

식이성 아연과 알코올의 섭취 수준이 흰쥐의 지질 대사에 미치는 영향

김 명 희* · 승 정 자**

*충남 예산 농업전문대학 식품영양학과

**숙명여자대학교 가정대학 식품영양학과

The Effect of the Levels of Dietary Zinc and Alcohol Consumption on Lipid Metabolism in the Rats

Kim, Myung Hee* · Sung, Chung Ja**

*Department of Food and Nutrition, Junior College of Yesan Agriculture

**Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University

ABSTRACT

This study was undertaken to investigate the effect of the levels of dietary Zn and alcohol consumption on lipid metabolism in Sprague-Dawley male rats weighing 80 to 90g for eight weeks. Ninety rats were divided into nine groups according to Zn levels and alcohol consumption such as no alcohol group[low Zn diet group(<1ppm, LZ), control Zn diet group(30ppm, CZ), high Zn diet group(60ppm, HZ)], 10% alcohol consumption group[the same Zn levels as no alcohol group, LZLA, CZLA, HZLA], 20% alcohol consumption group[the same Zn levels as no alcohol group, LZHA, CZHA, HZHA].

The results obtained were summarized as following :

1) In the serum, total cholesterol increased with increasing dietary Zn levels, but decreased with alcohol consumption. HDL-cholesterol decreased with alcohol consumption. Triglyceride in alcohol group was higher than no alcohol group. In alcohol group, triglyceride increased with decreasing dietary Zn levels.

2) In the liver, total lipid in alcohol group was higher than no alcohol group, HA group showed a significant increase. Triglyceride increased with alcohol consumption.

3) In the serum and liver, Zn content increased with increasing dietary Zn levels, but decreased with alcohol consumption.

KEY WORDS : dietary Zn levels · alcohol consumption · lipid metabolism.

서 론

알코올은 열량을 제공한다는 면에서 그 자체를
접수일자 : 1991년 3월 8일

영양소라고 할 수 있겠으나, 다른 영양소간의 섭취
취균형을 변화시키거나 소화와 흡수에 영향을 주
기도 한다¹⁾. 만성 알코올 중독 환자의 경우 엽산,
비타민B₁, 비타민A, 그리고 아연(Zn)과 마그네슘

(Mg) 등의 영양소 대사에도 이상을 초래 한다고 한다²⁾. 알코올성 간 질환에 있어서 알코올과 식이요소간의 중요성은 오래 전부터 논쟁의 대상이 되어 왔으며³⁾ 균형된 식사를 할지라도 오랜기간 알코올을 섭취하면 지방간이 형성되며, 간의 중성지방 함량이 유의적으로 높은 경우에 심한 간염이나 간경변 증세가 초래되기 쉽다고 한다⁴⁾⁵⁾. 알코올과 지방간 형성에 관해서는 사람과 동물을 대상으로 많은 연구가 이루어져 왔는데, Baraona와 Lieber⁶⁾에 의하면 급성적인 알코올의 섭취는 사람이나 쥐에 있어서 hyperlipemia를 악화 시킨다고 했고, Lieber와 DeCarli⁴⁾도 쥐를 대상으로 알코올을 섭취시킨 결과 3~4주 후에 지방간 현상이 뚜렷하게 나타났다고 한다. 만성 알코올 중독환자에 있어서 HDL-콜레스테롤 수준은 상승한다는 보고⁷⁾⁸⁾와 변화가 없었다는 보고⁹⁾¹⁰⁾가 있는데, 임상 실험에서 뿐만 아니라 동물 실험에서도 아직 뚜렷한 결론을 얻지 못하고 있다. 또한, 알코올 대사와 아연과의 관계에 대한 많은 연구¹¹⁻¹⁵⁾가 이루어지고 있으며, 아연의 결핍이 알코올성 간경변에 영향을 미친다는 것은 여러 연구자들¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾에 의해서 보고된바 있다. 알코올 섭취로 인하여 혈청의 아연 함량 감소와 뇨의 아연 배설이 증가한다는 연구 결과들¹¹⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁹⁻²¹⁾로 미루어보아 알코올이 아연 대사에도 영향을 끼친다는 것을 알 수 있다. 알코올 섭취로 인한 생화학적, 임상학적 결과들⁴⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾을 고려해 볼 때 알코올 섭취량과 섭취기간 등에 따라 많은 차이를 보이나 알코올을 섭취한지 3~4주 후부터 생화학적 변화를 초래한다고 볼 수 있다⁴⁾⁹⁾¹²⁾²²⁾²³⁾. 이상에서 볼 때 알코올과 지질대사와의 관계⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾, 그리고 아연과 알코올 대사와의 관계¹¹⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁹⁾²⁰⁾ 등에 관한 연구가 많이 이루어져 왔으나, 알코올과 아연의 상호보충적인 영향에 관하여는 많이 연구되어 있지 않은 실정이다. 그러므로 본 논문에서는 알코올 섭취에 따른 지질의 대사적 변화와 이에 대한 아연의 급여 효과를 동물 실험을 통하여 연구하고자 하였다.

