

폐경 전 성인여성에서 영양섭취 상태와 운동이 골밀도 및 골무기질 함량에 미치는 영향

최 미 자[§]

계명대학교 식품영양학과

Effects of Nutrient Intake and Exercise on Bone Mineral Density and Bone Mineral Density in Premenopausal Women

Choi, Mi-Ja[§]

Department of Food and Nutrition, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

ABSTRACT

This study investigated associations between calcium intake, exercise behaviors, lumbar bone mineral density (BMD), and bone mineral content (BMC) among 79 premenopausal women (mean age = 41yr). The BMD and BMC of the lumbar spine (L₂-L₄) were measured by dual energy x-ray absorptiometry. Nutrient intake was estimated by the convenient method and a quantitative food frequency questionnaire was designed for this study that included the most commonly consumed foods sources of Ca. Participants were asked to identify all activities of exercise they had participated in including estimation of number of years of participation, number of weeks per year, number of times per week, and the number of hours per session. Participants were then categorized into the exercise group or nonexercise group (control). To meet the criteria for inclusion in the exercise group, the subjects participated more than 3 sessions per week and more than 30 minutes per session and the length of the exercise participation was at least more than 6 months. The participants were also grouped by calcium intake. The total calcium intake of all participants was estimated by dietary calcium intake and then the subjects were divided into quartiles to assess the lumbar BMD and BMC of the upper 25% (average calcium intake = 910 mg) and the lower 25% (average calcium intake = 414 mg). Results indicated that there were no significant differences in energy and calcium intake, and that there were no significant differences in lumbar BMD and BMC between participants in exercise group and the nonexercising control group. However, the exercise group had significantly lower ALP concentration than the nonexercise group. The upper 25% calcium intake group had significantly greater lumbar bone mineral density and bone mineral content than the lower 25% calcium intake group. Also the upper 25% calcium intake group had significantly lower ALP concentration than the lower 25% calcium intake group. Correlation analysis revealed that the spinal BMD was positively associated with body weight, while calcium intake was negatively associated with ALP concentration in nonexercising women. However, neither body weight nor dietary calcium intake were associated with both spinal BMD or ALP concentration in exercising women. These results suggest that calcium intake positively influence bone mineral density and bone mineral content in nonexercising premenopausal women. Exercise group did not affected by body weight and dietary calcium, but decreased ALP concentration than nonexercising group. Both exercise and calcium intake positively influence bone mineral density and bone mineral content in premenopausal women. (*Korean J Nutrition* 35(4) : 473~479, 2002)

KEY WORDS: Calcium intake, exercise, bone mineral density, premenopausal women.

서 론

최근 우리 나라에서도 노인 인구가 증가하면서 노령화에 따른 대표적인 질환인 골다공증에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 골격 손실에 따른 대표적인 대사성 골 질환인 골다

접수일: 2002년 2월 5일

채택일: 2002년 3월 25일

[§]To whom correspondence should be addressed.

공증은 골밀도의 감소로 특히 척추 (lumbar spine), 손목 (wrist), 고관절 (hip) 부위에 골절율이 증가하는 것이 특징이다.¹⁾ 사람의 골격량은 30대까지 증가하여 최대 골질량에 도달하였다가 30대 중반부터 점차 골격 손실이 시작되어 여성의 경우 폐경 후에 급속도로 촉진된다.²⁾ 골다공증의 유발요인은 복합적인 것으로 영양소의 섭취 상태,³⁾ 신체 활동량,⁴⁾ 성별,⁵⁾ 호르몬⁶⁾ 등 유전적 요인과 환경적 요인이 있다. 개인의 생활 습관과 밀접한 관련이 있는 영양적 요인 중

칼슘 결핍이 골격 손실에 크게 관계한다고 보고되고 있으며,⁷⁻¹⁰⁾ 또한 신체활동의 감소는 골 건강에 바람직하지 못하다고 알려져 있다.¹¹⁾ 골다공증은 경미한 충격에도 골절을 일으켜 그 문제점이 심각하고 골다공증 환자를 위한 안전하고 효과적인 확실한 치료 방법이 없기 때문에 예방이 가장 중요하지만 많은 사람들이 아직 이 질환의 예방 또는 치료에 적극적이지 못한 실정이다. 이 질병이 주로 폐경 여성에서 많이 일어나므로 폐경 여성을 대상으로 연구가 많이 이루어지고 있다. 그러나 성장기나 폐경 전에 골밀도를 높이고 골소실을 지연시키는 것은 더욱 중요하다.

현재 우리 나라 1인 일일 평균 칼슘 섭취량의 추이를 보면 1992년 538 mg/d (RDA 84.1%), 1994년 556 mg/d (RDA 91.8%), 1995년 531 mg/d (RDA 75.5%), 그리고 1998년에 511 mg/d (RDA 72.8%)로 보고되고 있어 우리나라 국민이 가장 권장량에 미달되게 섭취하고 있는 영양소 중 하나가 칼슘이다.¹²⁾ 폐경 전 여성을 대상으로 칼슘 섭취량과 골밀도의 상관성에 관한 외국 연구를 보면, 칼슘 섭취가 충분할 때 골소실이 지연되었다고 보고했고,⁸⁾ Recker 등은 젊은 성인 여성을 대상으로 종적인 연구에서 칼슘 섭취량이 많은 경우 척추 골밀도가 높았다고 보고했다.¹³⁾ 그러나 젊은 성인 여성의 경우 칼슘 섭취량과 척추 골밀도는 상관성이 없다는 연구도¹⁴⁾ 있다.

