

## 아연과 철분 섭취 수준이 고지방 식이로 유도된 비만 쥐의 지질 대사 및 체내 미량 무기질 함량에 미치는 영향

김 현 숙 · 승 정 자  
숙명여자대학교 식품영양학과

### Effects of Zn and Fe Levels on Lipid Metabolism and Micromineral Contents in High Fat Diet-induced Obese Rats

Hyun Sook Kim and Jung Ja Sung  
*Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University*

#### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of Zn and Fe levels on lipid metabolism and micromineral contents in high fat diet-induced obese rats. Male sprague-dawley rats weighing approximately 100g were fed a normal or high fat diet. After 10 weeks high fat diet, rats were fed different levels of Zn and Fe. Serum triacylglycerol and HDL-cholesterol were affected to Zn and Fe levels in normal group. The micromineral(Zn, Fe, Cu, Mn) contents in liver were significantly different in high fat diet group by Zn intake levels and in normal diet group by Fe intake levels. However, micromineral contents in kidneys were not affected to different levels of Fe in both obese and normal rats. There were no differences in spleens of obese rats fed high fat diet according to Zn and Fe intake levels. But in normal group, Mn content of spleen were exclusively affected to Zn levels.

Key words: high fat diet, lipid, obese, Zn, Fe.

#### I. 서 론

지방은 생체내에서 효율적인 열량원으로서 작용하고 필수 지방산의 공급, 지용성 비타민의 흡수 및 운반, 그리고 세포막 구성 성분 등의 역할을 하는 중요한 영양소이다. 따라서 식이 지방의 함량 및 지방산의 구성 비율은 신체내 지방 구성에 변화를 일으키고 과다 섭취시에는 체지방의 축적을 일으켜 비만

화 현상을 촉진하며, 혈청 지단백질 양상은 변화되어 LDL-콜레스테롤은 증가하고 HDL-콜레스테롤은 감소한다<sup>1-3)</sup>.

최근 미량 무기질과 지질 대사와의 관계에 대한 연구에서 정등<sup>4)</sup>은 아연이 결핍된 쥐의 경우 장내에서 중성 지방의 흡수가 현저히 감소되었고, 황등<sup>5)</sup>은 아연을 0ppm, 30ppm, 300ppm으로 섭취한 쥐에서 아연 수준이 낮은 군에서 혈청과 간의 지방 함량이 감소하는 경향을 보였으며, 아연의 수준이 높을수

록 총 콜레스테롤 함량이 증가했다고 한다. 또한 Klevay등<sup>6-8)</sup>에 의하면 구리 섭취가 부족되면 혈청 콜레스테롤이 증가하며, 정상적인 구리 섭취시에도 식이 아연을 과잉 보충하게 되면 아연/구리의 비율이 증가되고 아연이 구리에 대해 길항 작용을 하여 구리 결핍을 일으켜 혈청 콜레스테롤이 증가할 수 있다고 한다.

철분과 지질 대사와의 관계에서 Cunnane등<sup>9,10)</sup>은 250mg/kg diet 철분을 섭취했을 때 혈장 총 콜레스테롤과 중성 지방이 대조군 보다 높았고, 철분 과다 섭취로 인한 높은 헤마토크릿치는 혈액의 흐름을 방해하고 혈전을 형성할 뿐만 아니라 높은 헤모글로빈 수준은 혈중 산소 운반 능력을 높여서 혈중 지질의 산화를 촉진시킨다고 하였다<sup>11)</sup>. 그러나 Davis등<sup>12)</sup>은 철분을 적정 수준(29 $\mu$ g/g diet)과 높은 수준(109 $\mu$ g/g diet)으로 하여 흰쥐에게 공급한 결과 혈장 콜레스테롤이나 간장 콜레스테롤 농도는 철분 섭취 수준에 의한 아무런 영향도 없었다고 보고하였다.

한편, 비만한 사람들은 열량 과잉과 미량 영양소 섭취 부족이라는 영양 불균형 상태가 나타나며, 비만으로 인한 심각한 무기질 대사 장애가 올 수 있다는 여러 보고<sup>13-15)</sup>가 있다. 따라서 미량 영양소의 섭취 불균형이 지질 및 미량 무기질 대사에 미치는 영향에 대한 연구의 필요성이 대두되고 있으며, 적정

수준의 미량 무기질 공급과 지질 대사와의 관계에 대한 좀더 체계적인 연구가 이루어져야 한다.

이에 본 연구에서는 고지방 식이로 유도된 비만 쥐에서 식이 아연과 철분 섭취 수준을 달리하였을 때 혈청중 지질과 체내 미량 무기질 함량 변화 및 상호작용에 대하여 조사하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험동물 사육 및 식이

실험 동물은 체중 100 $\pm$ 10g인 Sprague-Dawley 계 숫쥐 48마리를 이용하여 식이중 지방, 아연 및 철분 수준에 따라 임의배치법으로 1군당 8마리씩 6군으로 나누어 16주간 사육하였다. 전체 실험 기간중 10주간은 비만을 유도하기 위하여 고지방 식이군과 정상 식이군으로 나누어 사육하였고, 다시 아연 수준에 따라 적정 섭취군, 결핍군 및 과잉군으로 재배치하여 6주간 실시하였다.

