

## 청소년기 여자에서 고칼슘 섭취가 아연과 구리 평형에 미치는 영향

최보영 · 남혜경 · 황용주 · 김선희<sup>†</sup>

국민대학교 식품영양학과

### Effect of High Calcium Diet on the Zinc and Copper Balance in Korean Female Adolescents

Bo-Young Choi, Hye-Kyoung Nam, Young-Joo Hwang and Sun-Hee Kim<sup>†</sup>

Dept. of Foods and Nutrition, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

#### Abstract

Intakes and excretions of zinc and copper were determined for 8 female adolescents (aged  $16.4 \pm 0.5$  y; body mass index  $20.4 \pm 1.3$  kg/m<sup>2</sup>; body fat  $33.3 \pm 2.5\%$ ; bone mineral density of lumbar spine in L2-L4;  $0.96 \pm 0.08$  g/cm<sup>2</sup>) when they consumed diets basal and high in calcium for 6 days each. All subjects consumed a basal Ca diet containing 800 mg, Korean RDA level of the subjects, and a high Ca diet containing 1200 mg, 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 samples were collected during the last 3 days of each feeding period and were assayed. Mean daily intakes on the basal and high calcium diets, respectively, were 6.57 and 6.37 mg for zinc and 910 and 812 µg for copper. Fecal excretion of copper and zinc in relation to intake was significantly greater on the high calcium than on the basal calcium diet. Hence, apparent absorption rate was significantly lowered from 98.7% on the basal calcium diet to 97.9% on the high calcium diet for zinc and from 66.3% to 56.4% for copper, respectively. Urinary loss of copper was not detectable but that of zinc was 0.38 mg on the basal diet and 0.47 mg on the high calcium diet. Copper retention was  $899 \pm 105$  µg/day on the basal calcium diet and  $792 \pm 20.8$  µg/day on the high calcium diet, and zinc retention was  $3.95 \pm 0.91$  mg/day and  $3.11 \pm 0.89$  mg/day. Thus, copper and zinc retention was significantly decreased on the high calcium diet ( $p < 0.05$ ). Summarizing the results, apparent absorption and retention of zinc and copper were significantly decreased by calcium supplementation. Therefore, it is suggested that interactions among minerals should be considered in determining RDA.

**Key words:** zinc, copper, apparent absorption rate, retention, balance

#### 서론

아연은 동물의 성장과 발달에 필수적인 영양소이며 정상적인 식사를 하는 경우에는 결핍증이 쉽게 일어나지 않는다. 그러나 아연은 동물성 식품에 많이 들어 있으므로 동물성 식품을 거의 섭취하지 않고 곡류를 주로 섭취하는 경우에는 성장기 아동에게서 결핍증이 생길 수 있다. 아연이 결핍된 어린이의 경우 혈장 및 머리카락의 아연이 낮아지고 성장부진이나 미각의 손상, 식욕부진 등의 증세가 나타난다(1). 한국인의 아연 섭취량은 성인의 경우에 있어 1일 평균 5~9 mg 정도로서 연령, 성별, 지역별 차이가 다소 있기는 하나 서구인에 비해 상당히 낮은 편이다(2-7). WHO보고서(8)에 의하면 사춘기 남자는 9.3~13.1 mg, 여자는 8.4~10.3 mg이 섭취기준량으로 제시되고 있으며 우리나라에서는 성인과 동일하게 남자 12 mg, 여자 10 mg을 권장량으로 책정하고 있다.

구리는 체내에서 효소의 보조인자나 단백질의 구성분으로

존재하는 중요한 미량원소이다. 구리 원자를 갖는 당단백질로서 ceruloplasmin은 Fe<sup>+2</sup>를 Fe<sup>+3</sup>으로 산화시키는 작용을 하고 저장된 철분과 장관내의 철분을 헤모글로빈 생성 장소로 운반하는 역할을 하므로 구리가 부족되면 철분의 이용률이 감소되고 적혈구 합성이 저하되어 빈혈이 발생된다(9). 구리는 또한 미토콘드리아 내 전자전달계의 마지막 과정에서 cytochrome C oxidase의 보조인자로 작용하여 ATP 생성에 관여하고 있다. 한편 구리는 결합조직을 구성하는 collagen과 elastin의 교차 결합에 필요한 lysyl oxidase를 활성화시키므로 골격형성과 심장순환계의 결합조직을 정상으로 유지하는 데에도 기여하고 있다. 구리는 단독으로 또는 아연과 함께 superoxide dismutase(SOD)에 결합되어 세포의 산화적 손상을 방지하는 역할도 한다(10). 한국인 구리 섭취량에 대한 조사보고를 보면 농촌 여성의 경우 1일 1.7~2.1 mg(2,6), 농촌 성인 남녀의 경우 2.23~3.41 mg(11,12), 여대생의 경우 1.44 mg(13)로 다양하게 나타났다. 또한 수유부의 경우 1.02 mg

