

정상 성인여성의 아연·구리 대사와 혈당, 인슐린 및 혈청 지질과의 상관관계 연구

김생려[†] · 승정자* · 김미현*

서울중앙병원 영양팀, 숙명여자대학교 식품영양학과*

A Study on the Relations among Zinc · Copper Metabolism, Blood Glucose, Insulin and Serum Lipids in Normal Adult Women

Saeng-Lue Kim,[†] Chung-Ja Sung,* Mi-Hyun Kim*

Asan Medical Center, Nutrition Service Team, Seoul, Korea

Department of Food & Nutrition,* Sookmyung Women's University, Seoul, Korea

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate zinc and copper metabolism and risk factors of chronic diseases in 20 normal adult women. The daily intake, excretions in urine and feces, and serum levels of zinc and copper were determined by 24-hr food records and chemical analysis. The results were summarized as follows. Mean age, body weight and BMI were 22.88 years, 54.65kg and 21.28kg/m² respectively. Mean daily intakes of energy and protein were 1578.84kcal(79% of RDA) and 52.05g (87% of RDA). The zinc and copper intake, excretion in urine and feces were 7093.23µg(59% of RDA)/2093.87µg, 203.50µg/39.87µg and 3416.41µg/857.62µg, respectively. The serum levels of fasting glucose, insulin, total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, triglyceride, zinc and copper were 76.60mg/dl, 15.66IU/dl, 160.30mg/dl, 50.95mg/dl, 89.80mg/dl, 89.79mg/dl, 95.65µg/dl and 73.28µg/dl respectively. Dietary ratio of Zn to Cu was shown to have significant positive correlations with serum insulin, total cholesterol, LDL-cholesterol. The urinary ratio of Zn to Cu was shown to have significant positive correlations with triglyceride. The serum copper level was shown to have significant negative correlations with serum total cholesterol and LDL-cholesterol. In summary, Zn consumption of adult women in their normal diet does not meet the Zn requirement for Koreans. Also, intakes of Zn and Cu may effect the glucose metabolism and cardiovascular diseases. Therefore, to increase the Zn intake and to maintain an appropriate intake ratio of Zn to Cu, nutrition education needs to be implemented. (Korean J Community Nutrition 5(2) : 152~160, 2000)

KEY WORDS : zinc · copper metabolism · blood glucose · insulin · serum lipids.

서 론

우리 나라는 지난 수 십 년간 고도의 경제성장으로 사회 전반적인 모든 양상이 달라지면서 평균 수명이 연장되었으며, 질병에 있어서도 감염성 질환은 점차 감소되고 심장순환기 질환, 당뇨병, 고혈압과 같은 만성 퇴행성 질환이 증가되었다(통계청 1999). 영양섭취에 있어서는 3대 영양소의

과다섭취로 체지방의 증가를 보이는 비만환자에게서 미량영양소의 섭취부족과 체성분 변화로 인한 아연, 구리 및 철분과 같은 미량무기질의 불균형이 관찰되었다(Moor & Ziemiński 1992). 또한 체중 감소를 위한 다이어트의 경험으로 많은 젊은 여성에게서 필수영양소의 부족이 심하게 나타났다고 보고되고 있으며(박혜순 1996), 여대생을 대상으로 한 여러 연구에서도 필수 미량원소인 아연의 섭취가 권장량의 45~63%정도의 낮은 수준인 것으로 나타났다(김정혜 1999; 손숙미 1999; 승정자 2000). 세계적으로도 아연과 구리 모두 초기 결핍 증상이 뚜렷하지 않은 경계결핍이 흔하게 발생하는 것으로 보고되고 있다(Abdulla & Suck 1998). 이와 같이 과다와 극저의 식이섭취 양극화 현상이

[†]Corresponding author : Saeng-Lue Kim, Asan Medical Center Nutrition Service Team, 388-1 Poongnapdong Songpa-gu, Seoul 138-736, Korea
Tel : 02) 2224-5141, Fax : 02) 2224-5161
E-mail : slkim@www.amc.seoul.kr

두드러지고 있는 현대인의 식생활에서 공통적으로 일어날 수 있는 영양문제 가운데 미량영양소의 결핍과 불균형 및 이로 인한 각종 질환에 대하여 최근 관심이 집중되고 있다.

미량 영양소 중에서 아연과 구리는 체내대사에 다양하게 관여하고 있으며, 여러 질환과 밀접한 관계가 있어 일부 질환의 진단 및 치료에 대한 평가에 도우며 된다고 한다(정유덕 등 1991). 특히 심장 순환기 질환의 주요 위험인자로 아연과 구리의 불균형이 대두되고 있으며, 최근 연구보고에서 혈청 구리 아연 함량의 비율이 정상보다 증가됨에 따라 혈중지질이 상승하고 그 결과 관상동맥성 심장질환의 위험율이 증가되었다고 하였다(Reunanen 등 1996 ; 이주연 등 1996). 이외의 여러 연구에서도 심혈관질환자의 혈청 구리 아연 비율이 정상인에 비하여 유의적으로 증가된 것을 관찰하였으며(Singh 등 1997 ; Martin-Lagos 등 1997), Klevay 등 (1984)은 성인남자에게 하루 0.8mg의 낮은 수준으로 구리를 섭취시킨 결과 혈장 구리가 감소하였으며, 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤이 증가하였다고 보고하였다. 한편, 쥐를 이용한 동물실험(Klevay 등 1973 ; AL-othman 등 1994)에서 혈청 구리와 아연의 비율이 감소함에 따라 혈청 총 콜레스테롤이 증가하였으며, 성인을 대상으로한 연구에서도 매일 30mg의 아연을 보충한 결과 혈청 아연 함량은 유의적으로 증가하였으나 혈청 HDL-콜레스테롤은 유의적으로 감소하였다고 보고하였다(박진순 등 1993).

한편 아연과 당대사와 관련하여 Huber와 Gershaff(1978)은 아연 결핍시 췌장에서 분비되는 인슐린의 양이 감소한다고 보고하였으며 Coulston과 Dandonw(1989)도 아연이 결핍된 동물에서 내당능 이상이 나타났다고 하였다.

