

## 고지방 식이를 섭취한 흰쥐의 비만지수 및 식이 아연과 철분 수준에 따른 혈청 미량무기질 함량 변화

김현숙<sup>†</sup> · 승정자

숙명여자대학교 식품영양학과

### Effects of Dietary Zinc and Iron Levels on Serum Trace Minerals and Obesity Index in High Fat Diet-Induced Obese Rats

Hyun-Sook Kim<sup>†</sup> and Chung-Ja Sung

Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-172, Korea

#### Abstract

The purpose of this study was to evaluate the obesity index and effect of dietary zinc and iron levels on serum trace minerals status in the high fat diet-induced obese rats. Male Sprague-Dawley rats were randomly assigned to control and high fat diet groups. Ten weeks later, the control and high fat diet group were rearranged into six groups by zinc and iron levels. After 16 wk serum zinc, iron, copper and manganese was analyzed. Obesity index was significantly higher in the group fed high fat diet (20% lard) than that of control group (5% corn oil). Body fat content was  $12.10 \pm 4.51$  g/100 g BW in high fat diet group and  $7.64 \pm 4.18$  g/100 g BW in control group. So, the obese rats were successfully induced by high fat diet. The trace mineral concentration of obese rats in serum were affected by zinc levels. Serum zinc concentration was increased by dietary zinc overload, whereas the iron, copper and manganese were decreased. Specially the manganese concentration was significantly affected by zinc levels. In both groups, serum trace mineral concentration was not changed significantly by the dietary iron levels. There were positive correlations between zinc, iron and manganese concentration according to dietary zinc and iron levels.

Key words: obesity index, high fat diet, trace minerals, zinc, iron

#### 서 론

우리의 식생활은 1970년대 이후 많은 변화를 겪게 되어 탄수화물의 섭취는 줄어 들고 지방의 섭취는 증가하였다. 식이 지방의 함량 및 지방산의 구성비율 변화는 신체내 지방 구성에 변화를 일으키고 과다 섭취시에는 체지방의 축적을 일으켜 비만화 현상을 촉진하며(1), 비만은 심혈관 질환, 당뇨병, 고혈압, 암 같은 질병으로의 이환율을 증가시켜 수명을 단축시키는 매우 위험한 질병으로 알려져 있다(2-4).

비만한 사람들은 열량 과잉 섭취로 인해 미량영양소 섭취가 상대적으로 부족한 영양 불균형 상태이며, 비만으로 인한 심각한 무기질 대사 장애를 일으킬 수 있다는 여러 보고가 있다(5-7). Chen 등(6)에 의하면 정상인보다 비만인의 철분 결핍의 발생률이 더 높았고 혈청 아연 농도는 낮았으며, 비만환자들의 혈청과 소변중 철분, 구리, 아연 수준을 정상인들과 비교했을 때 철분대사에는 현저한 변화가 나타나지 않았지만 상대적으로 hyperzincuria, hypocupruria, hypozincemia, hypercupremia 현상이 나타났다고 하였다(7). Yakinci 등

(8)은 비만 어린이들의 혈청 아연과 구리 수준은 정상 어린이보다 유의적으로 높았다고 하였다. 이와 같이 비만인의 미량 영양소 수준은 정상인에 상대적으로 현저한 차이로 낮거나 혹은 높거나 하는 양극화 현상을 보이고 있었다. 그러나 필수 미량영양소의 섭취 수준에 따른 영향 및 각 미량영양소 상호작용에 대한 연구의 필요성이 대두되고 있다.

이에 본 연구에서는 식이 지방 수준에 따른 비만도를 평가한 후 고지방식이로 유도된 비만쥐와 정상쥐의 비만지수를 평가하였고, 식이 아연과 철분의 섭취 수준을 달리하였을 때 혈청 미량무기질 함량 변화와 이들의 상호작용에 대하여 조사하였다.

#### 재료 및 방법

##### 실험동물 및 식이

실험동물은 체중  $100 \pm 10$  g인 Sprague-Dawley계 수컷 96마리로 돼지기름(20%) 첨가의 고지방식이로써 10주간 사육하여 비만을 유도한 다음, 각 군을 8마리씩으로 하여 아연

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: hs4324@orgio.net  
Phone: 82-33-250-7692, Fax: 82-33-244-2198

과 철분의 함량을 달리한 식이로 6주간 사육하였다(Fig. 1). 동물사육실은 항온항습( $22 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $65 \pm 2\%$  RH)하에서 12시간 주기로 명암이 자동 조절되었다.

