

## 골감소증 여대생의 영양소 섭취실태와 이소플라본 보충이 골밀도에 미치는 영향

노희경\* · 정 은  
조선대학교 식품영양학과

### Nutrient Intake and Effects of Isoflavone Supplementation on Bone Mineral Density in Female College Students with Osteopenia

Hee-Kyung Ro\*, Eun Jeong  
*Department of Food and Nutrition, Chosun University*

#### Abstract

The principal objective of this study was to assess the effects of soy isoflavone supplementation on bone mineral density in 36 female college students with osteopenia for 12 weeks. The subjects were divided into three groups on the basis of bone mineral density. The experimental groups were provided supplements of either 80 mg of isoflavone (Iso-80) or 40 mg of isoflavone (Iso-40). To the placebo group, 40 mg of powdered glutinous rice was administered. It was determined that many subjects with osteopenia evidenced lower levels of activity as compared to the control group. Isoflavone supplementation was more effective in controlling total cholesterol and LDL-cholesterol than was observed in the placebo group. We noted no significant differences in serum osteocalcin concentration between Iso-40 and the placebo group, but significant differences in osteocalcin concentration were detected between Iso-80 and the placebo group. Bone quality indices (BQI) were correlated positively with mineral content, lean body mass, muscular mass, and blood components including albumin, Ca, Mg, ALPase, and osteocalcin. Both Iso-40 and Iso-80 supplementation for 12 weeks significantly increased protein and mineral content in the body. As lower intakes of Ca and folate were noted in the subjects, emphasis should be given to adequate intakes of these nutrients in the subjects. In conclusion, 12 week isoflavone supplementation in young females with osteopenia exerted positive effects on bone mineral density and bone turnover markers.

Key words : osteopenia, isoflavone supplementation, nutrient intakes, bone mineral density

#### 1. 서 론

최근 우리 사회는 산업화와 과학의 발달로 경제수준이 높아지면서 생활양식이 편의성을 추구하는 자동화시스템의 사용증가에 따라 신체 활동량이 많이 감소되었다. 또한 부적절한 식생활로 인하여 골격 건강에 좋지 않은 영향을 끼쳐서 골다공증 발생이 증가하게 되어(Ahn 등 2005), 골다공증이 중요한 임상적 문제로 인식되어지고 있는 추세이다(Lee 1990). 골다공증(osteoporosis)은 골격대사의 변화로 인한 대표적인 대사성 골질환으로 신체 골량이 소실되어 골절에 대한 감수성이 높아진 질환으로 정의되어 왔으나, 최근 골질량의 소실 뿐 아니라 골강도의 손상도 함께 골절의 위험을 증가시킨다고 알려지고 있다(NIH 2001).

골다공증은 그 자체가 문제가 되기보다는 골다공증에 의한 골절의 위험이 높아지면서 골절에 의한 일상생활이 불편

해지고, 생명이 위태로워질 수도 있기 때문에 문제가 되어지고 있다. 우리나라의 경우 정확한 통계는 없으나 1998년 약 200만명 정도의 골다공증 환자가 있다고 보고되었고, 이 중 5~10만명 정도는 골절을 일으키는 것으로 추정하고 있으며(Kim 등 2000), 최근의 연구에서 폐경 후 여성에서 골다공증이 10%, 골결핍증이 30% 전후로 조사될 정도로 유병율이 매우 높은 질환이다(Kim 등 2002).

골다공증은 예방적인 차원에서 관리가 이루어지는 것이 효율적인데 이를 위해서는 골질량의 최대 축적과 골질량 손실의 최소화가 우선 시 되어야 할 것이다. 특히 성인기 초기의 젊은 여성들은 아직 골질량이 축적되는 시기이고 이 시기의 최대 골질량이 클수록 골절을 일으키는 역치에 도달하는 시기도 늦춰질 수 있으므로(Barr & McKay 1998), 젊은여성들의 골손실 위험인자를 감소시키는 것이 매우 중요하다(Lee & Yoo 1999). 따라서 최대 골질량을 획득해야 할

\*Corresponding author: Hee-Kyung Ro, Department of Food and Nutrition, Chosun University, 375 Seosuk-dong, Gwangju 501-759, Korea  
Tel: 82-62-230-7723 Fax: 82-62-225-7726 E-mail: hkno@chosun.ac.kr

성인기 초기의 왜곡된 식생활과 영양불균형은 향후 골다공증에 노출될 위험이 크므로 더욱 주의를 기울여야 할 것이다.

그러나 최근 우리 사회는 비만에 대한 부정적 시각과 함께 극도로 마른 체형을 선호하는 사회적 분위기가 저체중 인구를 증가시키고 있다. 또한 이에 반하여 서구화된 식생활로 인한 동물성 식품 섭취의 증가와 함께 잦은 아침식사의 결식, 야식, 폭식, 음주문화의 확산으로 인한 과체중 및 비만 인구 역시 증가하고 있어 체중에 대한 양극화 현상이 일어나고 있다. 특히 사회생활에 진출하는 젊은 여성의 영양소 섭취량과 건강상태에 관한 연구에 의하면 조사대상자 중 비정상 체중의 비율이 증가하고 있으며, 이 중에서 저체중의 비율이 매우 높은 것으로 보고되었다(Park 등 1997, Ryu & Yoon 2000). 또한 젊은 여성들의 다이어트에 관한 관심 증가로 무리한 저열량 식사요법이나, 불규칙한 식습관으로 인한 청년기 영양불균형 문제가 제기 되고 있다(Kim & Choi 2001). 이에 따라 젊은 여성들의 건강문제에 관심이 많아지면서 최근에는 젊은 여성들의 골밀도와 골결핍증에 관한 연구가 활발해 지고 있다.

골밀도에 영향을 주는 인자는 인종과 성별을 포함하여 매우 다양하고 복잡적이다. 즉, 골밀도에 영향을 미치는 요인으로 영양소의 섭취 상태(New 등 1997), 육체적운동(Metz 등 1993), 호르몬(Compston 2001), 알코올 및 흡연(Grainge 등 1998) 등 유전적, 환경적 요인으로 알려져 있다. 이 중 환경적 요인의 대표적인 식이 내용에 있어 단백질, 칼슘과 같은 영양소는 골밀도와 밀접한 관계가 있다고 보고되어지고 있다(Matkovic 등 1990; Alekel 등 2000). 또한 최근에는 생리활성 물질로 널리 알려져 있는 이소플라본의 섭취가 골밀도에 좋은 영향을 끼치는 것으로 보고되어지고 있다(Alekel 등 2000).

대두 식품에 많이 함유된 phytoestrogen인 이소플라본은 천연에 존재하는 식물성 sterol로 에스트로겐 수용체에 결합하여 에스트로겐 활성도를 자극하고 뼈에 에스트로겐과 비슷한 효과를 발휘하여 골용해를 저해하고, 골밀도를 증가시키는 것으로 보고 있다. 폐경 후 여성의 골다공증 발병과 대퇴골절의 위험은 서구여성보다 일본여성 및 아시아 여성에서 유의적으로 낮게 나타났는데 이는 일본 여성 및 아시아 여성들의 대두식품의 섭취량이 상대적으로 많기 때문으로 보고하고 있다(Setchell 1998; Cooper 등 1992).

국내의 이소플라본에 대한 연구는 폐경 후 여성에게 미치는 효과에 대한 연구가(Lee 등 2002; Choi 등 2005) 대부분이며, 또한 일상 식이 중의 이소플라본 섭취 실태조사(Sung 등 2000; Lee 등 2004), 식품 중의 이소플라본 함량 분석(Kim 등 2002; Lee 등 2002)이 부분적으로 연구되어지고 있다. 그러나 폐경전 여성 특히 젊은 여성을 대상으로 한 이소플라본의 효과 역시 이소플라본과 오스테오칼신의 관계(Ahn & Park 2004), 이소플라본과 저체중을 대상으로 한 연구만 조금 있을 뿐(Beak & Sung 2003), 젊은 여

성의 골밀도와 이소플라본과의 관계는 미비한 실정이다.

