

아연 보충이 젊은 여성의 혈청 콜레스테롤 농도에 미치는 영향*

송 미 영 · 정 영 진

충남대학교 식품영양학과

Effect of Zinc Supplementation on Serum Cholesterol Concentration of Young Women

Song, Mi-Young · Chung, Young-Jin

Department of Food and Nutrition, Chungnam National University

ABSTRACT

This study was to investigate the effect of zinc supplementation on serum cholesterol concentration of young women. Thirty healthy students were divided into Zn and placebo groups, and were orally given with zinc(50mg/day, 220mg as ZnSO₄ · 7H₂O) or placebo for 2 month (June 9-August 7, 1988). Changes of plasma zinc, serum total cholesterol, HDL-cholesterol (HDL-C), LDL-cholesterol(LDL-C) and total lipid were analyzed from the initiation to 1 month after the end of zinc supplementation at monthly interval. Plasma zinc, serum LDL-C content and LDL-C/HDL-C were significantly increased by zinc supplementation. Serum total cholesterol content tended to be increased by zinc supplementation but was not significantly different between the two groups. Serum HDL-C content was significantly decreased by zinc supplementation. Serum total lipid content was not different between the two groups during experimental period. Thus, in this study considering the effect of zinc supplementation on serum cholesterol concentration, we conclude that the effect of zinc supplementation on coronary heart disease may be negative.

KEY WORDS : zinc supplementation · LDL-C/HDL-C.

서 론

최근 혈액 순환계 질병은 세계적으로 높은 사망률을 보이고 있으며 우리나라에서도 꾸준히 증가추세에 있다¹⁾. 혈청 콜레스테롤 농도의 상승은

혈액 순환계 질병의 주된 발생 요인으로 주목되어 왔으며²⁾³⁾ 이와 관련되어 지질대사에 영향을 미치는 미량 원소들에 대한 영양학자들의 많은 관심이 모아지고 있다⁴⁾⁵⁾. 미량 원소들의 결핍이나 섭취 불균형은 혈청 콜레스테롤 농도를 상승시키

*본 연구는 88년도 대학교수 국비 해외파견 연구비로 이루어진 것임.
접수일자 : 1990년 8월 3일

기도 하는데⁶⁻⁹⁾ 그중에서도 아연은 콜레스테롤 대사, 동맥 경화증, 고혈압 등 여러 질병과도 관련될 수 있다는 논문들^{2)4)10~14)}이 발표 되었으며, 일부 보고에서는 동맥 경화증 및 고혈압 환자의 체내 아연 함량이 극히 저조하다는 것을 지적 하였다.¹⁵⁾¹⁶⁾ 한편 이와는 달리 높은 아연 식이를 먹인 쥐에서 혈청 콜레스테롤이 상승 되었다고 보고함으로써 아연이 사람에게도 atherogenic 하리라는 것을 시사하였다²⁾¹¹⁾. 이와같이 아연 섭취가 질병 상태에 영향을 줄 수 있기 때문에 아연제제의 사용과 복용유행에 대한 문제가 제기될 수 있다.

Fredrickson과 Levy¹⁷⁾는 혈청내 콜레스테롤 농도가 관상 심장 질환의 유용한 지표가 된다고 하였고, Olson¹⁸⁾은 혈청내 콜레스테롤 수준 보다는 조직 콜레스테롤 농도가 관상 심장 질환의 위험 요인일 수 있다고 하였다. 그리하여 관상 심장 질환의 발생과 진전은 혈청내 총 콜레스테롤 수준 뿐 아니라 지단백 조성과의 관계된다고 함으로써 근래에는 이를 밝히려는 노력이 집중되고 있다.

관상 심장 질환의 발생 및 진행에서 혈장 지단백의 역할을 규명하려는 연구들은 그동안 LDL-cholesterol(LDL-C)과 VLDL-cholesterol(VLDL-C)에 집중되어 이루어져 왔으나¹⁹⁾ 최근들어 HDL-cholesterol(HDL-C)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. Barr등²⁰⁾이 건강한 사람의 HDL-C 수준이 관상 심장 질환에 걸린 사람보다 높음을 보여 줌으로써 관상 심장 질환과 관련된 지질 대사에서 HDL-C가 차지하는 비중은 커지게 되었으며, 이외에 많은 역학적인 연구^{19)21~26)}에서도 HDL-C에서의 작은 변화조차 병의 전조가 됨을 제시 하였다. HDL 수준이 높을 때에는 간 이외의 조직내 콜레스테롤을 간으로 운반하여 콜레스테롤의 분해 및 배설을 촉진 한다는 사실을 토대로 HDL은 관상 심장 질환의 발병 위험을 낮추는 지단백으로 보고되어 왔다^{27~29)}. 따라서 HDL 농도에 영향을 주는 요인에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며 그중 하나로 아연의 영향 여부에 대한 실험들이 행해지고 있는데 정과정³⁰⁾은 성숙 숫컷쥐(Sprague-Dawley)를 아연과 단백질 수준을 달리해 5주간 사육하였을때 아연 함량이 낮은 군에서 혈

청내 HDL-C가 유의적으로 낮았고 혈청 총 콜레스테롤 함량도 감소하는 경향을 보였는데 이때 단백질에 의한 영향은 없었다고 하였다. 또한 이외의 동물이나 인체를 대상으로 한 연구들은 혈청 콜레스테롤 대사와 아연의 관계에 대해서 실험자마다 의견을 달리하고 있다^{31~35)}.

