

식이 칼슘 섭취수준이 고혈압·가족력이 있는 청년기 여성의 혈압 및 칼슘대사에 미치는 영향*

이정원 · 황연숙 · 홍성남 · 임혜선

충남대학교 가정대학 가정교육과

Effects of Dietary Calcium Levels on Blood Pressure and Calcium Metabolism in Normotensive Female Young Adults with the Hypertension Family History

Lee, Joung-Won · Hwang, Yean-Suk

Hong, Seong-Nam · Im, Hae-Sone

Department of Home Economics Education, College of Home Economics,
Chung-nam National University, Taejon, Korea

ABSTRACT

The effects of dietary calcium levels on the blood pressure and calcium metabolism were investigated. Nine normotensive female college students having hypertension family history were participated in 4-week dietary experiments. They were provided with either high Ca diet (HCa, average 797mg/day) or low Ca diet(LCa, average 225mg/day) during two weeks, each, consecutively. Sodium amounts of the both diets were 3566~4022mg/day, which were ordinary sodium intake levels in Korea.

After the HCa, systolic blood pressures(SBP) in both seated and isogrip-seated positions were decreased by about 2.5mmHg, comparing with those after the LCa($p < .05$). Diastolic blood pressures(DBP) were not changed by dietary calcium levels.

Serum total Ca, ionized Ca, Mg and P levels and Ca/Mg ratio were not different between the HCa and the LCa. Serum parathyroid hormone(PTH) levels were similar between two diets, but individually in seven of nine subjects, the slightly lower values of PTH were observed after the HCa than after the LCa. Urinary excretion of Ca($p < .01$), Mg($p < .05$) and P($p < .1$) were increased after the HCa comparing with the LCa, but Ca/Mg ratio were not different between the two diets.

SBP was in positive correlations with both urinary excretion of Ca(supine, $r = .7356$, $p < .05$) and urinary Ca/Mg ratio(isogrip-seated, $r = .7483$, $p < .05$). SBP was also negatively correlated with serum P level(supine, $r = -.6930$, $p < .05$) and DBP was in negative correlation with urinary P excretion(seated, $r = -.8586$, $p < .01$). Serum total and ionized Ca, Mg, Ca/Mg ratio were

*제작일 : 1993년 8월 20일

*본 연구의 일부는 1991년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

not significantly correlated with blood pressures.

KEY WORDS : dietary calcium level · blood pressure · serum total and ionized calcium · parathyroid hormone.

서 론

우리나라는 급속한 경제 발전과 생활 수준의 향상으로 질병 양상이 선진국형으로 빠르게 변하고 있으며, 그 중 특히 고혈압은 발생 빈도가 선진국에 비해에서도 높은 편이다¹⁾. 통계청의 1991년 통계 연보²⁾에 의하면 우리나라 사람들의 사망원인 중 고혈압이 전체 사망자의 5.5%이며 고혈압이 가장 위험요인이 되고 있는³⁾ 뇌혈관 질환이 13.3%, 심장병이 9.0%나 되고 있다.

고혈압은 유전적 소질과 환경이 원인으로서 중요하게 작용하는 것으로 알려져 있다. 특히 환경적 요인으로 식염의 과잉 섭취, 스트레스, 비만, 운동 부족, 알콜 섭취, 흡연 등이⁴⁾ 혈압을 상승시킨다고 보고되고 있다. 우리나라의 고혈압 발생은 전통적이고 만성적인 나트륨의 과잉 섭취와 밀접한 관련이 있으며, 우리나라 성인의 평균 나트륨 섭취량은 하루 3900mg~6000mg(NaCl 10~15g)으로서⁵⁻⁷⁾ 생리적 필요량의 10~20배가 되는 셈이다.

그런데 지난 10여년간 칼슘 섭취부족이 본태성 고혈압과 원인적으로 관련되어 있을 것을 제시하는 자료들이 여러 역학적인 조사⁸⁻¹¹⁾와 실험동물¹²⁻¹⁴⁾ 및 고혈압 환자를 대상으로 한 생화학적 연구 그리고 칼슘 보충 공급을 통한 혈압 변동 연구¹⁵⁻¹⁸⁾ 등에 의해 축적되고 있다. 우리나라 모든 연령 층에 걸쳐 칼슘 섭취 상태가 양호하지 못한 형편으로서, 점차 조금씩 증가하는 추세이나, 1990년 보건사회부의 국민영양조사¹⁹⁾에 의하면 우리나라 국민 1인당 1일 평균 칼슘 섭취량이 전국이 517 mg이고, 영양권장량의 75% 미만을 섭취하는 가구가 전체 조사대상의 53.7%나 되었다. 이와 같이 칼슘의 장기적인 섭취부족은 나트륨의 과잉 섭취와 함께 고혈압 발생의 증가에 상승적으로 영향을 미쳤을 가능성이 클 것으로 생각된다.

그러므로 국민 보건 향상을 위해 이에 대한 활

발한 연구와 관심이 요구된다. 본 연구실에서는 건강한 남녀 대학생들에게 12주간 1g의 칼슘을 매일 보충 투여함으로써(single-blinded, placebo controlled) 6~8주후부터 수축기 및 이완기 혈압이 감소하였음을 이미 보고한 바 있다²⁰⁾. 또한 고혈압 가족력이 있으나 혈압이 정상인 청년기 여자에게서 식이 나트륨의 제한이 혈압 강하에 매우 효과적이며, 하루 1g의 칼슘보충이 특히 저나트륨 식이 후 나트륨의 재공급에 따르는 혈압 상승을 억제할 수 있음을 관찰한 바 있다²¹⁾. 그런데 Witterman 등²²⁾과 Harlan과 Harlan은²³⁾ 칼슘섭취가 일일 400mg 미만인 경우에 고혈압과 상관이 크며 800mg 수준 이상이면 그 상관성이 둔화된다고 보고하고 있고, Zemel 등²⁴⁾은 칼슘보충의 혈압상승 억제효과는 나트륨 섭취량이 높은 경우에만 나타났으며 일상의 나트륨 섭취량이 높고 칼슘 섭취량이 낮은 경우에 그 효과가 더욱 확실하게 나타날 것으로 추정하였다. 그러나 아직도 칼슘섭취 수준이 임상적으로 혈압조절 및 고혈압 발생에 어느정도 관계하는지 분명하지 않다.

그리하여 본 연구에서는 정상혈압을 가지나 고혈압의 가족력이 있는 여대생을 대상으로 우리나라의 일상적인 높은 나트륨 섭취 수준에서 식사이외의 칼슘제 보충공급 없이 식이 칼슘 섭취량의 권장량 충족 여부가 혈압 변동에 어떤 영향을 미칠 것인지를 알아보고 동시에 칼슘 대사 및 부갑상선 홀몬의 변동을 측정하여 기전을 추정해 보고자 하였다.

실험 방법

1. 실험대상자 선정 및 실험설계

흡연, 약물복용이나 특정한 병 경력이 없는 외견상 건강하다고 판단되는 충남대학교 여학생중에서 직계형제, 부모 및 조부모 수준에서 본태성 고

식이 칼슘 섭취수준과 혈압 및 칼슘대사

혈압의 가족력을 갖고 있으며 2주간에 걸친 4회의 혈압 측정을 통해 현재 혈압이 정상범위에 속하는 학생 9명이 실험 대상자로 선정되었다. 실험 대상자들은 실험의 목적과 제반 준수사항을 충분히 이해하고 수행할 의사가 있음이 면접을 통해 확인되었으며, 전원이 끝까지 실험에 참여하였다. 실험기간동안 실험대상자들은 학교, 가정에서 평상시와 똑같이 자유롭고 정상적인 생활을 하였다. 3끼의 식사만 학교 조리실 식당에서 섭취하도록 하였으며 제공되는 음식 이외의 식품은 절대 섭취하지 않도록 감독하였다.

실험대상자 9명이 임의로 4명과 5명씩 두개의 실험군으로 나뉘어져 4주간(1992. 4.28~1992. 5. 28)의 식이실험에 참여하였다. 4주간의 식이실험을 2주씩 2단계로 구분하고 cross-over design을 응용하여 Fig. 1과 같이 설계하였다. 즉 실험식이 시작전 이틀간의 적응기간을 둔 후 1군에게는 처음 2주 동안은 1일 800mg의 칼슘을 함유한 high calcium diet를 다음 2주동안에는 1일 300mg의 칼슘을 함유한 low calcium diet를 공급하고, 2군에게는 순서를 뒤바꾸어 처음 2주 동안에 low calcium diet 다음 2주동안 high calcium diet를 공급하였다. 실험 후 제 2주 및 제 4주째의 마지막 날에 24시간 노를 채취하였으며 다음날 아침 식사전 공복시에 혈압을 측정한 후 혈액을 채취하였다.

