

폐경 전 · 후 여성의 골밀도 및 골대사 지표에 영향을 미치는 요인

박지연¹ · 최미연² · 이선희¹ · 최윤호³ · 박유경^{2,4§}

삼성서울병원 건강의학센터,¹ 경희대학교 동서의학대학원 의학영양학과,²
성균관대학교 의과대학 삼성서울병원,³ 경희대학교 임상영양연구소⁴

The Association between Bone Mineral Density, Bone Turnover Markers, and Nutrient Intake in Pre- and Postmenopausal Women

Park, Jiyoung¹ · Choi, Miyeon² · Lee, Seonheui¹ · Choi, Yoonho³ · Park, Yookyong^{2,4§}

¹Center for Health Promotion, Samsung Medical Center, Seoul 135-710, Korea

²Department of Medical Nutrition, Kyung Hee University, Yongin 446-701, Korea

³Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul 136-720, Korea

⁴Research Institute of Medical Nutrition, Kyunghee University, Seoul 130-701, Korea

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the association among bone mineral density (BMD), biochemical bone markers, nutrients, and salt intake in premenopausal and postmenopausal women. We evaluated 431 subjects who visited a health promotion center of a university hospital between January 2008 and July 2009. We excluded those who were taking medications or who had an endocrine disorder affecting osteoporosis. The subjects were divided into premenopausal (n = 283) and postmenopausal (n = 143) women. We evaluated the correlation among BMD of the lumbar spine, femoral neck, and total femoral, as well as biochemical bone markers, hormone, serum profiles, general characteristics, nutrient intakes, and food intake frequencies. From a stepwise multiple regression analysis, lumbar spine BMD was positively correlated with weight ($p < 0.001$) and negatively correlated with osteocalcin (OC) ($p < 0.001$). Femoral neck BMD was positively correlated with weight ($p < 0.001$) and negatively correlated with C-telopeptide (CTx) and alkaline phosphatase (ALP) ($p < 0.001$, $p < 0.05$). In premenopausal women, femoral total BMD was positively correlated with BMI ($p < 0.001$) and negatively correlated with CTx ($p < 0.001$). In postmenopausal women, lumbar spine BMD was positively correlated with calcium intake ($p < 0.01$) and negatively correlated with sodium intake ($p < 0.01$). Femoral neck and femoral total BMD were both positively correlated with weight ($p < 0.001$), and femoral neck BMD was negatively correlated with age and ALP ($p < 0.001$, $p < 0.05$). Femoral total BMD was negatively correlated with age and OC ($p < 0.001$, $p < 0.01$). These results suggest that reducing sodium intake may play an important role delaying bone resorption and preventing a decrease in BMD. (*Korean J Nutr* 2011; 44 (1): 29 ~ 40)

KEY WORDS: bone mineral density (BMD), osteocalcin (OC), C-telopeptide (CTx), premenopausal women, postmenopausal women.

서 론

최근 경제성장과 함께 소득수준이 향상되면서 의료기술의 발달 및 개인의 건강에 대한 관심이 높아지고 더불어 삶의 질도 높아지고 있다. 우리나라 국민의 평균수명은 2007년 79.5세로 2000년 76세에 비해 늘었으며¹⁾ 65세 이상 노

인 인구는 2005년 전체 인구의 9.1%로 2003년 8.3%에 비해 증가하였다.²⁾

전 세계적으로 노인 인구가 증가함에 따라 노인영양에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며³⁾ 골다공증 유병률이 지속적으로 높아지고 사회경제적 부담이 증가됨으로써 골밀도에 관한 건강 문제가 대두되고 있다. 골다공증은 그 자체가 문제가 되는 것은 아니나 골절이 되면 일상생활이 불편해지고 사망으로 이어질 수도 있기 때문에 관심을 가져야 한다.⁴⁾ 특히 골다공증은 특정한 예후가 없기 때문에 “소리 없는 질병”이라고 불려지기도 한다.⁵⁾ 골다공증은 주로 노화와 폐경으로 인한 고연령층 여성들에게 가장 많이 나타나는 대표적

접수일: 2010년 9월 3일 / 수정일: 2010년 12월 14일

채택일: 2011년 2월 11일

[§]To whom correspondence should be addressed.

E-mail: ypark@khu.ac.kr

인 건강문제라고 할 수 있다.⁶⁾

골다공증의 발생은 다양한 원인에 의해 나타나고 여러 종류의 병인이 관련되어 있어 그 원인을 간단히 찾기는 어려운 질환이다.⁷⁾ 골다공증 유병률을 정확하게 파악하고 건강한 뼈를 유지하는데 영향을 미치는 관련 요인을 규명하는 것은 노년기에 골다공증으로 인한 골절을 예방하는데 중요하다.⁸⁾

정상적인 골에서는 골흡수와 골형성이 균형적으로 일어나 골의 미세손상을 치료하고 오래된 골조직을 새로운 골조직으로 대체하게 되어 골의 생체기능을 유지하게 되는데 폐경 후 여성에게는 골흡수가 골형성을 초과하게 되면서 골소실이 일어나게 된다.^{9,10)} 이는 에스트로겐 분비의 감소로 골형성은 그대로이나 골흡수가 증가되기 때문이다.¹¹⁾ 따라서 폐경은 골다공증의 가장 중요한 요소로 간주 된다.¹²⁾

여성의 경우 골량은 30~35세에 최고치에 달하며, 그 이후의 골대사는 파골세포에 의한 골흡수와 조골세포에 의한 골형성이 균형을 유지하면서 지속적으로 교체되는 재형성 과정으로 유지되나, 재형성이 흡수된 골량을 따라가지 못하여 골량이 감소하게 되어 매년 1~2%씩 골밀도가 감소하게 된다.¹³⁾ 특히 폐경기 이후에는 첫 3년 동안 연간평균 4~5%의 골량 감소를 보이며 그 이후에는 연간 1~2%의 골량 감소를 보인다고 한다. 이러한 골소실의 원인은 증가된 혈중 난포자극호르몬 (Follicular stimulating hormone: FSH)과 감소된 에스트로겐 농도와 연관된다.

최근 골밀도와 생화학적 표지자에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 생화학적 표지자는 골 재형성 (bone remodeling)의 속도를 알 수 있으며 혈액과 소변으로 검사한다. 생화학적 표지자는 골 형성지표와 골 흡수지표로 나누어진다. 골 형성 지표인 Total alkaline phosphatase는 조골세포에서 분비되는 당단백질로 임상에서 가장 흔히 이용되는 골 형성지표이며 비용적인 면에서 임상에서 많이 사용되어지고 있고 간장질환이나 대사성질환이 없는 경우 골대사지표로 이용할 수 있다고 보고되어지고 있다.¹⁴⁾ 오스테오칼신 (osteocalcin: OC)은 골형성지표의 하나로 조골세포 (osteoblast)로부터 합성되는데 폐경기 및 청소년기와 같이 골 전환 (bone turnover)이 증가된 시기에 높다고 알려져 있다.¹⁵⁾ 또한 최근에 활발히 측정되고 소개되는 C-terminal telopeptide (CTX)는 뼈의 손상이 있을 때 혈중으로 유리되어 나오는 콜라겐 물질로써 소변으로의 농도 측정은 물론 혈액검사를 통해서도 골 흡수상태를 측정할 수 있는 측정법이다.¹⁶⁾

골밀도에 영향을 미치는 요인으로는 유전,¹⁷⁾ 가족력, 성별,¹⁸⁾ 연령¹⁹⁾ 등 수정 불가능한 요인과 신체 활동량, 영양상태,²⁰⁾ 흡연,²¹⁾ 알코올 및 카페인 섭취²²⁾ 등 수정 가능한 환경 요인이 있다. 2005년 국민건강영양조사 보고서에 의하면

우리나라 여성의 1일 평균 칼슘섭취량은 463.8 mg으로 1일 권장량인 700 mg보다 낮다. 골질량이 축적되는 시기에 칼슘의 섭취량이 부족하면 결국 최대 골질량을 감소시켜 성인기에 골다공증을 유발하는 주요원인이 된다.²⁴⁾ 그리고 국내 연구에서 골밀도를 위하여 폐경 후 여성들에게 양질의 단백질, 탄수화물과 칼슘을 보충시키고, 칼슘과 인의 균형을 개선하는 것이 중요하다는 보고도 있다.²⁵⁾

골다공증의 발생에 있어서 식생활 및 영양섭취 상태가 중요한 인자로 인식되고 있으며 나트륨은 칼슘 흡수에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 일본의 20~40세 여성의 경우 고염분 식사를 하는 여성은 그렇지 않은 여성에 비하여 뼈의 무기질 함량이 유의적으로 낮았다는 보고가 있다.²⁶⁾ 이는 칼슘 섭취가 높은 여성들이 오히려 낮은 골밀도를 보였는데, 작은 생선으로부터 섭취하는 높은 나트륨 함량 때문으로 보인다고 보고되어 식품으로부터 섭취하는 무기질 사이에도 상호작용이 일어나고 있음을 알 수 있다. 우리나라는 김치류, 찌개류, 장아찌 등 절인식품 빈도가 높아²⁷⁾ 골감소의 위험률이 더 높을 것이라 생각된다. 폐경 또한 골대사에 치명적인 영향을 미치는 중요한 요인²⁸⁾으로 본 연구는 폐경 전후 여성의 골밀도에 영향을 미치는 영양요소를 찾아내어 골감소 예방을 위한 올바른 영양교육의 기초 자료를 마련하고자 한다.

