

청소년기 여자의 칼슘과 인 평형 연구*

김 선 희[§] · 최 보 영

국민대학교 자연과학대학 식품영양학과

Ca and P Balance in Korean Female Adolescents*

Kim, Sun-Hee[§] · Choi, Bo-Young

Department of Foods & Nutrition, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

ABSTRACT

Intakes and excretions of calcium and phosphorus were determined for 8 female adolescents(aged 16.3 ± 0.5 y; body mass index 20.4 ± 1.3 kg/m²; body fat 33.3 ± 2.5 %; bone mineral density of lumbar spine in L2-L4: 0.96 ± 0.08 g/cm²) when they consumed diets basal and high in calcium for 6 days each. All subjects consumed a basal Ca diet containing 800mg, Korean RDA level of the subjects, and a high Ca diet containing 1200mg, RDA plus 2 SDs of calcium intake. The diets provided 58% of energy intake as carbohydrate, 25% as fat, and 17% as protein. Food, urine, and fecal composites were collected during the last 3 days of each feeding period. Fecal excretion of calcium was significantly greater on the high Ca than on the basal Ca diet. Hence, apparent absorption rate was significantly lowered from 40.9% on the basal Ca diet to 33.1% on the high Ca diet. There was no significant difference in calcium retention between the two diet periods but it tended to be greater on the high Ca diet. However, excretions and retention of phosphorus did not show any significant difference even though intake was significantly increased from 1,253mg on the basal Ca diet to 1,583mg on the high Ca diet. The results indicate that higher calcium intake than the Korean RDA level is recommended for adolescents to meet peak bone mineral accretion and attain a desirable level of calcium retention. (*Korean J Nutrition* 34(4) : 433~439, 2001)

KEY WORDS: calcium, phosphorus, apparent absorption rate, retention, balance.

서 론

칼슘은 인체에 가장 많은 양 존재하는 무기질로서 성인 체중의 1.5~2% 정도를 차지한다. 체내 칼슘의 99%가 뼈와 치아에 존재하며, 나머지 1%는 혈액, 세포외액, 근육과 기타 조직에 분포되어 신체의 중요한 생리조절기능을 수행한다.^{1,2)} 최근에는 칼슘의 섭취 부족으로 인한 영양문제를 뼈의 성장과 유지 뿐만 아니라 뼈질환, 골다공증, 골절, 순환기계 질환, 고혈압, 동맥경화, 고지혈증, 암 등 각종 질병과 관련하여 연구하고 있다.^{3,6)} 특히 많은 연구에서 최대 골질량(peak bone mass)의 획득이 골다공증 예방의 주요 결정요인으로 알려지면서 성장기의 충분한 칼슘 섭취가 강

조되고 있다.⁷⁻⁹⁾ 칼슘의 체내 보유는 청소년기에 매우 빠르게 이루어져서 여자에서는 13세, 남자에서는 14.5세 정도에 축적속도가 최대에 이른다.¹⁰⁾

인은 체내에서 85% 정도가 칼슘과 결합하여 뼈와 치아를 구성하고 있으며, 그 나머지는 혈액과 기타 조직에 분포되어 있다. 인이 결핍되면 식욕감소, 근육약화, 무력증, 골연화증, 운동실조 등의 증세가 나타난다. 그러나 인이 거의 모든 식품에 골고루 들어있어서 정상적 식사를 하는 사람에게서 결핍증을 찾아보기 어렵다. 우리나라 성인의 칼슘과 인의 섭취비율은 1 : 1.5 정도로¹¹⁾ 칼슘보다는 인의 섭취량이 많고 최근 가공식품과 탄산음료의 소비가 증가하고 있어 오히려 인의 과잉섭취가 우려되고 있는 실정이다. 따라서 칼슘과 인의 섭취비율은 1 : 1로 권장되고 있다.

그러나 칼슘은 현재 우리나라 식생활에서 가장 결핍되기 쉬운 영양소 중의 하나이다. 1998년 국민건강영양조사¹²⁾에 의하면 13~19세의 연령별 칼슘 섭취량은 500.4mg으로 권장량의 58.7% 수준이었으며, 반면 인의 섭취량은 1138.4mg으로 권장량의 133.4%로서 충분한 양을 섭취하였다.