칼슘 섭취량과 골밀도와의 상관성에 대한 국내 연구를 보면, 오재준 등¹⁵⁾은 평균 45.1세의 서울지역 성인 여성들에서 평균 695 mg/d의 칼슘 섭취 시 골밀도와 칼슘 섭취량과는 유의적인 양의 상관관계가 있었고, 평균 연령 35세의 성인 여성을 대상으로 한 연구에서 동물성 칼슘 섭취량과 요추 골밀도는 유의적인 양의 상관성을 보였다고 보고했다.¹⁶⁾ 또한 사춘기 소녀들에서 평균 칼슘 섭취량이 736 mg/d 일 때 칼슘섭취가 높은 군이 골밀도가 더 높았다고 보고했다.¹⁷⁾ 그러나 폐경 전 여성에서 칼슘 섭취량과 골밀도는 상관성이 없었다는 연구도 다수 있다.¹⁸⁻²⁰⁾ 이종호 등¹⁸⁾은 평균 연령이 43.8세인 서울지역 성인 여성들에서 일일 평균 628.4 mg의 칼슘 섭취 시 칼슘 섭취량과 골밀도는 무관하다고 보고하였고, 대구 지역의 평균 연령 41.5세의 일일 평균 칼슘 섭취량이 758 mg인 성인 여성에서 RDA 보다 높게 섭취하는 고칼슘 섭취군에서는 골밀도와 칼슘 섭취량과는 유의적인 상관성이 없다고 보고했다.¹⁹⁾ 평균 칼슘 섭취량이 485 mg으로 RDA의 69.3%의 낮은 칼슘 섭취 시에도 폐경 전 여성에서는 칼슘의 섭취량이 골밀도에 미치는 영향을 볼 수 없었다고 보고했다.²⁰⁾

폐경 전 여성에서 운동이나 신체적 활동이 골밀도에 미치는 영향에 대한 외국의 연구를 보면, 폐경 전 여성에서 중등

의 신체활동을 하는 경우 신체활동이 적은 경우 보다 골밀도가 높았고,²¹⁾ 폐경 전 연령이 42~52세인 여성 운동선수를 대상으로 DEXA로 골밀도를 측정하였을 때 신체 활동량이 많은 운동에 참가한 여성이 신체활동이 작은 운동에 참여한 여성에 비해 골밀도가 높았다고 보고했다.¹¹⁾ 그러나 폐경 전 여성에서 운동이 골밀도에 영향을 미치지 않는다는 상반된 보고도^{22,23)} 있다. 여러 연구들의 결과는 칼슘 섭취량, 연령, 운동이나 신체 활동량의 강도, 운동의 지속 기간 등 여러 요인들이 독립적이거나 혹은 복합적으로 그 차이가 있다. 따라서 본 연구는 폐경 전 여성의 골밀도 향상을 위한 기초 연구로 대구 지역의 폐경 전 성인여성을 대상으로 영양상태 특히 평상시 칼슘 섭취와 운동이 골밀도에 미치는 영향을 알아보려고 한다.

연구방법

1. 연구대상자 선정

현재 대구광역시에 거주하면서 본 연구에 협조적이며, 스스로가 현재 건강하다고 생각하며, 약물 복용을 하지 않는 폐경 전 성인 여성으로 규칙적인 운동여부에 따른 골밀도와 골지표에 미치는 효과를 알아보려고 면담을 통하여 주 3회 이상, 1회 운동지속 시간이 30분 이상이며, 운동기간이 최근 6개월 이상인 자 일 때 운동군으로 간주하여 29명을 선정하였고, 규칙적인 운동을 하고 있지 않는 45명을 비운동군으로 선정하여 신장 및 체중을 측정하여 BMI (Body Mass Index: kg/m^2) 및 RBW (Relative Body Weight: $(\text{체중}/\text{표준체중}) \times 100$)를 구하였다. 이때 이용한 표준체중은 Broca index를 수정한 $(\text{신장(cm)} - 100) \times 0.9$ 로 하였다. 이 연구에 참여한 운동군의 운동 종류와 분포는 등산 7명 (24.1%), 조깅 2명 (6.9%), 에어로빅 5명 (17.2%), 산책 8명 (27.6%) 그리고 수영이 7명 (24.1%)이었다.

2. 영양소 섭취량 조사

1일 영양소 섭취량은 문수재 등²⁴⁾에 의해 고안된 간이식 영양조사법 (convenient method)에 의하여 조사하였고 칼슘 섭취 평가를 보완하기 위하여 Ca index를 구하였다. 칼슘 식품군에 속하는 칼슘 급원 식품 45종을 선택하여 각 식품별로 1인 1회분에 들어 있는 칼슘 함량에 따라 > 100 mg/1인분, 중 (30~100 mg/1인분), 저 (< 30 mg/1인분) 칼슘 섭취군으로 나누어 각각 3점, 2점, 1점의 가중치를 준 후 이들 식품의 섭취빈도와 섭취량을 조사하여 곱한 값을 총 Ca index로 산출하였다.