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: shkim@kookmin.ac.kr  
Phone: 82-2-910-4773. Fax: 82-2-911-4771

로 보고되었다(14). 미국은 안전하고 적절한 구리 섭취 범위로서 성인의 경우 1일 1.5~3.0 mg을 제시하였다(15). 우리나라는 한국인을 대상으로 한 구리 섭취 및 영양상태에 관한 자료의 부족으로 권장량을 설정하기 어렵지만 성인의 1일 안전하고 적절한 구리 섭취범위를 1.5~3.0 mg으로 책정하였다(16).

칼슘 보충은 장내강에서의 아연 손실을 증가시켜 결국 아연 흡수가 감소되게 한다는 연구결과(17)와 함께 Johnson(18)의 연구에서도 하루 2000 mg의 고칼슘을 임신부에게 공급하였을 때 임신으로 인한 혈 중 납 농도 증가를 방지하였다는 결과가 나왔다. 이것은 칼슘의 다량 섭취가 장에서 납의 흡수를 감소시키거나, 또는 모체에서 뼈의 재흡수를 감소시켜서 결과적으로 납의 방출을 감소시키는 기전일 것이다. 따라서 모체의 혈 중 납 농도의 감소는 태반을 통한 태아로의 이동을 감소시켜 태아의 납 축적을 제한하게 된다. 이와 같이 칼슘의 다량섭취는 미량원소들의 대사에 영향을 미침을 알 수 있다. 한국인 칼슘의 권장량은 미국인에 비해 낮은 수준인데, 한국인 영양권장량 7차 개정에서 보면 골격건강을 위해서는 100 mg 이상의 충분한 양의 칼슘을 섭취하도록 권장함이 좋으나 현재 한국인의 칼슘섭취 수준이 권장량에 매우 미달하므로 7차 개정에서도 기존의 권장량을 책정한다고 하였다(16).

그러므로 본 연구에서는 최대 골질량 획득이 중요한 10대 여고생을 대상으로 한국인 권장량 수준인 800 mg의 칼슘을 함유한 식사와 미국인 권장량 수준이면서 전년도의 동일한 연령을 대상으로 한 조사연구에서 나타난 칼슘섭취의 2SD 수준을 더한 1200 mg의 칼슘을 포함한 식사를 제공하고 이때 두 종류의 식사에 함유된 Zn와 Cu의 함량을 측정 한 후 Zn와 Cu의 체내 대사 평형을 비교해 보고자 하였다.

연구방법

실험대상 및 방법

전 실험기간은 Fig. 1에서와 같이 2주간으로 실험 첫째 주에는 한국인 권장량인 800 mg 수준으로 칼슘을 포함한 식사를 제공하였고, 실험 둘째 주에는 1200 mg의 칼슘을 포함한

고칼슘식사를 섭취시켰다. 이때 두 식사에 함유된 아연과 구리는 첫째 주에는 각각 6.57 mg, 910 µg이었고 둘째 주에는 각각 6.37 mg, 812 µg이었다. 각 실험식이 제공 후 처음 3일간은 800 mg의 칼슘식사를 제공하고 실험 식이에 적응을 시켰으며 그 후 3일간 매일 실험대상의 모든 소변과 대변을 수집하였다. 실험 둘째 주에는 첫째 주와 같이 첫 3일간 1200 mg의 칼슘보충식사를 제공하여 적응시킨 후 이어서 3일간 소변과 대변을 수집하였다.

