

도시 여대생에 있어 식품분석에 의한 아연, 구리섭취량과 혈액, 머리카락, 소변의 아연, 구리 함량에 관한 연구

손숙미·성수임

가톨릭대학교 식품영양학과

Zinc and Copper Intake with Food Analysis and Levels of Zinc and Copper in Serum, Hair and Urine of Female College Students

Son, Sook Mee · Sung, Su Im

Department of Food and Nutrition, The Catholic University of Korea, Puchon 422-743, Korea

ABSTRACT

The purpose of this study was to assess the zinc and copper nutritional status of 102 college women by measuring zinc and copper intake, hematological parameters of zinc and copper, hair zinc and copper and urinary excretion of zinc and copper. The mean zinc intake was 5.5mg(45.8% RDA) with food analysis and 4.5mg(37.8% RDA) with computation from food composition table. The copper intake with food analysis was 2.3mg and 1.2mg with computation. Mean serum zinc concentration was 77.02 μ g/dl and the proportion of subjects with zinc deficiency estimated by serum zinc($< 70\mu$ g/dl)was 23.0%. Mean serum copper concentration was 121.80 μ g/dl and 4.1% of subjects showed serum copper less than 70 μ g/dl. The mean ceruloplasmin concentration was 22.63mg/dl and the proportion of subjects whose ceruloplasmin was lower than 18~40mg/dl was 6.6%. The mean hair zinc of subjects was 143.8ppm and the mean hair copper was 11.2ppm. The mean urinary excretion of zinc was 0.43mg/day and the proportion of subjects with marginal deficiency estimated by urinary zinc excretion(< 0.3 mg/day) was 23.3%. The mean urinary copper excretion was 0.044mg/day which was within the normal range(0.01~0.06mg/day). Assessing by zinc content in hair, urine and serum, 22.9~23.3% of college women had borderline zinc deficiency or zinc deficiency. Whereas 4.1~6.6% of college women was assessed copper deficiency estimated by serum copper and ceruloplasmin. (*Korean J Nutrition* 32(6) : 705~712, 1999)

KEY WORDS: zinc intake, copper intake, serum zinc, hair zinc, urinary zinc, serum copper, ceruloplasmin, college women.

서 론

무기질은 우리 인체내에서 열량원이 되지는 않으나 생체의 구성성분, 대사조절물질로 중요하며 생리적으로나 임상적으로 그 의의가 명백해져가고 있다.

무기질중에서 아연은 철분 다음으로 인체와 동물조직내에 널리 분포하며 우리나라에서도 한국인 영양권장량 제6차 개정(1995)때에 성인 여자의 아연의 권장량이 12mg으로 처음 책정되었다. 생체내에서 아연은 효소의 구성요소로서 여러 대사 과정에 필수적인 효소의 활성을 위해 꼭 필요하며 성장¹⁾조직²⁾골격형성, 피부보호, 식욕, 세포 매개성 면역 등에 필수적인 미량원소이다.^{3~6)}

인체의 아연영양상태 판정방법으로 대표적인 것은 혈장 채택일 : 1999년 7월 14일

또는 혈청 아연을 측정하는 것이다. 그러나 이같은 아연 측정방법은 널리 쓰이는 방법이지만 식이변화, 체내 아연 보유성의 변화에 민감하게 변화하지 못한다.⁷⁾ 그에 반해 소변 중 아연 배설량은 혈액의 아연보다 식이 변화에 더 빨리 반응하는 것으로 보고 되었다.⁸⁾ Bear 등의 연구⁹⁾에 의하면 소변중 아연 배설량은 건강한 사람의 조직 아연 상태를 평가하는데 유용한 지표이며 소변중 아연배설량이 낮은 것은 아연 결핍을 보여주는 유용한 인자라고 보고 하였다. 한편 효소 활성에 아연을 필요로 하는 alkaline phosphatase (ALP)는 아연 영양상태 저하시에 활성이 감소되는 것으로 알려져 있으며 이밖에도 아연 영양 상태를 측정하는 방법으로 침, 땀, 정액, 머리카락, 변, 피부의 아연의 농도 측정방법이 있다.¹⁰⁾ 특히 머리카락의 아연함량은 오랫동안 만성적인 아연결핍이 있을 때 낮아진다고 보고 되었으며 두피에서 1~2cm 되는 사람의 머리카락의 아연함량은 모낭에서 샘

풀 채취전 4~8주 전의 아연의 uptake를 나타내는 것이므로¹²⁾ 머리카락의 아연은 횡적인 연구¹³⁾나 2~3주 동안의 아연보충 효과를 측정하는 연구에서¹⁴⁾ 혈청 아연과 상관관계를 보이지 않는 경우도 많다.

구리는 Hart 등¹⁵⁾에 의해 hemoglobin 형성과정에 필수적인 요소로 보고된 이래 영양학적으로 중요성이 인정되었다. 구리의 생리적 기능은 ceruloplasmin의 형태로 철분의 이용을 도와주며¹⁶⁾ lysyl oxidase의 구성성분으로서¹⁶⁾ collagen과 elastin의 cross linkage 형성을 도와주어 정상적인 골격형성에 관여하는 것으로 알려져 있고¹⁷⁾ cytochrome oxidase의 활성을 도와 마이엘린 합성에 관여하는 것으로 알려져 있다.¹⁸⁾

구리의 영양상태판정에는 혈청에서의 구리농도와 혈청 ceruloplasmin의 측정이 널리 사용되고 있다. 혈청 구리의 경우 구리의 결핍을 판정하기 위해 가장 흔하게 측정되며¹⁹⁾ 혈청 ceruloplasmin은 구리 보충이후의 구리 영양상태의 개선을 보기 위해 흔히 측정된다.²⁰⁾ 아연은 구리에 길항적으로 작용하며 적은 아연섭취량에 적응된 사람에게 아연의 권장량을 주는 것만으로도 분변중의 구리 배설량은 증가하는 것으로 보고되었으며²¹⁾ 성인이 150mg/d의 아연을 섭취할 경우 구리결핍증이 유도되므로²²⁾ 아연과 구리는 같이 측정되는 경우가 많다.