이상의 보고에서 아연과 구리는 현대인의 식생활에서 불균형되기 쉬운 영양소이며, 현대에 증가하고 있는 심장질환, 당뇨병과 같은 만성 퇴행성 질환과 관계가 깊은 것으로 사료되나, 대부분이 식이 이외에 인위적인 아연 보충이나 제한상태 또는, 이미 질병이 일어난 상태에서 아연과 구리 대사의 상호관계를 살펴본 연구들이다. 때문에 이와 같은 결과는 일상 식이에서 아연과 구리의 경계적 결핍의 우려가 높으나 뚜렷한 임상적 증상을 보이지 않는 정상 성인에 있어서도 만성질환과 관련이 있는지 판단하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 일상 식이를 섭취하고 있으며 현재까지 특정 질환을 보이지 않는 정상 성인 여성을 대상으로 아연과 구리의 체내 대사와 혈당, 혈중 지질 수준 등 만성 퇴행성 질환의 위험인자와의 상관성을 알아봄으로써 질병 예방 및 건강증진을 위한 아연과 구리의 적정 섭취 수준마련의 기초자료로 활용하고자 한다.

실험내용 및 방법

1. 연구 대상자

만 21~28세의 여대생 및 대학원생 20명을 대상으로 평소 식생활 습관을 유지한 상태에서, 실험적응과 교육을 3일간, 24시간 식이기록과 식이수거 그리고 24시간 소변 및 대변의 수거를 3일간 실시하고, 실험 마지막날 신체계측, 혈압측정, 채혈을 하였다.

2. 신체계측

체중은 Beam balance scale(Continental scale corp., Chicago, USA)을, 신장은 Martin씨 계측기, 피하두께는 삼두근의 피하지방을 lange skinfold caliper(Cambridge scientific industry, USA)를 사용하여 측정하였다. 혈압은 공복상태에서 편안하게 앉은 자세로 표준 수은주 혈압계(standard mercury manometer)로 측정하였다.

3. 식이섭취 조사와 식이수거 및 분석

대상자들의 식이섭취조사는 식이기록법, 식이칭량법 및 식이수거법을 통해 실시하였다. 3일 동안에 칭량법과 식이기록법을 통해 얻은 식이섭취량은 식품성분표(농촌진흥청 1996)와 한국인 영양권장량에(한국영양학회 1995) 의거하여 1일 1인당 평균 영양소 섭취량을 계산하였다. 아연과 구리 섭취량은 3일 동안 섭취한 모든 음식물을 0.4% EDTA(ethylene diamine tetraacetic acid)에 처리한 무공해 비닐팩에 1일 단위로 동량 수거하여 균질화시킨 후 일정량을 취하여 냉동 보관하였다가 임정남(1986)의 습식분해법으로 전처리하여 원자흡광광도계(Atomic Absorption Spectrophotometer : Varian Techron, Ltd., AA-1457 Springvale, Australia)를 이용하여 측정하였다.

4. 24시간 소변의 아연 및 구리 배설량 분석

식이섭취 조사기간중 연속 3일동안 대상자별로 24시간 소변을 EDTA에 처리한 후 toluene 1ml를 넣은 플라스틱 채뇨용기에 수집하여 mess cylinder로 총량을 측정하고 전량을 잘 섞어서 냉동고에 보관하였다가 녹인 후 3,000rpm에

Date	1	2	3	4	5	6	7
Education							
24hr Diet recoding							
Diet collection							
24hr urine & feces collection							
Anthropometry measurements							
Blood sampling							

Fig. 1. Experimental design.

서 15분간 원심분리하여 상등액을 취해 소변 중의 아연과 구리의 함량을 원자흡광광도계로 측정하였다.

5. 24시간 대변의 아연 및 구리의 배설량 분석

식이섭취 조사기간의 연속 3일 동안의 대변을 1일 단위로 EDTA에 처리한 무공해 비닐팩에 담아 수집하여 그 중량을 측정한 후 균질화시킨 다음 일부를 냉동 보관하였다가 임정남(1986)의 습식분해법으로 전처리하여 대변 중의 아연과 구리의 함량을 원자흡광광도계로 측정하였다.

6. 아연과 구리평형의 산출

아연과 구리의 보유량, 보유율, 결보기소화율을 다음 식에 의거하여 계산하였다.

- ① 아연, 구리의 보유량(retention, μg)

$$= \text{아연(구리)섭취량}(\mu\text{g}) - \text{소변과대변으로의아연(구리)배설량}(\mu\text{g})$$
- ② 아연, 구리의 체내보유율(retention rate, %)

$$= \frac{\text{아연(구리)보유량}(\mu\text{g})}{\text{아연(구리)섭취량}(\mu\text{g})} \times 100$$
- ③ 아연, 구리의 결보기소화율(apparent digestibility, %)

$$= \frac{\text{아연(구리)섭취량}(\mu\text{g}) - \text{대변으로의아연(구리)배설량}(\mu\text{g})}{\text{아연(구리)섭취량}(\mu\text{g})} \times 100$$

7. 혈액분석

1) 혈청 아연과 구리 함량

혈청을 3차 증류수로 희석하여 아연과 구리함량을 원자흡광광도계를 이용하여 측정하였다.

2) 혈액 성상

혈당은 효소법(Neese 등 1976)을 이용한 kit(Glucose Oxidase Method, Beckman, USA)로 측정하였다. 인슐린 농도는 방사면역법을 이용한 kit(Immuno Nucleo Cooperation, Still Water, USA)를 사용하여 측정하였다. 혈청 총 콜레스테롤 함량, 혈청 중성지질 함량, HDL-콜레스테롤함량은 효소법(Allain 1974)에 의한 측정용 kit(Yottron, Japan)를 사용하여 측정하였다. 혈청 LDL-콜레스테롤함량은 Friedewald 공식(1972) [LDL-콜레스테롤 = (총 콜레스테롤) - (HDL-콜레스테롤) - (중성지질/5)]을 이용하여 산출하였다. 이외에도 심혈관질환의 위험도 판정에 사용하고 있는 TPH(총 콜레스테롤/HDL-콜레스테롤), LPL(LDL-콜레스테롤/HDL-콜레스테롤), 동맥경화지수 [AI(Atherogenic Index) = (총 콜레스테롤 - HDL-콜레스테롤)/HDL-콜레스테롤]를 계산하였다.

8. 통계분석

본 실험에서 얻은 모든 결과는 평균과 표준편차를 구하였고, 아연, 구리 대사치와 혈액성상과의 상관관계는 SAS package에 의한 Pearson's correlation coefficient(r) 및 이에 대한 유의성 검정을 실시하였다.

실험 결과 및 고찰

1. 신체계측사항

연구 대상자들의 신체계측 사항은 Table 1과 같다.

