

칼슘의 섭취수준이 연령이 다른 암쥐의 칼슘, 나트륨 및 칼륨대사에 미치는 영향*

승 정 자

숙명여자대학교 가정대학 식품영양학과

Effects of Calcium Intake on Calcium, Sodium and Potassium Metabolism in Young and Adult Female Rats

Sung, Chung Ja

Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul, Korea

ABSTRACT

The purpose of this research was to investigate the effect of calcium levels(50, 100 and 200% of requirement) on metabolism of Ca, Na and K in young and adult female rats for 3 weeks.

There was no significant difference in feed intake, body weight gain and feed efficiency ratio among the groups of different Ca intake levels. Serum Na level of high-Ca group was significantly lower than that of low-Ca or normal-Ca group in young rats. There was no significant difference in liver Ca and K contents among the groups of different Ca intake levels. But, Na content in liver was decreased by the increase of dietary Ca intake. Ca content in kidney of high-Ca group in young rats and normal-Ca group in adult rats were significantly higher than those of other groups. Na content in kidney of low-Ca group was lower than those of normal-Ca and high-Ca groups. Urinary excretions of Na and K and fecal excretion of Ca were increased by the increase of dietary Ca intake. But, fecal excretions of Na and K were not affected by dietary Ca intake.

According to this study, it was found that the high Ca consumption promotes excretions of fecal Ca and urinary Na and K in rats. The study verifies the need for more study on the interrelationship among Ca, Na and K metabolism and blood pressure.

KEY WORDS : Ca intake · Ca · Na · K · female rat · age.

서 론

칼슘은 우리나라 식생활에서 가장 부족되기 쉬운

영양소이며 생체내 중요 역할을 담당하는 무기질로서 지금까지 대부분의 연구에서는 칼슘의 흡수와 배설에 영향을 미치는 요인에 대해 집중되고 있다. 칼슘대사에 영향을 미치는 인자로서 연령¹⁾, 칼슘 섭취량²⁾, 칼슘과 인의 섭취비율³⁾, 비타민 D⁴⁾, 단백질의 종류⁵⁾, 나트륨⁶⁾, 식이 섬유소⁷⁾, 알코올⁸⁾, 카페인⁹⁾ 등에 대한

채택일 : 1995년 3월 14일

*본 연구는 숙명여자대학교 1994년도 교수 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

연구가 이루어지고 있다. 이 중에서 고나트륨의 섭취는 신장에서의 칼슘배설에 영향을 주는 중요한 요인중의 하나로 인식되어 왔으며, 여러 연구¹⁰⁻¹²⁾에서 나트륨과 칼슘과의 관계를 밝혀보고자 하였다. 그 결과 칼슘과 나트륨은 모두 혈액의 주요 양이온으로 신장에서의 재흡수기전을 공유하기 때문에 과잉의 나트륨 섭취로 칼슘 재흡수를 감소시켜 소변중 칼슘 배설량이 증가하게 된다는 것이 밝혀졌다. 이러한 사실은 칼슘 섭취수준에 따른 나트륨 배설량의 변화에도 가능성을 제시하였으며, 최근에는 칼슘과 나트륨 모두 혈압과 관계하는 무기질이라는 점을 고려하여 칼슘의 보충섭취에서 오는 혈압강하효과에 대한 기전으로서 노중 나트륨 배설의 촉진¹³⁾이 제시되고 있으나 이에 대한 연구는 아직까지 미흡한 실정이다.

칼슘 섭취수준이 칼슘대사에 미치는 영향에 대한 연구는 비교적 활발하게 이루어지고 있다. 그 결과 칼슘 섭취가 낮거나 정상일 때에는 신장에서 만들어지는 활성 비타민 D의 작용에 의해 능동적 이동으로 칼슘의 흡수가 활발하게 이루어지지만, 고칼슘 섭취 시에는 부갑상선 호르몬 분비와 활성 비타민 D 생성이 억제되 칼슘 흡수가 주로 수동적으로 이루어지기 때문에 부분적인 칼슘 흡수가 억제된다는 것이다.¹⁴⁻¹⁶⁾

칼슘 섭취수준이 나트륨대사에 미치는 영향에 대한 직접적인 연구는 매우 드물지만 칼슘과 나트륨 및 혈압과의 관계에 대한 연구를 통해 그 관련성을 찾아볼 수 있다. 칼슘 보충섭취가 나타내는 혈압강하 효과에 대한 기전으로서 2가지가 제시되고 있는데, 그 한가지는 고칼슘 섭취로 인한 노중 나트륨배설이 촉진되기 때문이며¹⁷⁾, 두번째는 세포내액의 유리 칼슘의 감소로 혈관 평활근세포의 이완 때문이라는 것이다¹⁸⁾. 전자의 경우에는 신장에서 칼슘과 나트륨의 이동기전, 즉 이들의 renal clearances 사이에 밀접한 관계가 있는 것으로 설명되고 있다¹³⁾. 지금까지는 나트륨 섭취수준에 따른 칼슘 배설량에 대한 연구가 주로 이루어졌지만, Nordin 등¹⁹⁾은 노중 나트륨과 칼슘 배설사이의 관계는 항상 나트륨으로 유도되는 것이 아니라 칼슘 섭취량의 변화에 따라 2차적으로 나트륨 배설량도 변할 수 있다고 하였다. 이에 대한 연구로 Popvtzer²⁰⁾는 칼슘보충이 나트륨배설을 촉진시킨다

고 보고하였으며, 이와 같은 결과는 몇몇 연구²¹⁾²²⁾에서도 재확인되고 있다. 한편, 칼륨은 식염의 과잉 섭취로 인해 유발된 고혈압의 방어인자로서 칼륨의 투여는 노중 나트륨 배설을 증가시킨다는 것이 알려져 있다.

이상에서 칼슘, 나트륨 및 칼륨은 모두 혈압과 관련된 무기질로서 체내 대사면에서도 어떠한 관련성이 있을 것이라고 짐작할 수 있지만, 지금까지의 연구들은 대부분 혈압과의 관계에 중점을 두고 논의하고 있어 이들 무기질 대사의 직접적인 관련성을 설명하지 못하고 있는 실정이다.

최근 국민영양조사 보고서²³⁾에 따르면 우리나라 국민의 칼슘 섭취량은 권장량에 못미치고 있으나 일부 계층에서는 경제수준의 향상과 건강에 대한 관심 증가에 따라 혈압 및 골다공증과 관련하여 칼슘 보충제의 섭취가 점차 증가함으로써²³⁾²⁴⁾ 칼슘 섭취수준의 폭이 매우 큰 것으로 나타나고 있다. 이러한 시점에서 칼슘 섭취수준에 따른 칼슘, 나트륨 및 칼륨 대사의 변화에 대한 연구는 더욱 필요하다고 생각된다. 따라서 본 연구에서는 생후 4주 된 어린 암쥐와 12개월 된 성숙한 암쥐를 대상으로 요구량의 50%, 100%, 200% 수준의 식이 칼슘을 3주간 공급한후 체내 칼슘, 나트륨 및 칼륨 대사를 살펴보고 이러한 변화가 연령에 따라 차이가 있는지 밝혀보고자 한다. 본 연구에서는 칼슘과 나트륨 및 칼륨 상호작용에 대한 결과를 제시함으로써 일부 계층에서 과잉의 칼슘 섭취에 따른 체내 나트륨과 칼륨대사 변화와 이들 무기질이 혈압에 작용하는 기전에 대한 해석에 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 보여진다.

