

한국 성인 여자의 칼슘과 인 평형에 관한 연구

유춘희 · 김희선⁵ · 이정숙 · 김정윤

상명대학교 가정교육학과

A Study on Ca and P Balance in Korean Adult Women

Yu, Choon Hie · Kim, Hee Sun⁵ · Lee, Jung Sug · Kim, Jung Yun

Department of Home Economics Education, Sangmyung University, Seoul 110-743, Korea

ABSTRACT

The Ca and P balance studies were carried out with two different diets varying Ca levels: the current Korean RDA level(normal Ca diet) and the high level(high Ca diet) which was determined by adding 2SD to mean Ca intake of all subjects. The subjects were seven healthy adult women, aged from 25 to 32 years old. The metabolic studies were conducted for two weeks with a day's recess in between: during the first week with normal Ca diet and during the second week with high Ca diet. The composition of nutrients excepting Ca of both diets was similar to subject's usual intake. The results were summarized as follows: Mean daily Ca intake was 728.8mg from normal Ca diet and 945.5mg from high Ca diet. Fecal excretion of Ca increased significantly($p < 0.05$) on high Ca diet, but urinary excretion of Ca did not show any differences between the two diet periods. There were also no significant differences in Ca retention between the two diet periods but it tended to be greater during high Ca diet period: 112.1mg/day during normal Ca diet period vs 208.2mg/day during high Ca diet period. Mean apparent Ca absorption was 41.2% on normal Ca diet and 42.1% on high Ca diet, indicating it was not affected by high Ca intake level used in this study. On the contrary, P retention was significantly increased up to 109.4mg/day with high Ca diet as compared to -41mg/day with normal Ca diet. There were no significant differences in fecal and urinary excretion of P but those tended to be lower during high Ca diet period. The above results showed that higher Ca intake more than current RDA(700mg/day), in the level of 945.5mg/day, could increase Ca retention through Ca absorption comparable to the rate appeared on RDA level intake. P retention was also improved by high Ca intake. Therefore, higher Ca intake than the current RDA level seemed to produce favorable effects on bone health in adult women. However, the current RDA level seemed to be relatively appropriate, considering the results that all the subjects but one maintained positive Ca balance with normal Ca diet. (*Korean J Nutrition* 34(1) : 54~61, 2001)

KEY WORDS: Ca absorption, Ca retention, P absorption, P retention.

서론

최근 우리나라에서는 평균수명의 증가와 경제적 발전에 따라 개개인의 건강에 대한 관심이 고조되면서 노령화에 따른 골격대사 이상 또는 칼슘대사의 불균형으로 인한 질환 중 대표적인 것으로 골다공증에 대한 관심이 높아지고 있다. 골다공증은 골량이 감소하여 경미한 충격에도 골절을 일으키기 쉬운 대사성 골 질환의 하나로서 효과적인 치료방법이 없기 때문에 예방이 가장 중요하다고 하며, 현재까지 알려진 최선의 예방법은 성장기 동안의 최대 골질량(peak bone mass)을 극대화하고 골손실 위험인자를 피하는 것이라고 한다.¹²

한 개인의 골질량형성에 영향을 미치는 인자는 유전적인

요인과 기계적인 활동량, 호르몬의 균형, 그리고 환경적인 요인으로 분류될 수 있으며, 환경적인 요인 중에는 흡연, 알콜 및 카페인 섭취, 칼슘, 단백질, 인 섭취량 등 식이 인자등이 포함되며 이들 중 칼슘, 단백질, 인 섭취량은 식이 요인 가운데 가장 많이 논의되고 있다.³⁻¹⁰

많은 연구자들은 칼슘 섭취량이 낮으면 골질량의 감소가 오며, 골질량이 축적되는 시기에 칼슘의 섭취량이 부족하면 결국 최대 골질량을 감소시켜 성인기에 골다공증을 유발하는 주요 요인이 될 것이라고 하였고^{6,7,11,12} 이러한 주장은 최근 학계의 폭넓은 지지를 받고 있다. 연령이 증가함에 따라서 나타나는 골질량의 감소율은 최대 골질량이 높은 개인이나 그렇지 않은 개인이나 큰차이가 없지만 감소된 이후에 남아있는 골질량은 최대골질량이 높았던 개인이 높은 것으로 보고되어 있다.¹³ 또한 성장기 이후 계속해서 연령이 증가함에 따라서 충분한 양의 칼슘을 섭취한 개인의 골질량

채택일 : 2001년 1월 9일

⁵To whom correspondence should be addressed.

감소속도가 그렇지 않은 개인에 비해서 완만하게 이루어진다고 보고되어 있다.¹⁴⁾

서구지역에서는 최근 몇 년 동안, 특히 사춘기 소녀들과 젊은 여자들을 대상으로 이들의 골밀도에 영향을 미치는 요인과 이들의 최대 골질량을 높일 수 있는 방법을 찾고자 하는 연구가 활발히 이루어져 왔다.^{3,12,15-16)} 그 중 Fehily 등³⁾은 체중, 신체활동량, 칼슘과 비타민 D의 섭취량이 높을 때 이들의 골밀도가 증가될 수 있으며, 반면 알콜의 섭취는 골밀도를 낮추는 요인이 될 수 있음을 지적하였다. 또한 Andon 등¹⁶⁾은 현재 미국의 사춘기 소녀들을 위한 칼슘 권장량(1,200mg/day)이 최대 골질량을 획득하기에 부족하며 하루 1,450mg의 칼슘 섭취가 이들에게 필요한 것으로 보고하였다.