본 연구의 대상자들은 특별한 질병이 없고 건강하다고 생각하는 20~28세의 성인 여성으로 평균연령은 22.9±2.5세였다. 대상자들의 평균 신장과 체중은 각각 160.2±4.8cm, 54.7±6.5kg으로 1994년 한국영양학회의 기준치(신장: 160.0cm, 체중: 53.0kg)와 비교해 볼 때 유사한 수준이었다. 체질량지수의 경우 평균 21.3±2.1kg/m²으로서 정상기준치(Gibson 1990; <20: 저체중, 20~25: 정상, >30: 비만)와 비교해 볼 때 저체중이 5명이고, 비만인 대상자는 없었다. 수축기와 이완기혈압은 각각 110.3±7.7mmHg, 67.5±9.7mmHg로 WHO 기준치와 비교할 때 모두 정상혈압 범위에 속하였다.

2. 일반 영양소 및 구리, 아연의 섭취상태

3일간 식이조사의 분석결과는 Table 2와 같이 평균열량은 1578.8±411.8kcal로서 성인여성의 1일 영양권장량(한국영양학회 1995)의 79% 수준이었으며, 단백질의 섭취량은 권장량의 87%(52.1g)로 열량과 단백질의 섭취 모두 권장량에 미달되었다. 이러한 연구 결과는 박진순·천중희(1993)의 일상식이를 섭취하는 여대생의 에너지 섭취비가 78.6%였다는 결과와 유사하였으며, 여대생을 대상으로 한 조미영과 백희영(1995)의 1463kcal, 천중희·최윤진(1996)

Table 1. Physical characteristics of the subjects (n=20)

Variable	Mean	S.D. ¹⁾
Age(years)	22.9	2.5
Height(cm)	160.2	4.8
Weight(kg)	54.7	6.5
BMI(kg/m ²) ²⁾	21.3	2.1
Skinfold thickness(mm)	19.3	4.3
Blood pressure(mmHg)		
SBP ³⁾	110.3	7.7
DBP ⁴⁾	67.5	9.7

1) Standard deviation
 2) Body mass index = [(weight(kg)/height(m)²)]
 3) Systolic blood pressure
 4) Diastolic blood pressure

Table 2. Comparison of the mean daily intakes of energy and nutrients with the recommended dietary allowances (n=20)

Variable	Intake		% of RDA ³⁾
	Mean	S.D. ¹⁾	
Energy(kcal)	1578.8	411.8	79
Protein(g)	52.1	13.9	87
Fat(g)	36.1	14.5	
Carbohydrate(g)	261.8	66.1	
Dietary fiber(g)	16.8	8.1	
Crude fiber(g)	5.7	3.0	
Vitamin A(RE)	306.6	165.7	44
Vitamin B ₁ (mg)	0.8	0.3	80
Vitamin B ₂ (mg)	0.9	0.3	76
Niacin(mg)	12.4	4.1	92
Vitamin C(mg)	52.8	22.9	96
Calcium(mg)	419.4	185.0	60
Phosphorus(mg)	672.6	225.9	96
Iron(mg)	12.1	4.5	67
Zinc(μ g) ²⁾	7093.2	2523.3	59
Copper(μ g) ²⁾	2093.9	1275.4	

1) Standard deviation

2) Analysis data of dietary Zn and Cu intakes

3) Recommended Dietary Allowances for Koreans(6th revision, 1995)

의 1549kcal보다는 다소 높은 섭취수준이었다. 최근 대학생들의 영양섭취 양상을 연구한 결과(박혜순 1996)와 같이 본 연구대상자들도 불규칙한 식습관은 물론 체중증가를 우려하여 식사량을 줄여서 섭취한 결과인 것으로 사료된다.

본 연구에서 나타난 총 에너지에서 차지하는 당질 : 단백질 : 지방의 섭취비율은 66 : 13 : 21로서 한국인의 영양권장량(한국 영양학회 1995)과 유사한 수준이었다. 비타민의 섭취량은 권장량과 비교할 때 비타민 A가 권장량의 44% 수준으로 현저히 낮았고, 비타민 C(권장량의 96%)는 양호한 편이었다. 칼슘과 철은 모두 권장량의 70%에 미치지 못하는 낮은 섭취수준을 보였다.

우리 나라는 지금까지 각 식품별 아연함량에 대한 성분분석이 많이 이루어지지 않아 기록법, 회상법, 빈도법에 의한 식이섭취조사로 아연의 섭취상태를 정확하게 산출할 수 없기 때문에 아연 연구에 대한 많은 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 식이수거를 통한 분석방법으로 아연 섭취량을 조사하였다. 조사 대상자의 1일 평균 아연 섭취량은 7.09mg으로 권장량인 12mg과 비교할 때 59% 수준이었으며, 식이수거를 통하여 조사한 이주연(1991)의 성인여자 8.35mg보다 낮은 수준이었으나, 역시 식이수거를 이용하여 분석한 손숙미·성수임(1999)의 도시여대생 5.5mg보다는 높은 수준이었다. 또한 식품성분표를 이용하여 조사한 박진순·천중희(1993)의 성인 여자 6.42mg, 여자 대학생을 대상으로한 천중희·최윤

Table 3. Lipid and glucose levels in serum of the subjects (n=20)

Variable	Mean	S.D. ¹⁾
Glucose(mg/dl)	76.60	4.52
Insulin(μ U/ml)	15.66	3.01
Total cholesterol(mg/dl)	160.30	26.31
HDL-cholesterol(mg/dl)	50.95	8.41
LDL-cholesterol(mg/dl)	89.80	21.29
Triglyceride(mg/dl)	89.79	21.59
Athrogenic Index	2.17	0.40
Total/HDL-cholesterol(TPH)	3.17	0.40
LDL/HDL-cholesterol(LPH)	1.77	0.33

1) Standard deviation

진(1996)의 6.35mg, 김정혜 등(1999)의 6.7mg보다는 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 아연섭취량의 분석방법과 사용하는 아연함량표의 차이 때문인 것으로 생각된다. 그러나, 식이 분석법과 계산법을 이용한 여러 연구 결과에서 모두 아연의 섭취량이 권장량에 부족되는 것으로 나타나 아연의 섭취량을 증가시키기 위한 급원식품 등에 대한 연구가 필요한 것으로 보여진다.

식이수거법으로 조사한 본 연구대상자의 1일 평균 구리섭취량은 2.09mg으로 한국 여자 대학생을 대상으로한 장수영 등(1991)의 연구결과인 1.44mg보다는 높은 수준이었으나, 김정혜 등(1999)의 2.3mg과는 유사한 수준이었다. 이들은 모두 제 6차 한국인영양권장량에서 제시한 안전하고 적절한 구리의 섭취범위인 1.5~3mg의 범위에 해당하였다.