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±6.9 cm, 평균 체중은 52.5±3.8 kg로 한국인 영양권장량(16)의 16세 여자의 기준치인 신장 160.0 cm와 체중 54.0 kg과 비교할 때 신장은 거의 같고 체중은 기준치보다 낮았다. 신장과 체중을 근거로 하여 계산한 평균 신체 질량지수는 20.4±1.3 kg/m<sup>2</sup>이었다. 체지방 함량은 체지방 측정계(길우 트레이딩 Co., GIF-891DX)로 측정하였는데 평균 33.3±2.5%였다. 조사대상의 골밀도는 서울 시내 모 방사선과에서 이중에너지 방사선 골밀도 측정기(Dual energy X-ray absorptiometry, DEXA: QDR 4500, Hologic)로 측정하였으며 그 결과는 Table 2에서와 같이 요추 골밀도는 평균 0.96±0.08 g/cm<sup>2</sup>이었으며 대퇴경부 골밀도는 평균 0.91±0.07 g/cm<sup>2</sup>로 T-score는 요추의 -0.42보다 대퇴경부가 -0.77로 더 낮았다. 실험기간은 겨울방학기간이어서 학원에 가는 오전 2~3시간을 제외하고는 거의 보육원에서 조사원 3명과 함께 지내면서 생활하였다.

실험식사

실험식은 실험대상자들이 평상시에 보육원에서 섭취하는 식사를 기준으로 하였으며 그 전날 식단을 미리 받아서 권장량이 제시되어있는 모든 영양소 함량을 CAN-PRO 영양평가용 프로그램(한국영양학회 부설 영양정보센터)으로 분석하여 권장량이 공급되도록 음식을 보충하였다. 예를 들어, 실험 1일째의 식단을 보면 아침에 어묵국, 김치볶음, 멸치

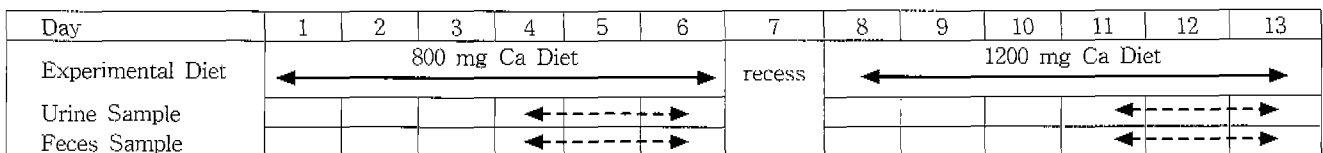


Fig. 1. Experimental design.

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 <sup>2</sup> )	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 <sup>2</sup> )	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 <sup>2</sup> )	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 <sup>2</sup> )	0.69	0.67	0.61	0.64	0.79	0.76	0.66	0.70	0.69±0.06
	T-Score	0.79	0.72	0.69	0.78	0.83	0.80	0.74	0.87	0.78±0.05

볶음, 오징어튀김, 쌀밥, 점심에 닭찜, 오징어채볶음, 샐러드, 배추김치, 쌀밥, 그리고 저녁에 참치김치찌개, 계란말이, 김구이, 배추김치, 멸치볶음, 쌀밥으로 준비가 되었는데 철분과 칼슘이 부족한 것으로 평가되었으므로 간식으로 순대와 요구르트, 사과를 제공하여 권장량 수준을 섭취할 수 있도록 조정하였다. 칼슘보충식을 하는 2주째에는 주로 우유와 치즈 크래커, 치즈케익 등 유제품을 이용하여 간식으로 칼슘을 보충하였다. 실험대상자들은 되도록 제공한 일정량을 모두 섭취하도록 하였다. 실험식이의 성분 분석치는 Table 3과 같다. 실험기간 중 첫째 주에는 영양 권장량수준인 800 mg의 칼슘을 포함하는 식사를 제공하였고 둘째 주에는 고칼슘식으로 칼슘은 1200 mg 수준으로 하였다. 다른 영양소들의 섭취량은 첫째 주와 비슷한 권장량 수준으로 제공하였다.