접수일 : 2001년 2월 16일

채택일 : 2001년 4월 2일

*This research was supported by grants for Health and Medical Technology Project from the Ministry of Health and Welfare(Project No. : HMP-98-F-4-0011).

[§]To whom correspondence should be addressed.

본 연구진의 98년도 서울시내 고등학생의 조사에서는 남자 고등학생이 594mg, 여고생이 511mg의 칼슘을 섭취하는 것으로 나타났으며 이는 권장량의 60% 정도로 매우 낮은 수준이다. 이와 같이 섭취량이 권장량에 매우 미달되기는 하지만 칼슘의 권장량 수준은 다른 나라에 비하면 낮은 편이다. 즉, 한국인 칼슘 권장량은 청소년기에 남자 900mg, 여자 800mg인데, 최근 미국은 이 시기에 남녀 모두 1300mg을 권장량으로 책정하고 있다. Matkovic과 Heaney¹³⁾는 골격 칼슘의 포화치를 이루는 섭취량은 1480mg이라고 제시하고 있어서 우리나라의 칼슘 권장량은 최대 골질량 획득에는 다소 낮은 수준으로 생각된다. 그러므로 한국 청소년의 Ca의 권장량 결정에 있어 Ca의 대사 평형 실험결과는 중요한 기초자료가 될 것이며, P의 균형연구 또한 Ca과의 섭취비율을 살펴볼 수 있는 의미있는 자료가 될 것이다. 따라서 본 연구에서는 10대 여고생을 대상으로 한국인 권장량 수준의 칼슘식사와 고칼슘식사를 제공한 후 Ca과 P의 체내보유를 비교해 보고자 하였다.

실험대상 및 방법

1. 실험설계

전 실험기간은 Fig. 1에서와 같이 2주간이었다. 실험 첫째 주에는 권장량 수준인 Ca 800mg을 포함하는 식사를 제공하였고, 실험 둘째 주에는 전년도의 조사연구에서 나타난 평균 칼슘섭취의 2 SD에 해당하는 400mg의 칼슘을 보충하여 총 1,200mg의 칼슘을 섭취하도록 식사를 제공하였다. 각 실험식이 제공 후 처음 3일간은 실험식이에 적응을 시켰으며 그 후 3일간 모든 소변과 대변을 수집하였다. 실험 둘째 주에는 실험 첫째 주와 마찬가지로 첫 3일간 1,200mg의

칼슘 보충에 적응을 시킨 후 이어서 3일간 소변과 대변을 수집하여 분석하였다.

2. 실험대상자

본 실험의 대상자는 서울 시내 한 보육원에 있는 여고생들로서 16~17세의 건강하고 특별한 약을 상용하지 않은 8명의 정상인으로 하였다. 대상자들의 신체적 특징은 Table 1에서와 같이 평균 신장은 160.5 ± 6.9cm, 평균 체중은 52.5 ± 3.8kg로 한국인 영양권장량¹⁴⁾의 16세 여자의 기준치인 신장 160.0cm와 체중 54.0kg과 비교할 때 신장은 거의 같고 체중은 기준치보다 낮았다. 신장과 체중을 근거로 하여 계산한 평균 신체질량지수는 20.4 ± 1.3kg/m²이었다. 체지방 함량은 체지방 측정계(길우 트레이딩 Co., GIF-891DX)로 측정하였는데 평균 33.3 ± 2.5%였다. 조사대상의 골밀도는 서울시내 모 방사선과에서 이중에너지 방사선 골밀도 측정기(Dual energy X-ray absorptometry, DEXA: QDR 4500, Hologic)로 측정하였으며 그 결과는 Table 2에서와 같이 요추 골밀도는 평균 0.96 ± 0.08g/cm²이었으며 대퇴경부 골밀도는 평균 0.91 ± 0.07g/cm²로 T-score는 요추의 -0.42보다 대퇴경부가 -0.77로 더 낮았다. 실험기간은 겨울방학기간이어서 학원에 가는 오전 2~3시간을 제외하고는 거의 보육원에서 조사원 3명과 함께 지내면서

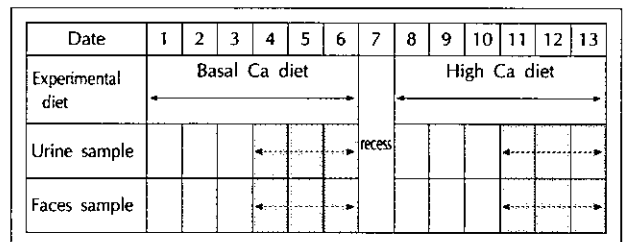


Fig. 1. Experimental design.