3. 혈액성상

본 연구대상자들의 혈액성상을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 본 연구대상자들의 공복시 혈당은 76.60mg/dl로 정상범위(임상열·최문희 1973 ; 70~110mg/dl)에 속하였고, 홍순명 등(1993)의 74.3mg/dl와 허영관과 임현숙(1995)의 70.7mg/dl와 비슷한 수준이었으며, 농촌지역 여자 대학생을 대상으로한 김애정 등(1998)의 88.60mg/dl보다는 낮았다. 혈액중 인슐린농도는 15.66 μ U/ml로 정상 임상기준치(3~35 μ U/ml)에 속하였다.

혈청 총 콜레스테롤 농도는 160.30 \pm 26.31mg/dl로서 여대생을 대상으로 조사한 박현서와 한선화(1988)의 170mg/dl, 정구영 등(1980)의 166.8mg/dl, 김애정 등(1998)의 167.0mg/dl보다 낮은 수준을 보였다. 혈청 HDL-콜레스테롤량은 50.95 \pm 8.41mg/dl로 나타나 최혜란 등(1980)의 56.9mg/dl, 오경원 등(1991)의 59.0mg/dl, 김애정 등(1998)의 57.1mg/dl보다는 낮게 나타났다. Framingham 연구(Abbott 등 1983)에서 심혈관 질환의 위험수준은 HDL-콜레스테롤농도가 35mg/dl이하일 때라고 하였는데, 이 기준

과 비교하면 본 연구대상자들의 수준은 다소 높았다. 혈청 LDL-콜레스테롤은 $89.80 \pm 21.29 \text{mg/dl}$ 로서 정구영 등(1980)이 보고한 88.4mg/dl 와 비슷한 수준이었으며, 김애정 등(1998)의 83.8mg/dl 보다 높은 수준이었다. 혈청 중성지질의 함량은 $89.79 \pm 21.59 \text{mg/dl}$ 로 박현서와 한선화(1988)가 여대생을 대상으로 조사한 165mg/dl , 정구영 등(1980)의 128.1mg/dl , 김애정 등(1998)의 128.6mg/dl 보다 낮았다. 성인병 유발 가능성을 조기에 발견하기 위해 여러 지질 성분을 반영하는 지수들이 사용된다. 이를 반영하는 평균 동맥경화지수는 2.17로 동맥경화 위험기준인 3.0에 미치지 않았으며, 농촌 여대생을 대상으로한 김애정 등(1998)의 2.0과 유사한 수준이었다. TPH(TC/HDL-C)와 LPH(LDL-C/HDL-C)는 각각 3.17, 1.77로 김애정 등(1998)의 3.01, 1.54와 유사한 수준이었다.

4. 아연과 구리의 대사

1) 혈중 아연과 구리의 농도

혈중 아연과 구리의 농도는 Table 4와 같다.

본 연구의 평균 혈청 아연농도는 $95.65 \pm 9.77 \mu\text{g/dl}$ 로 박진순과 천종희(1993)가 조사한 한국 성인 여성의 아연농도 $62.49 \mu\text{g/dl}$, 여대생을 대상으로한 손숙미 · 성수임(1999)의 $77.02 \mu\text{g/dl}$, 송정자 · 윤영화(2000)의 $85.6 \mu\text{g/dl}$ 보다는 높은 수준이었다. 일반적으로 혈청 구리의 정상농도는 남녀 모두 $64 \sim 156 \mu\text{g/dl}$ 로 상당히 넓은 범위로 알려져 있는데 (Turnlund 1988), 본 연구의 혈청 구리농도는 $73.28 \pm 8.90 \mu\text{g/dl}$ 로 성인 여성을 대상으로한 이승교 등(1990)의 $62.00 \mu\text{g/dl}$ 보다는 높았으며, 여대생을 대상으로한 송정자 등(2000)의 $84.2 \mu\text{g/dl}$, 손숙미 · 성수임의 $121.8 \mu\text{g/dl}$, 성인여성을 대상으로한 천종희 · 최윤진(1996)의 $118.8 \mu\text{g/dl}$, 이주연(1991)의 $117.3 \mu\text{g/dl}$ 보다는 낮은 수준이었다.

2) 아연과 구리의 평형

아연, 구리의 평형은 Table 5와 같다. 미량원소의 배설은 주로 변을 통해서 이루어지고 소변중으로는 소량만이 배설되는데, 본 연구대상자들의 아연 소변배설량은 $203.50 \pm 105.11 \mu\text{g}$, 대변배설량은 $3416.41 \pm 1804.66 \mu\text{g}$, 보유량은 $3785.77 \pm 2771.82 \mu\text{g}$, 보유율은 48.14%, 결보기 소화율은 50.79%이었다. 아연의 배설에 대한 연구에서 농촌 주부를

대상으로한 김애정(1988)은 소변중 아연의 배설이 $270 \mu\text{g}$, 이승교 등(1990)은 $328 \mu\text{g}$, 건강한 남녀를 대상으로 한 이주연(1991)은 $290 \mu\text{g}$, 여대생을 대상으로 한 송정자 등(2000)은 $391 \mu\text{g}$ 으로 보고함으로써 본 연구의 $203.50 \mu\text{g}$ 보다 높은 수준이었다. 소변 중 아연 배설량은 혈청 아연 농도보다 식이 변화에 더 빨리 반응하고 건강한 사람의 아연 영양상태를 평가하는데 더 유용한 지표로 보고되었는데(Bear & King 1984), 이상과 같이 본 연구 대상자의 소변 중 아연 배설량이 낮게 나타난 것은 식이 중 아연의 섭취량이 낮았기 때문인 것으로 사료된다.

본 연구 대상자의 소변중 구리 배설량은 $39.87 \pm 15.98 \mu\text{g}$, 대변배설량은 $857.62 \pm 532.01 \mu\text{g}$, 보유량은 $1276.08 \pm 1417.87 \mu\text{g}$, 보유율은 50.65%, 결보기소화율은 52.83%로 나타났다. 구리의 배설은 담낭을 통하여 이루어지며 거의 대부분의 구리가 단백질과 결합하여 쉽게 뇨로 배설되지 않고 대부분이 담즙을 통하여 소장으로 이동되었다가 대변으로 배설된다고 한다. 본 연구 결과에서도 대변으로의 구리 배설이 소변으로의 배설에 비하여 월등히 높게 나타났다 (Cartwright 1972). 본 연구의 소변중 구리 배설량은 이승교 등(1990)의 $49.6 \mu\text{g}$, 송정자 등(2000)의 $56 \mu\text{g}$, 김숙희 등(1986)의 $120 \mu\text{g}$, 여대생을 대상으로 한 장수영 등(1991)의 $60 \mu\text{g}$ 보다 낮은 수준이었다.