실험재료 및 방법

1. 실험설계

연령에 따른 칼슘의 공급수준이 체내 칼슘, 나트륨 및 칼륨 대사에 미치는 영향을 알아보기 위해서 생후 4주 된 Sprague-Dawley계 어린쥐 30마리(이하 어린쥐)와 12개월 된 성숙쥐 30마리(이하 성숙쥐)를 고형사료로 1주일간 적응시킨 후 연령과 칼슘 섭취수준에 따라 표 1과 같이 임의배치법으로 각각 10마리씩 6군으로 나누어 실시하였다. 사육실의 조건은 온도

Table 1. Experimental design for experiment

Experimental group	Age	Calcium administration (% of requirement)	Number of animal
YLCa	Young	50	10
YNCa	Young	100	10
YHCa	Young	200	10
ALCa	Adult	50	10
ANCa	Adult	100	10
AHCa	Adult	200	10

24±2℃, 습도 55~60%를 항상 유지시켰으며, 물은 탈이온수를 이용하고 모든 사료와 물은 자유급식시켰다. 무기질의 오염을 방지하기 위하여 사양에 필요한 모든 기구들은 플라스틱 제품인 경우에는 0.4% EDTA(ethylene diamine tetraacetic acid)용액에, 유리제품일 경우에는 질산원액에 24시간 이상 담갔다. 2차 증류수로 3번이상 세척하고 건조기에서 습기를 제거한 다음에 사용하였다.

2. 실험식이

실험식의 배합은 NRC²⁶⁾와 AIN-76²⁷⁾을 참고로 하였으며, 칼슘 섭취수준에 따른 배합구성비율은 표 2와 같다. NRC 사양표준에서 칼슘이 무기질 요구량의 50%를 차지하므로 칼슘을 제외한 mineral mixture를 배합한 후, 칼슘은 calcium phosphate(CaHPO₄)의 형태로 3수준(요구량의 50%, 100%, 200%)으로 배합하여 공급하였다.

3. 실험방법

1) 식이 섭취량과 체중 증가량

식이 섭취량은 매일 같은 시각(오전 11시)에 측정하였으며, 전날 채워둔 사료통의 무게에서 그날의 무게를 뺀 값으로 섭취량을 계산하였다. 식이 섭취량에 대한 오차를 최소한으로 줄이기 위하여 허실량도 측정하여 보정하였다. 체중은 매일 같은 시각(오후 1시)에 측정하였고, 식이 섭취로 인한 일시적인 체중변화를 막기 위하여 측정하기 1시간 전에 식이통을 제거한 후에 실시하였다.

2) 시료채취 및 분석방법

3주간의 사육이 끝난 후 15시간정도 절식시킨 후 개체별로 체중을 측정하고 전신마취제인 ketamine으

로 마취시켜 해부를 실시하였다. 혈액은 복부 대동맥에서 채취하여 1시간 정도 방치한 후 3,000 rpm에서 원심분리하여 혈청을 얻어 원자흡광광도계(atomic absorption spectrophotometer; Hitachi Z6000, Japan)로 혈청중의 칼슘, 나트륨 및 칼륨 함량을 측정하였다. 간장과 신장은 복부를 개봉한 다음 즉시 채취하여 0.15M 식염수로 씻어 가아제로 표면의 습기를 제거한 다음 무게를 측정된 후 -20℃에서 냉동보관하였다. 소변과 대변은 12시간을 절식시킨 날을 제외한 사육종료전 3일간 대사장(metabolic cage)에서 채취하였다. 채취한 소변은 총량을 측정된 다음 부패를 방지하기 위하여 toluene을 소량 넣은 채취병에 담아 잘 흔들어 섞은 후 원심분리하여 그 상등액을 냉동보관하였으며, 대변은 채모를 제거하고 총량을 측정된 후 냉동보관하였다. 냉동보관한 간장, 신장, 소변 및 대변은 임²⁸⁾의 습식분해법에 의거하여 분해한 후 원자흡광광도계로 칼슘, 나트륨 및 칼륨 함량을 측정하였다.

4. 자료의 통계분석

본 실험에서 얻어진 모든 자료는 SAS program을 사용하여 각 군별 평균치와 표준편차를 구하였다. 연령과 칼슘 섭취수준에 따른 요인간의 상호작용을 알아보기 위하여 2×3 분산분석을 하였고, 유의적인 영향이 나타났을 때는 연령과 칼슘 섭취수준에 따른 각 군별 차이를 관찰하기 위하여 Duncan's multiple range test로 α=0.05수준에서 유의성을 검정하였다(29).

결과 및 고찰

암쥐의 어린쥐와 성숙쥐를 대상으로 칼슘 섭취수준이 체내 칼슘, 나트륨 및 칼륨대사에 미치는 영향을 알아보기 위하여 3주간 60마리의 흰쥐를 6군으로 나누어 실험한 결과 및 고찰은 다음과 같다.

1. 식이 섭취량, 체중 증가량 및 식이효율

암쥐의 어린쥐와 성숙쥐를 대상으로 식이칼슘을 요구량의 50%, 100%, 200%수준으로 3주간 공급했을 때 식이 섭취량, 체중 증가량 및 식이효율에 대한 결과는 표 3과 같다.

칼슘 섭취수준에 따른 칼슘, 나트륨 및 칼륨대사

식이 섭취량은 연령, 연령과 칼슘 상호작용의 유 의한 영향을 받아($p < 0.001$, $p < 0.001$) 어린쥐가 성숙쥐보다 높았으며, 적정 칼슘을 섭취한 어린쥐가 다른 군보다 유의하게 높았다($p < 0.05$). 체중 증가량과 식이효율은 연령에 의한 유의적인 차이가 있어

($p < 0.001$) 어린쥐가 성숙쥐보다 높았다. 그러나 칼슘 섭취수준에 의해서는 식이 섭취량, 체중 증가량 및 식이효율 모두 각 군별 유의한 차이가 없었다.

칼슘의 섭취상태가 식이 섭취량, 체중 증가량 및 식이효율에 미치는 영향에 대해서는 계속해서 연구가

Table 2. Formulation of experimental diets for experiment

Ingredient	Low Ca diet	Normal Ca diet	High Ca diet
Casein	20.0	20.0	20.0
DL-Methionine	0.3	0.3	0.3
Corn starch	15.0	15.0	15.0
Sucrose	50.0	50.0	50.0
Cellulose	5.0	5.0	5.0
Corn oil ¹⁾	5.0	5.0	5.0
Ca free mineral mixture ²⁾	1.75	1.75	1.75
CaHPO ₄	0.875	1.75	3.5
Vitamin mixture ³⁾	1.0	1.0	1.0
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2

1) Butylated hydroxytoluene as antioxidant was added 0.0125%/oil kg

2) Calcium free mineral mixture ;

Sodium chloride 74.0g, Potassium citrate, monohydrate 220.0g, Potassium sulfate 52.0g, Magnesium oxide 24.0g, Manganous carbonate 3.5g, Ferric citrate 6.0g, Zinc carbonate 1.6g, Cupric carbonate 0.3g, Potassium iodate 0.01g, Sodium selenite 0.01g, Chromium potassium sulfate 0.55g, Sucrose finely powered to make 500g

