

칼슘의 섭취수준이 연령이 다른 흰쥐의 마그네슘 이용에 미치는 영향

최 미 경 · 전 예 숙

청운대학교 식품영양학과

Effects of Ca Intake Levels on Mg Utilization in Rats of Different Ages

Choi, Mi-Kyeong · Jun, Ye-Sook

Department of Human Nutrition and Food Science, Chungwoon University,
Chungnam 350-800, Korea

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effects of calcium intake levels on magnesium utilization in young and adult rats fed various levels of calcium(50, 100 or 200% of requirement) for 3 weeks. Feed intake, body weight gain, and feed efficiency ratios of the young group were significantly higher than those of the adult group. In calcium levels of tissues, serum calcium levels in young group were higher than in the adult group and kidney calcium levels in HCa(high-calcium group) were higher than in other groups. There was no significant difference in magnesium intake among age and diet groups. However, magnesium excretions through feces and urine in the adult group were higher than in the young group. Therefore, magnesium retention in the young group was higher than in the adult group. Especially in the young group, fecal magnesium excretion was increased with increasing levels of dietary calcium. Serum magnesium levels were lowest in YHCa(young & high-calcium) group, and there was no significant difference in liver and kidney levels among the calcium-diet groups. These results indicate that high calcium consumption promotes of fecal magnesium excretion and decreased magnesium retention rates in growing rats. Therefore, it is suggested that mineral interactions should be considered in the supplementation of dietary calcium intake for growth. (*Korean J Nutrition* 31(9) : 1404~1410, 1998)

KEY WORDS : Ca intake · Mg utilization · age.

서 론

칼슘은 우리나라 식생활에서 가장 부족되기 쉬운 영양소이며 생체 중요 역할을 담당하는 무기질로서, 지금까지 칼슘에 대한 많은 연구¹⁾²⁾는 칼슘의 흡수를 증진시키고 배설을 감소시켜 체내 이용률을 높이는 요인에 대해 집중되고 있다. 1995년 국민영양조사보고³⁾에 의하

채택일 : 1998년 11월 3일

면 우리나라 성인의 1일 평균 칼슘 섭취량은 523mg으로 1일 권장량인 700mg에 미치지 못하고 있다. 그러나 일부 계층에서는 경제수준의 향상과 건강에 대한 관심이 증가하면서 성장기 어린이의 영양보충, 골다공증 및 혈압과 관련하여 칼슘 보충제의 섭취가 점차 증가함으로써 칼슘 섭취수준의 폭이 매우 큰 것으로 나타나고 있다⁴⁾⁵⁾. 1994년 미국의 적정 칼슘 섭취량 설정위원회에서는 골다공증이나 다른 질병을 예방하기 위해 현재의 권장량 수준 이상으로 식이 칼슘의 섭취수준을 증가

시킬 것을 권장하였다⁹⁾. 이와같은 재조정은 청소년기의 경우 1일 1000~1500mg 수준이며, 성인의 경우에는 현재 대부분의 미국인 섭취량보다 훨씬 높은 수준이다. 이러한 권장수준을 맞추기 위해서는 강화된 식품이나 칼슘보충제의 이용을 촉진시키게 되며, 많은 양의 칼슘을 섭취함으로써 다른 영양소의 흡수가 저해되는 새로운 문제점을 야기시킬 수 있다. 따라서 이러한 영양소는 안전한계값을 정량적으로 설정해야 하는데, 이를 위해서는 다양한 수준의 영양소를 장·단기간 섭취했을 때 나타날 수 있는 결과들을 충분히 확보해야 한다.

무기질은 체내 다양한 영양소와 상호작용을 하는데, 특히 무기질의 흡수와 배설경로는 유사하기 때문에 상호경쟁적으로 작용하는 것들이 많다. 지금까지 칼슘과 상호작용하는 무기질로서 인, 마그네슘, 철분, 구리, 아연, 망간 등에 대한 연구⁷⁾⁸⁾가 진행되고 있는데, 특히 칼슘과 마그네슘은 흡수와 배설경로, 기능과 분포 면에서 유사하여 상호관련성이 큰 것으로 사료되지만 이에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 칼슘 섭취수준에 따른 마그네슘 대사를 살펴본 연구로서 Wise와 Ordoveza⁹⁾는 실험동물에서 칼슘 섭취량이 적고 인의 섭취량이 높은 군의 혈청 마그네슘 함량이 낮았다고 보고한 반면, 칼슘 섭취량이 적을 경우 마그네슘의 흡수율이 향상된다고 하여¹⁰⁾ 각 연구마다 서로 다른 결과를 보이고 있다. 한편, 인체실험으로 성인에 있어 권장량의 2.5배 이상의 고칼슘섭취는 마그네슘의 위장관 흡수와 보유를 감소시켰으나¹¹⁾, 청소년에 있어 칼슘보충은 마그네슘 평형에 영향을 주지 않았다¹²⁾고 하여 연령에 따라 칼슘보충의 영향은 다른 것으로 보여진다.