Table 5. Zinc and Copper balance of the subjects (n=20)

Variable	Mean	S.D. ¹⁾
Zinc		
Intake($\mu\text{g/day}$)	7093.23	2523.27
Excretion		
Urine($\mu\text{g/day}$)	203.50	105.11
Feces($\mu\text{g/day}$)	3416.41	1804.66
Retention(μg) ²⁾	3785.77	2771.82
Retention rate(%) ³⁾	48.14	25.16
Apparent digestibility(%) ⁴⁾	50.79	25.04
Copper		
Intake($\mu\text{g/day}$)	2093.87	1275.38
Excretion		
Urine($\mu\text{g/day}$)	39.87	15.98
Feces($\mu\text{g/day}$)	857.62	532.01
Retention(μg) ²⁾	1276.08	1417.87
Retention rate(%) ³⁾	50.65	33.65
Apparent digestibility(%) ⁴⁾	52.83	33.19

1) Standard deviation

2) Retention = Zn, Cu intake - Zn, Cu excretion in urine & feces

3) Retention rate = [(Zn, Cu intake - Zn, Cu excretion in urine & feces) / Zn, Cu intake] × 100

4) Apparent digestibility = [(Zn, Cu intake - Zn, Cu excretion in feces) / Zn, Cu intake] × 100

Table 4. Zinc and copper contents in serum of the subjects (n=20)

Variable	Mean	S.D. ¹⁾
Zn($\mu\text{g/dl}$)	95.65	9.77
Cu($\mu\text{g/dl}$)	73.28	8.90

1) Standard deviation

5. 아연, 구리의 대사와 체질량지수, 혈당, 인슐린 및 혈청 지질과의 상관관계

아연, 구리의 대사치와 체질량지수, 혈당, 인슐린, 혈청지질과의 상관관계는 Table 6과 같다. 체질량지수는 혈청 구리함량과 유의적인 정의 상관관계를($p < 0.05$), 혈청 아연/구리의 비율과는 유의적인 부의 상관관계를 나타내었다($p < 0.01$). 여대생을 대상으로한 이현옥(1997)의 연구에서도 저체중군의 혈청 구리함량이 정상군과 과체중군에 비하여 유의적으로 낮게 나타났으며, Yakinci 등(1997)의 보고에서도 비만군의 혈청 구리 함량이 정상군에 비하여 유의적으로 높게 나타나, 비만도가 증가함에 따라 혈청 구리함량이 증가되었다. 본 연구 결과에서 혈중 아연의 함량은 체질량지수와 유의적인 상관관계를 나타내지 않아 이현옥(1997)과 이승연(1998)의 결과와 일치하였으나, 중학교 여학생을 대상으로한 김미현(1999)의 연구에서는 정상군과 과체중군의 혈청 아연 함량이 저체중군에 비하여 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 혈청 구리함량은 비만도에 따라 변화를 보이고 구리와 대사적으로 밀접한 관계가 있는 아연 또한 비만도에 영향을 받는 것으로 예상되므로 대상자를 다양한 비만도별로 분류하여 비교함으로써 그 대사적 기전을 살펴보는 연구가 필요한 것으로 사료된다.

본 연구대상자들의 혈당은 아연, 구리의 대사치와 유의적인 상관관계를 나타내지 않았으나, 인슐린은 식이와 소변중의 아연/구리 비율과 유의적인 정의 상관관계를 나타내었다($p < 0.05$, $p < 0.05$). 아연은 췌장의 베타세포에서 인슐린과 결정체로 존재하며 인슐린의 생리작용에 직접 관여하는 극미량원소로, 아연 대사장애는 당뇨병과 그 합병증을 일으키는 원인이 될 수도 있다고 한다(Kinlaw 등 1983). 또한 아연과 인슐린은 기능과 구조에서 밀접한 관계가 있다는 것이 많은 연구에서 확인된 바 있으며(Coulson 등 1980; Levin 등 1983). 아연이 결핍되면 췌장의 인슐린 함량은 변하지 않지만 면역 반응성 인슐린과 insulin-like activity가 감소되고 혈청의 인슐린 농도도 감소되어 췌장에서 방출되는 인슐린의 양이 감소하게 된다고 하였다(Huber et al. 1973). 1일 평균 식이 아연의 섭취량이 권장량의 59% 정도의 낮은 수준에 있는 본 대상자에서 식이와 소변중의 아연/구리 비율과 인슐린 함량이 정의 상관관계를 나타내어 지속적인 아연의 결핍은 당뇨병의 유발 가능성을 높일 수 있다는 이상의 연구 결과와 일치하였고, 성인을 대상으로한 여러 연구에서 아연의 섭취가 권장량의 45~63% 정도의 낮은 수준으로(김정혜 1999; 손숙미 1999; 송정자 2000) 보고되고 있는 실정임을 감안할 때 당뇨병의 예방적 차원에서도 아연의 섭취를 증가시키기 위한 노력이 절실히 요구된다.

Table 6. Correlation coefficients between zinc, copper balances and BMI, blood glucose, insulin, serum lipids of the subjects