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

#### 시료 수집 및 분석

**소변 :** 각 실험기간의 4일째 되는 날부터 24시간(각 날의 오전 6시부터 다음날 오전 6시 이전까지) 소변을 polyethylene 채뇨 용기를 사용하여 3일간 수집하였다. 수집한 24시간뇨는 mass cylinder로 총량을 측정 후 잘 섞어 상층액 일부는 버리고 100 mL씩 취하여 냉장고에 보관하였다. 이와 같은 방법으로 3일간 매일 뇨를 수집하여 Zn은 Atomic Absorptiometry(GBC903, INSTEK)에 의해 wave length 213.9 nm에서 측정하였고 Cu는 324.7 nm에서 측정하였다.

**대변 :** 각 실험기간 중 최종 3일간의 대변을 수집하였다. 수집한 대변은 매일 총 배설량을 정확히 측정한 후 잘 주물러 혼합하여 균질화시켰으며 그 일부를 취하여 냉동고에 보관하였다. 보관한 매일의 대변은 105°C에서 건조시킨 후 분말로 만들어 분석에 사용하였다. 건조 분말화된 변 시료 중 1 g

을 택해서 건식회화법(19)에 의해 500~600°C에서 항량이 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 같은 방법으로 정량하였다.

**실험식사 :** 각 실험기간 중 뇨와 변을 수거하는 3일간 섭취한 식사를 각 음식별로 1인분씩 은박접시에 얇게 펴서 105°C에서 건조시켜 분말로 만든 후 다시 그 일부를 취해 건식회화법에 의해 500~600°C에서 항량이 될 때까지 회화시킨 후 회분을 염산(1:3, 진한 염산:증류수)에 용해시킨 다음 일정량으로 회석하여 소변과 같은 방법으로 정량하였다. 음식별 단백질 함량은 microkjeldahl법(19)으로, 지방량은 soxhlet 추출법(19)으로 측정하였다. 또한 Zn은 Atomic Absorptiometry에 의해 wave length 213.9 nm에서 측정하였고 Cu는 324.7 nm에서 측정하였다.

#### 자료의 통계처리

실험대상자 각 개인의 하루 중 섭취한 Zn과 Cu 함량, 뇨와 변을 통한 배설량을 측정하여 아연과 구리의 흡수율과 체내 보유량을 계산하였다. 아연과 구리의 흡수율과 보유량은 다음과 같은 공식에 의거하여 산출하였다.

$$\text{Apparent Zn absorption(\%)} = [(\text{Zn intake} - \text{fecal Zn}) / \text{Zn intake}] \times 100$$

$$\text{Apparent Cu absorption(\%)} = [(\text{Cu intake} - \text{fecal Cu}) / \text{Cu intake}] \times 100$$

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

$$\text{Cu retention} = \text{Cu intake} - \text{fecal Cu}$$

본 실험의 모든 자료는 SPSS package를 이용하여 각 실험군의 평균치와 표준편차를 구하였고, 평균치간의 유의성은 paired t-test(20)에 의해 p<0.05 수준에서 검증하였다.

## 결과 및 고찰

#### 아연 평형

Table 4에서 보면 아연 섭취량은 실험기간에 각각 6.57 mg, 6.37 mg이었다. 이는 서울지역 여대생의 아연섭취량이 1일 평균 6.7 mg으로 조사된 Kim 등(3)의 연구결과와 비슷한 수준이었으나 권장량인 10 mg의 63.7~65.7% 수준으로 적은 양이었다.

대변을 통한 아연 배설량은 정상칼슘식사에서 2.24 mg이

Table 3. The composition of the experimental diets

Nutrient	Basal 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)	800	1200
Zinc (mg)	6.57	6.37
Copper (µg)	910	812

Table 4. Zinc balance and apparent absorption rate measured in the basal and high Ca diet

Diet	Subject	Zn intake (mg/day)	Zn excretion (mg/day)		Zn retention (mg/day)	Apparent absorption (%)
			Fecal Zn	Urinary Zn		
Basal Ca diet	1	5.70	2.07	0.44	3.19	63.7
	2	6.74	2.15	0.27	4.32	68.1
	3	6.43	1.48	0.50	4.45	77.0
	4	6.87	1.47	0.32	5.09	78.7
	5	7.10	3.51	0.40	3.19	50.5
	6	6.46	1.80	0.40	4.27	72.2
	7	7.01	4.25	0.34	2.42	39.3
	8	6.26	1.21	0.39	4.66	80.7
	Mean±SD	6.57±0.46	2.24±1.08	0.38±0.77	3.95±0.91	66.3±14.6
High Ca diet	1	6.51	2.49	0.36	3.66	61.8
	2	6.33	1.87	0.33	4.13	70.5
	3	6.24	1.57	0.41	4.26	74.8
	4	6.46	2.43	0.56	3.47	62.4
	5	6.49	3.81	0.67	2.01	41.3
	6	5.87	3.13	0.44	2.30	46.6
	7	6.52	3.83	0.51	2.18	41.3
	8	6.52	3.11	0.53	2.89	52.4
	Mean±SD	6.37±0.23	2.78±0.84	0.48±0.11	3.11±0.89*	56.4±12.9