연구 방법

연구대상

본 연구는 2008년 1월 2일부터 2009년 7월 17일까지 서울 소재 대학병원 건강검진센터에서 건강 검진을 받은 여성 수진자 중 영양분석 설문지를 작성하고 골밀도 검사와 골대사지표 검사를 시행한 615명을 대상으로 하였다. 폐경기 여성의 정의는 마지막 월경이 있은 후 1년 이상 월경이 없고 혈중 FSH (Follicle stimulating hormone) level이 40 mIU/mL 이상으로 하였으며, ISCD (국제 임상 골밀도 측정 학회; The International society for Clinical Densitometry)²⁹⁾에서 주요 위험요인으로 정한 고관절 골질의 모계력이 있거나, 45세 이후 경한 외상으로 인해 골절된 과거력, 장기간 스테로이드 투여한 대상자와 골밀도에 영향을 주는 것으로 알려져 있는 질환 (갑상선기능항진증, 부갑상선기능항진증, 기관지천식, 류마티스관절염, 만성피부질환, 당뇨병, 간경변증, 알코올 중독, 말기신부전)이나 호르몬대체요법의 과거력이 있거나 위암수술, 자궁 및 난소 적출술 시행의 경험, 설문내용 및 검사결과가 부정확한 경우인 184명을 제외한 431명을 대상으로 하였다. 폐경 전 여성은 283명 (65.17%) 폐경 후 여성은 148명 (34.3%)이었다.

일반사항, 신체계측 및 혈압측정

일반사항은 조사대상자의 가정 혹은 직장으로 우편 배달된 문진이나 건강검진 당일에 받은 문진에 대해 수진자가 직접 작성해 온 정보로 이루어졌다. 일반사항 조사 내용으로는 연령, 폐경유무 등이 있다. 수진자의 신장 및 체중, 체지방률, 근육량 등의 신체구성성분은 자동신체계측기 (Biospace의 Inbody 3.0; Korea)를 이용하여 검사가운을 입은 가벼운 옷차림 상태에서 신발을 벗고 측정하였다. 체질량지수 (BMI)는 체중을 신장의 제곱으로 나눈 값을 산출하였다 [BMI = 체중 (kg)/신장 (m²)]. 허리둘레는 줄자를 이용하여 수진자가 숨을 내쉬 상태에서 배꼽 위 2.5 cm 부위를 측정하였다. 혈압은 안정된 상태에서 의자에 앉은 수진자의 왼쪽 팔에 자동혈압 측정기를 이용하여 수축기 혈압 (Systolic blood pressure, SBP)과 이완기 혈압 (Diastolic blood pressure, DBP)을 측정하였다.

재혈 및 혈액성분 분석

혈액 검사는 건강검진 전날 저녁부터 다음날 검사 시 까지 12시간 이상 공복 상태에서 주사기로 채취한 혈액에 대하여 이루어졌다. 총 콜레스테롤은 (Total cholesterol)과 중성지방 (triglyceride)은 Modular Analytics SWA (Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Germany)를 이용하여 측정하였고, HDL-C와 LDL-C는 균질효소비색법 (Homogeneous Enzymic Colorimetry Method)으로 분석하였으며, TG는 효소법 (Enzymic Colorimetry Method)으로 분석하였다. 모든 생화학 검사는 Hitachi-7600 (hitachi, Japan)검사 장비로 측정하였다. 여성 호르몬지표인 FSH (Follicular stimulating hormone)와 E2 (estradiol)는 RIA법을 이용하여 Gamma counter에서 측정하였다. 골형성지표인 혈중 Osteocalcin (OC), Alkalinephosphatase (ALP)과 골흡수 지표인 C-telopeptide (CTx)는 효소면역측정법 (ELISA)으로 측정하였다.

골밀도 측정 및 분석

골밀도 측정은 이중에너지방사선 골밀도 측정기 (Dual Energy X-ray Absorptiometry, DXA: Lunar Radiation Corp, USA)를 이용하여 골다공증의 주요 지표가 되는 요추 (Lumbar spine: L1-L4)와 왼쪽 대퇴경부 (Left femoral Neck), 왼쪽 대퇴전체 (Left femoral total)에서 골밀도를 측정하였다. 요추 골밀도는 해면골 (trabecular bone)이 풍부하여 대사율이 높다고 알려져 있으며, 측정값의 정밀도 향상을 위하여 제 1요추에서 제 4요추까지의 골밀도 평균치를 사용하였다.³⁰⁾ 본 연구는 세계보건기구 (WHO)의 기준에 따라 요추 및 대퇴골 T-score가 -1.0 보다 크면 normal

group, -1.0에서 -2.4이면 osteopenia group, -2.5 이하이면 osteoporosis group으로 설정하였다.

식이섭취조사

식이 섭취 조사는 삼성서울병원 건강의학센터 영양상담실에서 2001년에 개발한 식품섭취빈도 조사지를 이용하였다. 식품 구성 항목은 총 113종으로 곡류 19종, 국&찌개 5종, 김치 6종, 육류 10종, 생선류 15종, 콩&두부 3종, 채소류 9종, 나물 13종, 과일류 18종, 우유 및 유제품 3종, 유지방류 4종, 술 5종 이었으며, 1998년 국민 영양조사 결과와 삼성서울병원 건강의학센터에서 2000년 1년 동안 건강검진을 한 17,162명을 대상으로 조사된 식품 항목 및 섭취 빈도를 고려하여 구성하였다. 각 식품의 섭취 빈도는 Block 등³¹⁾이 미국 국립암연구소 (National Cancer Institute)에서 개발한 HHHQ (Health Habits and History Questionnaire)을 참고하여 최근 3개월 간의 평균 섭취 빈도를 기준으로 작성하도록 하였다. 식품섭취빈도 설문지의 타당도 검증은 김 등³²⁾과 백 등³³⁾의 식품섭취빈도 설문지의 타당도 검증 연구등을 참고하여 2001년 3월에 3일간의 24시간 식사기록지 (주중 2일, 주말 1일)와 식품 빈도 조사를 Paired t-test하여 이루어졌으며 그 결과 열량, 단백질, 철분, 아연, 비타민 A, 비타민 C, 베타카로틴, 비타민 B₁, 비타민 B₂, 나이아신, 칼슘 등 주요 영양소들의 평균 차이가 없어 수진자들의 영양섭취 평가 도구로서 타당한 식품섭취빈도 조사지였다.³⁴⁾

통계분석

모든 통계분석은 폐경 전 여성과 폐경 후 여성으로 나누어 시행하였다. 두 군간의 일반적 특성, 영양소 섭취량, 혈액검사, 골밀도 검사 등 이들 특성의 차이를 알아보기 위해 t-test을 하였고, 단순상관분석 (simple correlation analysis)을 이용하여 골밀도와 상관성이 있는 요인을 알아내었다. 또한 나이, 체중, 신장을 공변량으로 통제한 후 골밀도와 주요인과의 상관성을 확인하기 위하여 편상관분석 (partial correlation coefficients analysis)을 실시하였으며, 골밀도와 상관성이 있는 요인들 중 골밀도를 예측할 수 있는 인자를 찾기 위해 다중선형회귀분석 (multiple linear regression)을 시행하였다. 모든 통계처리는 PASW (predictive Analytics Software) 17.0을 이용하였으며, 통계적 유의성은 p < 0.05를 기준으로 검정하였다.

결 과

대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참여한 대상자들의 일반적인 특성은 다음과 같

다 (Table 1). 전체 대상자들의 연령 평균은 48.4 ± 6.3 세였으며 신장은 평균 159.3 ± 5.2 cm이었으며, 폐경 후 여성의 연령은 폐경 전 여성보다 유의하게 높았고, 신장은 유의하게 낮았다 ($p < 0.001$). 평균 허리둘레는 74.7 ± 6.5 cm, 체지방률 $29.1 \pm 5.3\%$, 체질량지수 (BMI) 21.9 ± 2.4 kg/m²으로 평균 허리둘레, 체지방률 ($p < 0.001$) 체질량지수 ($p < 0.01$) 모두 폐경 후 여성에서 유의하게 높았다. 폐경 후 여성의 평균 폐경 나이는 50.3 ± 3.1 세였고, 평균 폐경 경과 기간은 5.17 ± 5.16 년이었다. 평균 수축기 혈압 (SBP)은 113.4 ± 17.3 mmHg로 폐경 후 여성에서 유의하게 높았으며 ($p < 0.001$)가 나타났고, 이완기 혈압 (DBP) 또한, 69.4 ± 10.8 mmHg로 폐경 후 여성에서 유의하게 ($p < 0.01$) 높았다. 신체계측을 통해 본 연구의 대상자들은 건강하다고 평가 할 수 있었다.

