

한국 여대생의 2년간의 골밀도 변화와 이에 영향을 미치는 요인 분석*

송 윤 주 · 백 희 영[§]

서울대학교 식품영양학과, 생활과학연구소

Effect of Dietary, Biochemical and Other Factors on Bone Mineral Density Change for 2 Years in Korean College Women*

Song, Yoon Ju · Paik, Hee Young[§]

Department of Food & Nutrition and Research Institute of Human Ecology, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to examine whether bone mineral density changes in 55 young Korean college women aged 19 to 26 years over 2 years and nutritional and biochemical factors are related. Bone mineral density (BMD) was measured in the spine (LS), femoral neck (FN), ward's triangle (WT), and femoral trochanter (FT) by dual energy X-ray absorptiometry three times at one-year intervals. Serum osteocalcin (OC), parathyroid hormone (PTH), and urinary cross-linked N-teleopeptides of type collagen (NTx) were measured. Dietary intake was assessed 8 times with 24-hour recall method. Physical activity (PA) was obtained by questionnaire and body fat content was measured by bioelectrical impedance analysis at baseline and after 2 years. Analyses were performed on 34 subjects with all three BMD measurements. The BMDs at the lumbar spine gradually increased over 2 years, while the BMDs of three sites at the femur were sustained or increased. The mean OC, PTH had a similar pattern with the change of BMD at the femur. The mean NTx decreased over 2 years but was still higher than those in other studies. BMI, body fat, vitamin A and zinc intake had a significant correlation with LS-BMD. Femur, PTH, body fat, vitamin A, vitamin B₂ and calcium intake had a significant correlation with WT-BMD and was mostly influenced by diet. By multiple regression analysis, it was shown that the significant factors affecting the LS-BMD were BMI and vitamin A intake and those affecting FN and WT were age, BMI, PTH and calcium intake. These results indicate that some Korean women still experience increases in BMD and that this was associated with PTH and vitamin A and calcium intake. Therefore, proper diet and diet management is needed to increase changes in BMD among college women. (*Korean J Nutrition* 36(2): 175~182, 2003)

KEY WORDS : bone mineral density change, dietary factor, biochemical factor, korean college women.

서 론

대부분의 골다공증 환자에서는 1/3이상의 골손실이 있고, 대퇴부, 목, 척추 등에 골절이 발생할 때까지 뚜렷한 증상 없이 서서히 진행되므로 많은 환자들이 충분히 예방할 수 있는 시기를 놓치고 일단 골절 사고가 발생했을 때에는 회복이 어렵고 골절에 의한 통증, 경제적 손실, 신체장애 등 저하된 삶의 질을 경험하게 된다. 현재까지는 골다공증 환자를 위한 안전하고 효과적인 치료방법이 없기 때문에 예방이 가장 중요하며 지금까지 알려진 최선의 예방과 치료는 성

장기 동안의 최대골질량을 극대화하는 것과 골손실 위험 인자를 피하는 것이다.¹⁻³⁾ 최근 Anderson⁴⁾에 의하면 아시아에서도 골반 골절이 현저히 증가할 것으로 전망하였는데, 그것은 동물성 단백질 지나친 섭취와 신체활동의 저하와 같은 서구 생활패턴의 증가와 그리고 급격히 늘고 있는 노인인구 등에서 그 원인을 꼽고 있다. 우리나라의 경우 약 200만 명의 골다공증 환자가 있는 것으로 예상되며, 연간 만오천명 정도의 근위 대퇴골 골절이 발생하는 것으로 추산된다.⁵⁾

골격대사에 관련된 연구는 골형성이나 골손실이 오랫동안 걸쳐 일어나는 일이므로 장기간에 걸친 연구를 해야 한다. 그러므로 골격상태를 평가하는 지표로서 생화학적 지표를 많이 이용하게 된다. 혈청 osteocalcin은 골형성과 관련된 지표로서, 여러 연구에서 폐경기 나이와 더불어 칼슘보유에 주요인자로 분석되었으며, 연령이 어릴수록 수치가 높은

접수일 : 2003년 1월 6일

채택일 : 2003년 2월 5일

*This research was supported by grants from Korean Research Foundation of 'Brain Korea 21'.

[§]To whom correspondence should be addressed.

것으로 나타나 골형성이 어린 시기에 많이 일어나고 있음으로 보여준다.^{6,7)} NTx는 최근 활발히 이용되고 있는 지표로서, 골용출시 소변으로 기본적으로 어떠한 변형없이 배설되므로 골용출의 좋은 지표가 된다.⁸⁾ NTx의 수치는 일반적으로 어린 시기에 높은 값을 보이고, 20대를 지나 점차 감소하여 안정기에 접어들다가, 폐경기에 이르러 다시 극적으로 증가하는 경향을 보이는데^{8,9)} 이것은 어린 시기에 골용출과 골형성이 모두 활발하다가 점차 그 활동이 줄어든 후 폐경기에 이르러 다시 골용출이 활발해지는 것을 나타낸다.

골다공증의 효과적인 예방책의 하나로 꼽는 것이 식이 중 칼슘 섭취량이다. 그러나 우리나라의 경우는 칼슘이 1일 섭취 영양소 중 가장 부족하기 쉬운 영양소로 평가되고 있으며,¹⁰⁾ 특히 여대생의 칼슘 섭취량은 여러 조사에서 가장 낮게 섭취하는 것으로 조사되었다.¹¹⁻¹³⁾ 그러므로 골격량이 증가하는 여대생 시기에 칼슘 영양상태가 불량한 것은 폐경기 이후에 발생하기 쉬운 골다공증에 대한 위험성을 높이는 요인이 되므로 바람직하지 않다.