칼슘과 마그네슘의 섭취부족은 만성질환과 관련이 있다는 연구가 다양하게 이루어지고 있는데⁶⁾¹³⁾, Iacono¹⁴⁾는 토끼에게 0.02%, 0.8%, 1.8%의 칼슘을 식이에 첨가해 공급했을 때 0.8% 이하의 저칼슘군에서 혈장과 간장의 콜레스테롤 수준이 증가하였다고 하며, 흰쥐에게 권장량의 60%와 0%의 마그네슘을 45일간 공급했을 때 혈압과 혈관 저항성의 상승을 보였는데, 이는 세포안으로 칼슘이 침착되어 나타난 결과라고 하였다¹⁵⁾. 이상의 연구들을 통해 칼슘과 마그네슘 영양상태의 중요성이 동시에 강조되고 있음에도 불구하고 실제로 칼슘섭취 증가에 더욱 중점을 두고 있으며, 칼슘 보충제나 강화식품의 소개가 마그네슘보다 많아 칼슘섭취 수준에 따른 마그네슘 이용에 대한 연구는 필요하다고 생각한다.

따라서 본 연구에서는 생후 4주와 12개월 된 암쥐를 대상으로 요구량의 50, 100, 200% 수준의 식이 칼슘을 3주간 공급한 후 혈청과 조직중의 마그네슘 함량과 대변과 소변으로의 배설량을 측정하여 연령에 따른 칼슘

섭취수준이 마그네슘 이용에 미치는 영향을 비교분석하였다.

재 료 및 방 법

1. 실험동물의 사육 및 식이

칼슘의 섭취수준이 연령이 다른 흰쥐의 체내 마그네슘 이용에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 동물사육실험을 실시하였다. 실험동물은 Sprague-Dawley계 암쥐로 가톨릭 의과대학 동물실험센터에서 구입하였으며, 생후 4주된 어린쥐(이하 어린쥐)와 표준식이로 사육된 12개월된 성숙쥐(이하 성숙쥐)를 사육전 1주일동안 일정 조건에서 고형사료로 적응시킨 후 연령과 칼슘 섭취수준에 따라 임의 배치법으로 1군당 10마리씩 6군으로 나누어 3주간 사육하였다. 실험식이의 배합은 AIN-76¹⁶⁾과 NRC¹⁷⁾를 기준으로 하였으며, 배합 구성 비율은 Table 1과 같다. 칼슘은 NRC 사양표준에서 무기질 요구량의 50%를 차지하므로 칼슘을 제외한 mineral mixture를 배합한 후 calcium phosphate(CaHPO₄)를 3수준(요구량의 50, 100, 200%)으로 배합하여 공급하였다. 사육실은 온도 24±2℃, 습도 55~60%를 항상 유지시켰으며, 모든 사료와 물(탈이온수)은 24시간 동안 자유급식시켰다. 무기질의 오염을 방지하기

Table 1. Dietary formulation of experimental group

Ingredient	Low Ca	Normal	High Ca
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%/kg oil

2) Mineral mixture :

Sodium chloride 74g, potassium citrate · monohydrate 220g, potassium sulfate 52g, magnesium oxide 24g, manganous carbonate 3.5g, ferric citrate 6g, zinc carbonate 1.6g, cupric carbonate 0.3g, potassium iodate 0.01g, sodium selenite 0.01g, chromium potassium sulfate 0.55g ; sucrose finely powdered 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, cyanocobalamin 1mg, vitamin A 400,000IU, dl- α -tocopherol acetate 5,000IU, cholecalciferol 2.5mg, menaquinone 5mg ; sucrose finely powdered to make 1,000g

