

연령이 다른 흰쥐에 있어 Ca, Mg, Zn 이용에 관한 연구

최미경[†] · 송정자*

청운대학교 식품영양학과

*숙명여자대학교 식품영양학과

Ca, Mg and Zn Utilization in Rats with Different Ages

Mi-Kyeong Choi[†] and Chung-Ja Sung*

Dept. of Human Nutrition and Food Science, Chungwoon University, Hongsung 350-800, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea

Abstract

The purpose of this study was to investigate differences of Ca, Mg and Zn utilization in young and adult rats fed standard diet for 3 weeks. Feed intake and body weight gain in young rats were significantly higher than in adult. There were no significant differences in serum levels of Ca and Zn across age and sex. In liver of young or male groups, Ca and Zn contents were significantly higher than in adult or female. There were no significant differences in tibia contents of Ca and Mg, but Zn content was increased when young or female groups was compared with the other groups. In mineral balances, daily intakes and retentions of Ca, Mg and Zn in young or male groups were significantly higher than those in adult or female. According to this results, it could be suggested that in growth period must be increased dietary intake of Ca, Mg and Zn to compromise the requirement for growth.

Key words: age, utilization, Ca, Mg, Zn

서 론

인간은 일생을 통해 신체적으로 완전히 표준이 되는 시기까지 끊임없이 성장발육이 이루어지며, 이 시기에는 그 어느 때보다 단위 체중당 많은 영양소량이 요구된다. 따라서 성장과 관련된 기능을 하는 영양소를 중심으로 성장시기에 따른 영양요구량을 설정하기 위한 연구들은 그 중요성이 높다고 하겠다.

칼슘, 마그네슘, 아연은 양적으로는 작지만 성장에 꼭 필요한 영양소이며, 특히 칼슘은 골격조직의 중요 구성요소로서 성장기는 물론 노령기에 그 대사가 크게 변하기 때문에 다양한 연령에서의 칼슘대사에 대한 비교연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 연령에 따른 칼슘대사의 비교는 칼슘 섭취량에 따른 흡수율과 배설량을 살펴본 연구가 많은데, Allen(1)은 성인에 있어 칼슘 섭취량과 소변중 배설량간에는 유의적인 양의 상관관계를 보였으나 성장기에는 이들간에 유의적인 상관관계가 없었으며, 이는 흡수된 칼슘이 골격에 축적되기 때문이라고 하였다. Ireland와 Fordtran(2)은 68세 이

상의 노인층과 28세 이하의 젊은층을 대상으로 칼슘대사를 비교했을 때, 칼슘 섭취량에 관계없이 노인이 젊은 사람보다 칼슘의 흡수율이 낮고 소변 중 배설량은 높았다고 한다. 한편, 저칼슘 식이를 섭취하면 흡수율을 증가시켜 낮은 칼슘 섭취량을 보충하려는 적응현상이 나타나는데, 이 적응능력도 나이에 따른 차이를 보여 노인이 젊은 사람보다 낮다고 한다(2).

연령에 따른 칼슘대사의 변화를 설명하려는 연구가 실험동물을 통해 이루어지고 있는데, Armbrecht(3)는 쥐에 있어 1개월에서 6개월 사이에 칼슘의 능동적 흡수가 급격히 감소함으로써 연령 증가에 따른 칼슘 흡수율의 감소는 능동적 흡수 기전의 저하가 큰 원인이라고 하였다. Bullamore 등(4)은 20에서 95세에 이르는 대상자에게 ⁴⁵Ca를 이용하여 칼슘 흡수율을 측정했을 때 60세 이전보다 60세 이후가 흡수율이 감소되었고, 특히 여성이 더 많이 감소되어 연령에 따른 칼슘대사의 변화는 성별에 따라서도 차이가 있는 것으로 보여지지만 아직까지 우리나라에서 연령과 성별에 따른 다양한 영양소의 대사변화를 살펴본 연구는 이루어지지 않고 있다.