이에 본 연구에서는 골감소증을 보이는 여대생을 대상으로 이들의 생활 습관, 영양소 섭취와 골밀도와의 관계 및 대두에서 추출한 이소플라본의 섭취가 골밀도에 미치는 영향을 조사하여 지역사회의 기초자료로 활용하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 광주광역시 소재 일부 대학에서 홍보문을 통해 지원한 여대생 중 신체계측과 골밀도 측정을 통하여 종골의 T-score가  $-2.5 \sim -1$  사이에 해당하는 자로서 골감소증(osteopenia)을 보이는 36명을 선별하여 본인의 서면 동의를 얻은 후에 모든 실험을 실시하였다. 또한 본 연구에서는 이소플라본의 투여가 골감소증을 보이는 여대생들의 골밀도 및 골대사지표에 미치는 효과를 알아보기 위하여 고농도의 이소플라본(80 mg), 저농도의 이소플라본(40 mg)과 위약(찹쌀가루 40 mg)을 12주 동안 투여 하였다. 이에 따라 이소플라본 40 mg 투여군은 Iso-40군, 이소플라본 80 mg 투여군은 Iso-80군, 찹쌀가루 40 mg 투여군은 위약투여군으로 명명하였다.

본 실험에서 이소플라본 투여량에 대한 결정은 폐경 후 일본여성을 대상으로 한 연구(Somekawa 등 2001)에서도 하루에 50~65 mg과 65 mg 이상 섭취한 군이 하루에 35 mg 이하를 섭취한 군보다 lumbar spine의 골밀도가 유의적으로 높은 결과를 보였을 뿐만 아니라 Clifton-Bligh 등(Calfon-Bligh 등 2001)은 하루 85.5 mg의 이소플라본을 6개월 동안 섭취 시 골밀도가 유의하게 증가하였다고 하였다. 그러나 2000년 North American Menopause Association에서는 여성에게 이소플라본이 들어 있는 대두 식품의 섭취를 권장하는 반면 안전성에 대한 결정적인 보고가 되어 있는 않으므로 하루에 농축된 이소플라본 100 mg 이상의 과량 섭취에 대해서는 경계하여야 한다고 보고한(National Guideline Clearinghouse 2000), 여러 논문들을 고찰 후 적정량을 결정하였다.

본 실험에 사용된 이소플라본은 신동방 CP의 소이플라(soy aglycone isoflavone)를 이용하였고, 위약투여군에 사용된 위약으로는 소이플라와 색이 비슷하여 대상들이 쉽게 구분하지 못하면서 소화흡수가 잘되는 찹쌀가루 40 mg을 사용하였으며, 소이플라와 위약은 각각 정량씩 캡슐에 담아 투여하였다. 소이플라는 이소플라본 비배당체(aglycone) 형태로 mg당 다이제인(dadizein)은 8.77%, 글리세틴(glycitein) 8.95%, 제니스테인(genistein) 2.88%로 이루어져 있다.

### 2. 자료수집 내용 및 방법

#### 1) 조사대상자의 특성

조사 대상자들의 특성은 나이, 하루 평균 수면시간, 한 달

용돈, 생리의 규칙성, 흡연, 음주에 관한 항목을 설문조사하였다. 또한 하루 평균 걷는 시간, TV 시청시간을 포함한 대중매체 이용시간 등에 대하여 조사하였다.

2) 신체계측치

식품영양전공 대학원생에 의해 신장은 신발을 벗고 똑바로 서서 발을 모으고 시선을 정면으로 하여 0.1 cm까지 측정하였고, 체중은 0.1 kg까지 측정하였다(TBF-501, TANITA, Japan). 체지방과 복부피하지방두께는 Slim Manager I (SM-300, LG IBM, USA)로 생체전기저항측정법(bioelectrical impedance analysis method, BIA)을 이용하였고, 첫 번째 신체계측은 투약 1주일 전에 실시하였으며, 최종 신체계측은 12주간 투약이 끝난 1주일 후에 실시하였다. 오차를 줄이기 위하여 되도록 공복상태로 대·소변을 본 후 오전에 실시하였으며, 시계와 목걸이 등 장신구와 걸 옷을 벗고 가벼운 옷차림으로 측정에 임하도록 하였다.

3) 골밀도 측정

조사대상자의 골밀도 측정은 정량적 초음파 측정법(Quantitative Ultrasound, QUS)을 이용하여 골밀도 측정기 SNOST-2000(OseoSys Co, Korea)로 오른쪽 종골(Calcaneus)부위를 측정하였다. 골밀도 자료는 BQI(Bone Quality Index), 한국인 Reference Data를 내장한 T-score(젊은 성인의 평균골밀도와 비교치) 및 Z-score(동 연령층의 평균밀도와 비교치)를 사용하였다. BQI는 뼈를 통과한 신호의 주파수 감쇄의 정도로 뼈의 구조를 반영하는 BUA(Broadband Ultrasound Attenuation)와 뼈를 통과한 초음파 신호의 속도를 뼈의 무기질 함량을 나타내는 SOS(Speed of Sound)로 계산된 값이다.

4) 혈액채취 및 생화학적 분석

8시간 공복 후 EDTA 처리한 진공관을 이용하여 상완정맥에서 8 mL를 채혈하였다. 첫 번째 혈액채취는 투약 1주일 전에 실시하였으며, 최종 혈액채취는 12주간 투약이 끝난 1주일 후에 실시하였다. 혈청 ALPase, 칼슘, 마그네슘, 중성지질, 총콜레스테롤은 FUJI Plain tube 1.5mL 에 담아 자동혈액분석기 FUJI DRI-CHEM 3500(FUJIFLIM, Japan)으로 분석하였으며, 각각의 성분은 측정용 slide (FUJIFLIM, Japan)를 사용하였다. HDL-콜레스테롤은 FUJI Plain tube 0.5 mL 용기에 혈청 100 µL와 전용 침전액 100 µL를 혼합 후 뚜껑을 닫고 5~6회 흔들어서 섞어 준 후 실온에서 10분간 방치 후, 원심분리기로 2,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 사용하며, 측정용 slide (FUJIFLIM, Japan)를 사용하여 검사하였다.

혈청 중 LDL-콜레스테롤 함량은 다음과 같은 Friedewald formula(FRIEDWALD 등 1972)에 의거하여 산출하였다.  

$$-LDL\ 콜레스테롤 = (총콜레스테롤) - (HDL\ 콜레스테롤) -$$

(중성지질/5)

혈청 내 오스테오칼신은 방사면역측정법(radioimmunoassay, RIA)을 이용한 ACTIVE HUMAN OSTEOCALCIN IRMA DSL-7600 kit(Diognodtic Systems Laborotories, Inc, USA)의  $\gamma$ -counter를 사용하였다. 혈청의 전처리를 위하여 Trasyloyl 100 µL/mL을 혈청에 첨가하여 시료 mL 마다 1000 IU Trasyloyl이 포함되게 하였다. 시험관에 각각 표준액, 맹검용, 검체액을 균질화 시킨 후 25 µL을 취하였다. 각 시험관에 anti-Osteocalcin(I-125)을 200 µL 넣고 발생하는 기포를 제거한 다음 25°C에서 4시간 180 rpm으로 균질화시키며 배양시켰다. 각 시험관의 액체를 증발시킨 후 2 mL의 세척액으로 2회 세척하였다.

5) 영양소 섭취량 조사

회상법을 이용하여 조사대상자들의 3일 동안 섭취한 식사를 조사하였다. 조사된 식사는 영양평가 프로그램인 CAN-PRO 3.0(computer aided nutritional analysis program, 한국영양학회 부설 영양정보센터)을 이용하여 영양 섭취량을 분석하였다. 또한 각 영양소에 대한 권장량 비율, 식품군별 열량섭취 비율도 조사하였다. 단백질, 지방, 칼슘, 철분은 각각 식물성과 동물성 식품섭취비율로 나누어 산출하였으며, 조사된 영양소 섭취량은 한국인 영양섭취기준과 비교 분석하였다(The Korean Nutrition Society 2005).

