면 훨씬 초경의 나이가 빠른 것이다.<sup>27)</sup>

평균나이 14.97세 사춘기 소녀의 Lumbar spine L<sub>2</sub>~L<sub>4</sub>의 평균 골밀도는 1.068g/cm<sup>3</sup>으로서 한국 여성 19세 미만의 골밀도가 1.078g/cm<sup>3</sup>로 보고한 것에<sup>14)</sup> 99% 수준에 달하였고 30대의 최고 peak bone mass의 1.174g/cm<sup>3</sup>로 보고된 것의 91%에 도달 한 값이었다. 또한 대퇴경부의 골밀도는 0.865(g/cm<sup>3</sup>)으로서 한국 여성 평균 연령 44세(38~50세)를 대상으로 최근에 이루어진 것의

0.9(g/cm<sup>3</sup>)<sup>13)</sup>에 96.1%에 달하는 값으로 나타났다. 그러나 대퇴경부의 골밀도는 폐경전에 약 30%가 감소되며<sup>28)</sup> 이미 약간의 골손실이 이루어진 나이군의 골밀도 값이어서 성인여성의 peak bone mass량이라고 보기는 힘들 것이다. 이것은 선행 연구에서 남녀 모두 사춘기 기간 동안에 급속한 골축적이 일어나며 또한 여성의 경우 20세가 되면 골밀도의 증가가 일어나지 않는다는 보고에 근거 하면<sup>29)</sup> 골격의 종류에 따라 이 시기에 이미 성인기의 90~95%수준에 도달하여 있으므로 이전의 시기가 또한 연구가 되어져서 어느 나이 시기에 급격한 골축적이 이루어지는지 Longitudinal study가 요구되어진다. 그러나 최근에 초경을 하지 않은 평균 나이 11.9세의 백인 소녀를 상대로 연구한 보고에<sup>20)</sup> 의하면 이 시기의 소녀들이 백인 성인 여성의 83%에 달하는 TBMD와 53%에 달하는 수준의 TBM을 나타내었다고 보고 하여서 골밀도 형성이 더 이른 나이에 일찌기 이루어 짐을 알 수 있고 또한 이 연구의 전부분에서 보고된 결과<sup>25)</sup>의 학동기에 우유 섭취가 많았다고 보고한 사춘기 소녀에서 골격상태가 좋았다고 하는 것에서 이 시기의 골축적이 중요한 시기임을 알 수 있었다.

Table 2. Biochemical characteristics of the study subjects

Variables	Mean ± SD
Blood Ca(mg/dl)	9.48 ± 0.71
Blood P(mg/dl)	4.43 ± 0.51
Blood total Protein(g/dl)	8.47 ± 0.72
Blood albumin(g/dl)	4.54 ± 0.39
Blood Alkaline Phosphatase(u/l)	100.64 ± 46.80
Blood Osteocalcin(ng/dl)	8.41 ± 3.49
Urine Pyridinoline(nM)	1450.21 ± 890.60
Urine Creatinine(mM)	13.52 ± 6.05
Crosslink Value(nM, mM)	104.19 ± 44.44

Table 2에서는 생화학적 검사치를 나타내었다. 연구 대상자의 혈중 칼슘과 인은 각각 9.48, 4.43 mg/dl로서 정상 범주에 속하였으며 혈중 albumin과 total protein의 값도 각각 4.54g/dl와 8.47g/dl로 나타나서 정상 범주에 속하였다. 골형성의 지표로 이용되는 Alkaline phosphatase(EC 3.1.3.1 : ALP)는 100.64u/l로서 폐경기 성인여성의 62.0