3) Vitamin mixture ;

Thiamin · HCl 600mg, Riboflavin 600mg, Pyridoxine · HCl 700mg, Nicotinic acid 3g, D-Calcium pantothenate 1.6g, Folic acid 200mg, D-Biotin 20mg, Cyanocobalamine 1mg, Vitamin A 400,000 I.U., dl- α -Tocopherol acetate 5,000 I.U., Cholecalciferol 2.5 mg, Menaquinone 5mg, Sucrose finely powered to make 1,000g

Table 3. Feed intake, body weight gain and feed efficiency ratio(FER) for groups of different age and Ca intake

Group	Feed intake g/day	Body weight gain g/day	FER
YLCa	29.62 ± 3.12 ^{1)b2)}	3.81 ± 0.60 ^a	0.13 ± 0.02 ^a
YNCa	32.68 ± 1.21 ^a	4.03 ± 0.63 ^a	0.12 ± 0.02 ^a
YHCa	30.09 ± 1.29 ^b	4.11 ± 0.41 ^a	0.14 ± 0.01 ^a
ALCa	27.39 ± 1.12 ^c	1.19 ± 1.19 ^b	0.04 ± 0.04 ^b
ANCa	26.44 ± 4.12 ^c	1.03 ± 0.56 ^b	0.04 ± 0.02 ^b
AHCa	27.50 ± 3.71 ^c	1.17 ± 0.86 ^b	0.04 ± 0.03 ^b
A(Age)	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
ANOVA B(Calcium)	N.S. ³⁾	N.S.	N.S.
A×B	$p < 0.001$	N.S.	N.S.

1) Mean ± standard deviation

2) Means with different letters(a, b, c) within a column are significantly different from each other at $p < 0.05$ as determined by Duncan's multiple-range test($a > b > c$)

3) Not significant at $p < 0.05$ as determined by 2-way analysis of variance

이루어지고 있지만 아직까지 많은 이견을 보이고 있다. 낮은 칼슘의 섭취가 식이 섭취량과 체중 증가량에 미치는 영향에 대한 연구에서 권과 김³⁰⁾은 100g 된 숫쥐에게 요구량의 0.2배 수준의 칼슘을 5주간 공급했을 때 식이 섭취량과 체중 증가량이 대조군과 유의한 차이가 없었다고 하며, 이 등³¹⁾도 요구량의 0.6배 수준의 칼슘을 이유기가 지난 암쥐에게 5일간 공급하는 평형실험을 했을 때 식이 섭취량과 체중 증가량이 대조군과 유의한 차이가 없다고 하였다. 칼슘 보충이 식이 섭취량과 체중 증가량에 미치는 영향에 대한 연구에서도 100g의 숫쥐에게 요구량의 2.5배 수준으로 5주간 공급했을 때³⁰⁾와 400일령의 숫쥐에게 식이에 1.2%의 칼슘을 첨가해 3주간 공급했을 때³²⁾ 식이 섭취량과 체중 증가량은 대조군과 유의한 차이가 없다고 하여 칼슘 섭취수준에 따른 식이 섭취량과 체중 증가량 및 식이효율에 유의한 차이가 나타나지 않은 본 연구결과와 일치하고 있다.

그러나 쥐가 아닌 다른 동물을 대상으로 한 연구에서는 다른 결과를 보이고 있어 Iacono³³⁾, Dougherty와 Iacono³⁴⁾는 토끼에게 요구량의 0.025배의 칼슘을 공급했을 때 체중은 30일 이후에 더이상 증가하지 않아 실험종료 후에는 체중이 대조군보다 유의하게 낮았다고 하며, Viperman등³⁵⁾은 양에게 칼슘과 인의 비율을 달리하면서 3개월간 사육했을 때 칼슘 부족군에서 식욕감퇴, 성장을 저하, 쇠약 등의 증세를

보였다고 한다. 한편, Foley등³⁶⁾은 어린 돼지에게 요구량의 1배와 3배수준으로 칼슘을 6주간 공급했을 때 체중 증가량이 4주 이후부터 유의적인 차이가 나기 시작하여 적정 칼슘의 체중증가가 고칼슘군보다 높다고 하여 본 연구와 다른 결과를 보이고 있다. 이상에서 칼슘의 섭취수준이 식이 섭취량, 체중 증가량 및 식이효율에 미치는 영향에 대한 연구는 실험동물과 기간에 따라 다른 결과를 보이고 있기 때문에 이에 대한 다양한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

2. 혈청의 칼슘, 나트륨 및 칼륨농도

암쥐의 어린쥐와 성숙쥐를 대상으로 식이칼슘을 요구량의 50%, 100%, 200% 수준으로 3주간 공급했을 때 혈청 칼슘, 나트륨 및 칼륨함량에 대한 결과는 표 4와 같다.

혈청 칼슘함량은 연령에 의한 유의적인 차이가 있어 ($p < 0.01$) 어린쥐가 성숙쥐보다 높았다. 연령이 증가함에 따라 체내 칼슘대사는 많은 변화를 초래하게 되는데, 특히 여성에 있어 '폐경'이라는 생리적인 변화는 연령증가에 따른 칼슘대사의 변화를 더욱 가중시키게 된다. 폐경후에는 에스트로겐 분비가 감소하고 부갑상선 호르몬에 대한 골격의 반응도가 증가하여 골의 재흡수가 일어나며 칼시토닌의 분비는 증가되어 $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ 의 생산량이 감소하여, 그 결과 칼슘의 흡수율은 감소하고 배설량은 증가하게 된다. 따라서 연령증가에 따라 혈중 칼슘농도는 다소 감소

Table 4. Levels of Ca, Na and K in serum for groups of different age and Ca intake

Group	Ca mg/dl	Na mEq/l	K mEq/l
YLCa	10.21 ± 1.45 ^{1)ab2)}	145.11 ± 11.51 ^a	5.26 ± 0.55 ^{ab}
YNCa	12.13 ± 4.09 ^a	143.86 ± 3.38 ^a	5.47 ± 0.49 ^a
YHCa	10.17 ± 4.97 ^{ab}	133.98 ± 9.93 ^b	4.94 ± 0.50 ^{bc}
ALCa	8.21 ± 0.87 ^b	127.22 ± 3.65 ^b	4.57 ± 0.28 ^c
ANCa	9.09 ± 0.83 ^{ab}	129.88 ± 6.72 ^b	4.68 ± 0.40 ^c
AHCa	8.69 ± 0.85 ^b	129.04 ± 5.42 ^b	4.62 ± 0.69 ^c
A(Age)	$p < 0.01$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
ANOVA B(Calcium)	N.S. ³⁾	$p < 0.05$	N.S.
A × B	N.S.	N.S.	N.S.