실험재료 및 방법

1. 실험 동물 및 식이

실험 동물은 체중이 80~90g정도 되는 Sprague-Dawley계 숫컷 흰쥐 90마리를 1주일 동안 고품 사료로 적응 시킨 후 한군당 10마리씩 임의 배치법으로 9군으로 나누어 8주간 실험을 실시하였다 (Table 1). 실험 식이의 배합은 AIN Standard²⁴⁾를 참고로 하였으며, 배합 구성비율은 Table 2와 같다. 아연은 Zn Carbonate[ZnCO₃]를 사용하였고, 섬유소의 급원으로는 α -Cellulose(Sigma Chemical Co.)를, 단백질의 급원은 Casein(Junsei Chemical Co., Ltd.)을 사용하였으며, Corn Starch 및 Sucrose는 Shinyo Pure Chemical Co., Ltd.의 제품을

Table 1. Experimental design

| Animal group* | Dietary zinc | Alcohol |
|---------------|--------------|----------------|
| | level | administration |
| | ppm | % |
| LZ | <1 | — |
| CZ | 30 | — |
| HZ | 60 | — |
| LZLA | <1 | 10 |
| CZLA | 30 | 10 |
| HZLA | 60 | 10 |
| LZHA | <1 | 20 |
| CZHA | 30 | 20 |
| HZHA | 60 | 20 |

*LZ : low zinc diet group
 CZ : control diet group
 HZ : high zinc diet group
 LZLA : low zinc diet plus 10% alcohol solution group
 CZLA : control diet plus 10% alcohol solution group
 HZLA : high zinc diet plus 10% alcohol solution group
 LZHA : low zinc diet plus 20% alcohol solution group
 CZHA : control diet plus 20% alcohol solution group
 HZHA : high zinc diet plus 20% alcohol solution group

Table 2. Composition of diet

| Ingredient | Composition |
|------------------------------------|-------------|
| | % |
| Casein | 20.0 |
| DL-Methionine | 0.3 |
| Corn starch | 15.0 |
| Sucrose | 50.0 |
| Fiber [†] | 5.0 |
| Corn oil | 5.0 |
| AIN-mineral mixture ^{**} | 3.5 |
| AIN-vitamin mixture ^{***} | 1.0 |
| Choline bitartrate | 0.2 |

[†]Cellulose : Sigma Co., LTD. U.S.A.

^{**}Zinc free mineral mixtrue(g/kg)

| | |
|---|-------|
| Calcium phosphate, dibasic | 500.0 |
| Sodium chloride | 74.0 |
| Potassium citrate, monohydrate | 220.0 |
| Potassium sulfate | 52.0 |
| Magnesium oxide | 24.0 |
| Manganous carbonate | 3.5 |
| Ferric citrate | 6.0 |
| Zinc carbonate | |
| Cupric carbonate | 0.3 |
| Potassium iodate | 0.01 |
| Sodium selenite | 0.01 |
| Chromium potassium sulfate | 0.55 |
| Sucrose, finely powdered to make 1,000.0g | |

^{***}Vitamin mixture(/kg)

| | |
|---|--------------|
| 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 | 400,000 I.U. |
| di- α -Tocopheryl acetate | 5,000 I.U. |
| Cholecalciferol(Vitamin D) | 2.5mg |
| Menaquinone | 5.0mg |
| Sucrose, finely powdered to make 1,000.0g | |

구입하여 사용하였다. 아연의 급여수준은 쥐에 있어서의 결핍식이와 표준 권장량²⁴⁾수준, 그리고 독성이 나타나기 이전의 최대 권장량 수준²⁵⁾을 각각 급여 시켜 주었다. 알코올의 투여량은 총 열량 섭취량의 10%와 20%에 해당하는 양의 알코올을 매일 투여하였으며, 알코올은 99% ethyl alcohol을 15% 정도의 알코올 농도가 되도록 2차 증류수로 희석하여 위내로 투여하였고, 비알코올군에는 알코올 대신 isocaloric sucrose 용액을 동량 투여하였다.

2. 시료의 채취

시료 채취에 필요한 모든 기구 및 용기들은 무기질 오염의 예방을 위해 5g/l E.D.T.A.(Ethylene diaminetetra acetic Acid Disodium Salt) 용액에 24시간 담근 후에 재증류수로 세번이상 세척하여 dry oven에서 습기를 제거한 후에 사용하였다. 실험 동물들은 실험 종료후 15시간 정도 절식 시킨 다음 ether로 마취를 시킨후 복부 대동맥에서 혈액을 채취하여 혈청을 분리한 후 분석시까지 냉장 보관하였다. 간 조직은 0.15M 식염수로 씻어낸후 가아제로 표면의 습기를 제거한 다음 무게를 측정하였고, 이것을 -20°C에서 냉동 보관하였다가 분석에 이용 하였다.

3. 시료의 분석

간조직중 1~2g을 채취하여 Folch²⁶⁾ 방법에 의해 지질을 추출한 후 간과 혈청의 총 콜레스테롤 함량은 V-cholestase(Iatron Lab., Japan) Kit로 분석하였고, 혈청의 HDL 함량은 야트로리포 하이 콜레스트(Iatron Lab., Japan) Kit로 분석하였다. 중성지방의 측정은 cleantech TG-S(Iatron Lab., Japan) kit로 분석하였고, 인지질의 분석은 PL-E (OM) (Iatron Lab., Japan) kit를 사용하여 분석하였다. 간조직의 아연 함량은 습식 분해법²⁷⁾에 의하여 시료를 만들고, 혈청의 시료와 함께 원자 흡광 광도계로 분석하였다.

