

일부 사춘기 여중생의 혈청 구리, 아연함량과 혈청 렙틴 및 지질과의 관계

김미현[†] · 이윤신* · 이다홍 · 박혜순** · 승정자

숙명여자대학교 식품영양학과

*수원여자대학 식품과학부

**울산의대 서울중앙병원 가정의학과

The Study of Relation Among Serum Copper, Zinc, Leptin and Lipids of Middle-school Girls

Mi-Hyun Kim[†], Yoon-Shin Lee*, Da-Hong Lee, Hye-Soon Park** and Chung-Ja Sung

Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea

*Dept. of Food Science, Suwon Women's College, Suwon 441-748, Korea

**Dept. of Family Medicine, Asan Medical Center, Ulsan University College of Medicine, Seoul 138-736, Korea

Abstract

The purpose of this study was to investigate the relationship among nutritional status of copper and zinc, serum leptin, and lipids of 99 middle school girls residing in Kyunggi-do, Korea. Subjects were divided assigned to one of two groups such as normal (BMI<85 percentile, n=58) and obese (85≤BMI, n=41) groups. Subjects were evaluated based on anthropometric measurements, 24-hr dietary recalls and blood analysis. The mean age was 13.93 years. The mean weight (p<0.001), BMI (p<0.001), body fat (p<0.001) of obese were significantly higher than those of normal group. The mean daily energy intake was 94.2% of RDA for Koreans. The ratio of energy coming from carbohydrate, fat and protein was 63:24:13. The mean daily intakes of Cu and Zn were 1.4 mg and 7.4 mg (73.7% of RDA), and there were no significant difference between two groups. The mean serum levels of leptin (p<0.001), LDL-cholesterol (p<0.05), triglyceride (p<0.01), TPH (total cholesterol/HDL; p<0.001), LPH (LDL/HDL; p<0.001) and AI (atherogenic index; p<0.001) of obese were significantly higher than those of normal group. The mean serum Cu level of obese was significantly higher than normal group but, the mean serum Zn level of obese was significantly lower than normal group. Serum Cu showed a significantly positive correlations with body weight (p<0.001), BMI (p<0.001), body fat (p<0.001), serum leptin, and LPH. However, serum Zn showed a significantly negative correlations with body weight (p<0.001), BMI (p<0.001), serum leptin (p<0.001), TPH (p<0.05), LPH (p<0.05), and AI (Atherogenic index; p<0.05). To summarize the results, the Zn intakes of middle school girls did not reach to RDA for Koreans. Also, increase of BMI may lead to decrease of serum zinc level and increase of serum copper level, and this change of serum zinc related to the change of serum leptin and serum lipids level in middle school girls during rapid growth.

Key words: Cu, Zn, leptin, serum lipids

서 론

중학생시기는 사춘기에 해당하며 성장발육이 급격히 이루어지고 열량과 영양소의 필요량이 증가되나, 여학생의 경우 체형에 대한 관심이 증가하여 부적절한 식이요법 등으로 영양불균형에 처할 위험성이 매우 높다(1,2). 그러나 우리나라 영양 상태에 관한 연구는 1960년부터 1990년까지 국내에서 발표된 논문을 정리한 결과 영 유아에 관한 연구가 가장 많았고, 다음으로 학동기 아동, 대학생, 청소년의 순으로 나타나 그동안 다른 연령층에 비하여 청소년층을 대상으로 한 연구가 미비한 것으로 보고되었다(3). 특히 청소년에 대한 연구는 열량과 3대 영양소에 대한 연구가 주를 이루었고 청소년

의 구리, 아연과 같은 미량 무기질에 관한 연구는 많이 이루어지고 있지 않은 실정이다. 그런데, 최근 비만인에서 구리, 아연 등과 같은 무기질이 정상인과 다른 양상을 보인다는 보고가 있어 관심을 모으고 있다(4-6). Laitinen 등은 3~18세의 남녀를 대상으로 한 연구에서 혈청 구리는 체중, 체질량지수와 정의 상관관계를 나타내었다고 하였고(7), Yakinci 등은 7~11세의 아동을 대상으로 한 연구에서 비만군의 혈청 구리와 아연의 함량이 정상군에 비하여 유의적으로 높다고 보고하였다(8). 그러나 Chen 등(9)과 Di Martino 등(10)은 비만인의 혈청 아연 함량이 정상인에 비하여 낮다고 하였다. 구리는 철분의 정상적인 대사를 위해 필수적인 superoxide dismutase를 비롯한 여러 효소의 구성성분이고, 결합조직의

[†]Corresponding author. E-mail: kjc2000@hanmail.net

Phone: 82-2-710-9465, Fax: 82-2-701-2926

생성, 적혈구와 백혈구의 성숙, 콜레스테롤과 글루코오스의 대사 등에 필요하다(11). 또한 아연은 metallo-enzyme 등 60여가지 효소작용에 관계하고 단백질과 핵산대사에 필수적이며 성장과 중추신경계의 조절, 시각 기능에 중요한 역할을 하며(12), 식욕조절과 관련이 있어 아연의 결핍은 식욕을 감소시키고, 아연이 보충되면 식욕이 증가되었다는 보고도 있다(13) 그러므로 구리와 아연은 급격한 성장발달을 이루는 청소년기에 그 중요성이 강조되어야 한다