보다<sup>34)</sup> 높게 나타났다. 또한 골아세포에서 생성되는 Osteocalcin은 골격의 noncollagen protein으로서 골형성 동안에 혈중에 유리되며 골생성의 민감한 지표로서 최근에 이용되고 있는데 골대사가 활발할수록 혈중 Osteocalcin치는 높아지게 된다. 따라서 일반적으로 유아기와 학동기의 혈중 골형성 지표의 농도는 성인치 보다 높다. 그러나 여성의 경우 폐경이 된 후 다시 이 osteocalcin의 농도는 폐경전의 농도보다 높아 지는데 이것은 bone turnover가 많아졌기 때문이다. 이 연구 대상자의 osteocalcin의 평균 농도는 8.41 ng/ml로서 50세 성인 여성들의 3.8(ng/ml)<sup>34)</sup> 비하여 상당히 높게 나타났다. 따라서 골형성이 상당히 활발히 일어 나고 있음을 알 수 있었다. 골 흡수의 지표로서는 urinary hydroxy proline, urinary pyridinoline, urinary deoxypyridinoline, fasting urinary Ca/Cr ratio 등이 이용되고 있는데 urinary pridinoline/urinary creatinine치로 나타낸 Crosslink value치는 104.19(nM/mM)로 폐경이 지난 여성의 32.1nM/mM<sup>35)</sup> 보다 훨씬 높게 나타났는데 이것은 골생성도 월등히 높아서 Bone remodeling cycle이 활발히 이루어지는 성장기 때문으로 생각 되어 진다.

Table 3. Anthropometric values of the study subjects

Variable	Mean± SD
Head circumference(cm)	54.64± 1.67
Abdominal circumference(cm)	70.15± 6.09
Waist circumference(cm)	66.91± 6.27
Hip circumference(cm)	87.15± 6.47
Mid-upper arm circumference(cm)	25.67± 2.88
Femur circumference(cm)	42.21± 4.74
Calf circumference(cm)	33.09± 3.36
Sub-scapula thickness(mm)	16.58± 5.81
Triceps thickness(mm)	16.94± 5.93
Biceps thickness(mm)	7.82± 2.66
Iliac thickness(mm)	16.39± 5.38
Femurs skinfold(mm)	25.30± 6.70
Calfs skinfold(mm)	25.52± 7.33
Dorsal hand skinfold(mm)	3.30± 0.73

Table 3에서는 인체계측치의 두위(head circu-

mference)와 상완위(mid-upper circumference) 피부두겹집기(skinfolds thickness)에 관한 것이다. 피부두겹집기는 신체체지방의 두께를 측정하여 신체내에 저장된 체지방량을 측정하는 방법인데 부위에 따라서 피하지방의 분포도가 다르므로 가장 흔하게 이용되는 삼두박근(triceps) 외에 이두박근(biceps), 견갑골 아래부분(subscapular), 장골 윗부분(suprailiac), 종아리부분(calfs)의 두께를 측정하였다. WHR 비율은 0.76 이었고 신체총무지방량(lean body mass)은 34.72 kg으로서 나타났다. 상완위는 한국인 15세 여성 평균 23.8보다<sup>36)</sup> 약간 높은 편이었다. 그리고 triceps 두께는 14.0~14.9세의 여성의 백분위표에서 50 percentile에 해당 하는 값인 16mm 보다<sup>37)</sup> 약간 높은 16.94mm로 정상수준으로 보여진다. 또한 Frisancho에 따른 triceps skinfold의 백분위 표에 따르면<sup>38)</sup> lean, healthy, plump, fat, obese 등의 5등급에서 이 연구 대상자의 체지방량 31%는 'fat'에 속하는 것으로 나타났다.

성호르몬의 분비와 상관관계가 높은 pubertal development의 정도에 따른 골격 및 신체지수의 차이를 알아보기 위하여 Marshall and Tanner guidelines에 따라 5단계로 구분한 바 이 연구에 포함된 소녀들은 모두 3단계에서 5단계에 사이에 속하였고 성성숙 단계의 이른 초기단계인 1~2 단계에 속하는 사람은 아무도 없었다. Fig. 1에서는 Total body fat (%)와 lean body mass를 나타내었는데 단계별 증가가 완만하게 나타났다.

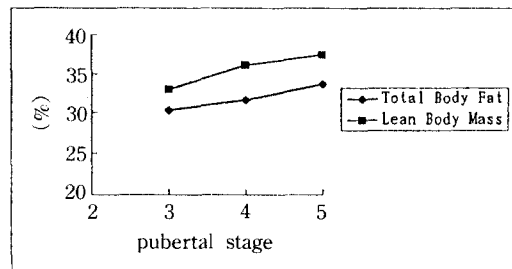


Fig. 1. Relation between total body fat and lean body mass and pubertal status in Korean pubescent girls.