위하여 동물사육에 필요한 사육장, 사료통, 물통 등을 0.4% EDTA(ethylene diamine tetraacetic acid) 용액에 24시간 담갔다가 2차 증류수로 3번 이상 세척 후 건조기에서 건조시켜 사용하였다. 체중은 1주일에 한번씩 같은 시각에 측정하였고 식이섭취로 인한 갑작스런 체중변화를 막기 위하여 체중측정 2시간 전에 사료통을 제거한 후에 계속하였다. 사료섭취량은 매일 같은 시각에 개체별로 전날 채워둔 사료통의 무게에서 그날의 무게를 뺀값으로 계산하였으며 허실량도 측정하여 보정하였다.

2. 시료의 채취 및 분석

사육 종료전 3일동안 실험동물을 대사장에 옮겨 소변과 대변을 수집하였으며, 소변은 3,000rpm에서 10분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 체모를 제거한 대변과 함께 -20℃에서 냉동보관하였다가 분석에 사용하였다. 3주 사육한 실험동물은 12시간 전부터 절식시킨 후 개체별로 체중을 측정하였고 ketamine으로 마취시킨 후 복부 대동맥에서 혈액을 채취하였다. 채취한 혈액은 2,000rpm에서 30분간 원심분리하여 혈청을 분리하였으며, 혈액 채취 후 간장과 신장을 떼어내어 생리식염수로 불순물을 씻어낸 다음 무게를 측정하였다. 혈청, 간장, 신장 및 소변과 대변은 습식분해법으로 분해한 후 칼슘과 마그네슘 함량을 원자흡광광도계(Atomic absorption spectrophotometer : Hitachi Z6000, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 마그네슘의 이용을 평가하기 위해 마그네슘 보유량(섭취량 - 대변과 소변으로의 배설량)과 보유율[(보유량/섭취량)×100]을 산출하였다.

3. 통계분석

실험을 통해 얻어진 모든 자료는 SAS program을 이용하여 평균과 표준편차를 구하고 연령과 칼슘 섭취

수준에 따른 이원 분산분석(two-way ANOVA)을 한 후, 각 군간의 유의적인 차이를 관찰하기 위하여 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 사료섭취량, 체중증가량 및 사료효율

연령이 다른 흰쥐에 있어 칼슘의 섭취수준이 사료섭취량, 체중증가량 및 사료효율에 미치는 영향을 살펴본 결과는 Table 2와 같이 어린쥐가 성숙쥐보다 높았으나 (p<0.05, p<0.001, p<0.001), 칼슘 섭취수준에 따른 유의적인 차이는 없었다. 칼슘의 섭취상태가 사료섭취량, 체중증가량 및 사료효율에 미치는 영향에 대한 연구로서 숫쥐에게 요구량의 0.2배 수준의 칼슘을 5주간 공급했을 때¹⁸⁾와 요구량의 0.6배 수준의 칼슘을 이우가 끝난 암쥐에게 5일간 공급했을 때¹⁹⁾ 사료섭취량과 체중증가량이 대조군과 유의한 차이가 없다고 하였다. 칼슘 보충에 대한 연구에서도 100g의 숫쥐에게 요구량의 2.5배 수준으로 5주간 공급했을 때¹⁸⁾와 400일령의 숫쥐에게 식이에 1.2%의 칼슘을 첨가해 3주간 공급했을 때²⁰⁾ 사료섭취량과 체중증가량은 대조군과 유의적인 차이가 없다고 하여 칼슘 섭취수준에 따른 사료섭취량과 체중증가량 및 사료효율에 유의한 차이가 나타나지 않은 본 연구결과와 일치하였다.

