

비만 청소년의 SOD 활성도 및 혈청 항산화무기질 농도에 관한 연구

이 다 홍[§]

원광대학교 식품영양학과

A Study on SOD Activity and Serum Antioxidant Mineral Concentrations in Obese Adolescents

Lee, Da-Hong[§]

Department of Food and Nutrition, Wonkwang University, Iksan 570-075, Korea

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the relationship between obesity and, erythrocyte SOD (superoxide dismutase) activity and serum antioxidant mineral (Fe, Zn, Cu, Mn and Se) concentrations of adolescents. Subjects were assigned to one of two groups such as obese (BMI \geq 25, 32 boys, 24 girls) and normal group (18.5 < BMI < 23, 27 boys, 30 girls). Subjects were evaluated based on anthropometric measurements, 24-hr dietary recalls and blood analysis. The mean age of the total subjects was 13.8 years. The mean weight ($p < 0.001$), BMI ($p < 0.001$) and body fat ($p < 0.001$) of obese were higher than those of normal group. There was no significant difference in nutrient intake between obese and normal groups. SOD activity of obese group was not significantly different from normal groups, in both males and females. However, in the males, serum Cu concentration of obese were significantly lower than those of normal group. In the females, Serum Mn concentration of obese were significantly lower than those of normal group. In the correlation analysis, BMI of the subjects had significantly negative correlations with serum Cu, Zn and Mn. To summarize the results, increase of obesity may lead to decrease of serum antioxidant minerals such as Cu, Zn and Mn. (*Korean J Nutrition* 40(1): 41~48, 2007)

KEY WORDS : SOD, antioxidant minerals, obese, adolescents.

서 론

비만인구의 증가는 현재 우리사회의 중요한 건강상의 문제로 제기되고 있으며, 신체적으로 급성장이 이루어지며 호르몬 작용으로 체형에 변화가 일어나는 청소년기에 발생률이 특히 높은 것으로 보고 되고 있다.¹⁾ 청소년기의 비만 이환률 증가는 과거 성인병으로 알려졌던 고혈압, 고지혈증, 심장질환 등과 같은 만성퇴행성질환이 성인에게 국한되지 않고 어린연령층에서도 발생하게 되는 원인으로 작용하고 있다.^{2,3)} 비만과 만성퇴행성 질환의 발병기전에 관하여 최근에는 산화스트레스의 측면에서 연구가 이루어지고 있다. 비만 아동을 대상으로 한 최근의 연구에서도 비만아동의 혈액 중 지질과산화물인 MDA의 농도가 정상아동에 비해

여 유의적으로 증가되어 있었으며, 항산화 영양소인 비타민 C, 비타민 E 등과 항산화 효소인 superoxide dismutase의 활성은 유의적으로 감소되어 있는 것으로 보고 되었다.⁴⁾

체내에서 항산화 작용을 하는 방어 기전 시스템으로 superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione peroxidase (GPX), D-T diaphorase, 및 glutathione 생성 효소 등이 알려져 있다.^{5,6)} 항산화 효소는 세포막의 지질 과산화 손상, sulfhydryl-함유 효소의 불활성화 및 구성 단백질의 교차결합 등을 일으키는 reactive oxygen species (ROS)를 불활성화 시키거나 제거함으로써 항산화 작용을 하게 된다. 특히, SOD는 세포내 호흡작용의 부산물로서 생성되는 superoxide anion에 작용하는 첫 번째 효소로서 과산화수소 (H_2O_2)로 전환시켜 세포내 superoxide anion의 농도를 줄여준다.⁷⁾

비효소적인 시스템에서 항산화 역할을 하는 것으로 비타민 C, E, 카로티노이드, 무기질 등이 있다. 특히 항산화와 관련된 무기질 중 구리, 아연, 망간, 셀레늄 등이 주로 거

접수일 : 2006년 11월 1일

채택일 : 2006년 12월 11일

[§]To whom correspondence should be addressed.

E-mail : jmdhh@hanmail.net

론되는데, 구리와 망간은 항산화 효소 중 SOD의 구성성분이자 촉매 인자로 작용을 하고,⁸⁾ 아연은 항산화 작용을 통하여 중앙세포의 증식을 막으며,⁹⁾ 셀레늄은 GPX의 구성원소로 알려져 있다.¹⁰⁾ 이러한 항산화 영양소의 결핍시 효소의 활성이 감소되고, 활성의 감소는 세포막의 구성 중 특히 지방산 양상의 변화를 초래하여 세포의 안정성을 손상시키게 된다. 20세 이상의 건강한 성인 남녀를 연구한 Nove Study의 결과 감소된 셀레늄 농도와 혈장 내 불포화지방산과 포화지방산의 비율 감소가 양의 상관관계를 가진다고 보고 되었고,¹¹⁾ Suadicani 등의 연구에서도 혈청 셀레늄 농도와 연령은 음의 상관관계를 보였고 셀레늄 농도가 낮아질수록 허혈성 심질환에 걸릴 확률이 2배 정도 높다고 하였다.¹²⁾

일부 연구보고에서 비만인의 경우 구리, 아연, 셀레늄과 같은 항산화관련 무기질의 혈중 농도가 정상인과 차이를 보이는 것으로 나타나고 있다.¹³⁻¹⁶⁾ Laitinen 등¹⁷⁾이 어린이와 청소년을 대상으로 한 연구에서 혈청 구리농도가 체중, 체질량지수와 정의 상관관계를 나타내었다고 하였고, Di Martino 등¹⁸⁾과 Ishkawa 등¹⁹⁾은 비만인의 혈청 아연 함량이 정상인에 비하여 낮았고 저칼로리 식사로 체중조절시 혈중 아연 함량이 다시 증가하여 비만시 아연의 체내 이용이 증가됨을 제시하였다. 우리나라에서 항산화관련 무기질의 혈중 농도를 조사한 연구는 성인과 흡연자를 대상으로 한 일부 보고가 있고,²⁰⁻²²⁾ 청소년의 경우는 부분적으로 일부 무기질의 영양상태를 조사한 연구에 그치고 있다.²³⁾ 따라서 비만도에 따른 다양한 항산화 무기질농도의 차이를 살펴보는 연구가 필요하다고 보여 진다.

