

철분 공급수준이 흰쥐의 다량무기질 이용에 미치는 영향

전 예 숙

청운대학교 식품영양학과

Effect of Iron Intakes on Macromineral Utilization in Rats

Ye-Sook Jun

Dept. of Human Nutrition & Food Science, Chungwoon University, Chungnam 350-800, Korea

Abstract

The purpose of this study was to investigate effect of iron intakes on utilization of macrominerals (Ca, Mg, Na, K) in rats fed adequate, 2-fold, 4-fold iron for 12 weeks. There were no differences in feed intake, body weight gain, serum and liver levels of macrominerals across iron groups. Ca level in kidney of 4-fold iron group was significantly higher than those in other groups. Excretions of Mg through feces and Ca, Mg, Na, and K through urine were significantly increased with increment of iron intake. In the case of macromineral balances, daily retentions of Mg, Na, and K in adequate iron group were higher than those in 2-/4-fold iron groups. However there was no difference in Ca retention across iron groups. Therefore, it should be considered interaction with macromineral in iron supplementation.

Key words: Iron overintake, macrominerals, utilization of macrominerals

서 론

최근 우리나라는 경제성장 및 국민생활의 향상과 더불어 식품공급이 원활해지고 식생활이 개선되면서 과거의 영양결핍성 질환은 감소하고 영양소 과잉이나 불균형 섭취에 따른 질환들이 점차 증가하고 있다(1,2). 또한 일반 대중들도 영양의 중요성에 대한 관심이 높아지고 최적의 영양상태를 추구하게 되었으나 이에 비해 올바른 영양지식의 부족으로 단기간에 영양문제를 해결하려고 하여 잘못된 식습관이 형성되고 충분한 과학적 근거나 의사의 처방없이 영양보충제를 임의로 복용하는 사례가 늘고 있는데, 그중 최근 문제시되는 것이 철분제제 복용으로 인한 철분의 과잉섭취이다(3,4).

철분 과잉공급에 의한 다양한 실험결과에 의하면 철분 과잉상태는 free radical 반응을 자극하고(5) 지방질의 과산화를 가속화시키며(6), 나이가 심근경색, 허혈성 심장질환, 뇌혈관성 치매 등의 위험인자가 될 수 있다고 하며(7), 남자 성인의 체내 철분 함유량이 평균치보다 10% 많을 때부터 결장암에서 간암에 이르는 여러 종류의 암 발병 위험률이 높아진다는 보고도 있다(8). 또한 어린이의 철분중독은 메스꺼움, 구토, 설사, 위장출혈 및 이로 인한 쇼크와 혼수상태를 일으키며 회복되

더라도 극심한 위장 출혈과 무기력 상태, 간손상, 심장마비 등으로 사망할 가능성이 있어(9) 철분 과잉섭취에 관한 연구가 어느 때보다 필요한 실정이다.

일부 미량원소의 식이내 결핍 또는 과잉은 다른 무기질과 대사산물들의 흡수를 저해하기도 하고 뇨중으로 배설되거나 혈액이나 조직중의 수준이 변화되는 현상을 초래하게 된다(10). 지금까지 철분 섭취수준의 변화에 따른 아연, 구리, 망간 등 일부 미량무기질의 변화에 대한 연구가 집중적으로 이루어지고 있지만(11) 다양한 무기질과의 관계에 대해서는 연구가 부족한 실정이다. 특히, 칼슘이 철분의 흡수를 저해할 수 있다는 것이 1940년 이래로 연구되기 시작하여(12) Hallberg 등(13)은 300mg의 칼슘 첨가시 비헴철분의 흡수가 감소되었고, 이러한 감소율은 칼슘 섭취량이 증가할수록 높게 나타났다고 보고하였다. 이와같이 칼슘과 철분의 상호작용을 보고한 연구들을 고려할 때 철분의 섭취수준에 따라 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨과 같은 다량무기질의 이용에도 차이가 있을 것으로 사료된다.