최근 체지방의 상승에 따라 증가하는 지방조직에서 분비되는 호르몬의 일종인 렙틴에 대한 관심이 집중되고 있으며, 렙틴과 체형, 식이섭취의 변화를 연관짓는 연구들이 시도되고 있다. Zhang 등(14)에 의해 발견된 렙틴은 식이섭취를 감소시키고, 에너지 소비를 증가시키는 역할을 하는 것으로 보고되었다(15,16). 혈중 렙틴은 체지방 함량, 체질량지수와 뚜렷한 정 상관관계를 보여 비만군은 정상군에 비하여 유의적으로 높은 렙틴 함량을 나타내었으며(17,18), 거식증환자와 같은 저체중군은 정상군에 비하여 유의적으로 렙틴 함량이 낮다고 하였다(19). 동물과 인체실험 모두에서, 렙틴 함량과 체지방 함량은 상관성이 있고, Havel 등(20)도 높은 혈중 렙틴 함량이 지방축적의 정도를 직접적으로 반영한다고 하였다. 따라서 혈청 렙틴 함량은 비만도를 객관적으로 나타내는 혈액학적 지표로의 사용가능성이 있을 것으로 보여진다. 이러한 렙틴이 최근에는 미량무기질간의 상관관계가 일부 연구에서 보고되었다. 식이인자 중 아연의 보급이 설치류(21)와 사람(22)에서 혈청 렙틴 함량을 변화시켰다는 보고가 있어 렙틴과 식이인자와의 관련성을 제시하여 주고있으나, 이러한 연구 보고는 동물이나 극소수의 성인을 대상으로 한 초기단계이기 때문에 보다 다양한 연령층을 대상으로 한 더 많은 연구가 필요한 실정이다.

따라서 사춘기 여중생을 대상으로 체형의 변화와 관련이 있는 것으로 알려진 아연과 구리 및 비만유전자 산물인 렙틴과 혈중 지질을 비교하여 분석하는 것은 의미 있는 연구라고 생각된다. 그러므로 본 연구에서는 체형의 변화가 급격히 일어날 수 있는 사춘기 여중생을 대상으로 식이 섭취조사, 신체계측, 혈액분석을 실시하고 체질량지수에 따라 비만군과 정상군으로 분류하여 아연과 구리의 영양상태와 혈청 렙틴, 지질함량을 비교 관찰함으로써 청소년의 정상적 성장 발달을 위한 아연과 구리의 적정 영양상태기준의 기초자료로 활용하고자 한다.

연구 방법 및 내용

연구 대상자

본 연구는 1998년 7월 부터 8월까지 경기도 구리시에 거주하는 만 13~14세의 중학교 2학년 여학생중 학기초에 조사한 건강검진기록부의 신장과 체중을 토대로 체질량지수를 산정하고 이를 기준으로 비만군과 정상군을 구분하여 총 99명을

표집하였다. 신체계측, 식이섭취조사, 혈액채취를 실시하였으며, 측정된 신장과 체중을 기준으로 다시 체질량지수를 산출하여 한국 소아의 표준 발육치(23)의 85 백분위수 미만에 해당하는 대상자를 정상군(58명), 85 백분위수 이상에 해당하는 대상자를 비만군(41명)으로 분류하였다.

신체계측

신장과 체중은 신체자동계측기(Fatness measuring system, DS-102, JENIX, Korca)를 사용하여 측정하였고, 측정된 신장과 체중을 이용하여 체질량지수(BMI; Body Mass Index=체중(kg)/[신장(m)]²)를 계산하였다. 체지방 함량은 체지방 측정기(Bio-electrical impedance analyzer, TBF-105, TANITA, Japan)를 사용하여 연령과 신장을 기준으로 계산하였다.

신체둘레는 줄자를 이용하여 허리둘레, 엉덩이둘레를 측정하였고, 허리와 엉덩이둘레를 기준으로 WHR(waist hip ratio)을 산정하였다. 혈압은 자동혈압기(Fully automatic blood pressure monitor, BP-750A, ITOco, Japan)를 사용하여 공복상태에서 측정하였다.

식이 섭취 조사

식이 섭취는 훈련된 조사원이 Food model과 일상생활에서 사용하는 식기를 이용하여 조사자의 회상을 도와주면서 개인 인터뷰를 하는 방법으로 조사하였다. 조사된 자료를 기초로 하여 1일 영양소 섭취량은 영양평가프로그램(Can-Pro, Computer Aided Nutritional analysis program for Professionals)를 이용하여 분석하였다. 구리와 아연의 섭취량은 우리나라의 식품성분표(24)와 미국(25) 및 일본(26)의 자료를 이용하여 분석하였다.

혈액 분석

혈액 채취 : 공복상태에서 진공 체혈관을 이용하여 정맥혈 15 cc를 채취하였다. 채취된 혈액을 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 혈청을 얻은 후 분석에 사용하였다.

혈청 구리, 아연 : 혈청 구리와 아연 함량은 원자흡광광도계(Atomic Absorption Spectrophotometer, AA-650-6401F, SHIMADZU, Japan)를 이용하여 측정하였다.

혈청 렙틴 : 혈청 렙틴 함량은 렙틴 측정용 kit(Human Leptin RIA kit, LINCO Reserch, INC)를 사용하여 Radio Immuno Assay법으로 측정하였다.

혈청지질 함량 : 혈청 중 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 혈청 중 중성지질 함량은 효소법을 이용한 kit(Boeringer mannheim, Germany)를 사용하여 측정하였다. 혈청 중 LDL-콜레스테롤 함량은 Fredwald의 공식(27)에 의거하여 산출하였다. 이외에도 심혈관계질환의 위험도 판정에 사용되고 있는 TPH(총콜레스테롤/HDL-콜레스테롤), LPH(LDL-콜레스테롤/HDL-콜레스테롤), 동맥경화지수(Atherogenic Index : AI = {총콜레스테롤 - HDL-콜레스테롤}/HDL-콜레스테롤)를 산출하였다(28).