식이조성은 Table 1에서 보는 바와 같이 아연과 철분 수준에 따라 결핍군, 적정수준군, 과잉군으로 난괴법에 의해 임의 배치하였고, 결핍군은 요구량의 50%(아연 15 ppm, 철분 17.5 ppm), 적정수준군은 요구량의 100%(아연 30 ppm, 철분 35 ppm), 과잉군은 요구량의 200%(아연 60 ppm, 철분 70 ppm)를 섭취시켰다.

#### 식이섭취량, 체중증가량 및 사료효율

식이섭취량은 매일 같은 시각에 측정하였고 전날 채워 둔 사료통의 무게에서 그날의 무게를 뺀 값으로 섭취량을 계산하였다. 체중은 일주일에 한번씩 같은 시각에 측정하였고 식이 섭취로 인한 갑작스러운 체중의 변화를 막기 위하여 2시간 전에 사료통을 제거한 후 실시하였으며, 매주마다 각 군별 체중 증가량을 계산하였다. 식이효율은 일주일간 측정된 체중과 같은 기간의 식이섭취량을 이용하여 계산하였다.

#### 비만지수 평가

실험 10주간의 비만유도기간이 끝난 뒤 식이로 인한 비만이 유도되었는지 확인하고자 비만지수를 평가하였다. 비만

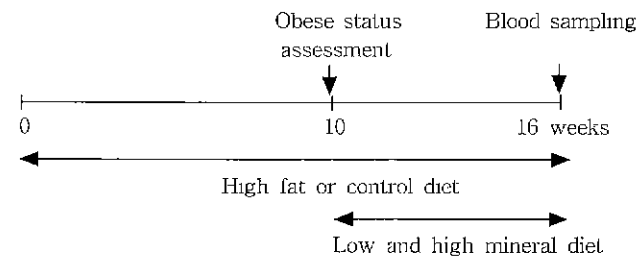


Fig. 1. Experimental design.

Table 1. Dietary groups and formulation of experimental diets

Dietary groups <sup>1)</sup>	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Lipid type & amount (%)
Ob/Zn-L	15.0	35.0	Lard, 20
Ob/Zn-N	30.0	35.0	Lard, 20
Ob/Zn-H	60.0	35.0	Lard, 20
Co/Zn-L	15.0	35.0	Corn oil, 5
Co/Zn-N	30.0	35.0	Corn oil, 5
Co/Zn-H	60.0	35.0	Corn oil, 5
Ob/Fe-L	30.0	17.5	Lard, 20
Ob/Fe-N	30.0	35.0	Lard, 20
Ob/Fe-H	30.0	70.0	Lard, 20
Co/Fe-L	30.0	17.5	Corn oil, 5
Co/Fe-N	30.0	35.0	Corn oil, 5
Co/Fe-H	30.0	70.0	Corn oil, 5

<sup>1)</sup>In the abbreviated names Ob, Co, L, N and H indicate obese, control, low, normal and high levels of zinc and iron, respectively.

지수는 실험동물의 코에서 항문까지의 체장 길이와 체중을 측정하여 Röhrrer index, Lee index, T.M. index를 이용하여 평가하였고, 비만의 원인이 되는 체지방 함량은 T.M. index로 계산하였다.

비만도 평가에 사용되는 Röhrrer index는  $[(\text{Body weight}(\text{g})/\text{Naso-anal length}(\text{cm})^3) \times 10^3]$ , Lee index(9)는  $[(\text{Body weight}(\text{g})^{1/3}/\text{Naso-anal length}(\text{cm})) \times 10^3]$  식에 따라 코와 항문까지의 체장에 대한 체중 비로 계산하였다. T.M. index(10)는  $[(\text{Body weight}(\text{g})/\text{Naso-anal length}(\text{cm})^{2.823}) \times 10^3]$  식에 따라 계산하여 비만도 평가에 사용하였으며, 비만 원인이 되는 체지방 함량은  $[0.581 \times \text{T.M. index} - 22.03]$ 으로 계산하였다.