이에 본 연구는 건강한 젊은 여성을 택해 혈청 콜레스테롤 농도에 미치는 아연의 영향을 알아 보고자 하였다.

연구 방법

실험 대상자들은 충남대학교에 재학중인 건강한 여대생 30명으로서, 각각 15명씩 아연 보충군과 placebo군으로 나누었고 아연 보충군에게는 한미약품에서 기증받은 아연을 50mg씩($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 로서 220mg, 日本 米山化學社), placebo군에게는 동량의 lactose를 한울제약에서 동일한 모양의 캡슐로 만들어 아침식사후 매일 1개씩 1988년 6월 9일부터 8월 7일까지 60일간 공급하였다.

식이 섭취 조사는 아연 보충전에 24시간 기억법을 이용하여 연속 3일 동안의 섭취량을 대상자 스스로가 기록하게 하고 필요시에는 면접을 통해 확인하였으며 기록시에는 그릇의 크기 및 양을 자세하게 기록하도록 하였다. 수집된 각 식품의 목측량은 중량으로 환산한후 식품분석표³⁶⁾, 그리고 아연 분석치가 수록되어 있는 논문과 책들^{37~41)}을 참고로 각 영양소 섭취량을 산출하였다.

혈액 채취는 아연 보충전, 아연보충 30일후, 60일후 및 아연보충 종료 30일후, 120일후의 5차례에 걸쳐 이루어 졌으며 12시간의 공복상태를 유지시킨 다음 채취하였다. 이때 채취한 혈액은 3000 rpm에서 10분간 원심분리시켜 혈청과 혈장을 얻어 사용할때까지 냉동보관 하였고, LDL-C 분석을 위한 혈청은 따로이 냉장상태를 유지했다가 수시간 내에 정량에 사용하였다.

혈장 아연은 Parker등⁴²⁾의 수정방법에 따라 원자 흡광 분광계(Shimadzu 630-12)를 이용하여 측정 하였는데 기기 측정 조건은 Table 1과 같다.

혈청 총 콜레스테롤은 Zak반응의 수정방법⁴³⁾으

로, 혈청 HDL-C는 Heparin-Mn결합 침전법을 적용한 Kit(Wako 제)를 사용하여 측정하였다.

혈청 LDL-C의 분석에는 Heparin-CaCl₂결합 침전법을 적용한 Kit(Wako 제)를 사용하였고, 혈청 총 지질은 Sulfo-phospho-vanillin reaction을 원리로 한 Frings와 Dunn의 방법⁴⁴⁾으로 비색 정량하였다.

본 실험에서 얻어진 결과는 아연 보충군과 placebo군간의 차이를 알아보기 위하여 t-test를 행하였고, 아연보충 기간에 따른 그룹내의 차이는 Repeated measurement design analysis⁴⁵⁾로 처리하여 평균±표준오차로 나타내었으며, 이 실험에서 통계적으로 유의한 차이는 p<0.05 수준에서 고려하였다.

Table 1. Zinc measuring condition of atomic absorption spectrophotometer

Wavelength	Å	2139
Slit width	Å	1.9
Lamp current	(mA)	10
Fuel		
air flow rate	(L/min)	10
C ₂ H ₂ flow rate	(L/min)	24

연구결과 및 고찰

1. 실험 대상자의 일반 배경

실험 대상자의 평균 연령은 아연 보충군이 20.9±0.4세, placebo군이 20.7±0.3세였고, 신장은 159.0±1.4cm, 156.8±1.1cm, 체중은 51.2±1.8kg, 50.7±1.1kg, 상완위는 25.1±0.6cm, 25.5±0.6cm, 피부두겹집기는 20.7±1.7mm, 23.5±1.6mm, 혈압은 116.5±1.9/76.0±1.6mmHg, 116.1±1.5/76.1±2.0mmHg로 두군간에 큰 차이를 보이지 않았다.

2. 영양소 섭취량

아연보충전 실험 대상자들의 아연 및 영양소 섭취량은 Table 2와 같다. 두군의 에너지 섭취량은 영양권장량⁴⁶⁾에는 약간 못미치는 수준이었고 나리아신과 리보플라빈이 아연보충군에서 약간 높았을뿐 그밖에 다른 영양소들은 두군이 비슷한

수준 이었다. 콜레스테롤 섭취량은 개인차가 큰 것으로 나타났고 식품내 아연 섭취량은 아연 보충군이 8.95±0.45mg, placebo군이 8.13±0.70mg으로 비슷한 수준이었는데 이는 외국의 식품분석치를 대부분 이용한 결과이고 아연에 대한 분석이 되어있지 않은 식품이 있어서 실제로 실험 대상자들의 아연 섭취량은 약간 높을 것으로 생각된다.