Table 1. Physical characteristics of the subjects

Subject	1	2	3	4	5	6	7	8	Mean ± SD
Height(cm)	160	156	173	153	162	167	160	153	160.5 ± 6.9
Weight(kg)	56	52	57	47	57	50	52	49	52.5 ± 3.8
BMI(kg/m ²)	21.9	21.4	19.1	20.1	21.7	17.9	20.3	20.9	20.4 ± 1.4
Fat(%)	34.8	35.5	36.9	32.6	28.6	34.0	32.3	31.9	33.3 ± 2.6

Table 2. Bone mineral density of the subjects

Subject	1	2	3	4	5	6	7	8	Mean ± SD	
Lumbar spine (L2-L4)	BMD(g/cm ²)	1.09	0.99	0.95	0.85	1.05	1.00	0.86	0.91	0.96 ± 0.08
	T-Score	0.09	-0.57	-0.83	-1.53	-0.19	-0.49	-1.49	-1.12	-0.42 ± 0.48
Femoral neck	BMD(g/cm ²)	0.86	0.93	0.84	0.91	0.94	1.05	0.84	0.91	0.91 ± 0.07
	T-Score	-0.76	-0.25	-0.91	-0.44	-0.20	0.55	-0.92	-0.40	-0.77 ± 0.59
Trochanter	BMD(g/cm ²)	0.69	0.67	0.61	0.64	0.79	0.76	0.66	0.70	0.69 ± 0.06
Ward's triangle	BMD(g/cm ²)	0.79	0.72	0.69	0.78	0.83	0.80	0.74	0.87	0.78 ± 0.05

생활하였다.

3. 실험식이

실험식사는 실험대상자들이 평상시에 보육원에서 섭취하는 식사를 기준으로 하였으며 그 전날 식단을 미리 받아서 권장량이 제시되어 있는 모든 영양소 함량을 분석하여 권장량이 공급되도록 음식을 보충하였다. 예를 들어, 철분이 부족하면 순대나 깻잎을 제공하는 등으로 조정하였으며, 칼슘은 주로 우유나 유제품을 이용하여 섭취하도록 하였다. 실험대상자들은 되도록 제공한 일정량을 모두 섭취하도록 하였다. 실험식사의 성분 분석치는 Table 3과 같다. 실험기간 중 첫째 주에는 영양 권장량수준인 800mg의 칼슘을 포함하는 식이를 제공하였고 둘째 주에는 고칼슘식으로 칼슘은 1200mg 수준으로 하였다. 다른 영양소들의 섭취량은 첫째 주와 비슷한 권장량 수준으로 제공하였다.

실험 대상자에게 정해진 식단에 의해 일정한 분량의 음식을 계량하여 주었으며 되도록 그 양만을 섭취하도록 하였다. 이들이 더 먹고자 할 때는 다시 음식을 계량하여 제공하였고, 남긴 음식은 그 양을 계량하여 실제 섭취량을 산출하였다.

4. 시료 수집 및 분석

1) 소 변

각 실험기간의 4일째 되는 날부터 24시간(각 날의 오전 6시부터 다음날 오전 6시 이전까지) 소변을 polyethylene 채뇨 용기를 사용하여 3일간 수집하였다. 수집한 24시간 뇨는 mass cylinder로 총량을 측정된 후 잘 섞어 상층액 일부는 버리고 100ml씩 취하여 냉장고에 보관하였다. 이와 같은 방법으로 3일간 매일 뇨를 수집하여 칼슘은 인화제약의 OCPC법¹⁵⁾에 의한 칼슘 측정용 시약을 사용하여 흡광도 575nm에서 정량하였으며, 인은 인화제약의 인몰리브덴산 색소법¹⁵⁾에 의한 무기인 측정용 시약을 사용하여 흡광도 650nm에서 Spectrophotometer(Milton-Roy Co.)로 정량하였다.