3. 일일 소비열량 조사

하루 총 소비열량은 평상시 24시간 동안의 활동상황을 수면휴양, 가벼운일, 보통가벼운일, 보통중등일, 중등일, 심한일, 격심한일의 7단계로 나누어 그 활동에 해당하는 시간을 기록하게 하여 2000년 한국인 영양권장량에 수록된 에너지소요량 계산 방식을 이용하였다.²⁵⁾ 그리고 운동군의 경우는 평상시 신체 활동상황을 알아보기 위하여 운동하지 않는 날을 기준으로 기록하게 하였다.

4. 골밀도 측정

이중에너지 방사선 골밀도 측정기 (dual energy X-ray absorptiometry: DEXA, Lunar Radiation corp., Madison, Wisconsin, U.S.A.)를 이용하여 체중이 실리는 부위인 요추 (lumbar spine, LS)의 골밀도 (bone mineral density: BMD)와 골무기질 함량 (bone mineral content: BMC)을 측정하였다. 요추 골밀도는 전후면 투영 (anteroposterior projection)으로 측정하였고 본 연구에서는 제 2요추에서 제 4요추까지의 골밀도 (L2~L4)의 평균치를 사용하였다.

5. 생화학 검사

공복상태에서 혈청을 채취하여 칼슘 (calcium), 인 (phosphorus), alkaline phosphatase (ALP)를 측정하였다. Ca은 o-CPC (ortho-cresolphthalein complexone)법²⁶⁾에 의해서 측정하였고, P는 UV direct법²⁷⁾에 의해서 측정하였다. 혈청 alkaline phosphatase (ALP)는 PNPP, AMP (IFCC, Bower-Mc-Comb)법²⁸⁾에 의해서 측정하였다.

6. 통계처리

SAS (Statistical Analytical System) package를 이용하여 각 변인마다 평균과 표준편차를 구하였고, 운동 및 칼슘 섭취량에 따른 변수의 비교는 Students t-test를 이용하였으며 여러 변수들간의 상관관계는 Pearson's correlation coefficient로 처리하였다 (p < 0.05). 그리고 골밀도에 영향을 주는 것으로 나타난 변인들에 대해서는 multiple regression analysis로 이들의 설명력을 평가하였다.

결과 및 고찰

1. 대상자들의 일반적 특징

연구 대상자의 연령, 체중, 비만도를 Table 1에 나타내었다. 평균 연령은 운동군과 비운동군이 각각 41.1 ± 8.1, 40.3 ± 8.3세였고, 운동군과 비운동군의 평균 신장과 체중은 각각 157.3 ± 5.1 cm, 55.8 ± 6.8 kg, 156.6 ± 5.1 cm, 55.4 kg

± 4.3 cm로서 우리나라 30~49세 성인여성의 기준치인²⁹⁾ 158 cm와 55.4 kg에 비하면 운동군의 체중이 조금 높은 편이었다. 평균 BMI는 운동군과 비운동군 각각 23.4 ± 2.6와 22.8 ± 2.6로서 정상범위에 속하였으나, RBW로 비만도를 측정하였을 때 운동군과 비운동군 각각의 RBW는 112.7 ± 12.8%와 109.7 ± 13.1%로서 운동군은 경미한 과체중이었고 비운동군은 정상범위에 속하였다 (Table 1).

2. 영양소 및 에너지 섭취량과 일일소비열량

에너지 및 각 영양소 섭취량을 보면 (Table 2) 총 에너지 섭취량은 운동군과 비운동군 각각 한국인 영양권장량의²⁹⁾ 96.0%와 86.6%인 1,921 kcal/d와 1,733 kcal/d를 섭취하고 있었고, 운동군은 철분과 칼슘, 비타민 B₂를 제외하고, 비운동군에서 철분과 칼슘, 비타민 B₁, 비타민 B₂를 제외하고 두 군 모두 다른 영양소는 영양권장량 보다 높게 섭취하고 있었다. 특히 이 연구 대상자의 일일 평균 칼슘 섭취량은 642 mg로서 98년 국민영양조사결과¹²⁾ 전 국민 일일 평균 칼슘 섭취량 511 mg 보다는 매우 높은 편이나 영양권장량의 91.7% 수준으로 섭취하고 있었다. 일일 에너지와 영양소 섭취량은 운동군과 비운동군간에 유의적인 차이는 없었다. 일일 소비열량은 운동군과 비운동군간이 각각 2,125 kcal와 1,958 kcal로서 두 군간에 유의적인 차이는 없었으며, 일일 평균 평상시 신체활동 에너지 소비량을 비교하였을 때에도 운동군은 1,022 kcal, 비운동군은 919 kcal로서 운동군에서 약간 높았으나 (100 kcal/d) 통계적 유의성은 없었다.

3. 운동상태에 따른 골밀도, 골함량 및 골지표

침대 생활자나 장기간 신체활동을 하지 않은 경우 골함량이 감소했다는 보고²⁹⁾ 이후부터 운동이나 신체활동이 골밀도에 미치는 영향에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 본 연구에서 운동군과 비운동군의 평균 골밀도 (bone min-

Table 1. Descriptive characteristics of exercise and nonexercise group

Variable	Exercise (N = 29)	Nonexercise (N = 45)	P
Age (yr)	41.1 ± 8.1 ¹⁾	40.3 ± 8.3	NS ²⁾
Weight (kg)	58.5 ± 7.6	55.8 ± 6.8	NS
Height (cm)	157.3 ± 5.1	156.6 ± 4.3	NS
BMI (kg/m ²) ³⁾	23.4 ± 2.6	22.8 ± 2.6	NS
RBW (%) ⁴⁾	112.7 ± 12.8	109.7 ± 13.1	NS