[†]To whom all correspondence should be addressed

지금까지 이루어진 연구결과를 고려하여 칼슘의 필요량은 연령에 따라 다르게 설정되고 있다. 우리나라의 칼슘 권장량도 성장기에는 골격의 발달과 함께 충분한 칼슘의 섭취가 이루어지는데 필요한 양으로, 성인의 경우에는 골격에서 칼슘의 침착과 용출이 일어나지만 진정한 의미의 칼슘 체내축적은 없다는 가정하에 칼슘평형을 유지할 수 있는 양으로 설정하고 있다(5). 이와같이 연령에 따른 영양소 이용변화에 관한 연구결과는 건강을 유지하기 위한 영양필요량 결정과 영양교육에 중요한 자료가 되고 있다. 칼슘과 함께 마그네슘과 아연 등의 영양소도 성장과 관련된 생리기능에 따라 연령별 이용 변화가 있을 것으로 사료되지만 이에 대한 연구가 부족하고, 현재 우리나라의 경우 마그네슘 권장량은 설정되지 않은 상태이다.

따라서 본 연구에서는 흰쥐를 이용하여 연령과 성별에 따른 체내 칼슘, 마그네슘, 아연의 이용변화를 살펴봄으로써 연령별 영양교육과 영양필요량 설정에 기초 자료로 이용하고자 4주된 어린쥐와 10개월된 성숙쥐를 표준식으로 3주간 사육한 후 칼슘, 마그네슘, 아연의 혈청과 조직 수준 및 섭취량과 배설량에 의한 평형상태를 비교분석하였다.

재료 및 방법

실험동물의 사육 및 식이

연령과 성별에 따른 칼슘, 마그네슘, 아연의 체내 이용변화를 살펴보기 위하여 Table 1과 같이 동물사육실험을 실시하였다. 실험동물은 Sprague-Dawley계 암·숫쥐로, 생후 4주된 어린쥐(이하 어린쥐)와 표준식으로 사육된 10개월된 성숙쥐(이하 성숙쥐)를 사육전 1주일 동안 일정 조건에서 고품사료로 적응시킨 후 성별과 연령에 따라 임의 배치법으로 1군당 10마리씩 4군으로 나누어 3주간 사육하였다. 실험식이의 배합은 AIN-76(6)과 NAS-NRC(7)를 기준으로 하였으며, 배합 구성비율은 Table 2와 같다. 사육실은 온도 $24 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 55~60%를 항상 유지시켰으며, 모든 사료와 물(탈이온

Table 2. Formulation of experimental diet

Ingredient	Composition(%)
Casein	20.0
DL-Methionine	0.3
Corn starch	15.0
Sucrose	50.0
Cellulose	5.0
Corn oil ¹⁾	5.0
Mineral mixture ²⁾	3.5
Vitamin mixture ³⁾	1.0
Choline bitartrate	0.2

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

²⁾Mineral mixture: Calcium phosphate · dibasic 500g, 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 1,000g.

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.

수)은 24시간 동안 자유급식시켰다. 무기질의 오염을 방지하기 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 1주일 에 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.

시료의 채취 및 분석

사육 종료전 3일 동안 실험동물을 대사장에 옮겨 소변과 대변을 수집하였으며, 소변은 3,000rpm에서 10분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 체모를 제거한 대변과 함께 -20°C 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 왼쪽 경골을 떼어내어 생리 식염수로 혈순물을 씻어낸 다음 무게를 측정하였다. 혈

Table 1. Experimental design

Group ¹⁾	Age	Sex	Number of animals	Experimental period(weeks)
Y-M	4 weeks	Male	10	3
Y-F	4 weeks	Female	10	3
A-M	10 months	Male	10	3
A-F	10 months	Female	10	3

¹⁾In the abbreviated names, Y, A, M, and F indicate young, adult, male, and female, respectively.

Table 3. Intake, weight gain and Intake/weight gain in rats with different age and sex

Dietary group	Intake(g/day)	Weight gain(g/day)	Intake/weight gain
Y-M	26.80±2.69 ^{1)a2)}	5.86±2.95 ^a	8.36± 10.11
Y-F	23.40±4.64 ^a	3.34±0.80 ^a	7.36± 2.22
A-M	21.35±7.22 ^{ab}	-1.30±2.64 ^b	30.18±123.91
A-F	15.57±1.96 ^b	-0.73±1.63 ^b	-16.78± 22.26
Age	p<0.01	p<0.001	N.S.
Sex	p<0.05	N.S.	N.S.
Age×Sex	N.S. ³⁾	N.S.	N.S.