이에 본 연구에서는 체질량지수를 기준으로 한 비만도에 따라 비만과 정상중학생을 표집하여 혈중 항산화 효소인 SOD활성과 혈청 철, 구리, 아연, 망간, 셀레늄과 같은 항산화 무기질의 함량을 조사함으로써 청소년에 있어 비만에 따른 항산화계의 변화와 무기질 영양상태와의 관련성을 규명하기 하고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상자

본 연구는 2000년 12월에 전라북도 I시 지역의 중학교 2학년 에 재학 중인 남, 여 학생들을 대상으로 학기 초에 실시한 신체검사 결과를 바탕으로 비만군과 정상군을 각각 56명, 57명 총 113명을 표집 하여 신체계측, 식이섭취조사 및 혈액성상을 분석하였다.

2. 신체 계측

신장과 체중은 가벼운 옷차림 상태에서 맨발로 직립자세를 취하게 하고 신장자동계측기 (Fatness measuring system, DS-102, JENIX, Korea)를 사용하여 측정하였다. 측정된 신장과 체중을 이용하여 체질량지수 (BMI: body mass index = kg/m²) (한국비만학회, 2002)를 계산하였으며, 아시아인의 체질량지수에 따른 체형 분류기준에 따라 18.5 ≤ BMI < 22.9까지를 정상군, 25 ≤ BMI를 비만군으로 분류하였다. 체지방율, 제지방율 (LBM, lean body mass)은 체지방측정기 (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.

3. 영양소 섭취량조사

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, 한국영양학회 부설 영양정보센터)를 이용하여 분석하였다. 구리와 아연의 섭취량은 우리나라의 식품성분표²⁴⁾와 미국²⁵⁾ 및 일본²⁶⁾의 자료를 이용하여 분석하였다.

4. 혈액분석

공복상태에서 진공 채혈관을 이용하여 정맥혈 15 cc를 채취하였다. 채취된 혈액 중 10 cc는 실온에서 3,000 rpm의 속도로 15분간 원심 분리하여 혈청을 얻은 후 분석에 사용하였고, 나머지 혈액은 헤파린 처리하여 전혈상태로 SOD활성 측정에 사용하였다. 혈청은 각 2 ml씩 취하여 ternary solution (질산, 황산, 과염소산을 10 : 1 : 4의 비율로 섞어 제조) 2 ml을 가하여 분해한 후 이온제거수로 희석한 것을 검액으로 하여 ICP (inductively coupled plasma, Thermo Jarrell Ash, USA)를 이용하여 철분, 구리, 아연, 망간, 셀레늄 함량의 정량분석을 실시하였다. SOD활성은 Floh 등²⁷⁾의 방법에 기초하여, xanthine이 xanthine oxidase에 의해 생성된 superoxide radical이 I.N.T (2-[4-iodophenyl]-3-[4-introphenol]-5phenyl-tetrazolium chloride)와 반응하여 Formazandye를 형성하는데, SOD활성도는 이 반응의 억제되는 정도를 측정하

였다. 검체의 전처리에는 헤파린 처리된 전혈 1.0 ml에 0.85% NaCl을 넣어 실온에서 3,000 rpm의 속도로 10분간 원심 분리 하였다. 분리된 혈액의 상층액을 제거한 후 이러한 과정을 4회 반복하여 실시하였다. 증류수를 첨가하여 전체 부피를 2.0 ml로 맞춘 다음 4°C에서 15분간 배양한 후 0.1 mmol/l phosphate buffer (pH 7.0)을 이용하여 25배 희석하여 전처리를 하였다. 전처리한 검체를 자동분석기 (Cobas MIRA, Roche, Switzerland)로 측정하였다.

5. 통계분석

본 실험에서 얻은 모든 결과는 SAS program (version 8.1)을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였고, 비만도에 따른 비만군과 정상군 간의 신체계측, 영양소 섭취상태, 혈액성상 비교는 Student's t-test를 이용하여 유의성을 검정하였다. 변수간의 상관관계는 Pearson's correlation으로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 연구 대상자의 일반사항

연구대상자의 비만도별 연령 및 신체계측사항은 Table 1과 같다. 연구대상자의 평균 연령과 체중은 정상이 각각 13.8세, 58.0 kg, 비만군이 13.8세, 73.9 kg였으며, 신장과 체중을 이용하여 산출한 BMI은 비만군이 28.2 kg/m², 정상군이 21.8 kg/m²으로 체중 (p < 0.001)과 체질량지수 (p < 0.001) 모두 두 군간에 유의적인 차이를 보였다. 연구대상자의 평균 수축기혈압과 이완기혈압은 비만군이 각각 126.3

mmHg, 76.7 mmHg, 정상군이 각각 122.2 mmHg, 73.6 mmHg로 두 군간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 전체 대상자의 평균 체지방률은 비만군이 37.2%, 정상군이 24.3%로 두 군간의 유의적인 차이를 보였다 (p < 0.001).

