

칼슘의 보충 섭취가 한국 청년의 혈압에 미치는 영향

이 정 원 · 김 혜 영

충남대학교 가정대학 가정교육과

The Effect of Calcium Supplementation on Blood Pressure in Normotensive Young Korean Adults

Joung-Won Lee and Hye-Young Kim

*Dept. of Home Economics Education, College of Home Economics,
Choong-Nam National University*

=ABSTRACT=

This study was to investigate the effect of calcium supplementation on the reduction of blood pressure in normotensive young adults. Fortyseven healthy college students(23 male and 24 female) were divided into Ca and placebo groups, and were orally given with calcium(1g/day, 2.5g as CaCO₃) and placebo, respectively, for 20 weeks. Blood pressure was measured by Korotkoff method in seated position every two weeks. Average daily dietary calcium intakes of the subjects were 626-643mg in men and 513-552mg in women. Average initial level of serum calcium of the subjects belonged to normal range.

1. Both systolic and diastolic blood pressure(SBP and DBP) of Ca group showed significant continuously decreasing tendency from 6~8 weeks until final 20 weeks of the supplementation in both men and women. But placebo groups did not. Comparing with the basal value, reduction of SBP and DBP after 20 weeks were $6.53 \pm 4.30\%$ (8.9mmHg) and $8.10 \pm 3.30\%$ (7.4mmHg) in men, and $6.56 \pm 2.41\%$ (8.1mmHg) and $7.33 \pm 3.75\%$ (6.2mmHg) in women. The blood pressure lowering effect of calcium supplementation seemed to be greater in the subjects with higher basal SBP.

2. Serum calcium was significantly increased by calcium supplementation in both men and women, and showed significant negative correlation with SBP($r = -.213$) and DBP($r = -.301$) in women. Serum Ca/Mg ratio of Ca group was also elevated and showed significant negative correlation with SBP($r = -.174$) and DBP($r = -.194$) in total subjects.

3. Urinary excretion of Na did not show any significant changes by calcium supplementation in both men and women and showed no correlations with blood pressures.

서 론

근래 혈압의 항상성 유지에 칼슘대사의 중요성이 여러 연구들에 의해 활발히 보고되고 있다¹⁾²⁾. Schroeder³⁾는 칼슘과 마그네슘이 많이 함유된 경수를 마시는 지역에서는 연수를 마시는 지역보다 고혈압과 심장혈관계 질환으로 인한 사망율이 낮다고 하였으며 이외 여러 역학적 연구들이 칼슘섭취의 부족이 고혈압 발생과의 연관성을 제시하고 있다⁴⁾⁵⁾. 또한 장기적인 칼슘의 보충이 혈압의 상승을 억제시킨다는 결과들이 정상, 임신, 고혈압성(SHR) 흰 쥐들을 이용한 여러 동물 실험들에 의해 보고되고 있으며⁶⁾⁸⁾ 몇몇 임상 실험에서도 동일한 경향이 관찰되고 있다⁹⁾¹¹⁾. Belizan등은⁹⁾¹²⁾ 정상 혈압을 갖는 청년 및 임신 4~6개월된 여성에게 1일 1~2g의 칼슘을 투여했을 때 수축기 혈압은 변화가 없으나 이완기 혈압이 감소하였다고 보고하였다. 이러한 혈압감소 효과는 고혈압 환자에게서 보다 확실하게 나타났다고 하였다¹⁰⁾¹³⁾. 그러나 Johnson등은¹⁰⁾ 정상 혈압인 35~65세 여성 81명에게 칼슘을 보충하였을 때(1.5g /일) 수축기 및 이완기 혈압이 모두 저하되지 않았다고 보고하고 있어 칼슘대사가 임상적으로 혈압 상승 또는 고혈압 발생의 억제 및 촉진에 어느 정도 관여하고 있는 지는 아직 불분명하다.

우리 나라는 Na의 과다한 섭취와 함께 고혈압의 발생 빈도가 비교적 높다. 김등의 1980년 조사에서¹⁴⁾ 수축기 혈압 150mmHg 이상, 이완기 혈압 95mmHg 이상을 고혈압으로 진단할 때 남자는 17% 여자는 2.4%를 나타냈으며, 노무자는 18.2%, 사무직자는 13.3%를 나타냈고, WHO기준(수축기 160mmHg 이상, 이완기 95mmHg 이상)에 의하여 진단했을 때는 남자 10.9% 여자 1.9%를 나타냈다. 유의(1985) 조사에서¹⁵⁾ 노인성 고혈압 유병율은 남자 49.2%, 여자 47.4%로 높게 나타났다. 1985년 경제기획원이 발표한 우리 나라 사람들의 사망 원인별 사망 비율을 보면¹⁶⁾ 고혈압성 질환 및 뇌혈관 질환이 각각 8.5%, 13.5%로서 순환기계 질환 13.5%와 함께 1, 2위를 차지하고 있다. 맹등은¹⁷⁾ 우리 나라의 뇌 및 심장 혈관 질환의 가장 위험 요인이 고혈압으로서

