대한지역사회영양학회지 7(6) : 844~851, 2002
*Korean J Community Nutrition* 7(6) : 844~851, 2002

# 흡연이 남자 청소년들의 일부 항산화 관련 효소체계에 미치는 영향

임 재 연 · 김 정 희†

서울여자대학교 자연과학대학 식품과학부 식품영양전공

# The Effects of Smoking on Antioxidative Enzyme Activities in Male Adolescents

**Jae Yeon Lim, Jung Hee Kim†**

*Division of Food and Nutrition, College of Natural Sciences, Seoul Women's University, Seoul, Korea*

## ABSTRACT

Smoking can increase oxidative stress and thereby change the antioxidant defense system in the body. To investigate the relationship between male adolescent smoking and antioxidant status, we surveyed the eating habits and dietary intake of 82 smokers and 44 nonsmokers recruited from a male technical high school. In addition, antioxidant enzyme activity and lipid peroxide values were determined in both the plasma and the erythrocytes. Although the frequency of food intake was not significantly different, most nutrient intake was unexpectedly higher in smokers than in nonsmokers. In comparison with the Korean RDA, especially the average intake of Ca, Fe and vitamin $B_2$ didn't reach 75% of the Korean RDA in either smokers or nonsmokers. An analysis of antioxidant enzyme activity showed that plasma catalase, superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GSH-px), erythrocyte catalase and GSH-px activities showed no significant difference between smokers and nonsmokers. However, the erythrocyte SOD activity of smokers (1.57 unit/mgHb) was significantly lower than that of nonsmokers (2.00 unit/mgHb). In addition, the plasma ceruloplasmin concentration of smokers (28.68 mg/dl) was significantly higher than that of nonsmokers (26.30 mg/dl), whereas the specific ceruloplasmin ferroxidase activity of smokers (0.31 unit/mg) was lower than that of nonsmokers (0.35 unit/mg). The plasma and erythrocyte thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) of smokers (2.57 $\mu$mol/L, 0.32 $\mu$mol/gHb) were also significantly higher than those of nonsmokers (2.25 $\mu$mol/L, 0.27 $\mu$mol/gHb). The overall data indicate that adolescent smoking might decrease the antioxidant capacity of the body, in part, by lowering the erythrocyte SOD activity and the specific ceruloplasmin ferroxidase activity. (*Korean J Community Nutrition* 7(6) : 844~851, 2002)

**KEY WORDS** : adolescent smoking · erythrocyte · antioxidant enzymes · lipid peroxidation

## 서 론

우리 나라 사망원인(통계청 2000)중 위암, 간암, 자궁암의 빈도는 감소 추세를 보이는 반면 폐암으로 인한 사망률은 최근 10년 사이 2배로 증가하여 암 발생 빈도 중 1위를 차지하며 그 증가 속도가 매우 빠르다. 폐암의 증가는 산업화에 따른 공해 요인도 있지만 흡연 인구의 증가가 주 요인으로 생각된다. 흡연으로 야기될 수 있는 암은 폐암 외에도 인후암, 구강암, 식도암, 방광암(Wynder 등 1988), 췌장암 등이 있다. 또한 흡연은 혈관의 내피 세포에 손상을 주고 저산소증, 부정맥, 동맥 경화의 악화 등으로 협심증, 급성 심근경색, 뇌졸중 등의 발생 원인이 될 뿐만 아니라(Wynder 1995; Yarnell 1996) 만성 기관지염과 폐기종 등 난치성 폐질환을 초래하기도 한다.

우리나라 흡연율은 1998년 국민 건강 · 영양조사(보건복지부 1999)에 의하면 성인 남자인 경우 64.1%, 여자는 5.9%이었으며, 청소년의 경우 1988년 흡연율과 대비하여 2000년에는 남자 중학생이 4.1배, 남자 고등학생이 1.2배

채택일 : 2002년 12월 5일
†**Corresponding author**: Jung Hee Kim, Division of Food and Nutrition, Seoul Women's University, 126 Kongnung 2-dong Nowon-gu, Seoul 139-774, Korea
Tel: (02) 970-5646, Fax: (02) 976-4049
E-mail: jheekim@swu.ac.kr

여자 중학생이 2.7배 그리고 여자 고등학생이 4.5배 증가하였다(금연운동협의회 2000). 남고생의 흡연율은 여러 선진국에 비해 가장 높았으며, 여고생의 경우에는 높은 순위는 아니었지만 흡연율이 급속도로 증가하고 있다. 임웅 등(1992)의 보고에 의하면, 최초 흡연 연령이 낮을수록 습관성 흡연으로 고착되는 경향을 보인다고 하여 청소년 흡연의 문제점을 강조하였다.

흡연은 세포내 산화적 스트레스를 가장 많이 받게 하는 직접적인 원인이 될 수 있다(Frei 등 1991). 정상적인 세포내에는 산화적 스트레스의 공격에 대응하기 위하여 효율적인 방어기구를 가지고 있으며 이에는 비타민 C와 비타민 E, 베타 카로틴 등 항산화 물질에 의한 비효소적 방어 기구와 catalase, superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GSH-px), glutathione reductase (GSH-reductase)등과 같은 효소적 방어 기구가 있다(Sies 1991). 그러나 인체가 방어할 수 있는 능력을 초과하여 유리 라디칼의 공격을 받으면 산화 스트레스가 증가하고 이런 산화 스트레스의 증가는 암, 당뇨병 및 심혈관계 질환 등 성인병의 발생과 진행에 관련이 된다(Singh 등 1998). 특히 흡연은 담배연기에 존재하는 많은 유리 라디칼로 인해 산화 스트레스를 증가시키며 따라서 체내의 항산화 영양소를 고갈시킬 수 있을 뿐만 아니라(Kim & Moon 1997; Brown 등 1997)항산화 관련 효소들의 활성도를 변화시킬 수 있다(Abou 1996).