3. 자료 분석방법

조사된 자료는 SPSS 12.1(statistical package for the social science)/PC package를 이용하여 통계처리 하였다. 이소플라본 섭취 수준에 따라 분류하여 신장과 체중, 체지방 등 신체계측치, 혈액성상, 골밀도 측정치, 영양소섭취의 평균과 표준편차를 구하여 일원배치분산분석(ANOVA)을 이용하여 군 간의 유의적 관계를 검증하였다. 이소플라본 섭취 혈액성상 및 골밀도 측정치의 전후 변화는 paired samples t-test로 실시하였다. 또한 이소플라본 투약 전·후 각 군 간의 차이가 나타난 항목은 공변량분석(ANCOVA)을 실시하였다. 일반사항과 흡연, 음주 같은 비연속 변수는 빈도와 백분율을 교차분석 후  $X^2$ -test, Fisher's exact test로 검증하였다. 본 연구에서 이용된 통계적 유의성 검증은 p<0.05 수준에서 이루어졌다.

III. 결과 및 고찰

1. 조사 대상자의 특성 비교

조사대상자들의 일반사항에 대한 조사결과는 <Table 1>과 같다. 조사 대상자의 평균 연령은 Iso-40군이 21.7세, Iso-80군은 21.3세, 위약투여군이 22.2세였다. 규칙적인 주기로 생리를 하느냐는 질문에 Iso-40군이 '아니오'가 58.3%, Iso-80군에서 '아니오'는 16.7%, 위약투여군은 '아

<Table 1> Characteristics of subjects in experimental groups

unit: N(%)

		Experimental group			X <sup>2</sup>
		Iso-40 <sup>1)</sup> (n=12)	Iso-80 (n=12)	Placebo (n=12)	
Age (Yr.)		21.7±1.4	21.3±1.8	22.2±2.1	F=0.768
Monthly pocket money (10,000 won)	<20	4(33.3)	3(37.5)	1(12.5)	3.750
	20-30	6(50.0)	4(25.0)	6(50.0)	
	≥30	2(16.7)	5(41.7)	5(41.7)	
Regularity of menstruation	Yes	10(83.3)	5(41.7)	7(58.3)	4.442
	No	2(16.7)	7(58.3)	5(41.7)	
Smoking	Yes	1( 8.3)	3(25.0)	0( 0.0)	4.789
	Ex-smoker	2(16.7)	2(16.7)	1( 8.3)	
	No	9(75.0)	7(58.3)	11(91.7)	
Drinking	Yes	6(50.0)	9(75.0)	12(100.0)	8.000*
	No	6(50.0)	3(25.0)	0( 0.0)	
Daily walking time (min)	<20	0( 0.0)	2(16.7)	5(41.7)	6.739*
	≥20	12(100.0)	10(83.3)	7(58.3)	
TV watching & Computer using (hr/day)	<1	3(25.0)	0( 0.0)	2(16.7)	6.133*
	1-2	4(33.3)	6(50.0)	8(66.6)	
	≥2	5(41.7)	6(50.0)	2(16.7)	

Fisher's exact test

\*: p<0.05

<sup>1)</sup>Iso-40: isoflavone taken in 40 mg, Iso-80: isoflavone taken in 80 mg, Placebo: glutinous rice flour taken in 40 mg

니오'가 35.7%로 Iso-40군에서 생리를 불규칙적으로 하는 대상자가 많았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

조사대상자들의 흡연 여부 조사 결과 Iso-40군은 현재 흡연 중인 경우가 8.3%, Iso-80군에서는 현재 흡연 중인 경우가 25.0%였다. 음주 여부에 대한 조사 결과 Iso-40군의 경우 50.0%, Iso-80군에서는 75.0%가 평소에 술을 마신다고 응답하였으며, 각 군 간에 유의한 차이가 있었다 (p<0.05). Mazess 등(1982)은 20-39세의 폐경 전 젊은 여성을 대상으로 한 연구에서 흡연자가 비흡연자보다 요추의 골밀도가 유의적으로 낮았다고 하였으며, 일부 연구에서 흡연으로 인해 에스트로겐 대사에 부정적인 영향을 끼쳐서 골밀도가 낮아 졌을 수 있다고 보고하였다(Baron 1985).

하루 중 자신이 걷는 시간에 대하여 조사한 결과, Iso-40군에서 100.0%가 20분 이상은 걷는다고 응답한 반면, Iso-80군에서는 16.7%가 하루 20분 미만, 83.3%가 20분 이상 걷는다고 하였고, 위약투여군에서는 41.7%가 하루 20분 미만, 58.3%가 20분 이상 걷는다고 하였고 군 간에 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 조사대상자들의 TV시청이나 전자오락, 컴퓨터 사용시간에 대한 조사 결과 Iso-40군은 1시간 미만이 25.0%, 1~2시간은 33.3%, 2시간 이상은 41.7%였고, Iso-80군은 1~2시간이 50.0%, 2시간 이상은 50.0%였으며, 위약투여군은 1시간 미만이 16.7%, 1~2시간은 66.6%, 2시간 이상 16.7%로 Iso-80군에서 TV시청이나 전자오락, 컴퓨터 사용 시간이 다른 군에 비하여 가장 높았으며, 군 간에 유의한 차이가 있었다(p<0.05). 활동량 증가는 특히 근력과 골밀도를 증진시키므로 규칙적인 중등도 정도의 운동에 따른 골질량의 유지에 도움되고, 또한 운동

은 젊은 연령 시기부터 성인기를 거쳐 폐경 전까지 골질량을 형성하고 유지하며 폐경 후 골 손실 속도를 감소시키거나 예방하는 것으로 보여진다고 하였다(Mayoux-Benhaumou 등 1999, Uusi-Rasi 등 1998). 그러므로 육체적 활동량이 적은 것으로 나온 본 조사 대상자들의 활동량 증가를 위한 교육이 절실히 필요하다고 사료된다.

## 2. 신체계측

조사 대상자의 신체 사항은 <Table 2>에 제시하였다. 조사 대상자들의 복부 피하지방두께가 Iso-40군은 2.2±0.6 cm, Iso-80군이 2.3±0.8 cm, 위약투여군은 2.4±0.6 cm였다. 또한 BMI는 Iso-40군이 20.1±2.1, Iso-80군과 위약 투여군에서는 각각 20.4±2.0로 세 군 모두 정상 범위였다. 체지방율은 Iso-40군이 24.2±2.5%, Iso-80군은 24.4±2.7%, 위약 투여군은 23.6±4.3%로 세 군 모두 정상 범위에 속하였다.

## 3. 영양소 섭취량

조사대상자들의 3일 동안의 식사에서 평균 섭취한 영양소에 대한 조사 결과를 <Table 3>에 제시하였다. 에너지섭취량은 필요추정량에 대비하여 Iso-40군은 81.5%, Iso-80군이 90.5%, 위약투여군은 85.7%를 섭취하였다.

단백질 섭취량은 Iso-40군 157.0%, Iso-80군 182.1%, 위약투여군 190.0%로 세 군에서 평균필요량 이상을 섭취하고 있어 고단백 식사를 하는 것으로 조사되었다. 지속적인 고단백 식사는 요 중 칼슘 배설을 증가시키고 혈액 내 칼슘의 항상성을 유지하기 위하여 골격으로부터 칼슘의 방출을

<Table 2> Baseline of anthropometric measurements of subjects in experimental groups

unit: Mean±SD

	Experimental group			F
	Iso-40 (n=12)	Iso-80 (n=12)	Placebo (n=12)	
Height (cm)	158.8±5.6	162.5±5.6	160.2±3.5	1.663
Weight (kg)	50.7±1.6	53.7±5.9	52.8±6.2	0.801
Lean body mass (kg)	38.4±3.5	40.6±3.0	40.1±4.9	1.012
Total body water (kg)	28.0±2.5	29.6±2.2	29.5±3.5	1.196
Body muscle mass (kg)	35.6±3.2	35.6±9.3	36.9±4.4	1.001
Abdominal subcutaneous fat (cm)	2.2±0.6	2.3±0.8	2.4±0.6	0.160
BMI (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>1)</sup>	20.1±2.1	20.4±2.0	20.4±2.0	0.071
% body fat (%)	24.2±2.5	24.4±2.7	23.6±4.3	0.090