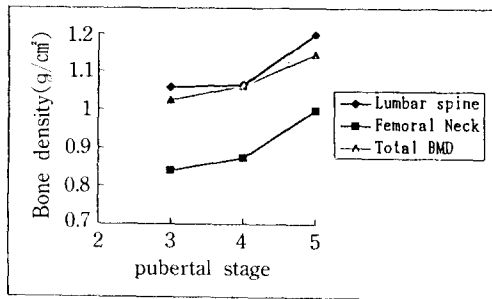


Fig. 2. Relation between BMD at the level of the Lumbar(L<sub>2</sub>-L<sub>4</sub>) and Femoral Neck and Total BMD and pubertal status in Korean pubescent girls.

Fig. 2에서는 Lumbar spine BMD, Femoral neck BMD 및 Total TBMD 를 나타내었는데 pubertal 단계에 따라서 Total BMD는 linear하게 증가하는 경향을 보였으며 이 pubertal status의 마지막 5단계에서는 한국 성인 여성의 91%에 해당하는 TBMD값이 있으므로 이후로 부터는 증가의 경사도가 아주 완만하리라 여겨진다. 그러나 Lumbar spine 및 Femoral neck의 BMD는 3단계에서 4단계로 옮겨 갈 때 보다 4단계에서 5단계로 옮겨 갈 때 그 증가가 급격 하였다. 이것은 백인 소녀들을 대상으로 pubertal development에 따른 연구 결과에서<sup>24)</sup> femoral neck BMD나 femoral shaft BMD는 1단계에서 3단계 사이에 0.65에서 0.79(g/cm<sup>2</sup>) 수준으로 급격한 증가가 있다가 4단계에서 femoral neck BMD는 오히려 약간 감소 하다가(0.76g/cm<sup>2</sup>) 다시 5단계에서 0.96(g/cm<sup>2</sup>)수준으로 그 증가의 기울기는 전 어느 단계에서 보다 급격하였고 femoral shaft BMD에서도 pubertal stage가 3단계(1.52g/cm<sup>2</sup>)에서 4단계(1.53g/cm<sup>2</sup>)로 옮겨 갈 때에는 아주 미약한 증가를 보이다가 5단계(1.72g/cm<sup>2</sup>)에서 현격한 증가를 보였고 또한 lumbar spine의 경우도 그증가 양상이 아주 비슷 하였으나 기울기가 더 컸는데 즉 3단계에서 0.75(g/cm<sup>2</sup>), 4단계에서 0.82(g/cm<sup>2</sup>) 그리고 5단계에서 1.0(g/cm<sup>2</sup>)으로 나타났다고 보고하였다. 이런 현상은 이 연구 대상자에서도 비슷하게 나타나서 pubertal development 기간중 4단계에서 5단계 사이에 Femoral neck 및 Lumbar spine BMD가 아주 급속한

증가 양상을 볼 수 있었다. 그러나 이 연구 대상자의 경우에 femoral neck BMD와 lumbar spine BMD가 훨씬 높게 나타났는데 이것은 같은 나이의 소녀들 이었으나 백인 소녀의 BMI가 19.48로서 이 연구 대상자의 BMI가 20.56으로서 약간 높았기 때문으로 보여진다. 이 연구에서 자연 나이(chronological age)가 아주 비슷한 동질의 연구 대상자임을 감안 할때 성호르몬 분비의 차이로 사춘기가 빠른 소녀들의 골밀도가 높게 나타나서 사춘기가 늦어지는 소녀들에게

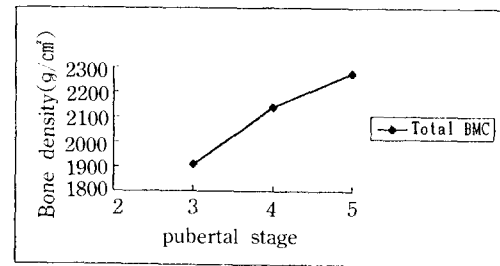


Fig. 3. Relation between total BMC and pubertal status.