2. 영양소 섭취량

본 연구 대상자의 1일 영양소 섭취량과 이를 한국인 영양섭취기준에 대한 섭취비율로 조사한 결과는 Table 2, 3에 나타내었다. 남, 여학생이 섭취한 열량을 포함한 모든 영양소 섭취량은 비만군과 정상군간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 대상자들의 1일 평균 열량 섭취량은 비만군이 2,053.9 kcal, 정상군이 1,937.3 kcal으로 비만군이 정상군보다 높았으나 유의적인 차이는 아니었다. 본 연구 대상자들의 1일 평균 탄수화물 섭취량은 비만군이 319.8 g 정상군이 300.4 g이었고, 지방과 콜레스테롤섭취량은 비만군이 각각 58.5 g, 243.1 mg, 정상군이 각각 50.2 g, 252.0 mg으로 두 군간의 유의적인 차이가 없었다.

연구 대상자들의 총열량에 대한 탄수화물 : 단백질 : 지방의 구성비율은 비만군이 62.3 : 12.1 : 25.6, 정상군이 62.2 : 14.7 : 23.3로 이러한 비율은 우리나라의 권장비율인 65 : 15 : 20과 비교했을 때 비만군과 정상군 모두에서 지방의 섭취비율이 높고, 탄수화물과 단백질의 섭취비율이 낮았다.

1일 영양소 섭취량을 한국인 영양섭취기준²⁸⁾과 비교해 본 결과 (Table 3) 전체 대상자의 모두 비타민 A, 비타민 B₂, 나이아신, 칼슘, 철과 아연섭취가 권장량에 미치지 못하였다. 특히 칼슘은 섭취량이 권장량의 43.5%로 낮게 나

Table 1. Anthropometric measurements of middle school students according to sex and obesity index

	Male (n = 59)		Female (n = 54)		Total (n = 113)	
	Obese (n = 32)	Normal (n = 27)	Obese (n = 24)	Normal (n=30)	Obese (n=56)	Normal (n=57)
Age (years)	13.5 ± 0.7 ⁵⁾	13.7 ± 0.6	14.0 ± 0.2	13.9 ± 0.3	13.8 ± 0.5	13.8 ± 0.5
Height (cm)	165.2 ± 7.2	166.3 ± 7.0	158.5 ± 4.1	158.3 ± 6.1	161.7 ± 7.0	162.9 ± 7.7
Weight (kg)	78.1 ± 10.2	59.3 ± 6.6 ⁶⁾	70.1 ± 7.6	56.2 ± 4.9 ^{***}	73.9 ± 9.7	58.0 ± 6.1 ^{***}
BMI ¹⁾ (kg/m ²)	28.6 ± 2.6	21.4 ± 1.2 ^{***}	27.8 ± 2.4	22.4 ± 0.6 ^{***}	28.2 ± 2.5	21.8 ± 1.1 ^{***}
SBP ²⁾ (mmHg)	130.7 ± 15.0	126.3 ± 17.1	122.6 ± 11.7	116.5 ± 10.5	126.3 ± 13.8	122.2 ± 15.4
DBP ³⁾ (mmHg)	79.4 ± 20.9	74.4 ± 13.0	74.3 ± 8.6	72.7 ± 9.8	76.7 ± 15.7	73.6 ± 11.6
Body fat (%)	33.0 ± 6.8	19.0 ± 4.6 ^{***}	40.8 ± 5.6	31.4 ± 2.2 ^{***}	37.2 ± 7.3	24.3 ± 7.2 ^{***}
Waist (cm)	87.9 ± 7.4	71.1 ± 4.8 ^{***}	77.9 ± 6.0	69.1 ± 3.5 ^{***}	82.9 ± 8.4	70.3 ± 4.4 ^{***}
Hip (cm)	97.9 ± 18.6	90.9 ± 5.2	100.7 ± 5.0	92.9 ± 3.6 ^{***}	99.3 ± 13.2	91.7 ± 4.7 ^{***}
WHR ⁴⁾	1.2 ± 1.6	0.8 ± 0.0	0.8 ± 0.0	0.7 ± 0.0 ^{**}	1.0 ± 1.1	0.8 ± 0.0

1) Body mass index

2) Systolic blood pressure

3) Diastolic blood pressure

4) Waist hip ratio

5) Mean ± standard deviation

6) **: p < 0.01, ***: p < 0.001; Significant difference between Obese and Control as determined by Student's t-test

Table 2. The daily nutrient intake of middle school students according to sex and obesity index