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

었고 고칼슘식사에서는 2.78 mg으로 나타나 유의적인 차이는 없었으나 증가하는 경향을 보였다. 대변을 통한 아연의 배설량을 보면, 정상 칼슘식사에서 개인별 배설량은 1.21~4.25 mg으로 차이가 있었으며 고칼슘식사에서는 1.57~3.83 mg으로 피실험자들 간에 개인차가 나타났다.

소변을 통한 아연 배설량은 정상칼슘식사에서 평균 0.38 mg, 고칼슘식사에서 0.48 mg으로 유의적이지는 않았으나 고칼슘식사에 증가하는 경향을 보였다. 이는 Son과 Sung(5)이 보고한 0.43 mg과 비슷한 수준이었고 Oh와 Yoon(7)이 보고한 0.28 mg과 Sung 등(11)이 보고한 0.29 mg에 비해 높았으며 인도 성인을 대상으로 한 연구(21)에서의 0.47 mg과 비슷했다. 하루 소변의 아연 배설량이 0.3 mg 이하일 경우에는 아연의 임계결핍(marginal zinc deficiency)을 의미하는데(22), 대상자 2번의 정상칼슘식사 섭취시의 0.27 mg인 경우를 제외하고는 모두 임계결핍수준을 상회하였다. 아연의 섭취량의 차이에도 불구하고 뇨를 통한 배설량은 거의 차이가 없었다.

외견적 흡수율은 정상칼슘식사에서 평균 66.3%였던 것이 고칼슘식사에서 56.4%로 줄어들었다. 아연의 섭취는 고칼슘식사의 섭취시에 정상칼슘식사시에 비해 감소하였으나 대변을 통한 아연의 배설량은 반대로 증가하여 외견적 흡수율은 유의적 차이는 없었지만 감소하는 경향을 보였다. 이는 식사 내 존재하는 다른 무기질은 아연과 상호 경쟁적으로 작용하기 때문에 다량의 무기질을 투여했을 때 아연의 흡수에 부정적인 영향을 미친다는 Festa 등(23)의 연구 결과와 같다.

아연의 체내 보유량은 정상칼슘식사에서 3.95 mg, 고칼슘식사에서 3.11 mg으로 유의적으로 감소하였다(p<0.05). 이때 칼슘의 체내 보유를 보면, 800 mg의 칼슘 섭취에서 평균 172.6 mg이 보유되었고 1200 mg의 섭취에서는 유의적 증가는 아니었으나 220.8 mg이 보유되었다. 개인별 체내 보유량

은 정상칼슘식사에서 표준편차가 0.91 mg, 고칼슘식사에서 표준편차가 0.89 mg으로 두 종류의 칼슘식사간 차이가 거의 없고 또한 아연의 체내 보유량이 개인별 차이가 크지 않음을 알 수 있었다. Fig. 2에서 1번 대상을 제외하고는 나머지 7명 모두 고칼슘식사에서 아연의 체내 보유량이 감소하였음을 볼 수 있다.

구리평형

Table 5에서 보면 구리의 섭취량은 두 실험기간별 각각 910 µg, 812 µg이었다. 이는 여대생을 대상으로 한 Chyun(24)의 연구에서 구리섭취량이 980 µg으로 나타난 결과와 비교하면 다소 못 미치는 수준이었다. 또한 한국인 구리의 권장량에서 제시한 안전하고 적절한 섭취범위인 1500~3000 µg과 비교할 때 다소 부족한 수준이다.