2. 실험식이

실험 식이가 평상시 식이내용과 크게 차이가 나지 않도록 하기 위해 실험 대상자의 실험 시작전의

식품섭취량을 24시간 기억법을 이용하여 연 3일간 self-recording을 통해 조사하였다. 수집된 개략적인 섭취 및 산출된 영양소 섭취량은 실험식이 식단 작성에 고려되었다. 2일동안의 적응기간에는 칼슘 함량을 500mg으로 조정하여 실험 시작전의 평상시 칼슘 섭취량($349 \pm 43\text{mg}$)과 실험식이인 high calcium diet와 low calcium diet에 보다 쉽게 적용할 수 있도록 하였다.

실험식이는 장기적인 반복사용에 무리가 적은 5 가지 형태의 1일식단을 식품분석표²⁵⁾와 한국인 영양권장량⁷⁾에 준하여 작성하였다. 기본 식단으로 low calcium diet를 먼저 작성한 후 high calcium diet는 우유 또는 실험실에서 우유를 사용하여 만든 요구르트로 칼슘함량을 증가 조절하였으며 다른 영양소 함량은 두 식이 사이에 유의적인 차이가 없도록 다른 식품으로 대체하여 작성하였다. 실험식이는 실험실에서 섭취케 하였으며 주말과 공휴일에는 아침식사는 실험실에서 하고 점심, 저녁은 도시락으로 싸주어 각자 섭취도록 하였다. 다섯가지 형태의 실험식이를 1일 1인분의 하루 총 중량을 측량한 다음, 탈염수로 세척, 건조시킨 blender로 분쇄하여 균질화시킨 후 일정량을 밀봉한 용기에 담아 무기질 분석시까지 -20°C 에서 냉동 보관하였다.

조리에 필요한 기구 및 식기류는 탈염수로 3회 이상 헹구어 사용하였으며 가능한 플라스틱 제품을 사용하였고 실험대상자들의 식수, 식품의 세척 및 조리수도 모두 탈염수로 사용하였다.

3. 혈압측정

실험시작전과 실험 2주, 4주후의 혈압을 아침 공복 상태에서 의자에 앉은 상태(seated), 누운상태(supine) 및 3분간의 동등한 hand-grip 운동을 한 후 앉은 자세(isogrip-seated)에서 측정하였다. 매 측정시마다 5분간 안정한 상태에서 3~5회 반복하여 그들의 평균치를 혈압으로 하였다. 기초 혈압은 실험시작전과 적응기간 동안 4회 측정한 값을 평균하여 제시하였다. 혈압측정은 전자식 혈압계(Automatic electronic blood pressure meter, National ZH-210AN, Matsushita Electric Industrial Co., Ltd,

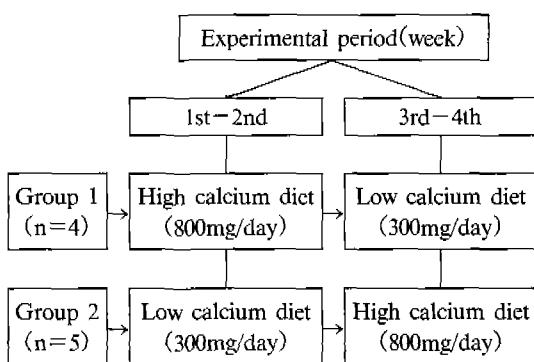


Fig. 1. Block diagram of the experimental design.

Japan)를 사용하여 잘 훈련된 동일한 측정자가 cuffs를 실험 대상자의 상완 동맥에 감아 측정하는 방법으로 실시하였다.

4. 혈액 및 뇨 수집

실험 시작 후 만 2주 및 4주가 되는 날의 다음날, 아침 식사 전의 공복 상태에서 혈액을 1회용 주사기를 이용하여 얼음에 채워진, 혈액 응고 방지를 위해 EDTA(K3) 처리된 진공 tube(Vacutainer) 및 응고방지제가 들어 있지 않은 진공 tube(Vacutainer)에 채취하였다. 이 혈액들은 냉장고속원심분리기(Preparative Ultracentrifuge, Centrikont T-124, Japan)로 4°C에서 3000rpm으로 15분간 원심 분리되었다. 분리된 혈장과 혈청은 microcentrifuge tube(Eppendorf)와 silicon coating된 tube에 1회 사용을 위해 일정량씩 나누어 분석시까지 -70°C에 보관하였다. 이온화 칼슘(ionized Ca) 측정을 위해서는 혈액 채취 직후 liquid paraffin 1~2ml를 혈액 상부에 주입하여 공기와의 접촉을 차단하였고, 그 상태에서 원심 분리하여 혈장을 분리하였다. 분리된 혈장 상부는 liquid paraffin으로 계속 덮힌 상태에서 냉장보관하여 2일 이내에 ionized Ca 측정에 사용되었다.

뇨는 실험 시작 2주 및 4주 후의 마지막 날 채취하였다. 탈염수로 세척하여 건조시킨 1L 용량의 폴리에틸렌 병에 0.2% 염산 5ml를 넣어 각 실험 대상자에게 공급하여 각자 24시간 뇌를 수집하도록 하였다. 수집된 24시간 뇨의 완전성 확인이 어려워 노 성분은 모두 creatinine량을 기준으로 산출하였다. 수집된 뇨를 잘 혼합하여 총량을 mass cylinder로 측정한 후 10ml의 1회용 plastic tube 2개에 약 9ml씩 넣어 분석시까지 -70°C에서 냉동 저장하였다.

5. 시료 분석

무기질 분석에 사용되는 기구는 세척 후 0.2N 염산 용액에 담갔다가 탈염수로 3회 이상 행구어 건조시켜 사용하였다.

혈청과 뇨 중 총 칼슘 농도는 0-cresolphthalein complexone법²⁶⁾을 이용한 Calcium C-test kit(Waco, Japan)을 사용하여 측정하였다. 혈장중 ionized Ca은 진공 tube의 사용 및 liquid paraffin 처리로

공기와의 접촉을 차단시킨 혈장을 시료로 하여 calcium ion selective electrode system(Kone, Finland)을 이용하여 측정하였다.

혈청과 뇨 중 마그네슘 농도는 xylidyl blue법²⁷⁾을 이용한 Magnesium B-test kit(Waco, Japan)을, 혈청과 뇨 중 인 농도는 molybden blue p-methylaminophenol 환원법을 이용한 Phosphor C-test Kit(Wako, Japan)을, 혈청중 알부민 농도는 BCG-Biuret²⁸⁾법을 이용한 A/G B-test kit(Wako, Japan)을, 뇨 중 크레아티닌 농도는 Folin-Wu법²⁹⁾을 이용한 creatinine-test kit(Wako, Japan)을 이용하여 측정하였다.

혈청 부갑상선홀몬(PTH)은 intact PTH를 측정하는 immunoradiometric-assay kit(IRMA-intact, Byk-Sangtec, Germany)을 이용하여 정량하였다. 이때 방사능은 auto-gamma counter(COBRA, Packard, Australia)로 1분간 측정되었다.

실험식이 중 칼슘과 나트륨 정량은 균질화시켜 냉동 보관한 시료 20g 정도를 건식회화법에 의해 500~600°C에서 항량이 될 때까지 회화시킨 후 회분을 염산(1 : 3, 친한 염산 : 탈염수)에 용해시킨 다음, 일정량으로 희석하여 inductively coupled plasma emission spectrophotometer(Plasma 40, Perkin-Elmer)를 이용하여 정량하였다. 이때의 RF power는 1.0KW, RF frequency는 40.68MHz이었으며, Ca은 393.366nm, Na은 589.592nm에서 측정되었다. Sample injection rate는 1ml/min이었다.