우리나라 사람들의 1일 1인당 평균 칼슘섭취량은 1975년 이래로 완만한 증가를 보였지만 아직 700mg을 넘지 못하고 있으며 98 국민건강영양조사 결과에서도 현재 권장량(성인의 경우 700mg/day)의 73%인 511mg을 섭취하고 있는 것으로 나타났다.²⁰⁾ 또한 영양권장량의 75% 미만을 섭취하는 가구는 조사대상 전체의 반을 넘어서 63.5%나 되며 반대로 권장량의 125% 이상을 섭취하는 가구는 전체의 10.8%에 불과하였다.

본 연구팀은 지난 수년에 걸쳐 여대생, 또는 폐경 이후 여자들을 대상으로 식이 또는 기타 환경적 인자와 뼈대사와의 관계를 중점적으로 연구해 왔다.²¹⁻²³⁾ 그 결과 우리나라 폐경 이후 여자들의 칼슘 섭취량은 부족하며, 칼슘의 보충 섭취에 의해서 골밀도가 증가될 수 있음을 확인하였다. 또한 일상식을 섭취하는 여대생들에게 칼슘을 보충 섭취시켰을 때 칼슘의 흡수는 떨어지나 체내에 보유되는 칼슘의 양은 증가되며, 우리나라의 식이는 대체로 칼슘 부족과 함께 인이 과다하기 때문에 골밀도를 낮출 수 있는 것으로 관찰되었다.^{22,23)} 즉, 한국인의 식사내용은 서구인들과는 현저히 다르며 우리의 일상식이 섭취시 칼슘, 인의 대사 및 골격대사 양상도 서구인들과는 다를 수밖에 없는 것이다.

그럼에도 불구하고 한국인 칼슘과 인의 권장량 설정시 대부분 서구인들을 대상으로 실험한 기초자료들을 이용하고 있는 것이 우리의 현실이다.^{1,3,5)} 특히 골격대사의 유지기에 해당되는^{11,16)} 25~32세 한국 성인들을 대상으로 하여 이루어진 칼슘 및 인의 평형 실험 결과가 거의 없는 실정이다.

영양권장량 설정시, 표준이 되는 연령집단은 신체 유지기인 성인기로서 성인기 대사실험 결과를 기초로 하여, 다른 연령층의 경우에 성장 또는 퇴행성 변화인자를 고려한 권장량 도출과정을 밟는다.¹⁶⁾ 그러므로 최대 골질량 도달 후 골격퇴행성 변화가 본격적으로 진행되기 시작하기전, 즉 25~32세의 실험대상자들을 대상으로 한 대사실험 결과들은 한

국인 칼슘과 인 권장량 설정을 위해 절실히 요구되는 핵심적인 기초자료가 된다.

그러므로 본 연구에서는 한국인 일상식을 섭취하는 성인 여자(25~32세)를 대상으로 한국인 영양권장량 수준(700mg/day)과 고칼슘 수준(1,000mg/day)으로 칼슘을 제공하면서 칼슘과 인의 흡수율 및 체내 보유량을 알아보고자 하였으며 이를 통해 한국 성인 여성을 위한 칼슘과 인의 적정필요량을 규명하고 칼슘과 인의 권장량 설정을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

실험대상 및 방법

1. 실험설계

본 연구에서는 일상식을 섭취하는 성인 여자(25~32세)를 대상으로 한국인 영양권장량 수준과 고칼슘 수준으로 칼슘을 제공하면서 칼슘과 인의 흡수율 및 체내 보유량을 분석하였다. 전 실험기간은 14일간이었다. 실험 첫째주에는 대상자들의 실험시작 전 식이섭취 조사를 토대로 하여 구성된 정상칼슘식이(Normal Ca Diet)를 제공하였다. 즉 이 정상칼슘 식이를 통하여 대부분의 영양소들은 평상시와 유사하게 공급되었고 칼슘과 인은 권장량 수준(약 700mg/day)으로 공급되었다. 실험 첫째주 첫 3일간은 실험식에 적응을 시킨 후 그 다음 3일간 소변과 대변을 수집하여 분석하였다. 실험 둘째주에는 고칼슘 식이(High Ca Diet: 약 1,000mg Ca/day)를 만들어 제공하였는데 이는 예비조사를 통해 나타난 본 조사대상자들의 평균 칼슘 섭취량 +2SD에 해당되는 수준이었다. 다른 영양소들은 첫째주와 비슷한 수준으로 제공되었으며 실험 첫째주와 같이 첫 3일간 적응을 시킨 후 그 다음 3일간 소변과 대변을 수집, 분석하였다(Fig. 1).