1) Mean ± SD

2) NS: Not significant difference between two groups at p < 0.05 by t-test

3) BMI: Body Mass Index (weight(kg)/height (m²))

4) RBW (Relative Body Weight): (weight (kg)/(height (cm) - 100) × 0.9) × 100

Table 2. Daily nutrient and energy intake and energy expenditure of exercise and nonexercise groups

Variable	Exercise (N = 29)	% RDA ¹⁾	Nonexercise (N = 45)	% RDA	p
Protein (g)	69.5 ± 17.3	126.4	63.2 ± 17.7	114.9	NS ³⁾
Fat (g)	43.2 ± 16.4	NA ²⁾	42.2 ± 17.5	NA	NS
Carbohydrate (g)	313.5 ± 72	NA	275 ± 46.5	NA	NS
Vitamin A (R.E)	1061 ± 375	151.6	1086 ± 342	155.1	NS
Vitamin B ₁ (mg)	1.08 ± 0.32	108.0	0.97 ± 0.15	97.0	NS
Vitamin B ₂ (mg)	1.09 ± 0.38	90.8	1.06 ± 0.28	88.3	NS
Niacine (mg)	18.2 ± 3.28	140.0	16.1 ± 2.97	123.9	NS
Vitamin C (mg)	172.1 ± 59.0	245.9	149.1 ± 30.5	213.0	NS
Iron (mg)	14.0 ± 4.7	87.5	13.4 ± 3.7	83.8	NS
Calcium (mg)	652.2 ± 185	93.2	635.4 ± 167	90.8	NS
Energy intake (kcal)	1921 ± 537	96.1	1733 ± 285	86.5	NS
Energy expenditure (kcal)	2125 ± 587		1958 ± 524		NS
PAEE (kcal)	1022 ± 352		919 ± 254		NS

1) RDA: Recommended Dietary Allowances for Korean female, 2000²⁶⁾

2) NA: Not applicable

3) NS: Not significant difference between two groups at p < 0.05 by t-test

4) PAEE: Physical activity energy expenditure

eral density: BMD)는 각각 $1.16 \pm 0.11 \text{ g/cm}^2$, $1.14 \pm 0.11 \text{ g/cm}^2$ 이었고, 골무기질 함량 (bone mineral content: BMC)은 각각 $49.6 \pm 7.8 \text{ g}$, $47.4 \pm 9.3 \text{ g}$ 으로 나타났다 (Table 3). 이것은 국내 폐경 전 성인 여성을 대상으로 DEXA로 측정된 요추 골밀도치와 비교했을 때, 30~39세의 성인 여성 50명의 평균 요추 골밀도가 $1.09 \pm 0.14 \text{ g/cm}^2$ 로 보고한³⁰⁾ 것과, 35~39세의 1199명의 여성을 대상으로 한 평균 요추 골밀도가 $1.03 \pm 0.11 \text{ g/cm}^2$ 로 보고한³¹⁾ 것과, 평균 연령 33.6세의 성인 여성 30명의 평균 요추 골밀도가 $1.03 \pm 0.11 \text{ g/cm}^2$ 로 보고한 것에³²⁾ 비해 본 연구 대상자의 골밀도가 다소 높았다. 그러나 20대의 젊은 운동경력이 6~7년이 되는 역도 선수와 수영선수 각각 10명을 대상으로 DEXA를 이용하여 요추 골밀도를 측정된 연구결과와³³⁾ 비교하면 요추 골밀도 ($L_2 \sim L_4$)가 $1.36 \pm 0.10 \text{ g/cm}^2$ 그리고 수영선수가 $1.17 \pm 0.09 \text{ g/cm}^2$ 0.09 라고 보고한 것과 비교하면 본 연구 대상자의 운동군의 골밀도 $1.16 \pm 0.11 \text{ g/cm}^2$ 로 낮은 편이다. 그러나 선행연구에서³³⁾ 20대의 운동을 하지 않는 여성의 경우 $1.08 \pm 0.07 \text{ g/cm}^2$ 이어서 본 연구에서의 비운동군이 $1.14 \pm 0.11 \text{ g/cm}^2$ 로 높은 편이다. 그리고 본 연구 대상자에서 운동군과 비운동군간에 골밀도나 골함량에 유의적인 차이는 볼 수 없었으나 운동군이 높은 편이었다. 이것은 폐경 전 성인 여성을 대상으로 18개월에 에어로빅 운동으로 intervention 연구를 한 결과 에어로빅 운동을 한 군은 요추의 골밀도가 대조군에 비해 1.7% 증가했다는 연구와³⁴⁾ 아주 흡사하게 통계적인 유의성은 없었으나 운동군의 요추 골밀도가 1.7%, 골함량이 4.7% 더 높았다. 그리고 여대생들의 경우 지속적으로 운동한 군은 요추 골밀도가 비운동군에 비해 10% 높았다고 보고³⁵⁾ 한 것과는 차이

Table 3. Effects of exercise on bone mineral density, bone mineral content and serum ALP in premenopausal women

	Exercise group	Nonexercise	p
BMD (g/cm^2)	1.16 ± 0.11	1.14 ± 0.14	NS
BMC (g)	49.65 ± 7.87	47.41 ± 9.38	NS
Serum ALP (u/l)	50.55 ± 17.72	73.86 ± 10.34	*
Blood Ca (mg/dl)	8.98 ± 0.37	9.01 ± 0.37	NS
Blood P (mg/dl)	3.56 ± 0.42	3.73 ± 0.51	NS