우리나라의 경우 아연과 구리에 관한 연구는 많지 않다. Park과 Chyun²³⁾은 한국성인의 아연섭취량은 미국식품성분표를 참고로하여 계산하였을 때 남자 8.52mg, 여자 6.42mg으로 보고 하였으며, 일부 농촌 주부들의 경우 3일간의 식이를 수거하여 분석한 아연의 섭취량은 8.99mg으로 보고되었다.²⁴⁾ 이와 같이 성인의 섭취량은 우리나라 아연 권장량의 53.5~75% 수준으로서 낮은 수준을 보이고 있다.

구리 섭취량은 계산법에 의해 대학생 남자 1.47mg, 대학생 여자 0.98mg으로 보고되었으며²⁵⁾ 한국인 영양권장량에서 제시된 적절하고 안정된 구리 섭취량(1.5~3.0mg/d)과 비교할 때 남자는 하한선에 가까웠고 여자는 다소 부족되는 양이었다. 농촌 성인의 경우 구리 섭취량은 분석법에 의하여 3.41mg이라고 보고되어²⁶⁾ 대학생에 비해 높은 편이었다.

여대생의 경우 외모에 대한 지나친 관심과 비만에 대한 우려 때문에 제한된 식사로 인하여²⁷⁾²⁸⁾ 영양소 불균형을 초래하기 쉬우며 여대생들의 철분영양상태에 관한 연구는 많으나 아연, 구리 영양상태에 관한 연구는 많지 않고 아연, 구리 섭취량도 대부분이 외국의 식품분석표를 참고로 하여 계산한 것이 많아 확실한 섭취량에 대한 자료가 더 필요하다. 따라서 본 연구에서는 여대생을 대상으로 섭취한 식이를 직접수거, 분석하여 아연과 구리의 섭취량을 측정하였으

며 또한 이양을 식품분석표를 사용하여 계산한 수치와 비교하였다. 또한 혈청, 머리카락, 소변중의 아연과 구리함량을 측정하였으며, ALP와 ceruloplasmin의 혈청농도를 측정하여 여대생의 아연과 구리영양상태를 살펴보았다.

연구대상 및 방법

1. 조사대상

만 18세에서 24세까지의 여대생중에서 각종질환이 없으며 과량의 술과 담배를 하지 않는 102명의 지원자를 대상으로 1996년 11월에 실시하였다. 조사대상자들이 속한 가계의 월 수입은, 200만원 미만이 전체의 23.0%, 200만원 이상 400만원 미만이 59.3%, 400만원 이상이 10.9%였다. 아버지 학력은 고졸이 전체의 42.1%, 대졸 이상이 전체의 50.0%였고 어머니의 경우 고졸이 46.9%, 대졸 이상이 23.4%였다.

2. 조사내용

1) 기록법에 의한 아연, 구리의 섭취량 조사

대상자들로 하여금 연속 3일간 섭취한 모든 식품을, 나누어준 식이 저울을 사용하여 직접 측정하여 음식명, 재료명, 섭취량을 정확하게 하루 단위로 기록하게 하였다. 기록 된 3일간의 식품섭취량을 바탕으로, 식이 아연섭취량은 한국인 영양권장량 6차개정에 수록된 식품분석표²⁹⁾를 이용하여 1일 평균 아연 섭취량을 계산하였고 식이 구리 섭취량은 미국의 식품분석표³⁰⁾를 참고로 하였다.

2) 수거한 식품의 아연, 구리 분석

대상자들은 기록된 섭취량과 동일한 양의 식품을, 수거상의 편의를 위해 밥, 면류, 국, 부식, 간식 등으로 분류하여 4g/L EDTA로 처리한 비닐에 담아 수거하였다.

수거후 총량을 재고 각 시료를 충분히 균질화 시킨 후 일부를 채취하여 무게를 쟁 다음, 도가니에 넣어 105~110°C의 drying oven에서 24시간 건조시킨 후 600°C의 전기로에서 회백색이 날 때까지 24~36시간 이상 회화시켜 탈 이온수와 진한 염산(1 : 1) 10ml를 가하여 녹인 다음 아연, 구리 분석에 사용하였다. 수거된 식품의 아연과 구리의 분석은 AAS(Atomic Absorption Spectrophotometer: Model AA-680 Schimadzu)로 측정하였다.

실험에 사용된 모든 실험기구들은 오염방지를 위해 깨끗이 씻은후 질산원액에 24시간 이상 담궈두었으며 탈 이온수로 세번이상 세척하여 건조기에서 건조시킨후 사용하였다. 분석에 사용된 아연과 구리의 분석조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Analytical and measurement condition of AAS for the analysis zinc and copper contents in serum

	Zinc	Copper
Analytical conditions		
HCL(MA)	4	3
SLIT(NA)	0.5	0.5
WL(NM)	213.9	324.8
MODE	B.G.C	B.G.C
Measurement conditions		
Signal-proc	INT-HOLD	INT-HOLD
Pre-spray	3	3
ITG-time	5	5
Repeat(N)	2	2
Max-N	2	2
CV(%)	99	99

3) 혈청, 머리카락, 소변에서의 아연, 구리 분석

아침공복시에 정맥혈로부터 혈액을 채취하였으며 6000 rpm에서 10분간 원심분리하여 혈청을 얻었다. 혈청 아연의 경우 혈청 탈이온 종류수의 비를 1:4로 하여 분석에 사용하였고 혈청 구리의 경우 혈청:탈이온 종류수의 비를 1:3으로 하여 분석에 사용하였다.