2. 실험대상자

본 실험은 외견상 건강하고 특별한 약을 상용하지 않는 건강한 성인 여자(25~32세) 7명을 대상으로 실시되었다. 대상자들의 일반적인 특징은 Table 1과 같고 골밀도는 Table 2와 같다. 조사대상자들의 평균 연령은 27.3세였고 키는 163.1cm, 체중은 56.0kg이었으며 BMI는 21.0kg/m²로서 정상 범위에 속하였다. 평균 골밀도를 보면 요추(1.1g/cm²)보다는 대퇴골(0.69~0.83g/cm²)이 낮은 것으로 조사되었으며 T-score 역시 대퇴경부의 경우 -0.99로서 요추(L2-L4) 0.03보다 낮은 것으로 나타났다.

대상자들은 실험기간동안 임대한 아파트에서 함께 생활하면서 동일한 실험식을 섭취하였으며 평상시처럼 자유로이 행동하도록 하였다.

3. 실험식이

실험시작 전에 각 대상자의 3일간의 식이 섭취 내용을 기록법으로 조사하여 조사대상자들의 평상시 식이내용과 유사 하면서 대부분의 영양소들을 권장량 수준으로 공급할 수 있는 식단을 구성한 후, 칼슘공급량을 달리하는 두 종류의 실험 식이를 만들었다. 즉 정상 칼슘식이(Normal Ca Diet)는 식품분석표²⁴⁾에 제시된 함량에 근거하여 권장량 수준(700mg/day)을 공급할 수 있도록 만들었고, 고칼슘 식이(High Ca Diet)는 1일 1,000mg 정도의 칼슘을 공급할 수 있도록 만들었다. 각 실험식이별로 대상자들의 기호를 고려하여 이틀치의 식단(Table 3)을 작성하여 제공하였으며 실험식이의 성분 계산치와 화학적 분석치는 Table 4와 같다.

식품 조리는 식품 재료(7인분)를 정확하게 평량하여 한꺼번에 조리한 다음 다시 총량을 측정하여 동일하게 7등분하여 제공하였으며 국은 건더기와 국물을 따로 재서 공급하

였다. 또한 각 대사 실험기간의 마지막 이틀 동안은 1인분씩을 더 조리하여 식이 분석에 사용하였다.

실험 대상자에게 정해진 식단에 의해 일정한 분량의 음식을 계량하여 주었으며 이들이 더 먹고자 할 때는 다시 음식을 계량하여 제공하였고 남긴 음식은 그 양을 계량하여 섭취량 산출에 사용하였다.

대사실험에 사용된 모든 식품은 변질되기 쉬운 두부, 우유, 야채를 제외하고는 실험 2주일 동안 필요한 식품 전량을 구입하여 냉장 또는 냉동 보관하여 사용하였다.

또한 사용된 식기류와 조리기구들은 플라스틱 그릇, 유리 그릇 그리고 스텐레스 그릇이었고, 모두 이온 제거수에 24시간 이상 담근 후 사용하였다. 식품 조리시 사용한 물과 음료수도 이온 제거수였다.

4. 시료 수집 및 분석

1) 소 변

각 대사 실험 기간의 4일째 되는 날부터 24시간(각 날의 오전 6시부터 다음날 오전 6시 이전까지) 소변을 polyethylene 채뇨 용기를 사용하여 3일간 매일 수집하였다.

수집한 24시간 뇨는 mass cylinder로 총량을 측정한 후 잘 섞어 상층액 일부는 버리고 100ml씩 취하여 냉장고에 보관하였다. 이와 같은 방법으로 3일간 매일 뇨를 수집하여 칼슘과 인 분석에 사용하였다.

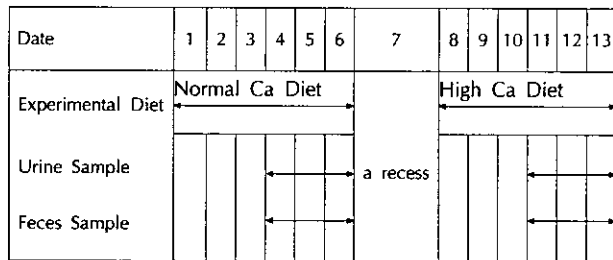


Fig. 1. Experimental design.

Table 1. Physical characteristics of the subjects

Subjects	1	2	3	4	5	6	7	Mean
Age(years)	32	27	30	26	25	25	26	27.3 ± 2.7 ¹⁾
Height(cm)	158.0	158.0	168.0	170.0	160.0	158.0	170.0	163.1 ± 5.9
Weight(kg)	57.0	53.0	69.0	61.0	49.0	51.0	52.0	56.0 ± 7.0
BMI ²⁾ (kg/m ²)	22.8	21.2	24.4	21.1	19.1	20.4	18.0	21.0 ± 2.2
SBP ³⁾ (mmHg)	118.3	116.0	114.5	107.7	119.0	113.3	110.3	114.2 ± 4.1
DBP ⁴⁾ (mmHg)	67.7	65.7	70.5	61.3	81.0	65.0	59.0	67.1 ± 7.2

1) Mean ± SD

2) BMI: Weight(kg)/Height²(m)