	Male (n = 59)		Female (n = 54)		Total (n = 113)	
	Obese (n = 32)	Normal (n = 27)	Obese (n = 24)	Normal (n = 30)	Obese (n = 56)	Normal (n = 57)
Energy (Kcal)	2200.6 ± 798.9 ¹⁾	2052.7 ± 515.3	1892.7 ± 408.4	1783.4 ± 419.4	2053.9 ± 642.4	1937.3 ± 491.2
Protein (g)	69.8 ± 26.6	76.1 ± 33.1	55.8 ± 17.2	64.2 ± 18.9	62.1 ± 23.1	71.0 ± 28.3
Animal P. (g)	28.6 ± 19.2	34.0 ± 19.9	23.3 ± 12.9	26.9 ± 12.0	25.5 ± 16.2	30.9 ± 17.2
Plant P. (g)	41.2 ± 14.0	42.1 ± 17.6	32.5 ± 9.4	37.3 ± 9.6	36.6 ± 12.8	40.1 ± 14.8
Fat (g)	63.8 ± 39.4	51.7 ± 20.4	52.5 ± 22.1	48.2 ± 19.8	58.5 ± 31.8	50.2 ± 20.0
Animal fat (g)	28.7 ± 17.9	24.5 ± 13.3	14.4 ± 8.2	15.6 ± 8.6	21.0 ± 15.5	20.7 ± 12.2
Plant fat (g)	35.1 ± 30.2	7.2 ± 17.2	38.0 ± 22.8	32.6 ± 19.2	37.5 ± 27.0	29.5 ± 18.1
Cholesterol (mg)	279.2 ± 187.8	277.1 ± 218.5	217.2 ± 155.6	218.5 ± 151.4	243.1 ± 174.2	252.0 ± 193.3
Carbohydrate (g)	336.8 ± 132.9	320.8 ± 94.2	299.3 ± 74.6	273.2 ± 78.7	319.8 ± 108.0	300.4 ± 90.3
Crude fiber (g)	5.1 ± 1.9	4.8 ± 2.1	4.1 ± 1.6	5.0 ± 2.1	4.6 ± 1.8	4.9 ± 2.1
Vitamin A (R.E.)	638.1 ± 342.2	559.4 ± 352.9	428.6 ± 215.8	506.3 ± 309.1	529.1 ± 297.7	536.6 ± 332.9
Vitamin B ₁ (mg)	1.4 ± 0.6	1.5 ± 0.7	1.1 ± 0.4	1.2 ± 0.4	1.2 ± 0.5	1.4 ± 0.6
Vitamin B ₂ (mg)	1.1 ± 0.6	1.2 ± 0.7	0.8 ± 0.3	0.9 ± 0.3	1.0 ± 0.5	1.0 ± 0.5
Niacin (mg)	13.0 ± 4.3	14.2 ± 5.5	11.7 ± 4.7	12.4 ± 4.5	12.2 ± 4.6	13.4 ± 5.1
Vitamin C (mg)	95.4 ± 93.5	77.6 ± 62.9	120.2 ± 122.9	140.9 ± 124.1	106.8 ± 109.5	104.7 ± 98.3
Calcium (mg)	458.1 ± 309.9	449.9 ± 304.3	361.3 ± 250.5	405.7 ± 156.5	401.4 ± 282.4	431.0 ± 250.8
Phosphorus (mg)	1043.9 ± 412.0	1106.5 ± 444.3	851.2 ± 309.1	944.66 ± 250.3	933.8 ± 373.0	1037.1 ± 379.5
Iron (mg)	10.2 ± 4.5	10.5 ± 5.2	8.1 ± 3.0	9.6 ± 4.2	9.0 ± 3.9	10.1 ± 4.8
Zinc (mg)	7.3 ± 3.1	7.8 ± 3.0	5.3 ± 1.8	6.2 ± 2.3	6.3 ± 2.7	7.1 ± 2.8
Copper (g)	1096.5 ± 382.7	1061.3 ± 229.4	884.5 ± 236.4	1032.5 ± 458.3	982.0 ± 329.3	1048.9 ± 343.1

1) Mean ± standard deviation

Table 3. Percent of KDRIs values about daily nutrient intake according to sex and obesity index

	Male (n = 59)		Female (n = 54)		Total (n = 113)	
	Obese (n = 32)	Normal (n = 27)	Obese (n = 24)	Normal (n = 30)	Obese (n = 56)	Normal (n = 57)
Energy (% EAR) ¹⁾	91.7 ± 33.3 ³⁾	85.5 ± 21.5	94.6 ± 20.4	89.2 ± 21.0	94.0 ± 27.6	87.1 ± 21.1
Protein (% RI) ²⁾	139.6 ± 53.1	152.2 ± 66.2	123.9 ± 38.3	142.6 ± 42.0	130.7 ± 46.2	148.1 ± 56.8
Vitamin A (% RI)	91.2 ± 48.9	79.9 ± 50.4	66.0 ± 33.0	77.9 ± 47.6	78.1 ± 42.7	79.0 ± 48.8
Vitamin B ₁ (% RI)	113.5 ± 46.7	124.5 ± 54.2	107.2 ± 38.1	118.9 ± 41.5	111.2 ± 42.5	122.1 ± 48.8
Vitamin B ₂ (% RI)	73.1 ± 36.3	76.8 ± 43.7	70.4 ± 37.5	71.1 ± 24.2	78.8 ± 46.8	74.3 ± 36.5
Niacin (% RI)	86.9 ± 28.6	94.5 ± 36.8	90.3 ± 36.3	95.2 ± 34.5	72.8 ± 37.2	94.8 ± 35.5
Vitamin C (% RI)	95.4 ± 93.5	77.6 ± 62.9	133.6 ± 136.6	156.60 ± 137.9	106.8 ± 109.5	111.4 ± 108.3
Calcium (% RI)	45.8 ± 31.0	45.0 ± 30.4	40.1 ± 27.8	45.1 ± 17.4	42.2 ± 29.3	45.0 ± 25.5
Phosphorus (% RI)	104.4 ± 41.2	110.7 ± 4.4	94.6 ± 34.3	105.0 ± 27.8	98.4 ± 37.9	108.2 ± 38.0
Iron (% RI)	84.9 ± 37.7	87.2 ± 43.0	67.8 ± 24.8	79.7 ± 35.4	75.0 ± 32.8	83.9 ± 39.7
Zinc (% RI)	90.8 ± 38.3	97.1 ± 37.3	76.1 ± 25.4	88.1 ± 33.5	84.4 ± 33.8	93.2 ± 35.7
Copper (% RI)	146.2 ± 51.0	141.5 ± 30.6	117.9 ± 31.5	137.7 ± 61.1	130.9 ± 43.9	139.9 ± 45.7

