

## 칼슘보충이 여대생의 나트륨, 칼륨 대사 및 혈압에 미치는 영향\*

김희선·유춘희

상명대학교 사범대학 가정교육학과

### The Effect of Ca Supplementation on the Metabolism of Sodium and Potassium and Blood Pressure in College Women

Kim, Hee Sun · Yu, Choon Hie

Department of Home Economics Education, Sangmyung University, Seoul, Korea

#### ABSTRACT

This study was designed to investigate the effects of calcium supplementation on the metabolism of sodium and potassium and blood pressure in seven healthy college women, aged from 19 to 21 years old. For this purpose, metabolic studies were conducted for two weeks. During the first week, the subjects ate experimental diet of which nutrients composition was similar to their usual intake. And during the consecutive second week, they ate the same experimental diet supplemented with 500mg of calcium daily. The results were summarized as follows : 1) Urinary excretion of sodium was significantly increased ( $p < 0.05$ ), but fecal excretion and retention of it was not affected by supplementary intake of calcium. 2) Potassium balance was not changed after additional intake of calcium. 3) Serum sodium and potassium levels decreased significantly ( $p < 0.05$ ), but aldosterone and renin levels in serum were not changed by additional intake of calcium. 4) Systolic blood pressure (SBP) was not affected, but diastolic blood pressure (DBP) was significantly decreased ( $p < 0.05$ ) by supplementation of calcium. The above results showed that daily supplementary intake of calcium can be effective to decrease diastolic blood pressure through inducing the change of sodium metabolism in young women eating usual Korean diets. (*Korean J Nutrition* 30(1) : 32~39, 1997)

**KEY WORDS** : calcium supplementation · sodium balance · potassium balance · blood pressure.

#### 서론

최근 우리나라에서는 소득수준의 향상에 따른 식생활 구조의 변화로 곡류의 섭취량은 감소하는 대신 육류와 지방 섭취량이 증가하는 추세에 있으며 이러한 현상은

채택일 : 1997년 1월 30일

\*이 논문의 일부는 1996년도 상명대학교 교내학술연구비에 의하여 연구되었음.

특히 도시 중류층 이상의 사람들에게서 뚜렷하게 나타난다. 이에 따라 비만을 비롯한 뇌졸중, 동맥경화증, 관상동맥심장질환, 고혈압 등 성인성질환의 발병률이 높아지고 있다<sup>1,2)</sup>. 이중 고혈압은 유전적 요인과 환경적 요인의 영향을 받는 것으로 알려져 있으며, 환경적 요인으로서 특히 식염의 과잉섭취, 스트레스, 비만, 운동부족, 알콜섭취, 흡연 등<sup>3,6)</sup>이 혈압을 상승시킨다고 보고되어 있다. 이 중에서도 우리 국민들의 고혈압 발생은 만성적인 나

트륨의 과잉섭취와 밀접한 관련이 있으며 우리나라 성인의 평균 나트륨 섭취량은 하루 3900~6000mg(NaCl 10~15g)<sup>7-9)</sup>으로서 생리적 필요량의 10~20배가 되는 셈이다.

최근 혈압과 관계있는 무기질로서 나트륨 뿐만 아니라 칼슘에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 칼슘의 섭취부족으로 인한 영양 문제를 빼의 성장, 유지 뿐 아니라 뼈질환, 골다공증, 골절, 순환기계 질환, 고혈압, 동맥경화, 고지혈증, 암 등 각종 질병과 관련하여 다루고 있다<sup>10-14)</sup>

우리나라는 모든 연령층에 걸쳐 칼슘섭취 상태가 양호하지 못한 형편으로 1996년 국민영양조사 보고서에 의하면 우리나라 사람들의 하루 평균 칼슘 섭취량이 556mg으로서 하루 권장량 700mg에 못미치고 있다<sup>15)</sup>. 그러므로 우리나라 사람들의 칼슘의 섭취부족은 나트륨의 과잉섭취와 함께 고혈압 발생률의 증가에 상승적으로 영향을 미칠 수 있으리라고 생각된다.

이정원과 김혜영<sup>16)</sup>은 건강한 남녀 대학생들에게 12주간 1g의 칼슘을 매일 보충 투여함으로써(single-blinded, placebo controlled) 6~8주 후부터 수축기 및 이완기 혈압이 감소하였음을 확인하였으며, 그후 같은 실험실에서 4주간의 식이실험을 2주간씩 2단계로 구분하여 cross-over design을 이용한 실험을 행하였을 때 1일 800mg의 high Ca diet와 1일 300mg의 low Ca diet 섭취시 high Ca diet에의하여 수축기 혈압만이 유의하게 감소하였음을 보고하였다<sup>17)</sup>. 또한 이은양<sup>18)</sup>은 고혈압 가족력이 있으나 혈압이 정상인 여대생에게서 하루 1g의 칼슘보충이 저나트륨 식이 후 나트륨의 재공급에 따르는 혈압상승을 억제할 수 있음을 관찰하였다. 그리고 Zemel<sup>19)</sup>은 칼슘 보충의 혈압상승 억제효과는 나트륨 섭취량이 높은 경우에만 나타나며, 일상의 나트륨 섭취량이 높고 칼슘섭취량이 낮은 경우 그 효과가 더욱 확실하게 나타날 것으로 추정하였다.