3. 혈장 아연 함량 변화

혈장 아연 함량의 변화는 Table 3과 Fig. 1에 제시되어 있다. 아연 보충에 따른 두군간의 차이는 보충 1개월후와 2개월후에 나타나(p<0.01), 아연 보충군에서의 혈장 아연 함량은 보충 1개월과 2개월 사이에 증가하다가 보충종료 1개월후에 보충전의 상태와 비슷하게 감소 하였다. 이 결과는 Fisher등⁴⁷⁾의 실험과도 일치하는 것으로 그들은 건강한 성인 남자 13명을 대상으로 하루 50mg의 아연을 6주간 공급시 2주후부터 혈장 아연이 증가함을 보고 하였고, Hooper등³¹⁾은 건강한 성인 남자를 대상으로, Freeland-Graves등³²⁾은 건강한 성인 여성을 대상으로한 아연 보충 실험에서 아연 보충에 따른 혈장 아연의 증가를 보여 주었다. 한편 Baer와 King⁴⁸⁾과 Gordon등⁴⁹⁾은 아연 결핍 식이시 혈장 아연이 쉽게 감소함을 보고 하였다. 이로써 혈장 아연 농도가 아연 섭취를 매우 잘 반영할 수 있음을 알 수 있었다.

4. 혈청 총 콜레스테롤 함량 변화

혈청내 총 콜레스테롤 함량변화는 Table 4에 나타나 있다. 아연 보충에 따른 두군간의 유의적인 차이는 나타나지 않았으나 아연 보충군에서는 보충 기간이 경과함에 따라 총 콜레스테롤 함량이 증가함으로써 아연 보충에 의한 효과를 나타내었다(p<0.05). Placebo군에서는 보충종료 1개월후에 총 콜레스테롤 함량이 보충전보다 높아졌는데, 보충종료 1개월후의 총 콜레스테롤 함량의 증가는 두군에서 같은 경향을 보이는 것으로, 이는 아마도 보충전과 후의 환경변화나 계절적인 요인에 따른 식이섭취 변화에 기인하는 것이 아닌가 생각된다. 보충종료 4개월후 측정시 총 콜레스테롤 함량은 두군 모두 보충전과 비슷한 상태로 회복되었다.

아연 보충과 젊은 여성의 혈청 콜레스테롤 농도

Table 2. Mean daily nutrient intakes of the subjects before zinc supplementation

Treatment group	Zn(n=15)	Placebo(n=15)
Energy, kcal	1690.9 ± 80.6 (84.5) ^a	1566.1 ± 65.6 (78.3) ^a
Protein, g	66.4 ± 4.9 (110.7)	55.8 ± 3.2 (93.0)
Fat, g	50.8 ± 2.1	52.0 ± 3.5
P/S, ratio ^b	0.82 ± 0.09	0.99 ± 0.10
Cholesterol, mg	242.8 ± 46.9	229.3 ± 28.5
Carbohydrate, g		
Non-fibrous	284.2 ± 17.7*	238.0 ± 12.3
Fiber	4.33 ± 0.40	3.80 ± 0.51
Calcium, mg	547.2 ± 24.2 (91.2)	537.5 ± 30.9 (89.6)
Phosphorus, mg	825.6 ± 54.6	736.1 ± 49.1
Iron, mg	17.7 ± 1.2 (98.3)	16.1 ± 1.7 (89.4)
Vitamin A, R.E.	812.8 ± 56.4 (116.1)	719.7 ± 47.5 (102.8)
Thiamin, mg	0.98 ± 0.10 (98.0)	1.05 ± 0.14(105.0)
Riboflavin, mg	1.28 ± 0.08*(106.7)	0.97 ± 0.08 (80.8)
Niacin, mg	15.7 ± 1.3 *(120.8)	11.6 ± 0.7 (89.2)
Ascorbic acid, mg	76.5 ± 17.1 (139.1)	62.0 ± 12.4 (112.7)
Zinc, mg	8.95 ± 0.45	8.13 ± 0.70

Values are mean± S.E.

^aMean % of Recommended Dietary Allowances for Koreans, 1989

^bPolyunsaturated (P) and Saturated (S) fatty acid

*P<0.05, significantly different from placebo group as determined by t-test

Table 3. Change of plasma zinc content

Treatment group	Initial	Zinc supplementation period		1 month after the end
		1 month	2 month	
ppm				
Zn (n=15)	0.73± 0.03a ¹⁾	0.97± 0.06ab**	1.37± 0.07b***	0.86± 0.05a
Placebo (n=15)	0.79± 0.03N.S ²⁾	0.77± 0.03	0.86± 0.04	0.84± 0.05

Values are mean± S.E.