Variable	Dietary			Urinary			Fecal			Serum			Retention ^{b)}			Ret. rate ^{a)}			App. Dig. ^{a)}		
	Zn	Cu	Zn/Cu	Zn	Cu	Zn/Cu	Zn	Cu	Zn/Cu	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu
BMI	0.1222	-0.0428	0.0614	0.3587	0.4302	-0.0220	0.1136	0.1120	0.0475	-0.2099	0.4507*	-0.5507*	0.0164	-0.0699	-0.1153	-0.0992	-0.1003	-0.1003	-0.0878	-0.1003	-0.0878
Glucose	0.2608	0.1264	0.1398	0.0017	0.0084	-0.0869	0.0085	-0.2889	0.2336	-0.1711	-0.0905	-0.0053	0.0933	0.1839	0.0887	0.3371	0.0770	0.0770	0.3387	0.0770	0.3387
Insulin	0.2345	-0.3006	0.4577*	0.1628	-0.3746	0.4790*	0.0336	-0.2629	0.2407	0.0860	-0.2555	0.2972	0.0827	-0.2322	0.1257	0.1025	0.1287	0.1287	0.1015	0.1287	0.1015
TC	0.4334	0.0416	0.4650*	0.3107	-0.0347	0.3970	0.1629	0.0213	0.2079	-0.3075	-0.5750**	0.3136	0.1956	-0.0029	0.0837	0.0313	0.0842	0.0842	0.0332	0.0842	0.0332
HDL	0.2718	0.2117	0.1737	0.0295	0.0455	0.0665	0.1372	0.0548	0.1210	-0.3077	-0.4422	0.1966	0.0544	0.1389	-0.0581	0.1006	-0.0644	-0.0644	0.1018	-0.0644	0.1018
LDL	0.3750	-0.0349	0.4590*	0.2515	0.0125	0.2497	0.2291	0.0023	0.2805	-0.3551	-0.4893*	0.1913	0.1400	-0.0545	0.0497	0.0013	0.0480	0.0480	0.0058	0.0480	0.0058
TG	0.1352	-0.0022	0.1219	0.3053	-0.1829	0.5396*	-0.2137	0.0108	-0.1912	0.2370	-0.1153	0.2913	0.1999	-0.0148	0.1940	-0.0104	0.2060	-0.0171	0.2060	-0.0171	0.2060
AI	0.2032	-0.2052	0.3664	0.3505	-0.1107	0.4400	0.0265	-0.0137	0.0744	0.0312	-0.1728	0.1743	0.1720	-0.1779	0.1742	-0.1085	0.1826	-0.1085	0.1826	-0.1085	0.1826
TPH	0.2032	-0.2052	0.3664	0.3505	-0.1107	0.4400	0.0265	-0.0137	0.0744	0.0312	-0.1728	0.1743	0.1720	-0.1779	0.1742	-0.1085	0.1826	-0.1085	0.1826	-0.1085	0.1826
LPH	0.2376	-0.1893	0.3993	0.2774	0.0148	0.2199	0.1630	0.0036	0.2077	-0.1758	-0.2121	0.0527	0.1401	-0.1656	0.1186	-0.1125	0.1207	-0.1125	0.1207	-0.1125	0.1207

본 연구에서 아연/구리 섭취 비율은 혈청 총 콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤과 각각 정의 상관관계를 보였다($p < 0.05$, $p < 0.05$). Klevay(1973)는 쥐를 이용한 실험에서 아연/구리의 섭취비율을 증가시켰을 때 고콜레스테롤혈증이 발생되었다고 보고하여 이들의 비율이 순환기계질환과 관련이 깊은 것으로 알려지게 되었다. 아연의 경구 투여에 의해 혈중 아연 농도가 높아지면 HDL-콜레스테롤농도가 낮아졌다고 여러 연구에서 보고되었다(박진순·천종희 1993; Samir & David 1988; Margaret & Denis 1988; Peter & Alexandre 1987; Sung 1988). 한편 Koo와 Williams(1981)는 수컷 성숙쥐에게 아연 결핍식을 공급했을 때 HDL-콜레스테롤이 감소하고, 아연 보충시 HDL-콜레스테롤이 증가하여 아연의 보충이 순환계 질환의 위험을 낮춘다는 상반된 결과를 제시하였다. 아연과 콜레스테롤의 대사를 밝히기 위한 연구에서 아연이 결핍된 쥐는 장점막의 chylomicron을 구성하는 단백질의 합성에 영향을 미쳐 지질이 장점막을 투과하지 못하고 축적됨으로써 지질의 흡수를 지연시킨다고 하였다(Koo & Turk 1977).

본 연구 결과 체질량지수가 증가함에 따라 혈청 구리농도가 증가하는 것으로 나타났음에도 혈청 구리 농도가 총 콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 함량과 유의적인 부의 상관관계를 나타내었으며($p < 0.01$, $p < 0.05$). 아연/구리의 소변 배설율은 혈청 중성지질 함량과 유의적인 정의 상관관계를 나타내었다. 농촌 성인을 대상으로한 이주연 등(1996)의 연구에서도 혈청 중 구리함량은 HDL-콜레스테롤과 유의적인 정의 상관관계를, 소변중 구리 배설량은 혈청 HDL-콜레스테롤 및 중성지질과 정의 상관관계를 보이는 것으로 나타나 혈청 및 소변의 구리함량의 감소가 심혈관계 질환의 위험성과 관련을 보이는 본 연구결과와 유사한 경향을 보였다.

이상의 연구 결과를 종합하여 볼 때 아연과 구리의 영양상태와 혈중 지질 등 심혈관 질환의 위험률에 대한 결과는 일관적인 결론을 내리기는 어려운 실정이나, 아연과 구리의 절대적인 양도 중요하지만 아연과 구리의 섭취, 혈중이나 소변의 비율이 지질 대사에 미치는 영향이 큰 것으로 사료되어진다. 따라서 권장량에 비하여 섭취율이 상당히 저조한 아연의 섭취 증가와 함께 아연/구리의 비율을 위하여 구리의 섭취량도 함께 증가시키는 것이 필요하며, 당뇨병, 심혈관질환과 같은 만성 성인형 질환의 예방을 위한 적정 비율의 기준 책정을 위한 연구가 필요한 것으로 사료된다.

요약 및 결론

정상 성인 여성의 아연과 구리의 체내 대사와 혈당, 혈중

지질 수준 등 만성 성인형 질환의 위험인자와의 상관성을 알아보기 위하여 만 21~28세의 여대생 및 대학원생을 대상으로 실험적응과 교육을 3일, 24시간 식이기록과 식이수거 그리고 24시간 소변 및 대변의 수거를 3일간, 실험마지막날 신체계측, 혈압측정, 채혈을 실시한 결과는 다음과 같다.

1) 조사대상자들의 평균 연령은 22.88세였으며 평균체중, 체질량 지수는 각각 54.65kg, 21.28kg/m²이었으며 수축기/이완기 혈압은 110.25, 67.50mmHg를 나타내었다.

2) 1일 평균 영양소 섭취량은 1578.84kcal(권장량의 79%)이었고, 아연 섭취량은 7093.23μg(권장량의 59%), 구리 섭취량은 2093.87μg으로 나타났다.

3) 아연, 구리의 평형에서 아연 섭취량은 7093.23μg, 소변배설량 203.50μg, 대변배설량 3416.41μg을 기준으로 산출한 아연의 보유량, 보유율, 결보기 소화율은 각각 3785.77μg, 48.14%, 50.79%이었다. 구리섭취량은 2093.87μg, 소변배설량은 39.87μg, 대변배설량 857.62μg을 기준으로 산출한 구리의 보유량, 보유율, 결보기 소화율은 각각 1276.08μg, 50.65%, 52.83%로 나타났다.