BMD: bone mineral density

BMC: bone mineral content

ALP: alkaline phosphatase

NS: Not significant difference between two groups at p < 0.05 by t-test

*: p < 0.05

가 많아서 운동의 효과도 연령에 따라 다르다는 선행연구에¹⁴⁾ 일치한다고 보겠다. 이것은 폐경 여성을 상대로 1년 걷기 운동의 효과는 고칼슘 (831 mg/d) 섭취시 요추골량이 0.5% 증가하였으나 저칼슘 섭취 시는 대퇴부 골량이 1.1% 감소하였다고 보고하여³⁶⁾ 칼슘의 섭취량에 따라 다름을 시사하였다. 이 연구에서는 운동군과 비운동군간에 칼슘섭취량에 차이가 없었다. 그러나 본 연구 대상자에서 골대사의 생화학 지표인 ALP는 운동군에 비하여 (50.5 u/l), 비운동군 (71.2 u/l)이 유의적으로 높아 골 교체율이 비 운동군에서 높다고 사료된다. 본 연구에서 측정된 $L_2 \sim L_4$ 의 척추골은 주로 trabecular bone으로 cortical bone 보다 대사율이 높아 골 교체율이 더 빠르다.³⁷⁾

4. 칼슘 섭취량에 따른 골밀도와 골지표

Table 4는 골격 대사와 상관성이 높은 것으로 알려져 있는 칼슘 섭취량을 조사 대상자들의 평균 섭취 수준에 따라 quartile로 구분하여 1st quartile의 낮은 25%군, 4th

quartile의 높은 25%군으로 나누어 비교한 결과 골밀도는 칼슘 섭취량이 높은 군에서 통계적인 유의성은 없었으나 11.7%가 더 높았다. 그리고 골함량은 고칼슘군이 저칼슘군보다 20.5%가 유의적으로 높았다. 이것은 칼슘의 섭취가 충분할 때 골밀도와 골함량에 유의함을 알 수 있었다. 이 연구 대상자의 평균 칼슘 섭취량은 645 mg/d로 RDA의 92.1%로서 권장량에 미달되게 섭취하고 있었으며 특히 낮은 하위 25% 칼슘 섭취군은 평균 일일 칼슘 섭취량이 414 mg 이었고 상위 25%의 고칼슘군의 평균 일일 칼슘 섭취량은 910 mg 이어서 낮은 군과 높은 군의 칼슘 섭취량이 2배 이상 차이가 났다. 이 연구에서 측정된 lumbar spine은 주로 trabecular bone으로 Recker 등은 종적인 연구에서 젊은 성인 여성에서 칼슘 섭취를 높였을 때 spinal bone mass가 증가되었다는 보고와³³⁾ 일치한다. 그리고 미국여성을 대상으로 폐경 여성에서 칼슘의 보충은 cortical bone에는 약간의 효과가 있었으나 척추골에 많은 trabecular bone에는 효과가 없었으며 성장기나 폐경 전에 평상시 칼슘 섭취가 골함량을 위하여 매우 중요하다고 하였다.³⁸⁾ 한국 사춘기 소녀들을 대상으로 DEXA로 척추 골밀도를 이용하여 연구 한 결과를 보면 아동기의 우유 섭취량이 많았고 현재의 칼슘 섭취량이 많은 군이 아동기의 우유 섭취량이 적었고 현재의 칼슘 섭취량이 적은 군에 비하여 골밀도가 높았

고,¹⁷⁾ 45~49세의 폐경 전 성인 여성에서 우유 섭취량이 적은 경우 우유 섭취량이 많은 경우 보다 요추 골밀도가 낮았다고 하였다.³⁹⁾ 그리고 미국의 사춘기 소녀들을 대상으로 칼슘 섭취량이 요추 골밀도에 미치는 효과를 DEXA를 이용하여 연구 한 결과, 칼슘 섭취량이 높을 수록 요추 골밀도가 높았다고 보고했다.⁴⁰⁾ 또한 혈중 ALP는 저칼슘 섭취군이 고칼슘 섭취군 보다 유의적으로 높아 칼슘 섭취량이 낮은 경우 골 교체율이 빠름을 알 수 있었다.

5. 골밀도와 여러 변수들과의 상관관계

운동이 골밀도에 미치는 효과를 보기 위하여 운동군과 비운동군으로 나누어 각 변수들의 상관관계를 보았다. 비운동군에서는 체중과 골밀도 및 골함량 사이에 유의적인 양의 상관관계가 (r = 0.30, r = 0.38) 있었다 (Table 5). 최근 연구에서 체중 감소 시에 골 소실이 있다가 체중이 증가되면 다시 골 함량도 증가한다고 보고하여⁴¹⁾ 체중이 골 함량에 미치는 효과를 알 수 있다. 체중이 골밀도에 미치는 영향은 사춘기 소녀들에서도 볼 수 있었는데⁴²⁾ 체중이 높을수록 골밀도가 높아 적당한 체중유지는 골밀도에 유의하다고 사료된다 (Table 5). 그리고 비운동군에서는 연령이 증가할수록 체중증가를 보였다. 따라서 체중이 증가하면 골밀도가 증가하는 연구결과와 일치한다고 사료된다.