¹⁾Means with different superscript letters within the same row are significantly different within group at p<0.05 as determined by Hotelling T²

²⁾Not significantly different within group as determined by Hotelling T²

p<0.01, *p<0.001, significantly different from placebo group as determined by t-test

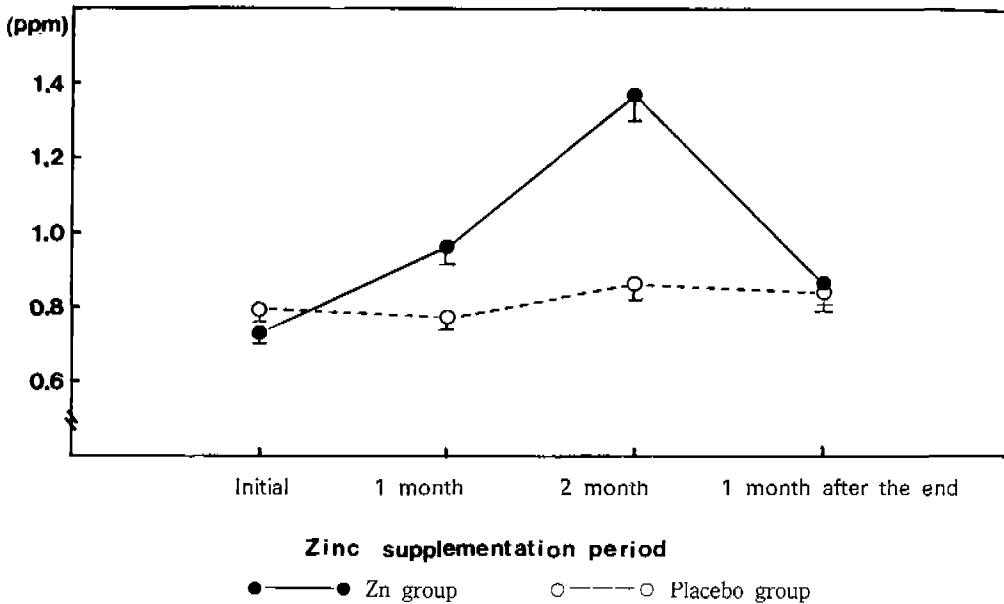


Fig. 1. Comparison of plasma zinc level between the two groups.

Table 4. Change of serum total cholesterol content

Treatment group	Initial	Zinc supplementation period		1 month after the end	4 month after the end
		1 month	2 month		
mg/dl					
Zn (n=15)	146.9± 7.1aNS ¹⁾²⁾	166.2± 7.9a	198.0± 8.3b	228.9± 7.7b	160.7± 5.6a
Placebo (n=15)	163.3± 5.4a	173.9± 6.5a	179.7± 6.9ab	209.4± 6.0b	166.7± 5.6a

Values are mean± S.E.

¹⁾Means with different superscript letters within the same row are significantly different within group at p<0.05 as determined by Hotelling T²

²⁾Not significantly different from placebo group as determined by t-test

높은 콜레스테롤 함량은 동맥경화는 물론 관상 심장 질환의 위험요인으로 제시되어 왔는데 Lej⁵⁰⁾는 구리 함량이 낮고 아연 함량이 높은 식이를 먹인 쥐에서 고콜레스테롤혈증이 생김을 보고하였고, 고콜레스테롤혈증이 생기는 이유로 아연이 간에서 혈청으로 콜레스테롤을 이동 시키거나 콜레스테롤 분해를 감소시키기 때문이라고 하였다. Looney⁵¹⁾도 동물실험을 통해 역시 같은 결과를 얻어냈으며, Klevay²⁾도 쥐에게 높은 수준의 아연을 공

급했을때 혈청 콜레스테롤이 상승함을 보여주고, 혈청 콜레스테롤의 상승은 관상 심장 질환을 일으키는 주된 요인중의 하나임을 제시 하였다⁵²⁾.

5. 혈청 HDL-cholesterol (HDL-C)함량

혈청 HDL-C 함량의 변화는 Table 5와 Fig 2의 (a)에 제시되어 있다. 아연 보충에 따른 두군간의 차이는 보충 2개월후에 유의적으로 나타나(p<0.05), 아연 보충군의 혈청 HDL-C 함량이 보충 2

아연 보충과 젊은 여성의 혈청 콜레스테롤 농도

Table 5. Change of serum HDL-cholesterol content

Treatment group	Initial	Zinc supplementation period		1 month after the end
		1 month	2 month	
mg/dl				
Zn (n=15)	61.2± 3.3a ¹⁾	53.6± 2.8a	41.4± 2.2b*	53.3± 2.6ab
Placebo (n=15)	57.0± 3.4N.S ²⁾	54.4± 2.7	50.1± 3.4	61.8± 4.1

Values are mean± S.E.