통계분석

본 실험에서 얻은 모든 결과는 SAS(Statistical Analysis System) program을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였고, 비만군과 정상군간의 비교는 student T-test를 이용하여 유의성을 검정하였다. 모든 변수들 사이의 상관관계는 Pearson's correlation coefficient(r)로 유의성 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

신체계측 사항

연구대상자들의 신체계측 사항은 Table 1과 같이 평균연령은 13.93세이며, 비만군이 정상군에 비하여 체중(p<0.001), 체질량지수(p<0.001), 수축기혈압(p<0.001), 허리둘레(p<0.001), 엉덩이둘레(p<0.001), 허리와 엉덩이둘레의 비(p<0.001), 체지방률(p<0.001)이 유의적으로 높았다. 본 연구 대상자들의 평균 신장은 158.4이었으며, 한국인 체위기준치(29)와 비교 시 두군 모두 기준치를 초과하였다.

영양소 섭취량

연구 대상자들의 평균 열량 영양소 및 구리, 아연의 섭취량과 권장량(29)에 대한 섭취 비율은 Table 2와 같다. 비만군의 평균 열량 섭취량은 1793.5 kcal(한국인 영양권장량의 94.22

%)였으며, 정상군의 열량섭취량은 1941.2 kcal(한국인 영양권장량의 97.1%)로써 비만군에 비하여 높게 섭취하였으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. 단백질의 섭취량은 비만군이 58.2 g, 정상군이 60.7 g으로, 각각 영양권장량의 89.7%, 97.1%의 섭취수준을 보였으나 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 지질의 섭취량은 비만군이 49.3 g, 정상군이 52.0 g이었으며, 당질은 비만군이 279.0 g, 정상군이 308.7 g이었으며, 지질과 당질 모두 두군간에 유의적인 차이는 보이지 않았다. 총 열량 섭취량에 대한 당질 : 지질 : 단백질의 3대 영양소 비율은 비만군이 62 : 25 : 13, 정상군이 63 : 24 : 13으로 두군간에 유사한 비율을 나타내었고, 두군 모두 한국인 영양권장량(29)과 비교했을 때 지방의 섭취비율이 높고 단백질의 섭취비율이 낮았다. 체질량 지수에 따른 비만군과 정상군의 열량 영양소 섭취상태는 유의적인 차이를 보이지 않은 여러 연구 결과들(30,31)과 일치하였고, 비만군의 영양소 섭취량이 정상군에 비하여 오히려 낮은 경향을 나타내었다. 이것은 비만군의 경우 식이 섭취 조사시 섭취량을 적게 보고하였을 가능성이 있으며, 결식과 과식 등의 불규칙한 식습관으로 인하여 다른 군에 비하여 낮은 섭취량을 보일 수 있는 것으로 사료된다.

구리는 아직 우리나라에서 권장량이 설정되어 있지 않고, 성인 뿐만 아니라 사춘기 청소년을 대상으로 구리의 섭취량을 분석한 연구는 매우 부족하다. 또한 우리나라의 식품성분

Table 1. Anthropometric measurements of subjects

Variable	Total (n=99)	Obese (n=41)	Normal (n=58)	p-value ⁶⁾
Age (years)	13.9± 0.3 ⁵⁾	14.0± 0.2	13.9± 0.3	NS
Height (cm)	158.4± 5.0	158.5± 4.2	158.3± 5.6	NS
Weight (kg)	55.2± 13.0	67.3± 8.3	46.7± 7.9	p<0.001
BMI ¹⁾ (kg/m ²)	22.0± 4.9	26.8± 2.9	18.6± 2.8	p<0.001
SBP ²⁾ (mmHg)	118.3± 16.2	123.4± 11.9	114.7± 11.1	p<0.001
DBP ³⁾ (mmHg)	73.1± 9.5	73.7± 8.3	72.7± 10.2	NS
Waist (cm)	68.5± 9.1	76.5± 6.7	62.9± 5.7	p<0.001
Hip (cm)	91.5± 8.4	99.2± 4.9	86.0± 5.6	p<0.001
WHR ⁴⁾	0.8± 0.1	0.8± 0.1	0.7± 0.0	p<0.001
Body fat (%)	17.5± 9.8	39.2± 5.8	22.4± 6.8	p<0.001

¹⁾Body mass index. ²⁾Systolic blood pressure. ³⁾Diastolic blood pressure. ⁴⁾Waist hip ratio

⁵⁾Mean±standard deviation. ⁶⁾p-value by t-test.

Table 2. Mean daily energy and nutrients intakes of subjects

Variable	Total (n=99)	Obese (n=41)	Normal (n=58)	p-value ³⁾
Energy (kcal)	1884.4± 543.0 ¹⁾ (94.2± 27.2) ²⁾	1793.5± 492.7 (89.7± 24.6)	1941.2± 569.1 (97.1± 28.5)	NS
Protein (g)	59.8± 19.3 (91.9± 29.8)	58.2± 19.5 (89.5± 29.9)	60.7± 19.4 (93.4± 29.8)	NS
Fat (g)	51.2± 23.4	49.8± 20.7	52.0± 25.1	NS
Carbohydrate (g)	297.3± 84.5	279.0± 83.8	308.7± 83.6	NS
Copper (mg)	1.4± 0.7	1.3± 0.7	1.4± 0.7	NS
Zinc (mg)	7.4± 2.5 (73.7± 21.2)	7.3± 2.4 (73.3± 19.9)	7.4± 2.7 (74.0± 22.1)	NS

¹⁾Mean±standard deviation.

²⁾% of recommended dietary allowances for Koreans (7th revision 2000).

³⁾p-value by t-test.

표(24)에는 제한된 식품만의 미량 무기질 함량을 제시하고 있어 식품중의 미량 무기질 함량 분석에 미국의 식품성분표를 함께 이용하여 식품 섭취량을 분석하고 있지만, 식품의 차이에 의한 한계성으로 인하여 정확한 섭취량을 분석하기 어려운 실정이다. 이에 본 연구에서는 우리나라의 식품성분표(24)와 미국(25) 및 일본(26)의 자료를 이용하여 구리와 아연의 섭취량을 분석하였다.