3) SBP: Systolic blood pressure

4) DBP: Diastolic blood pressure

Table 2. Bone mineral density of the subjects

Subjects		1	2	3	4	5	6	7	Mean
Lumbar spine(L2-L4)	BMD(g/cm ²)	1.06	1.21	1.14	1.06	1.19	0.92	0.97	1.08 ± 0.11 ¹⁾
	% Age matched	98.7	112.3	106.6	98.5	110.4	85.4	90.5	100.3 ± 10.1
	T-score	-0.09	0.92	0.49	-0.11	0.78	-1.09	-0.71	0.03 ± 0.75
Femoral neck	BMD(g/cm ²)	0.73	0.82	0.96	0.90	0.82	0.83	0.76	0.83 ± 0.08
	% Age matched	74.8	85.0	98.7	92.5	84.4	85.7	78.2	85.6 ± 8.09
	T-score	-1.74	-1.03	-0.09	-0.51	-1.07	-0.98	-1.50	-0.99 ± 0.56
Trochanter	BMD(g/cm ²)	0.63	0.82	0.77	0.73	0.67	0.59	0.60	0.69 ± 0.09
Ward's triangle	BMD(g/cm ²)	0.58	0.76	0.81	0.71	0.75	0.69	0.68	0.71 ± 0.07

1) Mean ± SD

칼슘은 아산제약의 OCP법²⁵⁾에 의한 칼슘 측정용 시약을 사용하여 흡광도(Hellena Co., Digispec) 575nm에서 정량하였으며, 인은 아산제약의 인몰리브덴산 색소법²⁵⁾에 의한 무기인 측정용 시약을 사용하여 흡광도 650nm에서 정량하였다.

2) 대 변

각 대사실험 기간 중 최종 연 3일간의 대변을 수집하였다. 수거한 대변은 냉장고에 보관하였다가 총 배설량을 정확히 측정한 후 잘 주물러 혼합하여 균질화 시킨 후 그 일부를 취하여 105℃ drying oven에서 건조시킨 후 분말로 만

들어 분석에 사용하였다.

건조 분말화 된 변시료는 건식 회화법²⁶⁾으로 전처리된 하여 분석에 사용하였다. 즉, 분말 변시료 1g을 550℃ electric muffle furnace에서 3시간 동안 완전 회화시키고 1 : 1 HCl 10ml을 가해 overnight 시킨 후 whatman filter paper #541과 membrane filter acrodisc 0.45µg을 사용하여 여과시킨 후 atomic absorption spectrophotometer²⁷⁾로 칼슘과 인 함량을 측정하였다.

3) 실험식이

각 실험 기간 중 뇨와 변을 수거하는 3일간 섭취한 식이

Table 3. Experimental diet menu (g/serving)

	Breakfast	Lunch	Supper	Dessert
Normal Ca Diet	Diet 1	Diet 1	Diet 1	Diet 1
	식빵(80)	쌀밥(200)	쌀밥(200)	과자(첵크, 30)
	스크램블에그(48.4)	쇠고기버섯국(220)	콩나물국(190)	굴(100)
	사과(100)	각두기(50)	각두기(40)	호상요구르트(80)
	포도잼(10)	김구이(4)	김구이(4)	토마토쥬스(100)
	마가린(10)	파래무침(45.5)	오징어무침(131.5)	
	우유(190)	잔멸치볶음(18.0)	느타리버섯볶음(55)	
		갯잎나물(44.6)	취나물볶음(45.6)	
High Ca Diet	Diet 1	Diet 1	Diet 1	Diet 1
	식빵(80)	쌀밥(200)	쌀밥(200)	과자(첵크, 20)
	마가린(10)	쇠고기무국(200)	된장국(180)	사과(100)
	딸기잼(10)	각두기(50)	불고기(100)	호상요구르트(80)
	굴(100)	김구이(4)	각두기(40)	오렌지쥬스(100)
	쇠고기스프(150)	콩나물(50)	파무침(40)	
	우유(190)	어묵조림(55)	상추쌈(100)	
		사금치나물(40)		
High Ca Diet	Diet 1	Diet 1	Diet 1	Diet 1
	식빵(80)	쌀밥(200)	쌀밥(200)	과자(첵크, 20)
	스크램블에그(62.4)	어묵국(226)	미역국(160)	굴(100)
	사과(100)	각두기(50)	각두기(40)	호상요구르트(130)
	포도잼(20)	김구이(4)	갯잎나물(44.7)	오렌지쥬스(100)
	우유(200)	뱅어포(12.5)	돼지고기야채볶음(200)	
		사금치나물(40)	파강회(64)	
		호박볶음(60)		
High Ca Diet	Diet 2	Diet 2	Diet 2	Diet 2
	식빵(80)	쌀밥(200)	쌀밥(200)	과자(첵크, 20)
	치즈(20)	아욱국(230)	각두기(40)	굴(100)
	단감(100)	각두기(50)	양송이스프(150)	호상요구르트(130)
	포도잼(20)	김구이(4)	함박스테이크(126)	토마토쥬스(100)
	우유(200)	어묵조림(53.9)	샐러드(175)	
		파래무침(46.5)		
		취나물볶음(49.7)		