고혈압 환자는 뇌, 심장 혈관질환 발생율이 건강인보다 8배나 높은것으로 최근 보고하고 있다. 또한 우리 나라는 모든 연령층에 걸쳐 칼슘 섭취 상태가 양호하지 못한 형편이다. 1986년 보건 사회부의 국민 영양 조사 보고서에¹⁸⁾ 의하면 우리 나라 국민의 38%가 평균 영양 소요량(612mg/일)의 75% 미만을 섭취하고 있었다. 따라서 칼슘의 섭취 부족은 우리나라의 높은 고혈압 발생율에 Na 과잉 섭취와 함께 상승적으로 영향을 미칠 수 있는 가능성이 있다고 하겠다. 그러므로 우리나라에서 칼슘섭취와 고혈압의 관계에 대한 연구는 의의가 크다고 생각되어진다. 또한 근래 청년기 고혈압 발생율에 대한 관심이 증대되고 있다. 우리 나라 20~30대 성인의 고혈압 발생율을 보면 남자의 경우 14~16.9%¹⁴⁾, 7.8~18.2%¹⁹⁾, 여자는 6.9~17.6%¹⁹⁾로 보고되고 있다. 이에 본 연구에서는 우리나라의 정상 혈압을 갖는 청년기 남녀를 대상으로 과량의 칼슘 보충 섭취가 혈압에 미치는 임상적인 효과를 알아 보고 아울러 혈 중 칼슘과 마그네슘, 뇨 중 나트륨과의 관련성을 검토하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

1. 칼슘 투여

대전에 거주하는 만 20~26세의 남녀 대학생 자원자 60명중에서 약물 복용이나 특정한 병 경력이 없는 외견상 건강하다고 판단되는 47명을 실험 대상으로 선정하였다. 이들을, 실험 시작전 3주간의 적응 기간에 4회 측정된 혈압의 평균치(기초 혈압)을 기준으로 혈압이 고루 분배되도록 하여 남녀별로 각각 12명씩 칼슘 투여군(Ca군)과 placebo군으로 나누는 다음, Ca군에게는 매일 1g의 칼슘(2.5g CaCO₃, USP, Hirashi, Japan)을, placebo군에게는 0.5g의 전분을 3개의 캡슐로서 매일 1회에, 1987년 4월~8월에 걸쳐 20주 동안 투여 하였다.

2. 혈압 측정법

혈압은 칼슘 투여후 매 2주마다 수동식 수은 혈압계(86 Yuil Sphygmomanometer)를 사용하여

seated position에서 잘 훈련된 동일한 측정자가 Koro-tokoff법으로 측정하였다. 매 혈압 측정시마다 5분간 안정된 상태에서 3~5회 반복하여 그 평균치를 택하였다.

3. 혈액과 뇨의 채취 및 분석

혈액은 간호원이 칼슘 투여 직전, 칼슘 투여 8주후 및 20주후에 대상자의 정맥혈을 채취하였으며 즉시 원심 분리(3000rpm)하여 혈청을 얻었다. 혈청 칼슘 농도는 O-cresolphthalein complexone법을 이용한 칼슘측정 kit(Wako, Calcium C-Test)으로²⁰⁾, 혈청 마그네슘 농도는 xylydyl blue법을 이용한 마그네슘 측정 kit(Wako, Magnesium B-Test)으로 측정하였다²⁰⁾. 혈청 알부민 농도는 bromocresolgreen법을 이용한 알부민 측정 kit(Wako, A/G Test)으로 측정하였다²⁰⁾.

대상자의 뇨는 저녁 8시에서 그 다음날 아침 8시 까지의 밤을 지낸 12시간 뇨를 수집하였다²¹⁾²²⁾. 수집된 뇨중 불완전한 채뇨는 제외시켜 남자에서 16개, 여자에서 18개의 뇨만을 시료로서 이용하였다. 뇨의 총부피를 측정한 후 일부를 Na정량시까지 냉동저장(-20°C)하였다. 뇨 중 크레아티닌은 Folin-Wu법으로(creatinine 측정 kit, Wako) 측정하였으며²⁰⁾ 뇨중 Na정량은 뇨 시료를 탈 이온수로 100배 희석하고 flame analyser(Gallenkamp, FGA-330)로 실시하였다.

4. 식품 섭취 실태 조사

식품 섭취 실태 조사는 실험초기와 말기에 24시간 기억법을 이용하여 연 3일간의 식품 섭취량을 조사 대상자가 스스로 기록하게 하고 필요시에는 면접을 통해 확인 하였으며 기록시에는 그릇의 크기 및 양을 자세하게 기록하도록 하였다. 수집된 각 식품의 목측량을 중량으로 환산한 다음 식품 분석 표를²³⁾ 이용하여 에너지 및 일부 영양소의 섭취량을 산출하였다.

5. 통계처리

모든 실험 결과들은 실험군별로 평균과 표준 편차를 구했다. 혈압의 변화는 기초 혈압을 기준으로 한 백분율로 표시 하였으며 혈압 변화의 유의성과 혈압 변화의 실험군간의 차이의 유의성은 paired 또는 unpaired student t-test로 검증 하였다. 그리고 항목간의 상관 관계는 pearson's correlation coefficient(r) 및 이에 대한 유의성 검증을 통해 평가하였다.