Abou (1996)는 흡연자의 적혈구 SOD, catalase, 혈장 SOD의 활성도가 비흡연자에 비해 높았다고 보고하였으며 다른 연구에서도 세포에 인위적으로 산화적 스트레스를 가하게 되면 SOD의 활성도가 변화된다고 하였다(Gort & Imaly 1998). 또한 Nadif 등(1996)은 산화적 스트레스를 높이는 주위 환경의 정도와 체내 SOD 활성도와 양의 상관관계를 제시하였다. 그러나 Bolzan 등(1997)의 보고에서는 흡연 유무에 따라 항산화 효소 활성에 차이가 없다고 보고하였다. 따라서 이러한 연구간에 차이는 연구 대상자의 나이, 성별, 흡연력, 하루 흡연 개피수 등에 따라 결과가 달라질 수 있음을 의미한다.

따라서 본 연구에서는 남자 청소년의 흡연이 인체의 지질과산화물 생성 및 항산화 관련 효소계에 미치는 영향을 조사하고자 남자 고등학생을 흡연군과 비흡연군로 구분하여 영양소 섭취량, 및 식습관을 조사하고 아울러 항산화 관련 효소의 활성도와 지질과산화물 농도를 적혈구 및 혈장에서 조사하였다.

## 연구 내용 및 방법

### 1. 연구 대상자

본 연구는 서울시 모 공업고등학교 2학년 남학생 중 1999년 조사 당시 흡연을 하고 있던 학생 100명을 흡연군으로 조사 당시 흡연 경력이 없던 학생중 50명을 무작위로 선정하여 비흡연군으로 분류하였다. 이 중 설문지 응답 및 식이섭취 조사를 불성실하게 한 사람, 질병이나 기타 건강상의 이유로 비타민제나 특정한 약 또는 건강 보조식품을 복용하는 사람, 혈액 부족으로 생화학 분석이 불가능한 사람 등을 제외하고 흡연군 82명과 비흡연군 44명을 본 연구의 대상자로 하였다. 흡연군의 평균 흡연력(pack-year)은 1.07이었다

### 2. 체성분 분석

신장계로 신장을 측정한 후 Inbody 3.0 (Bio-electrical Impedance Fatness Analyzer, (주)바이오스페이스)을 이용하여 체중, 체지방량 및 복부미만 정도를 조사하였다.

### 3. 일반사항 및 식생활 실태조사

일반사항은 김정희 등(1998)의 연구에 사용하였던 자료와 1998년도 국민 건강 · 영양조사의 10세~19세 청소년용(보건복지부 1999)에 이용된 자료를 바탕으로 재구성하여 설문 조사하였다. 조사 내용으로는 용돈, 종교, 가족사항 등의 일반 사항과 건강 상태, 흡연, 음주, 커피섭취, 운동, 수면 스트레스 등이 포함되었다.

대상자들의 식생활 실태 조사는 1998년도 국민 건강 · 영양조사 자료를 인용하여, 하루 식사횟수, 결식, 결식 이유 식사시간의 규칙성, 과식, 소식, 간식, 외식, 육류음식의 지방처리 등에 관하여 설문 조사하였다.

식품 섭취 빈도는 콩류, 생선류, 고기류, 계란, 우유 및 유제품류, 뼈째 먹는 생선류, 해조류, 담색 채소류, 녹황색 채소류, 과일, 기름, 인스턴트 식품 등 전체 12문항으로 하여 주 0회 섭취는 0점, 주 1~2회 섭취는 1점, 주 3~4회 섭취는 2점, 주 5~6회 섭취는 3점, 주 7회 섭취는 4점으로 점수화하여 계산하였고, 총점 계산시 기름과 인스턴트 식품 섭취빈도 문항은 역으로 환산하였다. 식이 섭취량 조사를 위해 24시간 기록법을 이용하였으며, 섭취한 식품의 영양소 분석은 이미 신뢰도가 검증된 CAN-pro(Computer Aided Nutritional Analysis Program, 전문가용. 한국영양학회)를 이용하여 대상자들의 1일 평균 영양소 섭취량을 구하였다(Kim 등 1997). 섭취량을 대상자 연령에 따른 한국인 영

양 권장량과 비교(%RDA)하여 영양소 섭취상태의 양적 평가를 하였다.

### 4. 혈액 생화학 조사

#### 1) 채혈 및 혈장 · 적혈구 분리

본인의 동의를 얻어 12시간 금식시킨 후 채혈하였다. 채취한 혈액은 실온에서 약 1시간 방치 한 후 4℃, 1500 rpm에서 15분간 원심 분리하여 혈장과 적혈구를 얻었다. 혈장은 액체질소로 급속 냉동하여 분석시까지 −80℃에서 냉동 보관하였고, 적혈구는 ice cold saline과 phosphate buffer로 각각 3차례 세척하여 RBC hemolysate를 얻어, 분석 시까지 냉장 보관하였다.