골밀도 및 골대사지표

전체 연구 대상의 요추 평균 골밀도는 0.006 ± 1.37 이고, 대퇴경부의 평균 골밀도는 -0.371 ± 0.96 이고, 대퇴전체의 평균 골밀도는 -0.174 ± 1.02 , 평균 혈청 OC의 농도는 17.14 ± 7.34 ng/mL이었다 (Table 2). 폐경 전·후 여성에서 평균 혈청 OC 농도는 폐경 후 여성이 폐경 전 여성보다 유의하게 높았으며 (13.58 ± 3.80 ng/mL vs 23.94 ± 7.69 ng/mL,

$p < 0.001$), 마찬가지로 혈청 CTx 농도 (0.28 ± 0.13 ng/mL vs 0.65 ± 0.24 ng/mL, $p < 0.001$), 혈청 ALP 농도 (51.55 ± 13.05 U/L vs 74.43 ± 17.94 U/L, $p < 0.001$) 또한 폐경 전 여성과 비교하여 폐경 후 여성이 유의하게 높았다 (Table 2).

골밀도의 분포는 요추 골밀도를 기준으로 2.8%가 osteoporosis group이었고, 21.8%는 osteopenia group이었고 75.4%가 normal group이었다. 대퇴 경부골밀도를 기준으로 1.0%가 osteoporosis group이었고, 25.5%가 osteopenia group이었고, 73.5%가 normal group이었다 (Table 3). 대퇴 전체골밀도에서는 0.5%가 osteoporosis group이었고, 20.6%는 osteopenia group이었고 78.9%가 normal group이었다. 폐경 전 후의 요추, 대퇴경부, 대퇴 전체에서의 골밀도분포는 폐경 전 여성에서 폐경 후 여성보다 유의하게 높았다 ($p < 0.001$)(Table 3).

골밀도, 골대사지표 및 여성호르몬지표와의 상관관계

연구 대상자들의 골밀도, 골대사지표 및 여성호르몬지표와의 상관관계에 대한 결과는 Table 4와 같다. LS (Lumbar spine)의 평균 골밀도는 FN (Left femoral neck), FT (Left femoral total)의 평균 골밀도와 서로 양의 상관관계를 보였다 ($p < 0.001$, $p < 0.001$). 반면에 LS, FN, FT의 평균

Table 1. Anthropometric measurements of subjects

	Premenopause (n = 283)	Postmenopause (n = 148)	Total (n = 431)	p-value ⁵⁾
Age (y)	44.79 ± 2.79 ¹⁾	55.22 ± 5.34	48.4 ± 6.3	0.000***
Height (cm)	160.20 ± 4.84	157.58 ± 5.35	159.3 ± 5.2	0.000***
Weight (kg)	55.60 ± 6.56	55.50 ± 6.17	55.6 ± 6.4	0.874
WC (cm) ²⁾	73.93 ± 6.59	76.26 ± 6.16	74.7 ± 6.5	0.000***
BMI (kg/m ²)	21.67 ± 2.43	22.35 ± 2.21	21.9 ± 2.4	0.005**
% Body fat	28.25 ± 5.26	30.79 ± 5.13	29.1 ± 5.3	0.000***
Age at menopause (yr)	-	50.3 ± 3.1	-	-
Yrs since menopause	-	5.17 ± 5.16	-	-
SBP (mmHg) ³⁾	110.80 ± 15.08	118.36 ± 20.13	113.4 ± 17.3	0.000***
DBP (mmHg) ⁴⁾	68.41 ± 10.46	71.23 ± 11.11	69.4 ± 10.8	0.01**

1) Mean \pm standard deviation 2) WC: waist circumference 3) SBP: Systolic Blood pressure 4) DBP: Diastolic Blood pressure 5) Significantly different between premenopausal and postmenopausal women by Student t-test (**: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$)

Table 2. Bone turnover markers and BMD of subjects

Bone variables	Premenopause (n = 283)	Postmenopause (n = 148)	Total (n = 431)	Significance ⁵⁾
Lumbar spine BMD (T-score)	0.48 ± 1.20 ¹⁾	-0.91 ± 1.22	0.006 ± 1.37	0.000***
Femur neck BMD (T-score)	-0.13 ± 0.89	-0.84 ± 0.91	-0.371 ± 0.96	0.000***
Femur total BMD (T-score)	0.07 ± 0.97	-0.64 ± 0.96	-0.174 ± 1.02	0.000***
OC (ng/mL) ²⁾	13.58 ± 3.80	23.94 ± 7.69	17.14 ± 7.34	0.000***
s-CTx (ng/mL) ³⁾	0.28 ± 0.13	0.65 ± 0.24	0.41 ± 0.25	0.000***
Total ALP (U/L) ⁴⁾	51.55 ± 13.05	74.43 ± 17.94	59.40 ± 18.44	0.000***

1) Mean \pm standard deviation 2) OC: osteocalcin 3) s-CTx: serum C-telopeptide 4) Total ALP: total serum alkaline phosphatase 5) Significantly different between premenopausal and postmenopausal women by Student t-test (***: $p < 0.001$)

골밀도와 골대사지표인 OC, CTx, ALP, 여성호르몬인 FSH의 평균 농도에서는 음의 상관관계를 보였다 ($p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.001$). 그리고 여성호르몬인 E2는 LS, FN의 평균 골밀도와는 양의 상관관계를 나타냈다 ($p < 0.001$). 마찬가지로 FT의 평균 골밀도는 여성호르몬인 E2와 양의 상관관계를 보였다 ($p < 0.01$). 골대사지표인

OC와 CTx, ALP는 각각 양의 상관관계를 보였고 ($p < 0.001$, $p < 0.001$) 여성호르몬인 FSH와는 양의 상관관계 ($p < 0.001$), E2와는 음의 상관관계를 보였다 ($p < 0.001$). E2의 평균 농도는 LS, FN, FT의 평균 골밀도와 유의한 양의 상관관계가 있었으며 ($p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.01$), 골대사지표인 OC, CTx, ALP 및 여성호르몬 FSH에서는 유

Table 3. Comparison of BMD between premenopausal and postmenopausal women

	Premenopause (n = 283)	Postmenopause (n = 148)	χ^2 value ⁵⁾	p-value
LS ²⁾				
Normal	254 (89.8) ¹⁾	71 (48)	93.943	0.000***
Osteopenia	29 (10.2)	65 (43.9)		
Osteoporosis	0 (0)	12 (8.1)		
FN ³⁾				
Normal	234 (82.7)	83 (56.1)	36.989	0.000***
Osteopenia	49 (17.3)	61 (41.2)		
Osteoporosis	0 (0)	4 (2.7)		
FT ⁴⁾				
Normal	241 (85.2)	99 (66.9)	20.187	0.000***
Osteopenia	42 (14.8)	47 (31.8)		
Osteoporosis	0 (0)	2 (1.4)		

1) N (%) 2) LS: Lumbar spine 3) FN: Left femoral Neck 4) FT: Left femoral total 5) χ^2 value: significance as determined by chi-square test ***: $p < 0.001$

Table 4. Pearson correlation coefficients among bone mineral density, bone turnover markers and female hormone of subjects (n = 431)

	Bone mineral density			Bone turnover markers			Female hormone	
	LS	FN	FT	OC	s-CTx	ALP	FSH	E2
Lumbar spine BMD (T-score)	1	0.717***	0.738***	-0.447***	-0.438***	-0.367***	-0.405***	0.277***
Femur neck BMD (T-score)	0.717***	1	0.918***	-0.336***	-0.342***	-0.329***	-0.309***	0.179***
Femur total BMD (T-score)	0.738***	0.918***	1	-0.350***	-0.352***	-0.296***	-0.285***	0.139**
OC (ng/mL)	-0.447***	-0.336***	-0.350***	1	0.805***	0.596***	0.605***	-0.372***
s-CTx (ng/mL)	-0.438***	-0.342***	-0.352***	0.805***	1	0.634***	0.645***	-0.381***
ALP (U/L)	-0.367***	-0.329***	-0.296***	0.596***	0.634***	1	0.530***	-0.310***
FSH (mIU/mL)	-0.405***	-0.309***	-0.285***	0.605***	0.645***	0.530***	1	-0.520***
E2 (pg/mL)	0.277***	0.179***	0.139**	-0.372***	-0.381***	-0.310***	-0.520***	1

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

Table 5. Serum lipid & mineral levels in pre and postmenopausal women

Parameters	Premenopause (n = 283)	Postmenopause (n = 148)	p-value ⁶⁾
TG (mg/dL) ²⁾	94.63 ± 45.47 ¹⁾	110.88 ± 59.03	0.004**
TC (mg/dL) ³⁾	193.17 ± 31.25	208.81 ± 35.39	0.000***
HDL-C (mg/dL) ⁴⁾	62.04 ± 14.63	60.82 ± 14.18	0.406
LDL-C (mg/dL) ⁵⁾	115.02 ± 28.15	129.09 ± 32.97	0.000***
Ca (mg/dL)	9.11 ± 0.33	9.38 ± 0.40	0.000***
P (mg/dL)	3.48 ± 0.42	3.88 ± 0.43	0.000***
Na (mg/dL)	141.53 ± 1.60	143.44 ± 1.21	0.000***
K (mg/dL)	4.15 ± 0.34	4.20 ± 0.29	0.127
Cl (mg/dL)	103.14 ± 1.65	103.56 ± 1.79	0.016*

1) Mean ± standard deviation 2) TG: Triglyceride 3) TC: Total cholesterol 4) HDL-C: High density lipoprotein-cholesterol 5) LDL-C: Low density lipoprotein-cholesterol 6) Significantly different between premenopausal and postmenopausal women by Student t-test (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$)

의한 음의 상관관계를 보였다 ($p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.001$). 나이와 키, 체중을 보정했을 때 여성호르몬 FSH와 E2는 대퇴골 경부와 대퇴골 전체 골밀도와 유의한 상관관계는 없었다 (data not shown).