대변을 통한 구리 배설량은 정상칼슘식사시에 대변을 통한

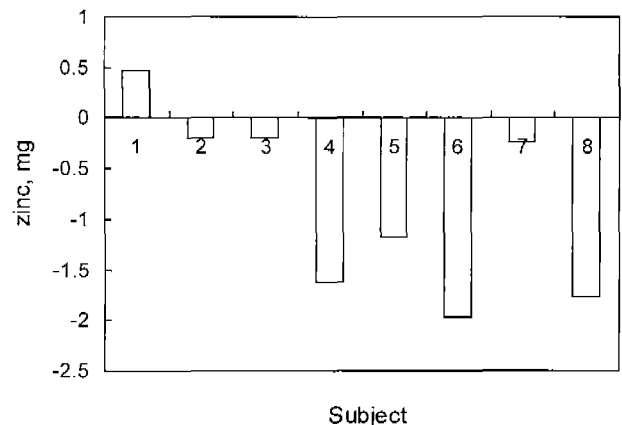


Fig. 2. Difference of Zn retention between basal and high calcium diet periods.

Table 5. Copper balance and apparent absorption rate measured in the basal and high Ca diet

Diet	Subject	Cu intake ( $\mu\text{g/day}$ )	Cu excretion ( $\mu\text{g/day}$ )		Cu retention ( $\mu\text{g/day}$ )	Apparent absorption (%)
			Fecal Cu	Urinary Cu		
Basal Ca diet	1	865	13.2		852	98.5
	2	952	8.1		944	99.1
	3	968	2.7		965	99.7
	4	1000	8.9		991	99.1
	5	980	23.6	ND <sup>1)</sup>	956	97.6
	6	896	16.7		879	98.1
	7	678	12.0		666	98.2
	8	941	5.8		935	99.4
	Mean $\pm$ SD	910 $\pm$ 104	11.4 $\pm$ 6.6		899 $\pm$ 105	98.7 $\pm$ 0.7
High Ca diet	1	828	24.5		803	97.0
	2	793	11.3		781	98.6
	3	792	17.7		774	97.8
	4	816	13.8		802	98.3
	5	831	36.0	ND	795	95.7
	6	770	14.8		756	98.1
	7	832	21.0		811	97.5
	8	832	14.1		818	98.3
	Mean $\pm$ SD	812 $\pm$ 23.6*	19.2 $\pm$ 8.0*		792 $\pm$ 20.8*	97.7 $\pm$ 0.9*

<sup>1)</sup>ND: not detected.

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

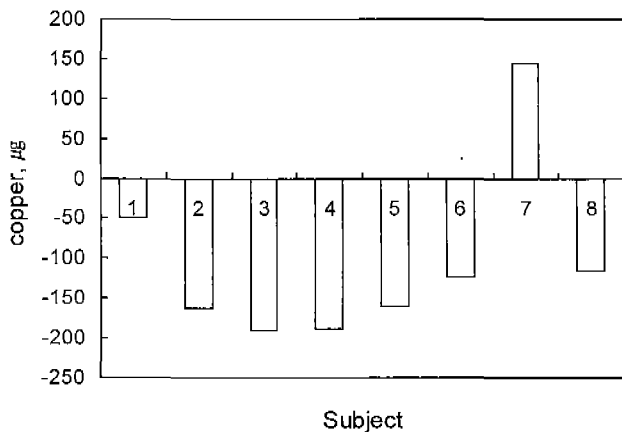


Fig. 3. Difference of Cu retention between basal and high calcium diet periods.

배설량이 평균 11.4  $\mu\text{g}$ 였고 고칼슘식사에서 19.2  $\mu\text{g}$ 으로 유의하게 증가하였다( $p < 0.05$ ). 한편 개인별 대변을 통한 구리 배설량은 정상칼슘식사에서 2.7  $\mu\text{g}$ 에서 23.6  $\mu\text{g}$ 까지 범위가 넓었으며 고칼슘식사에서 11.3  $\mu\text{g}$ 에서 36.0  $\mu\text{g}$ 까지로 개인별 차이가 많았다.