4. 통계처리

본 실험에서 얻어진 결과는 아연과 알코올 수준에 따른 효과와 두 요인간의 상호작용의 효과를

식이성 아연과 알코올

Table 3. Feed intake, body weight gain and feed efficiency ratio of rats for eight weeks

| Animal group | Feed intake | Body weight gain | Feed efficiency ratio |
|---------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | g/day | g/day | |
| LZ | 20.29 ± 1.60 ^{1)bcd2)} | 3.51 ± 0.58 ^{cd} | 0.17 ± 0.03 ^{cd} |
| CZ | 23.08 ± 2.45 ^{ab} | 4.46 ± 0.61 ^b | 0.19 ± 0.02 ^{bc} |
| HZ | 21.35 ± 2.56 ^{bcd} | 3.81 ± 0.54 ^{bcd} | 0.18 ± 0.02 ^{cd} |
| LZLA | 19.60 ± 2.11 ^{cd} | 3.29 ± 0.67 ^d | 0.15 ± 0.03 ^d |
| CZLA | 22.56 ± 1.85 ^{abc} | 4.06 ± 0.59 ^{bcd} | 0.18 ± 0.03 ^{cd} |
| HZLA | 24.89 ± 2.26 ^a | 5.92 ± 0.33 ^a | 0.24 ± 0.01 ^a |
| LZHA | 22.01 ± 2.21 ^{abcd} | 3.30 ± 0.65 ^d | 0.15 ± 0.03 ^d |
| CZHA | 19.39 ± 1.66 ^d | 4.24 ± 0.56 ^{bc} | 0.22 ± 0.03 ^{ab} |
| HZHA | 22.72 ± 2.17 ^{ab} | 4.11 ± 0.87 ^{bcd} | 0.18 ± 0.04 ^{cd} |
| ANOVA ³⁾ | | | |
| Terms | | | |
| Zn | 4.63 ^{*4)} | 16.20 ^{***} | 10.54 ^{***} |
| Alcohol | 0.88 | 3.54 [*] | 0.36 |
| Zn × Alcohol | 4.41 ^{**} | 7.18 ^{***} | 5.04 ^{**} |

¹⁾Mean ± SD of ten rats

²⁾Means with different superscript letters(a, b, c, d) within a column are significantly different each other at P<0.05 as determined by Duncan's multiple-range test.

³⁾F-values for terms or interaction are based on 2-way analysis of variance(ANOVA).

⁴⁾*P<0.05 **P<0.01 ***P<0.001

알아 보기 위해 2-way 분산분석(3×3)을 행하였고, 각 군의 평균치간의 비교는 SAS programs에 의한 Duncan's multiple range test로 분석하였으며, 유의성 검정은 p<0.05 수준에서 행하였다.

실험결과 및 고찰

1. 사료섭취량, 체중증가, 사료효율

Table 3.에서 보는 바와 같이 사료 섭취량에 대한 아연의 효과는 유의적(p<0.05)이어서 아연 보충군(CZ, HZ)에 비해 아연 결핍군(LZ)의 사료 섭취량은 적었으며, 알코올에 의한 효과는 나타나지 않았다.

체중 증가량은 아연의 섭취 수준에 따라 유의적인 차이(p<0.001)를 보여, 아연 결핍군(LZ)보다 아연 보충군(CZ, HZ)의 체중 증가량이 높았으며, 이는 알코올 섭취군에서 더욱 현저하게 나타났다. Prasad등²⁸⁾은 동물에 있어서 아연의 결핍이 성장을 지연시킨다고 했으며, Koo와 Williams

²⁰⁾, Todd등²⁹⁾과 Das등¹³⁾도 같은 보고를 했는데, 이는 아연 결핍시 식욕 감퇴로 인한 사료 섭취량의 감소가 원인이라고 하였다³⁰⁾³¹⁾. 식이중 아연 함량이 같은 경우 체중 증가량에 대한 알코올의 영향은 유의적(p<0.05)이어서 비알코올군이 알코올군 보다 체중 증가량이 높은 경향을 나타냈으며, 알코올과 아연에 의한 상호 작용도 유의적(p<0.001)으로 나타났다. Lieber등³¹⁾은 동물 실험에서 알코올 섭취가 성장을 저해 한다고 보고 했으며, Mezey³²⁾도 알코올 중독 환자를 대상으로 연구한 결과 알코올 섭취시 식이 섭취량의 감소와 여러 영양소의 흡수 감소로 인하여 체중 감소를 초래한다고 보고 했다. Pikaar등³³⁾은 알코올 섭취로 인한 체중 감소의 원인으로, 체지방의 손실, 식이 섭취량의 감소, 높은 에너지 소비등의 이유를 들고 있다.