#### 혈청 미량무기질 함량

혈청 아연, 철분, 구리 및 망간 함량을 분석하기 위하여 시료를 질산, 황산, 과염소산을 10:1:4의 비율로 섞은 ternary solution으로 분해한 후 ICP(Inductively coupled plasma, Japan)를 이용하여 정량하였다.

#### 통계 분석

본 실험에서 얻어진 모든 결과는 평균치와 표준 편차로 나타냈으며, 측정된 모든 값들은 SAS 프로그램을 이용하여 GLM(general linear model) 분석하였다. 각 군간의 유의성은 Duncan's multiple range test로  $\alpha=0.05$  수준에서 검정하였고, 각 미량무기질 함량간의 상관관계는 Pearson's correlation coefficient를 이용하였다.

## 결과 및 고찰

#### 식이섭취량, 체중증가량 및 사료효율

고지방식이와 정상식이를 10주간 섭취시킨 후 측정된 식이섭취량, 체중증가량, 사료효율은 Table 2에서 보는 바와 같이 고지방식이군이 정상식이군에 비해 유의적으로 높았다( $p < 0.05$ ).

식이중 아연 및 철분 수준에 따라 6주간 사육한 뒤 측정된 식이섭취량, 체중증가량, 사료효율을 측정된 결과는 Table 3과 같다. 비만군은 식이섭취량, 체중증가량 및 사료효율 모두 아연 섭취 수준에 의한 영향을 받지 않는 것으로 나타나 식이내 아연의 수준을 변화시켰을 때 성장률에 영향이 없었던 보고와 일치하였다(11). 정상군은 아연 수준이 높을수록

Table 2. Food intake, weight gain and feed efficiency ratio of rats fed high fat or control diet for 10 weeks

Dietary groups	Food intake g/day	Weight gain	FER
High fat diet	44.42 ± 3.21 <sup>1)a2)</sup>	30.24 ± 3.82 <sup>a</sup>	0.72 ± 0.10 <sup>a</sup>
Control diet	42.24 ± 2.83 <sup>b</sup>	26.42 ± 3.83 <sup>b</sup>	0.60 ± 0.10 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Values are mean ± SD

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

**Table 3. Food intake, weight gain and feed efficiency ratio of rats fed different levels of zinc and iron for 6 weeks**

Dietary groups	Food intake g/day	Weight gain	FER
Ob/Zn-L	27.35±3.69 <sup>1)</sup>	12.70±6.03	0.45±0.16
Ob/Zn-N	25.33±0.49	11.93±4.25	0.48±0.16
Ob/Zn-H	26.24±4.67	9.93±7.34	0.38±0.29
Co/Zn-L	31.83±2.38 <sup>2)</sup>	20.55±6.80 <sup>a</sup>	0.64±0.18 <sup>a</sup>
Co/Zn-N	29.45±0.59 <sup>b</sup>	17.50±3.55 <sup>a</sup>	0.59±0.12 <sup>a</sup>
Co/Zn-H	28.25±0.20 <sup>b</sup>	11.33±4.52 <sup>b</sup>	0.40±0.16 <sup>b</sup>
Ob/Fe-L	27.52±3.01 <sup>a</sup>	9.90±6.72	0.35±0.23
Ob/Fe-N	25.33±0.49 <sup>b</sup>	11.93±4.25	0.48±0.16
Ob/Fe-H	27.65±0.83 <sup>b</sup>	12.90±3.76	0.47±0.13
Co/Fe-L	31.74±1.92 <sup>a</sup>	16.15±6.79	0.50±0.20
Co/Fe-N	29.45±0.59 <sup>b</sup>	17.50±3.55	0.59±0.12
Co/Fe-H	30.83±2.34 <sup>ab</sup>	18.53±6.93	0.60±0.22

<sup>1)</sup>Values are mean±SD

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

유의적으로 감소하여(p<0.05) 아연을 과잉 섭취시켰을 때 독성으로 인한 식욕감퇴로 식이섭취량이 감소하였다는 Van Reen(12)의 결과와 일치하였다. 그러나 흰쥐에게 아연결핍 식이를 주었을 때 식욕감퇴로 인한 사료섭취 감소가 있었다는 보고와는 다른 결과로써(13), 본 연구에서의 아연 결핍 수준은 매우 심각한 수준이 아니었기 때문으로 생각된다.