6. 자료 처리

모든 실험 결과들은 실험군별 평균과 표준편차를 구했다. 혈압과 혈청 및 뇨 중 성분들의 실험기간에 따른 변화의 유의성과 변화의 실험군 간의 차이의 유의성은 paired t-test로 검증하였다. 항목간의 상관관계는 Pearson's correlation coefficient(r) 및 이에 대한 유의성 검증을 통해 평가하였다³⁰⁾³¹⁾.

결과 및 고찰

실험 대상자의 연령, 체중, 신장, body mass index(BMI) 및 기초 혈압은 Table 1과 같다. 실험 대상자의 평균 연령은 20.4±0.5세 이었고, 키는 156.8

식이 칼슘 섭취수준과 혈압 및 칼슘대사

$\pm 4.9\text{cm}$, 몸무게는 실험 시작 전 $53.2 \pm 7.1\text{kg}$, 마지막 $53.1 \pm 6.4\text{kg}$ 으로 한국의 성인 여자 20~29세의 평균 키 159.5cm , 몸무게 52.5kg ⁷⁾과 비교할 때 큰 차이가 없었으며, 실험기간 동안 체중에는 유의적인 변화가 없었다. 따라서 Body mass index도 실험 시작 전 21.7 ± 2.8 , 마지막 21.7 ± 2.5 로 정상 범위에

Table 1. Baseline measurements of experimental subjects

Measurements	Experimental subjects	
Age(year)	20.4 ± 0.5	
Weight(kg)	Basal	53.2 ± 7.1
	Final	53.1 ± 6.4
Height(cm)	156.8 ± 4.9	
BMI ^a	Basal	21.7 ± 2.8
	Final	21.7 ± 2.5
SBP(mmHg) ^b	Seated	115.2 ± 4.9
	Supine	117.5 ± 6.5
	Isogrip-seated ^d	118.1 ± 6.8
DBP(mmHg) ^c	Seated	71.0 ± 3.6
	Supine	72.2 ± 4.9
	Isogrip-seated	62.9 ± 6.5

Values were mean \pm SD of nine subjects.

a : Body mass index = weight(kg)/height(m²)

b : Systolic blood pressure

c : Diastolic blood pressure

d : Seated position after 3 minute of isometric hand-grip exercise.

속하였으며 실험 기간 중 유의적인 변화가 없었다. 그 밖에 흡연자나 흡연 경험자는 없었고 모임이나 경우에 따라 가끔 술을 마시기는 하나 자주 마시지 않는 것으로 조사되었다.

본 실험 대상자의 실험 시작 전 기초 혈압은 seated, supine 및 isogrip-seated 상태에서 수축기에 각각 $115.2 \pm 4.9\text{mmHg}$, $117.5 \pm 6.5\text{mmHg}$ 및 $118.1 \pm 6.8\text{mmHg}$ 이었고 이완기 때 $71.0 \pm 3.6\text{mmHg}$, $72.2 \pm 4.9\text{mmHg}$, $62.9 \pm 6.5\text{mmHg}$ 이었다. 이는 김등³²⁾이 조사한 20대 여자 수축기 혈압 $111.5 \pm 10.4\text{mmHg}$ 이완기 $74.5 \pm 8.4\text{mmHg}$ 와 비슷한 수준이다.

1. 칼슘 및 영양소 섭취량

실험 4주 동안 실험 대상자의 식이를 통한 하루 영양소 섭취량은 Table 2와 같다. 실험 시작 전의 영양소 섭취량은 Table로 제시하지 않았으나 실험 대상자 중에서 음식 섭취의 기록이 충실하지 못하여 신뢰도가 떨어지는 3명의 자료를 제외한 6명의 식품 섭취량으로부터 산출하였다.

실험 시작 전 일일 칼슘 섭취량은 $349 \pm 43\text{mg}$, 한국인 권장량의 58.2%로서 상당히 낮은 편이었다. 이는 보건사회부의 1990년 국민영양조사의¹⁹⁾ 전국 평균 517mg 보다도 낮은 수준이다. 실험실에서 준비한 적응기간 동안의 칼슘 섭취량은 $516 \pm 9\text{mg}$ 으로 권장량의 86% 수준이며 실험 시작 전의 낮은 섭취량이나 low Ca diet와 high Ca diet에 적응 할

Table 2. Mean daily nutrients intakes from the low and high calcium diets

	Low Ca diet		High Ca diet	
	Calculated	Analysed	Calculated	Analysed
Energy(kcal)	1550 ± 139 (77.5) ^a		1585 ± 119 (79.3) ^a	
Protein(g)	60.0 ± 4.7 (100)		66.7 ± 6.7 (111.2)	
Fat(g)	45.0 ± 10.2		56.8 ± 6.44	
Calcium(mg)	303 ± 19 (50.5)	225 ± 7	826 ± 63 (137.7)	797 ± 124
Phosphorus(mg)		726 ± 32		1120 ± 191
Sodium(mg)		3566 ± 116		4022 ± 528
Potassium(mg)		1999 ± 374		2401 ± 514

Values were mean \pm SD of nine subjects.

a : Percent of Korean Recommended Dietary Allowances, 1989

수 있도록 500mg 수준에서 제공하였다. 실험식이인 low Ca diet와 high Ca diet를 통한 계산된 일일 칼슘 섭취량은 각각 303 ± 19 mg, 826 ± 63 mg으로 권장량의 50.5%, 137.7% 수준이었다. 그러나 식이의 화학분석에 의해 측정된 칼슘섭취량은 각각 225 ± 7 mg, 797 ± 124 mg으로서 계산치보다 적게 나왔으며 권장량의 37.5%, 132.8%이다. 식이조사에 의하면 실험 시작전 우유 섭취량은 약 30ml로 대부분이 우유를 매일 마시지 않거나 적은 양을 섭취하는 것으로 나타났다. High Ca diet에는 하루 400ml의 우유를 공급하였고 low Ca diet에는 우유를 전혀 공급하지 않았다. 실험 기간의 칼슘 급원은 동물성과 식물성이 high Ca diet에는 65:35, low Ca diet에는 20:80이었다.

실험식이를 통한 하루 인(P) 섭취량은 low Ca diet 726mg, high Ca diet 1120mg이었고 칼슘과 인의 비율(Ca/P)은 low Ca diet 0.31, high Ca diet 0.71이었다.

에너지 섭취량은 한국인 영양 권장량과 비교할 때 실험 기간 동안 78~79%의 수준으로 다소 부족하나 실험 전이나 적용 기간과 비교할 때 유의적인 차이는 없었다. 에너지 구성 비율을 보면 탄수화물:지방:단백질의 비율이 low Ca diet가 58:26:16, high Ca diet가 51:32:17로서 권장비율인 65:20:15에 비해 탄수화물은 권장량보다 낮고,

지방은 권장량보다 높으며 단백질은 거의 비슷한 수준이었다. 단백질은 모든 기간에서 권장량의 100% 이상 섭취하였고 단백질 금원별로 보면 동물성과 식물성의 비율이 high Ca diet에서는 49.2:50.8이고 low Ca diet에서는 41.4:58.6이었다. 지방은 low Ca diet 45.0 ± 10.2 g, high Ca diet 56.8 ± 6.4 g을 섭취하였다. 나트륨의 일일 섭취량은 low Ca diet 3565 ± 116 mg(NaCl 9.1g), high Ca diet 4022 ± 528 mg(NaCl 10.2g)로서 김영선과 백희영⁶⁾의 성인 여성 섭취량 3899mg과 비슷한 수준이다. 칼륨의 하루 섭취량은 low Ca diet 1999 ± 374 mg, high Ca diet 2401 ± 514 mg이었다.