2. 혈청, 간장, 신장의 칼슘 함량

연령과 칼슘 섭취수준에 따른 혈청, 간장, 신장의 칼슘 함량을 살펴본 결과는 Table 3과 같다. 혈청 칼슘 함량은 어린쥐가 성숙쥐보다 높았으나(p<0.05) 칼슘 섭취수준에 따른 유의적인 차이는 없었다. 연령이 증가함에 따라 체내 칼슘대사는 많은 변화를 갖는데, 특히 여성에 있어 '폐경'이라는 생리적인 변화는 연령증가에

Table 2. Feed intake and body weight gain of rats fed different calcium levels

Group ¹⁾	Feed intake (g/day)	Body weight gain (g/day)	Feed efficiency ratio
YLCa	29.85±5.75 ²⁾	3.83±0.33 ³⁾	0.13±0.02 ^a
YNCa	33.02±5.75	3.94±0.58 ^a	0.12±0.03 ^a
YHCa	30.58±6.73	4.26±0.44 ^a	0.14±0.02 ^a
ALCa	27.52±2.95	1.07±0.90 ^b	0.04±0.04 ^b
ANCa	26.55±3.93	0.98±0.33 ^b	0.04±0.01 ^b
AHCa	27.58±3.77	1.25±0.52 ^b	0.05±0.02 ^b
Age	p<0.05	p<0.001	p<0.001
Anova Ca	N.S. ⁴⁾	N.S.	N.S.
Age×Ca	N.S.	N.S.	N.S.

1) In the abbreviated names, Y, A, L, N, and H indicate young, adult, low, normal, and high, respectively
 2) Mean±standard deviation
 3) Means with different letters within a column are significantly different from each other at α=0.05 as determined by Duncan's multiple range test(a>b)
 4) Not significant

다른 칼슘대사의 변화를 더욱 가중시키게 된다. 폐경후에는 에스트로젠 분비가 감소하고 부갑상선 호르몬에 대한 골격의 반응도가 증가하여 골의 재흡수가 일어나며, 칼시토닌의 분비는 증가되고 1,25(OH)₂D₃의 생산량이 감소하여 칼슘의 흡수율은 감소하고 배설량은 증가하게 된다. 따라서 연령증가에 따라 혈중 칼슘농도는 다소 감소하여 어린이는 성인보다 다소 높고 노인은 낮은 수준을 유지하게 된다²¹⁾. 그러나 혈중 칼슘농도는 끊임없는 내·외적 변화에 대응하여 아주 작은 범위에서 항상성을 유지하기 때문에 다양한 내·외적 요인에 따른 혈중 칼슘농도의 변화를 관찰한 연구들을 살펴보았을 때 대조군과 유의한 차이가 없었다는 것²⁰⁾²²⁾과 유의한 차이가 있었다는 것²³⁾²⁴⁾으로 양분되고 있지만, 이들 대부분이 정상범위에서 크게 벗어나지는 않고 있다. 따라서 본 연구에서 연령은 일차적인 생리변화로서 연령에 따라 혈청 칼슘농도의 차이를 보인 반면, 식이 칼슘은 외적요인으로 혈청 농도의 항상성 유지작용에 의해 유의적인 차이가 없었던 것으로 보여진다.

간장의 칼슘함량은 연령과 칼슘 섭취수준에 따라 유의적인 차이가 없었다. 이와같은 결과는 식이에 1.3%, 0.52%(적정 칼슘), 0.1%의 칼슘을 공급했을 때¹⁸⁾와 0.6%와 0.1%의 칼슘을 공급했을 때²⁵⁾ 간장의 칼슘농도는 칼슘 섭취수준에 따라 유의적인 차이가 없었다는 몇몇 연구결과와 일치하고 있다. 반면, 본 연구에서 신장의 칼슘농도는 연령과 칼슘 섭취수준의 영향을 받아(p<0.001, p<0.01) 성숙쥐가 어린쥐보다 높았으며, 어린 연령군에서 고칼슘군이 유의적으로 높았다. 성장기 숫쥐에게 0.6%와 0.1%의 칼슘을 8주간 공급한 Washko와 Cousins²⁶⁾나 Haek 등²⁶⁾은 식이 칼슘의 증가는 소변중 칼슘 배설량을 증가시키고 그에 따라 신장의 칼슘 함량이 높았다고 한다. 따라서 본 연구에서 나타난 결과는

칼슘 섭취수준이 노중 배설량과 정의 상관관계가 있기 때문에 나타난 결과로 보여지며, 특히 어린쥐에서만 유의적인 차이를 보인 것은 정상 이하의 낮은 칼슘섭취에서 성장에 따른 칼슘의 체내 보유를 높이기 위해 노중 배설과 신장 함량이 낮았을 것으로 사료된다.