식이 철분 수준에 의한 식이섭취량은 비만군과 정상군 모두 각 수준간에 유의적인 차이를 보였지만(p<0.05, p<0.05), 정상군의 경우 결핍군인 Co/Fe-L군에서 약간 높게 나타나 철분 결핍 식이를 주었을 때 식이 섭취량이 감소하였다고 한 Petering 등(14)과 Dhur 등(15)과는 다른 결과를 보였다. 한편, 체중증가량과 사료효율은 두 군 모두 식이 철분 수준에 의한 유의적인 차이가 나타나지 않았는데 이는 개체간의 차이가 컸기 때문인 것으로 생각되며, 철분 적정군과 과잉군의 경우 식이조성에 따른 차이는 없었다고 한 Cunnane와 McAdoo(16) 및 Davis 등(17)의 연구와 유사한 경향을 보였다.

**비만지수**

식이에 의한 비만을 유도하기 위하여 고지방식이를 10주간 섭취시킨 후 측정된 비만도 및 체지방 함량에 대한 결과는 Table 4와 같다. 코에서 항문까지의 체장은 고지방식이군이 24.14±1.11 cm, 정상식이군은 24.74±1.28 cm로 나타나 식이중 지방수준에 따른 차이가 없었으나, 최종 체중은 고지방식이군과 정상식이군이 각각 425.62±42.18 g, 378.59±40.13 g로 유의적인 차이를 보였다(p<0.05).

Röhrer index를 이용한 비만도 평가에서 30 이상을 비만으로 판정하는데, 고지방식이군이 33.36±14.82, 정상식이군이 28.85±4.32로 나타나 고지방식이군에서 현저한 비만 현상이 나타났다. 이는 Kim과 Choi(18)가 에너지 비로써 25%

**Table 4. Obesity index of rats fed high fat or control diet**

Obesity index	High fat diet	Control diet
Naso-anal length (cm)	24.14± 1.11 <sup>1)</sup>	24.74± 1.28
Final body weight (g)	425.62±42.18 <sup>2)</sup>	378.59±40.13 <sup>b</sup>
Röhrer index	33.36±14.82 <sup>c</sup>	28.85± 4.32 <sup>b</sup>
Lee index	316.07±14.82 <sup>a</sup>	300.76±15.06 <sup>b</sup>
T.M. index	57.49± 7.76 <sup>a</sup>	49.85± 7.19 <sup>b</sup>
Fat content (g/100 g body weight)	12.10± 4.51 <sup>c</sup>	7.64± 4.18 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Values are mean±SD.

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

수준의 지방을 실험동물에게 12주간 투여했을 때 나타난 Röhrer index 31.2±1.7보다 높았다.

Lee index는 쥐의 경우 300 이하일 때가 정상이고, 그 이상인 경우를 비만으로 간주하고 있다. 본 연구에서는 고지방식이군 316.07±14.82, 정상식이군 300.76±15.06으로 나타나 고지방식이군이 비만으로 판정되었다. Dubuc(9)은 고형 사료를 섭취한 C57BL/6J 비만 마우스와 lean 마우스를 이용하여 Lee index를 측정한 결과 비만 마우스가 식이에 대한 체중증가량의 비율이 더 컸기 때문에 Lee index가 훨씬 높았다고 하였다.

T.M. index는 고지방식이군이 57.79±7.76으로 비만 판정의 기준이 되는 55보다 높았으므로, 고지방식이군이 정상식이군보다 현저한 비만을 나타냈다.

체지방 함량을 T.M. index로 평가한 결과에서 체지방 함량이 10 이상일 때 비만으로 판정하면 고지방식이군이 체중 100 g당 12.10±4.51 g으로 정상식이군의 7.64±4.18 g과 비교해 확실히 비만이 유도되었다. 이는 지질 40%를 섭취한 쥐의 10.8±0.6보다 높은 수치였으며(18), 고지방식이군과 정상식이군의 에너지 섭취 수준 차이에 의한 것으로 생각된다.

결론적으로 고지방식이군의 비만지수 및 비만의 주원인이 되는 체지방 함량이 정상식이군보다 현저히 높게 나타나 식이에 의한 비만이 확실히 유도되었다.

