

폐경 후 골감소증 여성에 대한 12주간의 영양교육과 운동 중재 전·후 식품 및 영양소 섭취량 변화와 골밀도 지표 변화와의 관계

김서진 · 강서정¹⁾ · 박윤정²⁾ · 황지윤^{3)†}

상명대학교 외식영양학과, ¹⁾상명대학교 스포츠건강학과, ²⁾이화여자대학교 식품영양학과,
³⁾상명대학교 교육대학원 영양교육전공

The Association between Changes in Food and Nutrient Intakes and Changes in Bone Metabolic Indicators in Postmenopausal Women with Osteopenia after a 12-week Intervention of Nutrition Education and Aerobic Exercise

Seo-Jin Kim, Suh-Jung Kang¹⁾, Yoon Jung Park²⁾, Ji-Yun Hwang^{3)†}

Department of Foodservice Management and Nutrition, Sangmyung University, Seoul, Korea

¹⁾Department of Sports Science, Sangmyung University, Seoul, Korea

²⁾Department of Nutrition Science and Food Management, Ewha Womans University, Seoul, Korea

³⁾Nutrition Education Major, Graduate School of Education, Sangmyung University, Seoul, Korea

Abstract

Few studies investigated the effects of nutrition education and exercises in women with osteopenia. This study examined the relationship between changes in dietary intakes and changes in indicators related to bone health in postmenopausal women with osteopenia ($-2.5 \leq T\text{-score} \leq 1$) after a 12-week intervention. Thirty-one postmenopausal women aged > 50 years residing in Seoul were recruited and participated in nutritional education regarding bone health and general nutrition practices and aerobic exercises (three times a week; 60 min per session). Twenty-five subjects completed the study and were eligible for the analysis. Bone mineral density (BMD) at femoral neck was measured by dual energy x-ray absorptiometry. Serum calcium, osteocalcin, and intact parathyroid hormone (PTH) were also measured. Dietary intake was estimated by using a one-day 24 recall by a clinical dietitian. After 12 weeks, meat consumption increased ($P = 0.028$) but vegetable intake decreased ($P = 0.005$). Intakes of animal protein ($P = 0.024$), vitamin B1 ($P = 0.012$) and vitamin B₂ ($P = 0.047$) increased, and sodium intake decreased ($P = 0.033$). Intact PTH ($P = 0.002$) decreased and osteocalcin ($P = 0.000$) increased, however, BMD decreased ($P = 0.000$). Changes in mushroom consumption were positively correlated with femoral neck BMD ($r = 0.673$, $P = 0.003$). Changes in animal iron intake were negatively correlated with intact PTH ($r = -0.488$, $P = 0.013$) but were positively correlated with osteocalcin ($r = 0.541$, $P = 0.005$). These results suggested that the association between animal iron intake and biochemical markers of bone turnover may play an important role in bone metabolism. Further studies are needed to shed light on complicated mechanisms of diet, hormonal levels of bone metabolism, and bone density. (*Korean J Community Nutr* 18(3) : 213~222, 2013)

KEY WORDS : bone health · intervention · iron intake · nutrition education · hormone

접수일: 2013년 1월 18일 접수

수정일: 2013년 4월 11일 수정

채택일: 2013년 5월 20일 채택

†Corresponding author: Ji-Yun Hwang, Nutrition Education Major, Graduate School of Education, Sangmyung University, 7 Hongji-dong, Jongno-gu, Seoul 110-743, Korea
Tel: (02) 781-7521, Fax: (02) 2287-0104
E-mail: jiyunhk@smu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

국민건강영양조사(Ministry of Health, Welfare and Family Affairs & Korea Centers for Disease Control and Prevention 2012)에 따르면 칼슘은 권장량 대비 섭취비율이 여성은 66.6%, 남성은 78%로 한국인 영양섭취 기준 (Korean Nutrition Society 2010) 대비 가장 부족한 영양소이며 이에 따라 폐경 후 여성에서 골감소증 유병율은 50대 15.4%, 60대 32.8%로 높게 나타나고 있다 (Ministry of Health, Welfare and Family Affairs &

Korea Centers for Disease Control and Prevention 2012). 최대 골질량은 이십대 중반에서 삼십대 초반의 청장 년기에 일생 중 최대치가 되고 30세에서 50세까지는 대체로 골흡수와 골형성이 골항상성을 이루려는 과정인 골재형성을 통해 골질량이 유지되며 적은 양의 골질량 감소가 발생된다(Chung 2008). 폐경 후 여성에서 여성 호르몬 결핍은 급격한 골손실로 이어지며 이후 노화로 인해 골형성 기능이 부족해지면서 골손실이 지속된다(Chung 2008).

골밀도는 호르몬의 영향을 받는다고 알려져 있다. 에스트로겐 감소와 함께 부갑상선 호르몬 증가는 골밀도 감소(Khosla 등 1997)와 골절(Välimäki 등 2005)의 중요한 원인이 된다. Khosla 등(1997)은 351명의 여성을 대상으로 나이와 에스트로겐의 상태가 부갑상선 호르몬과 골 지표에 미치는 영향에 관한 연구를 수행했는데 폐경 후 20년이 넘는 대상자에서 에스트로겐 치료는 부갑상선 호르몬의 수준을 낮춘다고 보고하였다. Välimäki 등(2005)은 군인 남성에서 부갑상선 호르몬의 증가는 골절의 위험을 높인다고 보고하였다. 오스테오칼신은 조골세포에서 분비되는 생화학적 지표로 골교체를 정도를 알려준다(Kim 등 2011b). 폐경 전·후 여성의 골밀도와 골 대사에 영향을 미치는 요인에 관한 연구에서 폐경 전·후 여성 모두에서 혈중 오스테오칼신, C-telopeptide, Alkalinephosphatase가 체내 골 대사에 영향을 미치는 요인으로 밝혀졌다(Park 등 2011).

식이섭취와 운동은 골밀도와 밀접한 관련이 있다. 6개월 이상 운동을 해왔던 폐경 전 여성을 대상으로 한 연구에서 칼슘 섭취와 운동은 골밀도 향상에 영향을 미치는 중요한 요인이었다(Choi 2002). 폐경 후 여성을 대상으로 한 연구에서 혈청 구리, 아연, 망간 농도와 골밀도 간의 상관관계는 유의적이지 않았지만 동물성 단백질, 동물성 철 섭취량과 요추의 골밀도 사이에는 유의적인 음의 상관관계가 있었다(Choi & Sung 2006). 폐경 후 여성의 무기질 섭취량 및 소변 중 배설량과 골밀도에 관한 연구에서 칼슘 섭취량은 요추 골밀도 T-score, 인 배설량은 대퇴경부 골밀도 T-score와 유의적인 양의 상관관계를 보였다(Yeon & Sung 2011). Park 등(2011)은 폐경 후 여성에서 칼슘 섭취량과 나이가 골밀도를 예측하는 주요 요인이라 밝혔다.