소변을 통한 구리의 배설은 본 연구의 분석에서 거의 검출되지 않았다. 즉, 구리는 소변을 통한 배설은 거의 이루어지지 않으므로 장을 통하여 흡수된 구리는 대부분 체내에 보유되어짐을 알 수 있었다. Son과 Sung의 연구(5)에서 소변을 통한 구리배설이 0.044 mg으로 보고되었는데 그 정도의 농도는 대변에서 본 바와 같이 본 실험에서 충분히 분석될 수 있는 함량이었으나 본 연구에서 검출이 되지 않았다.

외견적 흡수율은 권장량 수준의 칼슘식사에서 98.7%였던 것이 고칼슘식사에서 97.7%로 유의적으로 감소하였다. 즉, 칼

슘의 섭취가 많아지면서 구리의 섭취가 910  $\mu\text{g}$ 에서 812  $\mu\text{g}$ 으로 감소하였는데도 불구하고 대변으로 배설되는 구리 함량은 증가하여 외견적 흡수율은 더 감소하는 것으로 나타났다.

체내 보유량은 정상칼슘식사에서 899  $\mu\text{g}$ , 고칼슘식사에서 792  $\mu\text{g}$ 으로 유의적으로 감소하는 경향을 보였다( $p < 0.05$ ). 개인별 차이가 커서 정상칼슘식사에서 666~991  $\mu\text{g}$ , 고칼슘식사에서 756~818  $\mu\text{g}$ 로 나타났다. 개인별 구리 보유량을 Fig. 3에서 보면 조사대상 7명을 제외하고 나머지 7명은 모두 고칼슘식사에서 구리의 체내 보유가 감소하였다.

## 요 약

건강한 16세 여고생 8명에게 한국인 권장량 수준인 800 mg의 칼슘을 함유한 정상칼슘식사를 1주간 섭취시키고, 그 다음 주에 1200 mg Ca을 함유한 고칼슘식사를 제공하였다. 이때 정상칼슘식사에서는 6.57 mg의 아연과 910  $\mu\text{g}$ 의 구리를 함유하였으며 고칼슘식사에서는 6.37 mg의 아연과 812  $\mu\text{g}$ 의 구리를 평균적으로 함유하였다. 해당 식사를 제공하고 4일째부터 3일간 뇨와 대변을 매일 수집하였으며 음식과 뇨, 변 중 구리와 아연 함량을 정량분석하여 외견적 흡수율 및 체내 보유량을 계산하였다. 구리 및 아연의 평형대사 실험을 한 결과를 요약하면 다음과 같다. 아연의 대사평형을 보면, 고칼슘식사 섭취시의 뇨와 대변 중 아연 배설량은 정상칼슘식사에 비해 증가하는 경향을 보였다. 그리고 아연의 체내 보유량은 고칼슘식사 섭취시 유의적으로 감소하였다( $p < 0.05$ ). 구리의 대사평형을 보면, 고칼슘식사 섭취시 대변을 통한 구리 배설량은 19.2  $\mu\text{g}$ 으로 정상칼슘식사의 11.4  $\mu\text{g}$ 에 비해 유의적으로 증가하였으며, 따라서 외견적 흡수율은 유의적으로 감

소하였다( $p < 0.05$ ). 소변을 통한 구리의 배설은 거의 나타나지 않았다. 또한 구리의 체내 보유량은 고칼슘식사시에 792  $\mu\text{g}$ 으로 정상칼슘식사시의 899  $\mu\text{g}$ 에 비해 유의적으로 감소하였다( $p < 0.05$ ). 이상의 결과를 종합해 볼 때 1200 mg의 칼슘식사를 섭취하면 청소년기 여성에게서 구리와 아연의 외견적 흡수율이 감소하고, 대변을 통한 배설이 증가하며, 체내보유량은 유의적으로 감소하는 등 대사에 영향을 미침을 알 수 있었다. 그러므로 칼슘의 다량 섭취는 미량원소의 대사에 크게 영향을 미칠 수 있으므로 필요한 미량원소의 경우 장에서 흡수시에 무기질간의 경쟁을 고려하여 적절한 양을 섭취하도록 권장량 설정에서 고려해야 할 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 보건복지부의 보건의료기술연구개발사업(과제번호: HMP-98-F-4 0011)에 의하여 수행된 연구결과의 일부이며, 연구비지원에 감사드립니다.

