

식이성 아연과 에탄올이 흰쥐의 혈청 및 조직 중 아연함량에 미치는 영향

조수열 · 정재홍 · 박종민*

영남대학교 식품영양학과

* 영남대학교 약학과

Effects of Dietary Zinc and Ethanol on the Zinc Content of Serum and Tissues in Rat

Soo-Yeul Cho, Jae-Hong Jeong and Jong-Min Park*

Dept. of Food and Nutrition, Yeungnam University, Kyungsan

* Dept. of Pharmacy, Yeungnam University, Kyungsan 713-800, Korea

Abstract

This experiment was conducted to study the effects of dietary zinc and ethanol on the zinc content of serum and tissues. Eighty male rats of Sprague-Dawley strain with average weight of $80 \pm 5g$ were divided into five groups such as C group : ad libitum control diet (100 ppm Zn) plus isocaloric sucrose solution, CE group : ad libitum control diet plus 25% ethanol solution, PF group : pair fed control to zinc deficient diet (5ppm Zn) plus isocaloric sucrose solution, ZD group : ad libitum zinc deficient diet plus isocaloric sucrose solution and ZDE group : ad libitum zinc deficient diet plus 25% ethanol solution. The rats were sacrificed after 4 and 7 weeks of feeding periods. The liver weights, of ZD and ZDE groups were increased, however, the weight of testis was decreased in the same groups. The content of serum zinc was influenced by the dietary zinc level, and the amount was significantly decreased in the ZD group. The content of liver zinc was influenced by the dietary zinc level, and the amount was decreased by ethanol feeding. The content of testis zinc was significantly low in the ZDE group. The zinc level of feces tended to be increased by the ethanol feeding.

서 론

아연(Zn)은 생체 필수미량원소로서 여러가지 metalloenzyme의 prosthetic group으로 알려져 있는 금속이다^{1,2)}. 아연영양상태와 에탄올 섭취와의 관련성은 1956년 Vailee 등³⁾이 에탄올성 간경변 환자에게서 비정상적인 아연대사가 일어났음을 최초로 보고한 이래 많은 관심이 집중되었다.

장기간의 에탄올 섭취로 인한 아연결핍증의

원인은 식이섭취량의 저하에 따른 아연의 섭취 부족과 흡수의 손상, 뇨중 아연배설의 증가등⁴⁻⁶⁾으로 알려져 있다.

식이성 아연결핍이 에탄올 중독증을 악화시키는 기전은 확실히 규명되어 있지 않으나 아연이 에탄올 대사의 주요 효소인 alcohol dehydrogenase의 구성요소라는 사실은 아연이 에탄올 대사능력에 영향을 미칠 수 있음을 시사하고 있다.

이에 본연구는 식이성 아연과 에탄올 섭취의

상호관련성에 대한 정확한 이해를 위해서 아연이 충분한 식이(100ppm)와 부족한 식이(5ppm)로 실험동물을 사육하면서 에탄올을 일정기간 투여한 다음 혈청 및 각 조직중 아연함량을 측정하여 상호비교 검토하였다.

재료 및 방법

실험동물 및 식이

S·D계 옹성 흰쥐를 일주일간 기본식으로 적응시킨 다음 체중이 $80 \pm 5g$ 인 쥐들을 난괴법에 따라 8마리씩 각각 5군으로 나누어 4주간 및 7주간 일정한 조건하에서 사육하였다.

실험식이는 기본식이(Table 1)에 $ZnCO_3$ 의 첨가량을 달리하여 Zn충분식이(100ppm) 및 부족식이(5ppm)로 나누어 조제하였으며 에탄올의 투여는 1일 1회씩 체중 kg당 2.5g씩 위내삽관법으로 투여하였다.