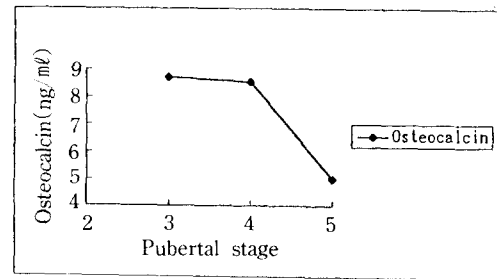


Fig. 4. Relation between at the level of osteocalcin and pubertal staufs in Korean pubescent girls.

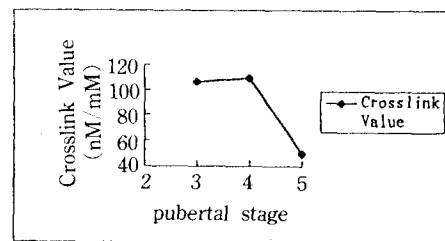


Fig. 5. Relation between crosslink value and pubertal status.

서 골밀도가 유의적으로 낮다고 보고 된것과<sup>23)</sup> 일치 하였다.

Fig. 3에서는 total BMC를 나타내었는데 급속한 증가를 볼 수 있었다. Fig. 4에서는 혈중 Osteocalcin 농도를 나타내었는데 Pubertal stage 3과 4에서는 비슷하게 유지되다가 4에서 5단계 사이에는 현저한 감소를 나타내었다. 이것은 Fig. 5의 Crosslink value와 비슷한 현상을 나타내었다. 이것은 성 성장이 거의 완료되는 5단계에서 골형성지표인 Osteocalcin과 골흡수지표인 Crosslink value가 성성장이 거의 완료되는 5단계에서 급격하게 감소되어 이 단계 이후 골형성 및 골흡수의 활동은 감소되는 경향을 나타내는 것으로 보여진다. 이것은 이미 성인여성의 90% BMD 수준에 도달한 것이므로 이 시기 이후의 골밀도 축적은 아주 완만하게 천천히 있을 것이다.

성호르몬의 분비 변화는 생체내에서 골대사와 밀접한 관계를 가진다고 알려져 있는데 한국 소녀들을 대상으로 골밀도 측정을 Bone stiffness로서 하였을 때 초경후 2~3년이 급진적 증가의 중요한 시기로 나타났다고<sup>33)</sup> 보고 하였다. 또한 흑인 여성이 백인 여성보다 peak bone mass 시기에 골밀도 축적율이 높고 흑인 여성의 골

다공증 및 골절 빈도율이 백인 여성보다 낮다고 보고 되어서<sup>22)</sup> 골축적 시기에 골밀도를 높히는 것은 골다공증 예방에 아주 중요하다고 알려진 사실과 일치한다고 보겠다.

최근 연구에서 우리나라 여자의 경우 13~14세 경에 골밀도의 최대치에 달하고 이 후에는 큰 증가없이 유지되는 경향을 보였다고 보고한 것과<sup>30)</sup> 이 연구결과를 토대로 한다면 이 시기는 골질량 및 골밀도의 증가에 아주 중요한 시기이므로 학동기 및 사춘기 시기에 올바른 영양교육 및 건강관리는 골다공증 예방에 매우 중요하게 보여진다.

Table 4에서는 나이 분포는 14세에서 16세로 구성되었으나 15세 소녀가 거의 80%를 차지하고 있으므로 거의 같은 나이(chronological age)에서 월경기간이 미치는 효과를 보기 위하여 초경이 경과한 기간을 기준으로 구분하여 여러 측정치를 비교 하였다. 초경이후부터 시간이 지날수록 체지방량의 증가를 볼 수 있었고 특히 초경후 4년이 지난 소녀의 경우 평균 신장이 적었음에도 불구하고 TBMD, TBMC, Femoral BMD, Spine BMD의 현격한 증가를 볼 수 있었다. 그러나 이 연구 대상자를 단순한 나이로 구분 하였을 때