우리나라의 골밀도에 관한 연구들은 폐경기 전후의 여성을 중심으로 이루어져 왔다. 폐경전·후 여성을 대상으로 한 여러 연구¹⁴⁻¹⁶⁾에서, 높은 칼슘 섭취량, 많은 신체활동, 그리고 높은 동물성 식품 섭취가 골밀도 유지에 중요한 요인으로 보고되었다. 농촌 여성을 대상으로 한 연구¹⁷⁾에서는 골감소증이나 골다공증으로 분류된 대상자가 50%를 넘어섰다. 이처럼 폐경기 전후의 여성들에 대한 골밀도의 연구는 어느 정도 진행되고 있으나 젊은 여대생이나 성장기에 있는 어린이를 대상으로 한 연구는 미비한 편이다. 최근 실시된 성장기 소녀와 여대생에 관한 연구^{18,19)}에서는, 신체활동, 체중, 아동기의 우유 섭취량, 그리고 초경나이가 중요한 요인으로 나타났으나 횡단적인 연구로서 장기간에 걸친 연구는 극히 드물다.

이에 본 연구에서는 골형성기에 있을 것으로 사료되는 여대생을 대상으로 2년간 골밀도를 측정하여 그들의 증가 여부와 그 변화에 영향을 미치는 요인을 생화학적 지표와 식이 변수 그리고 신체활동 지표를 이용하여 다각적으로 분석하고자 한다.

연구 방법

1. 연구 디자인

본 연구의 연구설계를 Fig. 1에 제시하였다. 본 연구는 건강한 여대생 총 55명을 대상으로 연구 시작시 골밀도와 신체계측 및 생화학 검사 그리고 식이섭취조사와 신체활동

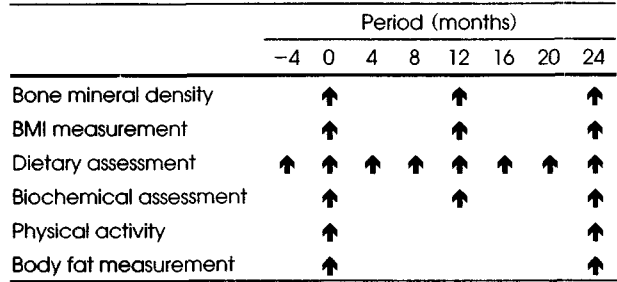


Fig. 1. Study Design.

Table 1. General characteristics of the subjects (N = 55)

	Mean ± SD	Range
Age (yrs)	21.5 ± 1.4	19 - 26
Menarche (yrs)	12.7 ± 1.3	10 - 15
Postmenarcheal period (yrs)	8.9 ± 1.7	6 - 13
Height (cm)	160.2 ± 5.1	152 - 179
Weight (kg)	52.1 ± 6.4	42.4 - 70.0
BMI	20.3 ± 2.0	16.4 - 25.3
Body fat (baseline) (n = 48)	13.6 ± 3.1	8.6 - 20.2

설문을 실시하였다. 골밀도와 생화학 검사는 1년 마다 총 3번을 실시하였고 식이 섭취 조사는 연구기간 동안 4개월마다 총 8번의 조사를 통해 일상 섭취량을 가늠하였다. 신체활동 설문과 체지방 측정은 연구 시작과 종료시 2번을 실시하였다.

2. 조사 대상

조사 대상자는 자유로운 식이를 하고 특별한 질병이나 약물을 복용하고 있지 않는 여대생들로 본 연구의 내용을 이해하고 참여하기로 동의한 총 55명을 대상으로 실시하였다. 본 대상자의 평균 연령은 21.5세였고, 대상자의 기본 특성은 Table 1에 제시하였다.

3. 골밀도 측정

연구 대상자들의 신장, 체중을 측정한 후 시간이 짧고 정밀도가 우수하며 현재까지 가장 정확하고 안전하다고 알려진 이중 에너지 방사선 골밀도 측정기 (dual energy X-ray absorptiometry, DEXA: Lunar Radiation corp., Madison, Wisconsin, U.S.A.)를 이용하였다. 본 연구는 1998년 5~6월에 처음 시작하였으며 총 55명 대상으로 하였고, 1년 후인 1999년 6~7월에 그 중 40명을 대상으로, 2년 후인 2000년 6~7월에 그 중 34명을 대상으로 골밀도를 측정하였다. 골밀도 촬영은 서울대학 병원 진단방사선과에 의뢰하여, 세 번 모두 같은 기기로 촬영하여 기계상의 오차를 최소화하였다. 측정부위는 골다공증에 주요 지표가 되는 요추 (lumbar spine)와 대퇴부위 (femur)로서, 요추는 제 2 요추에서 제

4 요추 (L2-L4) 부위의 평균수치를 이용하였고, 대퇴부위는 대퇴경부 (femoral neck, FN), 와드삼각 (ward's triangle, WT) 및 대퇴전자부 (femoral trochanter, FT)의 수치를 이용하였다.

4. 생화학적 조사 및 체지방 측정

혈액은 검사 전날 자정부터 금식을 하여 오전 9시에서 11 시경에 채취하였으며, 채혈된 혈액은 원심분리기로 혈청을 분리하여 -70℃에 냉동 보관하였다. 소변은 검사 날 아침 2번째 소변으로 받았으며 실험 전까지 -70℃에 냉동 보관하였다. 분리된 혈청에서는 골형성지표라고 알려진 osteocalcin과 칼슘대사에 관여하는 parathyroid hormone (PTH) 그리고 소변에서 골용출 지표인 N-telopeptide of type I collagen (NTx)를 측정하였다.