2. 식이 칼슘 섭취수준에 따른 혈압의 변화

일상식이를 통해 칼슘의 섭취 수준을 달리했을 때 나타나는 혈압 변화는 Table 3과 같다. 수축기 혈압이 high Ca diet 공급시 seated와 isogrip-seated상태에서 각각 107.87 ± 5.32 mmHg와 112.93 ± 6.15 mmHg로서 low Ca diet의 110.36 ± 3.44 mmHg, 115.62 ± 4.52 mmHg와 비교했을 때 각각 2.49mmHg, 2.69mmHg의 통계적으로 유의한 감소를 보였다($p < .05$). 이완기 혈압은 low Ca diet와 high Ca diet 사이에 의미있는 차이가 없었다. 삼 분 동안의 동등한 handgrip운동을 한 후 seated상태의 혈압은 수축기에는 상승하였으나 이완기에는 오히려 감소하였다. 그런데 Table 3과 수축기 혈압의

Table 3. Effect of dietary calcium levels on blood pressure

		Low Ca diet	High Ca diet
SBP ^a (mmHg)	Seated	110.36 ± 3.44	$107.87 \pm 5.32^*$
	group 1(n=4)	111.15 ± 3.95	110.76 ± 4.76
	group 2(n=5)	109.73 ± 3.30	$105.55 \pm 4.95^*$
	Supine	115.52 ± 6.26	115.27 ± 6.35
	Isogrip-seated ^c	115.62 ± 4.52	$112.93 \pm 6.15^{**}$
	group 1(n=4)	119.19 ± 1.43	116.69 ± 4.71
DBP ^b (mmHg)	group 2(n=5)	112.77 ± 4.04	109.92 ± 5.78
	Seated	67.84 ± 3.09	68.11 ± 5.32
	Supine	69.60 ± 4.63	68.69 ± 5.53
	Isogrip-seated	63.04 ± 4.31	62.79 ± 5.74

Values were mean \pm SD of nine subjects.

a : Systolic blood pressure, b : Diastolic blood pressure

c : Seated position after 3 minute isometric hand-grip exercise

* $p < .05$, Comparing with low Ca diet by paired t-test.

식이 칼슘 섭취수준과 혈압 및 칼슘대사

개인별 변화를 제시한 Fig. 2에서 보듯이 특히 low Ca diet를 먼저 2주간 공급한 후 다음 2주간 high Ca diet를 공급한 group 2(n=5)의 경우 high Ca diet를 먼저 공급하고 나중에 low Ca diet를 공급한 group 1(n=4)보다 혈압 변동의 폭이 커다. 즉 group 2는 seated 상태의 수축기 혈압이 high Ca diet 공급후 105.55 ± 4.95 mmHg로서, low Ca diet 공급후 109.73 ± 3.30 mmHg에 비해 4.2 mmHg의 유의적인($p < .05$, $n=5$) 감소를 나타냈으나, group 1의 경우 seated상태의 수축기 혈압이 high Ca diet 공급후 110.76 ± 4.76 mmHg, low Ca diet 공급후 111.15 ± 3.95 mmHg로서 별 차이가 없었다. Isogrip-seated상태의 수축기 혈압은 group 1에서 high Ca diet 후 116.69 ± 4.71 mmHg, low Ca diet 후 119.19 ± 1.43 mmHg이었고, group 2는 각각 109.92 ± 5.78 mmHg, 112.77 ± 4.04 mmHg이었다. 두 group 모두 high Ca diet에서 약 2.5 mmHg의 감소를 보였으나 group내

통계적 유의성은 없었다. 그러나 p value는 group 2에서 보다 작았다($p=.296$ vs $p=.148$). 이러한 결과는 group 2의 경우 실험 시작전 칼슘섭취량이 낮은 상태에서(Table 2) 계속하여 low Ca diet를 준 후 high Ca diet를 공급하였으므로 증가된 칼슘의 혈압강하 효과가 보다 효율적으로 나타났지만, high Ca diet를 먼저 공급한 후 low Ca diet를 공급한 group 1은 high Ca diet시 보통 섭취된 칼슘이 low Ca diet시에도 계속하여 어느정도 영향을 미쳐 혈압 변동이 group 1보다 적은 것으로 추측해 볼 수 있겠다. 만일 high Ca diet와 low Ca diet를 공급하는 기간 사이에 일상식이를 섭취하는 세척(washing-out)기간을 두었다면 group 1과 group 2 간의 위와 같은 차이는 없었으리라 사료된다. Zemel 등²¹⁾은 정상혈압을 갖는 16명의 흑인 성인들에게 높은 나트륨 섭취수준(4000mg/day)에서 칼슘을 충분히 공급(984mg/day)하였을 때 isogrip의

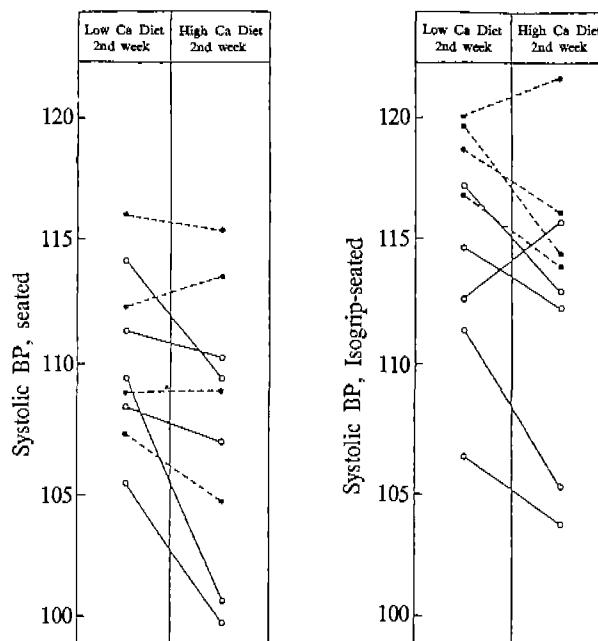


Fig. 2. Effects of dietary Ca levels on the systolic blood pressure of individual subjects, measured in seated position without any exercise(seated) and in seated position after 3 minute handgrip exercise(isogrip-seated). ●—● : Group 1(n=4), provided with high Ca diet during first 2 weeks and then with low Ca diet during next 2 weeks, ○—○ : Group 2(n=5), provided with low Ca diet during first 2 weeks and with high Ca diet during next 2 weeks.

수축기 혈압이 칼슘이 부족한 경우(356mg/day)에 비해 약 4mmHg정도 감소하였음을 보고하여 본 실험결과와 비슷하였다. Castenmiller 등³³⁾은 혈압이 정상인 12명의 남자를 대상으로 4094mg/day의 나트륨 섭취 수준에서 식이 칼슘을 높이고(2004mg/day) 낮은(1718mg/day) 두 수준으로 다르게 공급하였을 때 high Ca diet시 수축기 및 이완기 혈압이 감소($p<.1$)하는 경향이 있음을 보고하였다.

위에서 살펴본 바와 같이 권장량을 약간 웃도는 일일 787mg의 칼슘섭취가 일일 224mg의 부족된 칼슘섭취에 비해 보여준 수축기 혈압의 의미있는 감소효과는 우리나라의 일상적인 나트륨 섭취수준에서 식이칼슘 공급수준이 혈압조절에 의미있게 영향을 미칠 수 있음을 의미한다. 또한 본 연구결과는 Zemel 등^{24),34)}의 연구에서 제시된 바와 같이 나트륨의 과잉섭취에 따른 혈압의 상승을 권장량 수준의 식이 칼슘이 어느정도 억제해 줄 수 있음을 시사하고 있다. 고혈압의 가족력은 있으나 혈압이 정상이었던 본 실험대상자들에서 나타난 이러한 칼슘의 혈압강하 효과는 고혈압 환자의 경우 그 효과는 더욱 클 것으로 예측되며, 본 실험에서 식이실험기간이 연장되었다면 이완기 혈압의 변화까지도 기대해 볼 수 있으리라 사료된다. 칼슘이 혈압을 저하시키는 기전은 명백하지 않으나 몇 가지 가설이 제시되고 있다³⁵⁾. 즉, 칼슘이 평활근막을 안정화시켜 Ca^{2+} -channel transport를 방지함으로써, 세포막 Ca^{2+} -ATPase pump를 활성화시켜 세포내 칼슘 이온 농도를 낮춤으로써, 칼슘 조절 호르몬 즉 부갑상선 호르몬과 1,25-dihydroxycholecalciferol의 분비를 억제하여 세포내로의 칼슘이온 유입을 억제시킴으로써, 또는 노중 나트륨 배설을 촉진시켜 혈액의 부피를 축소시킴으로써, 혈관벽이 이완되어 혈압이 감소될 것으로 추정되고 있다.

3. 혈 중 칼슘, 마그네슘, 인, 알부민 및 부갑상선 흘물 농도의 변화

실험대상자의 혈청 중의 총 칼슘, 이온화된 칼슘, 마그네슘, 인 및 알부민 농도와 혈장 중의 부갑상선 흘물(PTH) 농도 변화는 Table 4와 같다.