#### 2) 항산화관련 효소 활성도 측정

혈장과 적혈구의 catalase 활성도는 Abei(1984)법에 따라 hydrogen peroxide가 분해되는 정도를 분석하였다. 혈장의 catalase의 활성도는 $H_2O_2$의 분자흡광계수 43.6 $M^{-1}cm^{-1}$을 이용하여 계산하였고, mg protein 당 1분 동안 결합되는 reduced $H_2O_2$의 $\mu$mol 수로 표시하였다. 적혈구 catalase 활성도는 RBC hemolysate를 적당히 희석하여 5 g Hb/100 ml 맞춘 것을 효소원으로 사용하여 측정하였고, 적혈구 1 gHb에 해당하는 catalase 활성도를 나타내었다.

혈장의 GSH-px의 활성도는 Paglia & Valentine (1967)과 Deagen 등(1987)의 방법을 수정하여 기질로 $H_2O_2$를 이용한 coupled enzyme procedure에 의해 측정하였다. 활성도는 NADPH의 분자흡광계수 6.22 $mM^{-1}cm^{-1}$을 이용하여 계산하였고, mg protein당 1분 동안에 산화되는 NADPH의 nM 수로 표시하였다. 적혈구의 GSH-px의 활성도는 적혈구를 용혈시킨 후 적당량 희석하여, Hb을 cyanometHb로 전환시킨 것을 효소원으로 하여 측정하였으며(Paglia & Valentine 1967), 적혈구 1 gHb에 해당하는 활성도를 구하였다.

혈장의 SOD 활성도는 Marklumd와 Marklund 방법(1974)과 Sheri 등의 방법(1983)을 수정하여 pyrogallol의 autoxidation을 SOD가 억제하는 정도를 통하여 측정하였다. Pyrogallol autoxidation을 50% 방해하는데 필요한 효소의 양으로 산출하여, 혈장의 1mg protein에 해당하는 효소 활성도로 환산하였다. 적혈구의 SOD 활성는 Winterbourn 등(1975)과 McCord와 Fridovich의 방법(1969)을 수정하여 효소원을 얻었으며, 이후 방법은 혈장 SOD 측정법과 같으며, 적혈구 1 mgHb에 해당하는 효소 활성도로 환산하였다.

혈장 ceruloplasmin 농도 측정은 Sunderman과 Nomoto (1970)의 $\rho$-phenylenediamine(PPD)oxidase assay 방법을, ceruloplasmin ferroxidase activity 측정은 $o$-dianisidine dihydrochloride를 기질로 사용하여 oxidase activity를 측정하는 Schosinsky 등(1974)의 방법을 이용하였다. 혈장 ceruloplasmin 농도 및 ceruloplasmin ferroxidase 활성도 측정는 다음식에 의해 계산되었다.

· Ceruloplasmin 농도(g/L) = $0.752(A_R - A_B)$

$A_R$ : Reaction 시험관의 흡광도

$A_B$ : Blank 시험관의 흡광도

· Ceruloplasmin ferroxidase activity = $(A_{15} - A_5) \times 6.25 \times 10^{-1}$ unit/ml

$A_{15}$ : 각각 15분 반응시킨 시료의 흡광도

$A_5$ : 각각 5분 반응시킨 시료의 흡광도

#### 3) 혈장 · 적혈구 TBARS 농도 측정

과산화 지표로 thiobarbituric acid reactive substance TBARS를 혈장에서는 Ohkawa 등(1979)의 방법으로, 적혈구에서는 Stocks와 Dormandy법(1971)을 변형하여 thiobabituric acid와 반응하는 물질을 추출하여 분석하였으며 이때의 표준 물질은 1,1,3,3-tetraethoxypropane를 사용하였다.

### 5. 자료분석 및 통계처리

모든 자료는 SAS를 이용하여 산술적 평균, 표준오차, 백분위수로 나타내었다. 흡연군과 비흡연군간의 연속변수의 차이를 보기 위해서 Students' t-test를 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 대상자들의 신체계측 및 일반사항

#### 1) 대상자들의 체성분

흡연군과 비흡연군의 BMI는 두 군 모두 정상 범위인 20~25에 해당되었고, 군간에 차이가 없었다(Table 1). 흡연군의 체지방율은 15%로 비흡연군(18%)보다 유의적으로 낮았고, 복부 비만을 파악할 수 있는 Waist hip ratio(WHR)은 흡연군 0.78로 비흡연군의 0.80보다 유의적으로 낮게 나타났으나, 그 값은 정상 범위에 해당되었다. 선행된 여고생 연구(Kim 등 1999)도 흡연군의 WHR은 비흡연군과 차이를 보이고 있으나, 모두 정상 범위에 해당하였다고 보고하였다. 따라서 청소년 시기의 흡연은 지방 축적 및 분포에 악영향을 미치지 않는 것으로 사료되나, 성인의 경우 흡연으로 인해 에너지 효율이 감소되고, 지방 축적이 효과적으로

**Table 1.** Comparison of body composition between adolescent male smokers and nonsmokers

| Variables | Smokers (n = 82) | Nonsmokers (n = 44) |
|---|---|---|
| Height (cm) | 172.7 ± 0.6[1)] | 170.2 ± 0.8* |
| Weight (kg) | 61.0 ± 1.2 | 61.6 ± 1.9 |
| BMI (kg/m$^2$) | 20.4 ± 0.3 | 21.2 ± 0.6 |
| Fat mass (kg) | 9.4 ± 0.5 | 11.4 ± 0.9 |
| Percent body fat (%) | 15.0 ± 0.5 | 17.7 ± 0.9* |
| Waist Hip Ratio (WHR) | 0.78 ± 0.01 | 0.80 ± 0.01* |

* : significantly different between smokers and nonsmokers at $p < 0.05$ by Students' t-test

**Table 2.** General characteristics of adolescent male smokers and nonsmokers

| Variables | Smokers (n = 82) | Nonsmokers (n = 44) |
|---|---|---|
| Pocket money (won/month) | 46687 ± 5284[1)] | 28417 ± 2443* |
| Sleeping time (hour) | 7.2 ± 0.2 | 6.8 ± 0.2 |
| Alcohol drinking (day/month) | 4.2 ± 0.8 | 1.2 ± 0.7* |
| Age of the first alcohol drinking (year) | 14.6 ± 0.1 | 14.6 ± 0.3 |
| Percentage of regular exercise (%) | 43 | 28 |
| Those who drink coffee (%) | 57 | 74 |

1) Mean ± SE. * : significantly different between smokers and nonsmokers at $p < 0.05$ by Students' t-test.