이전의 폐경 후 여성에 관한 영양학 연구는 영양소 섭취량과 골밀도에 관한 연구나 칼슘 보충제를 통한 중재연구가 대부분이며 개인의 영양섭취실태를 판정 후 칼슘이 풍부한 식품 등의 섭취를 권장하는 방법으로 식이를 개선하여 골밀도를 개선할 수 있는 식습관을 지속적으로 유지할 수 있게 도와주는 영양교육 프로그램을 함께 중재한 연구는 거의 없었다. 8주간의 파일럿 연구이기는 하지만 폐경기 전·후 40~65

세 중년 여성에서 식이 섭취 중 특히 칼슘과 칼슘 섭취량을 증가시키도록 하는 DASH 식이 교육 프로그램이 골밀도에 미치는 효과를 살펴본 연구에서 DASH식이교육군과 DASH식이교육과 함께 칼슘 보충제를 복용한 군 사이에 골밀도의 차이는 없었다(Kim 등 2010). 이는 영양교육을 통한 지속적인 식이 행동 수정은 자아 효능감을 높여 바람직한 식생활을 지속할 수 있게 도와준다는 것을 시사한다(Contento 2010).

따라서 본 연구에서는 폐경 후 골감소증 여성을 대상으로 12주 동안 영양 교육과 유산소 운동 프로그램을 중재하고 중재 후 식품 및 영양소의 섭취량 변화와 골밀도 지표 변화와의 상관관계를 알아보고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구 대상 및 기간

본 연구는 서울시에 거주하는 50세 이상 폐경 후 여성 중 E구 보건소에서 Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA)로 측정된 대퇴경부 Bone Mineral Density (BMD) T-score가 -2.5 이상 1 이하(World Health Organization 1998)인 골감소증 여성 31명을 대상으로 2011년 7월 4일부터 10월 22일까지 12주간 이루어졌다. 이 기간은 운동과 식이보충제 섭취를 통해 대퇴경부 골밀도 변화 관찰에 최소 12주가 필요했다고 보고한 선행연구(Tartibian 등 2011)를 참고하였다. 대상자는 12개월 동안 규칙적인 운동을 하지 않은 좌식생활자(sedentary)이며 일상 활동 범위가 유사한 자로 구성되었으며 정형외과적 이상 소견이 없고 칼슘 보충제를 섭취하지 않는 자로 제한했다. 영양교육과 운동 프로그램의 중도 탈락 방지를 위하여 전화연락을 통하여 대상자를 관리하였다. 본 연구를 위해 E구 보건소에서 대상자들에게 연구의 취지를 충분히 설명하고 참여 동의서를 받았다.

2. 조사 도구 작성 및 자료수집

연구대상자의 신체계측은 간호사에 의해 측정되었다. 허리와 엉덩이 둘레는 줄자로 측정되었고 허리-엉덩이비율(Waist-Hip Ratio; WHR)은 계산하여 얻었다. 신장, 체중은 측정하였고 체질량지수(Body Mass Index; BMI)는 계산되었다. 골격근, 체지방, %Body fat 등은 Inbody 8.0(Biospace, Korea)에 의해 측정되었고 BMD는 이중에너지 방사선 측정법(DEXA; GE Lunar Prodigy Advance DXA scanner, GE Healthcare, Madison, WI, USA)으로 측정되었으며 체중부하운동이 골밀도에 미치는 효과를

알아보기 위해 중재 전·후 동일한 대퇴골경부 부위를 동일한 방법으로 측정하여 얻었다. 연구대상자는 검사일 전일 저녁 9시부터 12시간 이상의 공복 상태를 유지한 후 임상병리 전문가에 의해 상완정맥에서 혈액 20 ml를 채혈 받았으며 혈액은 S 연구소에 의뢰하여 주요 골밀도 관련 호르몬인 혈청 부갑상선 호르몬, 오스테오칼신, 칼슘을 측정하기 위해 분석되었다. 부갑상선 호르몬은 Electrochemiluminescence Immunoassay법, 오스테오칼신은 Radioimmunoassay법, 칼슘은 Colorimetry법으로 검사되었다.

훈련된 임상영양사가 대상자와의 면접을 통해 식품 및 영양소 섭취량과 골영양 관련 식습관에 대한 면담조사를 실시하였다. 중재 전·후 24시간 회상법을 이용하여 1일 식이섭취량을 조사한 후 영양분석 프로그램(Can Pro 4.0)을 이용하여 1일 영양소 섭취량을 분석하였다. 간이 반정량 식품빈도 조사법으로 칼슘이 풍부한 식품 섭취빈도 및 음료 섭취 빈도를 조사하였다. 식사 질을 평가하기 위해 간이식생활평가자인 Mini Dietary Assessment(MDA) (Oh 등 2007)를 이용하였다.

3. 조사 내용 및 방법

12주 동안 영양교육(단체교육 4회, 1 : 1 교육 및 개인상담 2회)과 유산소성 운동 프로그램(주 3회, 1회당 준비 및 정리운동을 포함하여 총 60분으로 구성)을 실시하였다. 운동 프로그램은 운동자각도를 사용하여 중강도에 해당되는 운동강도를 유지하도록 하였으며 전신을 움직이는 체중부하 운

동 위주로 구성되었다. 영양교육은 4회의 단체교육과 2회의 개인상담 및 교육으로 이루어졌다(Table 1). 1차시는 뼈 건강을 위한 식이 가이드라인과 12주 프로그램에 대한 설명, 2차시는 최대골밀도 유지를 위한 식생활, 3차시는 골감소증을 위한 생활습관 교정으로 식이, 운동, 그 외 흡연, 음주 등의 생활습관에 대한 내용을 포함하였으며 4차시는 골다공증을 위한 식사요법으로 구성하였다. 영양교육은 골다공증의 위험과 식생활습관 교정의 필요성을 인지시키고, 건강한 식생활습관을 지속적으로 실천할 수 있는 능력을 향상시키는 데 목적을 두었으며 식이 실천 교육 내용과 상담은 한국인을 위한 식사지침(Korean Nutrition Society 2010)에 근거하여 진행하였다.