1) 총 칼슘 농도

실험대상자의 혈청 총 칼슘 농도는 모두 정상농도 9~11mg/100ml의 범위안에 있었으며 low Ca diet 후 9.44 ± 0.50 mg/100ml, high Ca diet 후 9.65 ± 0.71 mg/100ml를 나타냈다. Low Ca diet와 high Ca diet 사이에 유의적인 차이를 보이지는 않았지만 수축기 혈압의 유의한 감소를 보인 high Ca diet시에 혈청 총 칼슘 농도가 low Ca diet보다 약간 높았다. 이정원과 김혜영²⁰⁾의 연구에서 여대생에게 하루 1g의 칼슘정제를 보충투여했을 때 혈청 총 칼슘농도가 상승하였고, 이와 함께 혈압이 감소하였으며, 박광희와 박현서³⁶⁾는 정상인과 고혈압 환자의 혈청 총 칼슘이 정상인은 10.44 ± 2.29 mg/100ml, 고혈압군은 8.72 ± 1.72 mg/100ml로 고혈압군이 정상인보다 낮은 것으로 보고하였다. 혈청 칼슘 농도는 PTH, 비타민 D, calcitonin등에 의해 조절되어 항상성이 유지되

Table 4. Effects of dietary Ca levels on serum or plasma total and ionized Ca, Mg, Ca/Mg ratio, P, albumin and parathyroid hormone

	Low Ca diet	High Ca diet
Total Ca(mg/100ml)	9.44 ± 0.50	9.65 ± 0.71
Ionized Ca(mmol/l)	1.10 ± 0.06	1.08 ± 0.06
Mg(mg/100ml)	1.71 ± 0.25	1.82 ± 0.26
Ca/Mg ratio	5.60 ± 0.71	5.39 ± 0.82
P(mg/100ml)	3.25 ± 0.40	3.39 ± 0.39
Albumin(g/100ml)	4.64 ± 0.26	4.65 ± 0.25
Parathyroid hormone(pg/ml)	16.08 ± 4.59	15.46 ± 4.13

Values were mean \pm SD of nine subjects.

Table 5. Effects of dietary Ca levels on urinary Ca, Mg, Ca/Mg ratio and P excretion

	Low Ca diet	High Ca diet
Ca/creatinine(mg/mg)	0.14 ± 0.05	$0.22 \pm 0.06^{**}$
Mg/creatinine(mg/mg)	0.07 ± 0.03	$0.09 \pm 0.04^*$
Ca/Mg ratio	2.27 ± 1.08	2.78 ± 1.29
P/creatinine(mg/mg)	0.44 ± 0.13	$0.57 \pm 0.16^+$

Values were mean \pm SD of nine subjects.

* $p<.05$, ** $p<.01$, + $p<.1$, Comparing with low Ca diet by paired t-test.

식이 칼슘 섭취수준과 혈압 및 칼슘대사

지만³⁷⁾, 장기적으로는 칼슘 섭취수준에 의해 혈청 칼슘농도가 성상범위 내에서 변동이 되며 이러한 변동이 혈압변화와 관련될 수 있음을 추측할 수 있겠다. 그러나 본 연구결과는 아마도 식이실험 기간이 2주로 짧으며 두 실험군 간 칼슘공급량의 차이가 적기 때문에 이러한 추측의 가능성성을 통계적으로 유의성 있게 제시하지는 못하고 있다. 또한 혈압과 혈청 총 칼슘 농도 간의 상관관계를 구한 결과(Table 6) 유의성 있는 상관관계를 보이지 않았으므로 이러한 가능성은 유보되어져야 할 것이다.

2) 이온화 칼슘

혈액에 있는 칼슘의 약 1/2은 albumin에 결합되어 있고 나머지 1/2은 이온화 상태로 있다. 본 결과도 이온화 칼슘이 총 칼슘의 45~47%가 되어 이와 일치된다. 최근 혈청 중 이온화 칼슘이 총 칼슘보다 혈압과 더욱 밀접한 상관성이 있는 것으로 보고되고 있다³⁸⁻³⁹⁾. 박광희와 박현서³⁶⁾는 고혈압 환자가 정상인보다 혈청 이온화 칼슘 농도가 낮았음을 보고했으며, McCarron³⁹⁾도 고혈압 환자와 정상인 사이에, 고혈압성 쥐와 정상 쥐 사이에 높일한 경향이 있음을 보고하였다. 본 결과에서는 high Ca

diet 후 1.08 ± 0.06 mmol/l, low Ca diet 후 1.10 ± 0.06 mmol/l로서 식이간에 차이가 없었다. 본 연구의 혈청 이온화 칼슘 농도는 박광희와 박현서³⁶⁾가 보고한 정상인 농도 1.28 ± 0.06 mmol/l보다 작았다.

3) 마그네슘

칼슘과 더불어 마그네슘도 정상적인 혈압 조절을 위해 중요한 기능을 담당하며 마그네슘 결핍시 혈압이 상승되는 것으로 보고되고 있다⁴⁰⁾. 그 기전에 관한 보고들도 많다. 흰쥐의 마그네슘 결핍시 혈관 수축 물질인 serotonin이 증가했으며, in vitro 실험에서도⁴⁰⁾ 마그네슘 결핍은 serotonin, angiotensin같은 혈관 수축 물질의 작용을 증가시켰고⁴¹⁾, 혈관 평활근의 긴장성을 증가시켜 혈관근육의 저항성을 높혔다고 보고되고 있다⁴²⁾. 또한 Altura 등⁴³⁾은 마그네슘 부족일 경우 칼슘의 혈관 근육 세포막에서의 투과성을 증가시켜 혈관근육의 수축력을 증가시킨다고 하였다. 배현수와 손숙미⁴⁴⁾는 본태성 고혈압 쥐에게 높은 마그네슘 식이를 공급한 결과 정상적인 마그네슘을 섭취한 군에 비해 나이에 따른 혈압의 증가가 유의적으로 둔화되었음을 보고하였다. 본 실험의 혈청 마그네슘 농도는 low Ca diet 후 1.71 ± 0.25 mg/100ml, high Ca diet 후 1.82 ± 0.26

Table 6. Correlation coefficients between blood pressure and indices of serum or plasma and urine

	Seated		Supine		Isogrip-seated ^c	
	SBP ^a	DBP ^b	SBP	DBP	SBP	DBP
SERUM/PLASMA						
Total Ca	.2645	-.4316	.1215	.0954	.1933	.4731
Ionized Ca	-.0504	-.0938	-.1143	.0355	.3590	.2795
Mg	.4457	.2994	.1007	-.2089	.4762	.2437
Ca/Mg	-.3916	.1025	-.1056	.3146	-.4938	.0416
P	-.5880	-.2186	-.6930*	-.2495	-.1302	-.2557
Albumin	.7015**	.0438	.6857*	.2465	.6926*	.5054
PTH ^d	-.1042	.2197	-.1983	.1731	-.1952	.2811
URINE						
Ca/creatinine	.4922	-.2287	.7356**	-.0323	.3707	-.1081
Mg/creatinine	.0072	-.3754	.1449	-.0885	-.3714	-.2158
Ca/Mg	.6185	.4592	.5705	.1753	.7483*	.2868
P/creatinine	.2741	-.8586**	.0650	-.5563	.0210	-.2721

a : Systolic blood pressure, b : Diastolic blood pressure

c : Seated position after 3 minute of isometric handgrip exercise

d : Parathyroid hormone *p<.05, **p<.01

mg/100ml로 혈청 마그네슘 정상농도인 1.7~2.5mg/100ml 범위안에 있었다. 그러나 식이 칼슘 수준에 따른 차이는 없었다. 이정원과 김혜영²⁰⁾의 연구에서도 칼슘의 보충공급에 따른 혈청 마그네슘 농도의 유의적인 변화가 없는 것으로 보고되어 본 실험 결과와 일치하였다. 혈압과 혈청 마그네슘 농도 간의 상관관계(Table 6)에서도 유의적인 상관을 보이지 않았다.