실험 식이의 배합은 AIN-76과 NRC를 기준으로 하였고 배합 구성은 Table 1과 같다. 비만 유도를 위한 고지방 식이군은 20% lard, 정상 식이군은 5% corn oil을 섭취시켰으며, 비만 유도 후 식이중 아연과 철분 수준(요구량의 50%, 100%, 200%)에 따라 무기질 조성을 변화시켜 공급하였다. 이때 적정 섭취

**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	35	Lard, 20
Ob/Zn-N	30	35	Lard, 20
Ob/Zn-H	60	35	Lard, 20
Co/Zn-L	15	35	Corn oil, 5
Co/Zn-N	30	35	Corn oil, 5
Co/Zn-H	60	35	Corn oil, 5
Ob/Fe-L	30	17.5	Lard, 20
Ob/Fe-N	30	35	Lard, 20
Ob/Fe-H	30	70	Lard, 20
Co/Fe-L	30	17.5	Corn oil, 5
Co/Fe-N	30	35	Corn oil, 5
Co/Fe-H	30	70	Corn oil, 5

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

취군은 NRC 권장 수준인 아연 30ppm과 철분 35 ppm(요구량의 100%) 이었고, 영양 불량인 경우는 극심한 상태가 아닌 중증도의 상태를 유지하기 위하여 결핍군은 아연 15ppm과 철분 17.5ppm(요구량의 50%), 과잉군은 아연 60ppm과 철분 70 ppm(요구량의 200%)로 하였다.

## 2. 시료 수집 및 분석

### 1) 시료 채취

16주간 사육한 실험동물은 혈액이 혼탁해지는 것을 막기 위하여 15시간 전부터 절식시킨 후 개체별로 체중을 측정하였고, ether로 마취시킨 후 heart puncture 방법으로 혈액을 채취하였다. 채취한 혈액중 전혈 3ml는 항응고제가 처리된 관에 담았고, 나머지 혈액은 혈청을 얻기 위하여 1시간 정도 실온에 방치한 후 3,000rpm에서 20분간 원심 분리하였다. 조직은 간장, 신장 그리고 비장을 떼내어 생리 식염수로 표면에 묻은 혈액을 씻어 내고 지방을 제거한 다음 여과지로 표면의 습기를 닦고 무게를 측정하여 분석에 이용하였다.

### 2) 혈청 지질 함량 분석

혈청중 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 중성 지방 함량은 효소법에 의한 측정용 kit를 사용하여 흡광 광도계(Spectronic 20, Bausch & Lomb, U. S.A)에서 맹검관을 대조로 측정하였고, 성인병의 초기 증상으로 알려진 동맥경화증의 발병 지표로서 활용되고 있는 동맥경화지수(Atherogenic index)는 Haglund등<sup>16)</sup>의 방법에 의하여 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{Atherogenic index} = (\text{Total cholesterol} - \text{HDL-cholesterol}) / \text{HDL-cholesterol}$$

### 3) 조직중 미량 무기질 분석

조직중의 미량 무기질 함량을 측정하기 위하여 임<sup>17)</sup>의 습식 분해법을 이용하였다. 습식 분해법으로 전처리하여 준비한 간장, 신장 및 비장 중의 아연, 철분, 구리, 망간 함량은 ICP로 측정하여 각 시료

중의 미량 무기질 함량을 산출하였다.

### 3. 통계 처리

본 실험에서 측정된 모든 자료는 SAS 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였고 지방과 아연 수준에 따른 분산분석(General linear model)을 한 후, 각 군간의 유의적인 차이를 관찰하기 위하여 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 혈청중 지질 함량

#### 1) 총 콜레스테롤

Table 2에서 보는 바와 같이 혈청중 총 콜레스테롤 농도는 지방 섭취에 따른 영향을 받지 않아 비만군과 정상 대조군이 비슷한 수준이었으며, 아연 및 철분 섭취 수준에 따른 유의적인 차이는 없었다. 그러나 비만군에서 아연 공급 수준이 높을수록 혈청중 총 콜레스테롤 함량은 증가하여 Ob/Zn-L군이 83.50±0.71mg/dl로 낮았고, Ob/Zn-H군이 100.00±14.91mg/dl로 높은 경향으로 나타나 정상 대조군과는 반대의 양상을 보였다.

철분 섭취 수준에 따른 영향을 살펴보면 비만군에서는 철분 수준이 낮은 Ob/Fe-L군이 123.17±41.24mg/dl로 다른 군에 비해 높았고, 정상 대조군은 Co/Fe-H군에서 138.50±41.91mg/dl로 높게 나타나 서로 반대의 경향을 보였다.