혈청내 osteocalcin은 방사면역측정법 (radioimmunoassay, RIA)을 이용한 Kit (OSCA test Osteocalcin (BGP), BRAHMS, Germany)를 사용하여 측정하였으며 측정기기는 γ -counter (COBRA 5010 Quantum, PACKARD corp. U.S.A.)를 사용하였다. 혈청내 parathyroid hormone (PTH) 함량은 방사면역측정법 (RadioImmunoAssay, RIA)을 이용한 Kit (1-PTH IRMA CT, RADIUM, Italy)를 사용하여 측정하였으며 측정기기는 γ -counter (COBRA 5010 Quantum, PACKARD corp. U.S.A.)를 사용하였다. 혈청내 소변내 NTx (N-telopeptide of type I collagen)은 효소면역시약 (Osteomark®, OSTEX, U.S.A.)을 이용하여 분석하였고, 측정기기는 ELISA Reader (Benchmark, BIO-RAD, Japan)를 사용하였다. NTx는 creatinine 1 mmol 당 bone collagen equivalent (BCE) nmol로 표현하였으며, 개인간의 변이를 보정하기 위한 creatinine를 측정하였다. Creatinine 측정은 Jaffe반응을 이용한 Folin법 (Butler, 1996)으로 흡광도를 측정하여 농도를 계산하였다. 측정기기는 흡광계 (DU.* 650 spectrophotometer, BECKMAN, U.S.A.)를 이용하였다.

대상자들의 체지방 측정은 생체 전기 임피던스법 (Bioelectrical Impedance Analysis BIA)을 기초로 한 Inbody 2.0 (Biospace, Korea)을 이용하였다. 이 Inbody 2.0은 다주파수, 부위별 임피던스 측정기로서, 피검자가 선 자세로 손전극을 붙잡고 발전극을 밟고 있는 동안 마이크로프로세서가 조정하는 on-off 스위치가 작동하여 신체 부위별 임피던스를 자동 측정하는 간편한 방법이다.²⁰⁾

5. 식이 섭취조사 및 신체활동조사

식이 섭취 조사는 24시간 회상법을 이용하였으며 평상시의 식습관을 조사하기 위해 연구기간 동안 각 4개월마다 8

번 실시하였다. 식이 섭취 조사는 전날의 식이 섭취를 직접 면담 식으로 조사하였다. 대상자들에게 조사 전날 섭취한 음식과 음료의 종류와 대략적인 양을 각 끼니별로 조사하였으며, 각 음식에 사용된 재료명과 그 재료의 양을 눈대중량 등을 사용하여 조사하였으며 자세한 내용은 선행연구²¹⁾에 있다.

대상자들의 활동정도를 파악하기 위해 한국인 영양권장량²²⁾에 제시되어 있는 평소활동을 7가지 영역으로 나누어 평소에 각 영역의 활동을 몇 시간 동안 하는지에 대해 작성하게 했다. 7가지 항목은 수면 및 휴양, 가벼운 일 (운전, 식사, 신문 및 텔레비전 보기), 보통 가벼운 일 (서서 움직이기, 가벼운 조리, 설거지), 보통 중등의 일 (실험실 일, 청소, 가벼운 빨래), 중등의 일 (페인트칠, 빨래), 심한 일 (수리, 정원일), 격심한 일 (격심한 운동)이었으며 7가지 항목의 총 활동시간의 합은 24시간이었으며 연구시작과 종료시에 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 골밀도 절대치와 변화율

연구기간 2년 동안 총 3번 측정된 골밀도 수치를 Table 2에 제시하였다. 요추 (LS)는 1.126, 1.132, 1.149 g/cm²로 계속 증가하였고, 대퇴의 경우 대퇴경부 (FN)는 0.973, 0.932, 0.980 g/cm², 와드삼각 (WT)은 0.899, 0.892, 0.936 g/cm² 그리고 대퇴전자부 (FT)는 0.782, 0.758, 0.759 g/cm²로 감소, 증가 및 유지를 하였다. 골밀도 절대치는 본 연구와 비슷한 연령을 대상으로 한 다른 연구들의 결과와 비슷하였고,^{19,23,24)} 미국과 북유럽 백인여성을 대상으로 한 연구와 비교해 보면 다소 낮은 것을 알 수 있다.²⁵⁾

Table 2. Bone mineral density measured in each year (Mean \pm SD)

Site	Bone mineral density (g/cm ²)		
	Baseline (n = 55)	1 year ¹⁾ (n = 40)	2 years ^{2,3)} (n = 34)
Lumbar Spine	1.126 \pm 0.125	1.132 \pm 0.136	1.149 \pm 0.141*,*
Femoral Neck	0.973 \pm 0.099	0.932 \pm 0.105***	0.980 \pm 0.109***,ns
Ward's Triangle	0.899 \pm 0.116	0.892 \pm 0.126	0.936 \pm 0.129***,***
Femoral Trochanter	0.782 \pm 0.110	0.758 \pm 0.106***	0.759 \pm 0.114 ^{ns,*}

1) Mean values were significantly different between baseline and 1st year by paired t-test (*p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001)
 2) Mean values were significantly different between 1st and 2nd year by paired t-test (*p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001)
 3) Mean values were significantly different between baseline and 2nd year by paired t-test (*p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001)

골밀도의 변화를 보면, 요추 (LS)의 경우는 2년 동안 골 밀도가 서서히 증가하는 경향을 보였고 연구시작 시와 종료 시의 골밀도를 개인별로 비교했을 때 유의적인 증가를 나타냈다. 대퇴경부 (FN)는 1년 후 유의적인 감소를 보이다가 다시 2년 후에는 연구시작시 수준만큼 회복하여 증가하는 경향을 보였고, 와드삼각 (WT)은 요추와 마찬가지로 서서히 증가하는 경향을 보였으며, 대퇴전자부 (FT)는 1년 후 유의적인 감소를 2년 후까지 이어가는 경향을 보였다. 연구시작 시에 비해 2년 후 유의적 증가를 보인 곳은 요추와 와드삼각이었고, 유지한 곳은 대퇴경부, 그리고 유의적 감소를 보인 곳은 대퇴전자부였다. 즉, 요추 골밀도는 확실히 증가하는 경향을 보였고, 대퇴 경우는 세 부위가 감소와 증가 및 유지 등의 다소 복잡한 패턴을 보였다.