혈액분석

폐경 전·후 여성의 생화학 분석 자료를 Table 5에 제시하였다. TG, TC, LDL-콜레스테롤의 농도는 폐경 후 여성에서 유의적으로 높았다 ($p < 0.01$, $p < 0.001$, $p < 0.001$). HDL-콜레스테롤의 농도는 두 군 간에 유의적인 차이가 없었으며³⁵⁾의 연구 결과와 같이 혈청 Ca 농도는 폐경 후 여성에서 유의하게 높았다 ($p < 0.001$). 그리고 혈청 내 P, Na, Cl의 농도는 폐경 후 여성이 유의적으로 높았다 ($p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.05$). 혈청 K의 농도는 두 그룹 간 유의적인 차이는 없었다.

영양섭취상태

대상자들의 영양소 섭취상태를 비교한 결과는 Table 6에 나타났다. 연구 대상자들의 1일 평균 열량 섭취량은 폐경 전 여성과 폐경 후 여성에서 각각 1679.4 ± 370.6 kcal/day, $1,621.40 \pm 352.11$ kcal/day로 폐경 전 여성이 폐경 후 여성보다 높은 경향이었으나 유의적인 차이는 없었다. 탄수화물 섭취는 두 군간 유의적인 차이를 보이지 않았고, 단백질 섭취는 폐경 전 여성과 폐경 후 여성 각각 75.58 ± 20.43

g/day, 70.89 ± 17.62 g/day로 폐경 전 여성에서 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$). 콜레스테롤 섭취는 폐경 전 여성과 폐경 후 여성에서 각각 238.2 ± 116.4 mg/day, 191.3 ± 99.3 g/day로 폐경 전 여성보다 폐경 후 여성이 유의하게 낮았다 ($p < 0.001$). 전체 대상자들의 평균 콜레스테롤 섭취량은 222.08 ± 112.96 mg/day로 관상동맥질환예방을 위한 수준인 300 mg 보다 낮은 수준이었다. 식이 섬유 섭취는 각각 22.93 ± 7.58 g/day, 24.74 ± 7.38 g/day로 폐경 후 여성에서 유의적으로 높았고 ($p < 0.05$), 칼슘 섭취는 $3,134.62 \pm 938.90$ mg/day, $3,362.38 \pm 1,038.92$ mg/day로 폐경 후 여성에서 유의적으로 높게 나타났다 ($p < 0.05$). 칼슘, 철분, 비타민 A, 베타카로틴, 비타민 B₁, 비타민 B₂, 비타민 C, 나이아신, 엽산의 섭취량과 두 군 간의 유의한 차이는 보이지 않았다. 또한 칼슘흡수에 영향을 미치는 인과 신장에서 재흡수 기전을 칼슘과 공유하고 있는 나트륨의 섭취량은 두 군 간에 차이를 보이지 않았다. 전체 에너지 중 열량영양소의 섭취 기여 비율은 C : P : F 이 폐경 전과 후 58 : 18 : 24와 61 : 18 : 21로 폐경 전 여성에서 폐경 후 여성보다 탄수화물 섭취비율이 낮고 지방 섭취비율은 높게 나타났다.

골밀도, 골대사지표, 여성호르몬 및 신체특성과의 관계

폐경 전후 여성의 골밀도, 골대사지표, 여성호르몬 및 신체 체측 지표와의 상관관계는 Table 7과 같다. 폐경 전 여성의

Table 6. Mean daily energy and nutrient intakes of subjects

Nutrients	Premenopause (n = 283)	Postmenopause (n = 148)	Significance ²⁾
Calorie (kcal)	1679.44 ± 370.59	1621.40 ± 352.11	0.117
Carbohydrate (g)	240.95 ± 56.49	248.55 ± 63.55	0.205
Protein (g)	75.58 ± 20.43	70.89 ± 17.62	0.018*
Fat (g)	44.41 ± 15.78	37.59 ± 13.12	0.000***
CHO : Pro : Fat ratio (%)	57.4 : 18.0 : 23.8	61.3 : 17.5 : 20.9	-
Fiber (g)	22.93 ± 7.58	24.74 ± 7.38	0.018*
Cholesterol (mg)	238.20 ± 116.43	191.29 ± 99.30	0.000***
Calcium (mg)	689.84 ± 274.59	698.46 ± 258.66	0.753
Phosphorus (mg)	1131.69 ± 307.86	1109.09 ± 279.71	0.456
Iron (mg)	12.83 ± 3.87	12.94 ± 3.36	0.754
Na (mg)	3402.21 ± 1418.28	3247.71 ± 1389.02	0.280
K (mg)	3134.62 ± 938.90	3362.38 ± 1038.92	0.022*
Vitamin A (μg R.E)	680.89 ± 401.70	676.61 ± 334.32	0.495
β-carotene (μg)	3080.11 ± 2181.44	3223.87 ± 1855.10	0.911
Vitamin B ₁ (mg)	1.07 ± 0.36	1.05 ± 0.33	0.498
Vitamin B ₂ (mg)	1.19 ± 0.40	1.18 ± 0.35	0.744
Vitamin C (mg)	148.56 ± 87.76	161.67 ± 96.12	0.155
Niacin (mgNE)	17.95 ± 5.04	17.02 ± 4.31	0.057
Folic acid (μg)	307.72 ± 110.07	328.12 ± 110.02	0.068

1) Mean ± standard deviation 2) Significantly different between premenopausal and postmenopausal women by Student t-test (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$)

Table 7. Correlation among BMD, bone turnover markers, hormone and anthropometric factors in premenopausal (n = 283) and postmenopausal women (n = 148)

Variables	Premenopausal women (n = 283)										Postmenopausal women (n = 148)									
	LS	FN	FT	OC	CTx	ALP	FSH	E2	LS	FN	FT	OC	CTx	ALP	FSH	E2				
Age	-0.062	-0.061	-0.041	0.016	0.074	0.078	0.226***	-0.050	-0.311***	-0.355***	-0.283***	-0.087	-0.032	0.085	-0.253**	-0.105				
Height	0.083	0.110	0.012	0.016	-0.029	-0.092	-0.102	-0.048	0.355***	0.321***	0.179*	0.151	0.049	-0.017	-0.036	0.074				
Weight	0.277***	0.325***	0.355***	0.009	-0.037	0.154**	-0.036	-0.069	0.276***	0.202*	0.196*	-0.114	-0.037	0.041	-0.150	-0.058				
WC ¹⁾	0.190***	0.259***	0.313***	0.020	-0.012	0.206***	-0.002	-0.040	0.029	0.031	0.013	-0.140	-0.006	0.085	-0.267***	-0.064				
BMI	0.250***	0.283***	0.372***	0.006	-0.022	0.214***	0.017	-0.046	0.064	0.003	0.090	-0.234**	-0.078	0.055	-0.142	-0.114				
BFM ²⁾	0.095	0.086	0.165**	0.051	-0.006	0.307***	0.080	-0.049	-0.013	-0.081	-0.024	-0.253**	-0.145	0.003	-0.078	-0.022				
SBP ³⁾	0.127*	0.119*	0.159**	0.053	0.075	0.182**	0.107	-0.031	-0.010	-0.076	-0.088	-0.110	-0.041	0.029	-0.046	0.007				
DBP ⁴⁾	0.004	0.064	0.096	0.063	0.085	0.114	0.084	0.037	0.072	-0.032	-0.038	-0.022	0.062	0.086	-0.075	0.098				

1) WC: waist circumference 2) BFM: body fat mass 3) SBP: Systolic Blood pressure 4) DBP: Diastolic Blood pressure
 *: p < 0.05, **: p < 0.01, ***: p < 0.001

요추 골밀도와 대퇴경부 골밀도는 체중 (r = 0.277, 0.325, p < 0.001), 허리둘레 (r = 0.190, 0.259, p < 0.001), BMI (r = 0.250, 0.283, p < 0.001), SBP (r = 0.127, 0.119, p < 0.05)와 유의적인 양의 상관관계를 나타냈다. 그리고 대퇴전체 골밀도는 체중 (r = 0.355, p < 0.001), 허리둘레 (r = -0.313, p < 0.001), BMI (r = 0.214, p < 0.001), 체지방률 (r = 0.165, p < 0.01), SBP (r = 0.159, p < 0.01)과 양의 상관관계를 나타냈다. 골 대사 지표 중 하나인 ALP는 몸무게 (r = 0.154, p < 0.01), 허리둘레 (r = 0.206, p < 0.001), BMI (r = 0.214, p < 0.001), 체지방률 (r = 0.307, p < 0.001), SBP (r = 0.182, p < 0.01)와 양의 상관관계를 나타냈으며, 여성호르몬인 FSH는 나이 (r = 0.226, p < 0.001)와 양의 상관관계를 나타냈다. 폐경 후 여성의 요추 골밀도, 대퇴경부 골밀도, 대퇴전체 골밀도는 나이 (r = -0.311, p < 0.001)와 음의 상관관계를 나타내었고 신장 (r = 0.355, p < 0.001)이나 체중 (r = 0.276, p < 0.001)과는 양의 상관관계를 나타냈다. 골대사 지표인 OC는 BMI (r = -0.234, p < 0.01)와 체지방률 (r = -0.253, p < 0.01)과 음의 상관관계를 나타냈다. 여성호르몬인 FSH는 나이 (r = -0.253, p < 0.01)와 허리둘레 (r = -0.267, p < 0.01)에서 음의 상관관계를 나타냈다.