**혈청중 미량무기질 함량**

**식이 아연 수준에 의한 영향:** 식이 아연 수준에 따른 혈청 미량무기질 함량은 Table 5와 같다. 혈청 아연 함량은 지방 섭취 수준에 따른 유의적인 차이를 보이지 않아 비만군과 정상군이 비슷한 수준을 보였지만 두 군 모두 아연 섭취 수준이 증가할수록 혈청중 농도는 증가하는 경향으로 나타났다. 정상군의 경우 각 군간의 유의적인 차이를 보여 아연 과잉섭취군인 Co/Zn-H군이 3.00±0.42 µg/mL로 결핍군에 비해 높았다(p<0.05). 이는 식이내 아연 수준이 혈청의 아연 함량에 미치는 영향은 유의적으로 나타나서 아연의 급여 수준이 높을수록 증가하는 경향을 보였다고 보고한 Kim과 Sung(19)의 연구와 일치하였다.

혈청 철분 함량은 비만군과 정상군 모두 식이 아연 수준이

Table 5. Serum trace mineral content of rats fed different levels of Zn

Dietary groups	Zn	Fe	Cu	Mn
	µg/mL			
Ob/Zn-L	2.43±0.33 <sup>1)</sup>	2.16±0.79	0.99±0.25	0.45±0.13 <sup>a</sup>
Ob/Zn-N	2.69±0.53	1.91±0.58	0.68±0.33	0.35±0.10 <sup>ab</sup>
Ob/Zn-H	3.04±0.56	1.64±0.40	0.61±0.25	0.29±0.07 <sup>b</sup>
Co/Zn-L	2.43±0.12 <sup>b2)</sup>	2.25±0.43 <sup>a</sup>	0.83±0.25 <sup>a</sup>	0.41±0.08 <sup>d</sup>
Co/Zn-N	2.95±0.49 <sup>d</sup>	1.98±0.54 <sup>d</sup>	0.51±0.17 <sup>b</sup>	0.36±0.10 <sup>c</sup>
Co/Zn-H	3.00±0.42 <sup>d</sup>	1.43±0.06 <sup>b</sup>	0.40±0.20 <sup>b</sup>	0.26±0.01 <sup>b</sup>
ANOVA terms				
A (Obesity)	NS <sup>2)</sup>	NS	NS	NS
B (Zinc)	p<0.05	p<0.05	p<0.05	p<0.05
A×B	NS	NS	NS	NS

<sup>1)</sup>Values are mean±SD.

<sup>2)</sup>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)

<sup>3)</sup>NS=not significant.

낮을수록 증가하는 경향으로 나타났으며, 정상군에서는 아연 결핍군 및 정상군이 각각 2.25±0.43 µg/mL, 1.98±0.54 µg/mL로 1.43±0.06 µg/mL인 과잉군에 비해 유의적으로 높았다(p<0.05). 이는 체내에서 아연과 철분의 상호작용으로 경쟁적으로 흡수되므로 아연 결핍시 철분 흡수가 증가되었기 때문인 것으로 사료된다.

구리 함량은 정상군에서 아연 섭취 수준이 낮을수록 유의적으로 증가하였는데(p<0.05), 이는 아연과 구리의 길항작용으로 과잉의 아연 섭취가 구리의 흡수 및 이용을 방해하고 뇨를 통한 구리의 배설을 촉진시켰기 때문이라 생각된다. 한편, Van Campen(20)과 Fisher 등(21)은 아연/구리의 섭취 비율이 500:1일 때 쥐의 위장과 십이지장에서 구리의 흡수가 거의 60%까지 억제되었고 50:1일 때 구리의 흡수에 영향이 없었다고 하였으며, Fischer 등(22,23)은 아연이 copper-binding ligand의 합성과 metallothionein을 유도함으로써 구리의 흡수를 저해한다고 하였다.

망간 함량은 비만군과 정상군 모두 식이 아연 수준이 낮을수록 유의적으로 증가하여 과잉 섭취군인 Ob/Zn-H군이 0.29±0.07 µg/mL로 가장 낮았고, 정상군에서는 Co/Zn-H군이 0.26±0.01 µg/mL로 다른 섭취군에 비해 낮았다(p<0.05).