골밀도 변화율은 1차 년도와 2차 년도 그리고 2년 동안의 백분율로 나타냈다 (Table 3). 요추의 경우는 1차 년도 변화율, 2차 년도 변화율 모두 양의 값으로 계속 증가하는 경향을 뚜렷이 보여주었으며, 1차 년도 변화율보다 2차 년도 변화율이 약간 큰 것으로 보아 요추의 골밀도는 20대

Table 3. Percent change of bone mineral density during the study period (Mean \pm SD)

	Bone mineral density change (%)		
	1st year ^a (n = 40)	2nd year ^b (n = 34)	2 years ^c (n = 34)
Lumbar spine	1.03 \pm 3.82	1.62 \pm 4.12*	2.53 \pm 3.99***
Femoral neck	-3.55 \pm 3.35***	5.55 \pm 6.32***	1.63 \pm 5.84
Ward's triangle	-0.05 \pm 4.37	5.21 \pm 6.00***	5.17 \pm 6.88***
Femoral trochanter	-2.74 \pm 3.73***	0.68 \pm 7.13	-2.18 \pm 5.40*

Mean values were significantly different by paired t-test (*p < 0.05, ***p < 0.001) (For H0: Percent change are zero)

^a1st year: percent change between baseline and one year follow-up measurements

^b2nd year: percent change between one-year and two-year follow-up measurements

^c2 years: percent change between baseline and two-year follow-up measurements

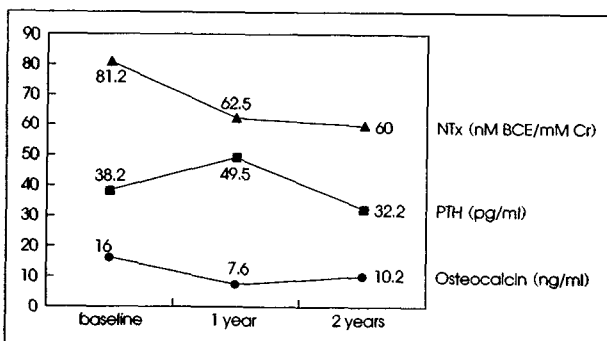


Fig. 2. Change of biochemical indices of study subjects during the study period.

후반까지도 계속 증가하리라 보여진다. 대퇴부위의 경우는 1차 년도 변화율은 음의 값을 보였지만, 2차 년도 변화율은 모두 양의 값을 보여서 대퇴부위의 골밀도 또한 요추의 골 밀도 만큼 왕성하게 증가하지는 않아도 여전히 유지 또는 증가한다고 볼 수 있다.

2. 생화학적 조사와 체지방 조사

골대사에 관련된 생화학적 요인인 혈청 osteocalcin, 혈청 PTH, 그리고 소변 NTx의 수준을 Fig. 2에 제시하였다. 골격의 형성 정도를 나타내주는 혈청 osteocalcin은 연구 시작시 16 ng/ml이었으나, 1년 후 7.6 ng/ml로 감소하였고, 다시 2년 후 10.2 ng/ml로 증가하였다. 개인별 대응비교 (paired t-test)를 해보면 1년 후의 변화와 1년과 2년 사이의 변화는 유의적인 차이가 있었으며 총 2년간의 차이에는 유의적인 변화가 없었다. 반면 칼슘 대사를 조절하는 혈청 PTH는 35 pg/ml에서 1년후 50 pg/ml로 증가하였다가 다시 2년 후 32 pg/ml로 감소하였다. 혈청 PTH도 혈청 osteocalcin과 마찬가지로 1년 후의 차이와 1년 후와 2년 후 사이의 차이는 유의적 증가와 감소를 나타냈으나, 전체 2년에 대한 차이에는 유의적인 변화가 없었다.

이들의 변화는 대퇴부위 골밀도가 1년 후 약간 감소를 보이다가 다시 증가하는 경향과 일치하는 것이다. 즉, 1년 후 대퇴 골밀도가 감소를 보인 시기에 골형성 지표인 혈청 osteocalcin의 수준은 절반 정도로 감소하였고 골용출과 관련된 지표인 혈청 PTH 수준은 1.5배정도 증가한 것을 볼 수 있으며 2차 년도에 측정하였을 때는 골밀도 증가와 함께 혈청 osteocalcin 수준은 증가하였고 혈청 PTH 수준은 감소하였다. 이것으로 볼 때, 1차 년도 대퇴골밀도 감소와 2차 년도 회복 및 증가에 혈청 osteocalcin과 PTH가 어떤 연관성을 가지고 있으리라 사료되나 정확한 기작은 알 수 없다.

혈청 osteocalcin에 대한 다른 연구⁶⁾를 보면, 평균 13세의 여자 어린이 그룹의 수치는 50 ng/ml이었고, 평균 22세의 젊은 여성 그룹의 수치는 18 ng/ml였으며, 또 다른 연구⁷⁾에서는 평균 17세의 여자 수치가 33.4 ng/ml로써, 성장기를 지나 성인여성으로 갈수록 혈청 osteocalcin수치가 떨어지는 것을 볼 수 있으며, 본 연구 대상자의 수치는 22세의 젊은 여성과 비슷한 수준을 보였다. 그러나 1년 후 급격히 절반 수준으로 떨어진 것은 정상적인 참고치 (9~55)보다도 낮은 수치이다. 그러나 소변의 NTx 배설량은 1년 후 대퇴 골밀도가 감소하였다가 다시 증가하는 패턴과 관계없이 2년 동안 꾸준히 감소한 것으로 나타났다. 본 대상자의 NTx 배설량은 연구시작 시 80 nM BCE/mM Cr에서