이러한 선행연구 결과에도 불구하고 칼슘보충 섭취로 인한 혈압강화효과에 대한 기전은 아직 확실치 알려지지 않고 있다. 다만 칼슘보충 섭취시 노중 나트륨 배설이 축

진되는 것과 관련이 있는 것으로 추측하고 있을 뿐<sup>20-26)</sup> 아직 이에 대한 연구가 미흡한 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 20대 여대생을 대상으로 평상식이와 이에 500mg의 칼슘을 보충하여 제공한 후 체내 나트륨, 칼륨대사 및 혈압에 미치는 영향을 알아보고, 고혈압의 예방과 치료를 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.

## 실험대상 및 방법

### 1. 실험설계

전 실험기간은 12일 간으로 처음 6일간은 대상자들의 실험시작 전 식이섭취조사 결과를 토대로 평상시 식이내용과 유사하게 조제된 실험식이만을 제공하였다. 처음 3일간은 실험식이에 적응을 시킨 후 이후 3일간 소변과 대변을 수집하여 분석하였다. 실험 후반부 6일간은 실험 첫 6일간과 동일한 실험식이에 1일 500mg의 칼슘을 보충하여 섭취시켰으며 이때에도 첫 3일간은 500mg의 칼슘 보충에 적응을 시킨 후 이어서 3일간 소변과 대변을 수집하여 분석하였다.

제공된 칼슘 정제의 성분은 calcium carbonate였으며 전 실험기간 중 실험식이의 커피, 알코올 음료 등 다른 식품이나 약제 섭취를 금하였다.

Fig. 1은 실험설계를 요약한 것이다.

### 2. 실험대상자

본 실험은 가정의의 진찰 결과 신체적으로 건강하고, 특별한 약을 상용하지 않으며 실험기간 중 월경을 하지 않는 본 대학교 재학생 7명을 대상으로 실시되었다.

이들은 실험기간 동안 학교내 생활관에 함께 기거하면서 동일한 실험식을 섭취하였으며 평상시와 같은 생활을 하도록 하였다.

대상자들의 특징은 Table 1에 제시되어 있다.

### 3. 실험식이

실험식은 실험 시작 전 24시간 회상기억법을 이용하여 3일간의 식이내용을 조사하여 이를 토대로 식이구

Date	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Period I *						Period II *						
Experimental diet	←-----→												
Blood sample													
Urine sample													
Feces sample													
Blood pressure													

\*Period I : Experimental diet based on usual diet

\*\*Period II : Experimental diet supplemented with 500mg Ca

Fig. 1. Experimental design.

**Table 1.** Physical characteristics of the subjects

Age(years)	20.4±0.2*
Height(cm)	163.7±1.9
Weight(kg)	58.6±2.0
BMI	22.0±0.8
Fat%	29.3±1.1
SBP(mmHg) <sup>1)</sup>	103.2±3.1
DBP(mmHg) <sup>2)</sup>	65.4±2.2
WBC(No/mm <sup>3</sup> ) <sup>3)</sup>	6100 ±0.6
Hb(g/dl) <sup>4)</sup>	13.1±0.2
GOT( $\mu$ l) <sup>5)</sup>	16.1±0.9

\*Mean±SE

1) SBP : Systolic blood pressure

2) DBP : Diastolic blood pressure

3) Normal range of WBC : 4,000 - 10,000/mm<sup>3</sup>

4) Normal range of Hb : 11 - 16g/dl

5) Normal range of GOT : 0 - 40 $\mu$ l**Table 2.** The Composition of experimental diet for metabolic study

	By food composition table	By chemical analysis	
		Experimental diet of Period I	Experimental diet of Period II
Energy(kcal)	2107.6	2074.6	2051.1
Protein(g)	79.5	76.4	75.3
Fat(g)	53.0	46.4	44.7
Ca(mg)	704.7	639.1	665.9
P(mg)	1204.0	945.5	962.2
Na(mg)	5109.4	4281.0	4424.5
K(mg)	3144.3	2833.3	2830.6

성이 이와 유사하게 실험식이를 구성하였다.

실험식이의 각 영양소 함량을 분석한 결과는 Table 2와 같다.

실험에 사용된 모든 식품은 변질되기 쉬운 야채, 두부와 우유를 제외하고는 영양소 함량의 변동을 피하기 위하여 실험 12일동안 필요한 식품 전량을 6일간씩 나누어 2회에 걸쳐 구입하여 냉장 또는 냉동보관하였다가 필요시에 꺼내서 사용하였다.

또한 사용된 식기류와 조리에 필요한 모든 기구들은 플라스틱 그릇, 유리그릇 그리고 스테인레스 그릇이었고 모두 사용전 이온제거수에 24시간 이상 담근 후 사용하였다. 식품조리시 사용한 물과 음료수도 모두 이온제거수였다.