폐경 전과 폐경 후 여성에서 골밀도의 예측인자

폐경 전과 폐경 후 여성에서 요추골밀도 및 대퇴경부골밀도는 Table 8과 같다. 요추 골밀도 예측인자로는 폐경 전 여성에서 체중, OC, 혈청 인 및 식이성 칼륨이 예측인자로 나타났다 총 설명력은 17.1%였다. 폐경 전 여성에서 체중이 상대적으로 다른 인자들보다 더 큰 영향을 미치며 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. OC, 혈청 인, 식이 칼륨은 폐경 전 여성의 요추골밀도에 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 그리고 폐경 후 여성에서 요추골밀도를 예측 할 수 있는 인자로는 키, 나이, OC, 혈청 칼슘, 혈청 나트륨, 식이 지방, 식이 나트륨, 식이 칼슘이 36%로 요추골밀도를 예측 할 수 있는 것으로 나타났다. 특히 폐경 후 여성에서는 식이 칼슘이 다른 인자들보다 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났고, 또한 혈청 칼슘, 혈청 나트륨, 식이 지방은 긍정적 영향을 주는 것으로 나타났다. 반면에 나이, OC, 식이 나트륨은 폐경 후 여성에서 요추골밀도에 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다.

대퇴경부골밀도는 폐경 전 여성에서 키, 체중, 체지방률, CTx, ALP, 혈청 염소, 식이 칼륨이 22.8%로 나타났다. 특히 체중이 대퇴경부 골밀도에 있어 상대적으로 다른 인자들보다 더 큰 영향을 미쳤고, 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 키, 체지방률, CTx, ALP, 혈청 염소, 식이 칼륨은 대퇴

경부골밀도에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 폐경 후 여성에서 대퇴경부골밀도에 영향을 주는 예측인자로는 나이, 체중, ATP가 있었다. 특히 나이가 대퇴경부 골밀도에 있어 상대적으로 다른 인자들보다 더 큰 영향을 미쳤고 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 체중은 긍정적인 영향을, ALP는 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

대퇴전체골밀도는 Table 9와 같다. 폐경 전 여성에서는 BMI, 체지방률, CTx, 혈청 염소, 식이 칼륨이 27.7%로 대퇴전체골밀도를 예측할 수 있는 것으로 나타났다. 특히 BMI가 대퇴전체 골밀도에 있어 상대적으로 다른 인자들보다 더

큰 영향을 미친 것으로 나타났고 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 체지방률, CTx, 혈청 염소, 식이 칼륨은 폐경 전 여성에게 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 폐경 후 여성에서 대퇴전체골밀도를 예측할 수 있는 인자로는 나이, 체중, 혈청 인, OC로 17.5%의 설명력을 나타내는 것으로 나타났고, 특히 나이가 대퇴전체골밀도에 있어 상대적으로 다른 인자들보다 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 체중, 혈청 인은 대퇴전체골밀도에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났고, OC는 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다

Table 8. Stepwise multiple regression analysis of the relation of variables on spine BMD, neck BMD in pre and postmenopausal women after adjusting by age, height, weight

	Independent variable	R ²	B	SE [†]	Beta*	p-value	R ²	B	SE [†]	Beta*	p-value
Premenopausal women	(Constant)		0.242	0.815		0.767		0.242	0.815		0.767
	Weight		0.054	0.010	0.295	0.000		0.054	0.010	0.295	0.000
	OC	0.171	-0.080	0.017	-0.254	0.000	0.171	-0.080	0.017	-0.254	0.000
	P (serum)		-0.330	0.156	-0.116	0.035		-0.330	0.156	-0.116	0.035
	K (diet)		0.000	0.000	-0.130	0.019		0.000	0.000	-0.130	0.019
Postmenopausal women	(Constant)		-32.229	11.007		0.004		-32.229	11.007		0.004
	Height		0.056	0.018	0.246	0.002		0.056	0.018	0.246	0.002
	Age		-0.052	0.017	-0.226	0.003		-0.052	0.017	-0.226	0.003
	OC		-0.037	0.011	-0.235	0.001		-0.037	0.011	-0.235	0.001
	Ca (serum)	0.360	0.510	0.215	0.167	0.019	0.360	0.510	0.215	0.167	0.019
	Na (serum)		0.147	0.069	0.146	0.035		0.147	0.069	0.146	0.035
	Fat (diet)		0.147	0.069	0.146	0.035		0.147	0.069	0.146	0.035
	Na (diet)		0.000	0.000	-0.241	0.006		0.000	0.000	-0.241	0.006
Ca (diet)		0.001	0.000	0.273	0.005		0.001	0.000	0.273	0.005	

*: β unstandardized coefficients, †: SE standard error. Regression equations, Premenopausal women: $y = 0.242 + 0.054 \times \text{weight} - 0.080 \times \text{OC} - 0.330 \times \text{P (serum)} + 0.000 \times \text{K (diet)}$, Postmenopausal women: $y = -32.229 + 0.056 \times \text{Height} - 0.052 \times \text{Age} - 0.037 \times \text{OC} + 0.510 \times \text{Ca (serum)} + 0.147 \times \text{Na (serum)} + 0.147 \times \text{Fat (diet)} + 0.000 \times \text{Na (diet)} + 0.001 \times \text{Ca (diet)}$

Table 9. Stepwise multiple regression analysis of the relation of variables on Left femoral Total BMD in pre and postmenopausal women

	Independent variable	R ²	B	SE [†]	Beta*	p-value
Premenopausal women	(Constant)		3.861	3.190		0.227
	BMI		0.252	0.032	0.630	0.000
	Body fat mass		-0.060	0.015	-0.325	0.000
	CTx	0.277	-1.947	0.385	-0.259	0.000
	Cl (serum)		-0.063	0.030	-0.107	0.039
	K (diet)		0.000	0.000	-0.159	0.002
Postmenopausal women	(Constant)		-0.451	1.363		0.741
	Age		-0.050	0.014	-0.279	0.000
	Weight	0.175	0.032	0.012	0.207	0.008
	P (serum)		0.378	0.184	0.169	0.041
	OC		-0.028	0.010	-0.225	0.006

*: β unstandardized coefficients, †: SE standard error. Regression equations, Premenopausal women: $y = 3.861 + 0.252 \times \text{BMI} - 0.060 \times \text{Body fat mass} - 1.947 \times \text{CTx} - 0.063 \times \text{Cl (serum)} + 0.000 \times \text{K (diet)}$, Postmenopausal women: $y = -0.451 - 0.050 \times \text{Age} + 0.032 \times \text{Weight} + 0.378 \times \text{P (serum)} - 0.028 \times \text{OC}$

고 찰

골다공증은 골 형성의 감소와 골 파괴의 증가로 인하여 골량이 감소되는 질환으로 골다공증의 발생에는 골세포의 기능을 조절하는 다양한 국소적인 조절인자와 전신적인 조절인자들의 상호작용이 작용하며, 이런 조절기전에는 여러 가지 호르몬, 사이토카인, 유전자들이 관여 한다.³⁶⁾ 골은 매우 활동적인 기관으로 조골세포의 골 형성과 파골세포의 골 흡수가 지속적으로 일어나는 골 개조 작용을 특징으로 하고 골량은 조골세포와 파골세포 활동의 균형에 따라 좌우 된다.³⁷⁾ 골질을 평가하는 방법으로는 침습적인 검사방법이 일반적이므로 골 밀도나 골절에 영향을 미칠 수 있는 위험요인을 사전에 파악하여 골질의 위험성을 예측하고 이를 예방하는 것이 무엇보다 중요하다.³⁸⁾ 이에 본 연구에서는 폐경 전과 폐경 후 여성을 대상으로 골밀도, 골대사지표, 여성호르몬 및 영양소와의 관련성에 대해 연구하여 궁극적으로 골다공증 예방프로그램 및 교육의 기초 자료를 마련하고자 수행되었다.