사료 효율에 대한 아연의 효과는 유의적(p<0.001)이었으나, 알코올에 의한 영향은 나타나지 않았다. Prasad등²⁸⁾의 실험에서 아연 결핍군의

Table 4. Content of total lipid, total cholesterol, triglyceride and phospholipid in liver.

| Animal group | Total lipid | Total cholesterol (mg/g) | Triglyceride | Phospholipid |
|---------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| LZ | 51.82 ± 3.82 ^{1)e2)} | 4.57 ± 0.64 ^{N,55)} | 9.32 ± 0.85 ^{ab} | 17.95 ± 2.72 ^a |
| CZ | 55.16 ± 4.25 ^{cde} | 4.04 ± 0.54 | 8.12 ± 1.74 ^b | 16.25 ± 1.84 ^a |
| HZ | 54.78 ± 7.65 ^{cde} | 4.08 ± 0.92 | 8.38 ± 2.70 ^b | 16.83 ± 1.31 ^a |
| LZLA | 55.72 ± 2.95 ^{bcd} | 4.26 ± 0.69 | 9.44 ± 1.26 ^{ab} | 16.26 ± 1.24 ^a |
| CZLA | 57.66 ± 3.37 ^{abcd} | 4.65 ± 0.57 | 9.26 ± 2.04 ^{ab} | 15.82 ± 1.30 ^{ab} |
| HZLA | 57.70 ± 1.74 ^{abcd} | 4.31 ± 0.75 | 9.16 ± 1.79 ^{ab} | 17.38 ± 3.20 ^a |
| LZHA | 58.72 ± 1.29 ^{abc} | 3.73 ± 0.59 | 11.82 ± 1.52 ^a | 13.37 ± 1.83 ^{bc} |
| CZHA | 60.90 ± 1.86 ^{ab} | 4.05 ± 0.34 | 10.53 ± 2.02 ^{ab} | 12.35 ± 0.97 ^c |
| HZHA | 61.73 ± 1.88 ^a | 4.42 ± 1.03 | 10.02 ± 1.83 ^{ab} | 15.91 ± 2.54 ^{ab} |
| ANOVA ³⁾ | | | | |
| Terms | | | | |
| Zn | 2.74 | 0.05 | 1.37 | 3.33 [*] |
| Alcohol | 12.32 ^{***4)} | 0.89 | 5.66 [*] | 10.32 ^{***} |
| Zn × Alcohol | 0.12 | 1.23 | 0.29 | 1.25 |

¹⁾Mean ± SD of ten rats.

²⁾Means with different superscript letters(a, b, c, d, e) within a column are significantly different each other at P < 0.05 as determined by Duncan's multiple-range test.

³⁾F-values for terms or interaction are based on 2-way analysis of variance(ANOVA)

⁴⁾*P < 0.05 **P < 0.01 ***P < 0.001

⁵⁾Not significant

경우 표준 식이의 쥐보다 사료 효율이 낮았다고 했는데, 이는 본 실험의 결과와 일치 하였다.

2. 간의 총지방, 총콜레스테롤, 중성지방, 인지질 함량

간의 총 지방함량에 대한 아연의 효과는 없었으나, 알코올 섭취군에서는 유의적(p < 0.001)으로 증가하였고, 아연의 상호작용에 의한 영향은 나타나지 않았다(Table 4). 대부분의 연구보고³⁴⁾³⁵⁾³⁶⁾³⁷⁾에서는 식이내 아연 함량이 높을수록 간의 지방 함량이 증가했고, 알코올 섭취로 인해 간의 지방 축적도 증가한다고 했다. Baraona와 Lieber⁶⁾는 사람에게서나 쥐에 있어서 급성적인 알코올 섭취후 hyperlipemia 현상이 나타나는데, 이는 간의 lipoprotein의 생성 또는 혈청의 지방 함량이 증가 했기 때문이라고 했다. Lieber등³¹⁾도 쥐를 대상으로 한 실험에서 전체 열량의 36%에 해당하는 알코올을 투여한 결과 간의 총 지방 함량이

현저히 증가한다고 했다. 본 실험에서 알코올 섭취군이 비알코올군에 비해 간의 총 지방 함량이 높게 나타났지만, 지방간을 유발할 정도의 지방 축적은 아니었으며, 이는 쥐나 사람에게 있어서 중정도¹⁾(moderate drink, 총열량의 25% 이하)의 알코올 섭취시에는 지방간이 나타나지 않는다는 연구 보고와 일치하는 결과라고 보여진다. 황경숙과 김미경³⁶⁾, 정명일과 정영진³⁴⁾의 연구 보고에서, 식이내 아연의 수준이 낮을 수록 간의 지방 함량이 감소하는 경향을 보였다고 했고, 그 이유로는 아연의 결핍이 단백질 합성의 손상을 초래하기 때문이라고 설명하고 있다.

총 콜레스테롤 함량에 대한 아연과 알코올의 영향은 나타나지 않았다.

식이내 아연 함량이 간의 중성지방에 미치는 영향은 나타나지 않았고, 알코올의 영향은 유의적(p < 0.05)이어서, 알코올군이 비알코올군보다 중성지방 함량이 높았으며, 10% 알코올군보다 20%

식이성 아연과 알코올

알코올군에서 더욱 증가하는 경향을 보였으나 각 군간에는 유의적인 차이는 없었다. Karsenty등²²⁾과 Lieber와 DeCarli⁴⁾도 쥐에게 알코올을 4주간 섭취시킨후 간의 중성지방의 함량이 유의적으로 증가 했으며 이는 간에서의 중성 지방의 합성이 증가되어 hypertriglyceridemia를 초래한다고 했다.