Table 3. The composition of the experimental diets

Nutrient	Normal Ca diet	High Ca diet
Energy(kcal)	2117	2220
Carbohydrate(g)	308	321
Lipid(g)	57.8	62.5
Protein(g)	49.7	52.1
Calcium(mg)	782	1199
Phosphate(mg)	1253	1583

2) 대 변

각 실험기간 중 최종 3일간의 대변을 수집하였다. 수거한 대변은 매일 총 배설량을 정확히 측정된 후 잘 주물러 혼합하여 균질화시킨 후 그 일부를 취하여 냉동고에 보관하였다. 보관한 매일의 대변은 105℃에서 건조시킨 후 분말로 만들어 분석에 사용하였다. 건조 분말화된 변 시료 중 1g을 택해서 건식회화법¹⁶⁾에 의해 500~600℃에서 향량이 될 때까지 5시간 정도 회화시킨 후 회분을 염산(1 : 3, 진한 염산 : 증류수)에 15시간 용해시킨 다음 Whatman filter paper # 2로 여과하였다. 이를 일정량으로 회석하여 소변과 마찬가지로 칼슘은 인화제약의 OCPC법에 의한 칼슘 측정용 시약을 사용하여 흡광도 575nm에서 정량하였으며, 인은 인화제약의 인몰리브덴산 색소법에 의한 무기인 측정용 시약을 사용하여 흡광도 650nm에서 Spectrophotometer(Milton-Roy Co.)로 정량하였다.

3) 실험식이

각 실험기간 중 뇨와 변을 수거하는 3일간 실험대상자에게 제공하여 그들이 섭취한 식사를 각 음식별로 전체량을 은박접시에 얇게 펴서 105℃에서 건조시켜 분말로 만들었다. 그 일부를 취해 건식회화법에 의해 500~600℃에서 향량이 될 때까지 회화시킨 후 회분을 염산(1 : 3, 진한 염산 : 증류수)에 용해시켜서 성분분석에 사용하였다. 칼슘과 인은 대변과 같은 방법으로 분석하였고 단백질은 microkjeldahl법¹⁶⁾으로, 지방은 soxhlet 추출법¹⁶⁾으로 측정하였다. 열량은 한국영양학회의 식품성분표를 참고로 하여 산출하였으며, 탄수화물 함량은 계산된 열량가에서 분석한 단백질과 지방량을 감하여 산출하였다.

5. 자료의 통계처리

실험대상자 각 개인의 하루 중 섭취한 Ca과 P 함량과 뇨와 변을 통한 배설량을 측정하여 칼슘과 인의 흡수율과 체내 보유량을 계산하였다. 칼슘과 인의 흡수율과 보유량은 다음과 같은 공식에 의거하여 산출하였다.

Apparent Ca absorption(%)

$$= [(Ca \text{ intake} - \text{fecal Ca}) / Ca \text{ intake}] \times 100$$

Apparent P absorption(%)

$$= [(P \text{ intake} - \text{fecal P}) / P \text{ intake}] \times 100$$

Ca retention

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

P retention

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

본 실험의 모든 자료는 SPSS package를 이용하여 각 실험군의 평균치와 표준편차를 구하였고, 평균치간의 유의성은 paired t-test¹⁷⁾에 의해 $p < 0.05$ 와 $p < 0.01$ 수준에서 검증하였다.

실험결과 및 고찰

1. 칼슘 평형

일상식사에 권장량 수준의 칼슘 800mg을 공급한 정상 식사 및 칼슘 400mg을 더 보충하여 칼슘 1200mg을 공급한 고칼슘식사를 섭취하였을 때 각 실험대상자의 대변과 소변 중의 칼슘 배설량, 칼슘 보유량, 그리고 칼슘 흡수율은 Table 4와 같다.