머리카락의 경우 두피에서 가까운 2cm 가량의 머리카락을 취하여 공기에서의 노출로 인한 오염을 최소화 하였고자 하였다. 머리카락 아연, 구리의 경우 머리카락 0.5g을 온수에서 baby shampoo(Johnson & Johnson)로 잘 세척한 후 absolute alcohol에 5분간 담가 두었다가 1mole의 EDTA 용액에서 10분간 방치한 후 중류수로 씻어 50°C 온풍기에 건조시켜 머리카락 외부의 아연, 구리 오염을 최소화 하였다.³¹⁾

뇨는 혈액 채취 하루전 24시간 뇨를 채취하였는데 아침 8시에 완전히 배뇨시킨 후부터 시작하여 다음날 아침 8시 까지 배출된 뇨를, 질산으로 처리하고 toluene을 떨어뜨린 통에 채취하였다. 소변 전량의 부피를 쟁다음 잘 섞어주고 그중의 8ml을 채취하여 4000rpm 5°C에서 10분간 원심분리시킨후 상층액만 취하여 진한 염산으로 pH3~4로 조정한 다음 분석에 사용하였다.³²⁾

혈청, 머리카락, 소변의 아연, 구리 측정도 식품분석에서와 마찬가지로 AAS를 사용하여 측정되었으며 각 시료에 대해 3번 측정하여 평균값을 사용하였다.

4) 혈청의 ALP 및 ceruloplasmin의 측정

혈청의 ALP는 BM ALP kit(Boehringer Mannheim, Germany) 사용하여 37°C에서 전자동 생화학 분석기(Hitachi747, Hitachi Co, Japan)을 사용하여 측정되었다.

Ceruloplasmin의 경우 nephelometry의 원리를 적용하는³³⁾ ceruloplasmin kit(Behring, Germany)를 사용하여 Nephelometer(Behring Nephelometer, Germany)

에 의해 측정되었다. 자료는 평균 ± 표준편차로 제시되었으며 분석에는 SAS program package를 이용하였다.

5) 통계처리

자료는 평균 ± 표준편차로 제시되었으며 분석에는 SAS program package를 사용하였으나 영양소섭취량과 지표들간의 상관관계는 Pearson correlation coefficient를 사용하였다.

연구결과 및 고찰

1. 아연 및 구리의 섭취량

평균 아연 섭취량은 식이분석치가 5.5mg, 식품성분에 의한 계산치가 4.5mg으로서 식이분석치에 의한 섭취량이 계산법에 의한 평균 아연 섭취량에 비해 1mg 높았는데 이는 제6차 영양권장량에 아연함량이 제시된 식품의 종류도 제한되어 있고 또한 영양 권장량에 실려 있는 식품의 아연 분석치 자체가 일본 및 미국의 자료를 이용했기 때문에 계산치와 분석치간의 아연 섭취량이 차이가 있다고 생각된다. 또한 섭취량은 권장량 12mg에 비해 각각 37.8%, 45.8%로서 권장량에 크게 미달되었다(Table 2).

조사대상자의 평균 구리 섭취량은 식이분석치 2.3mg, 계산치 1.2mg으로서 아연의 경우와 마찬가지로 분석치값이 계산에 의한 값보다 높았다. 우리나라 사람들의 구리섭취량에 관한 연구는 많지 않으나 본 연구에서의 하루 구리섭취량은 Sung 등²⁰⁾이 농촌주부를 대상으로 분석법에 의해서 보고한 3.41mg에 비해 낮았고 Chyun과 Choi가 계산법에 의해서 보고한²⁵⁾ 여대생의 0.98mg/day에 비해 높았으며 Rhie 등이 농촌주부들을 대상으로 식이 분석법에 의해서 보고한²⁴⁾ 2.2mg/day과 비슷했다.

분석법에 의한 구리의 섭취량은 미국인 권장량인 1.5~2.5mg의 92.0~153.0% 수준이었으나 제6차 한국인영양권장량에서 제시한 한국성인의 안전하고 적절한 구리 섭취 범위인 1.5~3mg/day와 비교할 때 76.7~153.0% 수준으로서 아연 섭취량 보다는 권장량에 비해 높은 비율로 섭취하고 있었다(Table 2).

Table 3은 대상자의 아연, 구리의 식이분석에 의한 섭취량을 주식(밥, 빵, 면류), 국, 부식, 간식 등으로 나누어 그 섭취량을 본 것이다. 아연 평균 섭취량의 경우 밥과 빵에서 섭취하는 아연양이 1.71mg으로서 전체 섭취량의 31.1%였으며 밥과 빵, 국수 등의 주식을 통하여 섭취하는 양이 2.48mg으로서 전체 섭취량의 44.9%를 차지하였다.

아연의 경우 그 급원식품이 주로 육류, 간, 유류등의 동물

Table 2. Comparison of zinc and copper intake with food analysis and food record (mg)

	Zinc(%RDA)	Copper(%RDA)
Analysis of food	5.5 ± 1.8(45.8)	2.3 ± 2.5(92.4 – 154.0)
Food record	4.5 ± 2.1(37.8)	1.2 ± 0.2(49.2 – 82.0)
RDA(mg)	12.0	1.5 – 3.0*

(1995)

*Safe and appropriate amount of copper suggested by Korean Society of Nutrition

Table 3. Intake of zinc and copper from food analysis

		Mean±SD(%)
Zinc(mg)	Main dish	
	Rice, Bread	1.71 ± 1.22 (31.1)
	Noodle	0.77 ± 0.56 (13.8)
	Soup	0.44 ± 0.28 (7.9)
	Side dish	1.30 ± 0.80 (23.6)
	Snack	1.28 ± 1.40 (23.3)
Copper(mg)	Total	5.6 ± 1.8 (100.0)
	Main dish	
	Rice, Bread	1.03 ± 2.52 (44.6)
	Noodle	0.37 ± 0.38 (16.0)
	Soup	0.20 ± 0.17 (8.7)
	Side dish	0.35 ± 0.29 (15.2)
	Snack	0.37 ± 0.54 (15.5)
	Total	2.3 ± 2.5 (100.0)