결과 및 고찰

1) 대상자의 기초배경

대상자의 연령, 체격 및 기초 혈압은 Table 1과 같으며 이 측정치들은 Ca군과 placebo군간에 유의

Table 1. Baseline data of all subjects

Measurement	Men		Women	
	Ca (n=12)	Placebo (n=11)	Ca (n=12)	Placebo (n=12)
Age(yr)	24.8±2.0	24.2±2.0	22.8±1.6	22.6±2.2
Weight(kg)	61.0±4.0	61.7±3.4	52.9±6.2	50.9±4.3
Height(cm)	171.2±3.6	170.9±4.2	158.1±3.2	159.6±4.3
Body mass index ^a	20.6±1.2	21.2±0.9	21.0±2.3	20.0±1.7
SBP(mmHg) ^b	130.8±8.3	131.2±8.3	122.9±5.1	123.0±6.5
DBP(mmHg) ^b	88.1±4.2	87.1±4.1	82.9±2.6	82.6±3.5

Values were Mean±SD.

^aBody mass index=weight, kg/height, m²

^bSystolic and diastolic blood pressure in seated position.

적인 차이가 없었다. 신장과 체중은 20~29세 한국 성인 남자와²³⁾ 비슷한 수준이었으며 body mass index는 모두 정상 범위였다. Table에는 표시하지 않았으나 흡연과 음주 경향에 있어서도 Ca군과 placebo군간에 유의적인 차이가 없었다. 본 실험에서 실험 대상자의 평균 기초 혈압은 남자 Ca군이 수축기 130.8±8.3mmHg, 이완기 88.1±4.2mmHg이었고 placebo군은 수축기 131.2±8.3mmHg, 이완기 87.1±4.1mmHg이었다. 여자는 Ca군이 수축기 122.9±5.1mmHg, 이완기 82.9±2.6mmHg이었고 placebo군은 수축기 123.0±6.5mmHg, 이완기 82.6±3.5mmHg이었다. 이는 손¹⁹⁾ 및 김등의¹⁴⁾ 한국인 혈압 측정치보다 약간 높은 경향인데 본 실험 대상자 선정시 수축기 혈압의 범위를 110~139mmHg로 한정했기 때문으로 사료된다.

2) 칼슘 및 영양소 섭취량

대상자의 식이를 통한 1일 평균 칼슘 섭취량은 Table 2에서와 같이 실험 초기와 말기에서 남자는 Ca군이 각각 626±244, 631±211mg, placebo군은 632±196, 635±149mg이었으며 여자 Ca군은 542±227, 513±178mg, placebo군은 535±225, 552±203mg으로서 전 실험기간에 걸쳐 비슷한 수준이었으며, Ca군과 placebo군간의 유의적인 차이가 없었다. 한국인 영양권장량과 비교할 때 남자는 104~107%,

여자는 36~92% 수준이었다.

에너지 및 다른 영양소 섭취량(Table 2)도 실험군 및 실험 초기와 말기 사이에 유의적인 차이는 없었다.

3) 혈압의 변화

실험기간중 혈압의 변화를 기초 혈압에 대한 백분율로 표시한 결과는 Table 3과 같다. 남자는 Ca군에서 수축기, 이완기 혈압이 모두 6주 후부터 시작하여(수축기, p<.05 : 이완기, p<.01) 20주후까지 계속 유의성있게 감소하였다. 여자 Ca군에서도 수축기 혈압은 6주 후부터(p<.05), 이완기 혈압은 8주후부터(p<.01) 시작하여 20주까지 계속 감소하였다. 그러나 placebo군에서는 20주의 실험 기간 동안 남녀 모두에서 유의적인 혈압 변동을 볼 수 없었다. 이러한 결과는 Belizan등의⁹⁾¹²⁾ 칼슘 보충 투여 실험에서 dorsal position의 이완기 혈압만이 남자는 6주후, 여자는 8주 후부터 감소하는 경향을 보였다는 결과와 비슷한 경향이다. 그러나 본 연구에서는 수축기 혈압도 함께 감소하였다. 혈압 강하 정도를 보면(Table 3) 칼슘투여 20주후 수축기 혈압은 남자 Ca군에서 6.5%(8.5mmHg, p<.001), 여자 Ca군은 6.6%(8.1mmHg, p<.001) 강하하였으며, 이완기 혈압은 남자 Ca군에서 8.1%(7.4 mmHg, p<.001), 여자 Ca군에서 7.3%(6.2mmHg,

Table 2. Mean daily intakes of some nutrients at basal and final studying periods

Nutrient	Treatment group	Men		Women	
		Basal	Final	Basal	Final
Energy (kcal)	Ca	2138.2±418.2	2137.7±339.4	1718.8±382.1	1753.1±308.0
	Placebo	2192.0±229.1	2227.4±239.6	1608.3±243.9	1667.6±316.0
Protein (g)	Ca	82.1± 19.6	81.9± 25.3	65.3± 15.8	67.4± 22.3
	Placebo	83.1± 19.4	85.0± 18.8	72.1± 26.3	70.0± 15.6
Fat (g)	Ca	42.7± 31.4	44.0± 21.6	40.1± 15.7	42.3± 14.6
	Placebo	36.8± 16.2	39.4± 14.8	36.0± 15.0	38.8± 13.9
Calcium (mg)	Ca	625.7±244.4	631.1±211.1	542.1±227.4	513.3±178.0
	Placebo	632.3±196.2	635.5±149.4	535.2±225.3	551.9±202.9
Phosphorus (mg)	Ca	780.6±211.5	792.9±391.0	578.8±168.2	611.9±160.7
	Placebo	625.8±257.0	651.5±283.9	656.0±279.6	621.3±241.9

Values were Mean±SD.