대변을 통한 칼슘 배설량은 실험대상자 간에 차이를 보이지 않았으나 평균적으로 정상식사를 섭취하였을 때 하루에 평균 462mg이었는데, 고칼슘식사를 섭취하였을 때 802.4mg으로 유의하게 증가하였다($p < 0.05$). 식사를 통한 섭취량에서 변을 통한 배설량을 제외한 칼슘 흡수율은 정상식사를 섭취하였을 때 40.9%였던 것이 1200mg의 칼슘을 보충하였을 때 33.1%로 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 칼슘 흡수율은 영아기에 인생에서 가장 높아 약 60%이고,¹⁸⁾ 학령기 아동기에 28%, 급성장이 이루어지는 사춘기에 34%,¹⁹⁾ 성인기에는 25% 정도로 감소하는데²⁰⁾ 연

령증가와 함께 점차적으로 감소한다고 알려져 있다. 그러므로 본 연구에서 청소년기 여성의 외견적 흡수율이 33~40%로 칼슘 섭취량에 따라 달라짐은 일반적인 다른 연구에서의 흡수율과 비슷함을 알 수 있다.

소변 중 칼슘 배설량은 정상식사시에 평균 147.6mg으로 섭취량의 18.9%이었고 고칼슘식사시에는 평균 175.4mg으로 섭취량의 14.6%로 유의적 차이는 없었다. 우리나라 20~50대 성인 여성의 소변 중 칼슘 배설량이 하루 160~180mg이었던 결과²¹⁾와 비교해 보면 비슷한 수준이었다. 이는 칼슘 섭취량이 소변 중 칼슘 배설량에 영향을 미치지 않았다는 Matkovic²²⁾의 연구 결과와 유사하였다.

체내 보유량은 정상식사시에 평균 172.6mg이었고 고칼슘식사에서 평균 220.8mg로 칼슘 섭취가 증가하면 체내 보유량도 증가하는 경향이었으나 통계적으로 유의하지는 않았다. Martin 등¹⁰⁾은 청소년기 여성의 1일 평균 칼슘보유량은 212mg, 남자는 282mg이라고 제시하였는데 본 연구에서 고칼슘식사시의 칼슘보유량은 이에 매우 근접한 수준임을 알 수 있었다. 개인별 보유량을 Fig. 2에서 보면, 실험대상자 8명 중 7명은 고칼슘식사 섭취시에 보유량이 증가하였다. 청소년기 여자에게 935mg과 1370mg의 칼슘을 18개월 간 섭취시키고 골밀도를 측정하였더니 고칼슘 섭취에서 요추 골밀도가 더 증가하였고,²³⁾ 11세 여자에게 1437mg의 칼슘을 1년간 보충하였더니 728mg을 섭취한 대조군에 비해

Table 4. Calcium balance and apparent absorption ratio measured during the basal and high Ca diet periods

Period	Subject	Ca intake (mg/day)	Ca excretion(mg/day)		Ca retention (mg/day)	Apparent absorption(%)
			Fecal Ca	Urinary Ca		
Normal Ca diet	1	706.6	461.5	176.9	68.2	34.7
	2	801.2	389.2	164.1	247.9	51.4
	3	776.4	379.8	152.1	244.5	51.1
	4	813.8	413.5	146.6	253.7	49.2
	5	796.7	638.4	128.1	30.2	19.9
	6	772.6	388.5	190.0	194.1	49.7
	7	827.0	608.6	123.0	95.4	26.4
	8	765.1	418.0	100.0	246.8	45.3
	Mean ± SD	782.4 ± 37.2	462.2 ± 103.1	147.6 ± 29.8	172.6 ± 93.0	40.9 ± 12.4
High Ca diet	1	1215.2	797.1	174.6	243.5	34.4
	2	1160.4	841.7	168.1	150.6	27.5
	3	1161.5	706.1	141.7	313.7	39.2
	4	1195.7	727.0	161.8	306.9	39.2
	5	1228.7	940.1	218.1	70.5	23.5
	6	1180.8	720.7	238.4	221.7	39.0
	7	1222.9	925.1	160.3	137.5	24.4
	8	1222.9	761.3	139.8	321.8	37.7
	Mean ± SD	1198.5 ± 28.1*	802.4 ± 91.7*	175.4 ± 35.2	220.8 ± 93.5	33.1 ± 6.9*

* : $p < 0.05$, significantly different from the basal diet by the paired t-test

요추 골밀도가 유의적으로 더 높았다고 한다.²⁴⁾ 이와 같이 칼슘의 1년 내지 1년 6개월간의 장기간 보충은 체내 칼슘 보유량을 증가시켜서 골밀도를 향상시킬 것이라고 짐작된다. 그러나 본 연구에서는 매우 단기간의 고칼슘식이의 섭취이므로 체내 보유량에는 유의적 영향이 관찰되지 않는 것으로 생각된다.