연구 대상자인 여중생들의 구리 섭취량은 비만군이 1.3 mg, 정상군이 1.4 mg으로 미국의 안전적섭취수준(32) 1.5~2.5 mg과 비교시 두군 모두 낮은 섭취 수준을 나타내었다. 아연 섭취량은 비만군이 7.3 mg, 정상군이 7.4 mg으로 한국인 영양권장량과 비교할 때 각각 73.3%, 74.0%의 섭취수준을 보여 권장량에 미달하였다. 아연의 권장량은 한국인 영양권장량 제 6차 개정에서 새로 추가되었으나 청소년의 아연 섭취량에 대한 근거자료가 매우 부족한 실정이다.

혈액성상

혈청 렙틴 및 지질 함량: 혈청 렙틴 함량은 Table 3과 같이 비만군이 15.70 ng/mL, 정상군이 6.94 ng/mL로 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.001) 비만 유전자산물인 렙틴은 지방 조직에서 분비되는 호르몬의 일종으로 체내지방의 양과 비례하여 증가한다(14-16). 체질량지수는 지방의 양과 직접적인 연관이 있어 신체의 지방을 측정하는 간접적인 방법으로 사용되어지는데, 여러 연구에서 체질량지수가 증가함에 따라 렙틴이 증가하는 것으로 보고되어 본 연구결과와 일치하였다(17-19)

혈청 지질 함량은 Table 3과 같다. 연구대상자들의 혈청 총 콜레스테롤 함량은 152.29 mg/dL였으며, 두군간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. HDL-콜레스테롤 함량은 비만군이 44.68 mg/dL로 정상군(50.47 mg/dL)에 비하여 유의적으로 낮게 나타났다(p<0.01). LDL-콜레스테롤(p<0.05), 중성지질

(p<0.01), 총콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤의 비율(p<0.001), LDL-콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤 비율(p<0.001), 동맥 경화지수(p<0.001)는 비만군이 정상군에 비하여 유의적으로 높았다. 이상의 결과에서 청소년기에 있어서도 성인에서와 마찬가지로 체질량지수의 증가는 심혈관계질환 및 성인병의 유발 가능성을 높이는 것으로 나타났다.

혈청 구리 및 아연 함량: 대상자들의 혈청 구리, 아연 함량에 대한 결과는 Table 4와 같다. 본 연구 대상자들의 평균 혈청 구리 함량은 비만군이 112.29 µg/dL, 정상군이 101.21 µg/dL로 비만군이 유의적으로 높게 나타났다(p<0.01). Yakinci 등(8)의 보고에서도 비만군의 혈청 구리 함량이 정상군에 비하여 유의적으로 높게 나타났으며, 초등학교 고학년 이동을 대상으로 비만군과 정상군을 비교한 Lee(33)의 연구에서 혈청 구리 함량은 유의적이지는 않지만 비만군이 더 높은 경향을 나타냈다. 여대생을 대상으로 한 Lee(34)의 연구에서 혈청 구리 함량은 체질량지수에 따라 구분한 저체중군이 정상군과 과체중군에 비하여 유의적으로 낮게 나타났다.

본 연구 대상자의 평균 혈청 아연 함량은 비만군이 93.37 µg/dL, 정상군이 103.21 µg/dL로 비만군의 혈청 아연 함량이 유의적으로 낮게 나타났다(p<0.001). 아동을 대상으로 비만군과 정상군을 비교한 Lee(33)의 연구에서는 정상군과 비만군이 유사한 수준을 보였고, Yakinci 등(8)의 연구에서는 비만군이 정상군보다 유의적으로 높게 나타났다(p<0.01). 그러나 Chen 등(9)의 연구에서는 유전적 비만 마우스와 식이로 유도된 비만 마우스에서 혈중 아연의 농도가 정상군보다 낮았고, 비만도와 혈중 아연 수준은 부의 상관관계를 갖는 것으로 나타나 본 연구와 일치하는 결과를 보였다.

아연과 구리는 metallothionein과의 결합에 서로 경쟁적이어서 길항적인 작용을 통하여 생체내에서 항상성을 유지하며 여러 질환과 밀접한 관계가 있다고 밝혀져 이들의 혈청 함량의 비율은 질환의 진단 및 치료에 대한 평가에 도움이 된다

Table 3. Serum leptin, glucose and lipids of subjects

Variable	Total (n=99)	Obese (n=41)	Normal (n=58)	p-value ¹⁾
Leptin (ng/mL)	10.57 ± 6.45 ¹⁾	15.70 ± 5.91	6.94 ± 3.84	p<0.001
Total cholesterol (mg/dL)	152.29 ± 31.69	163.63 ± 28.86	152.81 ± 33.07	NS
HDL-cholesterol (mg/dL)	48.07 ± 10.37	44.68 ± 9.29	50.47 ± 10.51	p<0.01
LDL-cholesterol (mg/dL)	93.50 ± 26.05	101.02 ± 26.03	88.18 ± 24.93	p<0.05
Triglycerides (mg/dL)	78.61 ± 29.25	89.63 ± 26.84	70.81 ± 28.57	p<0.01
TPH ²⁾	3.40 ± 0.82	3.79 ± 0.94	3.07 ± 0.56	p<0.001
LPH ³⁾	2.02 ± 0.69	2.37 ± 0.80	1.78 ± 0.47	p<0.001
Atherogenic Index	2.37 ± 0.82	2.79 ± 0.94	2.07 ± 0.56	p<0.001

¹⁾Mean ± standard deviation. ²⁾Total cholesterol/HDL-cholesterol. ³⁾LDL-cholesterol/HDL-cholesterol. ⁴⁾p-value by t-test

Table 4. Serum copper and zinc concentrations of subjects

Variable	Total (n=99)	Obese (n=41)	Normal (n=58)	p-value ²⁾
Serum copper (µg/dL)	105.80 ± 18.07	112.29 ± 16.23	101.21 ± 18.02	p<0.01
Serum zinc (µg/dL)	99.15 ± 12.31	93.37 ± 10.42	103.24 ± 11.97	p<0.001
Serum copper/zinc	1.09 ± 0.25	1.21 ± 0.21	1.00 ± 0.23	p<0.001

¹⁾Mean ± standard deviation. ²⁾p-value by t-test.