4) 혈청의 평균 아연 농도는 95.65μg/dl, 구리농도는 73.28μg/dl로 나타났다. 평균 혈당은 76.60mg/dl, 인슐린 농도는 15.66μU/ml이었고, 혈청 평균 콜레스테롤은 160.30mg/dl, HDL-콜레스테롤은 50.95mg/dl, LDL-콜레스테롤은 89.80mg/dl, 중성지질은 89.79mg/dl였다.

5) 혈청의 아연농도는 인슐린 농도와 정의 상관관계를 나타내었으며($p < 0.05$), 아연/구리의 섭취비율은 혈청 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤과 정의 상관관계를 보였고($p < 0.05$, $p < 0.05$), 소변중의 아연/구리 배설비율은 중성지질과 정의 상관관계를 보였으며($p < 0.05$), 혈청 구리농도는 혈청 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤과 부의 상관관계를 나타내었다($p < 0.01$, $p < 0.05$).

이상을 종합할 때 일부 성인 여성의 아연 섭취량은 권장량의 59%로 낮았고, 구리의 섭취는 안전적정 섭취범위에 속하였다. 혈청 아연과 구리의 비율은 인슐린 함량과 관계가 있는 것으로 나타나 아연의 영양상태와 당대사 및 당뇨병의 발병과 관련이 있는 것으로 보고된 여러 연구결과와 일치하였다. 또한 혈청 콜레스테롤농도는 아연과 구리의 절대적인 양보다는 아연/구리의 섭취비율에 의해 영향을 받을 것으로 나타나, 최근 관심이 집중되고 있는 혈중 콜레스테롤조절을 위한 바람직한 아연과 구리의 섭취비율에 대한 보다 다양하고 심도 있는 연구가 이루어져야 할 것으로 보여진다.

참고문헌

김미현 · 승정자 · 이윤신(1999) : 일부 사춘기 여중생의 체질량지수에 따른 구리, 아연의 영양상태. *대한비만학회지* 8(2) : 130-144

김숙희 · 이일하 · 백희영(1986) : 한국인 칼슘 및 철분 권장량 책정을 위한 기초연구. 한국인구보건연구원

김애정 · 장옥자 · 김혜경 · 김순경 · 김진호 · 지현영 · 김선여(1998) : 체질량지수에 따른 일부 농촌지역 여자대학생의 혈청 크롬과 혈당 및 지질과의 상관관계 연구. *한국영양학회지* 31(8) : 1307-1314

김애정(1988) : 일부지역 농촌 부인의 Fe, Cu, Zn 섭취수준 및 혈액 성상에 대한 연구. *숙명여자대학교 대학원 석사학위논문*

김정혜 · 백희영 · 정효지(1999) : 일부 여대생의 구리와 아연 영양상태 평가. *한국영양학회지* 32(3) : 277-286

박진순 · 전종희(1993) : 한국성인의 아연섭취 실태 및 아연보충에 의한 아연영양상태변화. *한국영양학회지* 26(9) : 1110-1117

박현서 · 한선화(1988) : 사람에서 n-3 불포화지방산이 serum lipoprotein과 지질 조성에 미치는 영향. *한국영양학회지* 21 : 61-74

박혜순 · 승정자 · 이현옥(1996) : 일부 도시지역 여대생의 신체상과 식행동 및 영양섭취양상. *가정의학회지* 17(11) : 1209

보건사회부(1994) : 1992년 국민영양조사결과

보건사회부(1996) : 1994년 국민영양조사결과

손숙미 · 성수임(1999) : 도시 여대생에 있어 식품분석에 의한 아연, 구리섭취량과 혈액, 머리카락, 소변의 아연, 구리 함량에 관한 연구. *한국영양학회지* 32(6) : 705-712

승정자 · 윤영화(2000) : 일부 여대생의 혈청, 소변, 두발, 손톱 중의 아연, 구리, 망간, 니켈 함량에 관한 연구. *한국식품영양과학회지* 29(1) : 99-105

승정자 · 최미경 · 조재홍 · 이주연(1993) : 농촌 성인 남녀의 무기질 섭취량, 혈액수준 및 소변중 배설량과 혈압과의 관계에 대한 연구. *한국영양학회지* 26(1) : 92

승정자(1996) : 극미량원소의 영양. 민음사. 서울

승정자(1984) : 한국 여대생의 혈청과 두발 중 아연함량에 관한 연구. *한국영양학회지* 17(2) : 137-144

농촌진흥청(1991) : 식품성분표. 농촌영양개선 연구원

이삼열 · 정광섭(1993) : 임상병리검사. 연세대학교 출판부

이승교 · 이동태 · 김화남 · 김애정 · 승정자(1990) : 일부농촌주부의 무기질 섭취와 혈청 지질, 무기질 함량비교. *한국영양학회지* 19(5) : 411-417

이승연(1998) : 정상아동과 비만아동의 철, 구리, 아연의 영양상태에 관한 연구. *숙명여자대학교 석사학위논문*

이주연(1991) : 한국 일부 농촌 성인남녀의 일상식이중 아연, 구리, 철분 대사와 혈청지질과의 관계연구. *숙명여자대학교 대학원 석사학위논문*

이현옥(1997) : 일부 도시 지역 젊은 여성의 체질량지수에 따른 영양 상태, 면역반응 및 무기질 양상. *숙명여자대학교 박사학위논문*

임정남(1986) : 식품의 무기질 성분 분석. *식품과 영양* 7(1) : 42-46

임현숙 · 황금희(1982) : 일부 농촌지역 부인의 영양실태 및 혈액 성상에 관한 연구. *한국영양학회지* 15(3) : 171-180

장수영 · 최인선 · 오승호(1991) : 한국 여자 대학생의 Iron, Copper 및 Cobalt 평형에 관한 연구. *한국영양학회지* 20(1) : 83

정구영 · 김광일 · 고영박 · 윤경선 · 이 영 · 김교명(1980) : 한국정상 성인 및 심혈관질환 환자에서 High Density Lipoprotein Cholesterol 및 혈장지질의 변동에 관한 연구. *대한내과학회지* 23 : 1083-1091

정유덕 · 홍석일 · 나혜복 · 심영현(1991) : 위암 환자의 혈청내 구리 및 아연 농도에 관한 연구. *한국영양학회지* 24(6) : 516-525

조미연 · 백희영(1995) : 일부 한국인 여대생의식이섭취와 소변배설을 통해 평가한 thiamin의 영양상태에 관한 연구. *한국영양학회지* 28(1) : 46-52