Table 1. Composition of basal diet

| Ingredient | Content (%) |
|----------------------------------|-------------|
| Casein | 20.0 |
| DL-Methionine | 0.3 |
| Corn starch | 50.0 |
| Sucrose | 15.0 |
| Cellulose ^a | 5.0 |
| Corn oil | 5.0 |
| AIN-mineral mixture ^b | 3.5 |
| AIN-vitamin mixture ^b | 1.0 |
| Choline bitartrate | 0.2 |

a : Cellulose : Sigma Co.

b : Zinc free mineral mixture(g/kg)

| | |
|-------------------------------|--------|
| Calcium phosphate, dibasic | 500.0 |
| Sodium citrate, monohydrate | 220.0 |
| Potassium sulfate | 52.0 |
| Manganous carbonate | 3.5 |
| Magnesium oxide | 24.0 |
| Ferric citrate | 6.0 |
| Zinc carbonate | |
| Cupric carbonate | 0.3 |
| Potassium iodate | 0.01 |
| Sodium selenite | 0.01 |
| Chromium potassium sulfate | 0.05 |
| Sucrose, finely powdered make | 1000.0 |

대조군은 에탄올 대신 isocaloric sucrose 용액을 동량투여하였다.

시료의 채취 및 분석

사육기간에 따라 성장시킨 실험동물을 ether마취하에서 개복한 다음 복부 대동맥으로부터 채취한 혈액은 혈청을 분리하였으며 각종 장기는 적출하여 생리식염수로 씻어내고 여과지로 혈액을 제거한 뒤 $-30^{\circ}C$ 에서 냉동 보관하였다.

혈청 중 아연함량 측정

혈청중 Zn함량은 atomic absorption spectrophotometry(Perkin-Elmer 3030)로 307.6nm에서 측정하였으며, 이때 혈청은 1% glycerol용액으로 희석하여 행해졌다⁸⁾.

조직 및 분변 중의 아연함량 측정

간장, 신장, 근육 및 고환중의 Zn측정은 마이크로 웰달플라스크에 조직 일정량을 취하여 진한 질산과 과염소산을 가하여 산분해시켜 여과하여 일정용량으로 한 후 시료로 사용하였다. 분변과 대퇴골의 아연함량은 $450^{\circ}C$ 에서 48시간 건식회화시킨 후 3N HCl용액으로 용해시켜 혈청에서와 동일한 방법으로 측정하였다.

통계처리

실험성적은 randomized block design에 대한 분산분석을 하였고 각 처리간 유의성 검정은 Duncan's multiple range test⁹⁾로 행하였다.

결과 및 고찰

장기중량

실험식으로 4주와 7주동안 사육한 흰쥐의 체중 100g당 환산한 장기중량은 Table 2와 같다.

간장은 에탄올을 대사시키는 주요 장기로서 4주시는 각군간에 유의차가 없었으나 7주시는 C군과 PF군에 비하여 ZD군에서 증가하였으며, 에탄올을 투여한 CE군과 ZDE군에서 또한 증가되었다. 이는 어유기 흰쥐에게 아연결핍식이를 급여하였을 때 대조군에 비하여 간장중량이 증

Table 2. Effect of dietary zinc and ethanol on wet weights of liver, testis and kidney during the experimental periods in rat