¹⁾Means with different superscript letters within the same row are significantly different within group at $p < 0.05$ as determined by Hotelling T²

²⁾Not significantly different within group as determined by Hotelling T²

* $p < 0.05$, significantly different from placebo group as determined by t-test

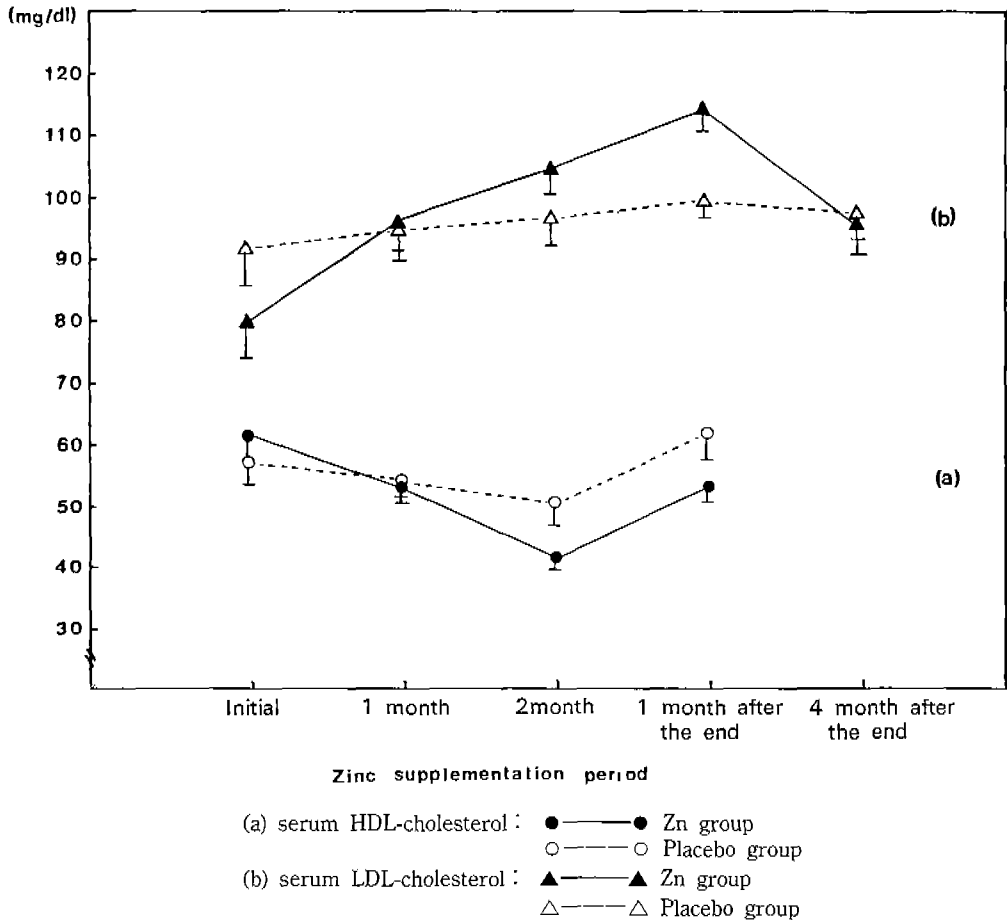


Fig. 2. Comparison of serum HDL-cholesterol and LDL-cholesterol level between the two groups.

개월후에 감소되었다. 혈청내 HDL-C 수준이 낮으면 관상 심장 질환의 발병율이 증가된다고 보고되어 왔고²⁰⁾, Hooper 등³¹⁾은 20명의 건강한 성인 남자를 대상으로 하루 160mg의 아연을 5주간 보충했을때 아연보충 4주후에 HDL-C가 유의적으로 감소하고 다른 지질 성분은 변하지 않음을 보여 주었는데 이 연구는 아연의 약리적인 투여가 HDL-C를 현저히 감소 시키는 결과를 냈다고 하였으며 아연이 사람에게 동맥경화를 일으킬 수 있다는 것을 제시 하였다. 건강한 성인 여자를 대상으로 한 본 실험결과도 관상 심장 질환에 아연이 위험요인이 될수도 있음을 시사하였는데 통계적 조사에 의하면 혈액의 HDL 양과 관상 심장 질환자의 빈도수는 서로 역관계에 있다는 보고가 많다²⁵⁾.

6. 혈청 LDL-cholesterol (LDL-C) 함량 변화

혈청 LDL-C 함량의 변화는 Table 6과 Fig. 2의 (b)에 제시되어 있다. 아연 보충에 의한 효과는 보충기간 내에는 유의적으로 나타나지 않다가 보충종료 1개월후에 나타났다. 비록 보충기간 내에 아연의 효과가 나타나지 않았다 하더라도 아연 보충군에서의 LDL-C 함량이 placebo군에 비해 증가하는 경향을 나타냈고, 보충종료 4개월후에는 보충전의 상태와 비슷한 수준을 보이는 것으로 미루어 보아 아연 보충군의 LDL-C 함량은 아연 보충에 의한 영향을 미약하나마 받은 것이 아닌가 생각된다.

또한 LDL-cholesterol/HDL-cholesterol (LDL-C/

Table 6. Change of serum LDL-cholesterol content

Treatment group	Initial	Zinc supplementation period		1 month after the end	4 month after the end
		1 month	2 month		
mg/dl					
Zn (n=15)	79.9± 5.9a ¹⁾	95.6± 4.3ab	104.9± 4.2ab	114.1± 3.2b ^{**}	95.4± 5.1ab
Placebo (n=15)	91.6± 6.2N.S ²⁾	94.4± 4.9	96.5± 4.4	99.7± 3.0	97.3± 4.0

Values are mean± S.E.