일어나지 않기 때문에 흡연군에서 복부 비만율이 높게 나타난다고 보고되고 있다(Cade & Margetts 1991).

### 2) 대상자들의 일반사항

흡연군과 비흡연군의 용돈과 건강관련 행위인 음주, 운동 등에 대한 조사 결과를 Table 2에 비교, 제시하였다. 흡연군의 한달 용돈은 46,687원으로 비흡연군의 28,417원보다 유의적으로 많았다($p < 0.05$). 이는 흡연으로 인해 용돈 소비가 더 많을 것이라는 선행 연구(Kim 등 1999; Kim 등 1998)와 같은 결과를 나타내었다. 수면 시간은 흡연군와 비흡연군 사이에 차이가 없었다.

음주 횟수는 흡연군이 유의적으로 높은 것으로 나타났으며, 음주의 최초 경험은 두 군 모두 14~15세에 이루어졌고, 운동은 흡연군의 43%, 비흡연군의 28%만이 규칙적인 운동을 한다고 응답했다. 본 연구에서 비흡연군의 커피 섭취율이 흡연군보다 높게 나타났으나 유의적이지 않았다.

## 2. 식생활 및 영양소 섭취 실태

### 1) 식생활 실태

대상자들의 식생활 실태를 조사하여 Table 3, 4에 나타내었다.

**Table 3.** Comparison of dietary habit between adolescent male smokers and nonsmokers (%)

| | | Smokers (n = 82) | Nonsmokers (n = 44) |
|---|---|---|---|
| Skipping meals | Breakfast | 44[1)] | 47 |
| | Lunch | 12 | 13 |
| | Dinner | 12 | 14 |
| | No | 34 | 26 |
| Reasons of sikpping meals | Getting up late | 30 | 23 |
| | Decreased appetite | 20 | 29 |
| | Indigestion | 2 | 3 |
| | Snacks | 8 | 3 |
| | Reducing weight | 40 | 42 |
| Meal time regularity | Regular | 10 | 12 |
| | Relatively regular | 46 | 63 |
| | Relatively irregular | 37 | 20 |
| | Irregular | 7 | 5 |
| Overeating | Breakfast | 1 | 0. |
| | Lunch | 9 | 12 |
| | Dinner | 77 | 77 |
| | No | 13 | 11 |
| Light eating | Breakfast | 59 | 57 |
| | Lunch | 24 | 26 |
| | Dinner | 5 | 7 |
| | No | 12 | 10 |
| Frequency of snacks | 1 – 3 per day | 48 | 54 |
| | < 1 per day | 39 | 37 |
| | Rare | 13 | 9 |
| Frequency of eating-out | ≥ 1 per day | 5 | 0 |
| | 1 per week | 18 | 7 |
| | 1 per month | 28 | 26 |
| | Rare | 49 | 67 |
| Type of food for eating-out | Korean food | 44 | 42 |
| | Chinese food | 27 | 25 |
| | Western food | 14 | 22 |
| | Japanese food | 3 | 3 |
| | Others | 12 | 8 |
| When you have meats' fat..... | Raw | 32 | 28 |
| | Roughly remove | 36 | 47 |
| | Almost remove | 18 | 16 |
| | Don't have | 14 | 9 |

흡연군과 비흡연군 모두 아침 결식율이 가장 높았고(44%, 47%), 주된 결식 이유는 '늦잠을 자서(30%, 23%)', '식욕이 없어서(20%, 29%)'로 나타났다. 식사시간의 규칙성은 흡연군 중 56%가 규칙적이라고 답했으며, 이에 비해 비

**Table 4.** Comparison of food consumption frequency score[1] between adolescent male smokers and nonsmokers

| Food type | Smokers (n = 82) | Nonsmokers (n = 44) |
|---|---|---|
| Beans | 1.59 ± 0.11[2] | 1.63 ± 0.16 |
| Fish | 1.24 ± 0.10 | 1.33 ± 0.14 |
| Meat | 1.58 ± 0.10 | 1.46 ± 0.14 |
| Eggs | 2.04 ± 0.12 | 1.77 ± 0.12 |
| Milk or daily products | 2.55 ± 0.14 | 2.07 ± 0.17 |
| Anchovy | 1.39 ± 0.13 | 1.47 ± 0.14 |
| Seaweed | 1.85 ± 0.14 | 1.65 ± 0.14 |
| Vegetables | 2.96 ± 0.15 | 2.95 ± 0.19 |
| Yellow-green vegetables | 1.47 ± 0.13 | 1.19 ± 0.13 |
| Fruits | 1.92 ± 0.13 | 1.63 ± 0.16 |
| Oily food | 1.67 ± 0.12 | 1.81 ± 0.12 |
| Instant food | 2.04 ± 0.13 | 1.86 ± 0.12 |
| Total | 22.66 ± 0.60 | 21.43 ± 0.76 |

1) Score (0 – 4) : None 0, 1 – 2 per week 1, 3 – 4 per week 2, 5 – 6 per week 3, 7 per week 4, 2) Mean ± SE. All data were not significantly different between smokers and nonsmokers at $p < 0.05$ by Students' t-test.