| Group | (g /100g body weight) | | | | | |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Liver | | Testis | | Kidney | |
| | 4 weeks | 7 weeks | 4 weeks | 7 weeks | 4 weeks | 7 weeks |
| C ^{a)} | 3.69 ± 0.37 ^a | 2.94 ± 0.17 ^a | 1.73 ± 0.17 ^b | 1.34 ± 0.04 ^b | 0.92 ± 0.07 ^a | 0.78 ± 0.04 ^a |
| CE ^{a)} | 3.68 ± 0.16 ^a | 3.67 ± 0.41 ^b | 1.60 ± 0.10 ^b | 1.67 ± 0.96 ^c | 0.91 ± 0.07 ^a | 0.93 ± 0.17 ^a |
| PF ^{a)} | 3.79 ± 0.25 ^a | 3.07 ± 0.12 ^a | 1.82 ± 0.06 ^b | 1.68 ± 0.07 ^c | 0.97 ± 0.06 ^a | 0.87 ± 0.05 ^a |
| ZD ^{a)} | 3.76 ± 0.07 ^a | 3.69 ± 0.20 ^b | 1.44 ± 0.30 ^a | 1.04 ± 0.20 ^a | 0.88 ± 0.02 ^a | 0.88 ± 0.09 ^a |
| ZDE ^{a)} | 3.98 ± 0.02 ^a | 3.60 ± 0.10 ^b | 1.51 ± 0.17 ^a | 0.95 ± 0.25 ^a | 0.88 ± 0.04 ^a | 0.81 ± 0.05 ^a |

• Values are mean ± S.D.(n=8).

• Values with different superscripts in the column are significantly different(p<0.05).

a) C : ad libitum control diet plus isocaloric sucrose solution(Zn 100ppm)

CE : ad libitum control diet plus 25% ethanol solution(Zn 100ppm)

PF : pair fed control to zinc-deficient diet plus isocaloric sucrose solution(Zn 5ppm)

ZD : ad libitum zinc-deficient diet plus isocaloric sucrose solution(Zn 5ppm)

ZDE : ad libitum zinc-deficient diet plus 25% ethanol solution(Zn 5ppm)

가 되었다는 보고^{10,11)}와 일치하고 있다.

고환의 무게는 아연첨가에 따라 영향을 받았으나 에탄올에 의한 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 4주와 7주째 ZD군과 ZDE군의 고환무게가 PF군에 비하여 현저히 감소하였으므로 아연결핍기간이 장기화될수록 아연결핍이 고환중량에 미치는 영향은 더욱 뚜렷했음을 알 수 있었다. 식이성아연이 testicular development와 밀접한 관계를 갖고 있다는 것은 Milar등¹²⁾에 의해 처음으로 보고 되었으며, 아연 결핍시 고환중저아연농도와 정자수의 감소와 같은 고환의 장애를 유발시키는 것으로 알려졌다. 본 실험결과에서 아연결핍식으로 인한 성장기의 고환무게 감소는 성부전증으로 발전할 수 있는 일종의 고환장애현상이라고 생각된다.

한편, 4주와 7주시의 신장무게는 식이중 아연 함량과 에탄올 투여에 따른 별다른 영향이 관찰되지 않았다.

혈청 중 아연함량에 미치는 영향

Table 3에서 보는 바와같이 혈청중 아연함량은 C군과 PF군에 비하여 ZD군에서 현저히 감소하였으며, C군과 CE군간의 유의차는 없었으나, 에탄올 투여군인 CE군과 ZDE군, ZD군과 ZDE

군을 비교하였을 때 ZDE군에서 현저히 감소하였다. 이는 아연이 충분히 공급될 때는 에탄올 투여로 인한 혈청아연 함량변화에 영향을 미치지 않았으나, 아연결핍시 에탄올투여는 혈청 중 아연상태에 아주 민감하게 작용하는 것으로 나타났다. Vallee등^{3,13)}은 에탄올성 간경변환자에서 혈청과 간장중 아연농도의 감소와 노중 아연배설의 증가를 보고하였으며, 또한 Sullivan과 Lanford^{4,14)}는 에탄올섭취는 아연대사에 직접적인 영향을 미쳐 저아연혈증을 초래하고, 급성 또는

Table 3. Effect of dietary zinc and ethanol on zinc content in serum during experimental periods in rat

| Group | (µg /ml) | |
|-------|--------------------------|--------------------------|
| | Period(weeks) | |
| | 4 | 7 |
| C | 1.93 ± 0.54 ^c | 1.90 ± 0.30 ^c |
| CE | 1.53 ± 0.27 ^c | 1.63 ± 0.48 ^c |
| PF | 1.80 ± 0.43 ^c | 1.63 ± 0.54 ^c |
| ZD | 0.77 ± 0.18 ^b | 0.78 ± 0.32 ^b |
| ZDE | 0.48 ± 0.15 ^a | 0.43 ± 0.13 ^a |

• Values are mean ± S.D.(n=8).