¹⁾Means with different superscript letters within the same row are significantly different within group at p<0.05 as determined by Hotelling T²

²⁾Not significantly different within group as determined by Hotelling T²

^{**}p<0.01, significantly different from placebo group as determined by t-test

Table 7. Change of serum LDL-cholesterol to HDL-cholesterol ratio

Treatment group	Initial	Zinc supplementation period		1 month after the end
		1 month	2 month	
Zn (n=15)	1.34± 0.10a ¹⁾	1.84± 0.11b	2.62± 0.16c [*]	2.22± 0.14c ^{**}
Placebo (n=15)	1.74± 0.18N.S ²⁾	1.84± 0.17	1.99± 0.18	1.70± 0.11

Values are mean± S.E.

¹⁾Means with different superscript letters within the same row are significantly different within group at p<0.05 as determined by Hotelling T²

²⁾Not significantly different within group as determined by Hotelling T²

^{*}p<0.05, significantly different from placebo group as determined by t-test

Table 8. Change of serum total lipid content

Treatment group	Initial	Zinc supplementation period		1 month after the end
		1 month	2 month	
mg/dl				
Zn (n=15)	545.3± 10.2N.S ¹⁾	552.7± 11.9	569.9± 9.4	558.1± 9.6
Placebo (n=15)	552.8± 10.6N.S ²⁾	553.9± 10.5	571.4± 8.6	565.7± 9.8

Values are mean± S.E.

¹⁾Not significantly different from placebo group as determined by t-test

²⁾Not significantly different within group as determined by Hotelling T²

HDL-C) 비율의 변화를 살펴 본 결과는 Table 7에 나타나 있는데 아연 보충에 따라 아연 보충군의 LDL-C/HDL-C의 비는 점차적으로 높아졌으며, 두 군간의 차이는 보충 2개월후와 보충종료 1개월후에 유의적으로 나타났다(p<0.05). 이 비는 아연 보충에 의한 효과를 크게 반영해주는 것으로 생각되며, LDL-C/HDL-C의 비는 Kaplan등⁵³⁾이 지적인 바와 같이 관상 심장 질환의 신뢰성 있는 지표로, 본 실험에서의 아연 보충에 의한 LDL-C/HDL-C 비의 상승은 아연이 관상 심장 질환에 위험요인이 될 수도 있음을 시사하였다. 관상 심장 질환자의 HDL 농도는 현저히 낮았으며 LDL 함량은 높음을 보고한 Berg²⁹⁾와 Hjermann등⁵⁴⁾의 논문은 이를 뒷받침해준다.

7. 총 지질 함량 변화

총 지질 함량의 변화는 Table 8에 나타나 있다. 아연 보충에 의한 영향은 실험 전 기간에 걸쳐 나타나지 않았고, Woo등³⁴⁾도 아연 수준을 달리한 동물 실험에서 아연 공급이 지질 대사에 아무런 영향을 주지 않음을 보고 하였다.

요약 및 결론

아연 보충이 젊은 여성의 혈청 콜레스테롤 농도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 건강한 여대생 30명을 대상으로 아연 보충군과 placebo군으로 나누어 1988년 6월 9일부터 8월 7일까지 두

달동안 1일 50mg의 아연(ZnSO₄ · 7H₂O로서 220 mg) 및 placebo를 공급하고, 보충 시작후부터 보충종료 1개월후까지 1개월 단위로 혈장 아연, 혈청 총 콜레스테롤, HDL-cholesterol(HDL-C), LDL-cholesterol(LDL-C), 총 지질에 미치는 영향을 알아본 결과는 다음과 같다.

영양소 섭취는 콜레스테롤에서 개인차를 보였을뿐 두군간에 유의적인 차이는 없었다.

혈장 아연 함량은 아연 보충에 의해 유의적으로 증가되었으며(p<0.01), 비교적 아연 보충에 의한 효과가 빠르게 나타났다.

혈청 총 콜레스테롤 함량은 실험 기간이 경과함에 따라 높아지는 경향을 띠었는데 두군간에 유의적인 차이는 없었다.

혈청 HDL-C 함량은 아연 보충에 의해 유의적으로 감소하였다(p<0.05).

혈청 LDL-C 함량은 아연 보충에 의해 약간 증가하는 경향을 보였고, LDL-C/HDL-C의 비도 아연 보충에 따라 유의적으로 높아졌다(p<0.05).

혈청 총 지질 함량은 실험 전기간에 걸쳐 아연 보충에 의한 영향을 받지 않았다.

위 실험 결과에 따르면 건강한 성인 여성을 대상으로 아연을 보충 했을때 혈청 콜레스테롤 등 각 지질성분의 변화수준이 정상범위를 넘지는 않았지만 아연보충이 관상 심장 질환과 관련된 혈청 콜레스테롤 농도에 영향을 미칠 수 있다고 사료 된다.