#### 4. 시료수집 및 시료분석

##### 1) 소 변

각 실험기간의 4일째 되는 날부터 24시간(각 날의 오전 6시부터 다음날 오전 6시 이전까지) 소변을 용량 2L의 polyethylene 채뇨용기를 사용하여 3일간 매일 수집하였다. 뇨중 나트륨과 칼륨은 미국 Medica사의

Easylyte전용시약을 사용하여 ISE undiluted direct 법<sup>27)</sup>에 의해 측정하였다.

##### 2) 대 변

각 실험기간 중 최종 3일간의 대변을 수집하였다. 수거한 대변은 냉장고에 보관하였다가 총 배설량을 정확히 측정된 후 잘 주물러 혼합하여 균질화시킨 후 그 일부를 취하여 105℃ drying oven에서 건조시킨 후 분말로 만들어 분석에 사용하였다.

건조 분말화 된 변 시료는 건식 회화법<sup>28)</sup>으로 전처리한 후 atomic absorption spectrophotometer로 나트륨과 칼륨 함량<sup>29)</sup>을 측정하였다.

##### 3) 실험식이

각 실험기간 중 뇨와 변을 수거하는 3일간 섭취한 식이와 같은 식이를 하루 분씩 각각 준비하여 전량을 mixer로 갈아 그 일부를 취하여 105℃에서 건조시켜 분말로 만든 후 식이성분 분석에 사용하였다.

칼슘, 인, 나트륨과 칼륨은 대변과 같은 방법으로 분석하였고, 식이의 일반 성분 중에서 단백질은 microkjeldahl법<sup>28)</sup>으로, 지방은 soxhlet 추출법<sup>28)</sup>으로, 그리고 열량은 bomb calorimeter<sup>28)</sup>로 측정하였다.

##### 4) 나트륨과 칼륨의 보유량

측정한 뇨와 변 중 나트륨 함량에 의해 나트륨 보유량을 아래 공식에 의해 계산하였다.

$$\text{Na retention} = \text{Na intake} - (\text{Urinary Na} + \text{Fecal Na})$$

또한 칼륨 보유량도 측정한 뇨와 변 중 칼륨배설량을 이용하여 아래와 같은 공식에 의해 계산하였다.

$$\text{K retention} = \text{K intake} - (\text{Urinary K} + \text{Fecal K})$$

##### 5) 혈액 채취 및 분석

실험식이를 섭취하기 시작한 첫날과 실험식이 섭취를 끝낸 다음날 아침 식사하기 전 약 10~12시간 정도 공복 상태에서 혈액을 채취하여 나트륨, 칼륨, aldosterone 그리고 renin 함량 분석에 사용하였다.

혈청 내 나트륨과 칼륨 함량은 뇨중 나트륨 및 칼륨과 동일한 방법으로 측정하였다. 혈청 내 aldosterone은 미국 Nichols사의 aldosterone 측정용 키트 시약을 사용하여 RIA(radioimmunoassay)법<sup>27)</sup>에 의해 측정하였고, 혈청 renin도 미국 Nichols사의 renin 측정용 키트시약을 이용한 RIA법<sup>27)</sup>에 의해 측정하였다.

##### 6) 혈압측정

실험식이를 섭취하기 시작한 첫날과 실험식이 섭취를 끝낸 다음날 아침 공복상태에서 첫 오줌을 누기 전에 누

운 상태에서 측정하였다.

매 측정시마다 5분간 안정한 상태에서 3회 반복측정하여 그들의 평균치를 사용하였다.

혈압은 수동식 혈압계(HICO blood pressure meter, Japan)를 사용하여 잘 훈련된 동일한 측정자가 cuffs를 실험대상자의 상완동맥에 감아 측정하였다.

### 5. 자료 분석 및 통계처리

본 실험의 모든 자료로부터 각 실험군의 평균치와 표준오차를 구하였고, 실험기간 I, II의 평균치간의 유의성은 paired t-test<sup>30)</sup>에 의해 평가하였다.

## 연구결과 및 고찰

### 1. 나트륨 대사

평상 식이를 반영한 실험식이 및 칼슘 500mg 보충섭취시 대변과 소변 중의 나트륨 배설량, 나트륨의 체내 보유량은 Table 3과 같다.

1일 나트륨 섭취량을 정확히 측정하기 위하여 평상 식이를 반영한 실험식이와 칼슘 500mg 보충 섭취시 각각 3일 동안 각 대상자들이 섭취한 모든 음식을 수거하여 분석한 결과 평균 1일 1인 나트륨 섭취량은 4281.0mg/day와 4424.5mg/day로 나타났다. 이는 박태선과 이기열<sup>7)</sup>이 식이조사 방법으로 구한 남자 대학생의 1일 나트륨 섭취량 5025±1521mg/day, 여자 대학생의 1일 나트륨 섭취량 5017±1280mg/day에 비하면 약간 적은 편이나, 김영선과 백희영<sup>8)</sup>이 여대생을 대상으로 조사한 1일 나트륨 평균섭취량 3900.8mg/day 보다는 많은 양이다. 또한 이정원 등<sup>17)</sup>은 여자 대학생의 1일 나트륨 섭취량이 low Ca diet(303±19mg)시 3565±116mg/day, high Ca diet(826±63mg)시 4002±528mg/day라고 보고하였는데, 이와 거의 비슷한 수준이었다. 이러한 나트륨 섭취량의 차이는 지역적인 차이와 성별에 따른 차이, 그리고 일부 실험 방법상의 차이로 사료된다.