지금까지 우리나라는 철분의 섭취상태와 이용률이 낮아 주로 철분의 부족상태에 관한 연구가 진행되어 왔으나, 최근 식생활의 서구화로 체내 이용률이 높은 헴철분의 섭취상태가 높아지고(1) 일부 계층에서는 철분

을 포함한 영양보충제의 복용사례가 증가함(3,4)에 따라 철분과잉에 대한 연구가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 철분의 섭취수준이 증가함에 따라 다량 무기질의 이용변화를 알아보기 위하여 흰쥐를 대상으로 적정수준, 적정수준의 2배와 4배의 철분을 12주간 공급한 후 혈액, 조직, 소변과 대변 중의 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨 함량을 비교분석하였다.

재료 및 방법

철분의 섭취수준에 따른 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨의 체내 이용변화를 살펴보기 위하여 Table 1과 같이 동물사육실험을 실시하였다. 사료는 Table 2와 같이 AIN-76(14)과 NAS-NRC (15)를 기준으로 하여 철분을 적정수준(35ppm)과 적정수준의 2배(70ppm)와 4배(140ppm) 수준으로 정하였다. 실험동물은 21일령의 이유한 Sprague-Dawley계 숫쥐를 사용하였으며, 실험 시작전 1주일 동안 일정 조건에서 고품사료로 적응시킨 후 1군당 10마리씩 임의 배치법으로 3군으로 나누어 12주간 사육하였다. 사육조건은 온도 $24 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 55~60%를 항상 유지시켰으며, 모든 사료와 물(탈이온수)은 자유급식시켰다. 무기질의 오염을 방지하기 위하여 동물사육에 필요한 사육장, 사료통, 물통 등을 0.4% ED-TA(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 체중 측정 2시간 전에 사료통을 제거한 후에 측정하였다. 사료 섭취량은 매일 같은 시각에 개체별로 전날 채워둔 사료통의 무게에서 그날의 무게를 뺀 값으로 계산하였으며 허실량도 측정하여 보정하였다. 실험종료전 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. 12주 사육한 실험동물은 12시간 전부터 절식시킨 후 개체별로 체중을 측정하였고 ethyl ether로 마취시킨 후 복부 대동맥에서 혈액을 채취하였다. 채취한 혈액은 2,000rpm에서 30분간 원심분리하여 혈청을 분리하였으며,

Table 1. Experimental design

Dietary group	Iron (mg/kg diet)	Number of animals	Experimental period(weeks)
Fe	35	10	12
2-Fe	70	10	12
4-Fe	140	10	12

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, manganese carbonate 3.5g, ferric citrate(6g, 12g, 24g), 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, cyano-cobalamine 1mg, vitamin A 400,000IU, dl- α -tocopherol acetate 5,000IU, cholecalciferol 2.5mg, menaquinone 5mg; sucrose finely powdered to make 1,000g

혈액 채취 후 간, 신장 등 각 장기를 떼어내어 생리식염수로 혈액 등 불순물을 씻어낸 다음 무게를 측정하였다. 혈청과 각 장기는 임(16)의 습식분해법으로 분해한 후 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨의 함량을 각각 ICP (inductively coupled plasma) emission spectro analyzer를 사용하여 측정하였다. 실험을 통해 얻어진 모든 자료는 SAS program을 이용하여 평균과 표준편차를 구하고 철분 섭취수준에 대한 ANOVA 검정을 한 후 각 요인에 따른 유의차가 존재할 때는 각 군간의 차이를 관찰하기 위해서 Duncan's multiple range test를 실시하였다(17).