#### 2) HDL-콜레스테롤

혈청중 HDL-콜레스테롤 농도는 지방이나 아연 섭취 수준에 영향을 받지 않아 각 군간에 유의성은 나타나지 않았지만, 비만군의 경우 Ob/Zn-L군이 55.50±13.44mg/dl로 가장 낮았고 아연 섭취 수준이 높을수록 증가하는 경향을 보였다.

철분 섭취 수준의 차이를 살펴보면, 비만군은 철분의 공급 수준이 높을수록 약간씩 감소하는 경향으로 나타났으나 유의적인 차이는 없었다. 한편, 정상 대조군에서는 철분 적정 섭취군인 Co/Fe-N군이 가장 낮았고, 철분 과잉 섭취군인 Co/Fe-H군이 가

**Table 2.** Serum total cholesterol, HDL-cholesterol, triglyceride and atherogenic index fed different levels of Zn and Fe

Dietary groups	Total cholesterol	HDL-cholesterol	Triglyceride	A.I
	mg / dl			
Ob /Zn-L	83.50( 0.71) <sup>1)</sup>	55.50(13.44)	245.50(135.06)	0.55(0.39)
Ob /Zn-N	99.67(16.80)	68.17( 8.95)	133.83( 61.40)	0.46(0.13)
Ob /Zn-H	100.00(14.91)	72.00( 9.84)	94.00( 23.18)	0.39(0.07)
Co /Zn-L	123.20(29.17)	79.80(25.14)	293.00(130.35) <sup>a2)</sup>	0.60(0.28)
Co /Zn-N	101.00(23.74)	68.00( 9.36)	225.83(117.17) <sup>ab</sup>	0.48(0.18)
Co /Zn-H	102.83(14.02)	75.17(10.05)	121.83( 80.16) <sup>b</sup>	0.37(0.08)
ANOVA				
A(Obesity)	N.S <sup>3)</sup>	N.S	p<0.05	N.S
B(Zinc)	N.S	N.S	p<0.05	p<0.05
A×B	N.S	N.S	N.S	N.S
Ob /Fe-L	123.17(41.24)	74.17(17.00)	207.17( 97.56)	0.64(0.23)
Ob /Fe-N	99.67(16.80)	68.17( 8.95)	133.83( 61.40)	0.46(0.13)
Ob /Fe-H	105.40(29.04)	66.20(14.50)	163.00(101.62)	0.57(0.16)
Co /Fe-L	106.80(33.45)	77.60(20.80) <sup>ab</sup>	156.00( 82.11)	0.37(0.17)
Co /Fe-N	101.00(23.74)	68.00( 9.36) <sup>b</sup>	225.83(117.17)	0.48(0.18)
Co /Fe-H	138.50(41.91)	85.50(15.28) <sup>a</sup>	302.83(202.87)	0.62(0.36)
ANOVA				
A(Obesity)	N.S	N.S	N.S	N.S
B(iron)	N.S	N.S	N.S	N.S
A×B	N.S	N.S	N.S	N.S

1) Values are 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

장 높게 나타나 유의적인 차이를 보였다( $\alpha=0.05$ ).

본 연구에서 비만군의 HDL-콜레스테롤은 식이중 아연 섭취 수준에 의한 영향으로 대체로 아연 수준이 높을수록 증가하여 과잉군의 HDL-콜레스테롤 수준이 상승하는 경향을 보였는데, 이는 흰쥐에게 1ppm 이하의 아연과 41ppm을 섭취시킨 결과 결핍군에 비해 아연 보충군에서 혈청 HDL-콜레스테롤 수준이 상승했다는 결과와 일치하였다<sup>18)</sup>. 이로써 아연 결핍시 적정량의 보충은 혈액 순환계 질환의 위험을 낮출 수 있는 것으로 보인다. 또한 Hooper 등<sup>19)</sup>은 건강한 성인 남자를 대상으로 5주 동안 178mg/day 아연을 섭취시킨 결과 혈청 HDL-콜레스테롤 수준은 유의적으로 감소하였으며, 콜레스테롤, 중

성 지방, LDL-콜레스테롤 수준은 변화를 보이지 않았다고 하였다.