Table 3. Blood pressure percent change of the basal value during calcium supplementing period

Sex	Treatment group	Blood pressure percent change (%)									
		Supplementing period									
		2 weeks	4 weeks	6 weeks	8 weeks	10 weeks	12 weeks	14 weeks	16 weeks	18 weeks	20 weeks
Men	SBP	Ca	-0.12±1.28	-0.15±2.18	-2.45±2.56*	-1.94±4.43	-3.98±4.12*	-3.85±4.03*	-5.22±4.39**	-5.49±4.11**	-6.52±4.18***
	Placebo	0.40±1.73	0.20±1.25	0.17±4.26	0.83±3.12	-0.13±2.71	-0.38±1.98	0.66±2.46	-0.08±1.32	0.43±1.89	1.28±4.87
	Ca	0.30±0.61	-0.49±2.15	-3.58±2.79**	-3.25±2.9**	-5.67±2.83***	-4.58±2.33***	-7.87±4.11***	-7.34±3.20***	-7.93±3.00***	-8.10±3.30***
	Placebo	0.83±1.33	0.48±3.70	-0.30±3.12	-0.73±4.64	-0.61±3.22	-0.63±2.40	-0.23±2.77	-0.81±1.09	-1.20±3.23	-0.17±4.47
Women	SBP	Ca	0.26±1.00	0.57±1.91	-1.60±2.18*	-2.12±2.98*	-4.00±4.26**	-3.85±3.79**	-6.44±3.56***	-5.87±4.77**	-6.56±2.41***
	Placebo	-0.04±0.43	-0.70±1.32	-0.54±1.23	-0.99±1.41	-0.75±1.41	-0.60±1.75	-0.57±0.90	-1.19±1.76	-1.11±1.72	-1.67±1.38
	Ca	0.55±2.46	0.48±2.82	-1.27±2.00	-3.72±3.04**	-4.45±3.37**	-4.87±1.95***	-5.24±3.09***	-7.45±2.53***	-6.05±4.10***	-7.33±3.75***
	Placebo	-0.06±0.56	-0.24±1.80	-0.21±2.56	-2.03±2.59	-0.41±4.14	-1.24±2.50	-1.25±1.15	-2.20±2.40	-0.62±4.14	-2.02±3.96

Value were mean±SD
 *p<.05, **p<.01, ***p<.001, comparing with placebo.
 +p<.01, ++p<.001, DBP % decrease was larger than SBP % decrease.

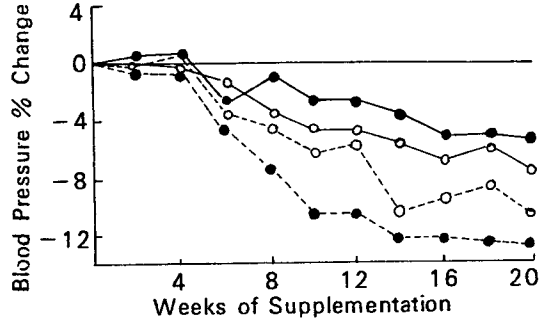


Fig. 1. Comparison of blood pressure lowering effect of calcium supplementation between in the subjects with basal SBP 135-139 mmHg (n=4) and in the subjects with basal SBP 110-134 mmHg. Basal SBP 135-139/SBP-Ca, ●---●; DBP-Ca, ○---○. Basal SBP 110-134/SBP-Ca, ●---●; DBP-Ca, ○---○.

p<.001) 강하하였다. 혈압 강하 정도는 남녀간에 차이는 없었으나 전 실험 기간에 걸쳐 이완기 혈압이 수축기 혈압보다 강하 정도가 약간 크게 나타났다(남 : p<.001, 여 : p<.01). Belizan 등의 연구에서는⁹⁾ 칼슘 보충 22주 후 dorsal position에서의 이완기 혈압의 감소 정도가 남자에서는 9%, 여자에서는 5.6%로 보고되었다. 본 실험에서 대상자들을 기초 수축기 혈압이 135mmHg이상(Ca군, 남자 3명 여자 1명 : placebo군, 남자 3명 여자 1명)과 135 mmHg 미만으로 다시 나누고, 전술한 바와 같이 혈압 강하율이 남녀간에 유의적인 차이가 없었으므로 남녀 합하여 혈압 강하 정도를 비교한 결과는 Fig. 1과 같다. 기초 수축기 혈압이 135mmHg이상일 경우 Ca군의 20주 후의 수축기 및 이완기 혈압 강하는 각각 12.67±1.86% (18.9mmHg), 10.71±1.40% (9.6mmHg)로서 기초 수축기 혈압이 135 mmHg미만인 경우의 남녀 합한 Ca군의 각각 5.31±5.09% (6.59mmHg), 7.12±3.59% (6.44mmHg)보다 월등 큼을 알 수 있다. 그러나 기초 수축기 혈압이 135mmHg이상이었다면 placebo군에서는 135mmHg 미만인 경우와 마찬가지로 혈압 변동이 없었다. 비록 수축기 혈압이 135mmHg이상인 대상자 수가 매우 적기는 하지만 이러한 결과는 혈압이 높을수록

Table 4. Change of serum Ca, Mg, Ca/Mg ratio, and albumin levels during calcium supplementation