3. 마그네슘의 평형

어린쥐와 성숙쥐에 있어 칼슘 섭취수준에 따른 마그네슘 평형을 살펴본 결과는 Table 4와 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 마그네슘 섭취량은 연령에 따라 유의적인 차이가 없었으나 대변과 소변으로의 배설량은 성숙쥐가 어린쥐보다 높았고(p<0.01, p<0.001), 그에 따라 마그네슘 보유량과 보유율은 어린쥐가 성숙쥐보다 높은 것으로 나타났다(p<0.01, p<0.001). 이와같은 결과는 어린쥐에 있어 성장에 따른 체내 마그네슘 필요량을 충족시키기 위해 마그네슘 흡수율이 성장쥐보다 높았기 때문인 것으로 사료된다.

칼슘 섭취수준에 따른 마그네슘 평형을 살펴보았을 때, 마그네슘의 섭취량, 소변중 배설량 및 보유량은 칼슘 섭취수준에 따라 유의적인 차이가 없었으나, 대변 중 배설량은 칼슘 섭취수준에 따른 유의적인 차이를 보여(p<0.01) 어린쥐는 칼슘 섭취수준에 따라 증가하였고, 성숙쥐는 저칼슘군이나 고칼슘군이 적정칼슘군보다 높게 나타났다. 마그네슘 보유율은 어린쥐의 경우 저칼슘군이 고칼슘군보다 유의하게 높았으나(p<0.05), 성숙쥐는 칼슘 섭취수준별 유의한 차이가 없었다.

체내 총 마그네슘 함량은 출생시 약 1g정도에서 성인기까지 23~27g으로 증가되며, 이 양은 1일 평균 3~4mg의 보유율로 약 20세까지 축적되는 양과 같다고 한다²⁷⁾. 따라서 그 어느 시기보다 성장기때 필요한 마그네슘을 일정하게 보유하기 위해 다양한 요인에 의해 마그네슘 흡수율 등 평형상태가 달라질 수 있을 것으로 생

Table 3. Calcium levels in serum, liver, kidney of rats fed different calcium levels

Group ¹⁾	Serum (mg/dl)	Liver (μg/g)	Kidney (μg/g)
YLCa	8.21±0.87 ^{2)ab3)}	68.74±26.61	104.27±8.31 ^c
YNCa	9.09±0.83 ^a	55.20±7.23	107.00±10.20 ^c
YHCa	8.69±0.85 ^a	56.94±8.10	160.88±48.13 ^b
ALCa	7.83±1.01 ^b	51.68±1.57	196.10±20.94 ^a
ANCa	8.06±0.36 ^b	54.14±9.45	189.93±24.45 ^{ab}
AHCa	8.34±0.78 ^{ab}	52.64±5.41	201.44±52.91 ^a
Age	p<0.05	N.S.	p<0.001
Anova Ca	N.S. ⁴⁾	N.S.	p<0.01
Age×Ca	N.S.	N.S.	N.S.

1) In the abbreviated names, Y, A, L, N, and H indicate young, adult, low, normal, and high, respectively
 2) Mean±standard deviation
 3) Means with different letters within a column are significantly different from each other at α=0.05 as determined by Duncan's multiple range test(a>b>c)
 4) Not significant

Table 4. Daily magnesium balance of rats fed different calcium levels

Group ¹⁾	Intake (mg/day)	Excretion(mg/day)		Retention (mg/day)
		Feces	Urine	
YLCa	15.12±1.80 ²⁾	7.04±0.30 ³⁾	0.07±0.03 ^c	8.01±2.06 ^a
YNCa	16.74±0.97	9.18±0.96 ^b	0.07±0.05 ^c	7.49±1.99 ^a
YHCa	15.49±3.48	10.85±0.72 ^{ab}	0.12±0.02 ^{bc}	4.53±2.74 ^{ab}
ALCa	13.95±0.29	11.14±0.98 ^a	0.21±0.01 ^a	2.60±0.48 ^b
ANCa	13.45±0.81	9.32±0.14 ^b	0.19±0.02 ^{ab}	3.94±0.97 ^{ab}
AHCa	13.98±0.09	11.38±0.50 ^a	0.18±0.01 ^{ab}	2.42±0.41 ^b
Age	N.S. ⁴⁾	p<0.01	p<0.001	p<0.01
Anova Ca	N.S.	p<0.01	N.S.	N.S.
Age × Ca	N.S.	p<0.05	N.S.	N.S.