여성에서의 골 밀도는 호르몬과 연관이 많으며, 폐경에 의한 에스트로겐의 결핍이 중요한 요인으로 생각되고 있다.³⁹⁾ 여성 호르몬은 골 조직에서 주작용이 골 흡수의 감소이며, 조골세포 계통 및 파골세포 계통의 세포에서 여성호르몬 수용체에 높은 친화력을 가지고 있기 때문에 골 조직에 직접적으로 작용하며,⁴⁰⁾ 여성호르몬의 골 흡수에 대한 예방효과는 조골세포에서 분비되어지는 측분비(paracrine) 인자를 통하여 이루어진다.⁴¹⁾ 본 연구 결과, 폐경 전 여성보다 폐경 후 여성에서 여성 호르몬인 FSH의 농도가 높고 E2의 농도가 낮게 보여져, 폐경 후 여성에서 골감소의 위험률이 높아지고 있다는 것을 확일 할 수 있었다 (data not shown). 골 밀도는 30세에 최대 골량에 도달한 후 유지되다가 폐경이 되면서 골량이 급격히 감소하여 대부분의 여성이 70세에는 골다공증의 수준에 다다르게 되는 것으로 알려져 있다.⁴²⁾ 특히 폐경기 여성에서는 에스트로겐 결핍으로 인해 파골세포의 세포사망이 감소하고, 조골세포의 세포 사망이 증가하여 조골세포의 수가 점점 감소함으로써 이들의 불균형에 의해 골 소실이 발생하여 골다공증의 위험이 높아지게 된다.⁴³⁾ 본 연구에서도 폐경 전과 폐경 후 여성의 골 밀도 분포는 폐경 전과 후 여성에서는 normal group이 폐경 후 여성에서는 osteopenia group, osteoporosis group의 비율이 유의하게 높았다. 즉, 폐경 후 여성이 골 밀도의 감소가 더 많다는 것을 볼 수 있었는데 이러한 결과는 Kim⁴⁴⁾의 폐경 후 지역사회 성인여성을 대상으로 한 연구에서 연령과 골 밀도

사이에 음의 상관관계를 나타냈다고 보고한 연구와 일치한다. 또한, 폐경 후에 골 소실을 의미하는 골 표지자인 OC와 ALP, CTx가 폐경 전보다 증가하는 것으로 관찰되어 폐경 후 여성에서 골다공증의 위험이 증가하리라는 것이 입증되었다. 이는 골 대사지표가 골 밀도를 반영하는 좋은 지표가 될 수 있고 폐경 후 여성에게 있어 골대사지표의 증가는 골대사가 빠르다는 것을 의미하기 때문에 오히려 골대사지표의 증가가 골 밀도 감소의 위험요인으로 해석될 수도 있다.

체중과 골량은 서로 밀접한 상관성이 있어 폐경 후 여성에서 체질량 지수가 낮은 경우 골량이 적고 골 소실 또한 증가되며, 비만한 여성에서 골 밀도는 높게 나타나는 경향이 있다.⁴⁵⁾ 이는 체중이 늘어나게 되면 근육에 가해지는 부하가 늘어나고 골에 더 많은 기계적 스트레스를 주면서 골량이 유지되거나,⁴⁶⁾ 폐경 후 여성의 지방 세포에서 androstenedion이 estrone으로의 변환이 증가되어 혈중 에스트로겐이 증가됨에 따라 골량이 보존됨으로써 긍정적인 효과를 보인 것으로 추측 된다.⁴⁷⁾ 본 연구에서도 폐경 전 여성과 폐경 후 여성의 체질량지수는 $21.67 \pm 2.43 \text{ kg/m}^2$, $22.35 \pm 2.21 \text{ kg/m}^2$ 로 폐경 후 여성이 폐경 전 여성보다 유의하게 높았고 체지방률 또한 $28.25 \pm 5.26\%$, $30.79 \pm 5.13\%$ 로 폐경 후 여성에서 유의하게 높았다. 이 연구에서 체중은 폐경 전과 폐경 후 여성 모두에서 요추 골밀도, 대퇴경부 골 밀도, 대퇴전체 골 밀도와 양의 상관관계를 나타냈지만 체지방률, ALP는 폐경 전 여성에서만 대퇴전체골 밀도와 양의 상관관계를 나타냈고, 폐경 후 여성에서는 골 밀도와는 유의한 관계를 나타내지 않았지만 OC와 음의 상관관계를 보였다. 이는 골 대사 지표와 체지방률간의 관련성에 대한 암시로 볼 수 있다. 앞에서 언급했듯이 비록 체질량지수와 골량은 양의 상관관계를 나타내지만 폐경 후 여성에서의 복부비만은 에스트로겐의 감소와 상관성이 있고,⁴⁸⁾ 복부지방의 증가로 인슐린 저항성과 유리지방산의 농도가 증가하여 아포 지방단백질 B의 분비를 증가시켜 고중성지방혈증과 간 지방효소의 활성도를 증가시켜 LDL-콜레스테롤은 증가시키고 HDL-콜레스테롤은 감소시켜 심혈관 위험을 높이므로⁴⁹⁾ 이를 고려해야 한다.

폐경 전 여성과 폐경 후 여성의 혈중 중성지방 농도는 각각 $193.17 \pm 31.25 \text{ mg/dL}$ 와 $208.81 \pm 35.39 \text{ mg/dL}$ 로 폐경 후 여성에서 유의하게 높게 나왔으며, LDL-콜레스테롤 역시 $115.02 \pm 28.15 \text{ mg/dL}$, $129.09 \pm 32.97 \text{ mg/dL}$ 로 폐경 후 여성에서 유의하게 높게 나타났다. Yamaguchi 등⁵⁰⁾은 LDL-콜레스테롤이 요추부 골 밀도를 감소시키고 중성지방 농도가 척추골질의 결정인자임을 보고하였다. Parhami 등⁵¹⁾은 시험관 내 실험에서 LDL-콜레스테롤이 골수기질세포 내

에서 골형성은 억제하고 지방생성을 촉진한다고 하였다.

혈압은 수축기 혈압이 폐경 전 여성보다 폐경 후 여성에서 유의하게 높게 나왔으며 폐경 전 여성에서 골 밀도와 수축기 혈압은 유의적인 양의 상관관계를 나타냈고 폐경 후 여성에서는 골 밀도와 수축기 혈압은 관계가 없었다.

영양소 섭취량의 경우 골밀도에 영향을 미치는 나이, 키, 체중을 보정한 후에는 폐경 후 여성이 폐경 전 여성보다 탄수화물, 섬유소, 칼륨섭취량이 유의적으로 높았고, 비타민 B₂ 섭취량은 유의적으로 낮게 나왔다 (data not shown). 전체 대상자 평균 열량은 폐경 전과 후 각각 KDRI의 88.3%, 85.3%로 알맞게 섭취하고 있었으나 단백질 섭취는 각각 167.9%, 157.5%로 높게 섭취하고 있었고, KDRI와 비교하여 나트륨 섭취상태를 또한 각각 226.8%, 216.5%로 과잉으로 섭취하고 있음을 알 수 있었다. 고 나트륨 섭취는 칼슘 배설의 주 요인 중 하나로, 식이 나트륨 섭취를 증가시키면 소변으로 칼슘 배설이 증가⁵²⁾ 하게 되고, 소변 중 나트륨 배설량이 디옥시피리디놀린 (소변의 골 대사 지표) 및 칼슘의 배설량과 유의적인 양의 상관성을 나타내어 결국 나트륨의 과잉섭취는 골 밀도에 부정적인 영향을 주게 된다.⁵³⁾ 칼륨섭취량은 폐경 전과 폐경 후 여성에서 KDRI와 비교했을 때, 66.7%, 71.5%로 매우 부족한 양을 섭취하고 있었는데 본 연구에서 요추 골 밀도와 칼륨섭취와의 상관성을 살펴보면 폐경 전 여성에서 음의 상관관계를 나타내어 Choi & Kim⁵⁴⁾ 연구와 같이 요추 골 밀도에 부정적인 영향을 미치는 예측인자로 나타났다. 평균 인 섭취량은 폐경 전 여성 1,131.69 mg, 폐경 후 여성 1,109.09 mg으로 권장량의 161%, 158%를 섭취하고 있었으며, 폐경 후 여성을 대상으로 한 Lee 등⁵⁵⁾의 연구결과인 892.5 mg 보다 높았다. 폐경 전 여성과 폐경 후 여성의 칼슘섭취량은 한국인 권장량 98.4%, 87.3%였으며, 이는 다른 여러 보고^{56,57)}와 비교했을 때 폐경 전 여성은 충분하게 칼슘을 섭취하고 있었으나 폐경 후 여성은 한국인 권장량보다 칼슘섭취량이 부족하다는 것을 알 수 있다. 비록 혈청 내 평균 칼슘 농도가 골 형성의 좋은 생화학적 지표는 아니지만, 칼슘 섭취량은 나이, 키, 체중을 보정했을 때 폐경 후 여성에서 요추 골 밀도와 양의 상관성을 나타냈다. 폐경과 더불어 체내 칼슘 흡수 능력은 급격히 떨어지므로⁵⁸⁾ 골 밀도 유지를 위해 이 시기의 적절한 칼슘 섭취가 중요하다고 할 수 있다.⁵⁹⁾ 이를 반영하듯이, 미국의 NIH Consensus Conference에서는 에스트로겐 대체 요법을 사용하는 폐경 후 여성에게는 칼슘 균형을 위해 1일 1,000 mg의 칼슘을 권장하고 에스트로겐 대체 요법을 사용하지 않는 여성에게는 1,500 mg의 칼슘을 권장하고 있다.⁶⁰⁾

폐경 전 여성에서는 골 대사지표와 영양소 섭취사이에 상

관성이 나타나지 않았지만 폐경 후 여성에서 OC와 나이아신은 음의 상관성을 나타냈고 CTx는 열량, 지방, 탄수화물, 철분, 칼륨과 음의 상관성을 나타냈다. 폐경 전 여성보다 폐경 후 여성에서 골 대사지표와 영양소 섭취사이의 연관성을 더 잘 반영한다는 것을 알 수 있었다.