대변을 통한 나트륨 배설량은 칼슘 보충섭취에 따른 유의차를 볼 수 없었는데 평상식이와 칼슘 500mg 보충시 대변으로의 나트륨 배설량은 230.5±38.6mg/day, 241.5±46.1mg/day로 1일 총 나트륨 섭취량의 5.38%,

5.45%였으며, 소변으로 배설되는 양에 비해 매우 적은 양임을 알 수 있었다. 이는 중노동을 하지 않는 사람의 경우 1일 대변으로 약 10mmol(Na, 0.22g)의 나트륨을 배설한다는 보고<sup>31)</sup>와 유사하다.

한편, 소변 중 나트륨 배설량은 평상식이를 섭취하였을 때에 비하여 500mg의 칼슘을 보충하였을 때 유의하게 증가하였다(p<0.05). 즉, 평상식이를 섭취하였을 때에 3494.5±94.1mg/day였던 것이 칼슘 500mg 보충시 3748.2±84.1mg/day로 늘어났다. 이는 각각 1일 총 나트륨 섭취량의 81.6%와 84.7%로서 총 나트륨섭취량의 85~87%가 노중으로 배설된다는 Dewardener<sup>32)</sup>의 보고와 총 섭취량의 85~95%가 24시간 소변 중으로 배설된다는 Kirkendol 등<sup>33)</sup>의 보고에 비해 약간 낮은 비율인 것으로 나타났다. 또한 국내에서 박태선과 이기열<sup>7)</sup>이 12시간 소변을 수거하여 1일 나트륨 배설량을 측정할 결과 여자 대학생의 경우 4013mg/day로 나타났는데 본 실험대상자들의 소변 중 나트륨 배설량은 이보다 약간 낮았다.

선행 연구보고에 의하면 칼슘의 보충섭취가 나타내는 혈압강하 효과에 대한 기전으로서 2가지가 제시되고 있는데, 그 한가지는 고칼슘 섭취로 인해 노중 나트륨 배설이 촉진되기 때문<sup>34)</sup>이며, 두번째는 세포내액의 유리칼슘의 감소로 혈관 평활근 세포가 이완되기 때문이라는 것이다<sup>35)</sup>.

지금까지 이루어진 많은 연구들<sup>25)36)</sup>은 나트륨의 섭취 수준에 따른 칼슘 배설량의 변화를 추적하고져 하였다. 그러나 Nordin 등<sup>23)</sup>은 노중 나트륨과 칼슘 배설사이의 관계는 항상 나트륨으로 인하여 유도되는 것이 아니라 칼슘 섭취량의 변화에 따라 2차적으로 나트륨 배설량도 변할 수 있다고 하였다. 이에 대한 연구로 Popvtzer<sup>24)</sup>는 칼슘 보충이 나트륨 배설을 촉진시킨다고 보고하였으며, Resnick 등<sup>37)</sup>은 10명의 고혈압 환자에게 2g의 칼슘을 1개월동안 공급했을 때 소변 중 나트륨 배설증가와 함께 이완기 혈압이 감소하였다고 하였다.

본 연구실에서 이미 보고한 바 있는 홍희옥·유춘희<sup>38)</sup> 연구에서 일상식이 섭취시(칼슘 섭취량 640mg/day) 1일 평균 칼슘 보유량은 182mg 이었으나, 칼슘 보충 섭

Table 3. Na balance measured in the 1st and 2nd period

Period	Na intake(mg/d)	Na excretion (mg/d)		Na retention(mg/d)
		Fecal Na	Urinary Na	
I	4281.0	230.5±38.6 <sup>1)</sup>	3494.5±94.1	556.0±78.7
II	4424.5	241.5±46.1	3748.2±84.1	434.8±62.1
Significance	NS <sup>2)</sup>	NS	P<0.05 <sup>3)</sup>	NS

1) Mean±SE

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

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

취시(칼슘 섭취량 1166mg/day) 1일 평균 체내 칼슘 보유량은 281mg으로 유의하게 증가되었으며, 혈청내 칼슘 함량도 평상식이 섭취시 평균 8.9mg/dl였으나 칼슘 보충시 평균 9.4mg/dl로 유의하게 증가하였는데 이러한 칼슘 대사상의 변화가 나트륨 대사에 영향을 미쳐 칼슘 보충시 뇨중 나트륨 배설량이 증가한 것이 아닌가 사료된다.

나트륨 보유량은 평상식이를 섭취하였을 때 556.0±78.7mg/day이었으나 500mg의 칼슘을 보충하였을 때 434.8±62.1mg/day로 약간 감소하는 경향을 보였다. 그러나 나트륨 보유량은 소변이나 대변으로의 나트륨 배설 뿐 아니라 땀으로의 분비량도 고려하여 측정되어야 할 것이라고 사료된다.