흡연군의 경우 75%가 규칙적이라고 답했다. 두 군 모두 과식은 저녁, 점심, 아침순이었고, 외식횟수는 흡연군과 비흡연군 모두 월 1회 혹은 거의 안 하는 것으로 나타났으며, 외식의 종류로는 한식, 중식, 양식순이었다. 육류의 눈에 띄는 기름 부분은 흡연군과 비흡연군 모두 그대로 먹거나(32%, 28%), 대충 눈에 띄는 기름은 제거하고 먹는다(36%, 47%)고 답했다(Table 3).

대상자들의 식품 섭취 빈도를 조사 결과(Table 4), 12가지 항목 모두 흡연군과 비흡연군간에 차이를 보이지 않았다. 그러나 기존보고(Kim & Lee 1997; Redington 1988)에 의하면 흡연이 흡연군의 혀 미각 돌기에 영향을 미쳐 과일에 대한 기호성이 감소하기 때문에 과일 섭취 빈도가 낮았다고 하였고, 흡연의 강도는 과일, 우유 및 유제품 섭취와 역의 상관 관계를 나타내 흡연이 식품섭취 횟수에 영향을 미친다고 하였다(Kim 등 1999). 또한 남자 3,707명, 여자 3,042명을 대상으로 한 대규모 연구에 의하면 흡연군은 비흡연군에 비해 채소나 과일 주스 섭취량이 유의적으로 낮았다(Ma 등 2000). 본 연구가 기존 연구 결과가 다르게 나타나는 것은 연구 대상자들의 연령, 경제적 수준, 흡연 지속기간 등이 다르기 때문으로 여겨진다.

### 2) 영양소 섭취 실태

영양소 섭취량 조사 결과 흡연군의 영양소 섭취량이 비흡연군보다 높은 경향을 보였다(Fig. 1). 청소년을 대상으로 했던 선행 연구(Kim 등 1999; Kim 등 1998)에서도 흡연군이 비흡연군에 비해 영양소 섭취량이 높은 경향을 나타냈다. 흡연군의 용돈이 비흡연군에 비해 유의적으로 높은 점에 주목해 볼 때 대상자 가정의 경제적 실태가 반영된 것으로 여겨진다.

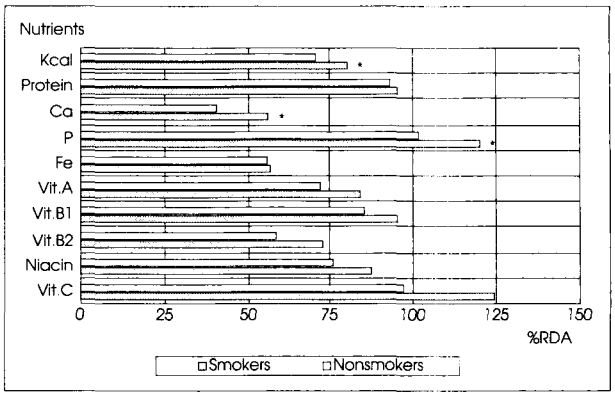


**Fig. 1.** Average nutrient intakes as percentage of the RDA in adolescent male smokers and nonsmokers. * : significantly different between adolescent male smokers and nonsmokers at $p < 0.05$ by Student's t-test.

칼슘 섭취량에 있어서 흡연군이 비흡연군보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 이는 식품별 섭취 빈도 조사 결과 우유 및 유제품의 섭취량에 있어서 흡연군이 비흡연군보다 높았던 것에 기인한 것으로 여겨진다(Table 4). 대상자의 평균 영양소 섭취량을 한국인 영양권장량(한국영양학회 2000)과 비교해 본 결과, 두 군 모두 인과 비타민 C 섭취량을 제외하고, 나머지 영양소 섭취량이 권장량에 이르지 못하는 것으로 나타났다(Fig. 1). 또한 대상자들은 전반적으로 칼슘, 철분, 비타민 $B_2$가 권장량의 75%에도 이르지 못하는 것으로 나타났다. 본 연구 외 여대생 연구(Moon 1996)에서 칼슘, 철분, 비타민 $B_2$의 식이 섭취량이 부족하였다는 결과와 남자 대학생 연구(Park 1995)에서도 칼슘과 비타민 $B_2$ 섭취량이 다소 부족하다고 보고하고 있어 우리나라 전반에 걸쳐 칼슘 섭취량의 부족함을 인식시켜 주었다.