Table 4. Variable characteristics by time since menarche

Year since menarche	<1 yr	>1 yr	>2 yr	>3 yr	>4 yr
Height(cm)	153.5	159.5	155.8	156.4	154.3
Weight(kg)	40.5	49.8	52.4	50.3	55.0
Body Fat(%)	24.7	28.9	32.7	32.2	33.9
Fat mass(kg)	10.0	14.5	17.3	16.3	18.6
L <sub>2</sub> -L <sub>4</sub> BMD(g/cm <sup>2</sup> )	1.02	1.05	1.04	1.07	1.16
FN BMD(g/cm <sup>2</sup> )	0.77	0.91	0.81	0.86	0.97
FWT BMD(g/cm <sup>2</sup> )	0.67	0.84	0.74	0.77	0.87
Trochanter BMD(g/cm <sup>2</sup> )	0.78	0.76	0.72	0.79	0.82
TBMD(g/cm <sup>2</sup> )	1.02	1.03	1.03	1.06	1.13
TBMC(g)	1744.5	2057.4	2021.9	2038.4	2224.0
Blood Ca(mg/dℓ)	10.05	9.70	9.47	9.24	9.33
ALP(u/ℓ)	108.5	133.7	107.2	75.6	60.0
Osteocalcin(ng/ml)	9.70	9.91	8.65	7.44	5.49
Pyridinoline(nM)	1602.5	1614.6	1743.2	1364.4	262.5
Creatinine(mM)	15.19	12.71	16.08	14.10	5.26
Crosslink(nM/mM)	105.19	122.19	110.21	93.25	49.86

이러한 효과는 거의 없던지 약하였다. 특히 pubertal development와 마찬가지로 폐경 후 4년이 경과 된 군은 골흡수지표와 골형성지표가 다 낮아서 골격대사 활동이 감소되는 현상을 볼 수 있었다. 선행연구에서<sup>40)</sup> 초경 후 2~3년에 가장 골격대사 활동이 활발하다고 보고 한 것에 일치한다고 보여 진다.

Table 5. Correlation coefficient of variables with puberty grade

	Puberty Status
TBMD	0.41*
TBMC	0.41*
Spine BMD	0.32
Femoral neck BMD	0.16
ALP	-0.33*
Osteocalcin	-0.16

\* : significantly different at  $p < 0.05$

Table 5에서는 puberty status와 골밀도 및 골형성지표 및 골흡수 지표와의 상관관계를 나타내었다. TBMD와 TMBC는 pubertal status와 유의적 양의 상관관계를 나타내었고 Femoral BMD와 Spine BMD는 양의 상관관계가 있었으나 통계적으로 유의 하지는 않았다. 그리고 pubertal status는 골형성지표인 ALP와 유의적 음의 상관관계가 있었고 osteocalcin과는 음의 상관관계가 있었으나 통계적으로 유의하지 않았다.

Table 6. Correlation coefficients of biochemical variables with each bone mineral density or content

	ALP	Osteocalcin	Pyridinoline Creatinine
L <sub>2</sub> -L <sub>4</sub>	-0.58**	-0.56**	-0.64**
Femoral Neck	-	-0.57**	-0.36*
Ward's Triangle	-	-0.54**	-0.38*
Trochanter	-0.33*	-0.60	-0.46*
Spine	-0.46*	-0.42*	-0.54**
TBMD	-0.58**	-0.56**	-0.69**
TBMC	-0.41*	-0.39*	-0.41*

\* : Significantly different at  $p$  value  $< 0.05$

\*\* : Significantly different at  $P$  value  $< 0.001$

Table 6에서는 생화학적 지표와 각 골밀도와의 상관관계를 나타내었는데 Spine BMD에 대해서는 ALP, osteocalcin, crosslink value 모두 음의 유의적인 상관관계를 나타내었으나 Femoral neck 및 Ward's Triangle BMD에 대해서는 ALP가 유의적 상관성을 나타내지 않았는 반면에 osteocalcin은 모든 측정된 Femoral BMD에 대하여 유의적 음의 상관관계를 나타내었다. Crosslink value는 측정된 모든 골밀도에 대하여 유의성 있게 음의 상관관계를 나타내어서 좋은 index로 사용 할 수 있을 것으로 보여졌다.