Table 4. The composition of experimental diet for metabolic study

	By food composition table		By chemical analysis	
	Normal diet	High Ca diet	Normal diet	High Ca diet
Energy(kcal)	1893.5 (94.6)*	2043.5 (102.2)	1751.7 (87.6)	2027.6 (101.4)
Protein(g)	69.5 (115.9)	77.3 (128.8)	63.2 (105.3)	73.1 (121.8)
Fat(g)	52.2	57.3	42.6	46.8
Ca(mg)	727.0 (103.8)	1095.5 (156.5)	708.6 (101.2)	930.1 (132.9)
P(mg)	1134.4 (162.0)	1414.8 (202.1)	1012.4 (144.6)	1135.9 (162.3)
Ca/P ratio	0.64	0.77	0.70	0.82

* : RDA %

와 같은 식이를 하루 분씩 각각 준비하여 전량을 mixer로 갈아서 그 일부를 취하여 105℃ drying oven에서 건조시켜 분말로 만든 후 식이 성분분석에 사용하였다. 칼슘과 인은 대변과 같은 방법으로 분석하였고 식이의 일반 성분중에서 단백질은 microkjeldahl법²⁶⁾으로, 지방은 soxhlet 추출법²⁶⁾으로, 수분은 105~110℃에서 건조 평량법으로, 회분은 550℃에서 건식 회화법으로 각각 측정하였다. 그리고 열량은 bomb calorimeter²⁶⁾로 측정하였다.

4) 칼슘과 인의 흡수율 및 보유량

측정된 칼슘 섭취량, 뇨와 변 중 칼슘 함량으로부터 칼슘 흡수율 및 보유량을 계산하였다. 계산 공식은 다음과 같다.

$$\text{Apparent absorption of Ca(\%)} = \frac{\text{Ca intake} - \text{fecal Ca}}{\text{Ca intake}} \times 100$$

$$\text{Ca retention} = \text{Ca intake} - (\text{urinary Ca} + \text{fecal Ca})$$

또한 인의 흡수율 및 보유량도 인 섭취량, 뇨와 변 중의 인 배설량으로부터 아래와 같은 공식에 의하여 계산하였다.

$$\text{Apparent absorption of P(\%)} = \frac{\text{P intake} - \text{fecal P}}{\text{P intake}} \times 100$$

$$\text{P retention} = \text{P intake} - (\text{urinary P} + \text{fecal P})$$

5. 자료분석 및 통계처리

본 실험의 모든 자료로부터 각 실험군의 평균치와 표준편차를 구하였고, 두 실험식이 제공시 나타난 평균치간의 유의성은 paired t-test에 의해 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 칼슘대사

권장량 수준의 칼슘을 공급한 정상칼슘 식이와 고칼슘식이 섭취시 대변과 소변 중의 칼슘 배설량, 칼슘 보유량 및 칼슘 흡수율은 Table 5, Fig. 2와 같다.

정상 칼슘식이와 고칼슘식이 섭취시 Ca의 섭취량은 각각 728.8mg/day와 945.4mg/day로서 고 칼슘 식이 섭취시 유의하게 증가하였다. 또한 대변을 통한 칼슘 배설량은 각 피 실험자들 간에 차이를 보였으나 평균적으로는 정상칼슘식이 섭취시 426.6mg/day, 고칼슘식이 섭취시 평균 546.2mg/day로서 칼슘을 많이 섭취하였을 때 유의적으로 증가하였다 (p < 0.05). 이는 여대생을 대상으로한 연구²⁸⁾에서 보고된 일상식이시 대변 칼슘 배설량 299.5mg/day보다는 많은 것이었고 하루 500mg의 칼슘 보충시 배설량 708.2mg/day보다는 낮은 것이었다. 소변 중 칼슘 배설량은 정상칼슘식이 섭취시 190.0mg/day, 고칼슘식이 섭취시 191.0mg/day로서 비슷한 수준이었으며, 두 식이군 간에 유의적인 차이가 없었다. 김숙희 등²⁹⁾의 연구에서 20대 여대생들의 소변 중

Table 5. Ca balance and apparent absorption rate measured during the normal and high Ca diet periods

Diet	Subject no	Ca intake (mg/day)	Ca excretion(mg/day)		Ca retention (mg/d)	Apparent absorption(%)
			Fecal Ca	Urinary Ca		
Normal Ca diet	1	708.6	382.6	186.7	139.3	46.0
	2	708.6	572.2	90.0	46.4	19.2
	3	744.7	391.3	210.0	143.4	47.85
	4	790.0	311.7	250.0	228.3	60.5
	5	708.6	325.3	263.3	120.0	54.1
	6	708.6	454.4	140.0	114.2	35.9
	7	732.4	549.0	190.0	-6.6	25.0
	Mean	728.8 ± 30.7 ¹⁾²⁾	426.6 ± 103.0 ²⁾	190.0 ± 60.4 ^{NS)}	112.1 ± 74.9 ^{NS)}	41.2 ± 15.1 ^{NS)}
High Ca diet	1	930.1	579.0	116.7	234.5	37.8
	2	930.1	655.8	96.7	177.7	29.5
	3	940.8	455.6	280.0	205.2	51.6
	4	962.2	519.3	236.7	206.3	46.0
	5	930.1	508.9	253.3	167.9	45.3
	6	930.1	629.3	216.7	84.2	32.3
	7	994.3	475.7	136.7	382.0	52.2
	Mean	945.4 ± 24.6	546.2 ± 76.7	191.0 ± 72.9	208.2 ± 90.2	42.1 ± 9.0