1) Mean ± standard deviation

2) Means with different letters(a, b, c) within a column are significantly different from each other at $p < 0.05$ as determined by Duncan's multiple-range test($a > b > c$)

3) Not significant at $p < 0.05$ as determined by 2-way analysis of variance

칼슘 섭취수준에 따른 칼슘, 나트륨 및 칼륨대사

하여 어린이는 성인보다 다소 높고, 노인은 다소 낮은 수준을 유지하게 된다³⁷⁾. 본 연구에서도 어린이의 혈중 칼슘농도가 성숙쥐보다 유의하게 높아 위의 연구와 일치하였다. 그러나 혈중 칼슘농도는 끊임없는 내·외적 변화에 대응하여 아주 작은 범위에서 항상성을 유지하기 때문에 여러 연구에서 많은 내·외적 요인에 따른 혈중 칼슘농도의 변화를 관찰한 결과 대조군과 유의한 차이가 없었다는 것³⁸⁻⁴⁰⁾과 유의한 차이가 있었다는 것⁴¹⁻⁴³⁾으로 양분되고 있지만, 이들 대부분이 정상 범위에서 크게 벗어나지는 않고 있다. 본 연구에서도 칼슘 섭취수준에 따른 혈중 칼슘농도가 유의한 차이가 나타나지 않았다.

혈청 나트륨함량은 연령과 칼슘의 유의한 영향을 받아($p < 0.001$, $p < 0.05$) 어린쥐가 성숙쥐보다 높았으며, 어린쥐의 경우에는 고칼슘군이 저칼슘군이나 적정 칼슘군보다 유의하게 낮았다($p < 0.05$). 혈청 칼륨함량은 연령에 의한 유의적인 차이가 있어($p < 0.001$) 어린쥐가 성숙쥐보다 높았으나 칼슘 섭취수준에 따른 유의한 차이는 나타나지 않았다. 칼슘 섭취수준이 혈청 나트륨과 칼륨 함량에 미치는 영향에 대한 연구에서 Kynast-Gales와 Massey⁴⁴⁾는 13명의 남성을 대상으로 4주간의 저칼슘과 고칼슘식을 섭취시켰을 때 혈청 나트륨과 칼륨 함량에 유의한 차이가 없었다고 하였으며, 이와 같은 결과는 Ayachi²¹⁾와 Hatton⁴⁵⁾의 연구에서도 나타나고 있다. 본 연구에서 혈청

칼륨은 칼슘 섭취수준에 따른 유의한 영향이 나타나지 않아 위의 연구들과 일치하였지만, 혈청 나트륨 함량은 고칼슘군에서 낮게 나타났다. 이와 같은 결과는 칼슘 섭취증가에 따라 노중 배설증가로 인한 결과로 사료되지만, 위의 연구들이 사람을 대상으로 실시한 연구이고 실험동물을 대상으로 실시한 연구는 거의 미흡하여 정확한 비교가 어려운 실정이다.

3. 간장의 칼슘, 나트륨 및 칼륨농도

암쥐의 어린쥐와 성숙쥐를 대상으로 식이칼슘을 요구량의 50%, 100%, 200% 수준으로 3주간 공급했을 때 간장의 칼슘, 나트륨 및 칼륨함량에 대한 결과는 표 5와 같다.

단위 체중당 간장의 무게는 연령에 의한 유의한 차이가 있어($p < 0.001$) 어린쥐가 성숙쥐보다 높았다. 간장의 칼슘함량은 연령에 의한 유의적인 차이가 있어($p < 0.05$) 어린쥐가 성숙쥐보다 낮았으나, 칼슘 섭취수준에 의한 유의한 차이는 없었다. 칼슘 섭취수준이 간장의 칼슘농도에 미치는 영향에 대한 연구에서 쥐를 대상으로 식이에 1.3%, 0.52% (적정 칼슘), 0.1%의 칼슘을 공급했을 때³⁰⁾ 간장의 칼슘농도는 각 군간에 차이가 없었으며, 0.6%와 0.1%의 칼슘을 공급했을 때⁴⁶⁾도 저칼슘군이 낮았지만 유의적인 차이는 없었다고 하여 본 연구결과와 일치하였다.

간장의 나트륨함량은 칼슘에 의한 유의한 영향을

Table 5. Liver weight and contents of Ca, Na and K in liver for groups of different age and Ca intake

Group	Liver weight g/100g B.W. ¹⁾	Ca μg/g	Na mg/g	K mg/g
YLCa	4.68 ± 0.54 ^{2)a3)}	52.82 ± 6.05 ^b	1.19 ± 0.11 ^a	1.53 ± 0.15 ^a
YNCa	4.27 ± 0.35 ^{ab}	49.44 ± 3.75 ^b	1.09 ± 0.06 ^b	1.40 ± 0.11 ^b
YHCa	4.04 ± 0.45 ^{ab}	54.32 ± 12.25 ^b	1.08 ± 0.06 ^b	1.37 ± 0.24 ^b
ALCa	3.59 ± 0.71 ^{bc}	68.74 ± 26.61 ^a	1.16 ± 0.11 ^{ab}	1.37 ± 0.07 ^b
ANCa	3.25 ± 0.66 ^c	55.20 ± 7.23 ^b	1.15 ± 0.05 ^{ab}	1.38 ± 0.17 ^b
AHCa	3.53 ± 0.15 ^{bc}	56.94 ± 8.10 ^{ab}	1.09 ± 0.05 ^b	1.35 ± 0.06 ^b
A(Age)	$p < 0.001$	$p < 0.05$	N.S.	N.S.
ANOVA B(Calcium)	N.S. ⁴⁾	N.S.	$p < 0.01$	N.S.
A × B	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

1) Body weight

2) Mean ± standard deviation

3) Means with different letters(a, b) within a column are significantly different from each other at $p < 0.05$ as determined by Duncan's multiple-range test($a > b$)

4) Not significant at $p < 0.05$ as determined by 2-way analysis of variance

받아($p < 0.01$) 칼슘 섭취수준 증가에 따라 감소하였으나, 칼륨함량은 연령과 칼슘에 의한 각 군별 유의한 차이가 없었다. 나트륨과 칼륨은 체액과 연조직에 널리 분포되어 있는데, 이들 중 나트륨은 체액에 함유되어 있고 칼륨은 주로 세포질에 함유되어 있다. 본 연구에서 칼슘섭취 증가에 의한 간장 나트륨 함량 감소는 고칼슘 섭취로 인해 혈중 나트륨 농도가 감소하고 결국 체액농도를 유지하기 위해 조직 중의 나트륨농도가 감소하여 나타난 결과로 생각되지만 이에 대한 연구가 미흡하여 비교가 어려운 실정이다.

4. 신장의 칼슘, 나트륨 및 칼륨농도

암쥐의 어린쥐와 성숙쥐를 대상으로 식이칼슘을 요구량의 50%, 100%, 200% 수준으로 3주간 공급했을 때 신장의 칼슘, 나트륨 및 칼륨함량에 대한 결과는 표 6과 같다.