성식품이며 곡류의 및 채소의 아연함량은 높지 않으나 우리나라 사람들의 곡류 섭취량이 상당히 많으므로 주식을 통한 아연섭취량이 높게 나타난 것으로 생각된다. 곡류로부터 얻은 아연은 곡류의 수산 때문에 흡수율이 상당히 저하되므로³⁴ 본 연구대상자들의 경우 아연섭취량이 권장량에 크게 못미쳤을 뿐 아니라 대부분이 밥이나 빵, 국수등의 곡류를 통하여 아연을 섭취하고 있어 흡수율이 떨어질 것으로 생각된다. 구리의 경우에도 밥과 빵, 국수 등을 통하여 섭취하고 있는 양이 1.40mg으로서 전체 섭취량의 60.6%를 차지하였다. 아연의 경우 반찬으로 전체섭취량의 23.6%, 간식으로 23.3%를 섭취하였으며 구리의 경우 반찬으로 15.2%, 간식으로 15.5% 섭취하고 있어 아연이 구리에 비해 반찬이나 간식으로 섭취하는 비율이 높았다.

2. 혈청에서의 아연, 구리 지표

대상자의 평균 혈청아연농도는 77.02 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로서 Sung의 농촌성인에서 보고된²⁶ 140 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 보다 낮은 수치를 보였으며(Table 4) Park과 Chyun²³이 보고한 여대생의 62.49 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 보다는 높았고 1984년에 Pilch와 Senti가 보고한³⁵ 미국 성인여자의 86 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 보다는 낮았다. 평균 혈청아연농도는 아연의 영양상태를 판정하기 위해 가장 넓게 쓰여지고 있는 지표로서 심한 아연 결핍이 있을 때 낮은 값을 나타낸다. 그러나 혈청아연은 항상성을 유지하도록 조절되므로 경

Table 4. Hematologic parameters of zinc and copper

Concentration	Mean ± SD*
Zinc($\mu\text{g}/\text{dl}$)	77.02 ± 11.65
Alkaline phosphatase(Unit/L)	68.3 ± 15.5
Copper($\mu\text{g}/\text{dl}$)	121.80 ± 24.29
Ceruloplasmin	22.6 ± 3.3

*SD: Standard deviation

계상의 아연 결핍일 경우에는 정상을 유지할 때가 많으며 스트레스,³³ 감염,³⁶ 피임약³⁷ 등에 의해 농도가 감소되고 공복이나 적혈구 파괴 등에 의해 농도가 증가되므로 제한점이 많다.³⁸ 이러한 제한점에도 불구하고 혈청 아연농도는 인체의 교환가능한 아연풀의 크기(exchangeable zinc pool)를 나타낸다. 일반적으로 혈장 아연의 정상농도는 성인여자가 76~110 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ³⁹로 알려져 있으며 본 연구에서는 아연 결핍의 기준치인 70 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 미만³⁸을 보인 대상자가 전체의 23.0%였다.

ALP는 아연을 함유하는 metalloenzyme으로써, 아연을 포함하는 다른 효소인 carbonic anhydrase나 dehydrogenase의 작용이 임상증세가 나타난 후에야 감소하는데 비해 실현동물에게 충분하지 못한 아연을 섭취시켰을 때에 급격하게 감소하며⁴⁰ 아연 투여시에는 증가하는 것으로 보고되었다.⁴¹ 그러나 사람에 있어서 ALP가 아연영양 상태에 따라 나타나는 반응은 일정하지 않다.⁴² 본 연구에서의 평균 혈청 ALP농도는 68.28unit/L로 Park과 Chyun이 보고한²³ ALP농도인 55.43unit/L에 비해서는 다소 높았으며 정상 성인남녀의 ALP 활성도인 20~100unit와 비교해 볼 때 정상 범위안에 있었다.

본 연구 대상자의 평균 혈청 구리농도는 121.80 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 Chyun 등²⁴이 성인 대상으로 측정한 116.62 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 와 Sung 등²⁵이 보고한 농촌성인의 120 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 와 비슷한 경향을 나타냈다. 혈청에서의 구리는 두가지 주형태로 존재하는데 그 하나는 ceruloplasmin에 강하게 결합되어 있는 형태이고 또 하나는 일부민에 가역적으로 결합되어 있는 형태이다(Gibson 1990).

혈청 구리의 경우 건강한 사람의 구리영양 상태를 나타내는 지표로 쓰이기에는 예민한 지표가 되지 못하고 스트레스, 감염, 구리의 비영양적인 요소에 의해 영향을 받기도 하나⁴³ 현재로서는 구리결핍을 판정하기 위해 일상적으로 측정되고 있다.

성인 여성의 혈청구리 경우는 80~155 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이 정상 범위로 보고되었으며⁴⁴ Korean Medical Institution에서는 70~140 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 을 정상으로 간주한다. 본 연구에서는 혈청구리의 농도가 70 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 미만을 보인 대상자만 4.2%로서 혈중 아연에 비해 정상범위 미만인 대상이 낮았다(Table 5).