## 2. 칼륨대사

칼륨섭취량과 뇨, 대변 중의 칼륨배설량 그리고 칼륨의 체내 보유량은 Table 4와 같으며 칼슘의 보충섭취에 의하여 유의하게 달라지지 않았다.

칼륨섭취량은 실험기간 I, II에 각각 2833.3mg/day, 2830.6mg/day이었으며 이는 오승호<sup>39)</sup>가 조사한 남자대학생의 1일 평균 칼륨 섭취량 1870±0.05mg/day나 박태선과 이기열<sup>7)</sup>이 식이조사 방법에 의해 산출한 남녀 대학생의 1일 평균 칼륨섭취량 1897±713mg/day(남자), 1850±68mg/day(여자)와 비교했을 때 약간 높은 것이었다.

칼슘보충 섭취시 대변을 통한 칼륨 배설량은 544.3±53.8mg/day로서 칼슘보충이 없었던 실험기간 I의 541.0±51.0mg/day와 거의 유사하였으며 이들은 총칼륨섭취량의 약 19%에 해당하였다. 이는 오승호<sup>39)</sup>의 실험에서 대변으로의 칼륨배설량 450±0.03mg/day와 거의 유사하였다. 대변으로의 1일 칼륨배설량은 지금까지 보고된 자료가 거의 없어서 직접적인 비교해석이 어려우나 나트륨과는 달리 많은 양의 칼륨이 대변으로 배설된다는 사실을 알 수 있었다.

소변 중 칼륨 배설량은 실험기간 I, II에 각각 1963.7±79.1mg/day와 1979.2±50.4mg/day로 총 칼륨 섭취량의 각각 69.3%, 69.9%에 해당되었다. 김귀자<sup>40)</sup>는 소변을 통한 하루 칼륨배설량이 21~25세 남자 성인의 경우 44.1±11.9mEq(1728mg), 26~30세 남자 성인의 경우 47.3±21.0mEq(1884.5mg), 그리고 31~40세 남

자 성인의 경우 52.2±20.5mEq(2036mg)이라고 보고하였고 박태선과 이기열<sup>7)</sup>은 남자 대학생의 뇨중 하루 칼륨 배설량이 48.3mEq(1889mg)인 것으로 보고하였는데, 본 실험대상자들의 결과는 이들 선행결과보다 다소 높은 것으로 나타났다.

본 실험결과와 달리 Ayachi<sup>21)</sup>는 정상 쥐와 고혈압 쥐를 대상으로 고칼슘을 4주간 공급했을 때 고혈압 쥐에서 뇨중 칼륨이 유의하게 증가하였다고 보고하였다.

고칼슘 섭취에 의한 칼륨 배설 변화에 대한 기전은 확실하게 밝혀지지 않았지만, 칼슘 섭취의 증가로 인하여 원위세뇨관의 나트륨 및 물의 양이 증가하면서 세뇨관 내 유속이 증가하여 2차적으로 칼륨의 분비가 촉진되는 것<sup>41)</sup>으로 추측되었다.

칼륨 보유량도 칼슘 보충 섭취에 따른 유의차를 나타내지 않았다.

## 3. 혈청 내 Na와 K 함량

실험식이를 섭취하기 시작한 첫날과 실험식이 섭취를 끝낸 다음날 아침 식사하기 전 혈청내 나트륨과 칼륨의 함량을 각각 비교하였을 때 Table 5에 나타난 것처럼 칼슘 보충섭취로 인한 영향이 나타나 혈청내 평균 나트륨 함량은 칼슘 보충섭취전 144.7±0.6 mEq/L에서 칼슘 보충 섭취후 139.7±0.4mEq/L로 유의하게 감소하였으며(p<0.05), 혈청내 평균 칼륨함량도 칼슘 보충섭취전 4.3±0.1mEq/L에서 칼슘 보충섭취후 4.0±0.1mEq/L로 유의한 감소를 보였다(p<0.05).

성인의 정상적인 혈청내 나트륨 농도는 135~145 mEq/L<sup>27)</sup>로서 본 실험대상자들의 나트륨 농도는 약간 높은 정상 수치를 보였으며, 혈청내 칼륨 농도도 정상수준인 3.5~5.0mEq/L<sup>27)</sup>에 모두 속해있었다.

칼슘 섭취 수준이 혈청 나트륨과 칼륨함량에 미치는

**Table 5.** Serum Na and K levels before and after experimental treatment

	Before	After	Significance
Na(mEq/L)	144.7±0.6 <sup>1)</sup>	139.7±0.4	P<0.05 <sup>2)</sup>
K(mEq/L)	4.3±0.1	4.0±0.1	P<0.05

1) Mean±SE

2) significantly different between values measured before and after experimental treatment at α=0.05 level by paired t-test

**Table 4.** K balance measured in the 1st and 2nd period

Period	K intake(mg/d)	K excretion(mg/d)		K retention(mg/d)
		Fecal K	Urinary K	
I	2833.3	541.0±51.0 <sup>1)</sup>	1963.7±79.1	328.6±74.3
II	2830.6	544.3±53.8	1979.2±50.4	307.1±40.4
Significance	NS <sup>2)</sup>	NS	NS	NS

1) Mean±SE

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

영향에 대한 연구에서 Kynast-Gales와 Massey<sup>20)</sup>는 13명의 남성을 대상으로 4주간 저칼슘과 고칼슘 식이를 섭취시켰을 때 혈청 나트륨과 칼륨함량에서 유의한 차이가 없었다고 하였으며, 이와 같은 결과는 Ayachi<sup>21)</sup>와 Hatton<sup>42)</sup>의 연구에서도 확인되었다.