- 1) In the abbreviated names, Y, A, L, N, and H indicate young, adult, low, normal, and high, respectively
- 2) Mean ± standard deviation
- 3) Means with different letters within a column are significantly different from each other at α=0.05 as determined by Duncan's multiple range test(a>b>c)
- 4) Not significant

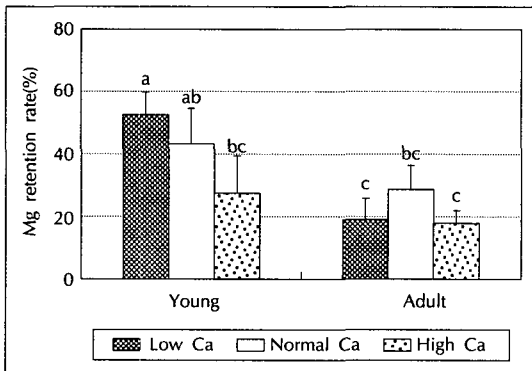


Fig. 1. Magnesium retention rate of rats fed different calcium levels.

각한다. 그러나 Andon 등¹²⁾은 26명의 청소년들에게 1일 667mg과 1667mg의 칼슘을 14일 동안 공급했을 때 마그네슘 배설량이나 보유량에 유의적인 차이가 없다고 하였고, 성인을 대상으로 실시한 연구¹¹⁾²⁸⁾에서는 고칼슘섭취가 마그네슘의 위장관흡수나 보유량을 감소시켰다고 하여 본 연구와 다른 결과를 보였다.

칼슘 섭취수준에 따른 마그네슘 이용에 관한 연구로서 Seelig¹¹⁾은 1일 800mg 이상의 칼슘 섭취는 마그네슘 평형을 감소시킨다고 하였으나, 그 이후 연구에서 2400mg까지는 마그네슘 평형에 영향을 미치지 않는다고 보고되었다. 한편, 칼슘 섭취수준에 따른 마그네슘 평형의 변화는 칼슘 섭취기간에 따라 다른 것으로 보여 지는데, 성인남자에 있어 4주간 장관류법(intestinal perfusion technique)으로 마그네슘 흡수를 평가했을 때 저칼슘군(200mg/일)보다 고칼슘군(1900mg/일)에서 회장의 흡수가 유의적으로 낮았으나, 이후 적용현상으로 흡수를 감소가 회복되었다고 한다²⁸⁾. 이와같이 칼슘의 섭취수준, 섭취기간 및 연령에 따라 다른 결과를

보여주고 있다. 본 연구에서는 비교적 높지않은 칼슘 섭취량(요구량의 2배)과 짧은 섭취기간(3주)으로 칼슘이 마그네슘 평형에 큰 영향을 미치지 않았지만, 어린 쥐에 있어서는 저칼슘군에 비해 고칼슘군의 대변중 마그네슘 배설량이 유의적으로 높았으며 마그네슘 보유율이 낮은 것으로 나타났다. 이와같은 결과는 칼슘과 마그네슘은 2가의 양이온으로 체내 길항작용을 하기 때문에⁷⁾ 고칼슘 섭취에 의해 마그네슘 흡수가 떨어진 결과로 사료된다.

4. 혈청, 간장, 신장의 마그네슘 함량

연령이 다른 흰쥐에 있어 칼슘의 섭취수준이 혈청, 간장, 신장의 마그네슘 함량에 미치는 영향을 살펴본 결과는 Table 5와 같다. 혈청 마그네슘 함량은 칼슘 섭취수준에 따른 유의적인 차이가 있어(p<0.05) 어린 고칼슘군이 다른 군보다 낮았다. 간장과 신장의 마그네슘 함량은 연령에 따른 유의적인 차이를 보여(p<0.001, p<0.001) 어린쥐가 성숙쥐보다 간장 함량은 낮았고 신장 함량은 높았으며, 칼슘 섭취수준에 따른 유의적인 차이는 없었다.