4) 칼슘/마그네슘 비율

McCarton¹⁶⁾은 혈청 중 칼슘과 마그네슘 간의 평형이 유지되면 농맥혈압의 비정상적인 증가를 막을 수 있다고 보고하였다. 본 실험에서 혈청 중 Ca/Mg 비율은 low Ca diet 후 5.60±0.71, high Ca diet 후 5.39±0.82로 high Ca diet에서 약간 작았으나, 통계적인 유의성은 없었다. 이것은 이정원과 김혜영²⁰⁾, 이은양²¹⁾의 칼슘 보충시 Ca/Mg 비율이 증가한 것과 다른 결과였다. 혈압과 Ca/Mg 비율과의 상관관계(Table 6)를 보면 유의적인 상관성을 보이지 않는데 이는 이정원과 김혜영²⁰⁾의 실험에서 칼슘보충 투여 8주후부터 Ca/Mg의 비율이 혈압과 양의 상관성을 보인 것과는 다른 결과이나 이은양²¹⁾과 Johnson등¹⁷⁾의 연구에서 Ca/Mg 비율과 혈압과의 상관성이 밝혀지지 않은 것과는 같은 결과이다.

5) 인

혈청 중 인(P)은 low Ca diet 후 3.25±40mg/100ml, high Ca diet 후 3.39±0.39mg/100ml로서 혈청의 정상농도 2.7~4.4ml의 범위안에 있었으나, low Ca diet와 high Ca diet 사이에 통계적인 유의성은 없었다. Karanja등이¹⁸⁾ 칼슘 섭취의 증가는 혈청과 노의 인 농도를 감소시킨다고 보고한 바 있으나, 본 실험결과는 이러한 변화를 보이지 않았다. 그런데 혈청 인 농도와 혈압과의 상관관계(Table 6)를 살펴보면 supine의 수축기 혈압과 음의 상관관계($r = -0.6930$, $p < 0.5$)를 나타내어 혈청 인 농도가 낮으면 혈압이 상승할 것을 제시하고 있다. 이것은 박광희와 박현서³⁶⁾가 정상인과 고혈압군의 혈청 인 농도의 비교 연구에서 고혈압의 혈청 인 농도가 정상인보다 낮은 것으로 보고한 결과와 일치한다.

6) 알부민

혈청 알부민 농도는 low Ca diet 후 4.64±0.26g/100ml, high Ca diet 후 4.65±0.25g/100ml로 정상 농도 3.7~5.2g/100ml 범위 안에 있었으며, 이은양²¹⁾의 4.65±0.56g/100ml와 거의 비슷한 수준이었다. 그런데 혈청 알부민 농도는 수축기 혈압과 양의 상관관계를 나타내고 있다(Table 6)($p < .05$, seated : $r = -.701$, supine : $r = -.6857$, isogrip-seated : $r = -.6936$).

7) 부갑상선 홀몬(PTH)

PTH는 칼슘이온 조절 호르몬으로서 1,25-dihydroxycholecalciferol과 함께 혈압을 상승시키는 것으로 알려져 있다³⁴⁾³⁵⁾⁴⁶⁻⁴⁸⁾. PTH는 적혈구 및 동맥조직을 포함한 여러 조직에서 칼슘이온의 세포내 유입을 자극하여⁴⁶⁾ 또는 $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+$ -ATPase 활성을 억제하여 이에 따른 $\text{Na}^+ \cdot \text{Ca}^{2+}$ -exchange의 변화로⁴⁸⁾, 결국 칼슘이온의 세포내 농도를 증가시키는 것이 보고되고 있는데, 그럼으로써 혈관벽을 수축시켜 혈압을 상승시킬 것으로 추측되고 있다. 혈중 PTH농도가 salt-sensitivity를 갖는 고혈압 환자에서 증가하며 동시에 혈중 칼슘이온 농도가 낮은 것이 보고되고 있으며³⁴⁾, 사람에게 급성적 hypercalcemia 발생시 고혈압이 나타나는 데 부갑상선을 제거한 경우에는 전혀 나타나지 않음이 관찰되어 PTH가 고혈압의 원인으로 제시되고 있다⁴⁷⁾.

Zemel등³⁴⁾은 salt-sensitivity를 갖는 사람에게 칼슘 섭취가 낮은 상태에서 식이 나트륨 섭취량을 증가시키면 혈압이 상승되고 혈청 PTH와 적혈구내 칼슘이온 농도가 증가하였다고 보고하고, 이러한 혈청 PTH의 증가는 아마도 나트륨에 의한 calciuresis로 혈중 칼슘이온 감소의 결과인 것으로 추정하였다. 이때 칼슘 섭취량을 증가시키면 혈청 PTH가 감소하고 세포내 칼슘농도 및 혈압의 상승이 억제됨을 Zemel등은 함께 보고하였다. 그러나 본 실험에서 혈청 중 PTH 농도는 low Ca diet시 16.08±4.59pg/ml, high Ca diet시 15.46±4.13pg/ml로 두 실험군 사이에 유의적인 차이가 없었다. 혈압과도 상관이 없는 것으로 나타났다(Table 6). 그러나 실험 대상자 9명 개개의 혈청 PTH 농도 변화를

식이 칼슘 섭취수준과 혈압 및 칼슘대사

나타낸 Fig. 3을 보면 9명 중 7명은 high Ca diet에서 low Ca diet에 비해 감소 경향을 나타냈다. 그러므로 앞에서 설명한 high Ca diet 시 보여준 혈압의 감소가 혈청 PTH의 감소에 기인할 수도 있음을 완전히 배제하기는 어려울 것이다. 확실한 기전 추적을 위해서는 많은 연구가 선행되어야 할 것이다.

4. 노 중 칼슘, 마그네슘, 칼슘/마그네슘 비율 및 인 배설량

실험 대상자의 노 중 Ca/creatinine, Mg/creatinine, Ca/Mg 비율 및 P/creatinine의 칼슘 섭취 수준에 따른 변화는 Table 5와 같다.

1) 칼슘

실험 대상자의 노 중 1일 칼슘 배설량은 Table

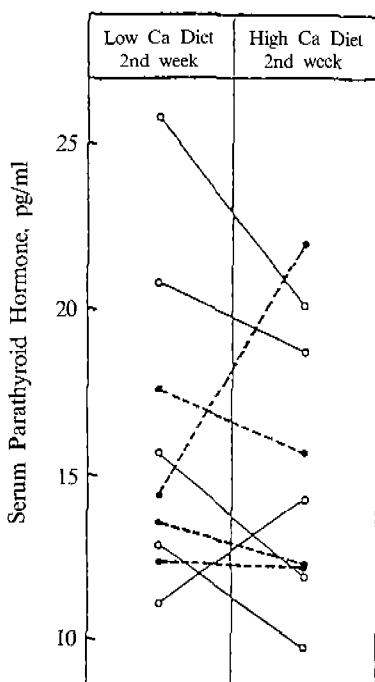


Fig. 3. Individual changes in concentration of serum parathyroid hormone by dietary Ca levels.
 ●—● : Group 1($n=4$), provided with high Ca diet during first 2 weeks and with low Ca diet during next 2 weeks, ○—○ : Group 2 ($n=5$), provided with low Ca diet during first 2 weeks and with high Ca diet during next 2 weeks.

에는 제시하지 않았지만 low Ca diet 후 130.66 ± 51.3 mg, high Ca diet 후 184.93 ± 84.4 mg으로서 이 일하 등¹⁹⁾의 20대 여성의 결과인 154.3 ± 16.4 mg과 비교하여 비슷한 수준이며, low Ca diet보다 high Ca diet에서 증가하였다. Ca/creatinine도 low Ca diet 후 0.14 ± 0.15 mg/mg, high Ca diet 후 0.22 ± 0.06 mg/mg으로서 high Ca diet 시 유의적으로 증가하였다 ($p < .01$). 성인 여성을 대상으로 한 구재옥과 최혜미⁵⁰⁾는 칼슘 섭취량이 1일 400mg일 때는 노중 배설량이 108~127mg이었으나 1일 726mg으로 증가하면 노중 배설량은 215mg으로 증가한다고 하여 본 실험 결과와 일치하였다. 그러나 칼슘 섭취량을 1일 800mg에서 1100mg, 2000mg으로 증가시켰을 때 노중 칼슘 배설량이 113mg에서 각각 69~107mg, 45mg으로 감소하였다는 보고도 있다⁵¹⁾. 노중 칼슘 배설량은 칼슘 섭취량 이외에도 단백질이나 나트륨 섭취량의 영향도 받는 것으로 알려지고 있으나 본 실험의 high Ca diet와 low Ca diet 사이에 단백질과 나트륨 함량에는 큰 차이가 없었다(Table 2).