결과 및 고찰

사료섭취량, 체중증가량 및 사료효율

철분 섭취수준에 따른 사료 섭취량, 체중 증가량 및 사료 효율에 대한 결과는 Table 3과 같이 유의적인 차이는 없었으나 철분 공급수준이 증가함에 따라 사료 섭취량과 체중 증가량은 감소하는 경향을 보였고 사료 효율은 증가하는 경향을 보였다. 몇몇 연구(18,19)에서 철분의 섭취수준에 따라 사료 섭취량은 유의적인 차이가 없다고 하여 본 연구와 일치하였지만, 숫소를 대상

Table 3. Feed intake, body weight gain, and feed/weight gain in rats fed various levels of dietary iron

Dietary group	Feed intake (g/day)	Body weight gain(g/day)	Feed/weight gain
Fe	21.97±0.19 ¹⁾	4.48±0.30	4.88±0.53
2-Fe	21.81±0.81	4.51±0.21	4.95±0.22
4-Fe	22.01±0.24	4.23±0.40	6.28±0.71
Significance	N.S. ²⁾	N.S.	N.S.

¹⁾Mean±standard deviation

²⁾No significance

으로 정상군의 20배에 달하는 철분을 공급했을 때 사료 섭취량은 유의하게 감소하여(20) 실험동물이나 철분 공급수준에 따라 결과가 다를 수 있다. 철분의 섭취수준에 따른 체중 증가량을 살펴 본 연구로서, 쥐에게 대조군보다 4배와 7배의 철분을 20일 동안 공급한 윤과 김(21), 10배의 철분을 4주간 공급한 정과 김(18), 돼지에게 대조군의 3배의 철분을 5주간 공급한 Gipp 등(11)은 대조군과 유의적인 차이가 없다고 하여 본 연구와 일치하였다. 그러나 이들 연구에서 철분의 섭취수준 증가에 따라 체중 증가량은 감소경향을 보이고 있어 철분과잉도 철분결핍과 마찬가지로 성장 저해를 초래할 수 있다고 보여져 보다 직접적인 연구가 요구된다.

혈청 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨 함량

철분 섭취수준에 따라 혈청 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨 수준을 살펴 본 결과는 Table 4와 같이 유의적인 차이가 없었다. Standish 등(22)은 사료내 철분 함량이 100mg/kg과 1,000mg/kg으로 하여 45일간 및 77일간 급여한 결과 혈장내 인의 함량은 철분 함량이 많았을 때 그리고 공급기간이 길었을 때 낮아졌으나 칼슘 함량은 유의적인 변화가 없다고 하였다. 대부분의 세포외액의 칼슘 농도는 아주 작은 범위에서 항상성을 유지하며, 특히 혈청의 칼슘 농도는 성인 남자의 경우 9.0~11.0mg/dl로 항상 일정한 수준을 유지한다. 혈청중의 칼슘은 이온화된 형태, 단백질과 결합된 형태, 유기산이나 무기산과 결합된 형태로 존재하며, 이들 3가지

형태는 체내 칼슘의 흡수와 배설에 영향을 미치는 여러 가지 인자에 노출되어도 부갑상선 호르몬이나 calcitonin 및 여러 가지 요인의 조절작용에 의해 빠르게 항상성을 유지하게 된다(23). 예로, 연령 증가에 의해 칼슘 흡수율이 감소하고 배설량이 증가하게 되면 혈청 칼슘 농도는 감소하지만, 부갑상선 호르몬의 빠른 작용으로 뼈에서 칼슘의 흡수(resorption)가 일어나 혈청 칼슘 농도는 일정하게 유지되고 골다공증을 초래할 수 있다. 본 연구에서도 철분의 과잉섭취에 의해 칼슘을 포함한 다량 무기질의 흡수나 배설에 영향을 미쳤을지라도 혈청 농도의 항상성을 유지하기 때문에 유의적인 차이가 나타나지 않은 것으로 사료되지만 정확한 결론을 얻기 위해서는 보다 세부적인 연구가 요구된다.