1년 후 64로 2년 후에는 60으로 서서히 감소하였다. 건강한 4~20세 어린이 및 청소년과 22~45세 성인 미국인을 대상으로 한 Mora 등³⁾의 연구에서, 어린이의 경우 NTx는 가장 높은 수치인 354를 보이다가 사춘기 단계에 따라 322, 128로 감소하다가 평균 18세에서는 63을 그리고 22~45세의 성인여성에서는 54를 나타냈다. 19~80세 일본 여성을 대상으로 한 Taguchi 등⁹⁾의 연구를 보면, 20대를 시작으로 30대까지 감소하다가 폐경 후 5년 사이에 다시 극적으로 증가하는 경향을 보였다. 즉, 소변의 NTx 배설량은 성장기 단계에 높은 수준을 보이다가 성인에 되어 그 수준이 최소로 유지되다가 다시 나이가 들어 증가하여 폐경기에는 최고치를 이르는 것으로 볼 수 있다. 이것은 골형성과 골용출 모두가 사춘기 시절에는 왕성하고 성인기에는 골형성과 감소가 어느 정도 유지되다가 폐경기가 되면 골용출이 더욱 증가하는 것으로 설명할 수 있다. 본 연구시작 시 측정된 소변의 NTx 배설량이 80에서 60으로 22~45세의 미국성인여성에게 비해 아직은 높은 수치이므로 본 연구의 대상자의 경우 아직도 골형성과 용출이 왕성한 시기로 볼 수 있으므로 골질량을 높이는 데 노력을 기울여야 할 것이다.

체지방의 경우는 연구 시작시 절대 체지방량이 13.6 kg, 체지방 비율이 26%였고, 연구 종료시 체지방량이 14.8 kg으로, 체지방 비율이 28%로 약간 증가하였으나 큰 차이는 보이지 않았다 (결과 생략).

골밀도 변화율과 생화학적, 체지방 요인과의 관련성을 보기 위해 상관분석을 실시하였다 (Table 4). 상관분석에는 골밀도 측정을 3번 모두 한 34명의 대상자 중 이상값을 가지는 4명을 제외한 30명을 대상으로 실시하였다. 요추 골밀도 (LS)는 BMI와 체지방량과 음의 상관관계를 보여서, BMI 낮거나 체지방이 적었던 대상자일수록, 요추의 골밀도 증가가 컸음을 나타낸다. 대퇴경부 (FN)는 혈청 Osteocalcin과

체지방량과 음의 상관관계를 보였으며, 와드삼각 (WT)는 혈청 PTH와 체지방량과 음의 상관관계를 나타냈다. 체지방의 경우는 요추 뿐 아니라 대퇴의 두 부분에서 체지방이 적은 대상자일수록 골밀도 변화가 큰 것으로 나타났다. 체지방의 축적이 골밀도 변화를 증가시키는데 중요한 요인임을 알 수 있다. 그리고 대퇴전자부 (FT)는 소변의 NTx와 양의 상관관계를 나타내서 NTx가 높은 대상자일수록 대퇴전자부 변화가 큰 것으로 나타났다.

3. 식이섭취조사와 신체활동조사

본 대상자의 8번 24시간 회상법에 의한 평소의 에너지 섭취는 1,741 kcal (1,121 kcal~2,402 kcal)로 섭취하고 있었으나 전반적으로 에너지의 섭취는 적은 편이다. 각 영양소 섭취를 제 7 차 영양권장량²²⁾의 20~29세 여성 권장량과 비교해보면 에너지는 87%, 단백질은 115%, 칼슘은 68%, 인은 128%, 철분은 70%, 비타민 A는 74%, 비타민 B₁은 100%, 비타민 B₂는 83%, 나이아신은 130%, 아연은 80%로 섭취하고 있었다 (Fig. 3). 즉, 영양권장량보다 섭취를 적게 하고 있는 영양소는 에너지, 칼슘, 철분, 비타민 A, 비타민 B₂, 아연이었고, 골밀도 형성에 중요한 칼슘은 권장량의 68%로 가장 빈약한 섭취상태를 보였으며 또한 여성에게 중요한 철분의 섭취도 그 다음으로 낮게 나타나서 여대생의 영양상태는 전반적으로 부실한 것을 알 수 있었다.

골밀도 변화율과 식이와의 상관관계를 보기 위해 평균 일일 섭취량과 1,000 kcal당 영양소 밀도를 가지고 분석하였

Table 4. Pearson correlation coefficients between biochemical, anthropometric factors and bone mineral density change during 2 years

	Bone mineral density change (n = 30)			
	LS	FN	WT	FT
BMI ³⁾	-0.3828*	-0.1788	0.0145	-0.1328
Osteocalcin ³⁾	-0.2051	-0.4386*	-0.0834	-0.1599
PTH ⁴⁾	-0.2063	-0.2899	-0.3315*	-0.2777
NTx ³⁾	0.1689	0.2278	0.2357	0.4028*
Body fat ³⁾	-0.3333*	-0.3059	-0.0647	-0.2899
Body fat ⁴⁾	-0.2950	-0.5763*	-0.4235*	-0.3748

1) LS: Lumbar spine, FN: Femoral neck, WT: Ward's triangle, FT: Femoral trochanter

2) *0.05 < p < 0.1, *p < 0.05

3) The mean values measured at the baseline

4) The mean values measured after 2 years

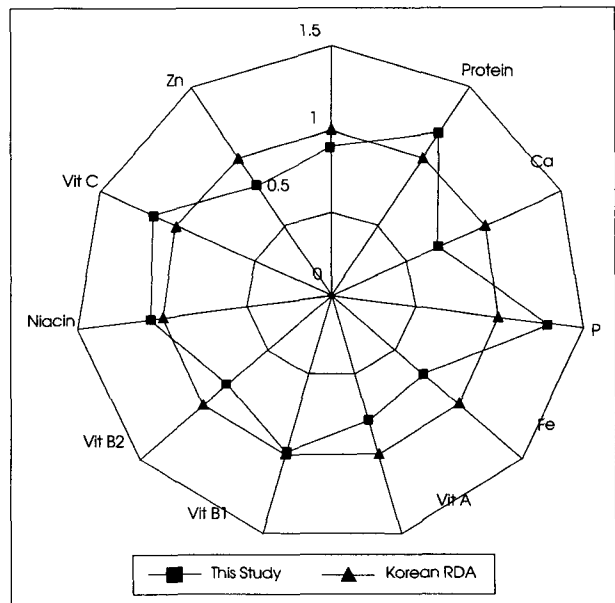


Fig. 3. Nutrient intake of subjects as percent of Korean RDA (by the multiple 24hr recall method).