Serum Index	Treatment group	Men			Women		
		Supplementing period, week			Supplementing period, week		
		0	8	20	0	8	20
Ca (mg/100ml)	Ca	9.16±0.71	10.28±1.32***	10.49±0.63***	9.05±1.08	9.85±1.30**	10.08±0.84*
	Placebo	9.47±1.05	9.58±0.97	9.50±0.48	9.22±1.57	9.29±1.29	9.41±0.46
Mg (mg/100ml)	Ca	2.51±0.21	2.76±0.19*	2.61±0.21	2.47±0.14	2.51±0.35	2.48±0.20
	Placebo	2.68±0.16	2.72±0.30	0.62±0.22	2.45±0.24	2.48±0.3	2.43±0.17
Ca/Mg Ratio	Ca	3.68±0.49	3.74±0.50	4.03±0.39	3.69±0.51	3.97±0.52***	4.11±0.56**
	Placebo	3.55±0.49	3.57±0.57	3.59±0.48	3.77±0.53	3.78±0.55	3.89±0.28
Albumin (g/100ml)	Ca	5.02±0.45	5.15±1.03	4.90±0.31	4.74±0.33	4.87±0.64	4.77±0.24
	Placebo	4.99±0.48	5.13±1.47	4.90±0.30	4.80±0.70	4.82±0.79	4.75±0.45

Values were Mean±SD.

*P<.05, **P<.01, ***P<.001, comparing with basal value(0 week)

Table 5. Correlation coefficients, r between blood pressure and serum Ca and Ca/Mg ratio

	Blood Pressure	Serum Ca	Serum Ca/Mg
Men (n=23)	SBP DBP	-.100 -.099	-.152 -.039
Women (n=24)	SBP DBP	-.213* -.301***	-.065 -.135
Total (n=47)	SBP DBP	-.069 -.119	-.174** -.194**

*p<.1 **p<.05 ***p<.02

칼슘공급이 혈압 강하에 미치는 효과가 더욱 클것임을 시사한다. 이 추정은 다른 연구 결과에 의해 밀받침되고 있다. 즉 McCarron 등의 연구²⁴⁾에서 1일 1g 의 칼슘을 8주동안 투여시 수축기 혈압이 10 mmHg 이상 감소한 대상자의 비율이 정상 혈압인 경우 19%이었으나 고혈압인 경우에는 44%나 되었다. Johnson 등의 연구에서는¹⁰⁾ 고혈압인 경우 수축기 혈압이 13mmHg 감소한 반면 정상 혈압인 경우 유의적인 감소를 보이지 않았다고 하였다.

4) 혈청 칼슘, 마그네슘, 칼슘/마그네슘 비율

대상자의 혈청 중 칼슘, 마그네슘, 칼슘/마그네슘 비율 및 알부민 농도의 칼슘 보충 공급에 따른 변화는 Table 4와 같다. 기초 혈청 칼슘 농도의 평균값이 남녀 모두 9.05~9.47mg/100ml 범위로서 안이²⁵⁾ 측정한 정상인의 농도 9.78mg/100ml, 김등의²⁶⁾ 10.2mg/100ml보다 다소 낮았으나 정상 범위(9.02~11.0mg/100ml)²⁷⁾에 속하였다. 이 농도는 칼슘 보충에 따라 남자의 경우 20주 후 10.49mg/100ml로서 계속 증가하였으며(p<.001) 여자도 20주 후 10.08mg/100ml로 증가했다(p<.05). 남녀 placebo군은 모두 유의적인 증가를 보이지 않음으로써 칼슘의 보충 공급이 혈청 칼슘 농도를 상승시켰음을 알 수 있다. 전 실험기간에 걸쳐 Ca군과 placebo군을 합하여 혈압과 혈청 칼슘농도 간의 상관계수를 구한 결과 (Table 5) 여자에서 수축기 및 이완기 혈압이 모두 유의적인 음의 상관을 보였다(수축기, r = -.213, p<.1; 이완기, r = -.301, p<.02). 이 결과는 혈청

칼슘의 농도가 혈압과 상관이 있을 가능성이 있음을 제시해 준다. Parrott-Garcia 등의 연구에서는²⁸⁾ 혈청 총 칼슘 농도와는 상관이 없었으나 혈청 이온화된 칼슘 농도와 혈압 사이에는 유의적인 상관이 나타났음이 보고되었다. 혈청 단백질이 증가함에 따라 결합 칼슘이 증가하는데²⁹⁾ 본 실험에서는(Table 4) 남녀 Ca군과 placebo군간에, 그리고 전 실험기간에 걸쳐 혈청알부민 농도 변화는 없었다. 그러므로 칼슘 보충에 의한 혈청 칼슘 농도의 상승은 이온화된 칼슘의 증가에 기인한다고 추측할 수 있겠다. 칼슘보충의 혈압 감소 효과에 대한 기전은 아직 명백하지 않다. 혈관평활근의 이완¹⁾⁸⁾, 소듐(Na) 배설¹⁾⁸⁾, prostaglandin 합성⁸⁾ 등과 관련되어 몇가지 가설이 제시되고 있는데 이중 칼슘의 혈관 평활근에 대한 영향이 가장 주목받고 있다. 칼슘의 보충은 혈청중 이온화된 칼슘농도를 상승시키고 혈관 평활근 세포막을 안정화시킴으로써 혈압을 저하시킬 수 있다. 과량의 혈청 칼슘은 칼슘운반차단제(entry blockers)와 같은 방법으로 자신의 세포내로의 유입을 방해하며 그 결과 세포내 저장칼슘의 방출이 억제되고 세포질내 칼슘농도가 저하되면 혈관 평활근의 이완이 일어나서 혈압이 떨어질 것으로 추측되고 있다¹⁾⁸⁾. 이러한 과정이 부갑상선호르몬³⁰⁾ 또는 prostaglandin³¹⁾을 매개로 하여 일어날 것이라는 보고들도 있다.