전체 교육을 진행하기 전 24시간 회상법과 칼슘이 풍부한 식품과 음료 섭취빈도를 평가하기 위한 간이 반정량 식품빈도조사법을 이용하여 개인별 식품 및 영양소 섭취상태를 조사한 후 결과에 근거한 분석자료를 전체 교육과 1 : 1 개인별 맞춤형 중재 프로그램에 활용하였다. 단체교육에서는 조사된 칼슘 급원 식품 및 당류가 함유된 음료의 섭취 빈도, 1일 영양소 섭취량 및 1일 평균 필요량 대비 섭취율을 가지고 대상자들의 섭취 분포와 평균을 바탕으로 교육하였다. 개인상담 및 교육에서는 각 개인별 표준체중을 이용한 열량 및 한국인 영양섭취기준에 따른 개인별 일일 영양소 권장섭취량을 제시하고, 사전 영양섭취 결과와 비교한 뒤 자신이 개선하고자 하는 영양소 섭취량에 대한 목표치를 설정하여 동기 부여를 하였다. 이후 각 개인별 영양 평가지를 기반으로 규

Table 1. Nutrition education program for bone health

Section	Topics
Introduction to nutrition education programs to improve bone health	1. Osteopenia & osteoporosis: definition, risk factors, diagnosis, symptoms, and complications 2. Dietary guidelines to improve bone health 3. Introduction to 12-week program
Dietary habits to maximize bone mineral density	1. Adequate intake of calcium and vitamin D 2. Dietary control of sodium, sugar, and caffeine 3. Importance of balanced diet
Lifestyle modification for osteopenia	1. Regular and appropriate exercise 2. Importance of diet and dietary habits 3. Other factors: smoking, alcohol drinking, and calcium supplementation
Diet therapy to prevent osteoporosis	1. Dietary therapy to prevent/reduce osteoporosis 2. Sample menus 3. Individual exercise for menu plans
Individual counseling and education I	1. Results of individual dietary assessment 2. Individual dietary guidelines 3. Dietary management to improve bone health
Individual counseling and education II	1. Assessment of dietary compliance 2. Additional dietary education 3. Methods for sustainable dietary management

칙적인 식사, 우유 및 칼슘 급원 식품 섭취, 비타민 D의 충분한 섭취나 일광욕, 충분한 과일과 채소 섭취, 소금과 설탕 섭취 감소, 과음 · 흡연 · 커피 · 탄산음료의 과도한 섭취 감소 등을 포함한 골건강 개선을 위한 식사지침 (Korean Dietetic Association 2008)을 설명하고 이를 일상식이에 반영하도록 하였다. 또한 양질의 단백질을 공급하는 동물성 식품의 섭취량이 적고 채소의 섭취량이 주로 김치에 의한 것임이 평가되었기 때문에 양질의 동물성 식품 섭취와 나트륨 섭취량 감소를 위한식이실천법을 제시하였다. 또한 칼슘이 풍부한 식품을 알려주고 꾸준히 섭취할 수 있도록 독려했으며 커피 섭취량이 많은 대상자에게는 섭취량을 줄일 수 있는 권고안을 1 : 1로 제시하였다.

중재효과를 살펴보기 위해 중재 전 · 후 대퇴골경부 골밀도를 측정했으며 영양교육 효과를 알아보기 위해 24시간 회상법, 반정량 식품빈도 조사법으로 칼슘이 풍부한 식품 섭취 빈도 및 음료 섭취 빈도, 식사의 질 평가를 위한 MDA를 이용하였다.

4. 통계 분석

모든 통계는 SPSS Statistics 20 (IBM, Armonk, New York, United States)을 이용하였다. 대상자들의 중재 전 · 후 측정치의 차이를 보기 위해 Paired t-test를 실시하였으며 중재 전 · 후의 종류별 식품 및 영양소 섭취량의 변화와 골밀도 및 혈청 부갑상선 호르몬, osteocalcin, 칼슘 수준의 변화와의 상관관계를 알아보기 위해 피어슨 상관관계 분석을 이용하였다. 유의 수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결 과

1. 신체계측, 골밀도 및 골대사 지표, 골건강 관련 식품 빈도 조사

대상자들의 평균 연령은 57.16 ± 4.29 세였다 (Table 2). 평균 BMD는 중재 전 -1.73 ± 0.46 에서 -2.02 ± 0.44 로 유의적으로 감소하였다 ($P = 0.000$). 평균 허리 둘레는 중재 전 83.44 ± 6.94 cm에서 중재 후 80.82 ± 6.66

Table 2. Age and anthropometrics, indicators related to bone mineral density (BMD), and dietary behaviors related to bone health from baseline to follow-up in subjects with osteopenia (n = 25)

Variable	Baseline	12th week	t	P-value
	Mean \pm SD	Mean \pm SD		
Age (yrs)	57.16 \pm 4.29			
BMD	-1.73 \pm 0.46	-2.02 \pm 0.44	-7.581	0.000
Waist (cm)	83.44 \pm 6.94	80.82 \pm 6.66	-3.952	0.001
Hip (cm)	95.92 \pm 4.52	94.44 \pm 4.38	-3.259	0.003
Height (cm)	153.32 \pm 3.30	153.31 \pm 3.20	-0.157	0.876
Weight (kg)	57.28 \pm 7.08	57.02 \pm 6.70	-1.413	0.170
Skeletal muscle	19.61 \pm 1.58	19.76 \pm 1.48	0.898	0.378
Body fat (%)	20.78 \pm 6.00	20.26 \pm 5.57	-1.525	0.140
BMI (kg/m ³)	24.39 \pm 3.16	24.29 \pm 2.94	-1.348	0.190
%Body fat	35.67 \pm 6.23	34.99 \pm 5.72	-1.301	0.206
WHR	0.87 \pm 0.05	0.86 \pm 0.05	-2.027	0.054
Intact PTH (pg/mL)	37.34 \pm 8.98	28.11 \pm 15.61	-3.544	0.002
Osteocalcin (ng/mL)	3.89 \pm 2.04	18.60 \pm 13.07	5.461	0.000
Calcium (mg/dL)	9.28 \pm 0.59	9.08 \pm 0.37	-1.531	0.139
Dietary quality (score) ¹⁾	39.20 \pm 6.06	38.80 \pm 6.27	-0.480	0.635
Calcium rich food intake (number/month)	58.80 \pm 40.61	61.62 \pm 43.38	0.313	0.757
Milk	14.98 \pm 17.87	12.34 \pm 14.34	-0.771	0.448
Yogurt	7.52 \pm 14.72	9.68 \pm 20.88	0.442	0.663
Fermented milk	6.82 \pm 11.08	5.56 \pm 14.01	-0.509	0.616
Ice cream	1.96 \pm 4.00	1.66 \pm 3.12	-0.319	0.753
Cheese	3.20 \pm 12.00	3.90 \pm 7.17	0.494	0.626
Soy milk	1.56 \pm 3.42	4.16 \pm 7.53	1.789	0.086
Anchovies	22.76 \pm 28.53	24.32 \pm 23.71	0.367	0.717
Drinks intake	93.32 \pm 91.33	72.26 \pm 62.91	-1.438	0.163

1) Dietary quality was assessed by Mini Dietary Assessment (Oh et al. 2007)

cm($P = 0.001$)로, 평균 엉덩이 둘레는 중재 전 95.92 ± 4.52 cm에서 중재 후 94.44 ± 4.38 cm($P = 0.003$)로 유의적으로 감소하였다. 골밀도 지표 중 평균 부갑상선 호르몬은 중재 전 37.34 ± 8.98 (pg/mL)에서 중재 후 28.11 ± 15.61 (pg/mL)로 유의하게 감소한 반면($P = 0.002$), 평균 오스테오칼신은 중재 전 3.89 ± 2.04 (ng/mL)에서 중재 후 18.60 ± 13.07 (ng/mL)로 유의적으로 증가하였다($P = 0.000$). 식사의 질 및 반정량 식품빈도 조사법으로 조사한 칼슘 급원 식품섭취빈도와 음료섭취 빈도는 중재 전 · 후 차이가 없었다.