Table 5. Pearson correlation coefficients between dietary factors and bone mineral density change during 2 years

	Bone mineral density change (n = 30)			
	LS	FN	WT	FT
Nutrient Intake				
Fat (g)	0.3114*	-0.1238	0.1058	0.2545
Calcium (mg)	0.0171	0.0907	0.3649*	0.0872
Vitamin A (RE)	0.4577*	0.3000	0.4287*	0.3624*
Zinc (mg)	0.3922*	0.0920	0.2410	0.1287
Cholesterol (mg)	0.1040	-0.1208	0.1699	0.3385*
Nutrient Density				
Protein (g/1000 kcal)	0.2872	0.2500	0.4620*	0.2037
Fat (g/1000 kcal)	0.3705*	-0.1009	0.1142	0.1860
Calcium (mg/1000 kcal)	0.0202	0.1342	0.3929*	-0.0646
Phosphorus (mg/1000 kcal)	0.1064	0.1745	0.3717*	0.0929
Iron (mg/1000 kcal)	0.0680	0.3692*	0.3460*	0.0034
Vitamin A (RE/1000 kcal)	0.4418*	0.3649*	0.4426*	0.2835
Vitamin B ₂ (mg/1000 kcal)	0.3102*	0.1917	0.3791*	0.0973
Vitamin C (mg/1000 kcal)	0.0835	0.2271	0.0020	-0.3294*
Zinc (mg/1000 kcal)	0.4406*	0.2132	0.3044	-0.0414

1) LS: Lumbar spine, FN: Femoral neck, WT: Ward's triangle, FT: Femoral trochanter

2) *0.05 < p < 0.1, *p < 0.05

다 (Table 5). 요추 골밀도는 일일 섭취량, 영양소 밀도 모두에서 지방과 비타민 A 그리고 아연 섭취와 유의적인 양의 상관관계를 나타냈다. 대퇴경부 (FN)는 철분과 비타민 A 섭취와 양의 관련성을 보였다. 와드삼각 (WT)은 단백질, 칼슘, 철분, 비타민 A, 및 비타민 B₂ 섭취와 유의한 양의 관련성을 가졌으며, 다른 골밀도 부위와 비교해 볼 때, 식이와 가장 밀접한 관련을 가진 것으로 나타났다. 대퇴전자부 (FT)는 비타민 A와 콜레스테롤이 양의 관련성이 있는 변수로 나타났다. 이것으로 볼 때, 요추 (LS)의 경우 비타민 A와 아연 섭취가 부족되지 않도록 해야 되며, 대퇴의 와드삼각 (WT)의 경우는 단백질, 비타민 A, 및 칼슘의 섭취가 부족되지 않도록 해야 한다. 와드삼각 (WT)의 경우, 다른 부위와 다르게 해면골이 풍부하고, 여성의 골다공증은 에스트로겐 결핍으로 인한 해면골 손실이 주된 양상이므로,²⁵⁾ 와드삼각 (WT)이 식이와 가장 밀접한 영향을 갖는 것은 중요한 의미가 된다. 자신의 골질량을 최대로 유지하기 위해서는 어린 시절부터 식이 관리가 필요하지만, 본 연구의 대상자인 여대생의 경우는 여전히 골질량의 형성의 가능성이 남아있으므로 이 시기에도 칼슘 섭취 및 다른 영양소의 섭취가 부족 되지 않도록 노력하는 것이 중요하다.

대상자들의 신체활동 조사는 표로 제시하지는 않았지만, 한국인 영양권장량²²⁾에 제시된 7가지 신체활동 항목에 대해 조사하였고, 대상자들의 수면 시간은 평균 7.8시간이었고, 가벼운 활동을 하는 시간이 평균 8.5시간으로 가장 길

었으며 심한 활동이나 격심한 활동을 한다고 응답한 대상자는 불과 10%였다. 각 활동항목의 시간에 대하여 대사계수를 곱하여 활동계수를 계산한 결과 연구시작시 1.55, 연구종료시 1.61로 나타났으며 이것은 한국인 영양권장량²²⁾에 나타난 20~29세 여성의 활동계수 1.52와 비슷한 수치이다. 또한 활동계수와 골밀도 변화사이에 아무런 유의적인 관련성이 없었다. 이것은 신체활동이 골밀도에 긍정적인 역할을 한다고 알려져 있으나 본 대상자들의 신체활동 수준이 거의 비슷하고 격심한 운동을 하는 대상자가 너무 적어 골밀도에 아무런 관련성을 나타내지 못한 것으로 사료된다.

4. 골밀도 변화율에 영향을 미치는 요인들의 다중회귀분석

본 연구에서 측정된 네 부위의 골밀도를 종속변수로 하고 그에 영향을 미치는 독립변수를 찾아 적합한 모델을 만들기 위해, 단계적 회귀분석을 먼저 실시하여 독립변수를 선택한 후 다중회귀분석을 실시하였다 (Table 6). 독립변수는 나이, 초경나이, BMI 등의 연구시작시에 조사한 기본 변수와 혈청 Osteocalcin, PTH, 소변의 NTx의 연구종료시에 얻은 생화학적 변수, 마지막으로 총 8번의 24시간 회상법에서 나온 평균 영양소 섭취량의 식이변수를 사용하였다. 각 부위에 영향을 미치는 독립변수는 각기 달랐으며, 각 모델의 설명력은 대퇴 경부 (FN)와 와드삼각 (WT)이 50%이상으로 높았으며 대퇴전자부가 16%로 가장 낮았다.