### 문헌

1. Kretchmer, N. and Zimmermann, M. : *Developmental Nutrition*. Allyn & Bacon A Viacom Co., p.457-522 (1997)
2. Kim, A.J. : Study of dietary and blood level of Fe, Cu, Zn in some rural housewives. *M.S. Thesis*, SookMyung Women's Univ. (1988)
3. Kim, C.H., Paik, H.Y. and Joung, H.J. : Evaluation of zinc and copper status in Korean college women. *Kor. J. Nutr.*, **32**, 277-286 (1999)
4. Park, J.S. and Chyun, J.H. : Dietary zinc analysis and changes of zinc nutriture with zinc supplementation in Korean adults. *Kor. J. Nutr.*, **26**, 1110-1117 (1993)
5. Son, S.M. and Sung, S.I. : Zinc and copper intake with food analysis and levels of zinc and copper in serum, hair and urine of female college students. *Kor. J. Nutr.*, **32**, 705-712 (1999)
6. Oh, Y.Z., Hwang, I.J. and Woo, S.J. : Nutrient intake of rural housewives in Yeo-ju area. *Kor. J. Nutr.*, **20**, 301-308 (1987)
7. Oh, H.M. and Yoon, J.S. : Zinc status adult female in the Taegu region as assessed by dietary intake and urinary excretion. *Kor. J. Community Nutr.*, **2**, 52-62 (1997)
8. WHO : Trace Elements in Human Nutrition and Health. Geneva (1996)
9. Groff, J.L., Gropper, S.S. and Hunt, S.M. : *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. 2nd ed., West Publishing Co., p.375-383 (1995)
10. Tuenlund, J.R. : Copper. In *Modern Nutrition in Health and Disease*, Shils, M.E. (ed.), Lea & Febiger, p.231-241 (1994)
11. Sung, C.J., Choi, M.K., Jo, J.H. and Lee, J.Y. : 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. Rhie, S.G., Lee, D.T., Kim, H.N., Kim, A.J. and Sung, C.J. : The comparison mineral intakes with serum lipids and minerals in some rural housewives. *J. Kor. Soc. Food Nutr.*, **19**, 411-417 (1990)
13. Oh, S.H., Choi, I.S. and Chang, S.Y. : A study on the intake-balance of iron, copper and cobalt of college women in Korea. *J. Kor. Soc. Food Nutr.*, **20**, 78-88 (1991)
14. Ahn, H.S., Park, Y.S., Jeong, J.Y. and Park, S.H. : Ecological studies of maternal-Infant nutrition and feeding in urban low income areas. *Kor. J. Community Nutr.*, **2**, 305-318 (1997)
15. National Research Council (NRC) : *Recommended Dietary Allowances*. 10th ed., National Academy Press, Washington, DC, p.224-230 (1989)
16. The Korean Nutrition Society : *Recommended Dietary Allowances for Koreans*. 7th revision. Kor. Nutr. Soc., p.172-203 (2000)
17. Wood, R. and Zheng, J. : Calcium supplementation reduces intestinal zinc absorption and balance in humans. *FASEB J.*, **9**, A283 (1995)
18. Johnson, M.A. : High calcium intake blunts pregnancy-induced increases in maternal blood lead. *Nutr. Rev.*, **59**, 152-156 (2001)
19. AOAC : *Official Methods of Analysis*. 15th ed., Washington DC (1990)
20. Alder, H.L. and Roessler, E.B. : *Introduction to Probability and Statistics*. 6th ed., W.H. Freeman and Co., p.171-192 (1980)
21. Kumar, S. and Jaya Rao, K.S. : Blood and urinary zinc levels in diabetes mellitus. *Nutr. Metabol.*, **17**, 231-235 (1974)
22. Gibson, R.S. : *Principles of nutritional assessment*. Oxford University Press, New York, Oxford, p.548-549 (1990)
23. Festa, M.D., Anderson, H.L., Dowdy, R.P. and Eilersieck, M.R. : Effect of zinc intake on copper excretion and retention in men. *Am. J. Clin. Nutr.*, **41**, 285-292 (1985)
24. Chyun, J.H. and Choi, Y.J. : Dietary copper intakes and effect of zinc supplementation on plasma copper level in Korean adults. *J. Kor. Soc. Food Nutr.*, **29**, 528-532 (1996)

(2001년 7월 21일 접수)