간의 인지질 함량은 알코올 섭취시 감소하였고, 아연 섭취에 따른 각 군간의 차이는 없었다. 알코올과 아연의 상호작용에 의한 영향은 나타나지 않았다. Cunnane³⁸⁾과 여러 연구자들³⁹⁻⁴¹⁾은 쥐에 있어서 알코올 섭취후 간의 인지질 함량이 증가 했다고 보고 하였으나, 본 실험에서는 비알코올군 보다 20% 알코올군이 유의적으로 낮았다.

3. 혈청의 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 중성지방, 인지질 함량

혈청의 총콜레스테롤 함량에 대한 아연과 알코올에 의한 영향은 유의적($p < 0.05$, $p < 0.001$) 이어서 비알코올군의 아연 결핍군 보다 알코올군의

아연 결핍군이 유의적으로 낮았다(Table 5). 동물을 대상으로 한 연구보고에서 알코올 섭취후 혈청의 콜레스테롤 함량에 변화가 없었다는 보고⁹⁾와 증가하였다는 연구보고⁵⁾³³⁾가 있다. 여러 연구 결과들⁹⁾¹⁰⁾²²⁾²³⁾⁴²⁾로 미루어보아 알코올 섭취와 관상동맥 질환과의 관계에 있어서는 알코올 섭취량과 기간이 중요한 영향을 미친다고 사료되며, 알코올 섭취가 사람과 동물에 있어서 혈청의 콜레스테롤에 미치는 영향에 대해서는 의견이 엇갈리고 있기 때문에 좀 더 많은 연구가 필요하다고 본다.

HDL-콜레스테롤 함량은 식이내 아연 함량에 따른 유의적인 차이는 없었으나, 알코올의 영향은 유의적인 차이($p < 0.001$)를 보여 알코올군 보다 비알코올군의 HDL-콜레스테롤 수준이 높은 경향을 나타냈다. 또한, 알코올과 아연의 상호작용에 의한 효과도 유의적($p < 0.01$)으로 나타나서 알코올 섭취시 아연의 결핍이 HDL-콜레스테롤 수준을

Table 5. Content of total cholesterol, HDL-cholesterol, triglyceride and phospholipid in serum.

| Animal group | Total cholesterol | HDL-cholesterol | Triglyceride | Phospholipid |
|--------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | mg/dl | | | |
| LZ | 79.17 ± 8.35 ^{1)ab2)} | 55.33 ± 7.45 ^{ab} | 59.83 ± 3.34 ^{cd} | 122.33 ± 4.82 ^a |
| CZ | 84.50 ± 6.37 ^a | 59.83 ± 5.43 ^a | 56.67 ± 3.25 ^d | 125.33 ± 9.16 ^a |
| HZ | 82.33 ± 6.24 ^{ab} | 56.83 ± 5.52 ^a | 55.83 ± 0.69 ^d | 104.67 ± 10.48 ^b |
| LZLA | 64.67 ± 5.53 ^{cd} | 47.17 ± 7.51 ^b | 71.33 ± 9.16 ^{ab} | 90.50 ± 13.88 ^c |
| CZLA | 74.50 ± 11.63 ^{abc} | 50.67 ± 7.41 ^{ab} | 60.17 ± 6.89 ^{cd} | 93.83 ± 6.44 ^{bc} |
| HZLA | 82.83 ± 14.42 ^{ab} | 59.67 ± 8.46 ^a | 66.17 ± 7.84 ^{bc} | 105.00 ± 8.79 ^b |
| LZHA | 62.83 ± 3.29 ^d | 46.83 ± 2.79 ^b | 78.50 ± 6.09 ^a | 104.67 ± 13.41 ^b |
| CZHA | 72.00 ± 8.60 ^{bcd} | 55.17 ± 9.51 ^{ab} | 70.17 ± 5.34 ^b | 102.00 ± 7.12 ^{bc} |
| HZHA | 66.83 ± 4.67 ^{cd} | 37.83 ± 3.18 ^c | 61.33 ± 4.96 ^{cd} | 102.50 ± 9.60 ^{bc} |
| | ANOVA ³⁾ | | | |
| Terms | | | | |
| Zn | 4.90 ^{*4)} | 2.58 | 10.21 ^{***} | 0.34 |
| Alcohol | 11.74 ^{***} | 9.57 ^{***} | 18.50 ^{***} | 18.61 ^{***} |
| Zn×Alcohol | 1.52 | 5.46 ^{**} | 3.13 [*] | 4.62 ^{**} |

¹⁾Mean ± SD of ten rats.

²⁾Means with different superscript letters(a, b, c, d) within a column are significantly different each other at $P < 0.05$ as determined by Duncan's multiple-range test.

³⁾F-values for terms or interaction are based on 2-way analysis of variance(ANOVA).

⁴⁾* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ *** $P < 0.001$

낮추는 결과를 보였다. Koo와 Williams²⁰⁾의 연구 보고에서도 아연 결핍으로 인한 혈청의 총콜레스테롤 함량 감소는 HDL-콜레스테롤 함량의 감소에 기인한다고 했다.