<sup>1)</sup>BMI: body mass index=weight(kg)/height(m)<sup>2</sup>

<Table 3> Mean daily nutrient intakes of subjects in experimental groups

unit: Mean±SD

	Experimental group			F
	Iso-40 (n=12)	Iso-80 (n=12)	Placebo (n=12)	
Energy (kcal)	1709.8±411.9 (81.5±19.6) <sup>1)</sup>	1901.3±391.8 (90.5±18.7)	1799.3±284.3 (85.7±13.5)	0.819
Protein (g)	55.0±21.1 (157.0±60.2) <sup>2)</sup>	63.7±16.2 (182.1±46.4)	66.5±18.6 (190.0±53.2)	1.240
Plant source (%)	52.7±10.2	48.4±9.3	47.4±11.9	0.849
Animal source (%)	47.3±10.2	51.6±9.3	52.6±52.6	0.849
Fat (g)	45.8±17.2	56.2±16.4	49.5±14.5	1.311
Plant source (%)	52.1±24.7	56.3±17.9	53.1±18.1	0.141
Animal source (%)	47.9±24.7	43.7±17.9	46.9±18.1	0.141
Cholesterol (mg)	277.7±176.7	295.0±193.0	328.0±147.3	0.261
Carbohydrate( g)	260.6±86.3	252.0±72.4	284.0±53.5	0.635
P : F : C (%) <sup>3)</sup>	13.1 : 24.9 : 62.0	14.5 : 28.8 : 56.7	14.3 : 24.0 : 61.7	
Dietary fiber (g)	14.3±9.9 (57.3±39.5) <sup>4)</sup>	15.4±4.1 (61.8±16.6)	11.9±6.5 (47.5±26.0)	0.758
Calcium (mg)	457.2±274.5 (78.8±47.3)	454.1±135.7 (78.3±23.4)	499.5±235.0 (86.1±40.5)	0.155
Plant source (%)	51.7±16.6	60.4±16.4	49.8±23.8	1.038
Animal source (%)	48.3±16.6	39.6±16.4	50.2±23.8	1.038
Phosphorus (mg)	836.8±408.7 (144.3±70.5)	936.3±218.9 (161.4±37.7)	930.4±252.0 (160.4±43.4)	0.640
Ca : P	1 : 2	1 : 2.1	1 : 1.9	-

<sup>1)</sup>Energy intakes were compared with estimated energy requirement (EER)

<sup>2)</sup>Percentage of estimated average requirements (EAR)

<sup>3)</sup>Ratio of protein , fat and carbohydrate in energy

<sup>4)</sup>Dietary fiber intakes was compared with percentage of adequate intake (AI)

증가시켜서 골격을 약화시킬 수 있으므로 알맞은 단백질 섭취에 대한 교육이 필요할 것이다(Oh 등 1996).

지방 섭취량은 Iso-40군이 45.8±17.2 g, Iso-80군은 56.2±16.4 g, 위약투여군이 49.5±14.5 g으로 Iso-80군, 위약투여군, Iso-40군순으로 섭취하였으며, 모든 군에서 식물성 급원식품으로의 섭취비율이 동물성 급원식품 섭취비율 보다 높았다. 콜레스테롤 섭취량은 Iso-40군이 277.7±176.7 mg, Iso-80군은 295.0±193.0 mg, 위약투여군이 328.0±147.3 mg으로 위약투여군의 콜레스테롤 섭취량이 일일 300 mg 이상을 섭취하고 있었다. 탄수화물 섭취량은 Iso-40군이 260.6±86.3 g, Iso-80군은 252.0±72.4 g, 위약투여군 284.0±53.5 g였다. Iso-40군의 탄수화물:단백

질:지방의 섭취 비율은 62.0:24.9:13.1, Iso-80군이 56.7 :28.8:14.5, 위약투여군은 61.7:24.0:14.3이었다. 모든 군에서 단백질 섭취비율은 비슷하였으나, Iso-80군에서 지방 섭취비율은 다른 군에 비하여 높았으나 통계적인 차이는 없었다.

칼슘 섭취량은 필요량과 비교하여 Iso-40군 78.8%, Iso-80군 78.3%, 위약투여군 86.1%로 모든 군에서 칼슘섭취 수준이 매우 낮음을 알 수 있었다. 또한 식물성 칼슘섭취 비율이 Iso-40군은 51.7%, Iso-80군 60.4%로 식물성 급원 식품으로 칼슘섭취를 많이 하였고, 위약투여군은 식물성:동물성 섭취 비율이 49.8:50.2로 서로 비슷하였다. 인의 섭취량은 Iso-40군에서 평균필요량의 144.3%, Iso-80군

&lt;Table 3&gt; Mean daily nutrient intakes of subjects in experimental groups (continued)

unit: Mean±SD

	Experimental group			F
	Iso-40 (n=12)	Iso-80 (n=12)	Placebo (n=12)	
Iron (mg)	11.4±6.7 (104.1±60.6) <sup>1)</sup>	12.2±3.2 (111.2±29.4)	11.8±2.9 (107.7±26.5)	0.086
Plant source (%)	76.4±9.2 <sup>a</sup>	68.5±12.7 <sup>ab</sup>	63.3±13.6 <sup>b</sup>	3.656*
Animal source (%)	23.6±9.2 <sup>a</sup>	31.5±12.7 <sup>ab</sup>	36.7±13.6 <sup>b</sup>	3.656*
Sodium (mg)	3157.7±862.1 (210.5±68.6) <sup>2)</sup>	3813.4±960.1 (254.2±64.0)	3640.3±987.6 (242.7±91.8)	1.072
Zinc (mg)	6.6±2.7 (94.9±38.2)	7.6±1.9 (109.0±26.8)	7.8±1.6 (111.5±23.4)	1.052
Vitamin A (R.E)	635.2±265.4 (138.1±57.7) <sup>a</sup>	616.6±253.1 (134.1±55.0) <sup>a</sup>	885.9±568.8 (192.6±123.7) <sup>b</sup>	1.778*
Thiamin (mg)	0.9±0.3 (102.4±37.9)	1.1±0.6 (126.4±63.1)	1.1±0.3 (126.6±34.4)	1.061
Riboflavin (mg)	0.9±0.4 (92.9±37.1) <sup>a</sup>	1.0±0.2 (96.5±22.0) <sup>a</sup>	1.2±0.5 (123.9±50.8) <sup>b</sup>	2.322*
Vitamin B <sub>6</sub> (mg)	1.6±0.7 (129.5±60.4)	1.6±0.6 (133.4±49.4)	1.7±0.5 (145.3±44.0)	0.303
Niacin (mg)	10.9±5.1 <sup>a</sup> (99.4±46.4)	13.8±4.8 <sup>b</sup> (125.1±43.2)	13.3±4.3 <sup>b</sup> (120.9±39.2)	3.231*
Vitamin C (mg)	99.3±54.3 (132.4±72.4)	86.5±58.2 (115.3±77.6)	101.3±60.0 (135.1±80.0)	0.235
Folate (µg)	219.6±111.1 (68.6±34.7)	181.4±63.9 (56.7±20.0)	216.7±71.2 (67.7±22.3)	0.761
Vitamin E (mg)	13.1±7.5	17.9±9.0	11.9±4.1	2.401

<sup>ab</sup>Different superscripts are significantly different in the same row at \* $p < 0.05$  by Tukey's multiple range test

<sup>1)</sup>Percentage of estimated average requirements (EAR)

<sup>2)</sup>Sodium intakes was compared with percentage of adequate intake (AI)

161.4%, 위약투여군 160.4%로 칼슘섭취에 비하여 높은 수준으로 섭취하였다. 특히 칼슘과 인의 섭취 비율을 조사한 결과 칼슘:인의 비가 Iso-40군은 1:2, Iso-80군이 1:2.1, 위약투여군은 1:1.9로 칼슘:인의 섭취 비가 모든 군에서 1:2 수준으로 칼슘과 인의 섭취 비율이 균형을 이루지 못하였다.