고 제안되어졌다(35). 본 연구 대상자의 혈청 구리와 아연 함량의 비율은 비만군이 1.21, 정상군이 1.00으로 나타나, 비만군의 혈청 구리와 아연 함량의 비율이 유의적으로 높았다($p < 0.001$)

혈청 구리·아연 함량과 신체계측치, 구리·아연섭취량, 혈중 렙틴 및 지질과의 상관관계

혈청 구리, 아연 함량과 신체계측치와의 상관관계 : 혈청 구리, 아연 함량과 신체계측치와의 상관관계는 Table 5와 같다. 혈청 구리 함량은 체중($p < 0.001$), 체질량지수($p < 0.001$), 허리둘레($p < 0.001$), 엉덩이둘레($p < 0.001$), 허리와 엉덩이둘레비율($p < 0.05$), 체지방율($p < 0.001$)과 유의적인 정의 상관관계를 나타내었다. 반면에 혈청 아연 함량은 체중($p < 0.001$), 체질량지수($p < 0.001$), 수축기혈압($p < 0.05$), 허리둘레($p < 0.001$), 엉덩이둘레($p < 0.001$), 체지방율($p < 0.001$)과 유의적인 부의 상관관계를 나타내었다. 이와 같이 여중생에 있어서 혈청 구리 및 아연의 함량은 비만도를 나타내는 각종 지표들과 유의적인 상관성을 보이는 것으로 나타났다 혈청 구리와 아연의 함량은 성별, 연령, 호르몬 등의 여러 요인과 관련이 있는 것으로 보고되고 있으므로(36-39), 비만도와 관련이 있는 호르몬 등과의 연계성을 가지면서 체내 무기질의 영양상태를 연구해 보는 것이 필요하다고 생각된다.

혈청 구리, 아연 함량과 구리, 아연섭취량과의 상관관계 : 혈청 구리, 아연 함량과 구리, 아연섭취량과의 상관관계는 Table 6과 같이 혈청 구리함량은 구리의 섭취량과 유의적인 부의 상관관계를 나타내었다. 이는 조사대상자의 구리섭취량이 안전적정 섭취수준에 부족되는 수준이고, 성장 및 성

숙이 활발히 진행되는 여중생의 경우 섭취된 구리의 이용이 높아 혈중 구리함량이 감소된 것으로 추정된다.

혈청 구리, 아연함량과 혈청 렙틴 및 혈중 지질과의 상관관계 : 혈청 구리, 아연함량과 혈청 렙틴 및 혈중지질과의 상관관계는 Table 7과 같다. 혈청 구리함량은 혈청 렙틴($p < 0.001$) 및 LPH($p < 0.05$)와 유의적인 정의 상관관계를 나타내었으며, 혈청 아연 함량은 혈청 렙틴과 유의적인 부의 상관관계를 나타내었다($p < 0.001$). 혈청 구리 및 아연비율은 혈청 렙틴($p < 0.001$), TPH($p < 0.05$), LPH($p < 0.05$) 및 동맥경화지수($p < 0.05$)와 유의적인 정의 상관관계를 나타내었다.

심혈관질환과 관련한 최근 연구보고에서 혈청 구리 아연 함량의 비율이 정상보다 증가됨에 따라 혈중지질이 상승하고 그 결과 관상동맥성 심장질환의 위험률이 증가되었다고 하였으며(40), 심혈관질환자의 혈청 구리 아연 비율이 정상인에 비하여 유의적으로 증가된 것을 관찰하였다(41,42). 한편, 쥐를 이용한 동물실험(43,44)에서 혈청 구리와 아연의 비율이 감소함에 따라 혈청 총 콜레스테롤이 증가하였으며, 성인을 대상으로 한 연구에서도 매일 30 mg의 아연을 보충한 결과 혈청 아연 함량은 유의적으로 증가하였으나 혈청 HDL-콜레스테롤은 유의적으로 감소하였다고 보고하였다(45). 또한 정상성인 여성을 대상으로한 Kim 등(46)의 연구에서 혈청 구리 함량은 혈청 총 콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 함량과 유의적인 부의 상관관계를 나타내었다. 이상과 같이 아연과 구리의 혈중 함량과 지질 등 심혈관 질환의 위험률에 대한 결과는 일관적인 결론을 내리기 어려운 실정이나, 구리와 아연 절대적인 함량 보다는 상대적인 비율 변화가 지질대사에 미치는 영향이 큰 것으로 보고 있다(46). 본 연구결과에서는 비만도의 혈중 지표라고 할 수 있는 렙틴 함량이 증가됨에 따라 혈중 아연 함량이 감소되고 구리 함량이 증가되어 결과적으로, 구리와 아연비율의 증가는 혈중 지질 및 심혈관 질환의 지표들과 유의적인 상관성을 보였다.