Table 5. Distribution of subjects according to serum zinc and copper

	Concentration	No. of subject (%)
Serum zinc ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	90 \leq	7 (7.3)
	80 \leq < 90	29 (30.2)
	70 \leq < 80	38 (39.2)
	60 \leq < 70	16 (16.7)
	< 60	6 (6.3)
Serum copper ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	150 \leq	8 (8.3)
	130 \leq < 150	31 (32.3)
	110 \leq < 130	33 (34.4)
	70 \leq < 110	20 (20.8)
	< 70	4 (4.2)

Table 6. Zinc and copper concentration of hair

Concentration	Mean \pm SD*	Range
Zinc(ppm)	143.79 \pm 23.5	94.6 - 191.3
Copper(ppm)	11.21 \pm 4.9	4.3 - 24.3

*SD: standard deviation

Ceruloplasmin은 혈청에서 구리를 함유하는 대표적인 단백질로서 주로 간에서 합성되고 혈청구리의 농도가 상승하면 ceruloplasmin의 농도도 상승하며⁴⁵⁾ copper 결핍이 있었던 대상자들에게 구리를 투여했을 경우에도 ceruloplasmin의 농도는 상승하는 것으로 보고되었다. 본 연구 대상자의 평균 ceruloplasmin의 농도는 22.63mg/dl(Table 4)로 Kim과 Lee가 보고한⁴⁵⁾ 여대생의 28.6~32.6mg/dl에 비해 낮았으나 정상범위인 18~40mg/dl 안에 있으며 정상범위 미만을 보인 대상자의 6.6%로서 혈청구리가 정상 미만을 보인 비율과 비슷했다.

3. 머리카락에서의 아연, 구리농도와 소변배설량

머리카락의 아연 농도는 인체의 아연 영양상태를 나타내는 지표로 사용될 수 있으며 중동지방 난쟁이 청년들의 아연결핍증,⁴⁷⁾ 손상된 미각⁴⁸⁾ 등에서 낮은 머리카락 아연 농도가 보고 되었다. 머리카락의 아연농도는 만성적인 아연 영양 상태를 나타내며 짧은기간 동안의 아연 영양상태 변화는 잘 예측하지 못하는데 이는 두피에서 1~2cm 떨어진 곳의 머리카락 아연은 머리카락 채취 4~8주전에 모낭에 받아도록 진 아연을 반영하는 것이기 때문이다.

본 연구에서의 대상자의 머리카락 아연농도는 143.8ppm으로(Table 6) Sung이⁴⁹⁾ 보고한 여대생의 150.2ppm에 비해서 약간 낮았으며 Heo와 Son이 보고한⁵⁰⁾ 취학전 아동의 65~79ppm보다 높았다. 본 연구에서는 Bertram이⁵¹⁾ 여러 결과를 종합하여 발표한 사람 머리카락 아연의 정상범위인 100~250ppm에 대부분이 속해 있었으며 어린이의 식욕부진과 관계 있다고 보는 머리카락 아연농도인 70ppm 미만은 찾아 볼 수 없었다(Table 8).

Table 7. 24-hour urinary excretion of copper and zinc

Excretion	Mean \pm SD*	Range
Urinary volume (ml/day)	949.9 \pm 283.7	548.0 - 1806.0
Urinary zinc (mg/day)	0.43 \pm 0.170	0.14 - 0.95
Urinary copper (mg/day)	0.0442 \pm 0.015	0.0122 - 0.0752

*SD: standard deviation

Table 8. Distribution of copper and zinc level in hair and urine

	Concentration	No. of subject(%)
Hair zinc (ppm)	170 \leq	7 (16.7)
	150 \leq < 170	5 (11.9)
	130 \leq < 150	8 (19.0)
	110 \leq < 130	16 (38.1)
	< 110	6 (14.3)
Hair copper (ppm)	16 \leq	4 (9.5)
	13 \leq < 16	15 (35.7)
	10 \leq < 13	12 (28.6)
	7 \leq < 10	5 (11.9)
	< 7	6 (14.3)
Urinary zinc (mg/day)	0.5 \leq	14 (9.5)
	0.4 \leq < 0.5	15 (35.7)
	0.3 \leq < 0.4	12 (28.6)
	0.2 \leq < 0.3	5 (11.9)
	< 0.2	6 (14.3)
Urinary copper (mg/day)	0.08 \leq	7 (16.3)
	0.06 \leq < 0.08	8 (18.6)
	0.04 \leq < 0.06	18 (41.9)
	0.02 \leq < 0.04	9 (20.9)
	< 0.02	1 (2.3)

머리카락의 구리농도는 사람의 구리영양상태를 나타내는데 쓰이기에는 신뢰도가 불확실하나 간과⁵²⁾ 심장, 신장의 구리저장량과 상관관계가 있다고 보고 되었다.⁵³⁾ 본 연구 대상자의 머리카락 구리 농도는 11.2ppm으로서 Heo와 Son⁵⁰⁾이 측정한 아동의 머리카락 구리농도인 13.4~19.7 ppm보다 낮았다. 우리나라에서 머리카락의 구리농도를 측정한 연구는 많지 않으며 성인의 정상 농도도 알려져 있지 않다. 본 연구에서는 연구대상자의 수는 많지 않으나 50 percentile에 해당하는 머리카락 구리의 농도는 9.86ppm 이었으며 10percentile의 경우 6.18ppm이었다(Table 9).

소변의 아연 배설량은 혈청 아연보다 식이 변화에 더 빨리 반응되고 건강한 사람의 아연은 영양상태를 평가하는데 유용한 지표라고 보고되었다.⁵⁴⁾ 본 연구에서는 소변의 평균 아연 배설량이 하루에 0.43mg으로서(Table 7) Oh와 Yoon이 보고한⁵⁴⁾ 0.28mg과 Sung 등이 보고한⁵⁵⁾ 0.29mg에 비해 높았으며 인도 성인을 대상으로 보고한⁵⁵⁾ 0.47mg과 비슷했다. 소변중 아연 배설량이 낮은 것은 아연의 결핍 가능성을

Table 9. Concentration of zinc and copper in serum and urine according to the percentile

		10%	25%	50%	75%	90%
Serum ($\mu\text{g/dl}$)	Zn	64.3	70.3	77.5	83.2	89.5
	Cu	91.56	106.8	122.1	138.1	148.4
Hair (ppm)	Zn	104.7	126.5	9.86	162.8	168.5
	Cu	6.18	7.79	147.7	13.20	17.90
Urine (mg/day)	Zn	0.2493	0.31	0.41	0.53	0.60
	Cu	0.0265	0.0304	0.0437	0.057	0.0644