2. 식품 섭취 실태

전체 대상자의 중재 전 · 후 식품종류 별 평균 섭취량은 Table 3과 같다. 채소류의 섭취량은 중재 전 336.82 ± 133.02 g에서 중재 후 235.44 ± 133.77 g으로 유의적으로 감소하였으나($P = 0.005$), 육류 섭취량은 13.98 ± 21.50 g에서 33.34 ± 44.32 g으로 유의적으로 증가하였다($P = 0.028$). 중재 후 다른 식품군의 섭취량은 통계적으로 유의하게 변화하지 않았다.

3. 영양소 섭취 실태

대상자들의 평균 동물성 단백질 섭취량은 중재 전 19.00 ± 13.86 g에서 중재 후 25.73 ± 13.87 g으로 유의적으로 증가하였다($P = 0.024$) (Table 4). 나트륨 섭취

량은 중재 전 4209.86 ± 1719.52 mg에서 중재 후 3324.73 ± 1239.63 mg으로 유의적으로 감소하였다($P = 0.033$). 비타민 B₁과 B₂의 섭취량은 중재 전 각각 0.94 ± 0.32 mg, 0.93 ± 0.38 mg에서 중재 후 각각 1.29 ± 0.53 mg, 1.13 ± 0.48 mg으로 증가하였다($P = 0.012$, $P = 0.047$). 중재 후 열량을 비롯한 다른 영양소의 섭취량은 통계적으로 유의하게 변화하지 않았다. 칼슘을 평균 필요량 대비 미만으로 섭취한 대상자의 비율은 중재 전 · 후 각각 68%이었고 (Table 4) 권장섭취량 미만으로 섭취한 대상자의 비율은 중재 전 · 후 각각 76%, 72%로 나타났다(data not shown).

4. 식품군별 섭취량 변화와 골밀도 변화와의 상관관계

연구 대상자의 중재 전 · 후 골밀도 변화와 식품군별 섭취량 변화와의 상관관계를 분석한 결과 (Table 5), 골밀도 증가는 버섯류 섭취량 증가와 유의적인 양의 상관관계를 보였다($r = 0.673$, $P = 0.003$). Kim 등 (2011a)은 50세 이상 남성을 대상으로 한 연구에서 버섯류의 섭취와 대퇴경부의 골밀도(T-score)가 유의적인 양의 상관관계를 나타내었다고 보고하였다.

5. 영양소 섭취량 변화와 골밀도 변화와의 상관관계

대상자들의 중재 전 · 후 골밀도, 혈청 부갑상선 호르몬, osteocalcin 및 칼슘의 농도 차이와 영양소 섭취량의 차이

Table 3. Food group intake from baseline to follow-up in subjects with osteopenia (n = 25)

	Baseline	12th week	†	P-value
	Mean \pm SD	Mean \pm SD		
Cereals (g)	237.88 \pm 92.80	200.30 \pm 60.03	-1.787	0.087
Potatoes (g)	39.85 \pm 80.92	62.70 \pm 96.16	1.052	0.303
Sugars (g)	8.25 \pm 10.21	8.36 \pm 10.46	0.039	0.969
Beans (g)	26.79 \pm 44.15	40.61 \pm 57.13	1.259	0.220
Nuts (g)	2.66 \pm 8.27	7.52 \pm 16.65	1.561	0.132
Vegetables (g)	336.82 \pm 133.02	235.44 \pm 133.77	-3.107	0.005
Mushrooms (g)	4.36 \pm 12.69	8.20 \pm 19.06	0.828	0.416
Fruits (g)	184.80 \pm 226.65	203.36 \pm 164.16	0.392	0.699
Meats (g)	13.98 \pm 21.50	33.34 \pm 44.32	2.337	0.028
Eggs (g)	15.29 \pm 20.84	10.02 \pm 18.07	-1.278	0.214
Fishes and shellfishes (g)	47.86 \pm 58.84	66.17 \pm 66.52	1.411	0.171
Seaweeds (g)	2.28 \pm 4.18	1.95 \pm 2.48	-0.376	0.710
Dairy products (g)	83.90 \pm 141.22	80.10 \pm 121.84	-0.112	0.912
Vegetable oil (g)	7.97 \pm 9.11	5.26 \pm 3.01	-1.388	0.178
Beverage (g)	44.75 \pm 101.75	49.01 \pm 67.04	0.249	0.806
Seasoning (g)	30.11 \pm 15.09	27.93 \pm 15.65	-0.482	0.634
Total (g)	1,087.56 \pm 331.47	1,044.27 \pm 308.27	-0.682	0.501

Table 4. Nutrient intake from baseline to follow-up in subjects with osteopenia (n = 25)

Variable	Baseline		12th week		t	P-value
	Mean ± SD		Mean ± SD			
Energy (kcal)	1,417.14 ±	307.24 (84.0) ¹⁾	1,371.45 ±	303.83 (88.0) ¹⁾	-0.739	0.467
Plant protein (g)	33.52 ±	10.57 (16.0) ²⁾	29.90 ±	10.05 (8.0) ²⁾	-1.239	0.227
Animal protein (g)	19.00 ±	13.86	25.73 ±	13.87	2.414	0.024
Plant fat (g)	20.60 ±	14.55	17.25 ±	6.88	-1.356	0.188
Animal fat (g)	10.06 ±	8.87	13.11 ±	8.65	1.725	0.097
Carbohydrate (g)	228.81 ±	51.29	219.95 ±	47.22	-0.787	0.439
Fiber (g)	20.25 ±	7.41	20.49 ±	8.79	0.112	0.912
Plant calcium (mg)	283.92 ±	94.36 (68.0) ²⁾	276.41 ±	137.40 (68.0) ²⁾	-0.246	0.808
Animal calcium (mg)	261.98 ±	300.30	217.24 ±	148.01	-0.741	0.466
Phosphorus (mg)	879.63 ±	303.59 (20.0) ²⁾	926.24 ±	346.67 (16.0) ²⁾	0.605	0.551
Plant iron (mg)	10.10 ±	3.04 (0.0) ²⁾	9.71 ±	4.27 (4.0) ²⁾	-0.423	0.676
Animal iron (mg)	1.94 ±	1.31	2.31 ±	1.34	1.308	0.203
Na (mg)	4,209.86 ±	1,719.52	3,324.73 ±	1,239.63	-2.267	0.033
K (mg)	2,582.59 ±	805.49	2,573.60 ±	1,053.58	-0.044	0.965
Zinc (mg)	6.50 ±	1.45 (48.0) ³⁾	6.80 ±	2.35 (52.0) ³⁾	0.576	0.570
Vitamin A (µg RE)	820.20 ±	283.38 (8.0) ³⁾	707.27 ±	413.71 (32.0) ³⁾	-1.090	0.287
Vitamin B ₁ (mg)	0.94 ±	0.32 (56.0) ³⁾	1.29 ±	0.53 (36.0) ³⁾	2.718	0.012
Vitamin B ₂ (mg)	0.93 ±	0.38 (64.0) ³⁾	1.13 ±	0.48 (44.0) ³⁾	2.098	0.047
Vitamin B ₆ (mg)	1.76 ±	0.63 (16.0) ³⁾	1.65 ±	0.60 (20.0) ³⁾	-0.650	0.522
Niacin (mg)	13.07 ±	5.32 (40.0) ³⁾	13.35 ±	3.82 (32.0) ³⁾	0.260	0.797
Vitamin C (mg)	95.23 ±	46.65 (40.0) ³⁾	96.87 ±	52.97 (40.0) ³⁾	0.129	0.898
Folic acid (µg)	339.75 ±	105.68 (44.0) ³⁾	284.08 ±	93.51 (68.0) ³⁾	-1.988	0.058
Vitamin E (µg RE)	13.62 ±	10.97	11.39 ±	4.55	-1.095	0.284