단위 체중당 신장의 무게는 연령에 의한 유의한 차이가 있어($p < 0.05$) 어린쥐가 성숙쥐보다 높았다. 신장의 칼슘함량은 연령, 칼슘 및 연령과 칼슘 상호작용의 유의한 영향을 받아($p < 0.01$, $p < 0.01$, $p < 0.001$) 어린쥐는 고칼슘군이, 성숙쥐는 적정 칼슘군이 다른군보다 유의하게 높게 나타남으로써 ($p < 0.05$) 연령에 따라 칼슘 섭취수준이 신장 칼슘함량에 미치는 영향이 다르다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과는

많은 연구에서도 나타나고 있어, Washko와 Cousins⁴⁶⁾는 성장기 숫쥐에게 식이의 0.6%와 0.1%의 칼슘을 8주간 공급했을 때 저칼슘군의 신장 칼슘농도가 유의하게 낮았다고 한 반면, 이등³¹⁾은 이유 직후의 암쥐에게 식이에 1.0%와 0.3%의 칼슘을 5일간 공급하는 평형실험에서 저칼슘군의 신장 칼슘농도는 고칼슘군보다 약 6배나 유의하게 높았다고 하며, Itokawa 등⁴⁷⁾도 쥐에 있어 칼슘부족은 신장의 칼슘농도를 증가시켰다고 하였다. 한편, Six와 Goyer⁴⁸⁾는 성장기 숫쥐에게 식이의 0.7%와 0.1%의 칼슘을 10주간 공급했을 때 유의한 차이가 없었다고 함으로써 칼슘부족에 따른 신장 칼슘농도의 변화가 분명하지 않고, 연령에 따른 변화를 살펴본 연구가 미흡하여 이에 대한 연구가 필요한 실정이다. 고칼슘식에 따른 신장 칼슘농도의 변화에 대한 연구에서 Haek등⁴⁹⁾은 암쥐에 있어 식이내 칼슘의 공급이 0.5%까지는 증가할수록 신장 칼슘농도가 증가하다가 0.75% 이상에서는 오히려 감소되어 신석회증(nephrocalcinosis)의 발생을 감소시킨다고 함으로써 본 연구에서 성숙쥐의 경우에는 같은 결과를 보였으나, 어린쥐의 경우에는 고칼슘군의 신장 칼슘농도가 적정 칼슘군보다 유의하게 증가하여 Heak등⁴⁹⁾과 다른 결과를 보였다.

신장의 나트륨함량은 연령과 칼슘에 의한 유의한

Table 6. Kidney weight and contents of Ca, Na and K in kidney for groups of different age and Ca intake

Group	Kidney weight g/100g B.W. ¹⁾	Ca μg/g	Na mg/g	K mg/g
YLCa	0.81 ± 0.09 ^{2)ab3)}	105.02 ± 10.75 ^b	1.78 ± 0.07 ^d	1.46 ± 0.02 ^a
YNCa	0.77 ± 0.04 ^{ab}	107.00 ± 10.20 ^b	1.91 ± 0.11 ^c	1.49 ± 0.09 ^a
YHCa	0.94 ± 0.43 ^a	199.61 ± 30.61 ^a	1.98 ± 0.15 ^c	1.49 ± 0.07 ^a
ALCa	0.68 ± 0.12 ^{ab}	141.53 ± 16.64 ^b	2.01 ± 0.15 ^{bc}	1.47 ± 0.09 ^a
ANCa	0.62 ± 0.04 ^b	191.13 ± 17.29 ^a	2.16 ± 0.13 ^a	1.47 ± 0.07 ^a
AHCa	0.66 ± 0.02 ^{ab}	144.21 ± 8.56 ^b	2.10 ± 0.06 ^{ab}	1.38 ± 0.03 ^b
A(Age)	$p < 0.05$	$p < 0.01$	$p < 0.001$	$p < 0.05$
ANOVA B(Calcium)	N.S. ⁴⁾	$p < 0.01$	$p < 0.001$	N.S.
A×B	N.S.	$p < 0.001$	N.S.	$p < 0.05$

1) Body weight

2) Mean ± standard deviation

3) Means with different letters(a, b, c) within a column are significantly different from each other at $p < 0.05$ as determined by Duncan's multiple-range test($a > b > c$)

4) Not significant at $p < 0.05$ as determined by 2-way analysis of variance

칼슘 섭취수준에 따른 칼슘, 나트륨 및 칼륨대사

영향을 받아($p < 0.001$, $p < 0.001$) 어린쥐가 성숙쥐보다, 저칼슘군이 적정 칼슘군이나 고칼슘군보다 낮았으며 칼륨함량은 연령, 연령과 칼슘 상호작용의 유의한 영향을 받아($p < 0.05$, $p < 0.05$) 고칼슘을 섭취한 성숙쥐가 다른 군보다 유의하게 낮았다. 이와 같은 결과는 칼슘섭취수준이 노중 나트륨 배설량과 밀접한 관계에 있기 때문에 신장 나트륨 농도도 식이 칼슘의 영향을 받은 것으로 보여진다.

5. 소변중 칼슘, 나트륨 및 칼륨농도

암쥐의 어린쥐와 성숙쥐를 대상으로 식이칼슘을 요구량의 50%, 100%, 200% 수준으로 3주간 공급했을 때 소변중 칼슘, 나트륨 및 칼륨배설량에 대한 결과는 표 7과 같다.

노량은 연령과 칼슘에 의한 유의한 영향을 받지 않았다. 소변중 크레아티닌 배설량은 연령에 의한 유의적인 차이가 있어($p < 0.001$) 어린쥐가 성숙쥐보다 낮았다. 소변중 칼슘배설량은 연령, 연령과 칼슘 상호작용의 유의한 영향을 받아($p < 0.05$, $p < 0.05$) 어린쥐가 성숙쥐보다 높았다. 어린이는 성인보다 칼슘 섭취량이 많고 흡수율이 좋지만 흡수된 칼슘의 중요한 기능이 뼈에 보유되는 것이기 때문에 소변중 배설량이 성인보다 낮다³⁷⁾. 이러한 사실은 몇몇 연구를 통해 확인할 수 있었는데, McElroy등⁵⁰⁾은 3주와 18개월

된 숫쥐를 4주간 사육했을 때 늙은쥐의 소변중 칼슘 배설량이 어린쥐보다 높았다고 하며, 이 등⁵¹⁾도 1개월, 6개월, 12개월령의 숫쥐를 4주간 사육했을 때 같은 결과를 보고하여 본 연구와 일치하였다.

소변중 나트륨 배설량은 연령, 칼슘 및 연령과 칼슘 상호작용의 유의한 영향을 받아($p < 0.05$, $p < 0.001$, $p < 0.001$) 칼슘 섭취수준 증가에 따라 높게 나타났다. 칼슘의 보충섭취가 나타내는 혈압강하 효과에 대한 기전으로서 2가지가 제시되고 있는데, 그 한가지는 고칼슘 섭취로 인한 노중 나트륨배설이 촉진되기 때문이며¹⁷⁾, 두번째는 세포내액의 유리 칼슘의 감소로 혈관 평활근세포의 이완 때문이라는 것이다¹⁸⁾. 전자의 경우에는 신장에서 칼슘과 나트륨의 이동기전, 즉 이들의 renal clearances 사이에 밀접한 관계가 있는 것으로 설명되고 있다¹³⁾. 지금까지는 나트륨 섭취수준에 따른 칼슘 배설량에 대한 연구가 주로 이루어졌지만, Nordin등¹⁹⁾은 노중 나트륨과 칼슘 배설사이의 관계는 항상 나트륨으로 유도되는 것이 아니라 칼슘 섭취량의 변화에 따라 2차적으로 나트륨 배설량도 변할 수 있다고 하였다. 이에 대한 연구로 Popvizer²⁰⁾는 칼슘보충이 나트륨배설을 촉진시킨다고 보고하였으며, Resnick등⁵²⁾은 10명의 고혈압환자에게 2g의 칼슘을 1개월동안 공급했을 때 소변중 나트륨 배설증가와 함께 이완기 혈압이 감소하였다고 한다.