¹⁾ EAR: Estimated Average Requirements, ²⁾ RI: Recommended Intake, ³⁾ Mean ± standard deviation

타났다. 아연의 섭취량도 비만군이 84.4%, 정상군이 93.2%로 권장섭취량에 미치지 못하는 섭취량을 보였다. 아연은 metallo-enzyme 등 60여 가지 효소작용에 관계하고 단백질과 핵산대사에 필수적이며 청소년기의 성장과 높은 활동량, 중추신경계의 조절, 시각 기능에 중요한 역할과 관련이 있어 급격한 성장발달을 이루는 청소년기에 그 중요성이 강조되어야 한다.²⁹⁾

본 연구대상자의 철의 섭취량은 비만군이 9.0 mg로 권장섭취량의 75.0%, 정상군이 10.1 mg로 권장섭취량의

83.9%로 나타내어 두 군 모두 권장량에 부족하게 섭취하고 있는 것으로 나타났다. 사춘기의 신장과 체중의 급속한 증가와 여성의 경우 월경에 의한 철의 손실이 있어 철의 요구량을 충족시킬 수 있도록 학생들 특히 여학생들에게 영양교육을 통한 철 섭취량을 강조해야 할 것이다. 이외에도 비만군이 비타민 A, 나이아신의 섭취가 정상체중군보다 낮은 경향을 보이거나 권장량에 미치지 못하였다. 이상의 영양소 섭취량 분석결과 남녀 중학생의 비만군과 정상군간에 영양소섭취량에 있어서는 유의적인 차이가 없었으며, 두군

Table 4. Blood parameters of middle school students according to sex and obesity index

	Male (n = 59)		Female (n = 54)		Total (n = 113)	
	Obese (n = 32)	Normal (n = 27)	Obese (n = 24)	Normal (n = 30)	Obese (n = 56)	Normal (n = 57)
SOD ¹⁾ (U/mL)	140.9 ± 57.9 ²⁾	146.4 ± 75.1	162.1 ± 57.1	162.6 ± 49.2	152.7 ± 59.7	152.8 ± 65.9
Se (μg/dl)	24.3 ± 24.1	27.9 ± 20.4	25.2 ± 27.7	23.8 ± 28.2	24.3 ± 25.8	26.1 ± 24.1
Fe (μg/dl)	105.3 ± 28.2	96.5 ± 22.7	98.2 ± 28.7	99.4 ± 38.9	100.7 ± 29.0	97.7 ± 30.4
Mn (ng/mL)	0.12 ± 0.4	0.28 ± 0.1	0.18 ± 0.2	0.29 ± 0.1*	0.15 ± 0.3	0.29 ± 0.3**
Cu (μg/dl)	100.6 ± 14.9	108.1 ± 9.4 ³⁾	113.4 ± 16.1	108.2 ± 19.6	107.8 ± 17.2	108.1 ± 14.5
Zn (μg/dl)	99.7 ± 14.0	106.2 ± 11.3	93.7 ± 10.8	94.7 ± 9.7	95.5 ± 12.6	101.3 ± 12.0*
Cu/Zn	1.0 ± 0.2	1.0 ± 0.1	1.2 ± 0.2	1.2 ± 0.2	1.1 ± 0.2	1.1 ± 0.2

¹⁾ Superoxide dismutase

²⁾ Mean ± standard deviation

³⁾ *: p < 0.05, **: p < 0.01, Significant difference between Obese and Control as determined by Student's t-test

모두 칼슘, 철과 같은 미량영양소의 섭취가 저조한 것으로 나타나 적절한 섭취와 보충을 위한 영양지도가 이루어져야 할 것으로 생각한다.

3. SOD 활성도 및 혈청 철, 구리, 아연, 망간, 셀레늄 농도

연구 대상자들의 적혈구 SOD 활성도는 Table 4에 나타나 있는 바와 같이 남학생의 경우 비만군이 140.9 U/mL 정상군이 146.4 U/mL로 나타났다. 여학생은 각각 162.1 U/mL, 162.6 U/mL로 남녀 모두 비만군과 정상군간에 유의적인 차이가 없었다. 이는 Zhu 등⁴⁾의 연구에서는 비만군이 정상군에 비하여 SOD가 유의적으로 감소되어 있었던 것과는 차이가 있었으며, 폐경후 여성을 대상으로 비만과 정상군간에 SOD 활성도를 비교한 Sung과 Kim³⁰⁾의 연구에서는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

정상군과 비만군의 혈청 철 농도는 남학생 비만군이 105.3 μg/dL, 정상군이 96.5 μg/dL, 여학생은 비만군이 98.2 μg/dL, 99.4 μg/dL로 남녀 모두 두 군간에 유의적인 차이가 없었다.