## 3. 혈액 생화학 조사

### 1) 혈장 · 적혈구 항산화관련 효소 활성도

본 연구와 같은 대상의 남자 고등학생에게 항산화 비타민의 농도를 조사한 결과, 혈장 비타민 C, retinol, $\beta$-carotene 및 $\alpha$-tocopherol 농도는 흡연군과 비흡연군 사이에 유의적인 차이를 보이지 않았다(Lim 2000). 또한 혈장 catalase, GSH-px와 SOD (Table 5), 적혈구의 catalase와 GSH-px 활성도는 두 군간에 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 6). 그러나 적혈구 SOD의 활성도는 흡연군(1.57 unit/mgHb)이 비흡연군(2.00 unit/mgHb)보다 유의적으로 낮게 나타났다(Table 6). 본 연구 대상자의 흡연

**Table 5.** Comparison of plasma catalase, SOD and GSH-px activity between adolescent male smokers and nonsmokers

| Variables | Smokers (n = 82) | Nonsmokers (n = 44) |
|---|---|---|
| Catalase specific acitivity ( $\mu$mol $H_2O_2$ reduced/min/mg protein) | 271.88 ± 33.24[1)] | 257.48 ± 43.94 |
| SOD specific acitivity (unit/min/mg protein) | 86.71 ± 2.58 | 83.60 ± 4.23 |
| GSH-px specific acitivity (nmol NADPH oxidised /min/mg protein) | 78.65 ± 19.76 | 79.75 ± 20.19 |

1) Mean ± SE. All data were not significantly different between smokers and nonsmokers at $p < 0.05$ by Students' t-test

**Table 6.** Comparison of erythrocyte catalase, SOD and GSH-px activity between adolescent male smokers and nonsmokers

| Variables | Smokers (n = 82) | Nonsmokers (n = 44) |
|---|---|---|
| Catalase specific acitivity ( $\mu$mol/gHb) | 1.05 ± 0.03[1)] | 1.04 ± 0.07 |
| SOD specific acitivity (unit/mgHb) | 1.57 ± 0.10 | 2.00 ± 0.19** |
| GSH-px specific acitivity (unit/gHb) | 12.52 ± 0.43 | 13.01 ± 4.11 |

1) Mean ± SE. ** : significantly different between smokers and nonsmokers at $p < 0.01$ by Students' t-test

**Table 7.** Comparison of plasma ceruloplasmin concentration and ceruloplasmin ferroxidase activity between adolescent male smokers and nonsmokers

| Variables | Smokers (n = 82) | Nonsmokers (n = 44) |
|---|---|---|
| Ceruloplasmin (mg/dl) | 28.68 ± 0.81[1)] | 26.30 ± 0.86* |
| Ceruloplasmin ferroxidase activity (unit/ml) | 0.091 ± 0.00 | 0.093 ± 0.00 |
| Specific ceruloplasmin ferroxidaseactivity[2)] (unit/mg) | 0.31 ± 0.01 | 0.33 ± 0.01* |

1) Mean ± SE. * : significantly different between smokers and nonsmokers at $p < 0.05$ by Students' t-test.

2) $\frac{\text{Ceruloplasmin ferroxidase activity (unit/ml)}}{\text{Ceruloplasmin (mg/dl)}}$

력이 1.07년인 것을 고려하면, 여고생을 대상으로 조사했을 경우에도 적혈구의 SOD와 GSH-px의 활성도가 흡연력이 1년 이하인 가벼운 흡연군에서는 그 활성도가 증가되는 경향을 보이다가 흡연력이 1년 이상인 흡연군에서는 유의적으로 감소하였다는 것(Kim 등 1999)과 같은 결과였다. 또한 Abou (1996)는 흡연기간이 짧은 흡연자를 대상으로 항산화 영양소 상태와 항산화 관련 효소의 활성도를 조사한 결과, 오히려 흡연군에게서 적혈구 SOD와 catalase 활성도가 증가한 것으로 나타났다. 이는 흡연 초기에는 담배 연기에 존재하는 유독산소나 지질과산화물을 제거하기 위해 인체의 방어 기전이 활성화되어 일시적으로 항산화 관련 효소의 활성도가 증가하다가 흡연량이 많거나 흡연 기간이 길어지면 항산화 관련 효소의 활성도가 감소되어 전체적인 항산화 능력이 감소하는 것으로 여겨진다.

### 3) 혈장 ceruloplasmin 농도 및 ceruloplasmin ferroxidase 활성도

흡연군과 비흡연군의 ceruloplasmin 농도, ceruloplasmin ferroxidase 활성도와 ceruloplasmin ferroxidase 특이 활성도를 조사하여 Table 7에 제시하였다.

Ceruloplasmin 농도는 흡연군이 28.68 mg/dl로 비흡연군 26.30 mg/dl에 비해 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 선행된 여대생 연구(Kim · Lee 1997)에서도 같은 결과를 나타냈다. 흡연군이 비흡연군보다 ceruloplasmin농도가 높게 나타나는 것은 흡연으로 인해 증가된 산소라디칼과 그 외 산화를 촉진시키는 여러 유해물질들이 ceruloplasmin이나 알부민으로부터 결합되어 있는 구리를 떼어내어 혈장내 구리 농도가 높아지고 함께 결합되어 있던 ceruloplasmin 농도가 같이 높아지기 때문이라 보고하고 있다(Salonen 등 1991). 또한 고농도의 혈장 ceruloplasmin은 심근경색의 위험요인(Reuananen 등 1992)이며, 급성 심근경색증 환자나(Valle 1952) 다른 관상동맥질환 환자에게서도(Manthey 등 1981) ceruloplasmin 농도가 높게 나타났다. 본 연구 결과, 청소년 흡연이 지속되어 성인 흡연으로 연결되면 심장순환계 질환 발생 빈도가 더 높아지게 될 것으로 예측할 수 있다.

흡연군의 ceruloplasmin ferroxidase 특이활성도는 0.31 unit/mg로 비흡연군의 0.35 unit/mg보다 유의적으로 낮게 나타났다. 선행된 연구에서도 흡연군의 ceruloplasmin ferroxidase 특이 활성도가 비흡연군보다 유의적으로 낮았다(Kim & Lee 1997). 이는 담배의 산화 촉진 물질들이 체내에서 ceruloplasmin의 결함을 일으켜 ceruloplasmin ferroxidase 특이 활성도를 감소시키며(Galdston 등 1987; Pacht & Davis 1988)이로 인해 지질과산화를 촉진하고 항산화 기능은 저하시키는 것으로 여겨진다.