한편, 최근 Mantzoros 등(22)의 인체실험에서 아연의 섭취량을 제한하였을 때 혈중 렙틴 함량이 감소하였으며, 아연 공급시 혈중 렙틴 함량이 증가하였다고 보고하여 아연이 렙

Table 5. Correlation coefficients among serum copper, zinc and anthropometric measurements in subjects (n=99)

Variable	Serum copper	Serum zinc	Serum copper/zinc ratio
Height	-0.1739	0.6634	-0.1194
Weight	0.3551 ^{***}	-0.4254 ^{***}	0.4905 ^{***}
BMI ¹⁾	0.4186 ^{***}	-0.4587 ^{**}	0.5451 ^{***}
Systolic blood pressure	0.1332	-0.2286 [*]	0.2308 [*]
Diastolic blood pressure	0.1799	-0.1178	0.1935
Waist	0.3314 ^{**}	-0.3568 ^{***}	0.4363 ^{***}
Hip	0.3330 ^{**}	-0.4381 ^{***}	0.4793 ^{***}
Waist hip ratio	0.2085 [*]	-0.1279	0.2261 [*]
Body fat	0.4420 ^{***}	-0.4587 ^{***}	0.5699 ^{***}

¹⁾Body mass index.
* $p < 0.05$. *** $p < 0.001$

Table 6. Correlation coefficients among serum copper, zinc and nutrient intake in subjects (n=99)

Variable	Serum copper	Serum zinc	Serum copper/zinc ratio
Copper intake	-0.2640 [*]	-0.0150	-0.2079 [*]
Zinc intake	-0.1471	0.0612	-0.1017

* $p < 0.05$

Table 7. Correlation coefficients among serum copper, zinc, leptin and lipids in subjects (n=99)

Variable	Serum copper	Serum zinc	Serum copper/zinc ratio
Leptin	0.4418 ^{***}	-0.3459 ^{***}	0.5185 ^{***}
Total cholesterol	0.0270	-0.1520	0.1300
HDL-cholesterol	-0.1943	-0.0448	-0.0899
LDL-cholesterol	0.1228	-0.1497	0.1837
Triglycerides	-0.0562	0.0775	0.0459
TPH ¹⁾	0.1890	-0.1263	0.2080 [*]
LPH ²⁾	0.2160 [*]	-0.1356	0.2286 [*]
Atherogenic index	0.1890	-0.1263	0.2080 [*]

¹⁾Total cholesterol/HDL-cholesterol

²⁾LDL-cholesterol/HDL-cholesterol.

* $p < 0.05$, *** $p < 0.001$

틴의 합성과 분비에 영향을 주는 것으로 나타났으나, 이에 대한 추후 연구는 극히 부족한 실정이다.

이상의 연구결과를 종합하여 볼 때 급성장기에 있는 사춘기 여중생에 있어서 비만도가 증가함에 따라 혈중 아연함량은 감소하고, 혈중 구리함량은 증가하였으며, 이러한 혈중 구리 아연함량의 변화는 혈중 비만유전자 렙틴 및 혈중 지질의 변화와 관련이 깊은 것으로 나타났다.

요 약

체형의 변화가 급격히 일어날 수 있는 사춘기 여중생을 대상으로 아연과 구리의 영양상태와 혈청 렙틴, 지질함량의 관계를 알아보기 위하여 여중생 99명을 대상으로 신체계측, 식이섭취조사, 혈액분석을 실시하고, 체질량지수를 기준으로 한국 소아의 표준 발육치(23)의 85 백분위수 미만에 해당하는 대상자를 정상군(58명), 85 백분위수 이상에 해당하는 대상자를 비만군(41명)으로 분류하여 비교분석한 결과를 요약하면 다음과 같다. 연구 대상자들의 평균 연령은 13.93세였으며, 비만군이 정상군에 비하여 체중(p<0.001), 체질량지수(p<0.001), 수축기혈압(p<0.001), 허리둘레(p<0.001), 엉덩이둘레(p<0.001), 허리와 엉덩이둘레의 비(p<0.001), 체지방률(p<0.001)이 유의적으로 높았다. 연구 대상자들의 1인 1일 평균 섭취 열량은 1884.39 kcal(권장량의 94.22%). 총 열량의 당질·지질·단백질의 3대 영양소 구성비율은 63 : 24 : 13로 나타났다. 평균 구리와 아연의 섭취량은 각각 1.31 mg, 7.37 mg(아연 권장량의 73.70%)였다. 비만군과 정상군의 열량영양소 및 구리와 아연의 섭취량은 유의적인 차이를 보이지 않았다. 혈청 렙틴 함량은 비만군이 15.70 ng/mL 정상군이 6.94 ng/mL로 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.001) HDL-콜레스테롤 함량은 비만군이 정상군에 비하여 유의적으로 낮았으며, LDL-콜레스테롤(p<0.05), 중성지질(p<0.01), 총콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤의 비율(p<0.001), LDL-콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤 비율(p<0.001), 동맥경화지수(p<0.001)는 비만군이 정상군에 비하여 유의적으로 높았다. 평균 혈청 구리 함량은 비만군이 112.29 µg/dL, 정상군이 101.21 µg/dL로 비만군이 유의적으로 높았으며(p<0.01), 평균 혈청 아연 함량은 비만군이 93.37 µg/dL, 정상군이 103.21 µg/dL로 비만군의 혈청 아연함량이 유의적으로 낮게 나타났다(p<0.001). 혈청 구리함량은 체중(p<0.001), 체질량지수(p<0.001), 허리둘레(p<0.001), 엉덩이둘레(p<0.001), 허리와 엉덩이둘레비율(p<0.05), 체지방률(p<0.001)과 유의적인 정의 상관관계를 나타내었다. 반면에 혈청 아연함량은 체중(p<0.001), 체질량지수(p<0.001), 수축기혈압(p<0.05), 허리둘레(p<0.001), 엉덩이둘레(p<0.001), 체지방률(p<0.001)과 유의적인 부의 상관관계를 나타내었다. 혈청 구리함량은 혈청 렙틴(p<0.001) 및 LPH(p<0.05)와 유의적인 정의 상관관계를 나타내었다. 혈청 아연 함량은 혈청 렙틴(p<0.001)과 유의적인 부의 상관관계