¹⁾Mean± standard deviation.

²⁾Means with different letters within a column are significantly different from each other at $\alpha=0.05$ as determined by Duncan's multiple range test(a>b).

³⁾Not significant.

청, 간장, 경골 및 소변과 대변은 임(8)의 습식분해법으로 분해한 후 칼슘, 마그네슘, 아연 함량을 각각 원자흡광광도계(Atomic absorption spectrophotometer; Hitachi Z6000, Japan)를 사용하여 측정하였다.

통계분석

실험을 통해 얻어진 모든 자료는 SAS program을 이용하여 평균과 표준편차를 구하고 연령과 성별에 따른 ANOVA 검정을 한 후 유의차가 존재할 때는 각 군간의 차이를 관찰하기 위해서 Duncan's multiple range test를 실시하였다(9).

결과 및 고찰

사료섭취량, 체중증가량 및 사료효율

연령과 성별에 따른 사료섭취량, 체중증가량 및 사료효율을 살펴본 결과는 Table 3과 같다. 사료섭취량은 연령과 성별에 따른 유의적인 차이가 있었으며(p<0.01, p<0.05), 어린쥐나 수컷이 성숙쥐나 암쥐보다 높은 것으로 나타났다. 체중증가량도 연령에 따른 유의적인 차이를 보여(p<0.001) 어린쥐가 성숙쥐보다 높았으며, 성장발육이 이미 끝난 성숙쥐는 사육기간 중에 체중이 오히려 감소하였는데, 이는 10개월간의 자유로운 성장 이후 실험조건의 제한에 따른 스트레스 때문인 것으로 사료된다. 사료섭취량과 체중증가량의 비율로 산출된 사료효율은 연령과 성별에 따른 유의차가 없었다.

혈청 칼슘, 마그네슘, 아연 함량

연령에 따른 칼슘, 마그네슘, 아연 함량은 Table 4와 같이 유의적인 차이가 없었으며, 혈청 마그네슘 함량은 성별에 따른 유의적인 차이를 보여(p<0.01), 수컷이 암쥐보다 낮았다. 세포외액의 칼슘은 이온화된 형태, 단

Table 4. Serum levels of Ca, Mg and Zn in rats with different age and sex

Dietary group	Ca (mg/dl)	Mg (mg/dl)	Zn (μ g/ml)
Y-M	13.35±0.35 ¹⁾	2.43±0.11 ^{b2)}	7.38±0.27
Y-F	11.95±0.82	2.65±0.29 ^{ab}	5.52±1.95
A-M	11.44±2.43	2.28±0.16 ^b	6.37±1.12
A-F	11.91±0.80	2.83±0.41 ^a	5.12±2.19
Age	N.S. ³⁾	N.S.	N.S.
Sex	N.S.	p<0.01	N.S.
Age×Sex	N.S.	N.S.	N.S.

¹⁾Mean± standard deviation.

²⁾Means with different letters within a column are significantly different from each other at $\alpha=0.05$ as determined by Duncan's multiple range test(a>b).

³⁾Not significant.

백질과 결합된 형태, 유기산이나 무기산과 결합된 형태로 존재하며, 체내 칼슘의 흡수와 배설에 영향을 미치는 여러 가지 인자에 노출되어도 부갑상선 호르몬이나 calcitonin 및 여러 가지 요인의 조절작용에 의해 9~11mg/dl 범위에서 빠르게 항상성이 유지된다고 한다(10). 즉, 연령 증가에 의해 칼슘 흡수율이 감소하고 배설량이 증가하게 되면 혈청 칼슘농도는 감소하지만, 부갑상선 호르몬의 빠른 작용으로 뼈에서 칼슘의 흡수(resorption)가 일어나 혈청 칼슘농도는 일정하게 유지된다. 이와같은 연구로 Newell과 Beauchene(11)은 10개월과 25개월된 쥐를 9개월 동안 사육했을 때 혈청 칼슘농도는 연령에 따라 유의적인 차이가 없었다고 하며, 이 등(12)도 1, 6, 12개월 된 쥐를 4주간 사육했을 때 혈청 칼슘농도는 유의적인 차이가 없었다고 하여 본 연구결과와 일치하였다. 연령과 성별에 따른 혈청 마그네슘, 아연 함량에 대한 연구는 다양하지 않은데, Clausen과 Dorup(13)은 아연, 마그네슘, 칼륨의 섭취부족시 이들 무기질의 혈중 수준은 급격히 감소하고 근육조직의 농도변화는 없었다고 하였다. Leonard 등(14)은