Table 7. Correlation coefficients among BMD and fat mass and lean mass

	Fat mass	Lean mass
TBMD	0.49*	0.64**
TBMC	0.60**	0.89**
Spine BMD	0.56**	0.63**
FN BMD	0.39*	0.54**
FWT BMD	0.43*	0.63**
Trochanter BMD	0.14	0.17
L <sub>2</sub> -L <sub>4</sub> BMD	0.29	0.19

\* : Significantly different at  $P$  value 0.05

\*\* : Significantly different at  $P$  value 0.001

Table 7에서는 dual energy X-ray absorptiometry(Lunar Madison, WI)로 측정된 체지방량과 신체총무지방량과 골밀도와의 관계를 나타내었다. TBMD와 TBMC 및 Spine BMD와 Femoral neck BMD에 대하여 체지방량과 신체총무지방량은 상당히 높게 유의적으로 상관관계를 나타내었다. Lumbar BMD와 femoral trochanter BMD는 위의 두 변인과 유의적인 상관관계가 없었다. 또한 체지방%는 위의 측정된 변수에 대하여 유의적인 상관관계를 나타내지 않았다. 따라서 체중이 미치는 효과가 더 큰 것으로 사료되며 체중은 이 연구의 전 부분에서<sup>25)</sup> 골밀도와 유의적 상관관계를 나타 내었으므로 체중 유지가 바람직하다고 보겠다.

Table 8에서는 인체계측치와 골밀도와의 상관관계를 나타낸 것이다. Femoral Skinfold thickness 및 Calfs skinfold thickness는 TBMD, spine



Table 8. Correlation coefficients among BMD and anthropometric indices

	TBMD	L <sub>2</sub> -L <sub>4</sub>	Spine	FN	FWT	Trochanters
Scapular	0.53*	0.42*	0.65**	0.30	0.34*	0.05
Triceps	0.50*	0.33	0.60**	0.34*	0.39*	0.06
Biceps	0.34*	0.17	0.46*	0.24	0.21	-0.03
Iliac	0.47*	0.22	0.53	0.38*	0.44*	0.06
Femurs	0.65**	0.47*	0.65**	0.34*	0.43*	0.13
Calfs	0.53**	0.46*	0.68**	0.37*	0.44*	0.08
Dorsal Hands	0.26	0.08	0.44*	0.27	0.28	0.03

\* : Significantly different at P value <0.05

\*\* : Significantly different at P value <0.001

BMD, Femoral BMD에 다른 부위의 skinfold thickness 보다 측정된 각 BMD에 유의적으로 상관성이 있게 나타났고 특히 TBMD에 대하여서는 다른 신체측정 부위보다 상관성이 높게 나타났다. 또한 비교적 가장 많은 빈도로 측정 되어지는 triceps skinfold thickness는 TBMD와는 유의적 상관관계를 나타내어 쉽고 간단한 방법으로 기초적 자료는 얻을 수 있을 것으로 보여졌다.

## 요약 및 결론

골다공증의 예방책으로 성장기 동안에 골질량 및 골밀도 축적을 최대화 시키기 위한 기초자료를 제공할 목적으로 growth spurt시기에 있는 사춘기 소녀 33명을 대상으로 사춘기의 골질량과 골밀도 증가에 영향을 미치는 환경요인 인자중 pubertal development와 인체계측치와 생화학학적 요인과의 관계를 연구한 결과를 요약하면 아래와 같다.

1. 평균나이 14.96세 소녀들의 평균 lumbar spine의 BMD는 1.068g/cm<sup>2</sup>으로서 30대 한국 여자 성인 lumbar spine 의 peak bone mass량의 91%에 도달하는 값이었다.

2. Pubertal stage TBMC 및 TBMD와 femoral and Spine BMD의 변화에 상당히 영향을 미쳤다.

3. Pubertal stage는 TBMD, TBMC, Femoral BMD 및 Spine BMD와 양의 상관관계를 ALP와 osteocalcin는 음의 상관관계를 나타내었다.

4. Crosslink value는 측정된 모든 부위의

BMD에 대하여 유의적 음의 상관관계를 나타내었다.