이와 달리 본 연구에서는 칼슘보충 후 혈청 내 나트륨 함량이 낮게 나타났는데 이는 칼슘 섭취 증가에 따라 노중 나트륨 배설량이 증가되면서 초래된 결과인 것으로 추측된다. 그러나 혈청내 칼륨 수준 또한 나트륨 수준과 함께 낮아진 대사적 원인에 대하여는 좀 더 연구가 필요하다고 본다.

#### 4. 혈청내 Aldosterone과 renin함량

칼슘 보충 섭취로 인한 나트륨 대사상의 변화가 aldosterone이나 renin의 분비와 관계된 것인지를 관찰하기 위하여 실험식을 섭취하기 시작한 첫날과 실험식이 섭취를 끝낸 다음날 아침 식사하기 전 혈청내 aldosterone과 renin 함량을 각각 분석하였다.

혈청내 aldosterone은 실험식을 섭취하기 전에 비해 칼슘 500mg을 보충섭취시켰을 때 유의한 차이는 아니지만 239.6±73.9pg/ml에서 219.8±32.4pg/ml로 약간 감소하였다(Table 6).

반면에 혈청내 renin함량은 칼슘 500mg 보충섭취로 약간 증가하는 경향을 보였으나 유의한 차이는 아니었으며, 모든 피실험자들의 혈청 내 renin함량은 정상범위인 0.24~4.7mg/ml에 들어 있었다.

#### 5. 혈압의 변화

실험식을 섭취하기 시작한 첫날과 실험식이 섭취를

**Table 6.** Serum aldosterone and renin levels before and after experimental treatment

	Before	After	Significance
Aldosterone(pg/ml)	239.6±43.4 <sup>1)</sup>	219.8±32.4	NS <sup>2)</sup>
Renin(mg/ml)	1.7±0.5	2.6±0.7	NS

1) Mean±SE

2) NS : not significantly different between values measured before and after experimental treatment at α=0.05 level by paired t-test

**Table 7.** Blood pressure before and after experimental treatment

	Before	After	Significance
SBP(mmHg)	103.2±3.1 <sup>1)</sup>	103.5±2.6	NS <sup>2)</sup>
DBP(mmHg)	65.4±2.2	61.4±3.0	P<0.05 <sup>3)</sup>

1) Mean±SE

2) NS : not significantly different between values measured before and after experimental treatment at α=0.05 level by paired t-test

3) significantly different between values measured before and after experimental treatment at α=0.05 level by paired t-test

끝낸 다음날 아침 식사하기 전 공복시 혈압의 변화는 Table 7에 나타나 있다.

수축기 혈압(SBP)은 500mg 칼슘보충 섭취 후 유의한 변화가 없었으나, 이완기 혈압(DBP)은 칼슘보충 섭취 후 65.4±2.2mmHg에서 61.4±3.0mmHg로 유의한 감소를 보였다(p<0.05). 이러한 결과는 Beligan등<sup>43)44)</sup>이 정상혈압을 갖는 청년 및 임신 4~6개월 된 여성에게 1일 1~2g의 칼슘을 투여했을 때 수축기 혈압은 변화가 없었으나 이완기 혈압이 감소하였다고 보고한 결과와 비슷한 경향이다.

칼슘의 혈압강화 효과는 고혈압 환자의 경우 그 효과가 더욱 큰 것으로 보는 견해가 있다. Wittman등<sup>45)</sup>과 Harlan과 Harlan<sup>46)</sup>은 칼슘 섭취가 1일 400mg미만인 경우에 고혈압과 상관성이 크며, 800mg수준 이상이면 그 상관성이 둔화된다고 보고하고 있고 Zemle등<sup>19)</sup>은 칼슘 보충의 혈압상승 억제효과는 나트륨 섭취량이 높은 경우에만 나타나며 일상의 나트륨 섭취량이 높고 칼슘 섭취량이 낮은 경우에 그 효과가 더욱 확실하다고 주장하였다.

그러나 Johnson등<sup>47)</sup>은 정상혈압을 가진 35~65세 여성 81명에게 칼슘을 보충하였을 때(1.5g/일) 수축기 및 이완기 혈압이 모두 저하되지 않았다고 보고하고 있어서 칼슘 보충 섭취가 임상적으로 혈압상승 또는 고혈압 발생의 억제 및 촉진에 어느 정도 관여하고 있는지는 아직 불분명하다.