• Values with different superscripts in the column are significantly different(p<0.05).

만성 증독환자의 약 42%가 hyperzincuria를 나타내었다고 밝히고 있다.

그러나 Sargent등¹⁵⁾은 일시적인 다량의 에탄올 섭취는 혈중 아연함량이나 뇨중 배설량에는 영향을 미치지 않았다고 하였으며, Hartoma등¹⁶⁾도 정상인이나 지방간이 있는 에탄올 증독자의 혈청중 아연농도는 정상인과 차이를 보이지 않았다는 상이한 결과를 보고하고 있다.

본 실험결과에서 ZD군과 ZDE군에 있어서 아연농도의 변화는 단순한 에탄올 투여에 의한 신장배설의 증가에 기인하는 것으로 생각되며 CE군과 ZDE군의 관계는 에탄올 섭취시 혈청중 아연농도의 정상적인 유지를 위해선 식이성 아연이 중요한 인자가 될 수 있음을 시사하고 있다.

간장 중 아연함량에 미치는 영향

간장중 아연함량은 Table 4에서 보는 바와같이 C군에 비하여 ZD군과 CE군에서 약 30%정도 감소하였으며 CE군과 ZDE군 비교시 CE군에 비하여 ZDE군에서 현저히 감소한 것은 간장중 아연함량은 식이중 아연함량과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있겠다. ZD군과 ZDE군의 비교시 ZD군에 비하여 ZDE군에서 현저히 감소하였는 바 이는 아연결핍 식이로 사육하였을 때 sucrose섭취군에 비하여 에탄올섭취군에서 간장중 아연함량이 감소되었다는 Russell의 보고¹⁷⁾와 일치하고 있으며, 에탄올성 간경변환자에게서 간장중 아연농도가

감소되었다는 Vallee등^{3,13)}의 보고와도 비슷한 경향이였다. 에탄올 liquid diet를 6주간 흰쥐에게 급여하였을 때 대조군에 비하여 에탄올투여군과 아연결핍군 및 아연결핍+에탄올투여군에서 간장중 아연함량의 현저한 감소가 나타났다는 Burch와 Hahn의 보고¹⁸⁾도 본실험과 일치한다. 간장질환을 갖고있는 환자들중 hyperzincuria를 보고한 Henkin과 Smith¹⁹⁾는 에탄올 섭취로 인한 hyperzincuria는 serum diffusible아연의 증가, albumin과 아연의 친화성감소 및 여과된 아연의 신세뇨관 조정의 변동등에 의해 야기될 수 있다고 설명하고 있다.

신장중 아연함량에 미치는 영향

신장중 아연함량은 표 5에서 보는 바와 같이 4주와 7주시 C군에 비하여 ZD군에서, CE군에 비하여 ZDE군에서 현저히 감소되었다.

특히 아연결핍식이로 사육한 흰쥐의 신장에서 아연함량의 변화는 아연결핍군에 비하여 아연결핍+에탄올투여군에서 현저히 감소했다는 보고²⁰⁾와 유사한 결과를 나타내고 있다. Sullivan과 Lanicford⁴⁾는 급성 또는 만성 에탄올증독환자의 42%가 뇨중 아연배설을 증가시켰다고 보고하였다. 에탄올 섭취가 아연배설에 관여하는 가능한 메카니즘은 확실히 밝혀지지는 않았으나 Wang과 Pierson은 Zn⁶⁵를 이용한 연구에서 hyperzincuria는 사구체 여과보다는 오히려 renal cellu-