폐경 후 여성에서 요추골밀도를 예측 할 수 있는 인자로는 키, 나이,⁶¹⁾ OC, 혈청 칼슘, 혈청 나트륨, 식이 지방, 식이 나트륨, 식이 칼슘이 36%로 요추골밀도를 예측 할 수 있는 것으로 나타났으며, 폐경 전,후 모두 OC가 부정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있었고 상대적으로 다른 인자들보다 영향력이 있었다. 대퇴골 골밀도를 예측하는 인자로 폐경 전 여성은 CTx, ALP가 부정적인 영향을 미쳤고 폐경 후 여성은 ALP가 부정적인 영향을 주는 것을 알 수 있었고 상대적으로 다른 인자들보다 영향력이 있었다. 대퇴전체 골밀도를 예측하는 인자로는 폐경 전 CTx, 혈청 염소가 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 혈청 염소와 대퇴전체 골밀도의 관계는 선행연구에서 찾아볼 수 없었다. 또한, 폐경 후 여성에서 OC는 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났고 상대적으로 다른 인자들보다 영향력이 있는 것으로 나타났다. 이는 골 대사지표가 골밀도를 반영하는 좋은 지표가 될 수 있고 폐경 후 여성에게 있어 골대사지표의 증가는 골대사가 빠르다는 것을 의미하기 때문에 오히려 골대사지표의 증가가 골밀도 감소의 위험요인으로 해석되어지기도 한다.

요 약

본 연구는 서울 소재 대학병원에서 건강검진을 한 폐경 전 (283명)과 폐경 후 (143명) 여성 총 431명을 대상으로 골밀도, 골대사지표, 여성호르몬 및 영양소와의 관련성에 대해 알아보고자 실시하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

연구 대상자의 평균 나이는 48.4세였고, 폐경 후 여성의 평균 폐경 나이는 50.3세였으며, 폐경 후 경과기간은 5.17년 이었다. 대상자의 평균 신장·체중·허리둘레·체질량지수·체지방률은 각각 159.2 cm, 55.6 kg, 74.4 cm, 21.9 kg/m², 29.1% 이었으며, 폐경 후 여성의 나이, 신장, 허리둘레, BMI, 체지방률이 폐경 전 여성보다 유의하게 높았다 (p < 0.001, p < 0.001, p < 0.001, p < 0.01, p < 0.001). 평균 수축기혈압과 이완기혈압은 각각 113.5 mmHg, 69.4 mmHg였으며 폐경 후 여성에서 유의적으로 높았다 (p < 0.001, p < 0.01).

연구 대상자의 골 밀도를 살펴본 결과 폐경 후 여성이 폐경 전 여성보다 요추, 대퇴경부, 대퇴전체 골 밀도가 유의하게 감소되어 있었고 (p < 0.001) OC, CTx, ALP 지표는 폐경 전 여성보다 폐경 후 여성이 유의하게 높은 것으로 나타

났다 ($p < 0.001$).

평균 열량 섭취량은 폐경 전 여성 1,679.4 kcal, 폐경 후 여성 1,621 kcal로 권장량의 93.2%, 90.05%이었으며 탄수화물, 단백질, 지방 섭취량의 에너지 기여 비율은 각각 58 : 18 : 24 , 61 : 18 : 21 이었다, 단백질, 지방, 콜레스테롤 섭취량이 폐경 전 여성보다 폐경 후 여성에서 유의하게 높았다 ($p < 0.05$, $p < 0.001$, $p < 0.001$). 일반 영양소 섭취량 중에서 특히 칼륨 섭취량 (폐경 전·후 여성의 칼륨 섭취량은 권장량의 66.69%, 71.54%)이 권장량에 많이 부족한 반면 나트륨 섭취량 (폐경 전·후 여성의 나트륨 섭취량은 권장량의 226.8%, 216.5%)은 권장량보다 훨씬 높았으며 섬유소, 칼륨의 섭취량은 폐경 전 여성이 폐경 후 여성보다 유의하게 높게 나타났다 ($p < 0.05$, $p < 0.05$).

폐경 전 여성은 요추 골 밀도와 칼륨 섭취량 사이에서 음의 상관관계를, 폐경 후 여성에서는 요추 골 밀도와 칼슘 섭취량 사이에서 양의 상관관계를 나타냈고 CTx와 열량, 지방, 탄수화물, 철분, 칼륨, 비타민 A, 베타카로틴, 나이아신, 엽산, 섬유소 섭취량과 음의 상관관계를 나타냈으며 OC와 나이아신 섭취량 사이에서 음의 상관관계를 나타냈다. 요추 골 밀도는 단백질, 지방, 칼슘과 양의 상관관계를 나타냈고 FSH 또한 지방, 나이아신 섭취량 사이에서 양의 상관관계를 나타냈다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 폐경 전과 폐경 후 여성에서 골 표지자인 OC, CTx, ALP 지표는 골 밀도와 여성 호르몬 농도와 연관되어, 체내의 골 대사에 관련된 중요한 중재자의 하나임을 재확인하였고, 골 밀도를 예측하는 인자는 다소 차이가 있었지만 폐경 전 여성에서 체중, BMI, 폐경 후 여성에서는 칼슘 섭취량, 나이 등이 다른 인자들보다 중요도 및 예측에 있어 상대적 영향이 더 큰 것을 알 수 있었다. 또한, 영양 섭취 상태는 폐경 전과 폐경 후 여성에서 열량 섭취는 권장량과 비교하였을 때 양호한 편이었으나 그에 반해, 칼륨, 칼슘 섭취는 부족, 나트륨은 과잉 섭취를 하고 있었다. 따라서 폐경 후 골다공증을 예방하고 골 감소를 최소화하기 위해서는 골 밀도에 긍정적 영향을 미친다고 판단된 혈청 칼슘의 충분한 섭취와 적절한 체중유지가 중요하며 반대로 부정적 영향을 미친 나트륨 섭취 감소는 골밀도의 감소를 예방하는데 중요한 역할을 할 수도 있다고 제안한다.

Literature cited

- 1) Korea National Statistical Office, Annual report of mortality statistics, Seoul; 2005
- 2) Korea National Statistical Office, Population projection for Korea, Seoul; 2007

- 3) Won HS. Effects of age-related changes in taste perception on nutritional status and validation of food frequency questionnaire for the Korean elderly [dissertation]; Seoul: Ewha Womans University; 1996
- 4) Choi SN, Lee SY, Chung NY. Bone density and processed food intake behavior if middle aged and elderly women in the Seoul area. *Korean J Food Cult* 2008; 23(6): 681-692
- 5) Avioli LV. The osteoporotic syndrome: Detection, prevention and treatment. 4th ed: Orlando, FL: Academic press; 2000.
- 6) Lee NJ. Age, Body weight, physical activity, dietary patterns, and acculturation may affect osteoporosis risk in postmenopausal Korean and Korean American women. *Korean J Phys Educ* 2008; 47(2): 361-369
- 7) Kim MS, Koo JO. Comparative analysis of food habits and bone density risk factors between normal and risk women living in the seoul area. *Korean J Community Nutr* 2008; 13(1): 125-133
- 8) Jang SN, Choi YH, Chol MG, Kang SH, Jeong JY, Choi YJ, Kim DH. Prevalance and associated factors of osteoporosis postmenopausal women in Chuncheon: HAS. *J Prev Med Public Health* 2006; 39(5): 389-396
- 9) Kim YS, Yoon BK, Kim JY, Choi DS, Lee JH, Kim JH, Kim KW, Min YK. Effect of hormone replacement therapy on bone mineral density in Korean postmenopausal women over age of 60. *J Korean Soc Menopause* 2007; 13(2): 114-122
- 10) Eastell R, Delmas PD, Hodgson SF, Eriksen EF, Mann KG, Riggs BL. Bone formation rate in older normal women: concurrent assessment with bone histomorphometry, calcium kinetics and biochemical markers. *J Clin Endocrinol Metab* 1988; 67: 741-748
- 11) Lee HS, Baik IK, Hong ES. Effect of nutrients intakes on development of osteoporosis in Korean postmenopausal women. *J Korean Diet Assoc* 1996; 2(1): 38-48
- 12) Ribot C, Pouilles JM, Bonneu M, Tremolieres F. Assessment of the risk of post-menopausal osteoporosis using clinical factors. *Clin Endocrinol (Oxf)* 1992; 36: 225-228
- 13) Chung YJ, Lee KM, Park JW, Chung SP. Factors which are related with BMD in premenopausal women. *J Korean Acad Fam Med* 2001; 22: 363-370
- 14) Johansen JS, Riis BJ, Delmas PD, Christiansen C. Plasma BGP. An indicator of spontaneous bone loss and of effect of estrogen treatment in postmenopausal women. *Eur J Clin Invest* 1998; 18: 191-195
- 15) Lee KM, Han SB, Kim JS, Baik KJ, Hong SB, Moon KH, Kang JS, Yoon SH. Bone mineral density and bone turnover makers in patients with femur fracture who visited the emergency department. *J Korean Soc Traumatol* 2005; 18(2): 87-93
- 16) Lee CS, Yoon SC. The significance of serum C-telopeptide as a bone marker in chronic hemodialysis patients. *Korean J Med* 2009; 76(4): 443-450
- 17) McKay HA, Petit MA, Khan KM, Schutz RW. Lifestyle determinants of bone mineral: a comparison between prepubertal Asian- and Caucasian-Canadian boys and girls. *Calcif Tissue Int* 2000; 66 (5): 320-324
- 18) NOF. OBRD-NRC; 1998
- 19) Riggs BL, Melton LJ. The prevention and treatment of osteoporosis. *N Engl J Med* 1992; 327: 620-627
- 20) Kakudo K. Introduction for special issue of calcitonin and calcitonin receptor. *Cell Mol Biol* 2006; 1552(3): 1-2
- 21) Mcguigan FE, Murray L, Gallagher A, Davey-Smith G, Neville CE, Van't Hof R, Boreham C, Ralston SH. Genetic and environmental determinants of peak bone mass in young man and women. *J Bone Miner Res* 2002; 17(7): 1273-1279
- 22) Anderson JJB. Nutritional advances in human bone metabolism introduction. *J Nutr* 1996; 126: 1150S-1152S