를 나타내었다. 혈청 구리 및 아연비율은 혈청 렙틴(p<0.001), TPH(p<0.05), LPH(p<0.05) 및 동맥경화지수(p<0.05)와 유의적인 정의상관관계를 나타내었다. 이상의 연구결과를 종합하여 볼 때 본 연구 대상자인 여중생의 구리와 아연의 섭취는 권장량에 미달되며, 급성장기에 있는 사춘기 여중생에 있어서 비만도가 증가함에 따라 혈중 아연함량은 감소하고, 혈중 구리 함량은 증가되었으며, 혈중 구리 아연함량의 변화는 혈중 비만유전자 렙틴 및 혈중 지질의 변화와 관련이 깊은 것으로 나타났다. 이러한 변화의 기전을 밝히기 위한 계속적인 연구가 필요하며 성장기의 청소년에게 구리와 아연 등의 필수 미량 무기질의 섭취를 증가시키기 위한 노력이 요구된다.

감사의 글

본 연구는 1997년도 보건복지부 보건의료기술연구개발사업(HMP-97-F)의 지원에 의하여 이루어진 것이며, 이에 감사 드립니다.

문 헌

1. Hong, E.K., Park, S.B., Shun, Y.S. and Park, H.S. : Body image perception and self-reported weight control activities in adolescent girls. *J. Kor. Aca. Family Med.*, **18**, 714-721 (1995)
2. Ahn, D.H. : Eating disorder on adolescence. *J. Kor. Med. Asso.*, **39**, 1506-1513 (1996)
3. Kim, J.H., Choi, J.H., Lee, M.J. and Moon, S.J. : An ecological study on eating behavior of middle school students in Seoul. *Kor. J. Comm. Nutr.*, **3**, 292-307 (1998)
4. Zamboni, G., Antoniazzi, F., Spoletini, E. and Tato, L. : Mineral metabolism in obese children after weight loss. *Acta Paediatr. Scand.*, **80**, 470-471 (1991)
5. Foldes, J., Shih, M.S. and Levy, J. : Bone structure and calcium metabolism in obese Zucker rats. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, **16**, 95-102 (1992)
6. Lind, W.H., Chen, M.D., Cheng, V., Tsou, C.T., Wang, Y.S. and Lin, E. : Effect of zinc and throxine treatment on dietary-obese mice. *Proc. Natl. Sci. Coinc. Repub. China[B]*, **11**, 341-346 (1987)
7. Laitinen, R., Vuori, E. and Vuokari, J. : Serum zinc and copper in blood serum in children and young people between 5 and 18 years of age. *Przegleia*, **51**, 401-405 (1994)
8. Yakinci, C., Pac, A., Kucukbay, F., Tayfun, M. and Gul, A. : Serum, zinc, copper, and magnesium levels in obese children. *Acta Paediatr. Jpn.*, **39**, 339-341 (1997)
9. Chen, H., Charlat, O., Tartaglia, L.A., Wolf, E.A., Weng, X., Ellis, S.J., Lakey, N.D., Culpepper, J., Moore, K.J., Brettbart, R.E., Duyk, G.M., Tepper, R. and Morgenstern, J.P. : Evidence that the diabetes gene encodes the leptin receptor: Identification of a mutation in the leptin receptor gene in db/db mice. *Cell*, **84**, 491-495 (1996)
10. Di Martino, G., Matera, M.G., De Martino, B., Vacca, C., Di Martino, S. and Rossi, F. : Relationship between zinc and obesity. *J. Med.*, **24**, 177-183 (1993)
11. Turlund, J.R., Scott, K.C., Peiffer, G.L., Jang, A.M., Keyes, W.R., Keen, C.L. and Sakanashi, T.M. : Copper status of