본 실험에서 조사대상이 8명으로 적었고 조사대상간의



Fig. 2. Difference of Ca & P retention between basal and high calcium diet periods.

신장과 체중이 차이가 많았으므로 이 연령층에 일반적으로 적용하기에는 제한점이 있으므로 더 많은 연구가 필요하다고 본다.

2. 인 평형

권장량 수준의 칼슘 800mg을 공급한 평상식사 및 칼슘 1200mg을 공급한 보충식사를 섭취하였을 때 대변과 소변 중의 인 배설량, 인 보유량 그리고 인 흡수율은 Table 4와 같다.

인 섭취량은 평상식사와 고칼슘식사 섭취시 각각 1253mg, 1583mg이었으며 Ca/P의 비율은 0.62와 0.76이었다. 칼슘의 보충섭취시 대변을 통한 인의 배설량은 평균 349.6mg에서 528.7mg으로 증가하였으나 섭취량의 증가로 인하여 외견적 흡수율은 71.9%에서 66.7%로 다소 감소하는 경향을 보였으며 대변을 통한 배설량과 흡수율 모두 유의적 차이는 아니었다. 일상적 혼합식사를 섭취 시에 인의 흡수율은 성인에게서 55~70% 정도, 어린이의 경우에는 65~90% 정도라고 한다.²⁵⁻²⁷⁾ 본 연구에서의 흡수율은 이와 같이 다른 연구결과의 범위 내에 있음을 알 수 있다. 인의 흡수량은 칼슘과 달리 인의 식이 섭취량에 별다른 영향을 받지 않으며 식사 내 다른 성분에 의해서도 큰 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있다.

소변 중 인 배설량은 평상식사에서 414.6mg이었으며 고칼슘식사에서 423.7mg으로 비슷하였다. 변을 통한 배설량

Table 5. Phosphorus balance and apparent absorption ratio measured during the basal and high Ca diet periods

Period	Subject	P intake (mg/day)	P excretion(mg/day)		P retention (mg/day)	Apparent absorption(%)
			Fecal P	Urinary P		
Normal Ca diet	1	1239.8	340.5	388.2	511.1	72.5
	2	1232.6	344.2	400.7	487.7	72.1
	3	1233.2	371.1	454.9	407.2	69.9
	4	1331.4	276.2	343.1	712.1	79.3
	5	1305.3	357.6	485.3	462.4	72.6
	6	1093.4	369.5	363.5	360.4	66.2
	7	1312.0	401.0	449.1	461.9	69.4
	8	1274.0	337.0	432.3	504.7	73.5
	Mean ± SD	1252.7 ± 74.9	349.6 ± 36.3	414.6 ± 48.9	488.4 ± 103.6	71.9 ± 3.8
High Ca diet	1	1609.5	392.1	389.5	827.9	75.6
	2	1506.9	402.7	398.5	705.7	73.3
	3	1552.7	684.6	345.7	522.4	55.9
	4	1620.9	357.3	528.2	735.4	78.0
	5	1614.7	754.3	491.5	368.9	53.3
	6	1517.2	434.7	420.3	662.2	71.3
	7	1620.9	499.9	380.3	740.7	69.2
	8	1620.9	704.0	435.8	481.1	56.6
	Mean ± SD	1583.0 ± 49.4*	528.7 ± 160.1	423.7 ± 60.7	630.5 ± 156.4	66.7 ± 9.8

* : p < 0.05, significantly different from the basal diet by the paired t-test

과 마찬가지로 뇨를 통한 배설량도, Ca/P의 비율이 0.62에서 0.76으로 증가하였으나 Ca와 P의 섭취량이 고칼슘식사에서 증가하였으므로 유의성은 없으나, 다소 증가하는 경향을 보였다. 즉, Ca과 P 평형 대사에서 Ca/P 비율은 0.62와 0.76의 적은 범위의 차이에서는 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