혈청 구리의 농도는 남학생의 경우 비만군 100.6 μg/dL, 정상군 108.1 μg/dL로 유의적으로 비만군의 혈청 구리농도가 낮았다 (p < 0.05). 여학생은 각각 113.4 μg/dL, 108.2 μg/dL로 나타났고 유의적인 차이가 없었다. Yakinici 등³¹⁾의 보고에서는 비만군의 혈청 구리 함량이 정상군에 비하여 유의적으로 높게 나타났으며, 초등학교 고학년 아동을 대상으로 비만군과 정상군을 비교한 Lee³²⁾의 연구에서 혈청 구리 함량은 유의적이지는 않지만 비만군이 더 높은 경향을 나타냈다. 혈청 구리의 농도는 비만도 이외에 성별³³⁾이나 호르몬 상태에 따라서 차이가 있는 것으로 보고되고 있는데, 특히 estrogen의 경우 혈청의 구리 농도를 증가시킨다고 한다.³⁴⁾ 남녀학생에 있어 비만도에 따른 혈청 구리함량의 차이는 사춘기에 있는 여중생에서 체지방의 증가가 성적성숙을 가속화시킴으로써 호르몬수준 및 혈청 구리 수준에 영향을 주었을 가능성이 있는 것으로 보여진다.

혈청 아연의 농도는 남학생의 경우 비만군 99.7 μg/dL, 정상군 106.2 μg/dL로 나타났고, 여학생은 각각 93.7 μg/dL, 94.7 μg/dL였으며, 전체적으로는 비만군이 95.5 μg/dL, 정상군이 101.3 μg/dL로 비만군이 정상군에 비하여 유의적으로 낮았다(p < 0.05). Chen 등³⁵⁾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.

혈청 망간의 농도는 남학생의 경우 비만군 0.12 ng/mL, 정상군 0.28 ng/mL였으며, 여학생은 비만군 0.18 ng/mL, 정상군 0.29 ng/mL로 남녀 모두 비만군이 정상군에 비하여 낮았다. 혈청 셀레늄의 농도는 남학생의 경우 비만군 24.3 μg/dL, 정상군 27.9 μg/dL, 여학생은 각각 25.2 μg/dL, 23.8 μg/dL로 나타났고 남녀 모두 비만군과 정상군간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 본 연구대상자의 혈청 셀레늄 농도는 Diplock³⁶⁾이 제시한 정상인의 혈청 Se농도인 8.0~27.2 μg/dL의 범위에 속하였다. 프랑스의 성인을 대상으로 한 연구에서 혈청 셀레늄 농도는 남자에서는 비만도와 관련성을 보이지 않았으나, 여성에서만 체질량지수 30이상에서 감소하는 것으로 보고 되었다.¹⁶⁾ 셀레늄은 항산화효소인 GPX를 생성하는데 필요하며, 셀레늄을 공급하면 GPX 활성이 무려 33%정도 증가되며, LDL 산화를 46%정도나 감소시킨 것으로 보고되었다.³⁷⁾ 체내의 셀레늄 농도는 섭취하는 식품에 따라서 차이를 보일 수 있어 섭취량에 대한 파악이 동시에 이루어져야하나, 우리나라의 경우 많은 식품에 대한 분석치가 마련되어 있지 않아 본 연구에서는 이에 대한 평가가 부족하다는 제한점을 가지고 있다.

4. 체중, 체질량지수와 SOD활성도 및 항산화무기질 농도와의 상관관계

체중, 체질량지수와 SOD활성도 및 항산화무기질 농도와의 상관관계분석결과는 Table 5와 같다. 남학생의 체중

Table 5. Correlation coefficients among weight, BMI and SOD activity, serum Se, Fe, Mn, Cu and Zn of middle school students

	Male		Female		Total	
	Weight	BMI	Weight	BMI	Weight	BMI
SOD ¹⁾	-0.0802	-0.1523	-0.0044	0.0385	-0.0570	-0.0542
Se	-0.0561	-0.1075	-0.1322	-0.1252	-0.0805	-0.1285
Fe	0.3030 ²⁾	0.2675*	0.0651	-0.0805	0.2259**	0.1278
Mn	-0.2138	-0.2731*	-0.3959**	-0.4498**	-0.2863***	-0.970**
Cu	-0.2011	-0.3265*	0.0746	0.1263	-0.1342	-0.1269
Zn	-0.2862*	-0.2663*	-0.0795	-0.0996	-0.2323**	-0.2671***

¹⁾ Superoxide dismutase²⁾ Correlation coefficient, *: significance at $p < 0.05$, **: significance at $p < 0.01$, ***: significance at $p < 0.001$ **Table 6.** Correlation coefficients among SOD activity and serum Se, Mn, Cu, Zn, Fe of middle school students

	SOD ¹⁾		
	Male	Female	Total
Se	0.3783** ²⁾	0.2640*	0.2445*
Fe	-0.1453	-0.0918	-0.1387
Mn	0.3314*	0.2526	0.3241***
Cu	0.2709*	-0.0092	0.2171**
Zn	0.3176*	0.1490	0.1776*

¹⁾ SOD: superoxide dismutase²⁾ Correlation coefficient, *: significance at $p < 0.05$, **: significance at $p < 0.01$, ***: significance at $p < 0.001$

과 체질량지수는 혈청 철과 유의적인 양의 상관성을, 혈청 아연과는 유의적인 음의 상관성을 보였다. 또한 남학생의 체질량지수는 혈청 망간 및 구리와도 유의적인 음의 상관성을 보였다. 여학생의 체중과 체질량지수는 혈청 망간의 농도와 유의적인 음의 상관성을 보였다. 남녀 학생 모두에서 공통적으로 체질량지수는 혈청 망간 및 아연 함량의 유의적인 음의 상관관계를 보임으로써 비만도의 증가가 항산화 관련 무기질의 혈중 함량을 감소시킴을 알 수 있었다. 그러나 남녀학생 모두에서 체중 및 체질량지수와 SOD 활성화도간에 유의적인 상관관계가 나타나지 않았다.