Literature cited

- 1) 남철현, 김혜련, 홍현주, 서미경. 인구·보건지표 및 통계. 한국 인구보건 연구원 74-75, 1984
- 2) Klevay LM. Hypercholesterolemia in rats produced by an increase in the ratio of zinc to copper ingested. *Am J Clin Nutr* 26 : 1060-1068, 1973
- 3) Fischer PWF, Giroux A, Belonje B, Shah BG. The effect of dietary copper and zinc on cholesterol metabolism. *Am J Clin Nutr* 33 : 1019-1025, 1980
- 4) Petering HG, Murthy L, O'Flaherty E. Influence of dietary copper and zinc on rat lipid metabolism. *J Agric Food Chem* 25 : 1105-1109, 1977
- 5) 송정자. 곡미량 원소의 영양. 민음사 1983
- 6) Hess FM, King JC, Margen S. Effect of low zinc intake and oral contraceptive agents on nitrogen utilization and clinical findings in young women. *J Nutr* 107 : 2219-2227, 1977
- 7) Burch BE, Williams RV, Hahn HKJ, Jetton MM, Sullivan JF. Serum and tissue enzyme activity and trace element content in response to zinc deficiency in the pig. *Clin Chem* 21 : 568-577, 1975
- 8) Lei KY. Cholesterol metabolism in copper-deficient rats. *Nutr Rep Int* 15 : 597-605, 1977
- 9) Sherman AR, Guthrie HA, Wolinsky I. Interrelationships between dietary iron and tissue zinc and copper levels and serum lipids in rats. *Proc Soc Exp Biol Med* 156 : 396-401, 1977
- 10) 송정자. 한국 여대생의 혈청과 두방중 아연 함량에 관한 연구. 한국 영양학회지 17 : 137-143, 1984
- 11) Petering HG. The effect of cadmium and lead on copper and zinc metabolism. In : Hoekstra WG, Suttie JW, Ganther HE, Mertz W, eds. Trace element metabolism in animals-2. *University Park Press, Baltimore* 311-325, 1974
- 12) Klevay LM. Coronary heart disease : the zinc/copper hypothesis. *Am J Clin Nutr* 28 : 764-774, 1975
- 13) Allen KGD, Klevay LM. Cholesterolemia and cardiovascular abnormalities in rats caused by copper deficiency. *Atherosclerosis* 29 : 81-93, 1978
- 14) Allen KGD, Klevay LM. Hyperlipoproteinemia in rats due to copper deficiency. *Nutr Rep Int* 22 : 295-299, 1980
- 15) Kapu MM, Fleming AF, Edington GM. Trace element changes(zinc and copper) in normal nigerians, those with sickle cell disease and pulmonary tuberculosis. In : Kirchgessner M, eds. Trace element metabolism in man and animal-3. *Institut fuer Ernahrungsphysiologie, Technische Universitaet Muenchen* 363-365, 1979
- 16) Zumkley H, Richter KD. Einfluss von Zink Mangel-Diaet bei Ratten mit spontaner Hypertonie. *Akt Ernahr* 8 : 113-115, 1983
- 17) Fredrickson DS, Levy RI. Familial hyperlipoproteinemia. In : Stanbury JB, Wyngaarden JB, Fredrickson DS, eds. The metabolic basis of inherited disease(3rd ed). *McGraw-Hill, New York* 545-614, 1972
- 18) Olson R. Is there an optimum diet for prevention of coronary heart disease? In : Levy RI, Rifkind BM, Dennis BH, Ernst N, eds. Nutrition, lipid and coronary heart disease : A global view of nutrition in health and disease. *Raven press, New York* 1 : 349-364, 1979
- 19) Castelli WP, Doble JT, Gordon T, Hames CG, Hjortland MC, Hulley SB, Kagan A, Zukel WJ. HDL-cholesterol and other lipids in coronary heart disease : the cooperative lipoprotein phenotyping study. *Circulation* 55 : 767-772, 1977
- 20) Barr DP, Russ EM, Eder HA. Protein-lipid relationship in human plasma II, in atherosclerosis and related condition. *Am J Med* 11 : 480-493, 1951
- 21) Carson LA, Ericsson M. Quantitative and qualitative serum lipoprotein analysis, Part 2 studies in male survivors of myocardial infarction. *Atherosclerosis* 21 : 435-450, 1975
- 22) Miller NE, Thelle DS, Forde OH, Mjos OD. The