Table 10. Correlation between nutrient intake and Cu and Zn parameters

Parameters \ Intake	Kcal	Protein	Fat	Vit A	Vit B ₁	Vit B ₂	P	Fe	Zn	Cu
Hair										
	Cu	0.3114*	NS	0.3184*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Zn	NS	NS	NS	0.4086*	NS	NS	NS	NS	NS
Serum										
	Cu	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Zn	NS	0.3083*	NS	NS	NS	NS	-0.3334*	NS	NS
Urinary										
	Cu	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Zn	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

*p < 0.05

보여주는 것이며 하루소변의 아연 배설량이 0.3mg 이하일 경우에는 경계상의 아연결핍(marginal zinc deficiency)을 나타낸다.¹²⁾ 본 연구에서는 소변의 아연 배설량이 0.3 mg 미만인 경우가 전체의 23.3%였다.

소변중 구리 배설량은 구리의 영양상태를 보기위해 자주 쓰여지지는 않으나 구리가 결핍된 TPN 주사를 맞는 사람들의 소변중 구리 배설량이 감소하였다.⁵⁶⁾

본 연구에서는 소변중 평균 구리 배설량이 하루에 0.044 mg으로서 정상 범위인 0.01~0.06mg⁵⁷⁾에 속했으며 정상 범위를 벗어난 대상자가 없었다.

4. 머리카락, 혈청, 소변의 구리, 아연함량과의 영양소섭취량과의 상관관계

머리카락의 구리농도는 에너지 섭취량, 지방섭취량과 정의 상관관계($p < 0.05$)를 나타내어 에너지 섭취량이 높을수록, 지방의 섭취량이 높을수록 머리카락의 구리농도는 높았다. 이에비해 머리카락 아연농도는 비타민 A와 정의 상관관계($p < 0.01$)를 보였다.

혈청구리는 영양소섭취량과 유의적인 상관관계가 없었으며 혈청아연은 단백질섭취량과 유의한 정의 상관관계($p < 0.05$)를 보여 단백질섭취량이 높을수록 혈청아연이 증가하였는데 이는 아연의 급원식품중 동물성식품이 아연의 흡수율이 높은것과 관련있는 것으로 보인다. 혈청아연은 또한 철분의 섭취량과는 유의한 부의 상관관계를 보여($p < 0.05$) 철분의 섭취량이 높을수록 혈청의 아연농도는 감소되었다.

철분은 아연과 상호경쟁하며 아연에 대한 철분비율이 높을 때 아연의 흡수가 저하되기 때문으로 생각된다.⁵⁸⁾ 소변의 구리와 아연배설량은 구리와 아연을 포함한 영양소섭취량과 유의한 상관관계가 없었다.

본연구에서 3일 동안의 영양소섭취량을 구하였으나 머리카락, 혈청, 소변의 구리, 아연농도는 구리와 아연의 섭취량 분석치와 유의한 상관관계를 보이지 않았으며 오히려 다량 영양소인 에너지, 지방, 단백질 섭취량 등과 상관관계를 보였고 미량 영양소 중에서 비타민 A, 철분의 섭취량과 유의한 상관관계를 보였다.

요약 및 결론

본 연구에서는 만 18세에서 24세까지의 여대생중에서 각종 질환이 없으며 과량의 술과 담배를 하지 않는 102명의 지원자들을 대상으로 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 평균아연섭취량은 식이 분석치가 5.5mg, 식품성분에 의한 계산치가 4.5mg으로서 식이분석치에 의한 섭취량이 계산법에 의한 평균 아연 섭취량에 비해 1mg 높았으며 각각 권장량의 45.8%, 37.8%로서 권장량에 크게 미달되었다. 또한 아연의 경우 밥과 빵, 국수 등 주식으로 섭취하는 양이 2.48mg으로서 전체 섭취량의 44.9%였다.

2) 평균구리 섭취량은 식이분석치가 2.3mg, 계산치가 1.2mg으로서 아연의 경우처럼 식이 분석치가 1.1mg 더 높았다. 이것은 제6차 한국인권장량에서 한국성인의 안전하고

적절한 구리섭취 범위인 1.5~3mg/day와 비교할 때 76.7 ~153.0% 수준으로서 아연 섭취량 보다는 권장량에 비해 높은 비율로 섭취하고 있었다. 구리의 경우에도 쌀과 빵, 국수 등을 통하여 섭취하는 양이 1.40mg으로서 전체 섭취량의 60.6%를 차지했으며 섭취비율이 아연의 경우 보다도 높았다.

3) 대상자의 평균 혈청 아연농도는 77.02 μ g/dl였으며 아연결핍기준치인 70 μ g/dl 미만을 보인 대상자가 전체의 22.9%였고 평균 ALP농도는 68.28unit/L로 정상범위안에 있었다. 평균 혈청구리는 121.80 μ g/dl였으며 혈청 구리농도가 70 μ g/dl 미만인 대상자는 4.1%였고 대상자의 평균 ceruloplasmin 농도는 22.63mg/dl로 정상범위인 18~40 mg/dl 미만을 보인 대상자가 6.6%였다.

4) 대상자의 머리카락 아연농도는 143.8ppm이었으며 사람 머리카락 아연의 정상범위인 100~250ppm에 대부분 속해있었고 평균 머리카락 구리농도는 11.2ppm이었다.

5) 소변중 하루 평균 아연 배설량은 하루에 0.43mg으로서 경계상의 아연결핍(marginal zinc deficiency)인 하루 아연 배설량 0.3mg 미만을 보인 대상자가 전체의 23.3%였다. 소변중 하루 평균 구리 배설량은 0.044mg으로서 정상 범위인 0.01~0.06mg에 속했으며 정상 범위를 벗어난 대상자가 없었다.