5. Fat mass와 lean body mass 및 triceps skinfold thickness는 TBMD와 유의적 양의 상관관계를 나타내었다.

골밀도의 증가 변화는 성장발달과 깊이 연루되어 있으므로 사춘기의 골질량 및 골밀도에 기여하는 인자들에 대한 인식은 골다공증 예방법 개발에 매우 중요하다고 보겠다. 제한적 연구이긴 하지만 사춘기 소녀들의 초경후 2~3년 동안 혹은 pubertal development중 마지막 모든 성인의 성장이 드러나는 시기에 급격한 골밀도의 증가가 있었으므로 이 시기에 전 보고에서 골밀도와 칼슘 섭취량과는 상관관계가 높게 나타났으므로 청소년들의 알맞은 영양섭취와 더불어 적당한 체지방과 lean body mass 즉 체중의 유지가 이 시기에 중요한 변수이며 아울러 triceps skinfold-thickness는 bone density의 간단한 측정방법으로 이용 될 수 있다고 보여진다.

## 참고 문헌

1. 경제기획원 조사통계국 인구 센서스 보고, 1989.
2. Christiansen C, Riis BJ Redbro P, Screening Procedure for woman at Risk of developing Postmenopausal osteoporosis, Osteoporosis Int, 1, 35-40, 1990.
3. Lukert. B. P. Osteoporosis-a review and up-

- date, Arch phys Med Rehab, 63, 480-487, 1982.
4. Kotowicz MA, Klee GG, Kao PC, O'Fallon WH, Hodgson SF, Cedel SL, Eriksen EF, Daryll Onchoroff GG, Judd HL, Riggs BL. Relationship Between serum Intact Parathyroid Hormone concentrations and Bone Remodeling in type I Osteoporosis : Evidence that skeletal sensitivity is increased, Osteoporosis Int 1, 14-22, 1990.
  5. Tsai K-S, Heath H III, Kumer R, Riggs BL. Impaired vitamin D metabolism with aging women : Possible role in pathogenesis of senile osteoporosis, J Clin Invest, 73, 1668-1672, 1984.
  6. Riggs BL, Wahner HW, Seeman E, Offord KP, Dum WL, Mazess RB, Johnson KA, Melton III LJ, Changes in bone mineral density of the proximal femur and spine with aging, J Clin Invest, 70, 711-723, 1982.
  7. 장준섭. 골조송증의 진단과 치료, 대한의학 협회지, 35(1) : 101, 1992.
  8. Joseph L Melton III David M Eddy C Conrad J Jr. Screening for osteoporosis, Ann Intern Med, 112, 516-528, 1990.
  9. 조수현. 폐경과 골다공증, 대한의학협회지, 35(5) : 587, 1992.
  10. Amundsen DW, Diers CJ. The age of menopause in classical Greece and Rome, Hum Biol, 42, 79-83, 1970.
  11. Riggs BL, Whner HW, Melton LJ III. Richelson LS, Judd HL, Offord KP. Rates of bone loss in the axial and appendicular skeletons of woman : evidence of substantial vertebral bone loss prior to menopause, J Clin Invest 77, 1487-1491, 1986.
  12. 주영신. 한국 중년 여성의 연령 증가에 따른 골밀도 변화에 관한 연구, 이화여대 석사논문, 1990.
  13. 이종호, 문수재, 임승길, 허갑범 등. 폐경전 40대 한국 여성들의 영양섭 취와 골밀도와의 관계, 한국영양학회지, 25(2) : 140-149, 1992.
  14. 한인권, 박원근 등. 한국인 갱년기 여성의 골밀도 및 호르몬 변화에 관한 연구, 대한내분비학회지, 4(1) : 21-28, 1989.
  15. 문수재, 최은정, 이명희, 임승길, 허갑범. 폐경이후 여성의 영양 섭취 및 활동상와 골밀도의 상관관계에 관한 연구, 연세생활과학논집, 7 : 27, 1993.
  16. 이보경, 장유경, 조수현. 폐경후 여성의 골밀도에 대한 환경, 생리적 요인의 영향, 한국영양학회지, 25(7) : 656, 1992.
  17. 이보경, 장유경, 최경숙. 폐경후 여성의 골밀도에 대한 영양소 섭취 실태의 영향, 한국영양학회지, 25(7) : 642-655, 1992.
  18. Wasnich RD. Bone mass measurements in diagnosis and measurement of therapy, Am J Med, 91(S 5B), 54S-58S, 1991.
  19. Jo L Freudenheim, Nancy E Johnson, Everett L. Smith. Relationship between usual nutrient intake and bone mineral content of women 35~65years of age : longitudinal and cross-sectional analysis, Am J Clin Nutr, 44, 863-876, 1986.
  20. Tomlloyd, Nan Rollings, et al. Determinants of bone density in young woman. I. Relationships among pubertal development, total body, bone mass and Total body bone density in premenarchal females, J Clin Endocrinol Metab, 75(2), 383-387, 1992.
  21. P. J. Kelly, J. A. Eisman, et al. Interaction of genetic and environmental influences on peak bone density, Osteoporosis Int, 1, 56-60, 1990.
  22. Garn SM, Solomon MA, Friedl J. Calcium intake and bone health in the elderly, Ecol Food Nutr, 10, 131, 1981.
  23. Susan MO. Attainment of peak bone mass, J Clin Endocrinol Metab, 71, 1082A, 1990.
  24. Banjour JP, Theintz G, Buchs B, Slosman D, Rizzoli R. Critical years and stages of puberty for spinal and femoral bone mass accu-