1) The proportion of subject whose intake was less than the Korean estimated energy requirements for females in her age (Korean Nutrition Society 2010).

2) The proportion of subject whose intake of both animal and plant sources was less than the Korean estimated average requirements for females in her age (Korean Nutrition Society 2010).

3) The proportion of subject whose intake was less than the Korean estimated average requirements for females in her age (Korean Nutrition Society 2010).

1),2),3) Statistical tests to examine differences in frequencies before and after intervention were not conducted (expected frequencies < 5)

Table 5. Correlation between food group intakes change and change of indicators related to bone mineral density(BMD) (n = 25)

Food group intakes	BMD ¹⁾		Intact PTH		Osteocalcin		Calcium	
	Pearson's r	P-value	Pearson's r	P-value	Pearson's r	P-value	Pearson's r	P-value
Cereals	0.317	0.215	0.151	0.472	0.090	0.670	0.094	0.656
Potatoes	-0.289	0.260	0.179	0.391	-0.234	0.259	-0.227	0.275
Sugars	-0.410	0.102	-0.033	0.875	0.350	0.086	-0.196	0.347
Beans	0.253	0.328	0.063	0.765	-0.084	0.690	-0.279	0.176
Nuts	-0.066	0.800	0.090	0.667	-0.082	0.695	-0.176	0.400
Vegetables	-0.084	0.749	-0.072	0.734	0.161	0.442	0.022	0.918
Mushrooms	0.673	0.003	0.142	0.500	0.079	0.708	0.191	0.362
Fruits	-0.247	0.340	-0.116	0.582	0.023	0.914	-0.102	0.628
Meats	-0.010	0.970	-0.245	0.237	0.368	0.070	-0.095	0.652
Eggs	0.228	0.379	0.193	0.356	-0.311	0.131	0.326	0.112
Fishes and shellfishes	-0.420	0.093	0.027	0.897	-0.030	0.888	-0.016	0.941
Seaweeds	-0.381	0.131	-0.155	0.458	-0.052	0.806	-0.023	0.914
Dairy products	-0.094	0.720	-0.195	0.350	0.232	0.266	0.070	0.739
Vegetable oil	-0.328	0.198	-0.104	0.620	0.105	0.619	-0.190	0.362
Beverage	0.250	0.332	-0.002	0.992	0.026	0.902	0.013	0.951
Seasoning	-0.120	0.647	0.147	0.484	0.022	0.918	-0.301	0.143
Total	-0.156	0.551	-0.090	0.669	0.200	0.337	-0.132	0.531

1) Data were available for 21 subjects.

Table 6. Correlation between nutrient intakes change and change of indicators related to bone mineral density(BMD)

Variable	BMD ¹⁾		Intact PTH		Osteocalcin		Calcium	
	Pearson's r	P-value	Pearson's r	P-value	Pearson's r	P-value	Pearson's r	P-value
Energy (kcal)	-0.049	0.853	0.008	0.969	0.142	0.499	0.022	0.915
Plant protein (g)	0.343	0.178	0.187	0.372	-0.048	0.818	-0.079	0.708
Animal protein (g)	-0.194	0.457	-0.153	0.466	0.231	0.267	0.013	0.952
Plant fat (g)	-0.179	0.491	-0.003	0.988	-0.006	0.978	0.021	0.922
Animal fat (g)	-0.251	0.332	0.125	0.551	-0.122	0.563	0.225	0.279
Carbohydrate (g)	0.020	0.938	0.039	0.854	0.130	0.535	0.001	0.995
Fiber (g)	0.222	0.391	0.248	0.231	-0.218	0.296	0.007	0.975
Plant calcium (mg)	-0.163	0.532	0.114	0.588	-0.090	0.670	-0.191	0.361
Animal calcium (mg)	0.156	0.550	-0.281	0.173	0.352	0.084	0.050	0.814
Phosphorus (mg)	0.162	0.535	-0.042	0.843	0.195	0.350	-0.036	0.865
Plant iron (mg)	0.133	0.610	0.245	0.239	-0.227	0.274	0.081	0.701
Animal iron (mg)	-0.323	0.206	-0.488	0.013	0.541	0.005	-0.007	0.975
Na (mg)	-0.177	0.496	0.041	0.844	0.049	0.817	-0.381	0.060
K (mg)	-0.382	0.130	0.090	0.670	-0.033	0.875	0.012	0.955
Zinc (mg)	-0.010	0.970	-0.241	0.247	0.276	0.181	0.032	0.878
Vitamin A (μg RE)	0.011	0.968	0.154	0.462	-0.063	0.764	-0.023	0.914
Vitamin B ₁ (mg)	0.052	0.843	0.294	0.154	-0.192	0.358	-0.197	0.346
Vitamin B ₂ (mg)	0.056	0.832	0.219	0.293	-0.191	0.362	-0.149	0.478
Vitamin B ₆ (mg)	-0.191	0.464	0.229	0.270	-0.167	0.426	-0.261	0.208
Niacin (mg)	-0.139	0.593	-0.106	0.613	0.122	0.560	-0.387	0.056
Vitamin C (mg)	-0.385	0.127	0.090	0.669	-0.120	0.568	-0.191	0.361
Folic acid (μg)	-0.073	0.781	-0.055	0.793	0.048	0.820	-0.134	0.524
Vitamin E (μg RE)	-0.295	0.251	-0.171	0.415	0.168	0.422	-0.187	0.370

1) Data were available for 21 subjects.