운동군에서는 체중과 골밀도 사이에 유의적인 상관관계가 없었으며, 또한 비운동군에서 연령이 증가할수록 체중증가를 보인 현상은 없었다 (Table 6). 따라서 운동군에서는 가령에 따른 체중증가가 없어서 골밀도와 상관성이 없는지 아니면 운동의 효과가 체중의 효과를 가리는지 더욱 연구가 요망된다. 그러나 체중과 골함량은 유의적인 상관관계를 (r = 0.56) 나타내어 운동군에서도 체중은 골함량에 유의하였다. 이것은 젊은 성인 여성은 칼슘 섭취량 보다 체중이 실리는 신체 활동이 골함량에 더욱 유리하다고 한 연구 결과에⁴³⁾ 동의할 수 있다고 사료된다. 운동군과 비운동군 모두에서 칼슘 섭취량은 골밀도와 상관성을 보이지 않았으며, 이것은 이 등¹⁸⁾의 연구에서 평균 연령이 43.8세인 서울지역

Table 4. The effects of Ca intake on BMD in premenopausal women

Ca intake	Lower 25% (N = 18)	Upper 25% (N = 18)	p
Age (yr)	38.8 ± 6.1	39.0 ± 6.5	NS
Weight (kg)	56.6 ± 4.3	58.8 ± 8.5	NS
Serum ALP (u/l)	77.3 ± 21.2	40.6 ± 19.4	*
BMD (g/cm ²)	1.11 ± 0.12	1.24 ± 0.14	NS
BMC (g)	44.3 ± 6.2	53.4 ± 9.0	*

BMD: bone mineral density
 BMC: bone mineral content
 ALP: alkaline phosphatase
 NS: Not significant difference between two groups at p < 0.05 by t-test
 *: p < 0.05

Table 5. Correlation coefficients of each variable in premenopausal women in nonexercise

	Age	Wt	Ht	ALP	BMD	BMC	Ca index
Wt	0.36*						
HT	-0.05	0.34*					
ALP	0.33*	0.01	-0.14				
BMD	-0.11	0.30*	0.36*	-0.04			
BMC	0.01	0.38**	0.54**	-0.01	0.92***		
Ca index	-0.01	-0.02	-0.21	-0.40*	0.01	-0.11	
EI	-0.08	-0.11	-0.08	-0.06	0.24	0.18	0.63**

Wt: weight, Ht: height, ALP: alkaline phosphatase, EI: energy intake

Table 6. Correlation coefficients of each variable in premenopausal women in exercise

	Age	Wt	Ht	ALP	BMD	BMC	Ca index
Wt	0.19						
HT	-0.30	0.53*					
ALP	-0.14	-0.26	0.03				
BMD	-0.30	0.27	0.28	-0.30			
BMC	0.24	0.56**	0.59**	-0.27	0.89***		
Ca index	0.12	-0.01	-0.14	-0.30	-0.15	-0.05	
EI	0.24	0.11	0.27	-0.09	0.10	0.18	0.64**

Wt: weight, Ht: height, ALP: alkaline phosphatase, EI: energy intake

성인 여성들이 에너지 섭취가 2060 kcal로 RDA 이상이고 일일 평균 628.4 mg의 RDA에 근접한 칼슘 섭취 시 칼슘 섭취량과 골밀도와는 무관한 것으로 보고한 것이나, 대구 지역의 평균 연령 41.5세인 성인 여성을 대상으로 에너지 섭취가 RDA 수준이고 RDA보다 높은 칼슘 섭취 시 골밀도와 칼슘 섭취와는 유의적인 상관성을 볼 수 없었다고 보고한 것과¹⁶⁾ 비슷한 결과이다. 또한 폐경 전 여성에서 에너지 섭취가 RDA의 85.1%, 칼슘의 섭취가 RDA의 69.3%으로 칼슘섭취가 낮은 수준일 때도 칼슘 섭취량과 골밀도와 상관관계가 없었다고 보고한 것과 일치한다.²⁰⁾ 또한 20대의 젊은 여자 운동선수에서도 칼슘 섭취량과 골밀도와는 상관성을 보이지 않았다.³³⁾

그러나 오 등¹⁵⁾은 45.1세의 서울지역 성인 여성들에서 일일 에너지 섭취량이 1800 kcal에 평균 695.0 mg의 RDA 수준의 칼슘 섭취 시에는 골밀도와 칼슘 섭취량은 유의적인 양의 상관관계를 보고하였다. 또한 운동군에서는 칼슘 섭취량과 골지표인 혈중 ALP와 상관관계가 없었으나 비운동군에서는 칼슘섭취와 ALP가 유의적인 음의 상관관계를 가져 칼슘섭취가 낮을수록 혈중 ALP 농도가 높아 칼슘 섭취가 낮을 때 골 교체율이 높음을 알 수 있었다. 따라서 칼슘의 섭취는 비운동군에서 매우 중요하였다. 비운동군에서는 연령과 ALP가 양의 상관관계가 보였으나 운동군에서는 상관성이 없어 운동이 연령증가에 따른 골교체율의 상승을 늦추는 것으로 사료된다. 칼슘 섭취가 높은 군에서 ALP의 농도가 낮았고 운동군에서 ALP의 농도가 낮았으므로 운동과 고칼슘 섭취를 동시에 병행한다면 상승작용이 있으리라 사료되나 이 연구 대상자에서는 연구자의 수가 작아서 이런 효과를 측정할 수가 없었다. 더욱 명확한 결과를 얻기 위하여 intervention 연구가 요망된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 골다공증의 예방 차원에서 골밀도와 영양소 섭취 상태 및 운동과의 상관성을 조사하기 위하여 대구

지역 성인 여성 74명을 대상으로 간식이 조사법과 면접 및 설문지를 이용하여 영양소 섭취량과 운동량 등을 조사하였으며 이중에너지 방사선 골밀도 측정기 (DEXA)를 이용하여 척추 골밀도를 측정된 연구 결과를 요약하면 아래와 같다.