인의 체내 보유량은 평상식사에서 488.4mg, 고칼슘식사에서 630.5mg으로 고칼슘식사의 섭취에 의해 다소 증가하는 경향을 보였으나 유의한 차이는 없었다. 청소년기 백인을 대상으로 한 종단적 연구²⁰⁾에서 청소년기의 연간 체중증가량을 5kg으로 보면 무기방산체질량의 증가량은 남자 3.97kg, 여자 3.75kg으로 가정되고 1일 인 축적량은 남자 192mg, 여자 149mg이 된다고 제시하였다. 인의 평형에 관한 다른 연구에서 보면, 12.5~14.5세의 여자 14명을 대상으로 820mg의 인을 섭취시켰을 때 82 ± 124 mg의 인이 축적되었다고 하며,²⁰⁾ 925mg³⁰⁾과 1000mg³¹⁾의 인 섭취에서 양의 균형을 나타내었다고 한다. 그러므로 본 연구에서 인의 섭취가 평상식사에서 1253mg이고 고칼슘식사에서 1583mg이었으므로 이 정도의 인 섭취 수준에서는 양의 평형을 나타냄을 알 수 있었다.

결 론

건강한 여고생 8명에게 칼슘을 권장량 수준인 800mg 함유한 평상식사와 1200mg 함유한 고칼슘식사를 각각 1주간 제공하고 칼슘과 인의 뇨와 변을 통한 배설량과 체내 보유량을 측정하여 칼슘과 인의 평형을 분석하였다.

칼슘 평형을 보면, 고칼슘식사를 섭취하였을 때 대변을 통한 칼슘 배설량은 유의하게 증가하였으며 따라서 외견적 흡수율은 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 그러나 소변을 통한 칼슘 배설량은 변화되지 않았다. 칼슘의 배설량이 증가하였으나 섭취량이 400mg 정도 증가하였으므로 실험대상자 8명 중 7명에게서 칼슘의 보유량이 증가하였다. 칼슘의 체내 보유량은 평상식사의 172.6mg에서 고칼슘식사의 220.8mg으로 평균 40mg 정도 증가하였다.

인의 평형을 보면, 평상식사와 고칼슘식사시에 인의 섭취량이 1253mg와 1583mg이었는데 변을 통한 배설량은 증가하였고 흡수율은 감소하였으나 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 그리고 체내 인 보유량은 고칼슘식사에서 다소 증가하는 경향이었으나 유의적 차이는 없었다.

즉, 1200mg의 칼슘섭취 수준으로 칼슘을 보충하였을 때 칼슘의 체내보유가 증가함을 알 수 있었으므로 급성장기에

있는 청소년의 골격건강을 증진하기 위해서는 이 시기에 칼슘 섭취를 충분히 하여 최대 골질량을 획득할 수 있도록 해야 할 필요가 있다고 본다.