최근 칼슘과 더불어 마그네슘이 혈압에 어떤 영향을 미칠 수 있을 것으로 보고되고 있다³²⁾³⁴⁾. 특히

혈중 칼슘과 마그네슘 사이의 평형 유지가 혈압 조절에 중요한 것으로 주장되고 있다²⁾³⁵⁾. 대체로 혈중 칼슘과 마그네슘은 3 : 1의 비율로 존재한다. McCarron 등은³⁵⁾ 고혈압환자는 혈압이 정상인 사람보다 마그네슘 식이섭취량이 낮았음을 보고하였다. Altura와 Altura³⁶⁾의 in vitro 연구는 세포중의 마그네슘고갈이 혈관 평활근의 수축을 증가시켰으며 또한 norepinephrine에 대한 반응을 상승시켰다고 보고하고 있다. 반면 칼슘/마그네슘 비율과 혈압 사이의 관계가 명백하지 않다는 연구 보고도 있다¹⁰⁾. 본 실험에서 혈청 마그네슘의 기초 농도는(Table 4) 모두 정상 범위(1.7~3mg/100ml)²³⁾에 속하였는데 칼슘 보충에 따라 남자 Ca군의 8주 후에 약간의 상승은 있었으나($p < .05$) 그외의 대부분은 유의적인 변화가 없었으므로 칼슘 보충에 의해 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 그러나 칼슘/마그네슘 비율은 칼슘 보충에 의해 남녀 모두에서 상승하였다. 남자 Ca군의 경우 칼슘/마그네슘 비율이 3.68에서 20주 후에 4.03으로 증가하였고 여자도 3.69에서 4.11로 증가하였다. 또한 혈압과 칼슘/마그네슘 비율의 상관 관계를 살펴보면 남녀를 합했을 때 전 실험기간에 걸친 수축기 혈압($r = -.174, p < .05$)과 이완기 혈압($r = -.194, p < .05$) 모두가 칼슘/마그네슘 비율의 증가에 따라 혈압이 감소하는 유의적인 음의 상관관계를 보였다. 이러한 상관관계는 혈청 칼슘농도의 상승에 기인한 것으로 생각된다. 상술한 대로 혈청 마그네슘 농도가 거의 변화하지 않은

Table 6. Change of urinary sodium excretion by calcium supplementation

Urinary Na	Treatment Group	supplementing period, week			
		Men		Women	
		0	20	0	20
Na, mEq/day	Ca	221.7±67.2 (n=8)	243.4±47.2 (n=8)	181.7±56.5 (n=9)	185.4±50.4 (n=9)
	Placebo	231.6±77.0 (n=8)	241.8±63.7 (n=8)	180.2±63.5 (n=9)	181.8±80.0 (n=9)
Na, g/g creatinine	Ca	4.45±1.50	4.66±0.91	4.30±1.41	4.60±2.10
	Placebo	4.60±1.67	4.75±1.31	4.48±1.65	4.56±1.76

Values were Mean±SD

상태에서 혈청 칼슘 농도가 상승함에 따라 혈압이 저하하였으며, 혈청칼슘농도도 혈압과 유의적인 음의 상관관계를 보였기 때문이다. 그러므로 본 실험결과로서 칼슘/마그네슘 비율 또는 마그네슘이 혈압에 미치는 어떠한 영향도 추정하기는 곤란하다.

5) 뇨중 Na배설

과다한 Na섭취는 혈압 상승 내지 고혈압 발생의 원인으로 알려져 있으며³⁷⁾ 뇨중 Na 배설량은 식이 Na 섭취량을 반영한다고 보고되고 있다³⁸⁾. 본 대상자의 기초 1일 Na배설량은 Table 6과 같이 남자 Ca군이 221±67.2mEq, placebo군이 231.6±77.0 mEq였고, 여자는 Ca군이 181.7±56.5mEq, placebo군이 180.2±63.5mEq로서 남녀간에는 차이가 있으나 Ca군과 placebo군간에는 유의적인 차이가 없었다. 이것은 실험군간에 식이를 통한 Na섭취량이 별 차이가 없음을 시사한다. 뇨중 Na배설량은 서의³⁹⁾ 중년 남자 250.3±107.0mEq, 여자 183.3±83.24mEq, 박과 이의⁴⁰⁾ 20대남자 199.1mEq, 여자 174.5 mEq와 비교해 볼 때 비슷한 수준이었으나 김과 백의³⁸⁾ 20대 여자 137.9±42.7mEq보다는 현저히 높았다.