- 23) Lamichhane AP. Osteoporosis-an update. *J Nepal Med Assoc* 2005; 44(158): 60-66
- 24) Slemenda CW, Christian JC, Reed T, Reister TK, Williams CJ, Johnston CC Jr. Longterm bone loss in men: effects of genetic and environmental factors. *Ann Intern Med* 1992; 117(4): 286-291
- 25) Yu CH, Kim HS, Lee JS, Kim JY. A study on Ca and P balance in Korean adult women. *Korean J Nutr* 2001; 34 (1): 54-61
- 26) Lee KS, Kim JM. Comparison of nutrients intake, bone density, total cholesterol and blood glucose in women living in Taegu City. *J Korean Diet Assoc* 2003; 9(1): 81-93
- 27) Mizushima S, Tsuchida K, Yamori Y. Preventive nutritional factors in epidemiology: interaction between sodium and calcium. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 1999; 26: 573-575
- 28) Son SM, Heo KY. Salt intake and nutritional problems in Korea. *Korean J Community Nutr* 2002; 7(3): 381-390
- 29) Metka M, Holzer G, Heytmanek G, Huber J. Hypergonadotropic hypogonadonic amenorrhea and osteoporosis. *Fertil Steril* 1992; 57: 37-41
- 30) Hamdy RC, Petak SM, Lenchik L. Which central dual X-ray absorptiometry skeletal sites and regions of interest should be used to determine the diagnosis of osteoporosis. *J Clin Densitom* 2002; 5(Suppl): S11-S18
- 31) Block G, Coyle LM, Hartman AM, Scoppa SM. HHHQ-DIET-SYS analysis software, Ver.3.0 National Cancer Institute, Bethesda, MD; 1993
- 32) Kim HY, Yang EJ. A Study on development and validation of food frequency questionnaire for Koreans. *Korean J Nutr* 1998; 31(2): 220-230
- 33) Paek HY, Ryu JY, Choi JS, An YJ, Mun HK, Park YS, Lee HG, Kim YI. Development and validation of food frequency questionnaire for dietary assessment of Korean adults in rural area. *Korean J Nutr* 1995; 28(9): 914-922
- 34) Lee SH. The association between dietary patterns and the risk of metabolic syndrome; 2005
- 35) Sung CJ, Choi YH, Kim MH, Choi SH, Cho KO. A study of nutrient intake and serum levels of osteocalcin, Ca, P, and Mg and their correlation to bone mineral density in Korean postmenopausal women residing in rural areas. *Korean J Community Nutr* 2002; 7(1): 111-112
- 36) Yu CH, Lee YS, 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 Nutr* 2002; 35(7): 779-790
- 37) Lee HJ, Lee HO. A study on the bone mineral density and related factors in Korean postmenopausal women. *Korean J Nutr* 1999; 32(2): 197-203
- 38) Leon S, Marc AF. Clinical gynecologic endocrinology and infertility. 7th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2005. p.652
- 39) Raisz LG. Pathogenesis of osteoporosis: concepts, conflicts, and prospects. *J Clin Invest* 2005; 115: 3318-3325
- 40) Choi SH, Hwang DK, Song HR, Noh HJ, Kang JY, Choi DH, Choi HJ. Predictors for Lumbar bone mineral density in premenopausal and postmenopausal women in Korea. *J Korean Soc Menopause* 2009; 15(2): 101-109
- 41) Riggs BL, Melton LJ 3rd. The prevention and treatment of osteoporosis. *N Engl J Med* 1992; 327: 620-627
- 42) Braunwald E, Fauci AS, Kasper DL, Hauser SL, Longo DL, Jameson JL. Harrison's principles of internalmedicine, 15th ed. The McGraw-Hill Companies, Inc; 2001. p.2226-2227
- 43) Weinstein RS, Manolagas SC. Apoptosis and osteoporosis. *Am J Med* 2000; 108: 153-164
- 44) Turner RT, Riggs BL, Spelsberg TC. Skeletal effects of estrogen. *Endocr Rev* 1994; 15: 275-300
- 45) Pacifici R. Estrogen, cytokines, and pathogenesis of postmenopausal osteoporosis. *J Bone Miner Res* 1996; 11: 1043-1051
- 46) Felson DT, Zhang Y, Hannan MT, Anderson JJ. Effects of weight and body mass index on bone mineral density in men and women: the Framingham study. *J Bone Miner Res* 1993; 8: 567-573
- 47) Frost HM. Obesity, and bone strength and "mass": A tutorial based on insights from a new paradigm. *Bone* 1997; 21: 211-214
- 48) Hoover PA, Webber CE, Beaumont LF, Blake JM. Postmenopausal bone mineral density: Relationship to calcium intake, calcium absorption, residual estrogen, body composition, and physical activity. *Can J Physiol Pharmacol* 1996; 74: 911-917
- 49) Rebuffé-Scrive M, Eldh J, Hafström LO, Björntorp P. Metabolism of mammary, abdominal, and femoral adipocytes in women before and after menopause. *Metabolism* 1986; 35: 792-797
- 50) Carr MC. The emergence of the metabolic syndrome with menopause. *J Clin Endocrinol Metab* 2003; 88: 2404-2411
- 51) Koo JO, Ahn HS, Yoo SY. Study of bone mineral density, body composition and dietary habits of 20-30 years women. *Korean J Community Nutr* 2008; 13(4): 489-498
- 52) Yamaguchi T, Sugimoto T, Yano S, Yamauchi M, Sowa H, Chen Q. Plasma lipids and osteoporosis in postmenopausal women. *Endocr J* 2002; 49: 211-217
- 53) Parhami F, Jackson SM, Tintut Y, Le V, Balucan JP, Territo M. Atherogenic diet and minimally oxidized low density lipoprotein inhibit osteogenic and promote adipogenic differentiation of marrow stromal cells. *J Bone Miner Res* 1999; 14: 2067-2078
- 54) Choi, JH, Kim SK. Comparison of the dietary factors between normal and osteopenia groups by bone mineral density in Korean female college students. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2008; 37 (7): 815-958
- 55) Lee BK, Chang YK, Choi KS. Effect of nutrient intake on bone mineral density in postmenopausal women. *Korean J Nutr* 1992; 25(7): 642-655
- 56) Gruchow HW, Sobocinski KA, Barboriak JJ. Calcium intake and the relationship of dietary sodium And potassium to blood pressure. *Am J Clin Nutr* 1988; 48: 1463-1470
- 57) Jones G, Beard T, Parameswaran V, Greenaway T, Von Witt R. Apopulation-based study if the relationship between salt intake, bone resorption and bone mass. *Eur J Clin Nutr* 1997; 51(8): 561-565
- 58) Kim JH. Determinants of bone mineral density in adult women living in community dwellings [Masterthesis]. Bucheon: The Catholic University; 2002
- 59) Heaney RP, Recker RR, Stegman MR, Moy AJ. Calcium absorption in women: relationships to calcium intake, estrogen status, and age. *J Bone Miner Res* 1989; 4(4): 469-475
- 60) Heaney RP. Nutritional factors in bone health in elderly subjects: methodological and contextual problems. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 1182-1189
- 61) Yang YS, Noh HT. Predictors for Lumbar bone mineral density in premenopausal and postmenopausal women in Korea. *Korean J Obstet Gynecol* 2008; 51: 429-440