### 3) 중성지방

혈청 중성지방 농도는 지방 및 아연 섭취 수준에 따른 차이를 보여( $p<0.05$ ,  $p<0.05$ ), 비만군과 정상 대조군 모두에서 아연 공급 수준이 낮을수록 혈청 중성 지방 함량은 증가하는 경향을 보였다. 정상 대조군은 Co /Zn-L군이  $293.00 \pm 130.35$ mg/dl로 가장 높았고, Co /Zn-H군이  $121.83 \pm 80.16$ mg/dl로 가장 낮아 유의성이 인정되었다( $\alpha=0.05$ ). 그리고 지방 및 철분 섭취 수준은 혈청 중성지방 함량에 영향을 미치지 않았지만 비만군의 경우 Ob /

Fe-L군이 207.17±97.56mg/dl로 가장 높았고 Ob/Fe-H군은 163.00±101.62mg/dl로 가장 낮게 나타났다. 정상 대조군은 Co/Fe-L군이 156.00±82.11mg/dl로 가장 낮았고 Co/Fe-H군이 302.83±202.87mg/dl로 가장 높아 비만군과는 반대의 결과를 보였다.

한편, Davis등<sup>19)</sup>은 철분을 적정 수준(29µg/g diet)과 높은 수준(109µg/g diet)으로 흰쥐에게 섭취시켰을 때 혈장 콜레스테롤 농도는 철분 섭취 수준에 의한 아무런 영향도 없었다고 하였고, 혈장 중성 지방 함량은 철분 섭취 변화에 따른 유의적인 차이가 없었다고 하여 본 연구결과와 일치하였다. 그러나 Cunnane등<sup>9)</sup>은 적정 수준의 철분 섭취군에 비해 철분 섭취 수준이 낮은 군에서 혈장 중성지방 함량이 유의하게 높았고, 철분 과잉 섭취군이 적정 철분 섭취군에 비해 유의적으로 높았다고 보고하였다.

4) Atherogenic index

동맥경화지수는 지방의 함량이나 아연 및 철분 섭취 수준에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 비만군과 정상 대조군 모두 아연 섭취 수준이 낮은 결핍군에서 각각 0.55와 0.60으로 높게 나타났다. 그러나 철분 섭취 수준에 의한 영향은 서로 다른 경향으로 나타나서 비만군의 경우 철분 섭취 수준이 낮은 Ob/Fe-L군의 AI 지수가 0.64로 가장 높았고, 정상 대조군은 철분 과잉 섭취군인 Co/Fe-H의 지수가 0.62로 가장 높았으나 유의적이지 않았다.

결과적으로 동맥경화지수는 지방 섭취 수준에 따라 증가하였고, 아연 섭취 수준이 낮을수록 높아지는 경향을 보였지만 철분 섭취 수준에 의한 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

2. 조직중 미량 무기질 함량

1) 간장중 미량 무기질

Table 3에서 보는 바와 같이 간장중 아연 함량은 비만군 및 정상 대조군 모두에서 아연 섭취 수준이 증가할수록 높아지는 경향으로 나타났다. 특히 비만군은 Ob/Zn-H군이 54.88±4.51µg/g로 Ob/Zn-L군이나 Ob/Zn-N군에 비해 유의적으로 높았다( $\alpha$

=0.05). 철분 섭취 수준에 따른 영향을 살펴보면 비만군은 철분 섭취 수준에 따른 각 군간의 유의적인 차이는 없었지만, 정상 대조군은 적정 섭취군인 Co/Fe-N군이 52.66±7.55µg/g로 결핍군 및 과잉군에 비해 유의적으로 높았다( $\alpha$ =0.05). 이는 식이 내 아연 수준이 간의 아연 함량에 미치는 영향은 유의적으로 나타나서 아연 섭취 수준이 높을수록 증가하며, 결핍군이 보충군보다 낮게 나타났다고 한 김<sup>20)</sup>의 결과와 같았다.

철분 함량은 비만군이 정상 대조군보다 높게 나타났으며( $p<0.05$ ), 아연 섭취 수준에 따른 차이를 보여 비만군과 정상 대조군 모두 아연을 적정 수준 섭취했을 때 결핍군 및 과잉군에 비해 높게 나타났다. 특히 비만군의 Ob/Zn-L군은 Ob/Zn-N군에 비해 유의적으로 낮았다( $\alpha$ =0.05). 철분 섭취 수준에 따른 영향을 살펴보면 비만군이 정상 대조군보다 높았고( $p<0.001$ ), 정상 대조군은 Co/Fe-N군이 54.79±30.09µg/g로 Co/Fe-L군의 30.84±19.65µg/g보다 유의적으로 높았다( $\alpha$ =0.05).

구리 함량은 아연 및 철분 섭취 수준에 따른 유의적인 차이를 보였으며( $p<0.001$ ,  $p<0.05$ ), 비만군과 정상 대조군 모두에서 아연 섭취 수준이 높을수록 간장중 구리 함량은 증가하는 경향을 보였다. 아연 과잉 섭취군인 Ob/Zn-H군 및 Co/Zn-H군이 각각 9.01±1.51µg/g, 8.95±1.02µg/g로 결핍군이나 적정 섭취군에 비해 유의적으로 높았다( $\alpha$ =0.05). 철분 섭취 수준에 의한 영향을 살펴보면 비만군과 정상 대조군 모두 철분 섭취 수준이 낮을수록 간장중 구리 함량은 유의적으로 높았다( $\alpha$ =0.05). 이러한 결과는 간장의 구리 함량은 철분 공급 수준이 낮을수록 높아져서 철분 공급 수준이 증가됨에 따라 유의적으로 감소하였다고 보고한 이<sup>21)</sup>의 연구와 일치하였다. 그러나 김명희<sup>20)</sup>의 연구에서는 식이내 아연 수준이 간의 구리 함량에 미치는 영향은 나타나지 않았다고 하였다.