혈청의 중성지방 함량은 알코올 섭취시 증가하였고, 아연 결핍군이 아연 보충군보다 높았다.

알코올과 아연의 상호작용에 의한 효과도 유의적($p < 0.05$)이었다. 중성지방의 합성은 공복시보다 알코올 섭취시 2~3배 정도 증가 된다고 하는데, 이는 유리 지방산이 에스테르화되어 중성지방이 증가하는 것으로 사료된다. Schapiro 등⁴³⁾, Losowsky 등⁵⁵⁾과 다른 연구보고⁹⁾²³⁾에서도 같은 결과를 보였고, 본 실험에서도 알코올 섭취는 혈청의 중성지방 함량을 증가시켰으며, 아연 결핍군에서 더욱 현저 하였으므로 아연이 알코올 대사 및 중성지방 축적에 관련이 있음을 확인 할 수 있었다.

혈청의 인지질 함량에 대한 아연의 효과는 나타나지 않았고, 비알코올군이 알코올군보다 높았다. Jones 등⁴⁴⁾은 알코올 중독 환자를 대상으로 실험한 결과 알코올 섭취후 6~8시간후 혈액의 인지질 함량에 변화가 없었다고 보고 하였는데, Losowsky 등⁴⁵⁾은 alcoholic hyperlipemia 환자를 대상으로 실험한 결과 혈액의 인지질 함량이 비정상적으로 증가되었다고 하였다.

4. 혈청과 간의 아연 함량

식이내 아연과 알코올의 섭취수준이 간과 혈청의 아연 함량에 미치는 영향은 유의적으로 나타나서, 아연 결핍군보다 아연 보충군이 높았고, 비알코올군 보다 알코올 섭취군의 아연 함량이 높았다. 그러나 알코올과 아연의 상호작용에 의한 영향은 나타나지 않았다. 이상에서 볼때, 식이중 아연의 수준이 높을수록 간과 혈청의 아연 함량은 증가하는 경향을 보였고, 알코올 섭취군이 비알코올군 보다 낮았는데, 이는 알코올 섭취시 노에 있어서 아연 배설 함량은 비정상적으로 높았으며, 혈청의 아연 함량은 낮았다고 보고한 Dinsmore 등²¹⁾과 다른 여러 연구자들¹¹⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁶⁾에 의한 실험 결과와 일치한다. 알코올 중독 환자의 경우 아연의 흡수 능력이 저하되어 식후에 혈청의 아연 농도가 감소되는데, 그 이유로는 체장에 높은 농도의 아연을 함유하는 효소들이 있어서 아연의 농도가 높으며, 이러한 효소들의 합성을 위해서 체장은 아연을 요구하게 되고, 그 결과 혈청의 아연 농도가 감소하게 된다고 볼 수 있다.

Table 6. Content of zinc in serum and liver

| Animal group | Serum | Liver |
|--------------|--------------------------------|-----------------------------|
| | ppm | ppm |
| LZ | 1.62 ± 0.11 ^{1)abc2)} | 35.85 ± 1.78 ^{bcd} |
| CZ | 1.94 ± 0.14 ^a | 39.62 ± 2.04 ^{ab} |
| HZ | 1.70 ± 0.24 ^{abc} | 41.02 ± 1.61 ^a |
| LZLA | 1.61 ± 0.20 ^{bc} | 30.90 ± 1.29 ^c |
| CZLA | 1.70 ± 0.14 ^{abc} | 35.17 ± 3.35 ^{cd} |
| HZLA | 1.66 ± 0.40 ^{abc} | 34.47 ± 6.23 ^{dc} |
| LZLA | 1.39 ± 0.24 ^c | 32.27 ± 3.49 ^{dc} |
| CZHA | 1.62 ± 0.19 ^{abc} | 34.60 ± 2.00 ^{dc} |
| HZHA | 1.53 ± 0.17 ^{bc} | 37.13 ± 1.96 ^{abc} |
| | ANOVA ³⁾ | |
| Terms | | |
| Zn | 3.46 ^{*4)} | 9.27 ^{***} |
| Alcohol | 4.48 [*] | 12.93 ^{***} |
| Zn × Alcohol | 0.45 | 0.41 |

¹⁾ Mean ± SD of ten rats.

²⁾ Means with different superscript letters (a, b, c, d, e) within a column are significantly different each other at $P < 0.05$ as determined by Duncan's multiple-range test.

³⁾ F-values for terms or interaction are based on 2-way analysis of variance (ANOVA).

⁴⁾ * $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ *** $P < 0.001$

요약 및 결론

알코올과 아연의 급여 수준이 지질 대사 및 혈청과 간의 아연 함량에 미치는 영향을 알아보기 위하여 흰쥐 90마리를 9군으로 나누어 8주간 실험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 아연의 급여 수준이 사료 섭취량에 미치는 영향은 유의적($p < 0.05$)으로 나타나서 아연 보충군이 아연 결핍군보다 사료섭취량이 높았다. 체중 증가량은 아연 보충군이 아연 결핍군보다 높았고,

알코올 섭취시 체중 증가량은 낮게 나타났다. 알코올과 아연의 상호작용에 의한 영향도 유의적($p < 0.05$) 이었다.