Table 7. Urine volume and urinary excretions of creatinine, Ca, Na and K for groups of different age and Ca intake

Group	Urine volume ml/day	Creatinine mg/day	Ca mg/day	Na mg/day	K mg/day
YLCa	10.53 ± 0.50 ^{1)N.S.2)}	5.75 ± 0.24 ³⁾	0.48 ± 0.06 ^b	49.44 ± 0.30 ^d	27.24 ± 2.69 ^c
YNCa	11.20 ± 1.06	7.56 ± 0.71 ^b	0.84 ± 0.15 ^a	100.07 ± 8.86 ^{ab}	107.13 ± 10.80 ^a
YHCa	12.47 ± 2.50	6.05 ± 0.25 ^{bc}	0.56 ± 0.07 ^b	105.31 ± 10.15 ^{ab}	102.63 ± 13.53 ^a
ALCa	13.40 ± 3.42	10.46 ± 1.88 ^a	0.48 ± 0.16 ^b	81.13 ± 13.54 ^c	52.40 ± 4.17 ^d
ANCa	11.60 ± 1.04	10.80 ± 1.16 ^a	0.43 ± 0.14 ^b	94.66 ± 4.82 ^b	74.88 ± 5.96 ^c
AHCa	13.00 ± 2.65	11.06 ± 0.19 ^a	0.59 ± 0.11 ^b	107.90 ± 3.75 ^a	90.16 ± 6.98 ^b
A(Age)	N.S. ⁴⁾	$p < 0.001$	$p < 0.05$	$p < 0.05$	N.S.
ANOVA B(Calcium)	N.S.	N.S.	N.S.	$p < 0.001$	$p < 0.001$
A×B	N.S.	N.S.	$p < 0.05$	$p < 0.001$	$p < 0.001$

1) Mean ± standard deviation

2) Not significant at $p < 0.05$ as determined by Duncan's multiple-range test

3) Means with different letters(a, b, c, d, e) within a column are significantly different from each other at $p < 0.05$ as determined by Duncan's multiple-range test($a > b > c > d > e$)

4) Not significant at $p < 0.05$ as determined by 2-way analysis of variance

Table 8. Feces weight and fecal excretions of Ca, Na and K for groups of different age and Ca intake

Group	Feces weight	Ca	Na	K
	g/day	mg/day	mg/day	mg/day
YLCa	0.77 ± 0.24 ^{1)N.S.2)}	6.92 ± 3.46 ³⁾	23.65 ± 11.54 ^c	17.98 ± 9.43 ^b
YNCa	0.96 ± 0.23	29.34 ± 14.90 ^c	20.70 ± 1.07 ^c	19.94 ± 0.69 ^{ab}
YHCa	1.02 ± 0.15	113.19 ± 66.06 ^a	28.12 ± 1.76 ^{bc}	14.77 ± 1.60 ^b
ALCa	0.95 ± 0.24	10.44 ± 3.25 ^c	33.67 ± 9.91 ^b	20.63 ± 5.13 ^{ab}
ANCa	1.21 ± 0.89	42.46 ± 5.02 ^{bc}	44.92 ± 0.18 ^a	14.60 ± 0.49 ^b
AHCa	0.96 ± 0.09	84.67 ± 7.04 ^{ab}	44.24 ± 3.10 ^a	25.58 ± 2.56 ^a
A(Age)	N.S. ⁴⁾	N.S.	p<0.001	N.S.
ANOVA B(Calcium)	N.S.	p<0.01	N.S.	N.S.
A×B	N.S.	N.S.	N.S.	p<0.01

- 1) Mean ± standard deviation
- 2) Not significant at p<0.05 as determined by Duncan's multiple-range test
- 3) Means with different letters(a, b, c) within a column are significantly different from each other at p<0.05 as determined by Duncan's multiple-range test(a>b>c)
- 4) Not significant at p<0.05 as determined by 2-way analysis of variance

이러한 결과는 몇몇 연구²¹⁾²²⁾에서 재확인되었으며, 본 연구에서도 칼슘 섭취 증가에 따라 노중 나트륨 배설량이 유의하게 증가하여 위의 연구들과 일치하고 있다. 앞으로 칼슘 섭취수준에 따른 노중 나트륨 배설량에 대한 연구는 혈압변화와 함께 이루어져야 좀더 확실할 것으로 사료된다.

소변중 칼륨 배설량은 칼슘, 연령과 칼슘 상호작용의 유의한 영향을 받아(p<0.001, p<0.001) 칼슘 섭취 증가에 의해 유의하게 높게 나타났다(p<0.05). Ayachi²¹⁾는 정상쥐와 고혈압쥐를 대상으로 고칼슘을 4주간 공급했을 때 고혈압쥐에 있어 노중 칼륨이 유의하게 감소하였다고 한다. 고칼슘 섭취에 의한 칼륨 배설 변화에 대한 기전은 확실하게 밝혀지지 않았지만, 칼슘 섭취증가로 인한 원위세뇨관의 나트륨 및 물의 양의 증가로 세뇨관내 유속이 증가하여 2차적으로 칼륨의 분비가 촉진되었기 때문⁵³⁾으로 사료된다.

6. 대변중 칼슘, 나트륨 및 칼륨농도

암쥐의 어린쥐와 성숙쥐를 대상으로 식이칼슘을 요구량의 50%, 100%, 200% 수준으로 3주간 공급했을 때 대변중 칼슘, 나트륨 및 칼륨배설량에 대한 결과는 표 8과 같다.

대변의 무게는 연령과 칼슘에 의한 각 군별 유의한 차이가 없었다. 대변중 칼슘 배설량은 칼슘에 의한

유의한 영향을 받아(p<0.01) 칼슘 섭취수준 증가에 따라 높게 나타났다. 식이성 칼슘은 건강한 성인의 경우 약 20~30%만 흡수되고 그 나머지는 대변을 통해 체외로 배설되지만 칼슘 섭취수준에 따라 칼슘의 흡수율과 대변중 배설량은 큰 차이가 나게 된다.

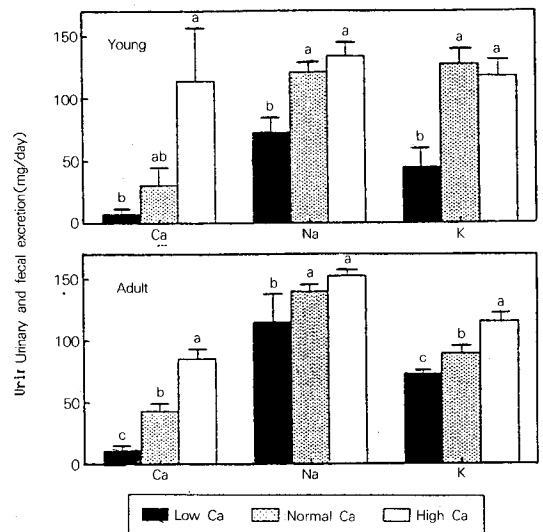


Fig. 1. Comparison of daily urinary and fecal Ca, Na and K excretions for groups of different age and Ca intake. Different letters(a, b, c) are significantly different from each other at p<0.05 as determined by Duncan's multiple range test(a>b>c).