**식이 철분 수준에 의한 영향**: Table 6에서 보는 바와 같이 혈청 미량무기질 함량은 비만군과 정상군 모두 식이 철분 수준에 따른 영향을 받지 않아 각 군간의 유의적인 차이가 없었다. 이는 철분 결핍군과 과잉군 모두 실험기간 및 정상식이로의 전환에 따른 혈장 농도에 변화가 전혀 나타나지 않았다는 Yoon과 Kim(24)의 연구와 일치하였다. 한편, 정상군에서 철분 과잉섭취군의 혈청 망간 함량은 0.37±0.09 µg/mL로 결핍군의 0.32±0.11 µg/mL에 비해 높은 수준으로 나타났다. 이는 276 ppm의 철분을 과잉으로 섭취한 정상쥐에서 망간의

Table 6. Serum trace mineral content of rats fed different levels of Fe

Dietary groups	Zn	Fe	Cu	Mn
	µg/mL			
Ob/Fe-L	3.02±0.38 <sup>1)</sup>	2.13±0.40	0.85±0.20	0.39±0.08
Ob/Fe-N	2.69±0.53	1.91±0.58	0.68±0.33	0.35±0.10
Ob/Fe-H	2.75±0.55	1.97±0.57	0.56±0.20	0.36±0.09
Co/Fe-L	2.42±0.64	1.71±0.60	0.68±0.33	0.32±0.11
Co/Fe-N	2.95±0.49	1.98±0.54	0.52±0.17	0.37±0.10
Co/Fe-H	2.91±0.60	1.97±0.53	0.96±0.64	0.37±0.09
ANOVA terms				
A (Obesity)	NS <sup>2)</sup>	NS	NS	NS
B (Iron)	NS	NS	NS	NS
A×B	NS	NS	NS	NS

<sup>1)</sup>Values are mean±SD

<sup>2)</sup>NS=not significant.

흡수가 저해되었다는 Davis 등(25)의 연구와 일치하는 결과로써 철분이 mucosal cell로 uptake되는 공간을 저해함으로써 망간의 흡수가 낮아졌기 때문이라고 하였다.

결과적으로 식이 아연 수준이 정상쥐의 혈청 아연, 철분, 구리, 망간 함량에 유의적인 영향을 미치는 것으로 나타났고, 비만쥐에서는 망간 함량에만 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 두군 모두에서 식이 철분 수준에 따른 혈청중 미량무기질 함량은 유의적인 변화가 없었다.

**식이 아연 및 철분 수준과 혈청중 미량무기질 함량간의 상관관계**

**비만군에서의 상관관계**: Table 7에서와 같이 비만군에서 혈청 아연과 철분, 철분과 망간, 망간과 아연 함량은 식이 아연 수준에 관계없이 모두 강한 정의 상관관계를 보였다(p<0.05, p<0.01, p<0.001). 비만인 경우 식이 철분 수준이 결핍일 때 혈청 철분과 망간 함량은 정의 상관관계를 보였다(p<0.05), 식이 철분 수준이 정상 또는 과잉일 때 혈청 미량무기질 상호간에 유의적인 정의 상관관계를 보였다(p<0.05, p<0.01, p<0.001). 한편, 혈청 구리 함량은 다른 미량무기질과의 상호작용이 나타나지 않았다.

**정상군에서의 상관관계**: Table 8과 같이 정상군인 경우 식이 아연 수준이 결핍 또는 정상일 때 혈청 아연과 철분, 철분과 망간, 망간과 아연 함량은 유의적인 정의 상관관계가 나타났지만(p<0.01, p<0.001, p<0.01), 식이 철분과 혈청 미량무기질 함량은 식이 수준에 관계없이 강한 정의 상관관계를 보였다(p<0.005, p<0.001, p<0.05).

결과적으로 비만군과 정상군 모두 식이 아연 및 철분 수준과 혈청중 아연과 철분, 철분과 망간, 망간과 아연 함량간에 유의적인 정의 상관관계가 있었다. 그러나 비만인 경우 식이 철분 결핍일 때, 정상인 경우에는 식이 아연 수준이 과잉일 때 미량무기질 상호간에 유의성이 없었다. 그러므로 차후 이에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

Table 7. Correlation matrix of zinc, copper, iron and manganese in serum of obese rats by zinc and iron status