Matkovic 등(1990)은 청소년기와 젊은 성인기 동안 칼슘 섭취는 골격의 칼슘 보유에 직접적인 영향을 미친다고 하였으며, 골량이 축적되는 시기에 칼슘의 섭취량이 부족하게 되면 골량 축적이 감소되고 이는 결국 최대 골질량을 감소시켜 성인기에 골다공증을 유발하는 주요 요인이 될 것이라고 하였다(Teegarden 등 1998). 반면, 식이 중 인의 함량은 높고 칼슘이 낮은 식이 섭취는 일상적인 항상성 기전에 영향을 끼칠 수 있으며 골손실을 유발하고 최대 골질량을 최대화 하는데 부정적인 영향을 준다고 하였다(Calvo 1994). 또한 Metz 등(1993)은 젊은 백인 여성에서 칼슘:인의 섭취 비율이 높을수록 요골 골밀도는 증가하는 양의 상관관을 갖는다고 하였는데, 본 연구에서는 인의 섭취 비율이 칼슘에 비하여 거의 2배로 칼슘:인의 평형에 문제가 되어 골밀도에 부정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다.

철분 섭취량은 평균필요량에 비교하여 Iso-40군 104.1%, Iso-80군 111.2%, 위약투여군 107.7%로 모든 군에서 평균 필요량 이상을 섭취하고 있었다. 그러나 철분 섭취에 있어 식물성 급원식품으로의 섭취 비율이 Iso-40군이 76.4%,

Iso-80군은 68.5%, 위약투여군은 63.3%로 철분 급원식품 선택에 있어 모든 군에서 식물성 섭취 비율이 동물성 섭취 비율에 비하여 매우 높았으며, Iso-40군과 위약투여군 사이에 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ).

나트륨 섭취 수준은 충분섭취량과 비교한 결과 Iso-40군 210.5%, Iso-80군 254.2%, 위약투여군이 242.7%로 섭취하고 있어 모든 군에서 나트륨 섭취율이 높았으나 한국인 평균 나트륨 섭취량과 비교 시 비교적 낮은 수준이었다. 그러나 고나트륨 섭취는 칼슘 배설에 중요한 원인 중 하나로 식이 내 나트륨 섭취를 증가시켰을 때, 소변의 칼슘 배설을 증가시킨다고 보고되고 있다(Kim & Sung 1987). 본 연구대상자들의 경우에도 나트륨의 섭취가 충분섭취량보다 높았던 점을 감안한다면 이와 관련하여 골격에 부정적인 영향을 끼쳤을 수도 있다고 보이므로 향후 적절한 나트륨 섭취를 위한 교육이 필요할 것으로 사료된다.

비타민 A 섭취는 Iso-40군 138.1%, Iso-80군 134.1%, 위약투여군 192.6%로 모든 군에서 평균필요량 이상 섭취하였고, Iso-40군과 Iso-80군 사이에는 유의한 차이가 없었으나, 위약투여군은 Iso-40군과 Iso-80군의 두 군과 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 리보플라빈 섭취는 Iso-40군 92.9%, Iso-80군 96.5%, 위약투여군 123.9%로 위약투여군에서만 평균필요량 이상 섭취하였고, Iso-40군과 Iso-80군 사이에는 유의한 차이가 없었으나, 위약투여군은 Iso-

<Table 4> Comparison of biochemical indices by treatment groups between baseline and posttreatment value

unit: Mean±SD

		Treatment		D <sup>1)</sup>	T
		Baseline	Posttreatment		
Placebo	Total protein (g/dL)	7.45±0.70	7.53±0.55	0.08	0.914
	Albumin (g/dL)	4.90±0.37	4.93±0.32	0.03	0.432
	Total cholesterol (mg/dL)	184.75±34.08	177.17±29.09	-7.58	-0.089
	Triglyceride (mg/dL)	110.08±60.13	105.83±60.58	-4.25	-1.242
	HDL-cholesterol (mg/dL)	41.50±12.67	39.50±11.52	-2.00	-1.378
	LDL-cholesterol (mg/dL)	121.23±36.47	116.50±33.93	-4.73	-0.627
Iso-40	Total protein (g/dL)	7.29±0.91	7.43±0.23	0.13	0.546
	Albumin (g/dL)	4.84±0.51	5.00±0.30	0.16	0.925
	Total cholesterol (mg/dL)	189.08±52.68	166.92±30.03	-22.17	-2.389*
	Triglyceride (mg/dL)	91.67±40.14	81.83±34.24	-9.83	-1.843*
	HDL-cholesterol (mg/dL)	45.75±17.90	56.25±14.95	10.50	2.895*
	LDL-cholesterol (mg/dL)	125.00±45.58	94.30±26.58	-30.70	-3.463**
Iso-80	Total protein (g/dL)	7.32±0.81	7.39±0.36	0.08	0.332
	Albumin (g/dL)	4.78±0.51	4.49±1.39	-0.29	-0.586
	Total cholesterol (mg/dL)	195.83±31.14	179.08±16.79	-16.75	-1.943*
	Triglyceride (mg/dL)	80.33±16.15	72.58±20.49	-7.75	-1.219
	HDL-cholesterol (mg/dL)	52.83±14.54	57.75±9.49	4.92	0.875
	LDL-cholesterol (mg/dL)	126.93±38.28	106.82±20.88	-20.12	-1.858*

\*p<0.05

<sup>1)</sup>D: posttreatment values-baseline values

40군, Iso-80군 두 군과 유의한 차이가 있었다(p<0.05).

엽산 섭취는 평균필요량과 비교하여 Iso-40군 68.6%, Iso-80군 56.7%, 위약투여군은 67.7%로 모든 군에서 평균필요량 미만을 섭취하였다. 엽산의 섭취가 결핍되면 골수와 세포분열이 빠르게 진행되어 세포에 거대적아구성 빈혈이 발생하게 되고, 특히 가임기 여성의 경우 엽산 섭취의 부족은 임신 시 신경관 손상의 기형아 출산을 할 확률이 높아질 수 있다. 이에 미국에서는 가임기 여성에서 매일 400 µg의 엽산 보충제 섭취를 권장하였고, 현재 미국, 캐나다 등의 국가에서는 곡류에 엽산을 강화시켜 섭취하도록 하여 그 결과 신경관손상 기형아의 발생률이 감소하였다고 보고하였다(Williams 등 2002). 이에 본 대상자들의 엽산 섭취량이 매우 불량하므로 이에 대한 엽산의 섭취량을 증가시키기 위하여 급원식품에 대한 교육 등이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

4. 실험군별 기초 생화학적 검사치

이소플라본 투여와 위약 투여 12주 동안 실험 전·후 혈청 단백질 및 지질의 변화는 <Table 4>에 제시하였다. Iso-40군에서 총 콜레스테롤 농도는 투여 전 189.08 mg/dL에서 투여 후 166.92 mg/dL로 평균 22 mg/dL이 낮아져 유의한 차이를 보였다(p<0.05). HDL-콜레스테롤은 투여 전 45.75 mg/dL, 투여 후 56.25 mg/dL로 평균 10.50 mg/dL 정도 유의하게 높아졌으며(p<0.05), LDL-콜레스테롤 농도는 투여 전 125.00 mg/dL에서 투여 후 94.30 mg/dL로 12주 동안 평균 30.70 mg/dL이 낮아져 투여 전후로 유

의한 차이를 보였다(p<0.01).

Iso-80군에서 총 콜레스테롤 농도는 투여 전 195.83 mg/dL에서 투여 후 179.08 mg/dL로 평균 16.75 mg/dL 감소로 이소플라본 투여 전후로 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 특히 LDL-콜레스테롤 농도 역시 투여 전 126.93 mg/dL에서 투여 후 106.82 mg/dL로 평균 20.12 mg/dL 정도 감소하여 유의한 차이가 있었다(p<0.05). Potter 등(1998)의 연구에서는 동물성 단백질을 대두로 대체하였을 때 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 농도의 감소를 가져왔다. 또한 Samman 등(2002)의 연구에서는 폐경 전 여성에게 86 mg의 이소플라본 투여 후 혈중 HDL-콜레스테롤의 농도가 유의하게 상승하였다는 연구결과가 본 연구에서의 이소플라본 투여 전과 투여 후 혈중 지질치의 변화에 대한 결과와 일치하여, 이소플라본의 섭취가 혈중 지질치에 긍정적인 효과를 보였다고 판단된다.