**Table 8.** Comparison of plasma and erythrocyte TBARS concentration between adolescent male smokers and nonsmokers

| Variables | Smokers (n = 82) | Nonsmokers (n = 44) |
|---|---|---|
| Plasma TBARS (μmol/L) | 2.57 ± 0.48[1)] | 2.25 ± 1.64* |
| Erythrocyte TBARS (μmol/gHb) | 0.32 ± 0.48 | 0.27 ± 0.21* |

1) Mean ± SE. * : significantly different between smokers and nonsmokers at $p < 0.05$ by Students' t-test.

#### 4) 혈장 · 적혈구 TBARS 농도

혈장 TBARS 농도는 흡연군이 2.57 μmol/L로 비흡연군의 2.25 μmol/L보다 유의적으로 높았으며($p < 0.05$), 적혈구 TBARS 농도 역시 흡연군 0.32 μmol/gHb으로 비흡연군의 0.27 μmol/gHb보다 유의적으로 높아($p < 0.05$), 흡연으로 인해 혈장과 적혈구의 지질과산화물의 농도를 상승시킨 것으로 나타났다(Table 8). 많은 연구(Yoon 1997; Brown 등 1997; Ha & Harris 1997)에서도 흡연으로 인해 지질과 산화물이 증가한다고 보고하고 있다. 그러나 체내 항산화 영양소의 영양상태가 상당히 양호한 경우에는 흡연, 음주 등 어떤 생활적인 요인에 의해서도 과산화지질 농도의 변화가 나타나지 않는다고 하여(Choi 등 1999) 흡연군에게 항산화 영양소 섭취의 중요성을 강조하였다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 남자 청소년의 흡연이 인체의 지질과산화물 생성 및 항산화 관련 효소계에 미치는 영향을 조사하고자 남자 고등학생을 흡연군과 비흡연군로 구분하여 영양소 섭취량, 및 식습관을 조사하고 아울러 항산화 관련 효소의 활성도와 지질과산화물 농도를 적혈구 및 혈장에서 조사하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

1) 흡연군의 한달 용돈은 비흡연군보다 높았다($p < 0.05$). 두 군간의 수면 시간은 차이가 없었고, 알콜 섭취에 있어서 흡연군은 비흡연군에 비해 더 많은 날 섭취하는 것으로 나타나 흡연군의 음주 생활이 비흡연군보다 나쁜 것으로 나타났다. 규칙적인 운동은 두 군간에 차이가 없었다.

2) 식생활 실태는 아침을 제외한 나머지 식사의 횟수, 규칙성은 두 군 모두 양호하였으며, 영양소 섭취량을 분석한 결과 모든 영양소의 섭취량에 있어서 흡연군이 비흡연군보다 높게 나타났다.

3) 체성분 분석 자료중 신장과 체중은 16~19세 남성 기준치와 비교해 보았을 때, 두 군 모두 표준 범위에서 크게 벗어나지는 않았고, BMI 역시 정상 범위인 20~25에 해당되었다. 그러나 흡연군의 체지방율이 15%로 비흡연군의 18%보다 유의적으로 낮았다($p < 0.05$).

4) 혈장 · 적혈구에서 항산화관련 효소 활성도를 조사하였더니, 혈장 catalase, SOD, GSH-px 활성도는 두 군간에 유의적인 차이가 없었으나, 적혈구 SOD 활성도는 흡연군이 1.57 unit/mgHb로 비흡연군의 2.00 unit/mgHb보다 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 혈장 ceruloplasmin 농도는 흡연군이 28.68 mg/dl로 비흡연군 26.30 mg/dl에 비해 유의적으로 높았고($p < 0.05$), ceruloplasmin ferroxidase 특이 활성도는 흡연군이 0.31 unit/mg로 비흡연군의 0.35 unit/mg보다 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.05$).

5) 혈장 · 적혈구 TBARS 농도는 흡연군이 2.57 μmol/L, 0.32 μmol/gHb로 비흡연군의 2.25 μmol/L, 0.27 μmol/gHb보다 유의적($p < 0.05$)으로 높게 나타났다.

이상의 결과를 종합하면 흡연군은 식습관, 식품 섭취 빈도 및 체내 항산화 비타민 농도에서 비흡연군과 차이가 없었으며, 또한 비타민 C와 같은 수용성 항산화 비타민의 섭취량이 비흡연군과 차이가 없었음에도 적혈구 SOD 및 specific ceruloplasmin ferroxidase 활성도 저하와 혈장 및 적혈구의 TBARS 농도를 상승시키는 결과를 보였다. 이는 흡연이 체내 항산화 능력의 저하를 가져와 혈장이나 적혈구의 지질과산화물 생성 지표인 TBARS 농도 증가를 초래한 것으로 설명될 수 있다. 특히 본 연구의 대상자가 흡연력이 비교적 짧은 청소년임을 감안할 때 이들에 대한 금연교육의 필요성을 다시 한번 확인할 수 있었다. 또한 체내 항산화 영양소의 영양상태가 아주 양호한 경우에는 흡연으로 인한 피해를 최소화시킬 수 있으므로 이들을 대상으로 채소와 과일 섭취 등 항산화 비타민이 풍부한 식품의 섭취를 강조할 필요성이 있다.