칼슘의 보충 섭취가 나타내는 혈압 강화 효과에 대한 기전으로서 뇨중 Na배설의 촉진이 제시되고 있다. Popvtzer는⁴¹⁾ 칼슘 보충이 Na배설을 촉진시킨다고 보고하였으며, 신장에서 칼슘과 Na의 이동 기전, 따라서 이들의 renal clearances 사이에 밀접한 관계가 있을 것으로 추측되고 있다⁴²⁾. 이에 따라 본 실험에서 칼슘 보충 20주 후에 뇨중 Na 배설량을 측정해 본 결과 기초 Na배설량과 비슷한 수준으로서 칼슘 보충에 따른 어떠한 유의적인 변화가 나타나지 않았다. Placebo군에서도 같은 경향이었다. 실험초기와 말기의 식사 섭취수준에 별 차이가 없었으므로(Table 2) 식이 Na섭취량이 비슷하다고 간주했을 때 본 실험에서는 칼슘의 보충 공급이 뇨 중 Na배설에 별 영향을 미치지 않은 것으로 사료된다. 또한 표에는 나타나지 않았으나 수축기 또는 이완기 혈압과 Na배설량과 상관관계를 알아본 결과 전혀 유의적인 상관관계가 나타나지

않았다.

결론적으로 칼슘의 영양 상태가 정상이며 정상 혈압을 갖는 20대 남녀에게 1일 1g의 칼슘 보충 섭취는 확실히 혈압을 저하시켰으며 이것은 혈액 중의 칼슘 또는 칼슘/마그네슘 비율의 상승과 관련이 있는 듯 하며 뇨 중 Na배설량과는 상관이 나타나지 않았다.

요약 및 결론

칼슘의 보충 섭취가 혈압 강화에 미치는 효과를 알아보기 위하여 만 20~26세의 정상 혈압을 가진 건강한 대학생 47명(남 23명, 여 24명)을 대상으로 남녀 각각 칼슘 보충군(Ca군)과 placebo군으로 나누어 20주동안 1일 1g의 Ca(CaCO₃: 2.5g) 또는 placebo를 투여하여 혈압의 변동 및 혈청 Ca, Mg 농도, 뇨중 Na배설을 측정된 결과는 다음과 같다.

대상자들의 연령, 체중, 신장, body mass index는 Ca군과 placebo군 간에 유의적인 차이가 없었다. 연속 3일간의 24시간 회상법을 이용한 식이 섭취 조사 결과 실험 초기와 말기의 1일 평균 칼슘 섭취량은 남자는 Ca군이 각각 626,631mg, placebo군은 632,635mg이었으며, 여자 Ca군은 542,513mg, placebo군은 535,552mg으로서 전 실험 기간에 걸쳐 비슷한 수준이었으며, Ca군과 placebo군간의 유의적인 차이가 없었다. 또한 이들의 혈청 칼슘 농도도 남녀 모두 정상 범위에 속하였다.

1. 혈압은 placebo군에서는 큰 변동은 없었으나 Ca군에서는 유의적으로 저하하였다. 기초 혈압과 비교하였을 때 남녀 모두에서 칼슘보충 6~8주후부터 수축기 및 이완기 혈압이 감소하기 시작하여 실험 마지막 20주까지 계속 저하하였다. 20주 후의 혈압 강화 정도는 수축기 혈압이 남녀 각각 기초 혈압의 6.53% (8.9mmHg), 6.55% (8.1mmHg), 이완기 혈압은 8.10% (7.4mmHg), 7.33% (6.2mmHg)로서 남녀 사이에는 별차이가 없었다. 이중 수축기 기초 혈압이 135~139mmHg이었던 Ca군(남자 3명, 여자 1명)은 수축기 및 이완기 혈압의 감소 정도가 20주 후에 각각 12.67% (18.9mmHg), 10.71% (9.63 mmHg)로서 수축기 혈압이 135mmHg 미만인 Ca

군보다 크게 나타났다.

2. 혈청 칼슘농도는 칼슘 보충에 따라 남녀 모두 유의적인 증가를 보였으며 여자의 경우 전 실험기간에 걸쳐 혈청 칼슘 농도는 수축기($r = -.213$) 및 이완기($r = -.301$)혈압과 음의 상관관계를 나타냈다. 혈청 마그네슘은 전 실험기간에 걸쳐 유의적인 농도변화는 없었는데 혈청 칼슘/마그네슘 비율은 남자 Ca군에서는 20주 후에 여자 Ca군에서는 8주 후부터 증가하였으며, 이 비율은 남녀합한 경우 전 실험기간에 걸쳐 수축기 혈압($r = -.174$) 및 이완기 혈압($r = -.194$)과 음의 상관관계를 보였다.

3. 뇨중 Na 배설량은 Ca 보충에 따라 유의적인 변화를 보이지 않았으며 혈압과도 어떤 유의적인 상관관계를 나타내지 않았다.