1) 운동군과 비운동군의 각각 에너지 섭취량은 1,921 kcal와 1,733 kcal였고, 평균 일일 칼슘 섭취량은 각각 652 mg과 635 mg으로 두 군간에 유의적인 차이가 없었다.

2) 운동군과 비운동군은 각각 골밀도가 $1.16 \text{ g} \pm 0.11/\text{cm}^2$, $1.14 \text{ g} \pm 0.14/\text{cm}^2$ 이었고, 골무기질 함량은 각각 $49.6 \text{ g} \pm 7.8$, $47.4 \text{ g} \pm 9.3$ 으로 두 군간에 유의적인 차이가 없었다.

3) Alkaline phosphatase (ALP)는 운동군이, 비운동군 보다 유의적으로 낮았다 ($p < .05$). 비운동군에서는 연령과 ALP가 양의 상관관계가 보였으나 운동군에서는 상관성이 없었다.

4) 칼슘 섭취수준에 따라 낮은 25%군과 높은 25%군을 비교하였을 때 높은 25%군의 골밀도는 낮은 25%군 보다 높은 경향을 보였고 골함량은 유의적으로 높았다.

5) ALP는 칼슘섭취가 낮은 25%군이 칼슘섭취가 높은 25%군보다 유의적으로 높게 나타났다.

결론적으로 폐경 전의 성인여성에서 칼슘 섭취량이 높은 군이 칼슘 섭취량이 낮은 군 보다 골밀도와 골함량이 높았고, 운동군이 비운동군 보다 혈중 ALP 농도가 낮아 골교체율이 낮은 것으로 사료되므로 폐경 전 성인여성에서 칼슘 섭취와 운동은 골다공증 예방을 위한 골밀도 향상에 매우 중요한 것으로 보여진다.

Literature cited

- 1) Riggs BL, Melton LJ. Involutional osteoporosis. *N Engl J Med* 314: 1676-1686, 1986
- 2) Wasnich RD. Bone mass measurements in diagnosis and assessment of therapy. *Am J Med* 91(suppl): 54s-58s, 1991
- 3) Anderson JJB. Symposium: Nutritional advances in human bone