2) 간의 총 지방함량에 대한 아연의 영향은 없었고, 알코올에 의한 영향은 유의적($p < 0.001$)이어서 알코올군이 비알코올군보다 높았다. 중성 지방함량도 알코올 섭취군이 비알코올군보다 유의적으로 높았다.

3) 혈청의 총 콜레스테롤 함량에 미치는 아연과 알코올의 영향을 각각 유의적($p < 0.05$, $p < 0.001$)으로 나타나서, 아연 결핍군보다 아연 보충군이 증가하는 경향을 보였고 비알코올군이 알코올군보다 높았다. HDL-콜레스테롤 함량은 알코올 섭취군이 비알코올군보다 낮았고, 아연에 의한 영향은 없었으며, 알코올과 아연의 상호작용에 의한 영향은 유의적($p < 0.01$)이었다. 혈액의 중성지방 함량에 대한 아연과 알코올에 의한 영향은 모두 유의적($p < 0.001$)이어서 아연 결핍군이 아연 보충군에 비해 중성지방 함량이 높았으며, 알코올 섭취시 증가하는 경향을 보였다.

4) 혈청과 간의 아연 함량은 아연 보충군이 아연 결핍군에 비해 높았으며, 알코올 섭취군이 비알코올군보다 낮았다. 또한, 아연과 알코올의 상호작용에 의한 영향은 없었다.

이상의 결과를 종합해 보면 알코올의 섭취는 간과 혈액의 콜레스테롤을 보다는 오히려 중성 지방 함량을 유의적으로 증가 시켰으며, 혈청에서는 아연 결핍시 중성지방 함량이 더욱 증가하는 경향을 보여, 알코올 섭취시 체내의 중성지방 함량을 낮추는데 있어서, 아연의 보충이 어느 정도 효과가 있는 것으로 사료된다.

Literature cited

- 1) Goodhart RS, Shils ME. Modern nutrition in health and disease. Lea & Febiger, U.S.A 1220-1223, 1980
- 2) Halsted CH. Alcoholism and malnutrition introduction to the symposium. *Amer J Clin Nutr* 33 : 2705-2708, 1980
- 3) Simko V, Connell AM, Banks B. Nutritional status

- in alcoholics with and without liver disease. *Amer J Clin Nutr* 35 :197-203, 1982
- 4) De Carli LM, Lieber CS. Fatty liver in the rat after prolonged intake of ethanol with a nutritionally adequate new liquid diet. *J Nutr* 91 :331-336, 1967
- 5) Lieber CS, De Carli LM. An experimental model of alcohol feeding and liver injury in the baboon. *J Med Prim* 3 :153-163, 1974
- 6) Baraona E, Lieber CS. Effect of chronic ethanol feeding on serum lipoprotein metabolism in the rat. *J Clin Invest* 49 : 769-778, 1970
- 7) Belfrage P, Berg B, Hagerstand I, Nilsson-Ehle P, Tornqvist H, Wiebe T. Alterations of lipid metabolism in healthy volunteers during long-term ethanol intake. *European J Clin Invest* 7 : 277-286, 1977
- 8) Berg B, Johnsson BG. Effects on parameters of liver function, plasma lipid concentrations and lipoprotein patterns. *Acta Med Scand Suppl* 552 : 13-19, 1973
- 9) 최영선, 정경희, 조성희. 알콜과 식이 지방량이 흰쥐의 성장, 간 기능 및 혈액의 생화학적 특성에 미치는 영향. *한국영양학회지* 21(31) : 154-163, 1988
- 10) Glueck CJ, Hogg E, Allen C, Gartside PS. Effects of alcohol ingestion on lipids and lipoproteins in normal men. *Amer J Clin Nutr* 33 : 2287-2293, 1980
- 11) Sullivan JF, Lankford HG. Zinc metabolism and chronic alcoholism. *Amer J Clin Nutr* 17 : 57-63, 1965
- 12) 정재홍, 조수열. 식이성 아연이 에탄올 대사 효소 활성과 제거율에 미치는 영향. *한국영양학회지* 17(3) : 269-276, 1988
- 13) Das I, Burch RE, Hahn HKJ. Effects of zinc deficiency on ethanol metabolism and alcohol and aldehyde dehydrogenase activity. *J Lab Clin Med* 104 : 610-617, 1984
- 14) Sullivan JF, Heaney RP. Zinc metabolism in alcoholic liver disease. *Amer J Clin Nutr* 23 : 170-177, 1970
- 15) Schapiro RH, Scheig RL, Drummey GD, Jack BS, Isselbacher KJ. Effect of prolonged ethanol ingestion