겸상빈혈증(sickle cell anemia) 환자에 있어 낮은 혈장 아연수준을 보였으며, 이는 낮은 성장률과 관련이 있었고 연령, 성별에 따라서는 혈장 아연수준이 유의적인 차이가 없었다고 한다. 본 연구에서 어린쥐와 성숙쥐간의 사료섭취량, 체중증가량, 혈청 무기질 함량을 비교할 때 어린쥐에 있어 성장에 요구되는 칼슘, 마그네슘, 아연은 사료섭취량을 증가시키므로써 보충되며 혈청 수준은 항상성을 유지한 것으로 보여진다.

간장의 칼슘, 마그네슘, 아연 함량

연령과 성별에 따른 간장의 칼슘, 마그네슘, 아연 함량을 살펴본 결과는 Table 5와 같다. 간장의 칼슘과 아연 함량은 연령과 성별에 따른 유의적인 차이가 있어 어린쥐나 숫쥐가 각각 성숙쥐나 암쥐보다 높았으며, 마그네슘 함량은 성별에 따른 유의적인 차이를 보여(p<0.001) 숫쥐가 암쥐보다 높게 나타났다. 무기질의 체내 분포는 각기 다른 것으로 알려지고 있어 칼슘과 마그네슘은 골격에 각각 체내 존재량의 99%와 60%, 나머지는 혈액

과 연조직에 분포한다(15). 그러나 아연은 골격보다 연조직에 존재하는 양이 더 많고 특히, 혈액, 간장, 신장, 비장 등에서는 아연의 섭취수준에 따라 축적 및 전환이 급격히 일어나서 체내 아연의 항상성 조절에 중요한 역할을 한다(15). 본 연구에서도 간장의 아연함량은 어린쥐가 성숙쥐보다 유의하게 높았는데, 이는 어린쥐에 있어 아연의 필요량 증가로 섭취량이 증가하고 그에 따라 축적이 빠르게 일어날 수 있는 간장에서 아연 함량이 증가하였던 것으로 사료된다.

경골의 칼슘, 마그네슘, 아연 함량

연령과 성별에 따른 경골의 지방제거 건조무게, 칼슘, 마그네슘, 아연 함량을 살펴본 결과는 Table 6과 같다. 이 등(12)은 연령이 다른 쥐를 4주간 자유급식으로 사육했을 때 대퇴골과 경골의 무게, 회분과 칼슘함량은 나이가 들수록 증가하였으나, 단위골격당 칼슘함량은 감소하여 어린쥐에서 가장 높았다고 보고하였다. 본 연구에서도 경골의 지방제거 건조무게는 성숙쥐가 어린쥐보다 유의하게 높았으나, 칼슘과 마그네슘 함량은 유의성은 없지만 어린쥐가 성숙쥐보다 높아 이 등(12)의 연구결과와 유사하였다. 칼슘과 마그네슘은 골격의 주요 구성물질로서, 아연은 골격대사와 관련된 효소와 작용함으로써 성장과 밀접한 영양소인 것으로 알려져 있다. 골격의 아연은 함량이 적고 대사에 빠르게 이용되지 않지만 Kienholz 등(16)과 Emmert와 Baker(17)는 닭에게 아연 섭취수준을 증가시켰을 때 대퇴골의 아연 함량이 증가하였다고 하며, Qin과 Wang(18)은 골절 회복기 쥐에 있어 혈청의 아연은 빠르게 골격조직으로 이동하고 골격의 아연함량은 칼슘함량과 유의적인 상관관계를 보였다고 한다. 본 연구에서도 어린쥐는 성숙쥐보다 많은 아연을 섭취하고 혈중 아연이 골격으로 이동하여 경골 중에 높은 함량을 보인 것으로 사료되지만 연령에 따른 다양한 조직에서의 무기질의 역할과 정상 수