6) 머리카락의 구리농도는 에너지 섭취량, 지방섭취량과 정의 상관관계($p < 0.05$)를 나타내었으며 머리카락 아연 농도는 비타민 A 섭취량과 정의 상관관계를 보였다($p < 0.01$). 혈청 아연농도는 단백질 섭취량과는 정의 상관관계를 보였고($p < 0.05$) 철분의 섭취량과는 부의 상관관계를 보였다($p < 0.05$).

이상과 같이 살펴보았을 때 대상자들의 아연섭취량은 권장량에 크게 미달되었으며 혈청 아연, 소변중 아연 배설량으로 살펴보았을 때 대상자의 22.9~23.3%가 경계상의 아연 결핍 혹은 아연결핍을 보여 아연 결핍여대생이 예상보다 많음을 볼 수 있었다. 이에 비해 대상자의 평균구리섭취량은 안전하고 적절한 구리섭취의 76.7%를 넘었으며 혈청구리 농도, 혈청 ceruloplasmin 농도로 판정된 구리결핍여대생이 전체의 4.1~6.6%로서 아연에 비해 낮음을 보여주었다.

Literature cited

- 1) Vander Kooy PD, Gibson RS. Food composition patterns of Canadian preschool children in relation to zinc and growth status. *Am J Clin Nutr* 45: 605-614, 1987
- 2) Goldren MH, Golden BE. Effect of zinc supplementation on the dietary intake, rate of weight gain, and energy cost of tissue deposition in children recovering from severe malnutrition. *Am J Clin Nutr* 34: 900-908, 1981
- 3) Prasad AS. Clinical biochemical and nutritional spectrum of zinc deficiency in human subjects: An update. *Nutr Rev* 41(7): 197-208, 1983
- 4) Walravens PA, Krebs NF, Hambidge KM. Linear growth of low income preschool children receiving a zinc supplement. *Am J Clin Nutr* 38: 195-201, 1983
- 5) Johnson DE, Hunt CD, Milne DB, Mullen LK. Homeostatic control of zinc metabolism in men: Zinc excretion and balance in men fed diets low in zinc. *Am J Clin Nutr* 57: 557-565, 1993
- 6) Parasad AS. Clinical manifestation of zinc deficiency. *Ann Rev Nutr* 5: 341-363, 1985
- 7) King JC. Assessment of techniques for determining human zinc requirements. *Am Diet Assoc* 86: 1523-1528, 1986
- 8) Apigar J. Zinc and reproduction :an update. *J Nutr Biochem* 3: 2566-2578, 1992
- 9) Bear MY, King JC. Tissue zinc levels and zinc excretion during experimental zinc depletion in young men. *Am J Clin Nutr* 30: 556-570, 1984
- 10) Cousins RJ. Systemic transport of zinc. In: *Zinc in human biology* Mils, CFed. pp.79, Springer-Verlag, London, 1989
- 11) Gibson RS. Zinc nutrition in developing countries. *Nutrition Research Reviews* 7: 151-173, 1994
- 12) Gibson RS. Principles of nutritional assessment. pp.548-549, Oxford University Press. New York, Oxford, 1990
- 13) McBean LD, Mahloudji M, Reinhold JC, Halsted JA. Correlation of zinc concentration in human plasma and hair. *Am J Clin Nutr* 24: 506-509, 1978
- 14) Lane HW, Warren DC, Squyres NC, Cotham AC. Zinc concentrations in hair, plasma, and saliva and changes in taste acuity of adults supplemented with zinc. *Biological Trace Element Research* 4: 83-93, 1982
- 15) Hart EB, Steenbok H, Waddel J, Elevehjem CA. Iron in Nutrition VII. copper as a supplement to iron for hemoglobin building in the rat. *J Biol* 77: 792-797, 1928
- 16) Freden E, Hsieh HS. Ceruloplasmin: The copper transport protein with essential oxidase activity. *Adv Enzymol* 44: 187-196, 1976
- 17) Rayton JK, Harris ED. Induction of lysyl oxidase with copper. *J Biol Chem* 254: 621-626, 1979
- 18) Morgan RE, O'Dell BL. Effect of copper deficiency on the concentration of catecholamines and related enzyme activities in the rat brain. *J Neurochem* 28: 207-216, 1977
- 19) Gibson RS. Principles of nutritional assessment. pp.522-525, Oxford University press. New York, Oxford, 1990
- 20) Danks DM. Copper deficiency in humans. In: *Biological roles of copper*. Ciba Foundation Symposium 79(New Series). Excerpta Medica, New York, pp.209-225
- 21) Festa MD, Anderson HL, Dowdy RP, Ellersiek MR. Effect of zinc intake on copper excretion and retention in men. *Am J Clin Nutr* 4: 285-292, 1985
- 22) Prasad AS, Brewer GJ, Schoomaker EB, Rabbini P. Hypocupremia induced by zinc therapy in adults. *JAMA* 240: 2166-2168, 1978
- 23) Park JS, Chyun JH. Dietary zinc analysis and changes of zinc nutriture with zinc supplementation in Korean Adults. *Korean J Nutr* 26 (9): 1110-1117, 1993
- 24) Rhie SG, Lee DT, Kim HN, Kim AJ, Sung CJ. The comparison of mineral intakes with serum lipids and minerals in some rural housewives. *J Kor Soc Food Nutr* 19(5): 411-417, 1990
- 25) Chyun JH, Choi YJ. Dietary copper intakes and effect of zinc supplementation on plasma copper levels in Korean adults. *Kor J Nutr* 29 (5): 528-532, 1996
- 26) Sung CJ, Choi MK, Jo JH, Lee YJ. Relationship among dietary intake, blood level, and urinary excretion of minerals and blood pressure in