마그네슘은 골격에 약 60%, 연조직에 약 40% 존재하며, 혈청 마그네슘 함량은 1~3mg/dl로서 이중 약 35%는 혈청단백질과 결합되어 있고 65%만이 연조직의 마그네슘과 자유롭게 교환된다²⁷⁾. 체내 마그네슘 분포는 섭취량과 이용효율에 의해 좌우되며, 특히 혈중 마그네슘 함량이 가장 빠르게 반응한다²⁷⁾. 본 연구에서 어린 고칼슘군의 혈청 마그네슘 함량이 다른 군보다 유의하게 낮은 것은 고칼슘군의 대변중 마그네슘 배설이 유의하게 높았기 때문이며, 간장과 신장의 마그네슘 함량은 마그네슘 평형에서 살펴본 바와 같이 비교적 높지 않은 칼슘의 섭취수준과 짧은 섭취기간으로 유의적인

Table 5. Magnesium levels in serum, liver, kidney of rats fed different calcium levels

Group ¹⁾	Serum (mg/dl)	Liver (µg/g)	Kidney (µg/g)
YlCa	2.18±0.05 ^{2)a3)}	21.97±1.73 ^{bcd}	40.24±6.80 ^a
YNCa	2.14±0.02 ^a	20.69±2.44 ^{cd}	41.66±7.32 ^a
YHCa	1.83±0.41 ^b	20.37±1.98 ^d	37.29±6.31 ^a
ALCa	2.15±0.02 ^a	23.03±2.01 ^{bc}	28.93±6.19 ^b
ANCa	2.13±0.05 ^a	23.35±2.34 ^b	27.60±6.09 ^b
AHCa	2.12±0.02 ^a	27.45±3.29 ^a	27.83±3.80 ^b
Age	N.S. ⁴⁾	p<0.001	p<0.001
Anova Ca	p<0.05	N.S.	N.S.
Age × Ca	p<0.05	p<0.01	N.S.

- 1) In the abbreviated names, Y, A, L, N, and H indicate young, adult, low, normal, and high, respectively
- 2) Mean±standard deviation
- 3) Means with different letters within a column are significantly different from each other at α=0.05 as determined by Duncan's multiple range test(a>b>c>d)
- 4) Not significant.

영향을 받지 않은 것으로 보여진다.

요약 및 결론

연령별 칼슘 섭취수준이 체내 마그네슘 이용에 미치는 영향을 알아보기 위하여 4주된 어린쥐와 12개월된 성숙쥐를 대상으로 요구량의 50, 100, 200%의 칼슘을 3주간 공급한 후 마그네슘의 혈청과 조직 수준 및 평형 상태를 살펴본 결과를 요약하면 다음과 같다. 사료섭취량, 체중증가량 및 사료효율은 어린쥐가 성숙쥐보다 높았으나(p<0.05, p<0.001, p<0.001), 칼슘의 섭취수준에 따른 유의적인 차이는 없었다. 혈청 칼슘 함량은 어린쥐가 성숙쥐보다 높았고(p<0.05), 간장의 칼슘 함량은 연령과 칼슘 섭취수준에 따른 유의적인 차이가 없었으며 신장의 칼슘 함량은 어린쥐의 경우 고칼슘군이 다른군보다 높았다(p<0.05). 마그네슘의 섭취량은 연령에 따라 유의적인 차이가 없었으나, 대변중 배설량은 어린쥐의 경우 고칼슘군이 저칼슘군보다 높았고(p<0.05) 성숙쥐는 저칼슘군이나 고칼슘군이 적정칼슘군보다 높았다(p<0.05). 마그네슘의 소변중 배설량과 보유량은 칼슘 섭취수준에 따른 유의적인 차이가 없었으나, 보유율은 어린쥐에 있어 고칼슘군이 저칼슘군보다 유의하게 낮았다(p<0.05). 혈청 마그네슘 함량은 어린 고칼슘군이 다른 군보다 유의하게 낮았으나(p<0.05) 간장과 신장의 마그네슘 함량은 칼슘 섭취수준에 따른 유의적인 차이가 없었다. 이상의 연구결과를 종합할 때, 요구량의 2배에 달하는 고칼슘 섭취는 어린쥐에 있어 마그네슘의 대변중 배설을 증가시키고 보유율을 저하시키는 것으로 나타났다. 따라서 성장을 위한 칼슘 섭취를 강조할 때는 다른 무기질과의 상호관련성을 고려해야 할 것으로 사료되며, 앞으로 보다 다양한 칼슘

의 섭취수준과 섭취기간에 따른 마그네슘의 이용변화를 살펴보는 지속적인 연구가 요구된다.