#### 요약 및 결론

건강한 20대 여대생들에게 평상식사와 하루에 500mg의 칼슘을 보충 섭취시킨 후 체내 나트륨, 칼륨 대사 및 혈압에 미치는 영향에 대해 실험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 칼슘보충 섭취시 대변을 통한 나트륨 배설량은 변화가 없었으나, 소변을 통한 나트륨 배설량은 유의하게 증가하였다(p<0.05). 그러나 나트륨의 체내 보유량은 칼슘 보충섭취시 유의하게 달라지지 않았다.
- 2) 대변과 노 중의 칼륨배설량, 그리고 체내 칼륨 보유량은 칼슘 보충섭취시 변화되지 않았다.
- 3) 혈청내 나트륨 함량은 평상식이 섭취시 평균 144.7mEq/L였으나 칼슘보충섭취시 평균 139.7mEq/L로 유의하게 감소하였다(p<0.05). 혈청내 칼륨 함량 또한 칼슘보충 섭취로 인해 유의한 감소를 보였다(p<0.05).
- 4) 칼슘 보충섭취시 혈청내 aldosterone함량은 약간 감소하는 경향이었으나 유의적인 변화는 아니었으며, 혈청내 renin 함량 또한 유의한 변화를 보이지 않았다.

5) 칼슘보충 섭취 후 수축기 혈압(SBP)은 변화되지 않았으나 이완기 혈압(DBP)은 65.4mmHg에서 61.4mmHg로 유의적인 감소를 보였다( $p < 0.05$ ).

이상의 모든 결과를 종합해 볼 때 평상식을 하는 20대 여대생들이 칼슘을 보충섭취하면 소변을 통해 나트륨 배설량이 증가되며, 혈청 나트륨 함량이 감소됨으로써 이완기 혈압을 낮추는데 도움이 될 수 있으리라고 본다. 그러나 본 실험은 짧은 기간에 이루어졌기 때문에 칼슘과 혈압과의 관계에 대해서 단정적으로 논의하는 것은 어렵다고 사료된다. 그러므로 앞으로 혈압과 관련해서 나트륨 및 칼슘대사와 연관을 갖고 장기간에 걸쳐서 다각적으로 연구되어야 할 필요성이 있다고 생각된다.

■ 감사의 글

본 실험이 완성될 수 있도록 칼슘정제를 제공해 주신 현대약품(주)에 감사드립니다.

Literature cited

- 1) 경제기획원 통계청. 1990년 사망원인 통계연보, 1991
- 2) 최강원. 최근 우리나라에서의 질병 변천. *한국영양학회지* 21(3) : 139-145, 1988
- 3) 김삼수. 고혈압 성인에 대한 최근 학설. *대한의학협회지* 28(5) : 396-404, 1985
- 4) 서순규. Sodium 섭취 및 배설과 고혈압. *인간과학* 4(12) : 45-73, 1980
- 5) Sowers JR, Zemel MB, Standly PR, and Zemel PC. Calcium and hypertension. *J Lab Clin Med* 114 : 338-348, 1989
- 6) Cohen JJ, Harrington JT, et al. Calcium metabolism and hypertension. *Kidney International* 35 : 717-736, 1989
- 7) 박태선 · 이기열. 한국대학생의 Sodium과 Potassium 섭취량 및 대사에 관한 연구. *한국영양학회지* 18(3) : 201-208, 1985
- 8) 김영선 · 백희영. 우리나라 성인 여성의 Na섭취량 측정방법의 모색. *한국영양학회지* 20(5) : 341-349, 1987
- 9) 한국영양학회, 한국인의 영양권장량. 제 6 개정판, 1995
- 10) Lawrence MR. Dietary calcium and hypertension. *J Nutr* 117 : 1806-1808, 1987
- 11) Heaney RP, Recker RR, Saville PD. Calcium balance and calcium requirements in middle-aged women. *Am J Clin Nutr* 30 : 1603-1611, 1977
- 12) 임승길. 골다공증의 치료. *한국영양학회지* 26(2) : 213-219, 1993
- 13) Johnson NE, Smith EL, Freudenheim JL. Effect on blood pressure of calcium supplementation of women. *Am J Clin Nutr* 42 : 12-17, 1985
- 14) Govers MJAP, Vonk RJ, Kleibeuker JH, Meer R. Calcium in milk products precipitates intestinal luminal sur-