	Low				Normal				High			
	Cu	Fe	Zn	Mn	Cu	Fe	Zn	Mn	Cu	Fe	Zn	Mn
Zn	Cu	-			-				-			
	Fe	-0.0417	-		-0.2088	-			0.1778	-		
	Zn	0.0915	0.9842**	-	-0.1389	0.9569**	-		-0.2790	0.9999**	-	
	Mn	-0.0762	0.9902***	0.9831***	-	-0.1681	0.9962***	0.9647**	-	-0.2836	0.9997*	0.9993***
Fe	Cu	-			-				-			
	Fe	-0.0003	-		-0.2088	-			-0.2137	-		
	Zn	-0.6401	0.7576	-	-0.1389	0.9569*	-		-0.0515	0.9535'	-	
	Mn	-0.0268	0.9898**	0.8107	-	-0.1681	0.9962***	0.9647**	-	-0.2082	0.9985***	0.9435'

'p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

Table 8. Correlation matrix of zinc, copper, iron and manganese in serum of normal rats by zinc and iron status

	Low				Normal				High			
	Cu	Fe	Zn	Mn	Cu	Fe	Zn	Mn	Cu	Fe	Zn	Mn
Zn	Cu	-			-				-			
	Fe	0.5388	-		0.6684	-			-0.1238	-		
	Zn	0.6907	0.9579**	-	0.7094	0.8669*	-		-0.5226	-0.4439	-	
	Mn	0.5248	0.9982***	0.9592**	-	0.6612	0.9955***	0.8761*	-	-0.4640	0.8526	-0.3113
Fe	Cu	-			-				-			
	Fe	-0.0683	-		0.6684	-			0.2705	-		
	Zn	0.1163	0.9046'	-	0.7094	0.8669*	-		0.5096	0.8903'	-	
	Mn	-0.1076	0.9983***	0.9017*	-	0.6612	0.9955***	0.8761*	-	0.2647	0.9592**	0.9372**

'p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

요 약

문 헌

본 연구에서는 고지방 식이로 유도된 비만쥐와 정상쥐의 비만지수를 측정하였고, 식이중 아연과 철분 섭취 수준에 따른 혈청중 미량무기질 함량을 비교하였다. 지방 섭취 수준에 따른 비만지수 평가에서 고지방식이군의 비만지수가 유의적으로 높았으며(p<0.05), 체지방 함량 측정에서도 고지방식이군이 12.10±4.51 g/100g BW로 정상식이군에 비해 높게 나타나(p<0.05) 고지방식이군에서 식이에 의한 비만이 유도되었다. 고지방식이에 의해 유도된 비만쥐와 정상쥐의 혈청중 아연 함량은 식이중 아연 수준이 증가할수록 증가하는 경향을 보였으며, 정상군에서 각 섭취 수준간의 유의성이 있었다(p<0.05). 정상군의 혈청중 철분, 구리, 망간 함량은 아연 섭취 수준이 증가할수록 유의적으로 낮았지만(p<0.05), 비만군은 혈청중 망간 함량만이 아연 섭취 수준에 따른 영향을 받아 유의적인 차이가 있었으며(p<0.05), 혈청 미량무기질 함량은 비만군과 정상군 모두에서 철분 섭취 수준에 따른 영향을 받지 않아 각 군간의 유의적인 차이가 없었다. 식이 아연 및 철분 수준과 혈청 아연과 철분, 철분과 망간, 망간과 아연 함량과의 상관관계에서 두군 모두 유의적인 정의 상관관계가 있었다.

감사의 글

이 논문은 1996년도 한국과학재단 연구비(과제번호 : 961-0604-029-2)로 수행되었음.