5. SOD 활성화도와 혈청 항산화관련 무기질 농도와의 상관관계

SOD 활성화도와 혈청 항산화관련 무기질 농도와의 상관관계를 분석한 결과는 Table 6과 같다. 남학생의 SOD 활성화도와 혈청 셀레늄, 망간, 아연, 구리함량 간에는 유의적인 양의 상관성을 나타내었다. 여학생의 경우는 SOD 활성화도와 혈청 셀레늄 함량 간에만 유의적인 양의 상관성을 나타내었다. 구리, 아연, 망간은 항산화 효소 중 SOD의 역할에 중요하고,⁸⁾ 셀레늄은 GPX의 구성원소이다.¹⁰⁾ 본 연구에서 비만군과 정상군간의 평균 적혈구 SOD 활성화도간에는 유의적인 차이를 관찰하지 못했으나, 비만군의 경우 혈청의 항산화 관련 무기질인 셀레늄, 망간, 아연의 농도가 유의적으로 낮았고, 아연과 셀레늄의 혈청 농도가 SOD 활성화도와 유의적

인 양의 관련성을 보임으로써, 청소년에 있어서 비만으로 인한 항산화 무기질 농도의 체내 감소가 항산화효소의 활성화에 영향을 줌으로써 체내 산화스트레스의 증가로 인한 질병의 발병과 관련성을 갖을 것으로 보여진다.

요약 및 결론

청소년기 남녀 비만 중학생에 있어 영양소섭취와 혈청 SOD활성 및 항산화관련 무기질의 농도를 알아 보기 위하여 비만군 (남 32명, 여 24명)과 정상군 (남 27명, 여 30명)을 대상으로 신체계측, 식이섭취조사, 혈액 분석을 실시하였다. 연구대상자의 평균 연령은 정상군이 13.8세, 비만군이 13.8세이었으며, 신장과 체중을 이용하여 산출한 BMI ($p < 0.001$)은 비만군이 28.2 kg/m^2 , 정상군이 21.8 kg/m^2 으로 체중 ($p < 0.001$)과 체질량지수 ($p < 0.001$) 모두 두 군간에 유의적인 차이를 보였다. 영양소 섭취량 분석결과 남녀 중학생의 비만군과 정상군간에 영양소섭취량에 있어서 유의적인 차이가 없었다. 적혈구 SOD 활성화도는 남학생의 경우 비만군이 140.9 U/mL , 정상군이 146.4 U/mL 로 나타났고, 여학생은 각각 172.1 U/mL , 172.6 U/mL 로 남녀 모두 군간의 유의적인 차이가 없었다. 남학생의 경우 비만군의 혈청 구리의 농도는 정상군에 비하여 유의적으로 낮았고 ($p < 0.05$), 여학생의 경우 비만군의 혈청 망간의 농도가 정상군에 비하여 유의적으로 낮았다 ($p < 0.05$). 상관관계 분석결과 남학생의 체중과 체질량지수는 혈청 철과 유의적인 양의 상관성을, 혈청 아연과는 유의적인 음의 상관성을 보였다. 여학생의 체중과 체질량지수는 혈청 망간의 농도와 유의적인 음의 상관성을 보였다. 체중 및 체질량지수와 SOD 활성화도 간에는 유의적인 상관관계가 나타나지 않았다. 남학생의 경우 SOD 활성화도와 혈청 셀레늄, 망간, 구리, 아연 함량간에는 유의적인 양의 상관성을 나타내었고, 여학생의 경우는 SOD 활성화도와 혈청 셀레늄 함량 간에 유의적인 양의 상관성을 나타내었다.

이상의 연구결과를 요약할 때 청소년기 남녀 비만중학생의 경우 식이 중 항산화관련 미량영양소의 섭취량과 항산화효소인 SOD 활성도에 있어서는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 남학생의 경우 비만군의 혈청 구리의 농도는 정상군에 비하여 낮고, 여학생의 경우 비만군의 혈청 망간의 농도가 정상군에 비하여 낮은 유의적인 차이를 보였다. 비만군과 정상군간에 이러한 차이는 비만으로 인한 대사적 변화에 따라 항산화 무기질의 영양상태가 달라짐을 제시하여 주며 비만에 의한 산화 스트레스에 대한 미량 무기질의 역할에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Literature cited