- metabolism. Introduction. *J Nutr* 126: 1150s-1152s, 1996
- 4) Metz JA, Anderson JJB, Gallagher PN. 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: 537-542, 1993
 - 5) Riggs BL, Melton LJ. The prevention and treatment of osteoporosis. *N Engl J Med* 327: 620-627, 1992
 - 6) Bess DH. Calcium and vitamin D nutritional needs of elderly women. *J Nutr* 126: 1165s-1167s, 1996
 - 7) Ramsdale SJ, Bassej EJ, Pye DJ. Dietary calcium relates to bone mineral density in premenopausal women. *British J Nutr* 71: 77-84, 1994
 - 8) Welton DC, Kemper HCG, Post GB, VanStaveron WA. A meta-analysis of the effect of calcium intake on bone mass in young and middle females and males. *J Nutr* 125: 2802-2813, 1995
 - 9) Yano K, Heilbrun LK, Wasnich RD, Hankin JH, Vogel JM. The relationship between diet and bone mineral content of multiple skeletal sites in elderly Japanese-American men and women living in Hawaii. *Am J Clin Nutr* 42: 877-888, 1985
 - 10) Dawson-Hughes B. Calcium supplementation and bone loss: A review of controlled clinical trials. *Am J Clin Nutr* 54: 274s-280s, 1991
 - 11) Dook JE, James C, Henderson NK, Price RI. Exercise and bone mineral density in mature female athletes. *Med Sci Sports Exerc* 29(3): 291-296, 1997
 - 12) Shin AJ. 1998 National health and nutrition survey report-Nutrition survey. *Korean J Community Nutrition* 5(3): 549-553, 2000
 - 13) Recker RR, Davies KM, Hinders SM, Heaney RP, Strgman MR, Kimmel DB. Bone gain in young adult women. *JAMA* 268: 2403-2408, 1992
 - 14) Fehily AM, Coles RJ, Evans WD, Elwood PC. Factors affecting bone density in young adults. *Am J Clin Nutr* 56: 579-586, 1992
 - 15) Oh JJ, Hong ES, Baik IK, Lee HS, Lim HS. Effects of dietary calcium, protein and phosphorus intakes on bone mineral density in Korean premenopausal women. *Korean J Nutrition* 29(1): 59-69, 1996
 - 16) Kim KR, Kim KH, Lee EK, Lee SS. A study on the factors affecting bone mineral density in adult women -Based on the mothers of elementary school students- *Korean J Nutrition* 33: 241-249, 2000
 - 17) Choi MJ. The relationship between bone mineral density and the environmental factors in Korean girls (I). *J East Asian Society of Dietary Life* 4(3): 21-30, 1994
 - 18) Lee JH, Choi MS, Paik IK, Moon SJ, Lim SK, Ahn KJ, Song YD, Lee HC, Huh KB. Nutrient intake and bone mineral density in Korean premenopausal women. *Korean J Nutrition* 25(2): 140-149, 1992
 - 19) Lee HJ. A study on factors influencing age-related bone mineral density of Korean women in Taegu. Keimyung University, *Dissertation*, 1995
 - 20) Choi MJ, Jung YJ. The relationship between food habit, nutrient intakes and bone mineral density and bone mineral content in adult women. *Korean J Nutrition* 31(9): 1446-1456, 1998
 - 21) Zhang J, Feldblum PJ, Fortney JA. Moderate physical activity and bone density among perimenopausal women. *Am J Public Health* 82: 736-738, 1992
 - 22) Rockwell JC, Soresen AM, Baker S, Leahey D, Stock JL, Michales J, Baran DT. Weight training decreases vertebral bone density in premenopausal women: A prospective study. *J Clin Endocrinol Metab* 75(4): 988-993, 1990
 - 23) Sandler R, Cauley J, LaPorte R, Krisja A, Hom D, Sashin D. Physical activity and postmenopausal bone loss: Results of a 3-year clinical trial. *Calcified Tissue International* 41: 65-69, 1987
 - 24) Moon SJ, Lee KY, Kim SY. Application of convenient method for the study of nutritional status of middle aged Korean women. *Youn-seinonchong* 203-218, 1980
 - 25) Recommended Dietary Allowances for Koreans. The Korean Nutrition Society (7th Revision). 2000
 - 26) Gitelman HJ. An improved automated procedure for the determination of calcium in biological specimens. *Anal Biochem* 18: 521-531, 1967
 - 27) Atkinson A, Gatenby AD, Lowe AG. The determination of inorganic orthophosphate in biological system. *Biochem Biophys Acta* 320: 195-204, 1973
 - 28) Mogenstern S, Kessler G, Auerbach J, Flor RV, Klein B. An automated para-nitrophenylphosphate serum alkaline phosphatase procedure for the autoanalyzer. *Clin Chem* 11: 876-888, 1956
 - 29) Donald CL, Hulley SB, Vogel JM, Hattner RS, Bayers JH, McMillian DE. Effect of prolonged bed rest on bone mineral. *Metabolism* 19: 1071-1084, 1970
 - 30) Lee SJ, Koo JW, Seo JS, Ahn JC. Measurement of bone mineral density using Dual Energy X-ray Absorptiometry in normal Korean adults. *Korean J of Bone Metabolism* 1(2): 201-208, 1994
 - 31) Min YK, Chung HY, Jang HC, Han IK. Lateral measurement of lumbar bone mineral density by dual energy X-ray absorptiometry in Korean women. *Korean J of Bone Metabolism* 1(1): 70-76, 1994
 - 32) Hong HO, Lee OH, Jung DC, So JM, Ryoichi N, Choi EY, Hwang GH, Ahn, EH. A study of dietary intake and bone mineral density in competitive female athletes. *Korean J Nutrition* 34(6): 645-655, 2001
 - 33) Sung CJ, Baek SK, Lee HS, Kim MH, Choi SH, Lee SY, Lee DH. A study of body anthropometry and dietary factors affecting bone mineral density in Korean pre- and postmenopausal women. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30(1): 159-167, 2001
 - 34) Lohman T, Going S, Pamenter R, Hall M, Boyden T, Houtkooper L, Ritenbaugh C, Bare L, Hill A, Aickin M. Effects of resistance training on regional and total bone mineral density in premenopausal women: A randomized prospective study. *J Bone Miner Res* 10(7): 1015-1024, 1995
 - 35) Davee AM, Rosen CJ, Alder RA. Exercise patterns and trabecular bone density in college women. *J Bone Miner Res* 5(3): 245-240, 1990
 - 36) Nelson ME, Fisher EC, Dilmanian FA, Dallal GE, Evans WJ. A 1-y walking program and increased dietary calcium in post-menopausal women: effects on bone. *Am J Clin Nutr* 53: 1305-1311, 1991
 - 37) Riggs BL, Wahner HW, Melton LJ, O'Fallon WM, Judd HL, Richelson LS. In women dietary calcium intake and rates of bone loss from midradius and lumbar spine are not related. *J Bone Miner Res* 1(suppl 1): 96(abstr), 1986
 - 38) Mazess RB, Barden H, Green G. Bone mineral density of the spine. *J Bone Miner Res* 2(suppl 1): 330(abstr), 1987
 - 39) New SA, Bolton-Smith C, Grubb DA, Reid DM. Nutritional influences on bone mineral density: a cross-sectional study in premenopausal women. *Am J Clin Nutr* 65: 1831-1839, 1997
 - 40) Sentipal JM, Wardlaw GM, Mahan J, Matkovic V. Influence of calcium intake and growth indexes on vertebral bone mineral density in young females. *Am J Clin Nutr* 54: 425-428, 1991
 - 41) Compston JE, Laskey MA, Croucher PI, Coxon A, Kreitzman S. Effect of diet -induced weight loss on total body bone mass. *Clin Sci* 82: 429-432, 1992
 - 42) Choi MJ. The relationship between bone mineral density and the environmental factors in Korean girls (II). *J East Asian Society of Dietary Life* 5(1): 41-51, 1995
 - 43) Welten DC, Kemper HCG, Post GB, Mechelen WV, Twisk JPL, Teule GJ. Weight-bearing activity during youth is a more important factor for bone mass than calcium intake. *J of Bone and Mineral Res* 9(7): 234-239, 1994