- factants and inhibits luminal cytolytic activity in healthy subjects. Symposium. 7th Asian congress of nutrition, 1995
- 15) 보건복지부. '94 국민영양조사결과보고서, 1996
- 16) 이정원 · 김혜영. 칼슘의 보충섭취가 한국 청년의 혈압에 미치는 영향. *한국영양학회지* 21(4) : 232-241, 1988
- 17) 이정원 · 황연숙 · 홍성남 · 임혜선. 식이 칼슘 섭취 수준이 고혈압 가족력이 있는 청년기 여성의 혈압 및 칼슘 대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 26(6) : 728-742, 1993
- 18) 이은양. 칼슘의 보충 섭취가 식이 나트륨 수준의 변화에 따른 혈압 변동에 미치는 영향 - 고혈압의 가족력이 있고 혈압이 정상인 청년기 여자를 중심으로 -. 충남대 교육대학원 석사학위 논문, 1992
- 19) Zemel MB, Gualdoni SM, Sowers JR. Sodium excretion and plasma renin activity in normotensive and hypertensive black adults as affected by dietary calcium and sodium. *J Hypertens, Suppl* 4(6), S343-S345, 1986
- 20) Kynast-Gales S, Massey L. Effects of dietary calcium from dairy products on ambulatory blood pressure in hypertensive men. *J Am Diet Assoc* 92 : 1497-1501, 1992
- 21) Ayachi S. Increased dietary calcium lowers blood pressure in the spontaneously hypertensive rat. *Metabolism* 28(12) : 1234-1238, 1979
- 22) Lasaridis AN, Sofos AB. Calcium diet supplementation increases urinary excretion in essential hypertension. *Nephron* 45 : 250, 1987
- 23) Nordin BEC, Need AG, Morris HA, Horowitz M. The nature and significance of the relationship between urinary sodium and urinary calcium in women. *J Nutr* 123 : 1615-1622, 1993
- 24) Popovtzer MM. Disorders of calcium, phosphorous, vitamin D and parathyroid hormone activity. In : Schrie RW ed. Renal and electro-activity disorders. Little Brown, Boston, 1976
- 25) Castenmiller JJM, Mensink RP, van der Heijden L, Kouwenhoven T, Hautvast JGAJ, de Leeuw PW, Schaafsma G. The effect of dietary sodium on urinary calcium and potassium excretion in normotensive men with different calcium intakes. *Am J Clin Nutr* 41 : 52-60, 1985
- 26) 승정자. 칼슘의 섭취 수준이 연령이 다른 암쥐의 칼슘, 나트륨 및 칼륨 대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 28(4) : 309-320, 1995
- 27) 이귀영 · 김진규. 임상화학. 의학문화사, 1988
- 28) AOAC. Official methods of analysis 15th ed. Washington DC, 1990
- 29) Analytical method for atomic absorption spectrophotometer. Varian Corp.
- 30) Steel RGD, Torie JH. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Co, New-York, 1980
- 31) 한국인구보건원편, 고문사, 한국인 영양권장량 제 4 차개

- 정, 1985
- 32) Dewardner HE. The Kidney. Little, Brown and company, Boston, 1958
  - 33) Kirkendal AM, Connor WE, Abbound RF et al. The effect of dietary sodium chloride on blood pressure, body fluids, electrolytes, renal function and serum lipids of normotensive man. *J Lab Clin Med* 87 : 411, 1976
  - 34) Lasaridis AN, Sofos AB. Calcium diet supplementation increases urinary excretion in essential hypertension. *Nephron* 45 : 250, 1987
  - 35) Eren P, Bolli P, Burgisser E. Correlation of platelet calcium with blood pressure : Effect of antihypertensive therapy. *N Engl J Med* 310 : 1084-1088, 1984
  - 36) 김양애 · 승정자. 한국 성인 여자에 있어서 나트륨 섭취 수준이 체내 칼슘대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 20(4) : 246-257, 1987
  - 37) Resnick LM, Sealey JE, Laragh JH. Short and longterm oral calcium alters blood pressure in essential hypertension. *Fed Proc* 43 : 300, 1987
  - 38) 유춘희 · 홍희옥. 한국인의 일상식을 섭취하는 여대생들의 칼슘 대사에 관한 연구. *한국영양학회지* 28(11) : 1049-1055, 1995
  - 39) 오승호. 한국남자 대학생의 Sodium과 Potassium 평형에 관한 연구. *한국영양식량학회지* 20(6) : 538-545, 1991
  - 40) 김귀자. 한국사람의 뇨중 식염 배설량과 혈압과의 상호관계에 관한 연구. *대한생리학회지* 8 : 8, 1974
  - 41) 강두희. 생리학. pp10-11, 신광출판사, 서울 1983
  - 42) Hatton D, Muntzel M, Absalon J, Lashley D, McCarron D. Dietary calcium and iron : Effects on blood pressure and hematocrit in young spontaneously hypertensive rats. *Am J Clin Nutr* 53 : 542-546, 1991
  - 43) Belizan JM, Villar J, Pineda O, Gonzalez AE, Sainz E, Garrera G, Sibrian R. Reduction of blood pressure with calcium supplementation in young adult. *JAMA* 4 : 1161-1165, 1983
  - 44) Belizan JM, Villar J, Solazar A, Rojas L, Chan D, Bryce GF. Preliminary evidence of the effect of calcium supplementation on blood pressure in normal pregnant woman. *Am J Obstet Gynecol* 146 : 175-180, 1983
  - 45) Witleman JCM, Willet WC, Stampfer MJ, et al. Dietary calcium and magnesium and hypertension : A prospective study(Abstract). *Circulation* 76(Suppl 4) : 35, 1987
  - 46) Harlan WR, Harlan LC. An epidemiological perspective on dietary electrolytes and hypertension, *J Hypertens*(Suppl 5) S334-S339, 1986
  - 47) Johnson JM, Smith EL, Freudenheim JL. Effects on blood pressure of calcium supplementation of women. *Am J Clin Nutr* 42 : 12-17, 1985