망간 함량은 아연 및 철분 섭취 수준에 따른 유의적인 차이를 보였다( $p<0.001$ ,  $p<0.05$ ). 아연 섭취 수준에 의한 영향을 살펴보면 비만군의 경우 아연 수준이 증가할수록 높아지는 경향을 보여, Ob/Zn-H군이 6.90±0.73µg/g로 가장 높았고 각 군간의

**Table 3.** Mineral content in liver of rats fed different levels of Zn and Fe

Dietary groups	Zn	Fe	Cu	Mn
	$\mu\text{g/g}$			
Ob/Zn-L	48.91(4.47) <sup>b1)2)</sup>	45.18(13.13) <sup>b</sup>	6.18(0.27) <sup>c</sup>	5.39(0.48) <sup>c</sup>
Ob/Zn-N	47.86(4.05) <sup>bc</sup>	107.88(37.56) <sup>a</sup>	6.85(0.34) <sup>b</sup>	6.65(0.83) <sup>ab</sup>
Ob/Zn-H	54.88(4.51) <sup>a</sup>	76.13(34.64) <sup>ab</sup>	9.01(1.51) <sup>a</sup>	6.90(0.73) <sup>a</sup>
Co/Zn-L	49.42(8.49)	28.57( 7.60)	6.50(1.15) <sup>c</sup>	6.01(0.45) <sup>c</sup>
Co/Zn-N	52.66(7.55)	54.79(10.60)	8.54(1.62) <sup>ab</sup>	7.50(0.92) <sup>ab</sup>
Co/Zn-H	54.02(6.58)	20.42( 6.28)	8.95(1.02) <sup>a</sup>	7.15(0.85) <sup>b</sup>
ANOVA				
A(Obesity)	N.S <sup>3)</sup>	p<0.05	N.S	p<0.05
B(Zinc)	N.S	N.S	p<0.001	p<0.001
A×B	N.S	N.S	N.S	N.S
Ob/Fe-L	54.04(6.41)	117.93(48.37)	8.70(2.17) <sup>ab</sup>	7.34(0.75)
Ob/Fe-N	47.86(4.05)	107.88(37.56)	6.85(0.34) <sup>b</sup>	6.65(0.83)
Ob/Fe-H	53.90(9.27)	64.76(25.17)	7.59(0.77) <sup>a</sup>	6.70(1.10)
Co/Fe-L	47.89(9.90) <sup>ab</sup>	30.84(19.65) <sup>b</sup>	12.16(5.43) <sup>a</sup>	6.82(0.98) <sup>ab</sup>
Co/Fe-N	52.66(7.55) <sup>a</sup>	54.79(30.09) <sup>a</sup>	8.54(1.62) <sup>ab</sup>	7.50(0.92) <sup>a</sup>
Co/Fe-H	43.69(3.97) <sup>b</sup>	41.41(13.05) <sup>ab</sup>	6.60(0.79) <sup>c</sup>	5.49(0.64) <sup>c</sup>
ANOVA				
A(Obesity)	N.S	p<0.001	N.S	N.S
B(Iron)	N.S	N.S	p<0.05	p<0.05
A×B	p<0.05	N.S	N.S	p<0.05

<sup>1)</sup> Values are mean (standard deviation)

<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 ( $a>b>c$ ).

<sup>3)</sup> Not significant

유의적인 차이를 보였다( $\alpha=0.05$ ). 정상 대조군은 Co/Zn-N군이  $7.50 \pm 0.92 \mu\text{g/g}$ 로 다른 군에 비해 높았으며 유의적인 차이를 보였다( $\alpha=0.05$ ). 철분 섭취 수준에 의한 간장중 망간 함량은 비만군의 경우 철분 섭취 수준에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았으나 정상 대조군은 섭취 수준에 따른 유의성이 인정되었다( $\alpha=0.05$ ). 이와 같이 망간 함량은 정상 대조군의 경우 철분 과잉 섭취군이 결핍군 보다 감소한 것으로 나타나 철분 결핍시 망간의 흡수가 증가하였다는 Diez-Ewald 등<sup>22,23)</sup>의 결과를 뒷받침해 주었다. 한편, Ho 등<sup>24)</sup>은 철분 보충은 송아지에 있어 조직의 망간 농도에 영향을 주지 않았다고 하였으며, Baker와 Halpin<sup>25)</sup>은 닭에 있어 식이 철분의 섭취 수준이 망간의 상태에 유의적인 영향을 주지 않

았다고 하였다. 이러한 차이를 Davis 등<sup>26)</sup>은 철분의 섭취 수준에 따른 진정 흡수율과 겉보기 흡수율의 차이로 설명하고 있다.