1) Mean ± SD

2) Significantly different between values of two periods at α = 0.05 level by paired t-test

3) NS: Not significantly different between values of two periods at α = 0.05 level by paired t-test

칼슘 배설량이 하루 150mg이었던 것과 조재현²⁹⁾의 연구에서 우리나라 20~50대 성인 여성의 소변 중 칼슘 배설량이 하루 160~180mg. 여대생을 대상으로 한 연구²²⁾에서도 하루 150~180mg이었던 것과 비슷한 수준이었다. Matkovic³⁰⁾은 칼슘 섭취량이 소변을 통한 칼슘 배설량에 별 영향을 미치지 않는다고 하였는데 본 연구결과에서도 노중 칼슘량이 칼슘 섭취 수준에 따른 차이를 보이지 않았다.

칼슘 보유량은 정상칼슘 식이보다 고칼슘식이 섭취시 2명의 피실험자를 제외한 모든 피실험자들에게서 증가하는 것으로 나타났다. 평균 칼슘 보유량은 일상식이 섭취시 112.1mg/day이었고 고칼슘식이 섭취시 208.2mg/day로 증가하였으나 유의적인 차를 보이지 않았다. 이는 여대생을 대상으로 한 대사연구²²⁾와 칼슘 섭취량이 높아질수록 칼슘의 절대 흡수량이 많아지는 경향이 있다는 Heaney³¹⁾의

연구보고와 일치하였다.

칼슘 흡수율은 정상칼슘식이 섭취시 41.2%, 고칼슘식이 섭취시 42.1%로 차이가 없는 것으로 나타났다. 이에 비해 여대생을 대상으로 한 대사실험²²⁾에서는 일상식보다 칼슘 보충시 흡수율이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 본 연구에서 칼슘제제가 아닌 식품(주로 우유 및 유제품)을 통해 칼슘의 보충이 이루어졌기 때문에 흡수율에 영향을 미치지 않은 것으로 사료된다.

2. 인대사

인 섭취량과 뇨 및 대변을 통한 인 배설량 그리고 인의 체내 보유량은 Table 6, Fig. 2와 같다.

인의 섭취량은 정상칼슘식이와 고칼슘식이 섭취시 각각 1,031.4mg/day, 1,129.8mg/day이었다. 인의 배설량은 칼슘 보충에 의해 약간 감소하는 것으로 나타났으나 유의적인 차이는 아니었다.

대변을 통한 인의 평균 배설량은 정상칼슘식이 섭취시 341.9mg/day, 고칼슘식이 섭취시 320.1mg/day로 유춘희와 홍희옥²²⁾이 보고한 여대생들의 대변중 1일 인 배설량 270~337.0mg과 비슷한 수준이었고, 백희영³²⁾이 보고한 20대 여성들의 대변 중 인 배설량 295mg/day보다는 다소 높은 수준이었다. 그러나, 김숙희 등²⁹⁾이 보고한 실험대상자들의 대변 중 인 배설량 552mg보다는 낮은 수준이었다. 또한 여대생들을 대상으로 한 대사실험²²⁾에서 칼슘 보충시 인

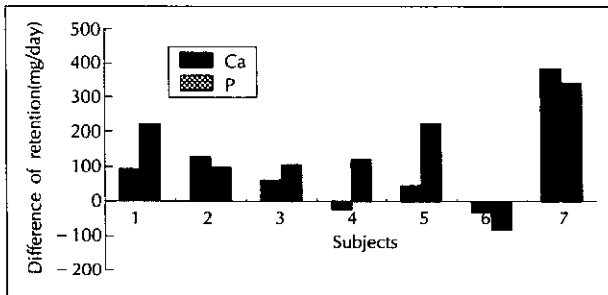


Fig. 2. Difference of Ca and P retention between normal and high Ca diet periods.

Table 6. P balance and apparent absorption rate measured during the normal and high Ca diet periods

Diet	Subject no	P intake (mg/d)	P excretion(mg/d)		P retention (mg/d)	Apparent absorption(%)
			Fecal P	Urinary P		
Normal Ca diet	1	1012.4	304.8	763.4	-55.8	69.9
	2	1012.4	456.4	640.0	-84.0	54.9
	3	1038.9	391.3	720.0	-72.4	62.3
	4	1094.4	316.8	859.0	-81.4	71.1
	5	1012.4	260.5	852.7	-100.8	74.3
	6	1012.4	320.1	580.0	112.3	68.4
	7	1036.8	343.6	698.3	-5.1	66.9
	Mean	1031.4 ± 30.3 ¹⁾²⁾	341.9 ± 64.1 ^{NS}	730.5 ± 103.4 ^{NS}	-41.0 ± 74.2 ²⁾	66.8 ± 6.4 ^{NS}
High Ca diet	1	1114.6	352.3	592.7	169.7	68.4
	2	1114.6	405.1	628.7	16.9	63.7
	3	1125.3	273.9	815.0	36.4	75.7
	4	1146.5	313.5	789.0	44.0	72.7
	5	1114.6	314.3	673.7	126.7	71.8
	6	1114.6	350.3	732.3	32.0	68.6
	7	1178.5	231.6	606.7	340.2	80.3
	Mean	1129.8 ± 24.5	320.1 ± 56.6	700.3 ± 84.8	109.4 ± 116.5	71.6 ± 5.4

1) Mean ± SD

2) Significantly different between values of two periods at α = 0.05 level by paired t-test

3) NS: Not significantly different between values of two periods at α = 0.05 level by paired t-test

의 배설량이 증가하였다는 결과와는 상반되었다.