요추에는 BMI와 비타민 A가 유의적인 변수로 나왔으며

Table 6. Multiple regression analysis of bone mineral density change during 2 years

	Regression coefficient	SEM	p	R ²
Lumbar Spine				
Intercept	10.4958	6.575	0.1221	
BMI	-0.7202	0.299	0.0232	
Vitamin A	0.0214	0.008	0.0096	
Model			0.0039	0.3375
Femoral Neck				
Intercept	71.238	16.573	0.0003	
Age	-1.7827	0.534	0.0031	
BMI	-1.4315	0.347	0.0005	
Serum PTH	-0.2662	0.089	0.0068	
Calcium	0.0219	0.010	0.0338	
Model			0.0022	0.5344
Ward's triangle				
Intercept	68.6610	18.678	0.0014	
Age	-1.8976	0.602	0.0048	
BMI	-1.2457	0.392	0.0045	
Serum PTH	-0.3929	0.100	0.0008	
Calcium	0.0557	0.011	0.0001	
Model			0.0001	0.6477
Femoral Trochanter				
Intercept	-4.5538	1.180	0.0145	
Urinary NTx	0.0704	0.011	0.0273	
Model			0.0273	0.1622

두 변수에 의해 골밀도 변이가 34% 설명되었다. 대퇴경부(FN)와 와드삼각(WT)에서는 연령, BMI, 혈청 PTH, 칼슘 섭취가 각각 유의한 변수로 나왔으며 4변수에 의해 두 부위 골밀도 변이는 53%, 65% 설명되었다. 대퇴전자부(FT)에는 소변의 NTx만이 유의적인 변수로 나왔으며 그것에 의해 골밀도 변이는 16% 설명되었다. BMI는 요추(LS), 대퇴경부(FN), 와드삼각(WT)에서 음의 기울기를 보였는데, 이것은 BMI가 낮은 대상자가 2년 동안의 골밀도 변화가 컸음을 나타낸다. 칼슘 섭취량은 대퇴경부(FN), 와드삼각(WT)에서 양의 기울기를 보였는데, 이것은 칼슘의 2년간의 평균 섭취량이 높은 대상자가 골밀도 변화율이 컸음을 나타낸다. 혈청 PTH는 대퇴의 두 부위 골밀도에서 골밀도 변화가 큰 대상자는 혈청 PTH가 낮았음을 보여준다.

유춘희 등¹⁹⁾의 여대생을 대상으로 한 연구에서는 초경나이가 4부위의 골밀도에서 모두 중요한 요인으로 나왔으며 BMI와 인, 칼슘 섭취량이 그 다음으로 중요한 인자로 나타났다. 본 연구에서는 초경나이는 큰 영향을 미치지 못하였고, BMI의 경우는 다른 연구^{2,19)}와 다르게 음의 기울기를 보였는데, 그것은 본 연구의 종속변수가 골밀도 절대치가

아닌 골밀도 변화율이기 때문이다. 즉, BMI가 낮은 대상자의 경우는 2년 동안 골밀도 변화의 폭이 큰 것으로 나타났다. 또한 칼슘 섭취도 골밀도 변화를 높이는데 긍정적인 역할을 나타냈으며, 특히 대퇴경부(FN)와 와드삼각(WT)에서 나타난 것은 해면골이 풍부한 와드삼각(WT)의 골밀도 변화에 칼슘 섭취가 중요한 요인임을 보여준다.

요약 및 결론

본 연구에서는 골밀도 형성기에 있을 것으로 사료되는 여대생을 대상으로 2년 동안 골밀도 측정 및 그에 관련된 요인을 추적 조사함으로써 골밀도 변화여부와 그에 영향을 미치는 요인을 조사하였다.

1) 조사 대상자들의 평균 연령은 21.5세, BMI는 20.3으로 건강한 여대생 55명이었으며 2년 동안 모든 조사에 응한 대상자는 그 중 34명이였다.

2) 대상자의 2년간의 평균 골밀도는 요추, 대퇴경부, 와드삼각, 대퇴전자부 1.14, 0.96, 0.91, 0.77 g/cm²였다.

3) 골밀도의 변화율을 살펴보면, 요추는 꾸준히 증가하였고, 대퇴 부위는 부위마다 양상이 다소 차이가 나나, 감소 및 증가, 감소 및 유지 형태를 보여 요추보다는 덜 활발하나 대퇴부위 골밀도 역시 유지 및 증가하고 있는 것으로 나타났다

4) 골밀도에 관련된 생화학적 요인을 보면, 골형성 지표인 혈청 osteocalcin의 경우 감소 및 증가를, 혈청 PTH의 경우는 증가 및 감소를, 골분해 지표인 소변의 NTx의 경우 계속되는 감소형태를 보였다. NTx는 연구기간 동안 계속 감소하였으나 다른 조사에 비해 여전히 높은 수치를 보여서 본 연구의 대상자들이 아직은 골형성이 활발한 것으로 나타났다.

5) 생화학요인 및 신체계측요인과 골밀도와의 상관관계를 보면, 요추의 경우 BMI와 체지방과, 대퇴경부는 혈청 OC과 체지방, 와드삼각은 혈청 PTH와 체지방 그리고 대퇴전자부는 NTx와 유의적인 관련성을 나타냈다.