## 2) 신장중 미량 무기질

Table 4와 같이 신장중 아연의 함량은 비만군에서 아연 섭취 수준에 따른 영향을 받지 않아 각 군간에 유의적인 차이가 없었다. 그러나 정상 대조군의 신장중 아연 함량은 아연 섭취 수준이 낮은 Co/Zn-L군이  $40.17 \pm 16.86 \mu\text{g/g}$ 로 과잉 섭취군인 Co/Zn-H군의  $18.97 \pm 9.19 \mu\text{g/g}$  보다 오히려 높았다( $\alpha=0.05$ ).

철분 함량은 비만군과 정상 대조군 모두에서 아연 섭취 수준이 낮은 결핍군에서 각각  $73.70 \pm 34.87$

**Table 4.** Mineral content in kidney of rats fed different levels of Zn and Fe

Dietary groups	Zn	Fe	Cu	Mn
	$\mu\text{g/g}$			
Ob/Zn-L	26.15(10.36) <sup>1)</sup>	73.70(34.87) <sup>a</sup>	3.72(2.85)	2.56(1.45)
Ob/Zn-N	20.06( 4.07)	57.56(21.75) <sup>ab</sup>	2.83(0.93)	1.74(0.77)
Ob/Zn-H	20.00( 3.65)	44.51( 8.76) <sup>b</sup>	2.65(0.74)	1.34(0.29)
Co/Zn-L	40.17(16.86) <sup>a2)</sup>	123.48(57.74) <sup>a</sup>	5.90(4.18)	4.06(2.13) <sup>a</sup>
Co/Zn-N	24.26( 3.83) <sup>bc</sup>	61.60(15.95) <sup>b</sup>	3.22(0.89)	1.93(0.53) <sup>bc</sup>
Co/Zn-H	18.97( 9.19) <sup>c</sup>	41.65(16.86) <sup>c</sup>	2.67(1.13)	1.32(0.52) <sup>c</sup>
ANOVA				
A(Obesity)	N,S <sup>3)</sup>	N,S	N,S	N,S
B(Zinc)	p<0.05	p<0.001	p<0.05	p<0.001
A×B	N,S	N,S	N,S	N,S
Ob/Fe-L	23.16( 4.77)	60.73(25.08)	4.32(1.60)	1.87(0.89)
Ob/Fe-N	20.06( 4.07)	57.56(21.75)	2.83(0.93)	1.74(0.77)
Ob/Fe-H	21.58( 3.70)	61.79(23.87)	3.03(0.30)	1.97(0.88)
Co/Fe-L	21.51( 5.38)	55.87(15.55)	3.20(1.07)	1.89(0.50)
Co/Fe-N	24.26( 3.83)	61.60(15.95)	3.22(0.89)	1.93(0.53)
Co/Fe-H	22.14( 4.78)	54.83(10.32)	3.29(0.71)	1.71(0.32)
ANOVA				
A(Obesity)	N,S	N,S	N,S	N,S
B(Iron)	N,S	N,S	N,S	N,S
A×B	N,S	N,S	N,S	N,S

1) Values are 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

$\mu\text{g/g}$ ,  $123.48 \pm 57.74 \mu\text{g/g}$ 로 적정 섭취군 및 과잉군 보다 유의적으로 높았다( $\alpha=0.05$ ).

신장중 구리 함량은 두 군 모두 아연 섭취 수준이 높을수록 감소하는 경향을 보였다. 망간 함량은 비만군의 경우 아연 섭취 수준에 의한 유의성은 없었지만, 비만군과 정상 대조군 모두에서 아연 결핍군이 가장 높았다. 특히 정상 대조군은 Co/Zn-L군이  $4.06 \pm 2.13 \mu\text{g/g}$ 로 가장 높아 각 군간의 유의적인 차이가 있었다( $\alpha=0.05$ ).

한편, 신장중 미량 무기질 함량은 비만군과 정상 대조군 모두에서 철분 섭취 수준에 따른 영향을 받지 않아 각 군간의 유의적인 차이는 없었다. 이는 신장의 철분, 구리, 아연 함량은 모두 식이 철분 수준이나 실험 기간에 영향을 받지 않았다고 보고한 유

27)등과 일치하였다.

### 3) 비장중 미량 무기질

Table 5에서 보는 바와 같이 비장중 아연, 철분, 구리 함량은 비만군과 정상 대조군 모두에서 아연 섭취 수준에 의한 유의적인 차이가 없었지만, 망간 함량은 정상 대조군의 경우 아연 과잉 섭취군인 Co/Zn-H군이 다른 섭취 군에 비해 유의적으로 높았다( $\alpha=0.05$ ).