- 1 Moon, H.N, Hong, S.J and Suh. S.J. : The prevalence of obesity in children and adolescents. *Kor. J Nutr.*, **25**, 413-418 (1992)
- 2 Ahn, H.S., Park, J.K., Lee, D.H., Paik, I.K., Lee, J.H. and Lee, Y.J. : Clinical and nutritional examination in obese children and adolescents. *Kor. J. Nutr.*, **27**, 79-89 (1994)
- 3 보건복지부 : 국민영양조사보고서 (1997)
- 4 Larsson, B : Obesity, fat distribution and cardiovascular disease. In *Progress in Obese Research*, Oomura, Y. (ed.), John Libbey & Comp. Ltd., London, p.375-379 (1990)
- 5 Chandra, R.K. : Cell-mediated immunity in genetically obese (C57BL/6J ob/ob) mice. *Am. J. Clin Nutr.*, **33**, 13-16 (1980)
- 6 Chen, M.D., Lin, P.Y., Lin, W.H and Cheng, V. : Zinc in hair and serum of obese individuals in Taiwan. *Am. J. Clin. Nutr.*, **48**, 1307-1309 (1988)
- 7 Luque-Diaz, M.J., Dean-Guelbenzu, M. and Culebras-Poza, J.M. : Changes in the metabolism of iron, copper and zinc in obesity. *Rev. Esp. Fisiol.*, **38**, 155-158 (1982)
- 8 Yakinci, C., Pac, A., Kucukbay, F.Z., Tayfun, M. and Gul, A. : Serum zinc, copper, and magnesium levels in obese children. *Acta Paediatr. Jpn.*, **39**, 339-341 (1997)
- 9 Dubuc, P.U. : Non-essential role of dietary factors in the development of diabetes in ob/ob mice. *J. Nutr.*, **111**, 1742-1748 (1981)
- 10 Tsuchimoto, M., Miyata, K., Matsuo, S., Osato, S., Kora, H., Mtsima, T. and Tachibana, K. : Relationship between body fat content and body density in cultured red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**, 301-306 (1992)
- 11 Fisher, P.W., Giroux, A. and L'Abbé, M.R. : The effect of dietary zinc on intestinal copper absorption. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 1670-1675 (1981)
- 12 Van Reen, R. : Effect of excessive dietary zinc in the rat and

- the interrelationship with copper. *Arch. Biochem. Biophys.*, **46**, 337-344 (1953)
- 13 Prasad, A.S. : Laboratory diagnosis of zinc deficiency. *J. Am. Coll. Nutr.*, **4**, 591-598 (1985)
  - 14 Petering, D.H., Stemmer, K.L., Lyman, S., Krezoski, S. and Petering, H.G. : Iron deficiency in growing male rats - a cause of development of cardiomyopathy. *Ann. Nutr. Metab.*, **34**, 232-243 (1990)
  - 15 Dhur, A., Galan, P. and Herberg, S. : Effect of decreased food consumption during iron deficiency upon growth rate and iron status indicators in the rat. *Ann. Nutr. Metab.*, **34**, 280-287 (1990)
  - 16 Cunnane, S.C. and McAdoo, K.R. : Iron intake influence, essential fatty acid and lipid composition of rat plasma and erythrocytes. *J. Nutr.*, **117**, 1514-1519 (1987)
  - 17 Davis, C.D., Ney, D.M. and Greger, J.L. : Manganese, iron and lipid interaction in rats. *J. Nutr.*, **120**, 507-513 (1990)
  - 18 Kim, J.I. and Choi, J.H. : Effect of brown algae component on obese rats induced by a high fat diet. *Kor. J. Gerontol.*, **2**, 142-147 (1992)
  - 19 Kim, M.H. and Sung, C.J. : The effect of the levels of dietary zinc and alcohol consumption on lipid metabolism in the rats. *Kor. J. Nutr.*, **24**, 87-96 (1991)
  - 20 Van Campen, D.R. : Copper interference with the intestinal absorption of zinc-65 by rats. *J. Nutr.*, **97**, 104-107 (1969)
  - 21 Fisher, P.W., Giroux, A. and L'Abbé, M.R. : Effect of zinc supplementation on copper status in adult man. *Am. J. Clin. Nutr.*, **40**, 743-746 (1984)
  - 22 Fisher, P.W., Giroux, A. and L'Abbé, M.R. : Effects of zinc on mucosal copper binding and on the kinetics of copper absorption. *J. Nutr.*, **113**, 462-469 (1983)
  - 23 Fisher, P.W., Giroux, A. and L'Abbé, M.R. : The effect of dietary zinc on intestinal copper absorption. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 1670-1675 (1981)
  - 24 Yoon, T.H. and Kim, H.S. : Effect of dietary iron levels on trace elements in plasma and tissue of rats. *Kor. J. Gerontol.*, **4**, 24-31 (1994)
  - 25 Davis, C.D., Wolf, T.L. and Greger, J.L. : Varying levels of manganese and iron affect absorption and gut endogenous losses of manganese by rats. *J. Nutr.*, **122**, 1300-1308 (1992)

(2000년 6월 27일 접수)