Table 5. Liver contents of Ca, Mg and Zn in rats with different age and sex

Dietary group	Ca (mg/dl)	Mg (mg/dl)	Zn (µg/ml)
Y-M	71.86±5.08 ^{1)a2)}	30.55±1.39 ^a	30.77±1.56 ^a
Y-F	46.04±11.33 ^b	24.60±1.84 ^b	25.61±2.08 ^b
A-M	44.94±1.83 ^b	30.28±3.12 ^a	28.52±2.30 ^a
A-F	46.36±6.49 ^b	23.70±1.60 ^b	23.91±1.16 ^b
Age	p<0.001	N.S.	p<0.05
Sex	p<0.01	p<0.001	p<0.001
Age×Sex	p<0.001	N.S. ³⁾	N.S.

¹⁾Mean±standard deviation.

²⁾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).

³⁾Not significant.

Table 6. Tibia contents of Ca, Mg and Zn in rats with different age and sex

Dietary group	Fat free dry weight(mg)	Ca(mg/g)	Mg(mg/g)	Zn(µg/g)
Y-M	145.00± 7.07 ^{1)b2)}	338.85± 30.44	4.68±0.95	727.85±14.21 ^{ab}
Y-F	130.00±14.14 ^b	422.00±107.90	4.50±1.31	810.15±23.83 ^a
A-M	235.00± 7.07 ^a	344.00± 26.71	4.61±0.24	533.40± 7.64 ^c
A-F	240.00±28.28 ^a	395.05± 68.94	2.66±0.42	639.65±68.24 ^b
Age	p<0.01	N.S.	N.S.	p<0.01
Sex	N.S. ³⁾	N.S.	N.S.	p<0.01
Age×Sex	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

¹⁾Mean±standard deviation.

²⁾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).

³⁾Not significant.

준에 대한 보다 세부적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

칼슘, 마그네슘, 아연 평형

연령과 성별에 따른 칼슘 평형을 살펴본 결과는 Table 7과 같다. 칼슘 섭취량은 연령과 성별에 따라 유의적인 차이가 있어($p < 0.001$, $p < 0.001$) 어린쥐와 숫쥐가 성숙쥐와 암쥐보다 높았다. 칼슘의 배설량은 연령에 따른 유의적인 차이를 보여 대변중 배설량은 성숙쥐가, 소변중 배설량은 어린쥐가 높은 것으로 나타났으며, 칼슘 섭취량과 배설량으로 산출된 칼슘의 1일 보유량은 어린쥐가 성숙쥐보다 유의적으로 높았다. 연령에 따른 칼슘평형에 대한 연구(1-4)는 비교적 많이 이루어지고 있으며, 이 연구들을 종합해보면 연령이 증가하면서 칼슘의 흡수율은 저하되고 칼슘 섭취량에 따른 적응능력은 감소하는데 특히, 폐경 이후의 여성에서 칼슘 흡수율이 현저히 저하된다고 한다. Weaver 등(19)은 청소년과 성인을 대상으로 3주간 칼슘 평형실험을 실시했을 때 청소년이 성인보다 소변과 대변으로의 칼슘 배설량이 낮고 보유량은 높아 성장의 요구에 맞춰 보다 효율