간장과 신장의 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨 함량

철분 섭취수준에 따라 간장의 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨 수준을 살펴 본 결과는 Table 5와 같이 모든 무기질에서 유의적인 차이가 없었다. Table 6과 같이 신장의 칼슘과 나트륨 함량은 철분의 섭취수준에 따른 유의적인 차이가 있어(p<0.01, p<0.001) 4배 철분군의 신장 칼슘 함량은 다른 군보다 유의하게 높았으나 나트륨 함량은 낮은 것으로 나타났다. 체내 철분의 과잉상태는 free radical 생성과 LDL의 산화적 변화를 통해 조직손상을 초래하여 다양한 질환, 특히 순환기계질환과의 관련성이 대두되고 있다. Pereira 등(24)은 철분 과잉에 따른 산화적 stress 상태에서는 세포막의 Ca-ATPase 활성이 저하되어 세포내 Ca이온 농도가 증가하며, 이러한 변화는 세포막 지질변화에 따른 최적 효소 활성 유지 때문이라고 하였다. 이와같이 철분의 과잉섭취는 세포와 조직수준의 칼슘 등 무기질 변화를 초래할 것으로 사료되지만 연구가 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 세포수준에서의 무기질 변화를 관찰할 수 없었지만 신장의 칼슘과 나트륨 함량이 유의하게 철분 섭취수준의 영향을 받은 것으로 나타났으며, Furugouri(25)는 돼지에게 철분을 5,102mg/kg, 7,102mg/kg 수준으로 공급했을 때 대퇴부의 회분, 칼슘, 인의 함량이 대조군

Table 4. Ca, Mg, Na, and K levels in serum of rats fed various levels of dietary iron

Dietary group	Ca(mg/dl)	Mg(mg/dl)	Na(mEq/L)	K(mEq/L)
Fe	9.87±0.47 ¹⁾	2.01±0.24	118.31±10.41	4.37±0.39
2-Fe	11.80±0.58	2.45±0.26	152.70±13.77	4.40±0.43
4-Fe	12.33±1.18	2.06±0.20	123.51± 7.10	5.18±0.51
Significance	N.S. ²⁾	N.S.	N.S.	N.S.

¹⁾Mean±standard deviation

²⁾No significance

Table 5. Ca, Mg, Na, and K contents in liver of rats fed various levels of dietary iron

Dietary group	Liver wt(g)	Ca(μ g/g)	Mg(μ g/g)	Na(mg/g)	K(mg/g)
Fe	17.61 \pm 3.60 ¹⁾	44.34 \pm 2.76	16.52 \pm 0.44	1.21 \pm 0.14	0.95 \pm 0.04
2-Fe	17.40 \pm 1.95	42.05 \pm 7.83	16.22 \pm 0.40	1.44 \pm 0.23	0.91 \pm 0.06
4-Fe	13.62 \pm 3.12	44.08 \pm 5.69	16.39 \pm 0.22	1.23 \pm 0.16	0.79 \pm 0.10
Significance	N.S. ²⁾	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

¹⁾Mean \pm standard deviation

²⁾No significance

Table 6. Ca, Mg, Na, and K contents in kidney of rats fed various levels of dietary iron

Dietary group	Kidney wt(g)	Ca(μ g/g)	Mg(μ g/g)	Na(mg/g)	K(mg/g)
Fe	2.97 \pm 0.18 ¹⁾	88.70 \pm 2.90 ^{b2)}	15.91 \pm 0.38	1.68 \pm 0.07 ^a	0.88 \pm 0.02
2-Fe	3.04 \pm 0.21	111.26 \pm 12.61 ^b	15.04 \pm 0.42	1.61 \pm 0.22 ^a	0.91 \pm 0.06
4-Fe	2.78 \pm 0.12	160.63 \pm 10.85 ^a	16.08 \pm 0.57	0.39 \pm 0.03 ^b	0.81 \pm 0.01
Significance	N.S. ³⁾	p<0.01	N.S.	p<0.001	N.S.

¹⁾Mean \pm 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⁾No significance

(202mg/kg) 보다 낮았다고 하여 철분 섭취수준에 따른 조직중 무기질 함량 변화는 무기질의 흡수 및 배설 변화와 관련이 있는 것으로 보여진다.

칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨 배설량과 무기질 평형

철분 섭취수준에 따라 대변중 다량무기질의 배설량을 살펴 본 결과는 Table 7과 같다. 마그네슘은 철분의 섭취수준에 따른 유의적인 차이가 있어(p<0.001) 철분 섭취수준이 증가할수록 대변중 배설량이 유의하게 증가하였으나 칼슘, 나트륨, 칼륨은 유의적인 차이가 없었다. 소변중 배설량은 Table 8과 같이 모두 유의적인 차이가 있어(p<0.01, p<0.05, p<0.05, p<0.01) 4배 철분군이 다른 군보다 높았다. 철분 섭취수준에 따라 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨 섭취량과 배설량을 기준으로 1일 평형량을 살펴 본 결과는 Table 9과 같이 칼슘은 유의적인 차이가 없었으나 마그네슘, 나트륨, 칼륨은 유의한 차이가 있어(p<0.05, p<0.05, p<0.01) 적정 섭취군의

1일 평형량이 2배나 4배 철분군보다 높았다. 이상의 본 연구결과로 철분의 섭취수준 증가에 따라 마그네슘의 흡수는 저하되고 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨의 배설은 촉진되어 마그네슘, 나트륨, 칼륨의 이용이 저하되는 것으로 나타났다. 칼슘의 흡수에 영향을 미치는 인자는 다양하여 피탄산, 지방, 칼슘과 인의 섭취비율, 유당, 아미노산 등에 대한 연구가 주로 이루어지고 있으며(20), 철분, 알루미늄, 스트론튬과 같은 미량무기질도 불용성염을 형성하여 칼슘의 흡수에 영향을 미친다고 하지만(26) 이에 대한 연구는 부족한 실정이다. Hoefler 등(27)이 돼지의 칼슘, 아연, 구리 및 철분의 상호작용을 살펴보았을 때 고칼슘군에서 발생한 상피세포각화증(parakeratosis)은 구리와 아연의 첨가로 예방되었으나 철분의 급여는 칼슘에 직접적인 영향을 미치지 않았다고 한다. Standish 등(22)은 숫송아지에 있어 사료내 철분 함량이 무기질의 흡수율에 미치는 영향을 살펴 보았을 때 철분 공급수준이 높을수록 구리와 마그네

Table 7. Fecal excretions of Ca, Mg, Na, and K in rats fed various levels of dietary iron

Dietary group	Feces wt(g)	Ca(mg/day)	Mg(mg/day)	Na(mg/day)	K(mg/day)
Fe	3.03 \pm 0.17 ¹⁾	17.03 \pm 2.31	1.67 \pm 0.46 ^{c2)}	1.32 \pm 0.34	2.33 \pm 1.08
2-Fe	1.47 \pm 0.35	14.70 \pm 2.02	3.39 \pm 0.65 ^b	1.24 \pm 0.12	2.37 \pm 1.38
4-Fe	2.10 \pm 0.76	18.97 \pm 2.87	5.82 \pm 0.06 ^a	1.87 \pm 0.06	4.65 \pm 0.19
Significance	N.S. ³⁾	N.S.	p<0.001	N.S.	N.S.

¹⁾Mean \pm 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⁾No significance.

Table 8. Urinary excretions of Ca, Mg, Na, and K in rats fed various levels of dietary iron

Dietary group	Urine volume(g)	Ca(μ g/day)	Mg(μ g/day)	Na(mg/day)	K(mg/day)
Fe	19.17 \pm 3.69 ¹⁾	26.46 \pm 2.98 ^{b2)}	21.73 \pm 2.46 ^b	20.07 \pm 2.27 ^b	74.92 \pm 8.47 ^b
2-Fe	13.50 \pm 0.50	18.47 \pm 0.40 ^b	18.95 \pm 0.41 ^b	31.16 \pm 0.67 ^a	104.63 \pm 2.24 ^b
4-Fe	15.83 \pm 2.93	38.75 \pm 3.70 ^a	41.61 \pm 7.59 ^a	33.84 \pm 3.23 ^a	166.00 \pm 15.85 ^a
Significance	N.S. ³⁾	p<0.01	p<0.05	p<0.05	p<0.01