- Korean rural adult men and women. *Kor J Nutr* 26(1): 89-97, 1993
- 27) Kim K, Lee MJ, Kim JH, Shim YH. A study on weight control attempt and related factors among college female students. *Kor J Commu Nutr* 3(1): 21-33, 1998
- 28) Park HS, Lee HO, Sung CJ. Body image, eating problems and dietary intakes among female college students in urban area of Korea. *Kor J Commu Nutr* 2(4): 505-514, 1997
- 29) Recommended dietary allowances for Koreans, 6th revision, The Korean Nutrition Society, Seoul, 1995
- 30) Food values of portions commonly used. 14th edition. Jean AT Pennigton. Harper & Row Publishers, 1988
- 31) Shearer TR, Larson K, Neuschwander J, Gedre B. Minerals in the hair and nutrient intake of autistic children. *J Aut Develop Disorders* 12(1): 25-34, 1982
- 32) Bauer JD. Clinical laboratory method, pp.506-508, CV Mosby Company, 1982
- 33) Stenberg JC. A rate nephelometer for measuring specific proteins by immunoprecipitation reactions. *Clin Chem* 23: 1456-1464, 1977
- 34) Solomons NW, Cousins RJ. Zinc. In Solomons NW, Rosenberg IH (eds), Absorption and malabsorption of mineral nutrients. Alan R Liss, New York, pp.125-197
- 35) Pilch SM, Senti FR. Assessment of the zinc nutritional status of the U.S. population based on data collection in the second National Health and Nutrition Examination Survey. 1976-1980. Life sciences Research office, Federation of American Society of Experimental Biology. Bethesda, Maryland, 1984
- 36) Beisel WR, Pekarek RS, Wannemacher RW Jr. Homeostatic mechanisms affecting plasma zinc levels in acute stress. In: Prasad AS (ed). Trace elements in Human Health and disease Volume 1. Zinc and Copper. Academic Press, New York, pp.87-106, 1976
- 37) Smith JC Jr, Brown ED. Effects of oral contraception agents on trace element metabolism: A review. In: Prasad AS (ed). Trace Elements in Human Health and Disease. volume 1. Academic press, New York, pp.315-345
- 38) Gibson RS. Principles of nutritional assessment. pp.543-546. Oxford University Press. New York, Oxford, 1990
- 39) Bauer JD. Clinical laboratory methods. 9th ed. The C.V. Mosby Company. pp.518-519, 1982
- 40) Adeniyi FA, Heaton FW. The effect of zinc deficiency on alkaline phosphatase and its isoenzymes. *Brit J Nutr* 43: 561-569, 1980
- 41) Christine AS, Robert MBS, Charles HR. Zinc status of healthy elderly adults: Response to supplementation. *Am J Clin Nutr* 48: 343-349, 1988
- 42) Nanji AA, Anderson FH. Relationship between serum zinc and alkaline phosphatase. *Human nutrition: Clinical nutrition* 37C: 461-462, 1983
- 43) Pekarek RS, Powanda MC, Wannemacher RW Jr. The effect of leukocytic endogenous mediator(LEM) on serum copper and concentrations in the rat. *Proceed Soc Exp Biol Ceruloplasmin Med* 141: 1029-1031 1972
- 44) Tietz NW. Clinical Guide to laboratory tests. WB Saunders Co. Philadelphia, pp.142-145, 1983
- 45) Kim JH, Lee HS. Levels of serum lipids, copper, zinc, ceruloplasmin and ferroxidase activity in smoking college women. *Kor J Commu Nutr* 2(4): 515-522, 1997
- 46) Lenter C. Geigy. Scientific tables. vol. 3. Physical chemistry, composition of blood, hematology, sormatometric data. west daldwell. Ciba-geigy New York, 1984
- 47) Strain WH, Steadwan LT, Lankau A, Berliner WP, Pories WJ. Analysis of zinc levels in hair for the diagnosis of zinc deficiency in man. *J Lab and Clin Med* 68: 244-249, 1966
- 48) Buzina R, Jusic M, Sapunar J, Milanovic N. Zinc nutrition and taste acuity in school children with impaired growth. *Am J Clin Nutr* 33: 2262-2267, 1980
- 49) Sung CJ. A study on the zinc concentration in serum and hair of Korean female collegians. *Kor J Nutr* 17(2): 137-144, 1984
- 50) Heo GY, Son SM. The study of nutrient intake and mineral contents of hair and urine in autistic children. *Kor J Commu Nutr* 1(3): 346-353, 1996
- 51) Bertram HP. Klinisch-Praktische Aspekte der zinkbestimmung in humanproben. *Akt Ernaehr* 8: 104-106, 1983
- 52) Jacob RA, Klevay LM, Logan GM Jr. Hair as a biopsy material V. Hair metal as an index of hepatic metal in rats: Copper and zinc. *Am J Clin Nutr* 31: 477-480, 1978
- 53) Klevay LM. Hair as a biopsy material. V1. Hair copper as an index of copper in heart and kidney of rats. *Nut Rep Int* 23: 371-176, 1981
- 54) Oh HM, Yoon JS. Zinc status of adult female in the Taegu region as assessed by dietary intake and urinary excretion. *Kor J Commu Nutr* 2 (1): 52-62, 1997
- 55) Kumar S, Jaya Rao KS. Blood and urinary zinc levels in diabetes mellitus. *Nutr Metabol* 17: 231-235, 1974
- 56) Solomon NW. On the assessment of zinc and copper nutriture in man. *Am J Clin Nutr* 32: 856-871, 1979
- 57) Olivares M, Uauy R. Copper nutrition in humans. Copper as an essential nutrient. Supplement to the. *Am J Clin Nutr* 63(5): 791-796, 1996
- 58) Storey ML, Gireger JL. Iron, Zinc and Copper interactions :chronic versus acute response of rats. *J Nutr* 117: 1434-1440, 1987