- 1) Kang YJ, Hong CH, Hong YJ. The prevalence of childhood and adolescent obesity over the last 18 years in Seoul area. *Korean J Nutrition* 30: 832-839, 1997
- 2) Rames LK, Clark WR, Connor WE, Reiter MA, Lawer RM. Normal blood pressures and the evaluation in childhood the muscatine study. *Pediatrics* 61: 245-251, 1978
- 3) Mann GV. The influence of obesity on health. *New Engl J Med* 291: 178-185, 1974
- 4) Zhu YG, Zhang SM, Wang JY, Xiao WQ, Wang XY, Zhou JF. Overweight and obesity-induced oxidative stress in children. *Biomed Environ Sci* 19: 353-359, 2006
- 5) Sies H. Oxidative stress: From basic research to clinical application. *Am J Med* 91: 31s-38s, 1991
- 6) Krinsky M. Mechanism of action of biological antioxidants. *Proc Soc Exp Biol Med* 200: 248-234, 1992
- 7) Fridovich I. Superoxide dismutase. *J Biol Chem* 264: 7761-7764, 1989
- 8) Fridovich I. Superoxide dismutase. *Adv Enzymol Relat Areas Mol Biol* 58: 61-97, 1986
- 9) Burke JP, Fenton MR. Effect of a zinc-deficiency diet on lipid peroxidant in liver and tumor subcellular membranes. *Proc Soc Exp Biol Med* 179: 187-191, 1985
- 10) Chance B, Sies H, Boveris A. Hydroperoxide metabolism in mammalian organs. *Physiol Rev* 59: 527-605, 1979
- 11) Olivieri O, Stanzial AM, Girelli D, Trevisan M, Guarini P, Terzi M, Caffi S, Fontana F, Casaril M, Ferrari S, Corrocher R. Selenium status, fatty acids, vitamin A and E and ageing: The Novo study. *Am J Clin Nutr* 60: 510-517, 1994
- 12) Suadicani P, Hein HO, Gyntelberg F. Serum selenium concentration and risk of ischemic heart disease in a prospective cohort study of 3000 males. *Atherosclerosis* 56: 33-42, 1992
- 13) Zamboni G, Antoniazzi F, Spoletini E, Tato L. Mineral metabolism in obese children after weight loss. *Acta Paediatr Scand* 80: 470-471, 1991
- 14) Foldes J, Shih MS, Levy J. Bone structure and calcium metabolism in obese Zucker rats. *Int J Obes Relat Metab Disord* 16: 95-102, 1992
- 15) Lind WH, Chen MD, Cheng V, Tsou CT, Wang YS, Lin E. Effect of zinc and thyroxine treatment on dietary-obese mice. *Proc Natl Sci Coinc Repub China[B]* 11: 341-346, 1987
- 16) Arnaud J, Bertrais S, Roussel AM, Arnault N, Ruffieux D, Favier A, Berthelin S, Estaquio C, Galan P, Czernichow S, Hercberg S. Serum selenium determinants in French adults: the SU.VI.M.AX study. *Br J Nutr* 95: 313-320, 2006
- 17) Laitinen R, Vuori E, Viikari J. Serum zinc and copper in blood serum in children and young people between 5 and 18 years of age. *Przegllea* 51: 401-405, 1994
- 18) Di Martino G, Matera MG, De Martino B, Vacca C, Di Martino S, Rossi F. Relationship between zinc and obesity. *J Med* 24: 177-183, 1993
- 19) Ishikawa Y, Kudo H, Kagawa Y, Sakamoto S. Increased plasma levels of zinc in obese adult females on a weight-loss program based on a hypocaloric balanced diet. *In Vivo* 19: 1035-1037, 2005
- 20) Lee-Kim YC, Chung EJ, Hwang JA, Kim MK, Lee JH, Park TS, Kim ST, Park KS. A study on serum concentrations of antioxidant minerals in normal Korean adults. *Korean J Nutrition* 31: 324-332, 1998
- 21) Kim SK, Yeon BY, Choi MK. Comparison of nutrient intakes and serum mineral levels between smokers and non-smokers. *Korean J Nutrition* 36: 635-645, 2003
- 22) Sung CJ, Yoon YH. The study of Zn, Cu, Mn, Ni contents of serum, hair, nail and urine for female college students. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 99-105, 2000
- 23) Kim MH, Lee YS, Lee DH, Park HS, Sung CJ. The study of relation among serum copper, zinc, leptin and lipids of middle-school girls. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 540-543, 2001
- 24) National Rural Living Science Institute, R.D.A. Food composition table, fifth revision, 2001
- 25) Souci SW, Fachmann W, 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, Japan, 1993
- 27) Floh L, Beaker R, Brigelius R, Lengfelder E, Otting F. Convenient assay for superoxide dismutase. CRC handbook of free radicals and antioxidants in biomedicine. CRC press, pp.287-293, 1992
- 28) The Korean Nutrition Society. Dietary Reference Intakes for Koreans, 8th revision. Seoul, 2005
- 29) Aggett PJ, Comerford JG. Zinc and human health. *Nutr Rev* 53: S16-S22, 1995
- 30) Sung CJ, Kim EY. A study of nutritional status and antioxidant capacity according to obesity index in postmenopausal women. *Kor J Obesity* 12: 193-202, 2003
- 31) Yakinci C, Pac A, Küçükbay F, Tayfun M, Gül A. Serum, zinc, copper, and magnesium levels in obese children. *Acta Paediatr Jpn* 39: 339-341, 1997
- 32) Lee SY. A study on nutritional status of iron, copper and zinc in Korean normal and obese elementary school students. Sookmyung University Master Thesis, 1998
- 33) Ahn KY, Kim MJ, Kim WH, Cho SY, Kim MW, Cho KK. The study of concentrations of serum copper and zinc in liver chirohosis and liver cancer patients. *Kor J Inter Med* 33: 3-8, 1991

- 34) Mehta SW, Eilum R. Effects of estrogen on serum and tissue levels of copper and zinc. *Adv Exp Med Biol* 258: 155-162, 1989
- 35) Chen H, Charlat O, Tartaglia LA, Woolf EA, Weng X, Ellis SJ, Lakey ND, Culpepper J, Moore KJ, Breitbart RE, Duyk GM, Tepper R, Morgenstern JP. 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
- 36) Diplock AT. Trace elements in human health with special reference to selenium. *Am J Clin Nutr* 45: 1313-1322, 1987
- 37) Kim YG. Antioxidants. Yumungak, 2004