Table 4. Effect of dietary zinc and ethanol on zinc content in liver during experimental periods in rat

| Group | (mg/100g) | |
|-------|--------------------------|---------------------------|
| | Period(weeks) | |
| | 4 | 7 |
| C | 5.62 ± 0.63 ^c | 3.81 ± 0.42 ^c |
| CE | 4.02 ± 0.81 ^b | 3.18 ± 0.50 ^b |
| PF | 5.23 ± 1.03 ^c | 3.30 ± 0.93 ^{bc} |
| ZD | 3.53 ± 0.52 ^b | 2.58 ± 0.43 ^a |
| ZDE | 3.18 ± 0.49 ^a | 2.36 ± 0.53 ^a |

- Values are mean± S.D.(n=8).
- Values with different superscripts in the column are significantly different(p<0.05).

Table 5. Effect of dietary zinc and ethanol on zinc content in kidney during experimental periods in rat

| Group | (mg/100g) | |
|-------|---------------------------|---------------------------|
| | Period(weeks) | |
| | 4 | 7 |
| C | 20.85 ± 5.76 ^c | 34.52 ± 9.18 ^d |
| CE | 13.37 ± 2.75 ^b | 26.63 ± 5.03 ^c |
| PF | 13.03 ± 3.30 ^b | 12.04 ± 3.21 ^b |
| ZD | 10.54 ± 3.78 ^b | 5.72 ± 1.24 ^a |
| ZDE | 5.74 ± 1.55 ^a | 2.44 ± 0.72 ^a |

- Values are mean± S.D.(n=8).
- Values with different superscripts in the column are significantly different(p<0.05).

Table 6. Effect of dietary zinc and ethanol on zinc content in muscle during experimental periods in rat

| Group | Period(weeks) | |
|-------|--------------------------|--------------------------|
| | 4 | 7 |
| C | 8.19 ± 1.28 ^a | 8.81 ± 3.07 ^a |
| CE | 6.32 ± 2.12 ^a | 7.92 ± 2.12 ^a |
| PF | 8.19 ± 1.76 ^a | 6.44 ± 0.92 ^a |
| ZD | 6.40 ± 2.78 ^a | 5.32 ± 1.25 ^a |
| ZDE | 5.68 ± 1.55 ^a | 5.06 ± 1.12 ^a |

- Values are mean ± S.D.(n=8).
- Values with different superscripts in the column are significantly different(p<0.05).

lar zinc turnover에 기인한다고²¹⁾ 밝힘으로써 에탄올 섭취시 신장의 기능은 상당히 중요한 의의를 가지며 또한 에탄올 자체가 신장에 직접적인 영향을 미쳐 신장기능부전과 hyperzincuria를 야기시키는 것으로 시사하고 있다.

근육 중 아연함량에 미치는 영향

근육중 아연함량은 Table 6에서 보는 바와같이 4주와 7주시 식이중 아연함량과 에탄올투여에 따른 군 상호간의 유의성이 나타나지 않았음을 볼 때 근육은 식이성아연과 에탄올투여로 인한 영향은 거의 받지 않는 것으로 생각된다.

20% 에탄올을 2주간 흰쥐에게 급여했을 때 대조군보다 아연결핍군에서 간장중 아연함량이 현저히 저하되었으나, 근육과 혈청중 아연함량은 9주가 지나서야 감소되었다고 보고한 것은 본 연구결과와 유사한 것으로 간주된다²¹⁾.

고환중 아연함량에 미치는 영향

고환중 아연함량은(Table 7) C군과 CE군간에 유의차는 찾아볼 수 없으므로, 충분한 아연공급시 에탄올 투여에 의해서는 영향을 받지 않는 것을 알 수 있었다.