노중 Ca/creatinine은 supine 상태의 수축기 혈압과 양의 상관관계를 보였다 ($r = .7356$, $p < .05$). 이는 한국 성인여성을 대상으로 한 조재현과 백희영⁵²⁾, 대만의 성인 남자를 대상으로 한 Pan 등⁵³⁾이 소변 중 칼슘 배설양이 수축기 및 이완기 혈압 모두와 양의 상관관계가 있다고 보고한 것과 일치한다.

2) 마그네슘

노중 1일 마그네슘 배설량은 low Ca diet 후 63 ± 17 mg, high Ca diet 후 74 ± 28 mg으로 정상인의 1일 배설량 50~200mg의 범위 안에 있었다. 노중 Mg/creatinine은 low Ca diet 후 0.07 ± 0.03 mg, high Ca diet 후 0.09 ± 0.04 mg으로 high Ca diet 시 유의적으로 상승하였다 ($p < .05$). 이은양²¹⁾의 연구에서 우리나라 보통 수준의 나트륨 섭취시 칼슘을 보충공급했을 때 마그네슘 배설이 유의적으로 상승한 것과 같은 결과였다. 노중 Mg/creatinine 양과 혈압과는 상관성이 없는 것으로 나타났다 (Table 6).

3) 칼슘/마그네슘 비율

노중 칼슘/마그네슘 비율은 low Ca diet 후 $2.27 \pm$

1.08, high Ca diet 후 2.78 ± 1.29 로 통계적인 유의성은 없지만 high Ca diet시 증가하는 경향을 보였다. 이것은 high Ca diet시 뇨 중 칼슘 배설량이 마그네슘 배설량보다 더욱 크게 상승하였기 때문으로 사료된다. 뇨 중 칼슘/마그네슘 비율과 혈압과의 상관관계(Table 6)를 구한 결과 isogrip-seated 상태의 수축기 혈압과 높은 양의 상관관계($r=.7483$, $p<.05$)를 보여 뇨 중 칼슘/마그네슘 비율이 혈압과 관계가 있음을 나타냈다.

4) 인

뇨중 인 량은 low Ca diet후 432 ± 207 mg, high Ca diet후 453 ± 173 mg으로 폐재온과 백화영⁵⁴⁾의 연구에서 인 섭취량이 1일 $769 \sim 1033$ mg이었을 때 뇨 중 배설량은 $331 \sim 413$ mg 정도라고 하였고, 이은양²¹⁾의 연구에서도 칼슘 보충 공급시 1일 인 배설량이 413 ± 315 mg으로서 본 실험 결과와 비슷한 수준이었다. 뇨 중 P/creatinine 량은 low Ca diet 후 0.44 ± 0.13 mg, high Ca diet 후 0.57 ± 0.16 mg으로서 high Ca diet시 $p<.1$ 수준에서 low Ca diet보다 높은 값을 나타냈다. 뇨 중 P/creatinine과 혈압과의 상관계수(Table 6)를 구한 결과 seated 상태의 이완기 혈압에서 높은 음의 상관관계($r=.8586$, $p<.01$)를 나타내었다.

5. 혈압과 혈청 및 뇨 성분농도들간의 상관관계

혈압과 혈청 및 뇨 성분 측정치 사이의 상관관계를 알아본 결과 Table 6과 같다. 혈압은 혈청 total 및 ionized Ca, Mg, Ca/Mg 비율과 유의적인 상관관계를 나타내지 않았다. 그러나 supine 수축기혈압이 뇨 중 Ca/creatinine과 양의 상관율($r=.7356$, $p<.05$), isogrip-seated 수축기혈압이 뇨 중 Ca/Mg 비율과 양의 상관율($r=.7483$, $p<.05$) 나타냈다. 수축기혈압은 이외에도 혈청 인 농도(supine ; $r=-.6930$, $p<.05$), 혈청 알부민 농도(seated ; $r=.7015$, $p<.05$, supine ; $r=.6857$, $p<.05$, isogrip-seated ; $r=.6926$, $p<.05$)와 유의적인 상관관계를 보였다. 이완기 혈압은 혈액이나 뇨 중 어느 성분과도 유의적인 상관관계를 보이지 않았다.

요약 및 결론

우리나라의 일상적인 나트륨 섭취 수준에서 식이 칼슘 섭취의 권장량 충족과 부족이 혈압 및 칼슘 대사에 미치는 영향을 알아보기 위해, 고혈압 가족력이 있고 현재 혈압이 정상인 건강한 여자 대학생 9명을 대상으로 하여 식이실험을 실시하였다. 실험대상자들을 임의로 두 군으로 나누어 1군($n=4$)에게는 처음 2주동안은 high calcium diet(평균 797mg/일)를 다음 2주동안에는 low calcium diet(평균 225mg/일)를 공급하고, 2군($n=5$)에게는 순서를 뒤바꾸어 처음 2주 동안에 low calcium diet, 다음 2주간 high Ca diet를 공급하였다. 실험식이의 1일 에너지 공급량은 전 실험 기간에 걸쳐 한국인 영양 권장량의 73~79%, 단백질 공급량은 100~110% 이었다. 실험식이의 나트륨함량은 3566~4022 mg/day이었다. 실험결과는 다음과 같다.

1) 혈압은 seated상태의 수축기혈압이 low Ca diet에서 110.36 ± 3.44 mmHg, high Ca diet에서 107.87 ± 5.32 mmHg($p<.05$)로서 high Ca diet 공급시 유의적인 감소를 보였다. 또한 isogrip-seated 상태의 수축기혈압도 low Ca diet시 115.62 ± 4.52 mmHg에서 high Ca diet시 112.93 ± 6.15 mmHg($p<.05$)로 유의적인 감소를 보였다. 이완기 혈압은 유의적인 변화가 없었다.

2) 혈청 총 칼슘 및 이온화 칼슘, 마그네슘, 칼슘/마그네슘 비율, 인 농도들은 high Ca diet와 low Ca diet 사이에 변화가 없었다. 혈청 PTH는 식이 칼슘 수준에 따라 평균치 사이의 유의적인 차이는 없었으나 개인별 변화를 보면 9명중 7명이 low Ca diet에 비해 high Ca diet에서 감소하는 경향을 보였다.

3) 뇨 중 Ca/creatinine($p<.01$), Mg/creatinine($p<.05$) 및 P/creatinine($p<.1$)은 high Ca diet에서 low Ca diet에 비해 증가하였는데, Ca/Mg 비율은 변화가 없었다.

4) 혈청 total 및 ionized Ca, Mg, Ca/Mg 비율은

식이 칼슘 섭취수준과 혈압 및 칼슘대사

혈압과 유의적인 상관관계를 보이지 않았으나, 뇌 중 Ca/creatinine은 supine 수축기혈압과 양의 상관을 ($r=.7356$, $p<.05$), 뇌 중 Ca/Mg 비율은 isogrip-seated 수축기혈압과 양의 상관을 ($r=.7483$, $p<.05$) 나타냈다. 수축기혈압은 이외에도 혈청 인 농도 (supine ; $r=-.6930$, $p<.05$), 혈청 일부민 농도와 (seated ; $r=.7015$, $p<.05$, supine ; $r=.6857$, $p<.05$, isogrip-seated ; $r=.6926$, $p<.05$) 유의적인 상관관계를 보였다.

이상의 결과에서 우리나라의 일상적인 높은 나트륨 섭취 수준에서 식이 칼슘 섭취량이 권장량보다 부족할 때 수축기 혈압이 상승될 수 있음을 알 수 있다. 식이 칼슘섭취의 권장량 충족이 나타내는 혈압 감소 효과는 아마도 혈청 부갑상선홀몬의 변화와 관련이 있음을 의심해 볼 수 있다. 우리나라 청년, 특히 고혈압의 가족력이 있는 경우, 혈압 상승 또는 고혈압의 예방을 위해서 칼슘은 권장량 또는 그 이상으로 충분히 섭취되어야 할 것이다.