와의 상관관계에 대한 결과는 다음과 같다(Table 6). 동물성 철 섭취량 변화는 부갑상선 호르몬 변화와 음의 상관관계($r = -0.488$, $P = 0.013$)를, 오스테오칼신 변화와는 양의 상관관계($r = 0.541$, $P = 0.005$)를 보였다. 나트륨 섭취량 차이와 혈청 칼슘 농도 차이는 음의 상관관계 경향을 보였으나 유의하진 않았다($P = 0.060$).

고 찰

본 연구는 폐경 후 골감소증 여성을 대상으로 12주 동안 실시한 영양 교육과 운동 프로그램이 식품 및 영양소 섭취량과 골밀도에 미치는 영향을 규명하기 위해 수행되었다. 폐경 후 골감소증 여성을 대상으로 운동 프로그램과 식습관 개선을 위한 영양교육을 병행한 연구는 한정적인데, 영양 교육 후 대상자들의 육류 섭취량이 증가했고 이에 따라 동물성 단백질 섭취량이 증가했으며 나트륨 섭취량은 감소했다. 영양교육으로 인한 식습관 변화와 운동 프로그램의 시행으로 오스테오칼신의 증가와 부갑상선 호르몬의 감소 효과가 나타났다.

한국인의 영양섭취기준(Korean Nutrition Society 2010)에 의하면 우리나라 50~60대 여성의 일일 칼슘 권장 섭취량은 700 mg/day이다. 본 연구 대상자들의 평균 칼슘 섭취량은 중재 전 545.91 ± 294.95 mg/day, 중재 후 493.65 ± 221.15 mg/day였으며 권장섭취량보다 적게 섭취한 대상자는 중재 전·후 각각 19명(76%), 18명(72%), 평균 필요량보다 적게 섭취한 대상자는 중재 전·후 모두 17명(68%)이었다. Peterson 등(2000)의 식이 중재가 칼슘 섭취와 골밀도에 미치는 영향에 관한 연구에서 연구 대상자들의 추가적인 칼슘 보충제 복용으로 칼슘 섭취량이 증가했으며 이는 골 감소 지연에 기여한다고 보고되었다. 본 연구에서 칼슘이 풍부한 식품 섭취에 대한 단체 및 개인 맞춤형 영양교육 후에도 칼슘이 풍부한 식품섭취량에 대한 변화를 관찰하지 못한 이유는 뼈째 먹는 생선의 경우 섭취량은 baseline에서 이미 적당했기 때문이고 우유 및 유제품의 섭취 패턴을 바꾸는 것은 이 연령대에서 매우 어렵다는 것을 시사한다(Table 2). 영양 교육, 운동 프로그램과 함께 칼슘 보충을 증대하는 연구가 후속적으로 이루어진다면 폐경 후 여

성의 골감소 예방에 기여할 것이라 사료된다.

연구 대상자의 철 섭취량은 중재 전 12.04 ± 2.95 mg/day, 중재 후 12.02 ± 4.97 mg/day로 권장섭취량 (Korean Nutrition Society 2010)보다 높았지만 동물성 급원으로부터 철의 섭취량은 현저하게 낮았다(중재 전 1.94 ± 1.31 mg/day, 중재 후 2.31 ± 1.34 mg/day). 폐경 후 여성의 골밀도를 골다공증군, 골감소군, 정상군으로 분류하여 영양소 섭취상태에 관한 연구를 수행한 결과, 골다공증군과 골감소군의 철의 섭취는 유의적이진 않았으나 정상군에 비하여 낮았다고 보고되었다(Choi & Sung 2006). 본 연구에서는 BMD와 상관관계를 나타내는 영양소는 없었지만 선행연구에서 Lee & Lee(1999)는 폐경 여성의 골밀도와 단백질, 지질, 철, 비타민 B₁ 등의 영양소 간의 유의적인 상관관계를 밝혔으며 Park(2005)은 골다공증군의 대퇴경부 BMD와 동물성 철이 유의적인 양의 상관관계임을 보고하였고 Harris 등(2003)은 건강한 폐경 후 여성을 대상으로 한 연구에서 동물성 식품을 통한 철의 섭취와 골밀도가 상당한 유의적인 양의 상관관계임을 제시했다. 본 연구에서 동물성 철과 골밀도가 상관관계를 나타내지 않은 이유는 아마도 철의 섭취량 증가가 일어났지만 통계적으로 유의하지는 않았고 골밀도는 오히려 감소한 경향을 보였기 때문이라고 사료된다.

국민건강영양조사(Ministry of Health, Welfare and Family Affairs & Korea Centers for Disease Control and Prevention 2012)에 의해 보고된 것처럼 한국인에서 나트륨 과잉 섭취는 항상 문제점으로 지적되어 왔다. 본 연구에서 영양교육을 시행함으로써 나트륨의 섭취가 감소되고 양질의 단백질 섭취의 증가되었다는 것은 향후 연구에 있어서 영양 교육의 중요성을 시사한다. Park 등(2011)은 폐경 전·후 여성을 대상으로 한 연구에서 폐경 후 여성이 골다공증을 예방하기 위해 혈청 칼슘의 충분한 섭취와 나트륨 섭취 감소가 중요하다고 제안하였다. 나트륨의 섭취와 혈청 칼슘 간의 상관관계는 유의적이지는 않았으나 음의 상관관계 경향을 나타내었다. 폐경 전·후 여성을 대상으로 식이 나트륨이 칼슘 대사에 미치는 영향을 연구한 결과 모든 연령의 여성들에서 나트륨 섭취가 높아지면 소변 중 칼슘 배출이 증가하였다(Evans 등 1997). 따라서 폐경 후 여성이 나트륨의 섭취를 줄이면 뼈 속 칼슘을 유지하는 데 있어서 유리할 것이라고 사료된다. 본 연구에서처럼 지속적으로 수정된 생활습관 유지를 가능하게 하는 자아효능감을 증가시킬 수 있는 영양 교육을 통해 식생활 개선으로 나트륨의 섭취를 상당히 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다.

오스테오칼신은 혈액 응고에 관여하는 비타민 K에 의존하

여 합성된다(Delmas 1991). 합성된 오스테오칼신의 일부는 혈중으로 방출되기 때문에 혈중농도를 측정하여 골 형성의 지표로 삼을 수 있다(Akesson 등 1995). 연구 결과 12주 후 대상자들의 오스테오칼신의 농도는 증가하였고 오스테오칼신 변화량과 동물성 철 섭취량 변화는 유의적인 양의 상관관계를 나타내었다. Shinichi 등(2006)의 철 결핍과 골소실에 관한 연구에서 철분 결핍 식이를 공급받은 쥐에서 혈청 오스테오칼신의 농도가 낮아져 osteoblast를 감소시켰으며 헤모글로빈 농도는 감소하였다고 보고되었다. 폐경기 이후에는 골교체율이 증가함에 따라 오스테오칼신 농도가 약 2배 정도 증가한다(Delmas 등 1983). 동물성 철 섭취량과 오스테오칼신 사이의 명확한 기전은 밝혀지지 않았지만 본 연구에서는 영양교육을 시행함으로써 동물성 단백질 섭취가 증가하였으며, 그 결과 동물성 철분 증가가 오스테오칼신 증가로 이어졌을 것이라 추측된다.