- mulation during adolescence, *J Clin Endocrinol Metab*, 73, 555, 1991.
25. 최미자. 한국 사춘기 소녀들의 골밀도와 환경요인들과의 관계( I ), *동아시아 식생활학회지*, 4(3) : 21-30, 1994.
  26. Marshall WA and Tanner JM. Variations in patterns of pubertal changes in girls, *Arch Dis Child*, 44, 291-303, 1969.
  27. 임승길, 정현철, 이미경, 김현만, 허갑범, 김남현, 박병문. 한국여성 골조송증 환자들에서 보인 골조송증 위험인자(예보), *대한내과학회잡지*, 34(4) : 444-451, 1988.
  28. Gallagher JC. The pathogenesis of osteoporosis, *Bone and Mineral*, 9, 215-227, 1990.
  29. McCormic DP, Ponder SW, Fawcett HD, Palmer JL. Spine bone mineral density in 350 normal and obese children and adolescents : evidence for ethnic and sex differences, *J Bone Mineral*, 6, 507-513, 1991.
  30. Dhuper S, Warren MP, Brooks-Gunn J, Fox R. Effect of hormonal status on bone density in adolescent girls, *J Clin Endocrinol Metab*, 71, 1083-1088, 1991.
  31. Mazaea RB and Barden HS. Bone density in premenopausal women : effect of age, dietary intake, physical activity, smoking and birth-controll pills, *Am J Clin Nutr*, 53, 132-142, 1991.
  32. Sowers MF, Kshirsagar A, Crutchfield M, Updike S. Bone composition, age, and femoral bone mass of young sadult women, *Ann Epidemiol*, 1, 245-254, 1991.
  33. Buchana JR, Myers C, Lloyd T, Greer RB. Early vertebra, trabecular bone loss in normal premenopausal women, *J Bone Mineral Res*, 3, 583-587, 1988.
  34. 한인권. 한국 여성의 골밀도 측정 및 Bone Maker, 제44차 대한내과학회 추계학술대회 심포지움집, 37-41, 1992.
  35. 정호연, 장학철, 김치징, 민용기, 문인걸, 한인권. 폐경후 여성에서 골지표로서의 소변내 pyridinoline cross links 유리에 관한 연구, 제 5차 대한골대사학회 추계학술대회 초록집, 8, 1993.
  36. 국민영양조사보고서, 보사부, 1988.
  37. Frisancho AR. New norms of upper limb fat and miuscle area for assessment of nutritional status, *Am J Clin Nutr*, 34, 2542-2549, 1981.
  38. Nieman DC. The sports medicine fitness course, Palo Alto, Califo, Bull publishing Co, 1986.
  39. 이남호, 임승길, 정윤석, 송영득, 안광진, 이현철, 허갑범, 최미숙, 이종호. 한국인 여성 최대 골질량 형성 중요 시기에 영향을 미치는 요인들에 관한 연구(예보), *대한내과학회잡지*, 44(2) : 248-255, 1993.