Literature cited

- 1) 최강원. 최근 우리나라에서의 질병 변천. *한국영양학회지* 21(3) : 139-145, 1988
- 2) 경제기획원 통계청. 1990년 사망원인 통계연보, 1991
- 3) 맹광호 · 조애조 · 공세권. 한국 남성의 심혈관 질환(고혈압성 질환 및 뇌혈관 질환)으로 인한 사망 관련 요인 연구. *한국인구보건잡지*, 1987
- 4) 김삼수. 고혈압 성인에 대한 최근 학설. *대한의학회지* 28(5) : 396-404, 1985
- 5) 박태선 · 이기열. 한국대학생의 Sodium과 Potassium 섭취량 및 대사에 관한 연구. *한국영양학회지* 20(5) : 341-349, 1987
- 6) 김영선 · 백희영. 우리나라 성인 여성의 Na 섭취량 측정방법의 모색. *한국영양학회지* 20(5) : 341-349, 1987
- 7) 한국영양학회, 한국보건연구원. *한국인의 영양 권장량*. 제 5개정판, 1989
- 8) Schroeder HA. Relation between mortality from cardio-vascular disease and treated water supplies. *JAMA* 172(17) : 1902-1908, 1960
- 9) Masironi R, Kointyohann SR, Pierce JD, Schamschula R. Calcium content of river water, trace element concentration in toenails and blood pressure in village populations in New Guinea. *Sci Total Environ* 6 : 41-53, 1976
- 10) Belizan JM, Villar J. The relationship between calcium intake and edema, proteinuria, and hypertension gestosis : An hypothesis. *Am J Clin Nutr* 33 : 2202-2210, 1980
- 11) McCarron DA, Morris CD, Cole C. Dietary calcium in human hypertension. *Sci* 217(6) : 267-269, 1982
- 12) Ayachi S. Increased dietary calcium lowers blood pressure in the spontaneously hypertensive rat. *Metabolism* 28 : 1234-1238, 1979
- 13) 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
- 14) McCarron DA. Blood pressure and calcium balance in the Wistar Kyoto rat. *Life Sci* 30 : 683-689, 1982
- 15) 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
- 16) McCarron DA, Morris CD. Blood pressure response to oral calcium in persons with mild to moderate hypertension. *Ann Intern Med* 103 : 825-831, 1985
- 17) Johnson NE, Smith EL, Freudenheim JL. Effects on blood pressure of calcium supplementation of women. *Am J Clin Nutr* 42 : 12-17, 1985
- 18) Grobbee DE, Hofman A. Effect of calcium supplementation on diastolic blood pressure in young people with mild hypertension. *Lacet* 2 : 703-707, 1986
- 19) 보건사회부. 1990년도 국민영양조사 보고서, 1992
- 20) 이정원 · 김혜영. 칼슘의 보충 섭취가 한국 청년의 혈압에 미치는 영향. *한국영양학회지* 21(4) : 217-226, 1988
- 21) 이은양. 칼슘의 보충 섭취가 식이 나트륨 수준의 변화에 따른 혈압 변동에 미치는 영향—고혈압의 가족력이 있고 혈압이 정상인 청년기 여자를 중심으로—. 충남대 교육대학원 석사학위논문, 1992
- 22) Witteman JCM, Willet WC, Stampfer MJ, et al.

- Dietary calcium and magnesium and hypertension : A prospective study(Abstract). *Circulation* 76(suppl IV) : 35, 1987
- 23) Harlan WR, Harlan LC. An epidemiological perspective on dietary electrolytes and hypertension. *J Hypertens* (suppl 5) S334-S339, 1986
- 24) 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
- 25) 농촌 진흥청 농촌영양개선연구원. 식품성분표. 제4개정판, 1991
- 26) 임상검사법제요, 고문사, 1986
- 27) 吉田政彦, マグネシウム, 日本臨状40巻 秋季臨時増刊號, 1982
- 28) 高橋進, 波多野道信, ワレアチリマニン, 日本臨状40巻 秋季臨時増刊號, 1982
- 29) 高月清, 達本忠, 血漿蛋白およびその分画, 日本臨状40巻 秋季臨時増刊號, 1982
- 30) 임인제. 통계방법. 서울, 박영사, 1984
- 31) SPSS^x. 제 2차 개정, McGraw-Hill, New York, 1986
- 32) 김준석 · 박기서 · 강경호. 1980년 한국의 노무자 및 사무직자의 혈압 및 고혈압의 역학. *대한의학회지* 25(5) : 436-442, 1982
- 33) Castenmiller J, Mensink RP, Heijden L, Kouwenhoven T, Hautrast J, Leeuw P, Schaafsma G. The effect of dietary sodium on urinary calcium and potassium intakes. *Am J Clin Nutr* 41 : 52-60, 1985
- 34) Zemel MB, Kraniak J, Standly PR, Sowers JR. Erythrocyte cation metabolism in salt-sensitive hypertensive blacks as affected by dietary sodium and calcium. *Am J Hypertens* 1 : 386-392, 1988
- 35) Sowers JR, Zemel MB, Standly PR, Zemel PC. Calcium and hypertension. *J Lab Clin Med* 114 : 338-348, 1989
- 36) 박광희 · 박현서. 정상인과 고혈압 환자의 식이 calcium 섭취 빈도와 혈청의 calcium 수준과 지질 조성 비교. *한국영양학회지* 22(6) : 476-484, 1989
- 37) Parrot-Garcia M, McCarron DA. Calcium and hypertension. *Nutr Rev* 42(6) : 1984
- 38) Lawrence M, Resnick MD. Uniformity and diversity of calcium metabolism in hypertension. *Am J Med* 82(suppl 1b) : 16-26, 1987
- 39) McCarron DA. Low serum concentrations of ionized calcium in patients with hypertension. *New Engl J Med* 307 : 226-228, 1982
- 40) Itokawa Y, Tanaka C, Fujiwara M. Changes in body temperature and blood pressure in rats with calcium and magnesium deficiencies. *Appl Physiol* 37(6) : 835-839, 1974
- 41) Turlapaty PV, Altura BM. Magnesium deficiency produces spasms of coronary arteries : Relationship to etiology of sudden death in ischemic heart disease. *Science* 208 : 198-200, 1980
- 42) Altura BM, Altura BT. Magnesium ion and contraction of vascular smooth muscles : Relationship to some vascular disease. *Fed Proc* 40 : 2672-2679, 1981
- 43) Altura BM, Altura BT. Influence of magnesium on drug induced contraction and ion content in rabbit aorta. *Am J Physiol* 220 : 938-944, 1971
- 44) 배현수 · 손숙미. 정상 혈압과 본태성 고혈압 위에 있어 식이상의 마그네슘 섭취가 주축기 혈압과 전해질 배분에 미치는 영향. *한국영양학회지* 22(2) : 91-101, 1989
- 45) Karanja N, McCarron DA. Calcium and hypertension. *Ann Rev Nutr* 6 : 475-494, 1985
- 46) Schleiffer R, Berthelot A, Gairard A. Effects of parathyroid extract on blood pressure and arterial contraction and of ⁴⁵Ca exchange in isolated aorta in the rat. *Blood Vessels* 16 : 220-221, 1979
- 47) Gennari C, Nami R, Bianchini C, Aversa AM. Blood pressure effects of acute hypercalcemia in normal subjects and parathyroidectomized patients. *Miner Electrolyte Met* 11 : 369-373, 1985
- 48) Acceto R, Weder AB. Parathyroid hormone and verapamil inhibit the Na⁺, K⁺ pump in human erythrocytes. *Clin Res* 35 : 437A, 1987
- 49) 이일하 · 이인열 · 노영희. 우리나라 성인의 칼슘, 인 및 철분의 배설량에 관한 연구. *한국영양학회지* 21(5) : 317-323, 1988
- 50) 구재우 · 최혜영. 한국여성의 단백질 및 칼슘섭취가 칼슘대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 21 : 99-112, 1988
- 51) Spencer H, Kramer L, Osis D, Norris C. Effect of phosphorus on the absorption of Ca and on the balance in man. *J Nutr* 108 : 447-457, 1978

식이 칼슘 섭취수준과 혈압 및 칼슘대사

- 52) 조재현·백희영. 한국 젊은 성인 여성과 중년 여성의 소변중 Ca 배설과 이에 영향을 미치는 요인분석. *한국영양학회지* 25(2) : 132-139, 1992
- 53) Pan WH, Tseng WP, You F, Tai Y, Chou J. Positive relationship between urinary sodium chloride and blood pressure in Chinese health examinees and its association with calcium excretion. *J Hypertens* 8 : 873-878, 1990
- 54) 피재운·백희영. 단백질의 종류가 체내 칼슘 대사에 미치는 영향에 관한 연구. *한국영양학회지* 19(1) : 32-39, 1986