- young men consuming a low-copper diet *Am. J. Clin. Nutr.*, **65**, 72-78 (1997)
12. Aggett, P.J. and Comerford, J.G. Zinc and human health. *Nutr. Rev.*, **53**, S16-S22 (1995)
 13. Prasad, A.S. : Discovery of human zinc deficiency and studies in an experimental human model *Am. J. Clin. Nutr.*, **53**, 403-412 (1991)
 14. Zhang, Y., Proenca, R., Maffei, M., Barone, M., Leopold, L. and Friedman, J.M. : Positional cloning of the mouse obese gene and its human homologue *Nature*, **372**, 425-432 (1994)
 15. Halaas, J.L., Boozer, C., Blair-West, J., Fidathusein, N., Dentons, D.A. and Friedman, J.M. : Physiological response to long-term peripheral and central leptin infusion in lean and obese mice. *Proc. Natl Acad. Sci.*, **94**, 8878-8883 (1997)
 16. Pellymounter, M.A., Cullen, M.J., Baker, M.B., Hecht, R., Winters, D. and Boone, T. : Effects of the obese gene product on body weight regulation in ob/ob mice. *Science*, **269**, 540-543 (1995)
 17. Kim, M.H. and Sung, C.J. : The study of relationship among serum leptin, nutritional status, serum glucose and lipids of middle-school girls. *Kor. J. Nutr.*, **33**, 49-58 (2000)
 18. Considine, R.V., Sinha, M.K., Heiman, M.L., Kriauciunas, A., Stephens, T.W., Nyce, M.R., Ohannesian, J.P., Marco, C.C., McKee, L.J., Bauer, T.L. and Caro, J.F. : Serum immunoreactive-leptin concentrations in normal-weight and obese humans. *N. Engl. J. Med.*, **334**, 292-295 (1996)
 19. Ferron, F., Considine, R.V., Peino, R., Lado, I.G., Dieguez, C. and Casanueva, F.F. : Serum leptin concentrations in patients with anorexia nervosa, bulimia nervosa and non-specific eating disorders correlate with the body mass index but are independent of the respective disease. *Chn. Endocrinol.*, **46**, 289-293 (1997)
 20. Havel, P.J., Kasim-Karakas, S., Dubuc, G.R., Mueller, W. and Phinney, S.D. : Gender differences in plasma leptin concentrations. *Nat Med.*, **2**, 949-950 (1996)
 21. Mangun, H.F., Paul, G.L. and Shay, N.F. : Blood leptin levels are reduced during zinc deficiency induced anorexia. *FASEB*, **11**, 1124 (1997)
 22. Mantzoros, C.S., Prasad, A.S., Beck, F.W.J., Grabowski, S., Kaplan, J., Adair, C. and Brewer, G.J. : Zinc may regulate serum leptin concentration in humans. *J. Am. Coll. Nutr.*, **17**, 270-275 (1998)
 23. Standard growth charts of Korean children and adolescent in 1998. Korean Pediatric Society (1999)
 24. Food composition table, fifth revision. National Rural Living Science Institute. R.D.A (1996)
 25. Souci, S.W., Fachmann, W. and Kraut, H. : *Food composition and nutrition tables*. CRC press (1994)
 26. 鈴木泰夫, 田主澄三 : 食品の微量元素含量表 徳島大學醫學部衛生學教室, 日本 (1993)
 27. Fredwald, W.T., Levy, R.I. and Fredrickson, D.S. : Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol distribution : The lipid research clinics programs prevalence study. *Circulation*, **61**, 302-315 (1980)
 28. Lauer, R.M., Lee, J. and Clarke, W.P. : Factors affectin the relationship between childhood and adult cholesterol levels. *The Mucatine Study Pediatrecs*, **82**, 309 (1988)
 29. The Korean Nutrition Society - *Recommended dietary allowances for Koreans*. 7th revision. Seoul (2000)
 30. Sim, J.K., Jeon, M.J. and Hwang, M.S. : A study on serum levels of cholesterol and HDL-cholesterol in normal elementary children *J. Kor. Pediatr. Soc.*, **37**, 1579-1584 (1994)
 31. Yim, K.S., Yoon, E.Y., Kim, C.I., Kim, K.T., Kim, C.I., Mo, S.M. and Choi, H.M. : Eating behavior, obesity and serum lipid levels in children *Kor. J. Nutr.*, **26**, 56-66 (1993)
 32. *Recommended dietary allowances*. 10th edition, National Reserch Council, USA (1989)
 33. Lee, S.Y. : A study on nutritional status of iron, copper and zinc in Korean normal and obese elementary school students. *M.S. Thesis*, Sookmyung University (1998)
 34. Lee, H.O. : Nutritional status, immune response and trace minerals in Korean urban young women according to body mass index. *Ph.D. Dissertation*, Sookmyung University (1997)
 35. Chung, Y.D., Hong, S.I., Na, H.B. and Shim, Y.H. : The study on concentration of serum copper and zinc in stomach cancer patients. *Kor. J. Nutr.*, **24**, 516-525 (1991)
 36. Songchitsomboon, S. and Komindr, S. : Serum zinc and copper in healthy adults living in Bangkok and surrounding districts. *J. Med. Assoc. Thai.*, **79**, 550-557 (1996)
 37. Madanc, A., Ganter, E. and Kadrabova, J. : Serum copper, zinc and copper/zinc ratio in males : influence of aging. *Physiol. Res*, **43**, 107-111 (1994)
 38. Mehta, S.W. and Eikum, R. : Effect of estrogen on serum and tissue levels of copper and zinc. *Adv. Exp Med Biol.*, **258**, 155-162 (1989)
 39. Prema, K., Ramalakshmi, B.A. and Babu, S. : Serum copper and zinc in hormonal contraceptive users. *Fertil. Steril.*, **33**, 267-271 (1980)
 40. Lee, J.Y., Choi, M.K. and Sung, C.J. : The relationship between dietary intakes, serum levels, urinary excretions of Zn, Cu, Fe and serum lipids in Korean rural adults on self-selected diet *Kor. J. Nutr.*, **29**, 1112-1120 (1996)
 41. Singh, R.B., Gupta, U.C., Mittal, N., Niaz, M.A., Ghosh, S. and Rastogi, V. : Epidimologic study of trace elements and magnesium on risk of coronary artery disease in rural and urban Indian populations. *J. Am. Coll. Nutr.*, **16**, 62-67 (1997)
 42. Martin-Lagos, F., Navarro-Alarcon, M., Terres-Martos, C. and Lopez-G, S.H. : Serum copper and zinc concentrations in serum from patients with cancer and cardiovascular diseases. *Sci. Total Environ.*, **204**, 27-35 (1997)
 43. Kelvay, L.M. : Hypercholesterolemia in rats produced by an increase in the ratio of zinc to copper ingested *Am. J. Clin. Nutr.*, **26**, 1060-1068 (1973)
 44. AL-othman, A.A., Roosenstem, F. and Lei, L.Y. : 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 (1994)
 45. Park, J.S. and Chyun, J.H. : Dietary zinc analysis and changes of zinc nutrition with zinc supplementation in Korean adults *Kor. J. Nutr.*, **26**, 1110-1117 (1993)
 46. Kim, S.R., Sung, C.J. and Kim, M.H. : A study on the relations among zinc, copper metabolism, blood glucose, insulin and serum lipids in normal adult women. *Kor. J. Comm. Nutr.*, **5**, 152-160 (2000)