칼슘 섭취수준에 따른 칼슘, 나트륨 및 칼륨대사

Benson 등⁵⁴⁾은 칼슘 섭취량이 높아지면 내인성 칼슘의 재흡수율이 저하되므로 대변을 통한 칼슘배설이 증가할 가능성이 있다고 하였으며, Sammon 등⁵⁵⁾은 쥐에 있어 대변을 통한 내인성 칼슘 배설량은 식이성 칼슘수준이 정상이거나 높을 때 소변을 통한 배설량보다 5~10배정도 많다고 하였다. 한편 이 등³¹⁾은 이유 직후의 암쥐에게 식이에 1.0%와 0.3%의 칼슘을 5일간 공급하는 평형실험을 실시했을 때 저칼슘군의 대변중 칼슘 배설량은 고칼슘군보다 유의하게 낮고 결보기 소화율은 유의하게 높다고 하며, 암탉⁵⁶⁾과 사람⁵⁷⁾을 대상으로 한 실험에서도 저칼슘의 섭취는 대변중 칼슘 배설량을 감소시킨다고 하여 본 연구결과와 일치하였다.

대변중 나트륨 배설량은 연령에 의한 유의한 차이가 있어($p < 0.001$) 어린쥐가 성숙쥐보다 낮았으나, 칼슘 섭취수준에 의한 유의한 영향은 없었다. 칼륨 배설량은 연령과 칼슘에 의한 유의한 차이가 없었다. 그러나 Fig. 1과 같이 칼슘 섭취수준에 의한 소변과 대변을 통한 1일 칼슘, 나트륨 및 칼륨 배설량을 살펴보면 칼슘 섭취수준 증가에 따라 어린쥐와 성숙쥐 모두 칼슘, 나트륨 및 칼륨 배설량이 유의하게 증가하였는데, 이와 같은 결과는 칼슘 섭취수준이 증가할수록 칼슘은 대변으로의 배설이 증가하고 나트륨과 칼륨은 소변으로 배설이 증가하기 때문에 나타난 결과로 보여진다.

요약 및 결론

암쥐의 어린쥐와 성숙쥐를 대상으로 요구량의 50%, 100%, 200% 수준의 식이 칼슘을 3주간 공급한 후 칼슘 섭취수준이 체내 칼슘, 나트륨 및 칼륨대사에 미치는 영향을 알아본 결과는 다음과 같다.

1) 칼슘 섭취수준에 따른 식이 섭취량, 체중 증가량 및 식이효율 모두 각 군별 유의한 차이가 없었으나, 체중 증가량과 식이효율은 연령에 의한 유의적인 차이가 있어($p < 0.001$) 어린쥐가 성숙쥐보다 높았다.

2) 혈청 칼슘과 칼륨함량은 연령에 의한 유의적인 차이가 있어($p < 0.01$) 어린쥐가 성숙쥐보다 높았다. 혈청 나트륨함량은 연령과 칼슘의 유의한 영향을 받아($p < 0.001$, $p < 0.05$) 어린쥐가 성숙쥐보다 높았으며,

어린쥐의 경우 고칼슘군이 저칼슘군이나 적정 칼슘군보다 유의하게 낮았다($p < 0.05$).

3) 간장의 칼슘과 칼륨함량은 칼슘 섭취수준에 의한 유의한 차이는 없었으나, 나트륨함량은 칼슘에 의한 유의한 영향을 받아($p < 0.01$) 칼슘 섭취수준 증가에 따라 감소하였다.

4) 신장의 칼슘함량은 어린쥐는, 고칼슘군이, 성숙쥐는 적정 칼슘군이 다른군보다 유의하게 높았다($p < 0.05$). 신장의 나트륨함량은 어린쥐가 성숙쥐보다, 저칼슘군이 적정 칼슘군이나 고칼슘군보다 낮았으며($p < 0.001$, $p < 0.001$), 칼륨함량은 고칼슘을 섭취한 성숙쥐가 다른 군보다 유의하게 낮았다($p < 0.05$).

5) 소변중 나트륨 및 칼륨 배설량은 모두 칼슘에 의한 유의한 영향을 받아($p < 0.001$, $p < 0.001$) 칼슘 섭취수준 증가에 따라 높게 나타났다.

6) 대변중 칼슘 배설량은 칼슘에 의한 유의한 영향을 받아($p < 0.001$) 칼슘 섭취수준 증가에 따라 높게 나타났으나, 나트륨과 칼륨 배설량은 칼슘에 의한 유의한 영향을 받지 않았다.

이상의 연구결과 칼슘 섭취증가에 따라 노중 나트륨 및 칼륨 배설량과 대변중 칼슘 배설량이 증가하는 것으로 나타남으로써 고칼슘 섭취시 이들 무기질과의 상호작용을 고려해야 할 것으로 사료된다. 그러나 앞으로 좀더 다양한 칼슘 섭취수준에 따른 비교연구와 인체를 대상으로 한 실험, 이들 무기질대사와 혈압과의 관계에 대한 연구 등이 다각적으로 이루어져야 할 것으로 생각한다.

Literature cited

- 1) Armbricht HJ. Effect of age on calcium and phosphate absorption. *Miner Electrolyte Metab* 16 : 159-166, 1990
- 2) Matkovic V, Heaney RP. Calcium balance during human growth : Evidence for threshold behavior. *Am J Clin Nutr* 55 : 992-996, 1992
- 3) Spencer H, Kramer L, Osis D, Norris C. Effect of phosphorus on the absorption of calcium and on the calcium balance in man. *J Nutr* 108 : 7, 1978
- 4) Praffitt AM, Gallagher JC, Heaney RP, Johnston CC, Neer R, Whedon GD. Vitamin D and bone health