5. 실험군별 골밀도 지표 변화

<Table 5>는 12주 동안 실험 후 골밀도 변화에 대하여 동질성 검정결과 위약투여군과 Iso-40군, Iso-80군 간에 유의한 차이(p<0.05)가 있는 음주여부, 하루 중 걷는 시간, 혈청 중성지방, HDL-콜레스테롤 농도를 통제한 상태에서 실험 전·후를 비교한 결과이다. 그 결과 BQI는 위약 투여군에서 투여 전에 비하여 투여 후 평균 -0.99±3.67 감소폭을 보였고, Iso-40군은 투여 전·후 7.38±5.74 증가하였으며, Iso-80군은 투여 전에 비하여 투여 후 평균 6.43±6.29 증가를 보였으며, 세 군에서 평균 변화에 유의한 차이

&lt;Table 5&gt; Comparison of mean changes in bone density in experimental groups (with adjusting covariates)

unit: Mean±SD

		Experimental group			F	P	Post Hoc test <sup>†</sup>
		Iso-40(a)	Iso-80(b)	Placebo(c)			
BQI <sup>1)</sup>	Base	80.24±4.26	74.54±3.54	78.83±6.25	3.276	0.036	a-c b-c
	Post	87.62±6.47	80.98±6.85	77.83±6.99			
	Δ <sup>2)</sup>	7.38(D)±5.74	6.43(D)±6.29	-0.99(D)±3.67			
T-score	Base	-1.27±0.23	-1.58±0.19	-1.35±0.33	4.831	0.015	a-c b-c
	Post	-0.88±0.34	-1.19±0.21	-1.39±0.38			
	Δ	0.39(E)±0.31	0.38(E)±0.30	-0.04(E)±0.18			
Z-score	Base	-1.32±0.25	-1.67±0.21	-1.40±0.36	3.298	0.051	
	Post	-0.89±0.36	-1.29±0.41	-1.47±0.40			
	Δ	0.43(E)±0.31	0.38(F)±0.36	-0.07(F)±0.22			

<sup>†</sup>: a-c and b-c are significantly different in the same row at \*p<0.05 by LSD's multiple range test

<sup>1)</sup>BQI : Bone quality index

<sup>2)</sup>Δ: Posttreatment value-Baseline value

D, E, F: Covariates appearing in the model are evaluated at the following value: ndrink (drinking)=0.2500, nwalk (Daily walking time (min))=0.8056, TG\_b (baseline triglyceride)=94.0278, HDL\_b (baseline HDL-cholesterol)=46.6944

를 보였다. 이에 따라 사후 검정 결과 Iso-40군과 위약투여군, Iso-80군과 위약투여군 사이에는 평균의 변화가 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $f=3.276$ ,  $P<0.05$ ).

T-score는 위약 투여군에서 투약 전과 후에  $0.04±0.18$ 의 감소폭을 보였고, 반면 Iso-40군에서는 투약 전에 비하여 투약 후  $0.39±0.31$ 의 증가를, Iso-80군은 역시 투약 후  $0.38±0.30$ 의 증가를 보여 이러한 평균 변화의 차이는 세 군에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 각 군 간의 유의성 검증을 위하여 사후 검정한 결과 Iso-40군과 위약투여군, Iso-80군과 위약투여군 사이의 평균 변화가 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $f=4.831$ ,  $p<0.05$ ).

폐경 이행단계의 여성들을 대상으로 한 Alekel 등(2000)의 연구에서는 이소플라본을 매일 80.4 mg씩 24주간 투여 후 요추의 골손실이 감소되는 효과가 있었고, Potter 등(1998)의 연구에서도 폐경 후 여성에게 매일 90 mg의 이소플라본을 6개월간 식이 중에 섭취하게 한 결과 요추의 골밀도가 투여 전보다 유의적으로 증가하였다. Baek & Sung(2003)의 연구에서도 저체중군에서 8주간 이소플라본의 섭취가 요추 T-score를 유의적으로 증가하였다고 보고하였다. 본 연구는 요추의 골밀도 지표의 변화가 아닌 종골의 골밀도 지표의 변화여서 다른 연구 결과들과 비교하는데 한계가 있으나, 종골 역시 체중 부하를 받는 부위이며, 골대사가 왕성한 해면골이 많기 때문에 골량감소가 일어날 때 진단에 유리한 부위이므로 이소플라본의 투여가 종골의 골밀도의 증가를 보인 것으로 사료된다. 그러나 골밀도 증가에 있어 이소플라본 섭취가 단독으로 효과를 보였다고는 할 수 없으며, 여러 식이인자 및 활동량, 운동의 효과가 있을 수 있는데 본 연구 결과에서 운동효과를 측정하지 못하였으므로 연구 결과에 한계가 있어 향후 운동과의 관계에 대한 연구가 지속적으로 되어져야 할 것이다.

## 6. 실험군별 혈중 무기질 농도 및 골형성 지표의 변화

지난 12주 동안 실험 후 혈중 무기질 농도 및 골형성 지표의 변화를 동질성 검정결과 위약투여군과 Iso-40군, Iso-80군 간에 유의한 차이( $p<0.05$ )가 있는 변수를 통제함(음주여부, 하루 중 걷는 시간, 혈청 중성지방, HDL-콜레스테롤 농도) 상태에서 실험 전·후를 비교한 결과를 <Table 6>에 제시하였다. 혈청 칼슘 농도는 모든 실험군에서 투여 전보다 투여 후 평균 변화가 증가하였고, 그 중 Iso-40군에서 가장 큰 증가폭을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 혈청 마그네슘 농도는 모든 실험군에서 투여 전보다 투여 후 평균의 차이가 감소하였으며, Iso-40군에서 가장 많이 감소폭을 보였지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

골형성 지표 중 혈청 ALPase의 농도는 모든 실험 처치 후에 평균 변화가 증가하였고, 그 중 Iso-80군에서 평균 변화의 차이가 가장 큰 폭으로 증가하였지만 통계적으로 유의한 변화는 아니었다.

혈청 오스테오칼신의 농도는 위약 투여군에서 투여 후 평균  $-0.48±1.63$ 로 감소하였고, 그에 반하여 Iso-40군에서는 투여 전·후 평균의 차이가  $2.36±1.72$ 로 증가폭을 Iso-80군 역시 실험 처치 후 평균의 차이가  $3.02±2.23$  증가함을 알 수 있었으며, 세 군의 평균 변화에 유의한 차이를 보였다. 이에 따라 사후 검정 결과 위약투여군과 Iso-40군, Iso-80군과 Iso-40군 간에는 통계적으로 유의하지 않았지만, Iso-80군과 Iso-40군 사이에서는 평균 변화의 차이가 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $f=6.317$ ,  $P<0.01$ ).