에탄올섭취로 유도된 아연결핍에 가장 민감한 기관이 고환으로 알려져 있으나, 본실험결과와는 식이중 충분한 아연이 함유되어 있으며 에탄올투여로 인한 손상은 그저 심각하지 않음을 시사

Table 7. Effect of dietary zinc and ethanol on zinc content in testis during experimental periods in rat

| Group | Period(weeks) | |
|-------|---------------------------|--------------------------|
| | 4 | 7 |
| C | 7.78 ± 1.92 ^b | 6.88 ± 1.35 ^b |
| CE | 6.37 ± 0.98 ^{ab} | 5.62 ± 1.49 ^b |
| PF | 6.91 ± 2.88 ^b | 6.04 ± 1.35 ^b |
| ZD | 6.14 ± 0.33 ^{ab} | 4.48 ± 1.20 ^b |
| ZDE | 4.60 ± 0.68 ^a | 1.08 ± 0.09 ^a |

- Values are mean ± S.D.(n=8).
- Values with different superscripts in the column are significantly different(p<0.05).

하고 있다.

이는 에탄올섭취가 황체호르몬과 testosterone 지를 감소시켜 testicular failure를 야기시키는 주 원인이며²²⁾, 에탄올 중독증에서 나타나는 성기능부전이 아연결핍과 크게 연계된다는 것을 밝히고자 하였던 바, 에탄올 섭취에 의한 vitamin A대사의 장애를 제시하였다⁶⁾.

이는 고환에서의 retinol로부터 retinaldehyde로의 전환을 저해하는 것이 바로 아연결핍으로 인한 ADH활성의 저하에 기인된다는 사실을 고려해 볼 때 본실험결과와는 식이중 충분한 아연이 함유되어 있으면 에탄올투여로 인한 고환의 아연함량은 변화가 없으므로 고환의 기능적인 손상의 감소와 아울러 기능개선의 여지가 있는 것으로 사료된다.

대퇴골중 아연함량에 미치는 영향

대퇴골중 아연함량은 Table 8에서 보는 바와같이 4주와 7주시 식이중 아연함량에 따라 현저히 변화되었으며, C군에 비하여 ZD군에서 4~20배 이상 감소되었고 C군과 CE군, CE군과 ZDE군간의 유의차를 볼 수 있었다. 그러나 ZD군과 ZDE군간에는 4주와 7주시 모두 유의적인 차이가 나타나지 않았는 바 이는 아연결핍식으로 사육한 흰쥐에 있어서 에탄올을 투여한 4주간의 실험기간동안 뼈중의 아연함량은 변화하지 않았다는 Ahmed와 Russell의 보고²⁰⁾와 비슷한 경향이었으나, C군과 ZD군간에는 현저한 차이가 있었으므로

Table 8. Effect of dietary zinc and ethanol on zinc content in femur during experimental periods in rat

| Group | (mg/100g) | |
|-------|---------------------------|---------------------------|
| | Period(weeks) | |
| | 4 | 7 |
| C | 33.03 ± 4.20 ^c | 21.02 ± 4.90 ^f |
| CE | 13.81 ± 2.59 ^b | 13.39 ± 3.98 ^b |
| PF | 11.15 ± 2.34 ^b | 13.15 ± 2.89 ^b |
| ZD | 1.49 ± 0.21 ^a | 5.19 ± 1.35 ^a |
| ZDE | 2.03 ± 0.40 ^a | 6.63 ± 1.09 ^a |

- Values are mean ± S.D.(n=8).
- Values with different superscripts in the column are significantly different(p<0.05).

이점에서는 상이하다고 하겠다.

한편, 뼈의 석회질화에 있어서 식이중 아연결핍은 연골의 증식능의 감소를 초래하였다는 Prasad²³⁾의 연구와 본실험의 식이성 아연결핍군에서의 대퇴골중 아연함량의 감소현상과 관련지어 볼 때 식이성 아연이 뼈의 석회질화에 중요한 역할을 한다는 것을 알 수 있겠다.