Literature cited

- 1) Massaey LK. Dietary factors influencing calcium and bone metabolism. *J Nutr* 123 : 1609-1633, 1993
- 2) Heaney RP, Recker RR, Hinders SM. Variability of calcium absorption. *Am J Clin Nutr* 47 : 262-264, 1988
- 3) Ministry of Health and Welfare. 95 National nutrition survey report, 1997
- 4) Lee SS, Kim MK, Lee EK. Nutrient supplement usage by the Korean adult in Seoul. *Korean J Nutr* 23(4) : 287-297, 1990
- 5) Kim SH. Patterns of vitamin/mineral supplements usage among the middle-aged in Korea. *Korean J Nutr* 27(3) : 236-252, 1994
- 6) NIH Consensus Development Panel on Optimal Calcium Intake. NIH Consensus Conference : Optimal calcium intake. *JAMA* 272 : 1942-1948, 1994
- 7) Spencer H. Mineral and mineral interactions in human beings. *J Am Diet Assoc* 86 : 864-867, 1986
- 8) Greger JL, Baligar P, Abernathy RP, Bennett OA, Peterson T. Calcium, magnesium, phosphorus, copper, and manganese balance in adolescent females. *Am J Clin Nutr* 31 : 117-121, 1979
- 9) Wise MB, Ordoeza AL. Influence of variations in dietary calcium : Phosphorus ratio on performance and blood constituents of calves. *J Nutr* 79 : 79-88, 1963
- 10) Heaton FW. Mg relations with PTH, CT and bone. *Magnesium Bull* 3(1a) : 67-72, 1981
- 11) Seelig MS. The requirement of magnesium by the normal adult : Summary and analysis of published data. *Am J Clin Nutr* 14 : 342-390, 1964

- 12) Andon MB, Ilich JZ, Tzagournis MA, Matkovic V. Magnesium balance in adolescent females consuming a low- or high-calcium diet. *Am J Clin Nutr* 63 : 950-953, 1996
- 13) Seelig MS. Interrelationship of magnesium and estrogen in cardiovascular and bone disorders, eclampsia, migraine and premenstrual syndrome. *J Am Coll Nutr* 12 : 442-458, 1993
- 14) Iacono JM. Effect of varying dietary level of calcium on plasma and tissue lipids of rabbits. *J Nutr* 104 : 1165-1171, 1974
- 15) Nishiyama S, Saito N, Konishi Y. Effect of magnesium deficiency on blood pressure in the rats treated with cadmium. *J Nutr Sci Vitaminol* 33 : 347-358, 1987
- 16) American Institute of Nutrition. Report of the American institute of nutrition ad hoc committee on standards for nutritional studies. *J Nutr* 107 : 1340-1348, 1977
- 17) NRC Food and Nutrition Board. Nutrient requirements of the laboratory rat. pp.7, Nat Aca Sci, Washington DC, 1978
- 18) Kwon OR, Kim MK. Effects of dietary Ca levels and kinds of lipids on the lipid metabolism in the rats. *Korean J Nutr* 21(5) : 324-332, 1988
- 19) Lee JH, Moon SJ, Huh KB. Influence of phytate and low dietary calcium on calcium, phosphate and zinc metabolism by growing rats. *Korean J Nutr* 26(2) : 145-155, 1993
- 20) 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
- 21) Weaver CM. Age related calcium requirements due to changes in absorption and utilization. *J Nutr* 124 : 1418S-1425S, 1994
- 22) 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
- 23) Roland DA, Sloan DR, Wilson HR, Harms RH. Relationship of calcium to reproductive abnormalities in the laying hen. *J Nutr* 104 : 1079-1085, 1974
- 24) Norris LC, Kratzer FH, Kin 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
- 25) Washko PW, Cousins RJ. Role of dietary calcium and calcium binding protein in cadmium toxicity in rats. *J Nutr* 107 : 920-928, 1977
- 26) 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
- 27) Nordin BEC. Calcium, phosphate and magnesium metabolism : Clinical physiology and diagnostic procedures. pp.1-35, Churchill Livingstone, New York, 1976
- 28) Norman DA, Fordtran JS, Brinkley LJ. Jejunal and ileal adaptation to alterations in dietary calcium. *J Clin Invest* 67 : 1599-1603, 1981