철분 섭취 수준에 의한 영향을 살펴보면 비만군과 정상 대조군 모두 비장중 아연, 철분, 구리, 망간 함량은 철분 섭취 수준에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 정상 대조군의 경우 비장중 철분 함량은 철분 섭취 수준이 높을수록 유의적으로 증가

**Table 5.** Mineral content in spleen of rats fed different levels of Zn and Fe

Dietary groups	Zn	Fe	Cu	Mn
			$\mu\text{g/g}$	
Ob/Zn-L	11.70(1.65) <sup>1)</sup>	134.38( 52.61)	1.02(0.30)	0.99(0.28)
Ob/Zn-N	12.86(4.57)	109.36( 60.82)	0.75(0.22)	0.66(0.18)
Ob/Zn-H	9.09(3.22)	90.26( 58.08)	0.92(1.39)	0.91(0.45)
Co/Zn-L	9.56(4.29)	101.48( 66.09)	0.67(0.43)	0.82(0.28) <sup>bc2)</sup>
Co/Zn-N	13.24(3.38)	124.94( 47.13)	0.65(0.27)	0.83(0.23) <sup>b</sup>
Co/Zn-H	11.15(2.81)	147.36( 31.57)	0.42(0.13)	1.25(0.15) <sup>a</sup>
ANOVA				
A(Obesity)	N.S <sup>3)</sup>	N.S	N.S	N.S
B(Zinc)	N.S	N.S	N.S	p<0.05
A×B	N.S	N.S	N.S	N.S
Ob/Fe-L	11.13(1.84)	98.78( 32.69)	0.62(0.30)	0.71(0.10)
Ob/Fe-N	12.86(4.57)	109.36( 60.82)	0.75(0.22)	0.66(0.18)
Ob/Fe-H	13.84(3.90)	100.65( 28.25)	0.77(0.38)	0.72(0.22)
Co/Fe-L	14.03(4.33)	79.41( 35.59) <sup>b</sup>	0.76(0.34)	0.86(0.16)
Co/Fe-N	13.24(3.38)	124.94( 47.13) <sup>ab</sup>	0.65(0.27)	0.83(0.23)
Co/Fe-H	15.82(4.29)	191.65(102.62) <sup>a</sup>	0.97(0.34)	0.95(0.21)
ANOVA				
A(Obesity)	N.S	N.S	N.S	p<0.05
B(Iron)	N.S	p<0.05	N.S	N.S
A×B	N.S	N.S	N.S	N.S

<sup>1)</sup> Values are mean(standard deviation)

<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( $a>b>c$ ).

<sup>3)</sup> Not significant

하는 경향을 보였다( $\alpha=0.05$ ).

본 연구에서 비장중 아연 및 구리 함량은 식이중 아연과 철분 수준에 의한 영향을 받지 않았지만 정상 대조군의 철분 함량은 과잉 섭취시 증가하였다. 이는 윤등<sup>10,27)</sup>의 연구에서 비장의 철분 함량은 철분 결핍 상태에서 유의적으로 낮았고, 철분 섭취 수준이 높은 군에서 높아지는 경향이었던 결과와 일치하여 비장의 철분 수준은 식이의 철분 수준 상태를 그대로 반영해 주고 있었다. 망간 함량은 정상대조군에서 아연 섭취 수준에 의한 영향을 받았다.

#### IV. 요 약

본 연구는 식이 아연과 철분 섭취 수준이 고지방

식으로 유도된 비만 쥐의 지질 대사 및 체내 미량 무기질 함량에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 그 결과 비만군의 혈청 지질 농도는 식이중 아연과 철분 섭취 수준에 의한 영향을 받지 않았지만, 정상대조군의 중성지방과 HDL-콜레스테롤은 아연과 철분 섭취 수준에 따른 유의적인 차이를 보였다( $\alpha=0.05$ ). 간장중 미량 무기질 함량에 미치는 영향은 비만군과 정상대조군에서 서로 다른 양상으로 나타났다. 비만군은 아연 섭취 수준에 따라 간장의 아연, 철분, 구리, 망간 함량이 유의적인 차이를 보였지만, 정상대조군은 철분 섭취 수준에 따라 미량 무기질 함량이 차이를 보였다. 또한 간장중 구리 함량은 비만군은 철분 섭취 수준 차이에 의해서, 정상대조군은 아연 섭취 수준 차이에 의해서 유의적인 차이를



보였다( $\alpha=0.05$ ). 신장중 미량 무기질 함량은 비만군과 정상 대조군 모두 철분 섭취 수준에 의한 영향을 받지 않았지만, 식이중 아연 수준 차이에 따른 영향을 받았다. 아연 섭취 수준에 따른 영향으로 비만군의 경우는 철분 함량이 유의적으로 차이가 있었고( $\alpha=0.05$ ), 정상대조군은 아연, 구리, 망간 함량에 유의적인 차이가 나타났다( $\alpha=0.05$ ). 비장중 미량 무기질 함량은 비만군의 경우 식이중 아연과 철분 수준에 의한 영향을 받지 않았지만, 정상 대조군은 망간과 철분 함량이 영향을 받았다.