소변을 통한 인 배설량은 정상칼슘식이 섭취시 730.5 mg/day, 고칼슘식이 섭취시 700.3mg/day로 나타났다. 이는 유준희와 홍희옥²²⁾이 보고한 여대생들의 소변 중 1일 인 배설량 400mg이나 피재은과 백희영²³⁾의 연구에서 1일 평균 인 섭취량이 770~1,033mg이었을 때 소변 배설량이 331~441mg으로 나타난 결과보다 높은 수준이었다.

인의 체내 보유량은 정상칼슘식이보다 고칼슘식이 섭취시 한 명의 피실험자를 제외한 모든 피실험자들에게서 증가하는 것으로 나타났다. 평균 인 보유량은 정상칼슘식이 섭취시 -41.0mg/day이었으나 고칼슘식이 섭취시 109.4mg/day로 유의적으로 높아졌다. 이는 여대생을 대상으로 한 대사실험²²⁾에서 칼슘 보충후에 체내 인 보유량이 다소 감소하였다는 결과와는 상반되었다. 인의 흡수율은 정상칼슘식이 섭취시 66.8%, 고칼슘식이 섭취시 71.6%로서 칼슘 보충시 흡수율이 증가하는 것으로 나타났으나 유의적인 차이는 아니었다. 본 실험에서는 칼슘의 보충을 식품으로 하였고 때문에 칼슘의 보충과 함께 인의 섭취량이 다소 증가하였다. 그러므로 식이를 통한 인 섭취량 증가가 체내 인 보유량을 증가시키는 하나의 요인으로 작용한 것으로 추측된다.

요약 및 결론

건강한 25~32세 성인 여자를 대상으로 정상칼슘과 고칼슘 식이를 제공하면서 체내 칼슘과 인의 흡수율 및 평형을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 본 조사대상자의 평균 연령은 27.3세이었고, 키는 163.1 cm, 체중은 56.0kg이었으며 BMI는 21.0kg/m²이었다.

2) 대변을 통한 칼슘 배설량은 고칼슘식이 섭취시에 정상칼슘식이 섭취시 보다 유의적으로 증가하였으나(p < 0.05), 소변을 통한 칼슘 배설량은 변화하지 않았다. 1일 평균 칼슘 보유량은 정상칼슘식이 섭취시(칼슘 섭취량 728.8mg/day) 112.1mg이었고 고칼슘식이 섭취시(칼슘 섭취량 945.5mg/day)에 208.2mg으로 증가하였으나 유의적인 차이를 보이지 않았다. 칼슘의 흡수율은 정상칼슘식이 섭취시 41.2%, 고칼슘식이 섭취시 42.1%로서 유사하였고 두 식이군간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

3) 정상칼슘식이에 비해 고칼슘식이 섭취시 뇨와 대변을 통한 인의 배설량은 감소하였으나 유의적인 차이는 아니었다. 그러나 체내 인 보유량은 고칼슘식이 섭취시 109.4mg/day로 정상칼슘식이 섭취시 -41mg/day에 비해 유의적으로 증가하였고 인의 흡수율 역시 고칼슘식이 섭취시 증가하였으나 유의적인 차이는 아니었다.

본 실험결과 성인 여자들이 식품(주로 우유 및 유제품)의 형태로 칼슘을 보충하면(보충량: 성인 여자 1일 권장량 + 230mg) 보충량의 대부분이 그대로 흡수되면서 체내 칼슘 보유량을 높일 수 있는 것으로 나타났다. 인의 체내 보유량 역시 칼슘 보충시 높아지면서 음의 균형상태를 양의 균형상태로 호전시켰다. 그러므로 우리나라 성인 여성들에게 식품을 통해 칼슘을 보충시키므로써 칼슘과 인의 균형을 개선시키고, 결과적으로 골대사에도 긍정적인 영향이 초래될 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 본 실험대상자 7명 중에서 권장량 수준의 칼슘 섭취시 음의 칼슘균형을 이룬 것은 1명 뿐 이었고 대부분 양의 칼슘균형을 이루었으므로 한국 성인 여성을 위해 현재 권장하고 있는 칼슘권장량(700mg/day)은 대체로 적정수준인 것으로 사료된다.