부갑상선 호르몬 역시 골형성과 골흡수를 자극하고 골질량을 증감시켜 골대사에 관여하는 호르몬(Neer 등 2001)으로 부갑상선 호르몬이 가장 높은 사분위수에 속한 사람은 가장 낮은 사분위수에 속한 사람에 비해 다른 변수를 보정한 후 골절에 대한 상대위험도가 2배(95% CI = 1.1–3.6)였다는 연구 결과도 있다(Garnero 등 2000). 비타민D와 칼슘 섭취에 따른 혈청 부갑상선 호르몬의 상관관계에 관한 연구에서 25-hydroxyvitamin D와 부갑상선 호르몬은 매우 강한 음의 상관관계를 보였으며 많은 양의 칼슘 섭취는 혈청 부갑상선 호르몬을 향상시켰다(Steingrimsdottir 등 2005). Campos 등(1998)은 영양학적으로 철 결핍을 유발시킨 쥐를 가지고 철 결핍은 부갑상선 호르몬 농도를 증가시킨다고 하였다.

따라서 철과 두 호르몬간의 연관성으로 미루어 볼 때 동물성 단백질 섭취가 상대적으로 충분하지 못한 폐경 후 여성은 골밀도 감소 속도를 늦추기 위하여 동물성 식품 급원에 의한 철 섭취량에 주의를 기울여야 할 것으로 판단된다. 골 대사와 관련하여 운동과 영양 교육의 병행이 골감소증 환자에게 필요하다는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구 대상자들의 평균 BMD는 연구기간 동안 감소했는데 이는 본 연구의 3개월 간의 중재로는 폐경 이후 골밀도 감소를 줄일 수 없었기 때문(Lee & Lee 1999)에 또는 BMD의 변화를 측정하기에 중재 기간이 짧아 DEXA가 골밀도 변화를 민감하게 측정하지 못했기 때문(Wayne 등 2012)이라고 추측된다. 또한 대상자가 영양교육과 운동을 모두 수행했기 때문에 각각의 요인에 대한 골지표의 변화를 분리해서 관찰하기 어렵다는 한계점을 지닌다. 본 연구는 일상적인 식이평가를 24시간 회상법 1회만 가지고 수행했다는 제한점

을 가진다. 하지만 훈련된 영양사가 일상 식이 여부를 확인했으며 일상 식이를 최대한 반영함으로써 단점을 최소화했다. 또한 대상자의 수가 적었으나 12주간의 중재를 실시하면서 중도 탈락율은 낮았다(Baseline 대비 19% 감소).

폐경 전 여성에서 영양섭취 상태와 운동이 골밀도에 미치는 영향에 대해서는 연구되어 있지만 폐경 후 여성에서 훈련된 영양사에 의한 영양교육과 12주간의 유산소성 운동을 주 3회 실시하게 한 연구는 거의 없다. 대상자들의 골밀도는 감소되었지만 오스테오칼신 및 부갑상선 호르몬 변화와 동물성 철 섭취량 변화의 상관관계 규명을 통해 철 섭취량과 골대사와의 관련성에 관한 연구가 이어질 것이라 기대된다. 본 연구는 향후 골대사 또는 골밀도와 식이섭취량에 대한 복잡한 관련성의 연구에 도움이 될 것이라 사료되며, 골감소증 환자에서 식이의 중요성에 대한 실질적 자료를 제공한다.

요약 및 결론

폐경 전·후 여성들의 영양소 섭취 상태와 골밀도 지표 간의 관계에 관한 연구는 선행되어 왔지만 영양 교육과 유산소 운동 중재에 의한 식품과 영양소 섭취량과 골밀도의 관계에 대한 연구는 미비하다. 따라서 본 연구에서는 12주간의 영양교육과 유산소 운동 프로그램을 통한 중재 전·후의 식품과 영양소 섭취상태와 골밀도 지표 간의 상관관계 및 변화에 대해 알아보하고자 하였다. 서울시에 거주하는 50세 이상 폐경 후 여성 중 이중방사선 측정법(DEXA)으로 측정한 대퇴골경부 T score가 -2.5 이상 1 이하인 골감소증 여성 31명을 대상으로 6회의 영양교육과 주 3회 유산소성 운동 프로그램(1회당 준비 및 정리운동을 포함하여 총 60분으로 구성)을 12주 동안 실시하였고 중재 전·후 DEXA를 이용한 골밀도, 혈청 골밀도 관련 호르몬, 24시간 회상법을 통한 영양소 섭취량과 식습관을 측정하였다. 12주 중재를 종료한 25명의 여성을 대상으로 식품군별 섭취량을 분석한 결과 중재 후 채소류 섭취량은 유의적으로 감소하였으나($P = 0.005$), 육류 섭취량은 유의적으로 증가하였다($P = 0.028$). 동물성 단백질, Vitamin B₁, B₂의 섭취량이 중재 후 유의적으로 증가($P = 0.024$, $P = 0.012$, $P = 0.047$)한 반면, 나트륨 섭취량은 유의적으로 감소하였다($P = 0.033$). 골밀도 호르몬의 경우 부갑상선 호르몬은 유의적으로 감소하였고($P = 0.002$), 오스테오칼신은 유의적으로 증가하였으며($P = 0.000$) 골밀도는 유의적으로 감소하였다($P = 0.000$). 버섯류와 골밀도는 양의 상관관계를 보였고($r = 0.673$, $P = 0.003$). 동물성 철의 섭취량은 부갑상선 호르몬과 음의 상관관계를 보인 반면($r = -0.488$, $P = 0.013$), 오스

테오칼신과는 양의 상관관계($r = 0.541$, $P = 0.005$)를 보였다.

모든 결과를 종합하면 영양교육의 결과로 나트륨의 섭취는 감소하였고 동물성 단백질 섭취량이 증가하여(Table 3) 철 섭취량 증가가 골 형성에 관여하는 호르몬인 오스테오칼신 증가(Table 6)에 기여했다고 추측된다. 폐경 후 여성에서 영양소 섭취량과 골밀도, 골대사 지표와의 관련성은 상반된 결과를 보이며 여전히 논쟁 중이다. 본 연구 결과는 동물성 철 섭취량과 골대사 지표와의 관련성을 보여주었으며 이는 식이섭취량과 골 대사 또는 골밀도의 복잡한 관련성에 대한 향후 연구에 도움이 될 것이라 사료된다. 또한 바람직한 식습관을 지속하기 위한 영양 교육의 중요성이 커질 것이라고 생각된다.