적인 칼슘의 흡수와 보유가 이루어진다고 하였다. 본 연구에서도 어린쥐가 성숙쥐보다 칼슘의 대변중 배설량이 낮아 1일 칼슘 보유량이 높은 것으로 나타났다. 그러나 어린쥐가 성숙쥐보다 칼슘 섭취량이 높았기 때문에 1일 칼슘 보유량이 칼슘 섭취의 양적인 증가에서만 오는 결과인지 파악하기 위해 칼슘 보유율을 살펴본 것을 때 Fig. 1과 같이 어린쥐가 성숙쥐보다 유의하게 높아 성장을 위한 필요량을 흡수율 증가로서 효율적으로 충족하고 있는 것으로 보여진다. 한편, 소변중 칼슘 배설량은 어린쥐가 성숙쥐보다 높아 Weaver 등(19)과 다른 결과를 보였는데, 소변중 칼슘 배설량은 칼슘 섭취량과 양의 상관관계가 있다는 연구결과와 같이 본 연구에서 어린쥐가 성숙쥐보다 칼슘 섭취량이 높았기 때문에 나타난 결과로 사료된다.

마그네슘 평형은 Table 8과 같이, 섭취량은 연령과 성별에 따라 유의적인 차이가 있어($p < 0.01$, $p < 0.05$) 어린쥐가 성숙쥐보다, 숫쥐가 암쥐보다 높았다. 마그네슘 배설량은 연령과 성별에 의한 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 1일 마그네슘 보유량은 연령에 따른 유의

Table 7. Ca balance in rats with different age and sex

(mg/day)

Dietary group	Intake	Excretions		Retention
		Feces	Urine	
Y-M	138.29 ± 3.10 ^{1)a2)}	15.86 ± 2.86 ^c	0.92 ± 0.24 ^a	121.51 ± 4.41 ^a
Y-F	120.75 ± 8.26 ^b	16.88 ± 2.75 ^c	0.85 ± 0.04 ^{ab}	103.02 ± 10.39 ^a
A-M	110.19 ± 23.30 ^b	30.56 ± 1.76 ^a	0.73 ± 0.01 ^b	78.91 ± 23.75 ^b
A-F	80.32 ± 2.25 ^c	24.05 ± 7.75 ^b	0.77 ± 0.04 ^{ab}	55.50 ± 9.34 ^c
Age	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.05$	$p < 0.001$
Sex	$p < 0.001$	N.S.	N.S.	$p < 0.01$
Age × Sex	N.S. ³⁾	N.S.	N.S.	N.S.

¹⁾Mean ± standard deviation.

²⁾Means with different letters within a column are significantly different from each other at $\alpha = 0.05$ as determined by Duncan's multiple range test ($a > b > c$).

³⁾Not significant.

Table 8. Mg balance in rats with different age and sex

(mg/day)

Dietary group	Intake	Excretions		Retention
		Feces	Urine	
Y-M	13.58 ± 1.37 ^{1)a2)}	3.07 ± 0.51	0.75 ± 0.23	9.41 ± 0.58 ^a
Y-F	11.86 ± 2.35 ^{ab}	3.51 ± 0.67	1.42 ± 0.47	5.94 ± 0.57 ^{ab}
A-M	10.82 ± 3.66 ^{ab}	3.71 ± 0.31	0.96 ± 0.04	4.63 ± 3.70 ^b
A-F	7.89 ± 0.99 ^b	3.23 ± 0.50	1.10 ± 0.80	3.37 ± 1.09 ^b
Age	$p < 0.01$	N.S.	N.S.	$p < 0.05$
Sex	$p < 0.05$	N.S.	N.S.	N.S.
Age × Sex	N.S. ³⁾	N.S.	N.S.	N.S.

¹⁾Mean ± standard deviation.

²⁾Means with different letters within a column are significantly different from each other at $\alpha = 0.05$ as determined by Duncan's multiple range test ($a > b$).

³⁾Not significant.

Table 9. Zn balance in rats with different age and sex (µg/day)

Dietary group	Intake	Excretions		Retention
		Feces	Urine	
Y-M	840.51 ± 84.51 ^{1)a2)}	350.20 ± 67.69	6.18 ± 3.93 ^{ab}	452.56 ± 36.86 ^a
Y-F	733.95 ± 145.49 ^a	429.77 ± 103.01	8.45 ± 1.41 ^{ab}	223.45 ± 56.58 ^b
A-M	669.66 ± 226.41 ^{ab}	376.30 ± 22.62	10.35 ± 5.57 ^a	225.66 ± 209.93 ^b
A-F	488.34 ± 61.43 ^b	341.23 ± 52.65	3.55 ± 0.35 ^b	123.19 ± 18.72 ^b
Age	p<0.01	N.S.	N.S.	p<0.05
Sex	p<0.05	N.S.	N.S.	p<0.05
Age×Sex	N.S. ³⁾	N.S.	p<0.05	N.S.