분변중의 아연함량에 미치는 영향

분변중의 아연함량(Table 9)은 C군에 비하여 ZD군에서 3배이상 감소하였으나, 에탄올 투여로 인해서는 증가하는 경향으로 ZD군에 비하여 ZDE군에서 현저히 증가하였으며 7주시 이러한

Table 9. Effect of dietary zinc and ethanol on zinc content in feces during experimental periods in rat

| Group | (mg/100g) | |
|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Period(weeks) | |
| | 4 | 7 |
| C | 80.99 ± 8.34 ^c | 86.70 ± 8.73 ^b |
| CE | 109.32 ± 18.23 ^d | 92.41 ± 15.32 ^b |
| PF | 67.98 ± 24.20 ^c | 80.93 ± 18.32 ^b |
| ZD | 29.77 ± 6.57 ^a | 21.32 ± 7.00 ^a |
| ZDE | 48.80 ± 18.74 ^b | 115.83 ± 46.07 ^b |

- Values are mean ± S.D.(n=8).
- Values with different superscripts in the column are significantly different(p<0.05).

현상은 더욱 뚜렷하였다. 이유기의 흰쥐에게 아연결핍식이와 에탄올을 투여하여 4주간 사육하였을 때 ZD군에 비하여 ZDE군에서 분변 및 뇨중의 아연함량이 증가하였다는 보고²⁰⁾는 본 실험과 유사한 결과를 보이고 있다. 본실험결과에서 ZDE군의 분변중 아연 배설이 가장 높은 것은 아연결핍으로 인한 체내 단백질합성의 저해와 이로 인한 Zinc-binding protein의 생성 및 흡수 저해와 에탄올 섭취로 인한 배설촉진의 복합적인 결과로 사료된다.

요 약

식이성 아연과 에탄올이 혈청 및 조직중의 아연함량 변화에 미치는 영향을 규명코저 80±5g인 S·D계 웅성 흰쥐에게 식이중 아연함량(5ppm, 10ppm)을 달리하여 군당 8마리씩 5군으로 나누어, 에탄올과 그에 상응하는 isocaloric sucrose-용액을 2.5g/kg body wt.수준으로 4주와 7주간 위장에 직접 tube feeding시켜 관찰한 결과 체중 100g당 환산한 간장의 중량은 7주시 ZD군과 ZDE군에서 증가했으나 고환의 중량은 오히려 감소하였다. 간장중 아연함량은 식이중 아연첨가에 따라 좌우되며 에탄올투여로 더욱 감소하였고 신장중 아연함량은 ZDE군에서 가장 낮았다. 고환중 아연함량은 ZDE군에서, 대퇴골중 아연함량은 ZD군과 CE군에서 현저히 감소하였으며, 분변중 아연함량은 에탄올 투여로 인해 증가하는 경향이 있었다.

문 헌

1. Reinhold, J.G., Pascoe, E., Arslanian, M. and Bitar, K. : Relation of zinc metallo-enzyme activities to zinc concentrations in tissues. *Biochem. Biophys. Acta*, 215, 430(1970)
2. Parasad, A.S. and Oberleas, D. : Changes in activities of zinc-dependent enzymes in zinc-deficient tissues of rats. *J. Appl. Physiol.*, 31, 842(1971)
3. Vallee, B.L., Wacker, W.E.C., Bartholomey, A. F. and Hoch, F.L. : Zinc metabolism in hepatic dysfunction. *New. Eng. J. Med.*, 225, 403