6) 대상자의 2년간 평균 열량 섭취량은 1,741 kcal였으며, 권장량 미만으로 섭취하고 있는 영양소는 에너지, 칼슘, 철분, 비타민 A이었다. 영양소 섭취와 골밀도 변화율의 상관관계에서는 요추는 비타민 A와 아연 섭취가 대퇴경부는 철분과 비타민 A 섭취가 와드삼각에는 칼슘, 비타민 A, 단백질 섭취가 주요한 요인으로 나타났다.

7) 골밀도 변화율에 영향을 미치는 요인들에 대한 단계적 회귀분석 및 다중회귀분석의 결과, BMI는 세부위의 골밀도에서 유의한 변수로 나타났으며, 요추에서는 비타민 A

섭취량이, 대퇴경부와 와드삼각에서는 혈청 PTH 및 칼슘 섭취량이 중요한 변인으로 나타났다.

이상의 결과를 종합해 보면, 여대생의 시기는 여전히 골질량 형성이 가능한 시기이고, 생화학적인 변수가 골밀도 관리에 이용될 수 있으며, 적절한 칼슘 섭취 및 식이 관리를 하는 것이 앞으로의 골밀도 관리에 중요하다 하겠다.

Literature cited

- 1) Gilsanz V, Gibbens DT, Carlson M, Boechat I, Cann CE, Schulz EE. Peak Trabecular Vertebral Density: A Comparison of Adolescent and Adult Females. *Calcif Tissue Int* 43: 260-262, 1988
- 2) Fehily AM, Coles RJ, Evans WD, Elwood PC. Factors affecting bone density in young adults. *Am J Clin Nutr* 52: 579-86, 1992
- 3) Davis JW, Novotny R, Ross PD, Wasnich RD. Anthropometric, lifestyle and menstrual factors influencing size-adjusted bone mineral content in a multiethnic population of premenopausal women. *J Nutr* 126: 2968-76, 1996
- 4) Anderson JJB. Plant-based diets and bone health: nutritional implications. *Am J Clin Nutr* 70: 539S-42S, 1999
- 5) Chang JS, Moon SW, Jae JH. The relationship between the variation of the femoral neck-shaft angle according to age and the fracture of the hip [abstract]. *Korean Society of Bone Metabolism*. Spring, 2000
- 6) Weaver CM, Peacock M, Martin BR, Plawewski KL, McCabe GP. Calcium retention estimated from indicators of skeletal status in adolescent girls and young women. *Am J Clin Nutr* 64: 67-70, 1996
- 7) Weaver CM, Peacock M, Martin BR, McCabe GP, Zhao J, Smith DL, Wastney ME. Quantification of biochemical markers of bone turnover by kinetics measures of bone formation and resorption in young healthy females. *J Bone Min Res* 12(10): 1717-1720, 1997
- 8) Mora S, Prinster C, Proverbio MC, Bellini A, de Poli SCL, Weber G, Abbiati G, Chiumello G. Urinary markers of bone turnover in healthy children and adolescents: age-related changes and effect of puberty. *Calcif Tissue Int* 63: 369-374, 1998
- 9) Taguchi Y, Gorai I, Zhang MG, Chaki O, Nakayama M, Minaguchi H. Differences in bone resorption after menopause in Japanese women with normal or low bone mineral density: Quantitation of urinary cross-linked N-telopeptides. *Calcif Tissue Int* 62: 395-399, 1998
- 10) Report on 1998 National Health and Nutrition Survey (dietary intake survey). Ministry of Health and Welfare. 1999
- 11) Lyu ES. A study on dietary behaviors of college students in Busan. *Korean J Dietary Culture* 8 (1): 43-54, 1993
- 12) Kim SH. Dietary patterns of university female students in Kongju city: Comparisons among subgroups divided by residence type. *Korean J Nutrition* 28(7): 653-674, 1995
- 13) Song YJ, Paik HY, Lee YS. Qualitative assessment of dietary intake of college students in Seoul area. *J Korean Home Economics Assoc* 36(12): 201-216, 1998
- 14) Yu KH, Kong YA, Yoon JS. A study on dietary factors, urinary levels of Ca, Na and the bone status of women in urban and rural areas. *Korean J Community Nutrition* 1 (1): 71-78, 1996
- 15) Kim HK, Yoon JS. Factors influencing the bone status of Korean elderly women. *Korean J Nutrition* 24(1): 30-39, 1991
- 16) Lee JH, Choi MS, Paik IK, Moon SJ, Lim SK, Ahn KJ, Song YD, Lee HC, Huh KB. Nutrient intake and bone mineral density in Korean premenopausal women. *Korean J Nutrition* 25(2): 140-149, 1992
- 17) Lee JS, Yu CH. Some factors affecting bone mineral density of Korean rural women. *Korean J Nutrition* 32(8): 935-945, 1999
- 18) Choi MJ. Relations between bone mineral density and environmental factors in Korean adolescent girls. *East Asian Society of Dietary Life* 4(3): 21-30, 1994
- 19) Yu CH, Lee YS, Lee JS. Some factors affecting bone density of Korean college women. *Korean J Nutrition* 31(1): 36-45, 1998
- 20) Choi SH, Kim KJ, Sohn CM, Cha GC. The new method of bioelectric impedance analysis. *Korean J Obesity* 6(1): 85-94, 1997
- 21) Song YJ, Paik HY. Effect of dietary factors on bone mineral density in Korean college women. *Korean J Nutrition* 35(4): 464-472, 2002
- 22) Recommended dietary allowances for Koreans, 6th revision, The Korean Nutrition Society, Seoul, 1995
- 23) 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* 22(9): 991-1002, 1996
- 24) Lee HJ, Choi MJ. The effect of nutrient intake and energy expenditure on bone mineral density of Korean women in Taeju. *Korean J Nutrition* 29(6): 622-633, 1996
- 25) Mazess RB, Barden H. Bone density of the spine and femur in adult white females. *Calcif Tissue Int* 65: 91-99, 1999