REFERENCES

- 1) Karanja N, McCarron DA. *Calcium and hypertension. Ann Rev Nutr* 6 : 475-494, 1986
- 2) Resnick LM. *Uniformity and diversity of calcium metabolism in hypertension. Am J Med* 82(suppl 1B) : 16-26, 1987
- 3) Schroeder HA. *Relation between mortality from cardiovascular disease and treated water supplies. J Am Med Assoc* 172(17) : 1902-1908, 1960
- 4) McCarron DA, Morris CD, Henry HJ, Stanton JL. *Blood pressure and nutrient intake in the United States. Science* 224 : 1392-1398, 1984
- 5) Ackley S, Barrett-Connor E, Suarez L. *Dairy products, calcium, and blood pressure. Am J Clin Nutr* 38 : 457-461, 1983
- 6) Ayachi S. *Increased dietary calcium lowers blood pressure in the spontaneously hypertensive rat. Metabolism* 28 : 1234-1238, 1979
- 7) McCarron DA. *Blood pressure and calcium balance in the Wistar Kyoto rat life. Science* 30 : 683-689, 1982
- 8) Belizan JM, Pineda O, Sainz E, Menendez LA, Villar J. *Rise of blood pressure in calcium-deprived rats. Am J Obstet Gynecol* 14 : 163-169, 1981
- 9) 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
- 10) Johnson NE, Smith EL, Freudenheim JL. *Effects on blood pressure of calcium supplementation of women. Am J Clin Nutr* 42 : 12-17, 1985
- 11) Grobbee DE, Hofman A. *Effect of supplementation on diastolic blood pressure in young people with mild hypertension. Lancet* 703-706, Sept. 27, 1986
- 12) Belizan JM, Villar J, Salazar 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
- 13) McCarron DA, Morris CD. *Blood pressure response to oral calcium in persons with mild to moderate hypertension. Ann Intern Med* 103 : 825-831, 1985
- 14) 김준석, 박기서, 강경호. 1980년 한국 노무자 및 사무직자의 혈압 및 고혈압의 역학. 대한의학협회지 25(5) : 436-442, 1982
- 15) 유동준. 일부 노인성 고혈압에 관한 역학적 고찰. 경희대 논문집 10(1) : 117-122, 1985
- 16) 경제 기획원 조사 통계국. 1985년 사망원인 통계연보. 1985
- 17) 맹광호, 조애조, 공세권. 한국 남성의 심혈관 질환(고혈압성 질환 및 뇌혈관 질환)으로 인한 사망 관련 요인 연구. 1987 미간행
- 18) 보건 사회부. 1986년 국민영양조사 보고서. 1986
- 19) 손의석. 한국인 고혈압의 역학. 대한의학 협회지 16(11) : 897-905, 1973
- 20) 임상검사법 제요. 고문사 pp360-361, 380-381, 421-422, 1986
- 21) 김성옥, 문범수. 한국 청소년의 식염 배설량에 관한 연구. 한국영양학회지 19(6) : 357, 1986
- 22) Watson RL, Langford HG. *Usefulness of overnight urines in population groups. Am J Clin Nutr* 23 : 290-304, 1970
- 23) 한국영양학회. 한국인구보건 연구원. 한국인 영양권장량 제4개정판 1985

- 24) McCarron DA, Henry HJ, Morris CD. *Randomized placebo-controlled trial at oral Ca⁺² in human. Clin Res* 32 : 37A, 1984
- 25) 안승훈. LGL 증후군의 혈청 칼슘치에 관한 연구. 충남 의대 잡지 10(1) : 152, 1983
- 26) 김양애, 승정자. 한국 성인 여자에 있어서 나트륨섭취수준이 체내칼슘대사에 미치는 영향. 한국영양학회지 20(4) : 246-257, 1987
- 27) Avioli LV. *Calcium and phosphorus. In : Goodhart RS, Shils ME, eds. Modern Nutrition in Health and Disease. Lea and Febiger, New York* 294-309, 1980
- 28) Parrott-Garcia M, McCarron DA. *Calcium and hypertension. Nutr Rev* 42(6) : 205-213, 1984
- 29) 송정석, 김윤수. 생화학. 연세대학교 생화학교실 서울 pp376, 1983
- 30) Borle AB, Uchikawa T. *Effects of parathyroid hormone on the distribution and transport of calcium in cultured kidney cells. Endocrinology* 102 : 1725-1732, 1978
- 31) Hassid A, Oudinet JP. *Relationship between cellular calcium and prostaglandin synthesis in cultured vascular smooth muscle cells. Prostaglandins* 32(3) : 457-478, 1986
- 32) Resnick LM. *Dietary calcium and hypertension. J Nutr* 117 : 1806-1808, 1987
- 33) Jones MR, Mrtins JE, Clemens RA. *Mineral balance and blood pressure in the young spontaneously hypertensive rat. J Nutr* 118 : 114-120, 1988
- 34) Kok FJ, Vandenbroucke JP, Heide-Wessel C, Heide RM. *Dietary sodium, calcium, and potassium, and blood pressure. Am J Epidemiol* 123 : 1043-1048, 1986
- 35) McCarron DA. *Calcium and magnesium nutrition in human hypertension. Ann Intern Med* 98(2) : 800-805, 1983
- 36) Altura BM, Altura BT. *Magnesium ions and contraction of vascular smooth muscles : relationship to some vascular diseases. Fed Proc* 40 : 2672-2679, 1981
- 37) Joossens JV, Geboers J. *Dietary salt and risk to health. Am J Clin Nutr* 45 : 1277-1288, 1987
- 38) 김영선, 백희영. 우리나라 성인 여성의 Na 섭취량 측정 방법의 모색. 한국 영양학회지 20(5) : 341-349, 1987
- 39) 서순규. Sodium 섭취 및 배설과 고혈압. 인간과학 4(12) : 45-73, 1980
- 40) 박태선, 이기열. 한국 대학생의 sodium과 potassium 대사에 관한 연구. 한국 영양학회지 18(3) : 201-208, 1985
- 41) Popovtzer MM. *Disorders of calcium, phosphorus, vitamin D and parathyroid hormone activity. In : Schrie RW ed. Renal and electro-activity disorders. Boston, Little Brown* 1976
- 42) Walser M. *Calcium clearances as a function of sodium clearances in the dog. Am J Physiol* 200 (5) : 1099-1164, 1961