Literature cited

- Christiansen C, Riis BJ, Rdbro P. Screening Procedure for woman at risk of developing postmenopausal osteoporosis. *Osteoporosis Int* 1: 35-40, 1990
- Lee HJ, Choi MJ. The Effect of Nutrient Intake and Energy Expenditure on Bone Mineral Density of Korean Women in Taegu. *Korean J Nutrition* 29(6): 622-633, 1996
- Fehily AM, Coles RJ, Evans WD, Elwood P. Factors Affecting bone density in young adults. *Am J Clin Nutr* 56: 579-586, 1992
- Manzoni P, Brambilla P, Pietrobelli A, Beccaria L, Bianchessi A, Mora S, Chiumello G. Influence of body composition on bone mineral content in children and adolescents. *Am J Clin Nutr* 64: 603-607, 1996
- New SA, Bolton-smith caroline, Grubb DA, Reid D. Nutritional influences on bone mineral density: a cross-sectional study in premenopausal women. *Am J Clin Nutr* 65: 1831-1839, 1997
- Metz JA, Anderson JR, Gallagher PN. Intakes of calcium, phosphorous, protein and physical activity level are related to radial bone mass in young adult women. *Am J Clin Nutr* 58: 537-542, 1993
- Welten DC, Kemper HCG, Post GB. Weight-bearing activity during youth is a more important factor for peak bone mass than calcium intake. *J Bone Miner Res* 9: 1089-1096, 1994
- Kim WY, Moon KW, Kim JH. A Study on the Long-Term Effects of Dietary Protein Level on Ca and Skeletal Metabolism in Ovariectomized Rats. *Korean J Nutrition* 27(5): 415-425, 1995
- Strause L, Saltman P, Smith KT, Bracker M, Andon MB. Spinal bone loss in postmenopausal women supplemented with calcium and trace minerals. *J Nutr* 124: 1060-1064, 1994
- 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): 9-69, 1996
- Kim WY. Osteoporosis and Dietary Factors. *Korean J Nutrition* 27(6): 636-645, 1994
- Jackman LA, Millane SS, Martin B, Wood OB, McCabe GP, Peacock M, Weaver C. Calcium retention in relation to calcium intake and postmenarcheal age in adolescent females. *Am J Clin Nutr* 66: 327-333, 1997
- Parfitt AM. Dietary risk factors for age-related bone loss and fractures. *Lancet* 2: 1181-1185, 1983
- Recker RR, Saville PD, Heaney RP. Effect of estrogens and calcium carbonate on bone loss in postmenopausal women. *Ann Intern Med* 87: 649-655, 1977

- 15) Weaver CM, Peacock M, Martin B, Plawewski KL, McCabe GP. Calcium retention estimated from indicators of skeletal status in adolescent girls and young women. *Am J Clin Nutr* 64: 67-70, 1996
- 16) Andon MB, Lloyd T, Matkovic V. Supplementation trials with calcium citrate malate: evidence in favor of increasing the calcium RDA during childhood and adolescence. *J Nutr* 124: 1412S-1417S, 1994
- 17) Faulkner RA, Bailey DA, Drinkwater DT, McKay HA, Arnold C, Wilkinson AA. Bone densitometry in Canadian children 8-17 years of age. *Calcif Tissue Int* 59: 344-351, 1996
- 18) Weaver CM, Martin BR, Plawewski KL, Peacock M, Wood OB, Smith DL, Wastney ME. Differences in calcium metabolism between adolescent and adult females. *Am J Clin Nutr* 61: 577-581, 1995
- 19) Miller SZ, Smith DL, Flora L, Slemenda C, Jiang X, Hohnston CC. Calcium absorption from calcium carbonate and a new form of calcium(CCM) in healthy male and female adolescents. *Am J Clin Nutr* 48: 1291-1294, 1998
- 20) '98 National nutrition health survey report. Ministry of health and welfare, 2000
- 21) Hong HO, Yu CH. The Effect of Ca and Vitamin D Supplementation on Bone Metabolism in Postmenopausal Women. *Korean J Nutrition* 27(10): 1025-1036, 1994
- 22) Yu CH, Hong HO. A Study on Ca Metabolism of College Women eating Usual Korean Diet. *Korean J Nutrition* 28(11): 1049-1055, 1995
- 23) Yu CH, Lee YS, Lee JS. Some factors affecting bone density of Korean college women. *Korean J Nutrition* 31(1): 36-45, 1998
- 24) Food Values. The Korean nutrition information center the Korean nutrition society, 1998
- 25) Baner JD. Clinical laboratory methods. CV Mosby Company, 1982
- 26) A.O.A.C. Official methods of analysis 15th ed. Washington D.C., 1990
- 27) Analytical method for atomic absorption spectrophotometer. Varian Corp
- 28) Kim SH, Lee LH, Paik HY. Baseline study on establishing Ca and Fe recommended dietary allowance for Korean. Korea Institute for Health affairs, 1986
- 29) Cho JH, Paik HY. A Comparative Study on Urinary Ca Excretion in Young and Middle Aged Korean Women. *Korean J Nutrition* 25(2): 132-139, 1992
- 30) Matkovic V. Calcium metabolism and calcium requirements during skeletal modeling and consolidation of bone mass. *Am J Clin Nutr* 54: 245S-260S, 1991
- 31) Heaney RP, Saville PD, Recker RR. Calcium absorption as a function of calcium intake. *J Lab Clin Med* 85: 881-890, 1975
- 32) Paik HY. A study on mineral metabolism in Korean adult females. *Jr Sookmyung* 28: 549, 1988
- 33) Pie JE, Paik HY. The Effect of Meat Protein and Soy Protein on Calcium Metabolism in Young Adult Korean Women. *Korean J Nutrition* 9(1): 32-40, 1986