¹⁾Mean \pm 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⁾No significance

Table 9. Mineral balance in rats fed various levels of dietary iron

Dietary group	Ca(mg/day)	Mg(mg/day)	Na(mg/day)	K(mg/day)
Fe	95.72 \pm 2.67 ¹⁾	9.46 \pm 0.49 ^{a2)}	0.90 \pm 1.92 ^a	1.44 \pm 8.04 ^a
2-Fe	95.37 \pm 4.97	7.47 \pm 0.72 ^b	-10.63 \pm 1.21 ^b	-30.19 \pm 5.35 ^a
4-Fe	102.49 \pm 4.74	6.28 \pm 0.21 ^b	-11.40 \pm 3.01 ^b	-84.84 \pm 15.08 ^b
Significance	N.S. ³⁾	p<0.05	p<0.05	p<0.01

¹⁾Mean \pm 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⁾No significance

습의 흡수율은 유의적으로 감소하였지만, 칼슘에는 영향을 미치지 않았다고 하여 철분의 과잉섭취는 칼슘보다 마그네슘의 흡수에 영향을 미치는 것으로 사료되며 이와같은 결과는 본 연구에서도 나타나고 있다.

요 약

철분의 섭취수준이 증가함에 따라 다량무기질의 이용변화를 알아보기 위하여 흰쥐를 대상으로 적정수준, 적정수준의 2배와 4배의 철분을 12주간 공급한 후 혈액, 조직, 소변과 대변 중의 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨 함량을 비교분석하였다. 철분 섭취수준에 따른 사료 섭취량, 체중 증가량, 사료 효율 및 혈청과 간장의 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨 수준은 유의적인 차이가 없었다. 신장의 칼슘과 나트륨 함량은 철분의 섭취수준에 따른 유의적인 차이가 있어(p<0.01, p<0.001) 4배 철분군의 신장 칼슘 함량은 다른 군보다 유의하게 높았으나 나트륨 함량은 낮은 것으로 나타났다. 철분 섭취수준에 따라 대변중 다량무기질 배설량을 살펴보았을 때, 마그네슘은 철분의 섭취수준에 따른 유의적인 차이가 있어(p<0.001) 철분 섭취수준이 증가할수록 대변중 배설량이 유의하게 증가하였으나 칼슘, 나트륨, 칼륨은 유의적인 차이가 없었다. 철분 섭취수준에 따른 소변중 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨 배설량은 모두 유의적인 차이가 있어(p<0.01, p<0.05, p<0.05, p<0.01) 4배 철분군

이 다른 군보다 높았다. 철분 섭취수준에 따라 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨의 1일 평형량을 살펴보았을 때, 칼슘은 유의적인 차이가 없었으나 마그네슘, 나트륨, 칼륨은 유의한 차이가 있어(p<0.05, p<0.05, p<0.01) 적정 섭취군의 1일 평형량이 2배나 4배 철분군보다 높은 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 1997년도 충남산업대학교 학술연구비지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

문 헌

1. 보건복지부 : '93 국민영양결과보고서. 남형문화사, 서울, p.29(1995)
2. 경제기획원 조사통계국 : 사망통계연보(1996)
3. 이상선, 김미경, 이은경 : 서울지역 성인의 영양보충제 복용실태. 한국영양학회지, 24, 287(1990)
4. 김선호 : 중년기의 비타민·무기질 보충제 복용실태조사. 한국영양학회지, 27, 236(1994)
5. Halliwell, B. and Gutteridge, J. M. C. : Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease. *Method in Enzymology*, 186, 1(1990)
6. Salonen, J. T., Nyyssönen, K., Kopela, H., Tuomilehto, J., Seppänen, R. and Salonen, R. : High stored iron levels are associated with excess risk of myocardial infarction in eastern Finnish men. *Circulation*, 86, 803(1992)