### V. 참고문헌

1. Malecka-Tendera, E. and Koehler, B.: Lipid metabolism in obese school-age children. I. Comparative studies including children without excess weight. *Pediatr. Pol.*, 64:528, 1989.
2. Kurata, M., Narikawa, T., Waki, M., Koh, H., Maruyama, T. and Nambu, S.: Relationships between serum cholesterol and obesity: a field study on nutritional background of hypercholesterolemia. *Diabetes Res. Clin. Pract.*, 10:S239, 1990.
3. 이현옥, 박혜순, 송정자: 중년여성 비만의 혈중 지질 농도 및 혈압에 관한 연구. *대한비만학회지*. 4:33, 1994.
4. 정명일, 정영진: 식이중 아연과 단백질의 수준이 성숙 쥐의 지질 대사에 미치는 영향. *한국영양학회지*. 22(1):9, 1989.
5. 황경숙, 김미경: 식이내 Zn의 수준과 지방의 종류가 흰쥐의 지방 대사에 미치는 영향. *한국영양학회지*. 17(2):145, 1984.
6. Klevay, L. M.: Coronary heart disease the zinc/copper hypothesis. *Am. J. Clin. Nutr.*, 28:764, 1975.
7. Allen, K.G.D., Klevay, L. M.: Cholesterolemia and cardiovascular abnormalities in rats caused by copper deficiency. *Atherosclerosis*, 29:81, 1978.
8. Peter, W and Fischer, F.: The effect of dietary copper and zinc on cholesterol metabolism. *Am. J. Clin. Nutr.*, 33:1019, 1980.
9. 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, 1987.
10. 전예숙: 철분과 셀레늄의 공급 수준이 흰쥐의 체내 지질 함량에 미치는 영향. *숙명여자대학교 박사학위 논문*. 1993.
11. Abu-Zeid, H.: The relation between hemoglobin level and the risk for ischemic heart disease: a prospective study. *J. Chron. Dis.*, 29:395, 1976.
12. Davis, C. D., Ney, D. M. and Greger, J. L.: Manganese, iron and lipid interaction in rats. *J. Nutr.*, 120:507, 1990.
13. Chandra, R. K.: Cell-mediated immunity in genetically obese(C57BL/6J ob/ob) mice. *Am. J. Clin. Nutr.* 33:13-16, 1980a
14. 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, 1988.
15. 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.*, 38S:155, 1982.
16. Haglund, O., Luostarinen, R., Wallin, R., Wibell, L. and Saldeen, T.: The effects of fish oil on triglycerides, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in humans supplemented with vitamin. *J. Nutr.*, 121:165, 1991.
17. 임정남: 식품의 무기성분 분석. *식품과영양*. 7(1):42, 1986.
18. Koo, S. I. and Williams, D. A.: Relationship between the nutritional status of zinc and cholesterol concentration of serum lipoprotein in adult male rats. *Am. J. Clin. Nutr.*,

- 34:2376, 1981.
19. Hooper, P. L., Viscoti, L., Garry, P. J. and Johnson, G. E.: Zinc lowers high-density lipoprotein cholesterol levels. *JAMA*, 244: 1960, 1980.
  20. 김명희: 식이성 아연과 알코올의 섭취 수준이 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향. 숙명여자대학교 박사학위논문. 1989.
  21. 이윤신: 철분 공급 수준이 흰쥐의 철분, 구리 및 아연 함량에 미치는 영향. 숙명여자대학교 석사학위 논문. 1994
  22. Diez-Ewald, M., Weintraub, L. R. and Crosby, W. M.: Interrelationship of iron and manganese metabolism. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 129:448, 1968.
  23. King, B. O., Lassiter, J. W., Neathery, M. W., Miller, W. J. and Gentry, R. P.: Effect of lactose, copper and iron on manganese retention and tissue distribution in rats fed dextrose-casein diets. *J. Anim. Sci.*, 50:452, 1980.
  24. Ho, S. Y., Miller, W. J., Gentry, R. P. and Neathery, M. W. and Blackman, D. M.: Effects of high but nontoxic dietary manganese and iron on their metabolism by calves. *J. Dairy Sci.*, 67:1489, 1984.
  25. Baker, D. H. and Halpin, K. M.: Manganese and iron interrelationship in the chick. *Poult. Sci.*, 70:146, 1991.
  26. 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, 1992.
  27. 윤태현, 김현숙: 식이 철분 수준이 흰쥐의 혈장 및 조직의 미량 원소 함량에 미치는 영향. *한국노화학회지*. 4:24, 1994.