- tromso heart study. *Lancet* 1 : 965-967, 1977
- 23) Gulbrandsen CL, Rhoads GG, Kagan A. Cholesterol fraction and coronary heart disease in a population study of Hawaii Japanese men. *Circulation* 50 : 100a, 1974
- 24) Rhoads GG, Gulbrandsen CL, Kagen A. Serum lipoprotein and coronary heart disease in a population study of Hawaii Japanese men. *N Engl J Med* 294 : 293-298, 1976
- 25) Gordon T, Castelli WP, Hjortland MJ, Kannel WB, Dawber TR. High density lipoprotein as a protective factor against coronary heart disease. *Am J Med* 62 : 707-713, 1977
- 26) Tyroler HA, Hames CG, Krishen I, Hayden S, Cooper G, Cassel JC. Black-white differences in serum lipids and lipoproteins in Evans County. *Prev Med* 4 : 541, 1975
- 27) Miller GJ, Miller NE. Plasma high density lipoprotein concentration and development ischaemic heart disease. *Lancet* 1 : 16-19, 1975
- 28) Glomset JA. Physiological role of lecithin-cholesterol acyltransferase. *Am J Clin Nutr* 23 : 1129-1136, 1970
- 29) Berg K, Borrenses AL. Serum HDL and atherosclerotic heart disease. *Lancet* 1 : 499-501, 1976
- 30) 정명일, 정영진. 식이중 아연과 단백질의 수준이 성숙쥐의 지질 대사에 미치는 영향. 한국 영양학회지 22(1) : 9-22, 1989
- 31) Hooper PI, Visconti L, Garry PL, Johnson GE. Zinc lowers high density lipoprotein-cholesterol levels. *J Am Med Assoc* 244 : 1960-1961, 1980
- 32) Freeland-Graves JH, Friedman BJ, Han WH, Shorey RL, Young R. Effect of zinc supplementation on plasma high-density lipoprotein cholesterol and zinc. *Am J Clin Nutr* 35 : 988-992, 1982
- 33) Lefevre M, Keen CL, Bo Lönnerdal, Hurley LS, Schneeman BO. Different effect of zinc and copper deficiency on composition of plasma high density lipoproteins in rats. *J Nutr* 115 : 359-368, 1985
- 34) Woo W, Gibbs DL, Hooper PL, Garry PJ. Zinc and lipid metabolism. *Am J Clin Nutr* 34 : 120-121, 1981
- 35) Koo SI, Williams DA. Relationship between the nutritional status of zinc and cholesterol concentration of serum lipoproteins in adult male rats. *Am J Clin Nutr* 34 : 2376-2381, 1981
- 36) 농촌 진흥청. 농촌영양개선연수원. 식품성분표, 제3개정판 1986
- 37) FAO/USDHEW. Food composition table for use in East Asia, 1972
- 38) Pennington JAT, Church HN. Food values of portions commonly used, 14ed. *Harper & Row Publishers, New York* 1985
- 39) 전세열, 이숙향. 한국인의 상용식품중에 아연 · 동 · magnesium 및 manganese정량. 인간과학 8 : 37-42, 1984
- 40) Haeflein KA, Rasmussen AI. Zinc content of selected foods. *J Am Diet A* 70 : 610-616, 1977
- 41) Anderson L, Dibble MV, Turkki PR, Mitchell HS, Rynbergen HJ, eds. Nutrition in health and disease(17ed). *J. B. Lippincott company, Philadelphia Toronto* 684-693, 1982
- 42) Parker MM, Humoller FL, Mahler DJ. Determination of copper and zinc in biological material. *Clin Chem* 13 : 40-48, 1967
- 43) Alexander RR, Griffiths JM, Wilkinson ML. Basic biochemical methods. *A Wiley-Interscience Publication, New York* 126, 1984
- 44) Frings CS, Dunn RT. A colorimetric method for determination of total serum lipids based on the sulfo-phospho-vanillin reaction. *Am J Clin Patho* 53 : 89-91, 1970
- 45) Morrison DF. Multivariate statistical methods(2 ed). *McGraw-Hill Inc.* 141-153, 1976
- 46) 한국영양학회. 한국인구보건 연구원. 한국인 영양 권장량 제5개정판 1989
- 47) Fischer PWF, Giroux A, L'Abbé MR. Effect of zinc supplementation on copper status in adult man. *Am J Clin Nutr* 40 : 743-746, 1984
- 48) Baer MT, King JC. Tissue zinc levels and zinc

- excretion during experimental zinc depletion in young men. *Am J Clin Nutr* 39 : 556-570, 1984
- 49) Gordon PR, Woodruff CW, Anderson HL, O'Dell BL. Effect of acute zinc deprivation on plasma zinc and platelet aggregation in adult males. *Am J Clin Nutr* 35 : 113-119, 1982
- 50) Lei KY. Dietary copper deficiency : Effects on cholesterol metabolism in the rat. *Fed Proc* 36 : 1151, 1977
- 51) Looney MA, Lei KY, Kilgore LT. Effect of dietary fiber, zinc and copper on serum and liver cholesterol levels in the rat. *Fed Proc* 36 : 1134, 1977
- 52) Kannel WB, Dawber TR, Friedman GD, Glennon WE, McNamara PM. Risk factors in coronary heart disease. *Ann Internal Med* 61 : 888, 1964
- 53) Kaplan A, Szabo LL, Opheim KE. Clinical chemistry : Interpretation and techniques. Lea & Febiger, Philadelphia 298-318, 1988
- 54) Hjermmann I, Enger SC, Helgeland A, Holme I, Leren P, Trygg K. The effect of dietary changes in high density lipoprotein cholesterol : The Oslo study. *Am J Med* 66 : 105-109, 1977