전종희 · 최윤진(1996) : 한국성인의 구리 섭취 및 아연 보충에 의한 혈장구리 농도의 변화. *한국영양학회지* 29(5) : 530

최혜란 · 김선우 · 안병상 · 김태화 · 허봉열 · 손의석(1980) : 정상 및 허혈성 심질환이 있는 한국인에 있어서의 HDL-cholesterol에 관한 연구. *대한내과학회지* 23 : 479-485

통계청(1999) : 한국의 사회지표

한국영양학회(1995) : 한국인 영양권장량(제 6 차 개정)

허영란 · 임현숙(1995) : 지방섭취증가가 일부 젊은 여성의 혈장지단백 조성에 미치는 영향. *한국영양학회지* 28(8) : 697-705

홍순명 · 백금주 · 정선희 · 오경원 · 홍영애(1993) : 여대생의 영양섭취상태 및 혈액 성상에 관한 연구 - 제 1 보 혈청지질 성분을 중심으로. *한국영양학회지* 26(3) : 338-346

Abbott RD, Garrison RJ, Wilson PWF, Epstein FH, Castelli WP, Feinleib M, Larue C(1983) : Joint distribution of lipoprotein cholesterol classes. The Framingham Study. *Arteriosclerosis* 3 : 260-272

Abdulla M, Suck C(1998) : Blood levels of copper, zinc, and lead in adults in India and Pakistan and the effects of oral zinc supplementation for six weeks. *Bio Trace Elem Res* 61(3) : 323-331

ADA Statement(1987) : Commentary recommendations concerning supplement usage, 87(9) : 1342-1343

AL-othman AA, Roosenstein F, Lei LY(1994) : Pool size and concentration of plasma cholesterol are increased and tissue copper levels are reduced during early stages of copper deficiency in rats. *J Nutr* 124 : 628-635

Allain CC, Poon LS, Chan CSG, Richmond W, Fu PC(1974) : Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clin Chem* 20 : 470-475

Cartwright GE, Wintrobe MM(1972) : Copper metabolism in normal subjects. *Am J Clin Nutr* 14 : 224

Coulston L, Dandonn P(1980) : Insulin like effect of zinc on adipocytes. *Diabetes* 29 : 665-667

Crofton RW, Gvozdanovic D, Gvozdanovic S, Khin CC, Brunt, PW, Nowat NA, Aggett PJ(1989) : Inorganic zinc and the intestinal absorption of ferrousiron. *Am J Clin Nutr* 50(1) : 141-144

Fosmire GJ(1990) : Zinc Toxicity. *Am J Clin Nutr* 51(2) : 225-227

Gibson RS(1990) : Principles of nutritional assessment. Oxford Univ. Press, New York, pp.181

Han EK(1994) : Relationship between dietary fatty acid intakes, blood lipids, plasma and RBC fatty acid composition and blood pressure in Korean adult women. Graduate school Sookmyung Woman's University

Herring BW, Leavell BS, Paixao LM, Yoe HJ(1960) : Trace metals in human plasma and red blood cells. I, Observation of nor-

- mal subject. *Am J Clin Nutr* 8 : 846-854
- Huber AM, Gershoff SN(1973) : Effect of zinc deficiency in rats on insulin release from the pancreas. *J Nutr* 103 : 1739-1744
- Janet CK(1990) : Assessment of zinc status. *J Nutr* 120 : 1474-1479
- Kinlaw WB, Levine AS, Morley JE, Silivis SE, McClain CJ(1983) : Abnormal zinc metabolism in type II diabetes mellitus. *Am J Med* 75 : 273-277
- Klevay LM, Inman L, Bolonchuk W, Johnson LK, Lowler M, Mahalko JR, Milne DB, Lukoski HC, Bolonchuk W, Sandstead NH (1984) : Increased cholesterol in plasma in young man during experimental copper depletion. *Metabolism* 33 : 1112-1118
- Klavay LM(1973) : Hypercholesterolemia in rats produced by an increase in the ratio of zinc to copper ingested. *Am J Clin Nutr* 26 : 1060-1068
- Koo SI, Turk DE(1977) : Effect of zinc deficiency on intestinal transport of triglyceride in the rat. *J Nutr* 107 : 909-919
- Koo SE, Williams DA(1981) : Relationship between the nutritional status of zinc and cholesterol concentration of serum lipoproteins in adult male rats. *Am J Clin Nutr* 34(11) : 2376-2381
- Levine AS, McClain CJ, Handwerger BS, Brown DW, Morlet JE (1983) : Tissue zinc status of genetically diabetic and streptozotocin induced diabetic mice. *Am J Clin Nutr* 37(3) : 382-386
- Margaret RB, Denis MM, Emery B, Ruth W(1988) : Zinc supplements and serum lipid in young adult white males. *Am J Clin Nutr* 47(6) : 970-975
- Martin-Lagos F, Navarro-Alarcon M, Terres-Martos C, Lopez-G SH (1997) : Serum copper and zinc concentrations in serum from patients with cancer and cardiovascular diseases. *Sci Total Environ* 19 : 204(1) : 27-35
- Moor de Burgos A, Ziemiński WM(1992) : Blood vitamin and lipid levels in overweight and obese women. *Eur J Clin Nutr* 46 : 803-808
- Murthy L, Petering HG(1976) : Effect of dietary zinc and copper interrelationships on blood parameters of the rat. *J Agric Food Chem* 24 : 808-811
- Peter WFF, Alexandre G(1987) : Effect of zinc supplementations on the copper status and cholesterol levels of cynomolgus monkeys. *Nutrition Research* 7 : 499-508
- Samir S, David CK(1988) : Zinc and cholesterol metabolism. *Nutrition Research* 8 : 559-570
- Singh RB, Gupta UC, Mittal N, Niaz MA, Ghosh S, Rastogi V(1997) : Epidemiologic study of trace elements and magnesium on risk of coronary artery disease in rural and urban Indian populations. *J Am Coll Nutr* 16(1) : 62-67
- Sung IK, Christine CL(1988) : Compositional changes in plasma high-density lipoprotein particles in marginally zinc-deficient male rats. *Am J Clin Nutr* 47(1) : 120-127
- Turnlund JR(1988) : Copper nutrition, bioavailability, and the influence of dietary factors. *J Am Diet Assoc* 88 : 303-310
- Yakinci C, Pac A, Küçükbay F, Tayfun M, Gül(1997) : A Serum, zinc, copper, and magnesium levels in obese children. *Acta Paediatr Jpn* 39 : 339-341
- Bear MY, King JC(1984) : Tissue zinc levels and zinc excretion during experimental zinc depletion in young men. *Am J Clin Nutr* 39(4) : 556-570