본 연구 결과에서 이소플라본 투여 효과로 골교체율이 유의적으로 증가했음을 알 수 있었다. 이는 여대생을 대상으로 한 Baek & Sung(2003)의 연구에서도 이소플라본의 투여가 혈청 오스테오칼신의 유의한 증가를 보였다는 연구결



<Table 6> Comparison of mean changes in concentrations of serum mineral and bone turnover markers in experimental groups (with adjusting covariates) unit: Mean±SD

		Experimental group			F	P	Post Hoc test <sup>†</sup>
		Iso-40(a)	Iso-80(b)	Placebo(c)			
Mineral	Ca (mg/dL)	Base	10.33±1.19	10.37±1.20	10.50±0.66	0.596	0.558
		post	11.41±0.38	11.23±0.30	10.67±0.61		
		Δ <sup>1)</sup>	1.08(D)±1.21	0.86(D)±1.37	0.17(D)±0.48		
Mineral	Mg (mg/dL)	Base	2.26±0.39	2.20±0.35	2.11±0.16	1.875	0.172
		post	2.04±0.39	2.06±0.10	2.10±0.15		
		Δ	-0.22(E)±0.42	-0.14(E)±0.38	-0.02(E)±0.10		
Bone turnover marker	ALP <sup>2)</sup> (U/L)	Base	159.00±29.24	156.92±19.01	164.08±32.68	0.049	0.952
		post	188.58±27.83	188.33±59.78	175.50±36.56		
		Δ	29.58(F)±22.68	31.42(F)±67.50	11.42(F)±25.61		
Bone turnover marker	OC <sup>3)</sup> (ng/mL)	Base	8.90±0.91	8.18±0.52	9.64±1.60	6.317	0.005
		post	11.26±1.88	11.20±2.15	9.16±1.80		
		Δ	2.36(G)±1.72	3.02(G)±2.23	-0.48(G)±1.63		

†: a-c is significantly different in the same row at \*p<0.05 by LSD's multiple range test

<sup>1)</sup>Δ: Posttreatment value-Baseline value

<sup>2)</sup>ALPase

<sup>3)</sup>Osteocalcin

D, E, F, G: Covariates appearing in the model are evaluated at the following value: ndrink (drinking)=0.2500, nwalk (Daily walking time (min))=0.8056, TG\_b (baseline triglyceride)=94.0278, HDL\_b (baseline HDL-cholesterol)=46.6944

과와 유사하였다. 비록 동물실험 결과이지만 난소를 절제한 쥐에게 에스트라디올이나 대두 식품을 투여 시 골형성지표와 골용해지표가 유의하게 높아져 골교체율이 높았지만, 대조군보다 척추와 대퇴골의 골밀도가 높게 나타나 난소절제에 의한 골용해율보다 대두단백에 의한 골형성율이 높았다고 보고하여(Arjmandi 등 1998), 대두 식품의 이소플라본 섭취가 골형성에 긍정적인 효과를 보임을 시사한 것으로 여겨진다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구는 이소플라본의 투여가 골결핍증을 보이는 젊은 여성들의 골밀도 및 골대사지표에 미치는 효과를 알아보기 위하여 20대 여성 중 종골의 T-score가 -2.5~-1.0 미만으로 골결핍증(osteopenia)을 보이는 36명을 선별한 후, 선별된 대상자들을 Iso-80군(이소플라본 80 mg 투여), Iso-40군(이소플라본 40 mg 투여), 위약투여군(참쌀가루 40 mg 투여)으로 각각 12명씩 분류하여 12주 동안 실험하였다.

1. 하루 중 자신이 걷는 시간에 대하여 조사한 결과, Iso-40군에서 100.0%가 20분 이상은 걷는다고 응답한 반면, Iso-80군에서는 16.7%가 하루 20분 미만, 83.3%가 20분 이상 걷는다고 하였고, 위약투여군에서는 41.7%가 하루 20분 미만, 58.3%가 20분 이상 걷는다고 하였고 군 간에 유의한 차이를 보였다(p<0.05).

2. 칼슘 섭취량은 필요량과 비교하여 Iso-40군 78.8%, Iso-80군 78.3%, 위약투여군 86.1%로 모든 군에서 칼슘 섭취 수준이 매우 낮음을 알 수 있었다. 특히 칼슘과 인의

섭취 비율을 조사한 결과 칼슘 : 인의 비가 Iso-40군은 1:2, Iso-80군이 1:2.1, 위약투여군은 1:1.9로 칼슘:인의 섭취 비가 모든 군에서 1:2 수준으로 칼슘과 인의 섭취 비율이 균형을 이루지 못하였다. 나트륨 섭취 수준은 충분섭취량과 비교한 결과 Iso-40군 210.5%, Iso-80군 254.2%, 위약투여군 242.7%로 섭취하고 있어 나트륨 섭취율이 높았다.

3. Iso-40군에서 총 콜레스테롤 농도는 투여 전 189.08 mg/dL에서 투여 후 166.92 mg/dL로 평균 22 mg/dL이 낮아져 유의한 차이를 보였고(p<0.05), LDL-콜레스테롤 농도는 투여 전 125.00 mg/dL에서 투여 후 94.30 mg/dL로 12주 동안 평균 30.70 mg/dL이 낮아져 투여 전후로 유의한 차이를 보였다(p<0.01). Iso-80군 역시 총 콜레스테롤 농도는 투여 전 195.83 mg/dL에서 투여 후 179.08 mg/dL로 평균 16.75 mg/dL 감소로 이소플라본 투여 전후로 유의한 차이를 보였으며(p<0.05). 특히 LDL-콜레스테롤 농도 역시 투여 전 126.93 mg/dL에서 투여 후 106.82 mg/dL로 평균 20.12 mg/dL 정도 감소하여 유의한 차이가 있었다(p<0.05).

4. T-score는 위약투여군에서 투약 후 감소폭을 보였고, 반면 Iso-40군과 Iso-80군에서는 투약 전에 비하여 투약 후 평균의 변화에 증가를 보이면서, 세 군에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 각 군 간의 유의성 검증을 위하여 사후 검증한 결과 Iso-40군과 위약투여군, Iso-80군과 위약투여군 사이의 평균 변화가 통계적으로 유의한 차이를 보였다(f=4.831, p<0.05). 혈청 오스테오칼신의 농도가 위약 투여군에게 투여 후 평균 변화가 감소폭을 보였으나, 그에 반하여 Iso-40군과 Iso-80군에서는 실험 처치 후 평균 차이

가 증가함을 알 수 있었으며, 세 군의 평균 변화에 유의한 차이를 보였다. 이에 따라 사후 검정 결과 Iso-80군과 Iso-40군 사이에서는 평균변화의 차이가 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $f=6,317, p<0.01$ ).

이상의 본 연구 결과 젊은 여성에게 이소플라본의 섭취는 골밀도에 긍정적인 효과를 가져왔음을 알 수 있었으므로, 향후 연구에서는 이소플라본 투여 종료 일정기간 추적 연구가 이루어져야 할 것이다. 또한 이소플라본의 섭취량을 증가시키기 위하여 다양한 대두 가공식품의 개발에 관한 추후 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한 식이 인자는 골대사에 영향을 미치고 폐경 전 젊은 여성은 최대 골질량 획득에 중요한 시기이므로 균형잡힌 식사를 통한 적절한 영양소 섭취와 육체활동은 최대 골밀도 획득에 중요하며 이에 대한 젊은 여성을 대상으로 한 영양교육이 필요할 것으로 사료된다.

그러나 본 연구 결과의 제한점과 그에 대한 제언을 해보면 다음과 같다. 골밀도의 긍정적 증가를 살펴보기에 장기간 실험을 하였다면 이소플라본이 골밀도에 미치는 효과를 실험 중간단계에도 관찰하여 보다 세밀한 실험이 될 수 있었겠지만 장기간 골밀도의 변화 추이를 살펴보기에는 실험집단의 통제가 어려워 12주 동안의 실험으로 종료하였다는 점이다. 그러므로 향후 폐경 전 젊은 여성들을 대상으로 이들을 위한 영양교육 프로그램 개발과 함께 지속적인 관찰과 실험이 필요하겠다.