- (1956)
4. Sullivan, J.F. and Lankford, H.G. : Zinc metabolism and chronic alcoholism. *Am. J. Clin. Nutr.*, **10**, 57(1965)
 5. Sullivan, J.F. and Heaney, R.P. : Zinc metabolism in alcoholic liver disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, **23**, 170(1970)
 6. McClain, C.J., Van Thiel, D.H., Parker, S., Badzin, L.J. and Gilbert, H. : Alternations in zinc, vitamin A. and retinol-binding proetin in chronic alcoholics : A possible mechanism for night blindness and hypogonadism. *Alcoholism : Clin. Exp. Res.*, **3**, 135(1979)
 7. American Institute of Nutrition : Ad Hoc committee on standards for nutritional studies. *J. Nutr.*, **107**, 1340(1977)
 8. Kelson, J.R. and Shamberger, R.J. : Methods compared for determining zinc in serum by flame atomic absorption spectroscopy. *Clin. Chem.*, **24**, 240(1978)
 9. Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. : *Principles and procedures of statistics*. McGraw-Hill Book Co. New York(1980)
 10. Kashiwabara, N., Maruyama, H., Yamashita, Y. and Kondo, S. : Effects of zinc deficiency on growth, hematological values and tissue zinc content in rats. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*, **35**, 281(1982)
 11. Fosmire, G.J., Fosmire, M.A. and Sandstead, H.H. : Zinc deficiency in the weanling rat : Effects on liver composition and polysomal profiles. *J. Nutr.*, **106**, 1152(1976)
 12. Millar, M.J., Fisher, M.I., Elcoate, P.V. and Mawson, C.A. : The effect of dietary zinc deficiency on the reproductive system of male rats. *Can. J. Biochem. Physiol.*, **36**, 557(1958)
 13. Vallee, B.L., Wacker, W.E.C., Bartholomy, A.F. and Hoch, F.L. : Zinc metabolism in hepatic dysfunction. II. Correlation of metabolic patterns with biochemical findings. *New Engl. J. Med.*, **257**, 1055(1957)
 14. Sullivan, J.F. and Lankford, H.G. : Urinary excretion of zinc in alcoholism and postalcoholic cirrhosis. *Am. J. Clin. Nutr.*, **10**, 53(1962)
 15. Sargent, W. Q., Simpson, J.R. and Beard, J.D. : The effect of acute and chronic ethanol administration on divalent cation excretion. *J. Pharm. Exp. Therap.*, **190**, 507(1974)
 16. Hartoma, T. R., Sotaniemi, E.A., Pekonen, O. and Ahlgvist. : Serum zinc and serum copper and indices of drug metabolism in alcoholics. *Eur. J. Clin. Pharmacol.*, **12**, 147(1977)
 17. Russell, R.M. : Vitamin A and zinc metabolism in alcoholism. *Am. J. Clin. Nutr.*, **33**, 2741(1980)
 18. Burch, Das. R.E., and Hahn, H.K.J. : Effects of zinc deficiency on ethanol metabolism and alcohol and aldehyde dehydrogenase activities. *J. Lab. Clin. Med.*, **104**, 610(1984)
 19. Keilin, D. and Mann, J. : Purification and nature of the enzyme, *Biochem. J.*, **34**, 1163(1940)
 20. Ahmed, S.B. and Russell, R.M. : Baltimore Hd. The effect of ethanol feeding on zinc balance and tissue zinc levels in rats maintained on zinc-deficient diets. *J. Lab. Clin. Med.*, **100**, 211(1982)
 21. Wang, J. and Pierson, R.N. Jr. : Distribution of zinc in skeletal muscle and liver tissue in normal and dietary controlled alcoholic rats. *J. Lab. Clin. Med.*, **85**, 50(1975)
 22. Van Thiel, D.H., Gravalier, J.S., Herman, G.B., Lester, R., Smith, W.I. and Gay, V.L. : An evaluation of the respective roles of liver disease and malnutrition in the pathogenesis of the hypogonadism seen in alcoholic rat. *Gastroenterology*, **79**, 533(1980)
 23. Prasad, A.S., Oberleas, D., Wolf, P., Horwitz, J.P., Miller, E.R. and Luecke, R.W. : Changes in trace elements and enzyme activities in tissues of zinc deficient pigs. *Am. J. Clin. Nutr.*, **22**, 628(1969)

(1989년 10월 27일 접수)