7. McCord, J. M. : Is iron sufficiency a risk factor in ischemic heart disease? *Circulation*, **83**, 1112(1991)
8. McLaren, G. D., Muir, W. A. and Kellermeyer, R. W. : Iron overload disorders-natural history, pathogenesis, diagnosis and therapy. *CRC Crit. Rev. Clin. Lab. Sci.*, **19**, 205(1983)
9. Kurinji, N., Kebanoff, M. A. and Graubard, B. I. : Dietary supplement and food intake in women of child-bearing age. *J. Am. Diet. Assoc.*, **86**, 1536(1986)
10. O'Dell, B. L. : Mineral interactions relevant to nutrient requirements. *J. Nutr.*, **119**, 1832(1989)
11. Gipp, W. F., Pond, W. C., Kallfelz, F. A., Tasker, J. B., van Campen, D. R., Krook, L. and Visek, W. J. : Effect of dietary copper, iron and ascorbic acid levels on hematology, blood and tissue copper, iron and zinc concentrations and ^{64}Cu and ^{59}Fe metabolism in young pigs. *J. Nutr.*, **104**, 532(1974)
12. Anderson, H. D., McDonough, K. B. and Elvehjem, C. A. : Relation of the dietary calcium-phosphorus ratio to iron assimilation. *J. Lab. Clin. Med.*, **25**, 464(1940)
13. Hallberg, L., Brune, M., Erlandsson, M., Sandberg, A. S. and Rossander-Hulten, L. : Calcium effect of different amounts on nonheme- and heme-iron absorption in humans. *Am. J. Clin. Nutr.*, **53**, 112(1991)
14. American Institute of Nutrition : Report of the ad hoc committee on standard for nutritional studies. *J. Nutr.*, **107**, 1340(1977)
15. National Research Council : Nutrient requirements of laboratory animals. National academy of sciences, Washington D.C.(1972)
16. 임정남 : 식품의 무기성분분석. *식품과 영양*, **17**, 42(1986)
17. 김충련 : SAS라는 통계상자. 데이터리서치, 서울(1993)
18. 정해량, 김미경 : 식이내 단백질과 철분수준이 흰쥐의 Fe, Cu 및 Zn 대사에 미치는 영향. *한국영양학회지*, **15**, 258(1982)
19. Johnson, M. A. and Hove, S. S. : Development of anemia in copper-deficient rats fed high levels of dietary iron and sucrose. *J. Nutr.*, **116**, 1225(1986)
20. Standish, J. F., Ammerman, C. B., Simpson, C. F., Neal, F. C. and Palmer, A. Z. : Influence of graded levels of dietary iron, as ferrous sulfate, on performance and tissue mineral composition of steers. *J. Anim. Sci.*, **29**, 496(1969)
21. 윤태현, 김현숙 : 식이철분수준이 흰쥐의 혈장 및 조직의 미량원소 함량에 미치는 영향. *한국노화학회지*, **4**, 24(1994)
22. Standish, J. F., Ammerman, C. B., Palmer, A. Z. and Simpson, C. F. : Influence of dietary iron and phosphorus on performance, tissue mineral composition and mineral absorption in steers. *J. Anim. Sci.*, **33**, 171(1971)
23. Nordin, B. E. C. : Calcium in human biology. Springer-Verlag, Heidelberg, p.43(1988)
24. Pereira, C., Ferreira, C., Carvalho, C. and Oliveira, C. : Contribution of plasma membrane and endoplasmic reticulum $\text{Ca}(2+)\text{-ATPases}$ to the synaptosomal $[\text{Ca}2+]$ increase during oxidative stress. *Brain Res.*, **713**, 269(1996)
25. Furugouri, K. : Effect of elevated dietary levels of iron on iron stores in liver, some blood constituents and phosphorus deficiency in young swine. *J. Anim. Sci.*, **34**, 573(1972)
26. 김기남, 명규호, 박양자, 이규호, 이연숙, 임현숙, 원향례, 장유경, 하종규 : 비타민 · 광물질영양학. 향문사, 서울, p. 291(1985)
27. Hofer, H. A., Miller, E. R., Ullrey, E. D., Ritchie, H. D. and Luecke, R. W. : Interrelationships between calcium, zinc, iron and copper in swine feeding. *J. Anim. Sci.*, **19**, 249(1960)

(1998년 7월 30일 접수)