¹⁾Mean ± standard deviation.

²⁾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).

³⁾Not significant.

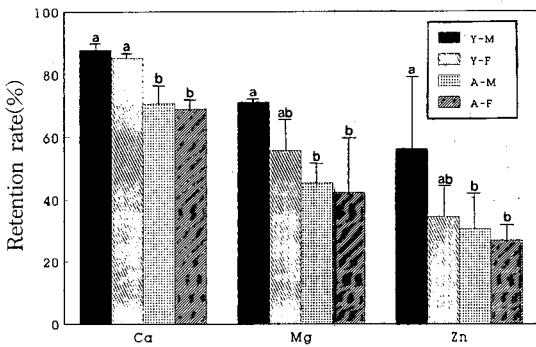


Fig. 1. Retention rate of Ca, Mg, and Zn in rats with different age and sex.

적인 차이를 보여(p<0.05) 어린쥐가 성숙쥐보다 높았다. 아연 평형은 Table 9와 같이 섭취량은 연령과 성별에 따라 유의한 차이가 있어(p<0.01, p<0.05) 어린쥐가 성숙쥐보다, 수컷이 암쥐보다 높았다. 아연 배설량은 연령과 성별에 의한 유의적인 차이가 없었으며, 1일 보유량은 연령과 성별에 따른 유의적인 차이가 있어(p<0.05, p<0.05) 어린쥐가 성숙쥐보다, 수컷이 암쥐보다 높았다. 마그네슘과 아연은 칼슘평형과는 다르게 연령에 따라 대변과 소변으로의 배설량이 유의적인 차이가 없었으나, 어린쥐가 성숙쥐보다 섭취량이 높아 마그네슘과 아연의 보유량이 높았고, 섭취량을 고려한 보유율도 Fig. 1과 같이 어린쥐가 성숙쥐에 비해 유의하게 높아 성장에 따른 필요량 증가에 효율적으로 반응하고 있는 것으로 보여진다.

요 약

연령과 성별에 따른 체내 칼슘, 마그네슘, 아연의 이용변화를 알아보기 위하여 4주된 어린쥐와 10개월된

성숙쥐를 대상으로 표준사료로 3주간 사육 후 칼슘, 마그네슘, 아연의 혈청과 조직 수준 및 평형상태를 살펴본 결과를 요약하면 다음과 같다. 사료섭취량과 체중증가량은 어린쥐나 수컷이 성숙쥐나 암쥐보다 유의하게 높았다. 혈청 칼슘과 아연은 연령과 성별에 따른 유의성이 없었으며, 마그네슘은 수컷이 암쥐보다 유의적으로 낮았다(p<0.01). 간장의 칼슘과 아연 함량은 어린쥐나 수컷이 성숙쥐나 암쥐보다 유의적으로 높았으며, 마그네슘 함량은 성별에 따른 유의적인 차이를 보여(p<0.001) 수컷이 암쥐보다 높게 나타났다. 경골의 칼슘과 마그네슘 함량은 연령과 성별에 따른 유의성이 없었고, 아연 함량은 어린쥐나 암쥐가 성숙쥐나 수컷보다 유의적으로 높았다(p<0.01, p<0.01). 칼슘, 마그네슘, 아연 섭취량은 어린쥐나 수컷이 각각 성숙쥐나 암쥐보다 유의하게 높았다. 칼슘의 배설량은 연령에 따른 유의적인 차이를 보여 대변중 배설량은 성숙쥐가(p<0.001), 소변중 배설량은 어린쥐가(p<0.05) 높은 것으로 나타났으며, 마그네슘과 아연 배설량은 연령과 성별에 따른 유의성이 없었다. 섭취량과 배설량으로 산출한 1일 칼슘, 마그네슘, 아연 보유량과 보유율은 어린쥐나 수컷이 성숙쥐나 암쥐보다 유의적으로 높았다. 이상의 연구결과를 종합할 때, 성장이 이루어지는 시기에는 칼슘, 마그네슘, 아연의 섭취량 증가와 배설량 감소로 이들 영양소의 필요량을 충족하고 있는 것으로 보여진다. 그러나 배설량 감소가 인위적인 조절인자가 아님을 고려할 때 이 시기의 필요량을 충족시키기 위해서는 섭취량 증가가 요구되며 앞으로 적정 섭취수준에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