Literature cited

- 1) Wardlaw GM, Insel PM. Perspectives in Nutrition. 2nd ed., pp435-439, Mosby-Year Book, Inc., 1993
- 2) Bronner F, Stein WD. Calcium nutrition and osteoporosis. In: Bronner F. ed. Nutrition and Health: Topics and Controversies, pp113-137, CRC Press Inc., 1995
- 3) Lawrence MR. Dietary calcium and hypertension. *J Nutr* 117: 1806-1808, 1987
- 4) Allen LH, Wood RJ. Calcium and phosphorus. In: Shils ME, Olson JA, Shike M. eds. Modern Nutrition in Health & Disease. 8th ed., pp 155-163, Lea & Febiger, 1994
- 5) Johnson NE, Smith EL, Freudenheim JL. Effect on blood pressure of calcium supplementation of women. *Am J Clin Nutr* 42: 12-17, 1985
- 6) Kreumer WM, Hardonk MJ, de Vries EG. Epithelial cell proliferation in the sigmoid colon of patients with adenomatous polyps increases during oral calcium supplementation. *Br J Cancer* 67: 500-503, 1993
- 7) Angus RM, Sambrook PN, Pocock NA, Eisman JA. Dietary intake and bone mineral density. *Bone Miner* 4: 265-277, 1988
- 8) Kleibeuker JH, Welberg JW, Mulder NH, van der Meer R, Cats A, Limberg AJ, Lloyd T, Andon MB, Rollings N, Martel JK, Landis R, Demers LM, Eggh DF, Lieselhorst K, Kalin HE. Calcium supplementation and bone mineral density I adolescent girls. *J Am Med Assoc* 270: 841-844, 1993
- 9) Cummings SR, Nevitt MC, Browner WS, Stone K, Fox KM, Ensrud KE, Cauley J, Black D, Vogt TM. Risk factors for hip fracture in white women: study of Osteoporotic Fractures Research Group. *N Engl J Med* 332: 762-773, 1995
- 10) Martin AD, Bailey DA, McKay HA. Bone mineral and calcium accretion during puberty. *Am J Clin Nutr* 66: 611-615, 1997
- 11) Sung CJ, Choi MK, Jo JH, Lee JY. Relationship among dietary intake, blood level and urinary excretion of minerals and blood pressure in Korean rural adult men and women. *Kor J Nutr* 26: 89-97, 1993
- 12) Ministry of Health and Welfare. National Report of Health & Nutrition Survey, 1999
- 13) Matkovic V, Heaney RP. Calcium balance during human growth: Evidence for threshold behavior. *Am J Clin Nutr* 55: 992-996, 1992
- 14) The Korean Nutrition Society. Recommended Dietary Allowances for Koreans. 7th Revision, 2000. Kor Nutr Soc 2000
- 15) Banner JD. Clinical laboratory methods. CV Mosby company, 1982
- 16) A.O.A.C. Official methods of analysis 15th ed., Washington DC, 1990
- 17) Steel RGD, Torid JH. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Co, New York, 1980
- 18) Fomon SJ, Nelson SE. Calcium, phosphorus, magnesium, and sulfur. In: Fomon SJ. ed. Nutrition of Normal Infants, pp192-216, St. Louis: Mosby-Year Book, Inc., 1993
- 19) Abrahams SA, Grusak MA, Stuff J, O'Brien KO. Calcium and magnesium balance in 9- to 14-year-old children. *Am J Clin Nutr* 66: 1172-1177, 1997b
- 20) Heaney RP, Recker RR, Stegman MR, Moy AJ. Calcium absorption in women: relationships to calcium intake, estrogen status, and age. *J Bone Miner Res* 4: 469-475, 1989
- 21) Cho JH, Paik HY. A comparative study on urinary Ca excretion in young and middle aged Korean women. *Kor J Nutr* 25: 132-139, 1992

- 22) Matkovic V. Calcium metabolism and calcium requirements during skeletal modeling and consolidation of bone mass. *Am J Clin Nutr* 54: 245S-60S, 1991
- 23) Lloyd T, Andon MB, Rollings N, Martel JK, Landis R, Demers LM, Egli DF, Kieselhorst K, Kkalin HE. Calcium supplementation and bone mineral density in adolescent girls. *J Am Med Assoc* 270 : 841-844, 1993
- 24) Chan GM, Hoffman K, McMarry M. Effects of dairy products on bone and body composition in pubertal girls. *J Pediatr* 126: 551-556, 1995
- 25) Nordin BEC. Phosphorus. *J Food Nutr* 45: 62-75, 1989
- 26) Wilkinson R. Absorption of calcium, phosphorus, and magnesium. In: Nordin BEC. ed. *Calcium, Phosphate and Magnesium Metabolism*, pp36-112, Edinburgh: churchill Livingstone, 1976
- 27) Ziegler EE, Fomon SJ. Lactose enhances mineral absorption in infancy. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2: 228-294, 1983
- 28) Martin AD, Bailey DA, McKay HA. Bone mineral and calcium accretion during puberty. *Am J Clin Nutr* 66: 611-615, 1997
- 29) Gregor JL, Baligar P, Abernathy RP, Bennett OA, Peterson T. Calcium, magnesium, phosphorus, copper, and manganese balance in adolescent females. *Am J Clin Nutr* 31: 117-121, 1978
- 30) Gregor JL, Huffman J, Abernathy RP, Bennett OA, Resnick SE. Phosphorus and magnesium balance of adolescent females fed two levels of zinc. *J Food Sci* 44: 1765-1767, 1979
- 31) Lutwak I, Laster L, Gitelman HJ, Fox M, Whedon GD. Effects of high dietary calcium and phosphorus on calcium, phosphorus, nitrogen and fat metabolism in children. *Am J Clin Nutr* 14: 76-82, 1964