- in the elderly. *Am J Clin Nutr* 36 : 1014, 1982
- 5) Forbes RM, Weingartner KE, Parker HM, Bell RM, Erdman JW. Bioavailability to rats of zinc, magnesium and calcium in casein-, egg- and soyprotein-containing diets. *J Nutr* 109 : 1652-1660, 1979
 - 6) Goulding A. Effects of varying dietary salt intake on the fasting urinary excretion of sodium, calcium, and hydroxyproline in young women. *NZ Med J* 96 : 853-854, 1983
 - 7) James WPT, Branch WJ, Southgate DAT. Calcium binding by dietary fiber. *Lancet* 1 : 638, 1978
 - 8) Spencer H, Kramer L. NIH consensus conference : osteoporosis. Factors contributing to osteoporosis. *J Nutr* 116 : 316-319, 1986
 - 9) Yeh JK, Aloia JF, Semla HM, Chen SY. Influence of injected caffeine on the metabolism of calcium and the retention and excretion of sodium, potassium, phosphorus, magnesium, zinc and copper in rats. *J Nutr* 116 : 273-280, 1986
 - 10) Massay SB, Cöburn JW, Champman LW, Kleeman CR. Role of serum Ca, parathyroid hormone, and NaCl infusion on renal Ca and Na clearances. *Am J Physiol* 215 : 1403, 1968
 - 11) Wills MR, Gill JR, Bartter FC. The interrelationships of calcium and sodium excretion. *Clin Sci* 37 : 621, 1969
 - 12) 김양애 · 승정자. 한국 성인 여자에 있어서 나트륨 섭취수준이 체내 칼슘대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 20(4) : 246-257, 1987
 - 13) Wasler M. Calcium clearances as a function of sodium clearances in the dog. *Am J Physiol* 200(5) : 1099-1164, 1961
 - 14) Avioli LV. Calcium and osteoporosis. *Ann Rev Nutr* 4 : 471-491, 1984
 - 15) Heaney RP. Calcium intake, bone health, and aging. In : Young EA ed. Nutrition, aging and health. pp165-186, Alan R. Liss Inc., 1986
 - 16) Heaneys RP, Weaver CM, Fitzsimmons ML. Influence of calcium load on absorption fraction. *J Bone Min Res* 5(11) : 1135-1138, 1990
 - 17) Lasaridis AN, Sofos AB. Calcium diet supplementation increases urinary excretion in essential hypertension. *Nephron* 45 : 250, 1987
 - 18) Erne P, Bolli P, Burgisser E. Correlation of platelet calcium with blood pressure : Effect of antihypertensive therapy. *N Engl J Med* 310 : 1084-1088, 1984
 - 19) 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
 - 20) 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
 - 21) Ayachi S. Increased dietary calcium lowers blood pressure in the spontaneously hypertensive rat. *Metabolism* 28(12) : 1234-1238, 1979
 - 22) 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
 - 23) 보건사회부. '92 국민영양조사 결과보고서. 남형문화사, 서울 1994
 - 24) 이상선 · 김미경 · 이은경. 서울지역 성인의 영양보충제 복용실태. *한국영양학회지* 23(4) : 287-297, 1990
 - 25) 김선효. 중년기의 비타민, 무기질 보충제 복용실태 조사. *한국영양학회지* 27(3) : 236-252, 1994
 - 26) NRC Food and Nutrition Board. Nutrient requirements of the laboratory rat. pp7-27 Nat Aca Sci, Washington D.C., 1978
 - 27) American Institute of Nutrition. Report of the American institute of nutrition ad hoc aommittee on standards for nutritional studies. *J Nutr* 107 : 1340-1348, 1977
 - 28) 임정남. 식품의 무기성분 분석. *식품과 영양* 7(1) : 42-46, 1986
 - 29) Steel RGD, Torrie JH. Principles procedures of statistics. McGraw-Hill Book Co., New York, 1980
 - 30) 권오관 · 김미경. 식이내 Ca 수준과 지방 종류를 달리하였을 때 흰쥐의 체내 지방대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 21(5) : 324-332, 1988
 - 31) 이종호 · 문수재 · 허갑범. Phytate와 저 Ca 섭취가 흰쥐의 성장기간 동안 Ca, P, Zn 대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 26(2) : 145-155, 1993
 - 32) Yacowitz H, Fleischman AI, Amsden RT, Bierenbaum

- ML. Effects of dietary calcium upon lipid metabolism in rats fed saturated or unsaturated fat. *J Nutr* 92 : 389-392, 1967
- 33) Iacono JM. Effect of varying dietary level of calcium on plasma and tissue lipids of rabbits. *J Nutr* 104 : 1165-1171, 1974
- 34) Dougherty RM, Iacono JM. Effects of dietary calcium on blood and tissue lipids, tissue phospholipids, calcium and magnesium levels in rabbits fed diet containing beef tallow. *J Nutr* 109 : 1934-1945, 1979
- 35) Vipperman PE, Preston RL, Kintner LD, Pfander WH. Role of calcium in the nutritional etiology of a metabolic disorder in ruminants fed a high grain ration. *J Nutr* 97 : 449-462, 1969
- 36) Foley MK, Galloway ST, Luhman CM, Faidley TD, Beitz DC. Influence of dietary calcium and cholecalciferol on composition of plasma lipids in young pigs. *J Nutr* 120 : 45-51, 1990
- 37) Nordin BEC. Calcium in human biology. Springer-Verlag, Heidelberg, 1988
- 38) Yacowitz H, Fleischman AI, Amsden RT, Bierenbaum ML. Effects of dietary calcium upon lipid metabolism in rats fed saturated or unsaturated fat. *J Nutr* 92 : 389-392, 1967
- 39) Barger-Lux MJ, Heaney RP, Stegman MR. Effects of moderate caffeine intake on the calcium economy of premenopausal women. *Am J Clin Nutr* 52 : 722-725, 1990
- 40) 여정숙 · 승정자. 단백질과 카페인의 섭취수준이 나이가 다른 흰쥐의 칼슘, 인, 나트륨 및 칼륨 대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 23(1) : 13-22, 1994
- 41) Roland DA, Sloan DR, Wilson HR, Harms RH. Relationship of calcium to reproductive abnormalities in the laying hen. *J Nutr* 104 : 1079-1085, 1974
- 42) Norris LC, Kratzer FH, Lin HJ, Hellewell AB, Beljan JR. Effect of quantity of dietary calcium on maintenance of bone integrity in mature white leghorn male chickens. *J Nutr* 102 : 1085-1092, 1972
- 43) Thornton PA. Hypocalcemic development in high and low calcium-adapted chicks during acute calcium deficiency. *Int J Vitam Nutr Res* 46 : 87-95, 1976
- 44) 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
- 45) 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
- 46) Washko PW, Cousins RJ. Role of dietary calcium and calcium binding protein in cadmium toxicity in rats. *J Nutr* 107 : 920-928, 1977
- 47) Itokawa Y, Tanaka C, Fujiwara M. Changes in body temperature and blood pressure in rats with calcium and magnesium deficiencies. *J Appl Physiol* 37 : 835-839, 1974
- 48) Six KM, Goyer RA. Experimental enhancement of lead toxicity by low dietary calcium. *J Lab Clin Med* 76(6) : 933-942, 1970
- 49) Haek AC, Lemmens AG, Mullink JWMA, Beynen AC. Influence of dietary Ca : P ratio on mineral excretion and nephrocalcinosis in female rats. *J Nutr* 118 : 1210-1216, 1988
- 50) McElroy ST, Link JE, Dowdy RP, Zinn KR, Ellersieck MR. Influence of age and magnesium on calcium metabolism in rats. *J Nutr* 121 : 492-497, 1991
- 51) 이정아 · 장영애 · 김화영. 나이가 다른 단계에서 식이단백질 수준이 흰쥐의 Ca 대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 25(7) : 569-577, 1992
- 52) Resnick LM, Sealey JE, Laragh JH. Short and long-term oral calcium alters blood pressure in essential hypertension. *Fed Proc* 43 : 300, 1987
- 53) 강두희. 생리학. pp.10-11, 신광출판사, 서울 1983
- 54) Benson JD, Emery RS, Thomas JW. Effects of previous calcium intake on adaptation to low and high calcium diets in rats. *J Nutr* 97 : 53-60, 1969
- 55) Sammon PF, Stacey R, Bronner F. Role of parathyroid hormone in calcium homeostasis and metabolism. *Am J Physiol* 218 : 479-485, 1970
- 56) Roland DA, Sloan DR, Harms RH. Calcium metabolism in the laying hen. IV. The calcium status of the hen at night. *Poult Sci* 52 : 351-354, 1973
- 57) Matkovic V, Fontana D, Tominac C, Goel P, Chesnut III CH. Factors that influence peak bone mass formation : A study of calcium balance and the inheritance of bone mass in adolescent females. *Am J Clin Nutr* 52 : 878-888, 1990