## 감사의 글

이 논문은 2005년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

### ■ 참고문헌

- Ahn HS, Park YS. 2004. The correlation of usual dietary isoflavone intake and serum osteocalcin. *Korean J Community Nutr.*, 9(1):23-46.
- Ahn HS, Kim SH, Lee SS. 2005. A study of factors affecting bone mineral density in Korean adolescents: anthropometric measurements, life style, and other environmental factors. *Korean J Nutr.*, 38(3):242-250.
- Alekel DL, Germain A, Peterson CT, Hanson HB, Stewart JW, Toda T. 2000. Isoflavone-rich soy protein attenuates bone loss in the lumbar spine of perimenopausal women. *Am J Clin Nutr.*, 72:844-852.
- Arjmandi BH, Birnbaum R, Goyal NV, Getlinger M, Juma S, Alekel L, Hasler CM, Drum ML, Hollis BW, Kukregal SC. 1998. Bone-sparing effect of soy protein in ovarian hormone-deficient rats is related to its isoflavone content. *Am J Clin Nutr.*, 68 Suppl:1364S-1368S.
- Baek SK, Sung CJ. 2003. A Study of soy isoflavone supplementation effect on bone mineral density and bone metabolism markers in female college students with low bone mass. *Korean J Nutr.*, 36(2):154-166.
- Baron JA. 1985. Smoking and estrogen-related disease. *Am J Epidemiol.*, 119:9-22.
- Barr SI, McKay HA. 1998. Nutrition, exercise and bone status in youth. *Int J Sport Nutr.*, 8(2):124-142.
- Calton-Bligh PB, Baber RJ, Fulcher GR, Nery ML, Moreton T. 2001. The effect of isoflavone extracted from red clover (Rimostil) on lipid and bone metabolism. *Menopause.*, 8:259-265.
- Calvo MS. 1994. The effects of high phosphorus intake on calcium homeostasis. *Adv Nutr. Re.*, 9:183-207.
- Choi IS, Bae YJ, Jang S, Lee DH, Yun ME, Lee HS, Kim MH, Lee SH, Sung CJ. 2005. Effect of soy isoflavone supplementation and exercise on serum lipids in postmenopausal women. *Korean J Nutr.*, 38(6):411-418.
- Compston JE. 2001. Sex steroids and bone. *Physiol Rev.*, 81:419-447.
- Cooper C, Campion G, Melton LJ 3rd. 1992. Hip fractures in the elderly: a world-wide projection. *Osteoporos Int.*, 58:285-289.
- Dixon RA, Ferreira D. 2002. Molecules of interest: Genistein. *Phytochemistry*, 60:205-211.
- Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS. 1972. Estimation of concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem.*, 18:499-502.
- Grainge MJ, Coupland CA, Cliffe SJ, Chilvers CE, Hosking DJ. 1998. Cigarette smoking, alcohol and caffeine consumption, and bone mineral density in postmenopausal women-The Nottingham EPIC Study Group. *Osteoporosis Int.*, 8: 355-363.
- Kerstter JE, Mitnick ME, Gundberg CM, Caseria DM, Ellison AE, Carpenter TO, Insogna KL. 1999. Change in bone turnover in young women consuming different levels of dietary protein. *J Clin Endocrinol Metab.*, 84:1052-1055.
- Kim CH, Park JS, Sohn HS, Chung CW. 2002. Determination of isoflavone, total saponin, dietary fibers, soy oligosaccharides and lecithins from commercial soy products based on the one serving size-some bioactive compounds from commercialized soy products-. *Korean J Food Sci Technol.*, 34(1):96-102.
- Kim KR, Kim KH, Lee EK, Lee SS. 2000. A study on the factors affecting bone Mineral density in adult women-based on the mothers of elementary school students. *Korean J Nutr.*, 33(3):241-249.
- Kim SH, Choi BY. 2001. Ca and P balance in Korean female adolescents. *Korean J Nutr.*, 34(4):433-439.
- Kim YA, Sung CJ. 1987. The effect of dietary sodium on calcium metabolism in healthy. *Korean J Nutr.*, 20:246-257.
- Kim YI, Park JH, Lee JS, Kim JW, Yang SO, Jeon DJ. 2002.

- Prevalence and risk factors of the osteoporosis of perimenopausal women in the community population. *Korean J Med.*, 62:11-24.
- Lee DH, Shin LH, Kim MH, Yoon ME, Sung CJ. 2002. Effect of isoflavones supplementation on bone mineral density and sex hormones in postmenopausal women. *Korean J Nutr.*, 35(8):863-869.
- Lee JS, Yoo CH. 1999. Some factors affecting bone mineral density of Korean rural women. *Korean J Nutr.*, 32(8):935-945.
- Lee MJ, Kim MJ, Min SH, Yoon S. 2004. A study on the attitude of soy food and estimated dietary isoflavone intake among Korean adolescents. *Korean J Community Nutr.*, 9(5):606-614.
- Lee MS. 1990. Change in bone mineral density and fracture threshold. *The Korean Society of Endocrinology.*, 5(3):232-233.
- Lee MY, Park YH, Oh HS, Kwak TS. 2002. Isoflavone content in soybean and its processed products. *Korean J Food Sci Technol.*, 34(3):365-369.
- Matkovic V, Fontana D, Tominac C, Goel P, Chesnut CH 3rd. 1990. Factors that influence peak bone mass formation: a study of calcium balance and the inheritance of bone mass in adolescent females. *Am J Clin Nutr.*, 52:878-888.
- Mayoux-Benhamou MA, Leyge JF, Roux C, Reval M. 1999. Cross-sectional study of weight-bearing activity on proximal femur bone mineral density. *Calcif Tissue Int.*, 67:179-183.
- Mazess RB. 1982. On aging bone loss. *Clinical Orthopaedics and Related Research.*, 165:239-252.
- Metz JA, Anderson JJ, Gallagher PN Jr. 1993. Intakes of calcium, phosphorus, and protein, and physical-activity level are related to radial bone mass in young adult women. *Am J Clin Nutr.*, 58(4):537-42.
- National Guideline Clearinghouse. 2000. The role of isoflavones in menopausal health: consensus opinion of The North American Menopause Society. *Menopause.*, 7(4):215-229.
- New SA, Bolton-Smith C, Grubb DA, Reid D. 1997. Nutritional influences on bone mineral density: a cross-sectional study in premenopausal women. *Am J Clin Nutr.*, 65:1831-1839.
- NIH. 2001. NIH consensus development panel on osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. *Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. JAMA.*, 285:785-795.
- Oh JJ, Hong ES, Baik IK, Lee HS, Lim HS. Effect of dietary calcium, protein, and phosphorus intakes on bone mineral density in Korean premenopausal women. *Korean J Nutr.*, 29(1):56-69.
- Park HS, Lee HO, Sung CJ. 1997. Body image, eating problems and dietary intakes among female college students in urban area of Korea. *Korean J Community Nutr.*, 2(4):505-514.
- Potter SM, Baum JA, Teng H, Stillman RJ, Shay NF, Erdam Jr JE. 1998. Soy protein and isoflavone their effects on blood lipids and bone density in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr.*, 68 Suppl:1375S-1379S.
- Ryu HK, Yoon JS. 2000. A Comparative study of nutrient intakes and health status with body size and weight control experience in adolescent females. *Korean J Community Nutr.*, 5(3):444-451.
- Setchell KDR. 1998. Phytoestrogens: the biochemistry, physiology, and implications for human health of soy isoflavones. *Am J Clin Nutr.*, 68 Suppl:1333S-1346S.
- Somekawa Y, Chiguchi M, Ishibashi T. 2001. Aso T. Soy intake related on menopausal symptoms, serum lipids, and bone mineral density in postmenopausal Japanese women. *Obstet Gynecol.*, 97(1):109-115.
- Sung CJ, Choi SH, Kim MH, Park MH, Ko BS, Kim HK. 2000. A study on dietary intake from soy foods and urinary isoflavone excretion and menopausal symptoms in Korean women in rural areas. *Korean J Community Nutr.*, 5(1):120-129.
- Teegarden D, Lyle RM, McCabe GP, McCabe LD, Proulx WR, Michon K, Knight AP, Johnson CC, Weaver CM. 1998. Dietary calcium, protein, and phosphorus are related to bone mineral density and content in young women. *Am J Clin Nutr.*, 68:749-754.
- The Korean Nutrition Society. 2005. Dietary Reference Intake for Koreans. The Korean Nutrition Society. Seoul.
- Uusi-Rasi K, Sievanen H, Vuori I, Pasanen M, Oja P. 1998. Associations of physical activity and calcium intake with bone mass and size in healthy women at different ages. *J Bone Miner Res.*, 13:133-142.
- Williams LJ, Mai CT, Edmonds LD, Shaw GM, Kirby RS, Hobbs CA, Sever LE, Miller LA, Meaney FJ, Levitt M. 2002. Prevalence of spina bifida and anencephaly during the transition to mandatory folic acid fortification in the United States. *Teratology.*, 66:33-39.

(2008년 9월 29일 신규논문접수, 11월 3일 수정논문접수, 11월 21일 수정논문접수, 11월 21일 채택)