- tion on the transport and metabolism of lipids in man. *New Engl J Med* 25: 610-615, 1965
- 16) Vallee BL, Wacker WEC, Bartholomay AF, Robin ED. Zinc metabolism in hepatic dysfunction. *New Engl J Med* 225: 403-405, 1958
 - 17) Stokke KT. The existence of an acid cholesterol esterase in human liver. *Biochem Biophys Acta* 270: 156-158, 1972
 - 18) Smith JC, Brown ED, White SC, Finkelstein JD. Plasma vitamin A and zinc concentrations in patients with alcoholic cirrhosis. *Lancet* 1: 1251-1252, 1975
 - 19) Asada M, Galabos JT. Liver disease hepatic alcohol dehydrogenase activity and alcohol metabolism in the human. *Gastro* 45: 67-72, 1963
 - 20) Koo SI, Williams DA. Relationship between the nutritional status of zinc and cholesterol concentration of serum lipoprotein in adult male rats. *Amer J Clin Nutr* 34: 2376-2381, 1981
 - 21) Dinsmore WW, Callender ME, Mc Master D, Love AH. The absorption of zinc from a standardized meal in alcoholics and in normal volunteers. *Amer J Clin Nutr* 42: 688-693, 1985
 - 22) Karsenty BC, Chanussot F, Ulmer M, Debry G. Influence of chronic ethanol intake on obesity liver steatosis and hyperlipidaemia in the Zucker fa/fa rat. *Brit J Nutr* 54: 5-13, 1985
 - 23) 정경희, 조성희, 신응남, 최경호, 최영선. 알콜과 식이 지방량이 흰쥐의 간 지질조성과 간 조직 형태에 미치는 영향. *한국영양학회지* 21(31): 154-163, 1988
 - 24) AIN Standards for nutrition studies report. *J Nutr* 107: 1340-1348, 1977
 - 25) Underwood EJ. Trace elements in human and animal nutrition(4th Edition). Academic Press 196-242, 1977
 - 26) Folch JM, Slone-Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J Biol Chem* 226: 497-509, 1957
 - 27) 임정남. 식품의 무기성분 분석. *식품과 영양, 농촌진흥청* 17(1): 42-46, 1986
 - 28) Prasad AS, Oberless D, Wole p, Horwitz JP. Studies on zinc deficiency: Changes in trace elements and enzyme activities in tissue of zinc deficient. *J Clin Invest* 46(4): 549-557, 1967
 - 29) Todd WR, Elvehjem CA, Hart EB. Zinc in the nutrition of the rat. *Amer J Physiol* 107: 146-156, 1934
 - 30) Williams RB, Mills CF. The experimental production of zinc deficiency in the rat. *Brit J Nutr* 24: 989-1003, 1970
 - 31) Lieber CS, Jones DP, De Carli LM. Effects of prolonged ethanol intake: production of fatty liver despite adequate diets. *J Clin Invest* 44(6): 1960-1961, 1965
 - 32) Mezey E. Alcoholics liver diseases: roles of alcohol and malnutrition. *Amer J Clin Nutr* 33: 2709-2718, 1980
 - 33) Pikaar NA, Wedel M, Vander Beek FJ, Van Dokkum W, Kempen HJ, Klufft C, Ockhuizen T, Hermus RJ. Effects of moderate alcohol consumption on platelet aggregation fibrinolysis and blood lipids. *Metabolism* 36(6): 538-548, 1987
 - 34) 정명일, 정영진: 식이중 아연과 단백질의 수준이 성숙쥐의 지질대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 22(1): 9-22, 1989
 - 35) Losowsky MS, Jones DP, Davidson CS, Lieber CS. Studies of alcoholic hyperlipemia and its metabolism. *Amer J Med* 35: 794-803, 1963
 - 36) 황경숙, 김미경. 식이내 Zn의 수준과 지방의 종류가 흰쥐의 지방대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 17(2): 145-153, 1984
 - 37) Nelson P, Wagle SR, Ashmore J. Ethanol effects on hepatic oxidations and gluconeogenesis. *Proc Soc Exp Biol Med* 131: 707-710, 1969
 - 38) Cunnane SC. Hepatic triacylglycerol accumulation induced by ethanol and carbon tetrachloride: Interactions with essential fatty acids and prostaglandins. *Clin & Experimental Research* 11(1): 25-31, 1987
 - 39) Thompson JA, Reitz RC. Effects of ethanol ingestion and dietary fat levels on mitochondrial lipids in male and female rats. *Lipids* 13: 540-550, 1978
 - 40) Cunnane SC, Manku MS, Horrobin DF. Effect of ethanol on liver triglycerides and fatty acids in the Syrian Golden hamster. *Ann Nutr Metab* 29: 246-252, 1985

식이성 아연과 알코올

- 41) Fallon HJ, Gertman PM, Kemp EL. The effects of ethanol ingestion and choline deficiency on hepatic lecithin biosynthesis in the rat. *Biochem Biophys Acta* 187: 94-104, 1969
- 42) Gordon T, Castelli WP, Hjortland MC, Kannel W, Dawber TR. High density lipoprotein as a protective factor against coronary heart disease. *Amer J Nutr Med* 62: 707-710, 1977
- 43) Schapiro R, Scheig RL, Drummey GD, Mendelson JH, Isselbacher MD. Effect of prolonged ethanol ingestion on the transport and metabolism of lipid in man. *New Engl J Med* 25: 610-615, 1965
- 44) Jones DP, Losowsky MS, Davidson CS, Lieber CS. Effects of ethanol on plasma lipids in man. *J Lab & Clin Med* 62(4): 675-682, 1963
- 45) Losowsky MS, Jones DP, Davidson CS, Lieber CS. Studies of alcoholic hyperlipemia and its metabolism. *Amer J Med* 35: 794-803, 1963
- 46) Klevay LM. Coronary heart disease the zinc/copper hypothesis. *Amer J Clin Nutr* 28: 764-774, 1975