참 고 문 헌

- Akesson K, Vergnaud PH, Delmas PD (1995): Serum osteocalcin increases during fracture healing in elderly women with hip fractures. *Bone* 16: 427-430
- Campos MS, Barrionuevo M, Alf  rez MJ, G  mez-Ayala AE, Rodríguez-Matas MC, Lopez Aliaga I, Lisbona F (1998): Interactions among iron, calcium, phosphorus and magnesium in the nutritionally iron-deficient rat. *Exp Physiol* 83(6): 771-781
- Choi MJ (2002): Effects of nutrient intake and exercise on bone mineral density and bone mineral density in premenopausal women. *Korean J Nutr* 35(4): 437-479
- Choi YH, Sung CJ (2006): A study on nutrient intakes and serum levels of copper, zinc and manganese in Korean postmenopausal women with different bone mineral density. *Korean J Nutr* 39(5): 485-493
- Chung HY (2008) : Osteoporosis diagnosis and treatment 2007. *J Korean Endocr Soc* 23(2): 76-108
- Contento IR (2010): Nutrition education - linking research, theory, and practice. Jones & Bartlett Publishers, pp. 114-146
- Delmas PD (1991): Biochemical markers of bone turnover: methodology and clinical use in osteoporosis. *Am J Med* 91: (suppl 5B) 59s-63s
- Delmas PD, Stenner HW, Wahner KG (1983): Increase in serum bone r-carboxyglutamic acid protein with aging in women. *Clin Invest* 71: 1316-1321
- Evans CE, Chughtai AY, Blumsohn A, Giles M, Eastell R (1997) : The effect of dietary sodium on calcium metabolism in premenopausal and postmenopausal women. *Eur J Clin Nutr* 51(6): 394-399
- Garnero P, Sornay-Rendu E, Claustrat B, Delmas PD (2000): Biochemical markers of bone turnover, endogenous hormones and the risk of fractures in postmenopausal women: the OFELY study. *J Bone Miner Res* 15(8): 1526-1536
- Harris MM, Houtkooper LB, Stanford VA, Parkhill C, Weber JL, Flint-Wagner H, Weiss L, Going SB, Lohman TG (2003): Dietary iron is associated with bone mineral density in healthy

- postmenopausal women. *J Nutr* 133(11): 3598-3602
- Khosla S, Atkinson EJ, Melton LJ 3rd, Riggs BL (1997): Effects of age and estrogen status on serum parathyroid hormone levels and biochemical markers of bone turnover in women: a population-based study. *J Clin Endocrinol Metab* 82(5): 1522-1527
- Kim JH, Choi-Kwon S, Park YH, Park KA, Suh MH, Lee SO (2010): The effect of the dietary approaches to stop hypertension (DASH) diet education program on bone mineral density in the middle-aged women: a pilot study. *J Korean Biol Nurs Sci* 12(3): 195-205
- Kim JM, Jin MR, Kim HW, Chang NS (2011a): Associations between daily food and nutrient intake and bone mineral density in men aged 50 years and older. *Korean J Nutr* 44(5): 394-405
- Kim KJ, Kim KK, Hwang IC, Lee KS, Suh HS (2011b): The relation of plasma osteocalcin and BMI in subjects who visited a health promotion center of a general hospital. *Korean J Obes* 20(2): 51-58
- Kim MS, Choi MS, Kim KN (2007): Effect of nutritional education and exercise intervention on reducing and maintaining weight in obese women. *Korea J Community Nutr* 12(1): 80-89
- Korean Dietetic Association (2008): Manual of medical nutrition therapy. 3rd Edition, Korean Dietetic Association, Seoul, Korea
- Korean Nutrition Society (2010): Dietary reference intake for Korean. Korean Nutrition Society, Seoul, Korea
- Lee HJ, Lee HO (1999): A study on the bone mineral density and related factors in Korean postmenopausal women. *Korean J Nutr* 32(2): 197-203
- Ministry of Health, Welfare and Family Affairs & Korea Centers for Disease Control and Prevention (2012): 2011 national health statistics - the 5th Korea national health and nutrition examination survey, The second year. Korea Centers for Disease Control and Prevention, Seoul, Korea
- Neer RM, Arnaud CD, Zanchetta JR, Prince R, Gaich GA, Reginster JY, Hodsman AB, Eriksen EF, Ish-Shalom S, Genant HK, Wang O, Mitlak BH (2001): Effect of parathyroid hormone (1-34) on fractures and bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis. *N Engl J Med* 344(19): 1434-1441
- Oh SY, Kim EM, Shin MH, Lee SH, Kim JE, Lee HS, Jo JS, Kim WY (2007): Development and validity of food frequency questionnaire for adults. Proceedings of the Annual Spring Conference, The Korean Society of Health Promotion, Seoul, Korea
- Park JY, Choi MY, Lee SH, Choi YH, Park YK (2011): The association between bone mineral density, bone turnover markers and nutrient intake in pre- and postmenopausal women. *Korean J Nutr* 44(1): 29-40
- Park MJ (2005): Association of bone mineral density with nutrient intake and lifestyles of postmenopausal women in Chungnam. *Korean Home Econ Assoc* 43(12): 61-78
- Peterson BA, Klesges RC, Kaufman EM, Cooper TV, Vukadinovich CM (2000): The effects of an educational intervention on calcium intake and bone mineral content in young women with low calcium intake. *Am J Health Promot* 14(3): 149-156
- Shinichi K, Rie T, Mariko U, and Kazuharu S (2006): Dietary iron deficiency decreases serum osteocalcin concentration and bone mineral density in rats. *Biosci Biotechnol Biochem* 70(10): 2547-2550
- Steingrimsdottir L, Gunnarsson O, Indridason OS, Franzson L, Sigurdsson G (2005): Relationship between serum parathyroid hormone levels, vitamin D sufficiency, and calcium intake. *J Am Med Assoc* 294(18): 2336-2341
- Tartibian B, Maleki BH, Kanaley J, Sadeghi K (2011): Long-term aerobic exercise and omega-3 supplementation modulate osteoporosis through inflammatory mechanisms in post-menopausal women: a randomized, repeated measures study. *Nutr Metab* 15(8): 71-83
- Välimäki VV, Alftan H, Lehmuskallio E, Löytyniemi E, Sahi T, Suominen H, Välimäki MJ (2005): Risk factors for clinical stress fractures in male military recruits: a prospective cohort study. *Bone* 37(2): 267-273
- Wayne PM, Kiel DP, Buring JE, Connors EM, Bonato P, Yeh GY, Cohen CJ, Mancinelli C, Davis RB (2012): Impact of Tai Chi exercise on multiple fracture-related risk factors in postmenopausal osteopenic women: a pilot pragmatic, randomized trial. *BMC Complement Altern Med* 12: 7
- World Health Organization (1998): The world health report. Geneva, Switzerland
- Yeon JY, Sung CJ (2011): A study on dietary mineral intakes, urinary mineral excretions, and bone mineral density in Korean postmenopausal women. *Korean J Community Nutr* 16(5): 569-579