문 헌

1. Allen, L. H.: Calcium bioavailability and absorption:

- a review. *Am. J. Clin. Nutr.*, **35**, 783(1982)
2. Ireland, P. and Fordtran, J. S. : Effect of calcium and age on jejunal calcium absorption in humans studies by intestinal perfusion. *J. Clin. Invest.*, **52**, 2672(1973)
 3. Armbrrecht, H. J. : Age-related changes in calcium and phosphorus uptake by rat small intestine. *Biochem. Biophys. Acta*, **882**, 281(1986)
 4. Bullamore, J. R., Gallagher, J. C., Wilkinson, R. and Nordin, B. E. C. : Effects of age on calcium absorption. *Lancet*, **2**, 535(1970)
 5. 한국영양학회 : 한국인영양권장량. 중앙문화진수출판사, 서울, p.78(1995)
 6. American Institute of Nutrition : Report of the American institute of nutrition ad hoc committee on standards for nutritional studies. *J. Nutr.*, **107**, 1340(1977)
 7. NRC Food and Nutrition Board : Nutrient requirements of the laboratory rat. Nat. Aca. Sci., Washington D.C., p.7(1978)
 8. 임정남 : 식품의 무기성분 분석. 식품과 영양, **7**, 2047(1986)
 9. 김충련 : SAS라는 통계상자-통계분석 및 시장조사기법을 중심으로. 데이터리서치, 서울, p.247(1993)
 10. Nordin, B. E. C. : Calcium in human biology. Springer-Verlag, Heidelberg, p.241(1994)
 11. Newell, G. K. and Beauchene, R. E. : Effects of dietary calcium level, acid stress, and age on renal, serum, and bone responses of rats. *J. Nutr.*, **105**, 1039(1975)
 12. 이정아, 장영애, 김화영 : 나이가 다른 단계에서 식이단백질 수준이 흰쥐의 Ca 대사에 미치는 영향. 한국영양학회지, **25**, 569(1992)
 13. Clausen, T. and Dorup, I. : Micronutrients, mineral and growth control. *Bibl. Nutr. Dieta.*, **54**, 84(1998)
 14. Leonard, M. B., Zemel, B. S., Kawchak, D. A., Ohene-Frempong, K. and Stallings, V. A. : Plasma zinc status; growth, and maturation in children with sickle cell disease. *J. Pediatr.*, **132**, 467(1998)
 15. 김기남, 명규호, 박양자, 이규호, 이연숙, 임현숙, 원향례, 장유경, 하종규 : 비타민 · 광물질영양학. 향문사, 서울, p.285(1985)
 16. Kienholz, E. W., Turk, D. E., Sunde, M. L. and Hokstra, W. G. : Effects of zinc deficiency in the diets of hens. *J. Nutr.*, **75**, 211(1961)
 17. Emmert, J. L. and Baker, D. H. : Zinc stores in chickens delay the onset of zinc deficiency symptoms. *Poult. Sci.*, **74**, 1011(1995)
 18. Qin, J. Z. and Wang, X. C. : Effect of radix salviae miltiorrhizae on calcium, zinc, copper content in serum, cellus and bony tissue in early stage of healing process in rat closed tibial fracture. *Chung Kuo Chung Hsi I Chieh Ho Tsa Chih*, **12**, 354(1992)
 19. Weaver, C. M., Martin, B. R., Plawecki, K. L., Peacock, M., Wood, O. B., Smith, D. L. and Wastney, M. E. : Differences in calcium metabolism between adolescent and adult females. *Am. J. Clin. Nutr.*, **61**, 577(1995)

(1998년 6월 9일 접수)