## 참고문헌


금연운동협의회(2000): 중 · 고생 흡연실태 조사

김경원 · 임재연 · 김주영 · 김정희(1999): 여고생 흡연자의 영양소 섭취 실태 및 흡연 관련 사회 심리적 요인 연구. *한국영양학회지* 32(8): 908-917

김정현 · 장영애 · 김미혜 · 이영미 · 문수재(1997): 대표음식 데이터베이스를 이용한 CAN의 활용결과 분석에 관한 연구: 여대생의 식사섭취상태를 중심으로. *한국영양학회지* 30(10): 13-17

김정희 · 문정숙(1997): 흡연 여대생의 식이섭취 실태 및 영양상태 평가에 관한 연구-II. 항산화 비타민의 영양상태 평가-. *지역사회영양학회지* 2(2): 159-168

김정희 · 이화신(1997): 흡연 여대생의 혈청 지질, Cu, Zn, ceruloplasmin 농도 및 ferroxidase 활성도. *지역사회영양학회지* 2(4): 515-522

김정희 · 임재연 · 김경원(1998): 남자 고등학생 흡연자의 영양상태 판정 및 흡연관련 요인 분석 -I. 식이 섭취 실태와

체내 지질 및 항산화 비타민 영양상태- *지역사회영양학회지* 3(3): 349-357
김진옥 · 김선우 · 이순영(1999): 한국남자 성인에 있어서의 흡연상태에 따른 식이 섭취상의 양상. 대한지역사회영양학회 추계학술대회 poster 발표.
문정숙(1996): 흡연 여대생의 영양섭취실태 및 혈중 항산화 비타민에 관한 연구. 서울여자대학교 석사학위 논문
박정아(1995): 흡연자와 비흡연자의 식이 섭취패턴 및 혈청 비타민 수준의 비교. 한남대학교 석 사학위 논문
보건복지부(1999): 1998년도 국민건강 · 영양조사 -보건의식행태조사-
윤군애(1997): 흡연이 혈장의 비타민 C 함량과 지질과산화 및 지질의 농도 변화에 미치는 영향. *한국영양학회지* 30(10): 1180-1187
임 웅 · 김광휘 · 박월미 · 이홍수(1992): 고교생 흡연실태 및 가족 지능지수의 흡연과의 관계. *가정 의학회지* 13(7):592-601
임재연(2000): 비타민 C 보충과 영양 및 금연교육이 흡연 남자 청소년의 체내 항산화 체계 및 흡연관련 사회심리적 요인에 미치는 효과. 서울여자대학교 박사학위 논문
비타민 C 보충 및 영양 · 금연 교육이 흡연 남자 청소년의 항산호 kcprP에 미치는 영향
통계청(2000): 사망원인 통계연보
최영선 · 박의현 · 송경은 · 이정범 · 서정미 · 이난희 · 조성희(1999): 관상동맥 질환자에서 식이, 생 활양식 요인과 혈청 항산화영양소 상태 및 혈청 지질에 관한 연구. *한국지질학회지* 9(2): 183-194
한국영양학회(2000): 한국인 영양권장량. 7차 개정.
Abei Hugo (1984): Catalse in vitro. Methods in enzymology. Academic press 105: 121-126
Abou Sief MA (1996): Blood antioxidant status and urine sulfate and thiocyanate levels in smokers. *J Biochem Toxicol* 11: 3, 133-138
Bolzan AD, Bianchi MS, Bianchi NO (1997): Superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase activaties in human blood.: influence of sex, age, and cigarette smoking. *Clin Bio Chem* 30: 449
Brown KM, Morrice PC, Duthie GG (1997): Erythrocyte vitamin E and plasma ascorbate concentrations in relation to erythrocyte peroxidation in smokers and nonsmokers: dose response to vitamin E supplementation. *Am J Clin Nutr* 65: 496-502
Cade JD, Margetts BM (1991): Relationship between diet and smoking is diet of smokers different? *J Epidemio Community Health* 45: 270-272
Deagen JT, Butler JA, Beilstein MA, Wharyer PD (1987): Effects of dietary selinite, selenocysteine and selenomethionine on selenocysteine lyase and glutathione peroxidase activities and on selenium levels in rat tissues. *J Nutr* 117: 91-98
Feri B, Forte T, Ames B, Cross C (1991): Gas phase oxidants of cigarette smoke induce lipid peroxidation and changes in lipoprotein properties in human blood plasma. *Biochem J* 277: 133-138
Galdston M, Feldman JG, Levytska V, Magnusson B (1987): Antioxidant activity of ceruloplasmin and transferrin available iron-binding capacity in smokers and nonsmokers. *Am Rev Respir* Dis 135: 783-787
Gort AS, Imaly JA (1998): Balance between endogenous superoxide stress and antioxidant defenses. *J Bacteriology* 180(6): 1402-1410
Ha A, Harris ND (1997): The oxidative stress in cigarettee smokers and antioxidant vitamins. *Kor J Nutr* 30(9): 1102-1108
Ma J, Hampl JS, Betts NM (2000): Antioxidant intakes and smoking status: data from the Continuing Survey of Food Intakes by Individuals 1994-1996. *Am J Clin Nutr* 71: 774-780
Manthey J, Stoeppler M, Morgenstern W, Nussel E, Opherk D, Weintraut A, Wesch H, Kubler W (1981): Magnesium and trace metals: risk factors for coronary heart disease? Associations between blood levels and angiographic findings. *Circulation* 64: 722-729
Marklumd S, Marklund G (1974): Involvement of superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47: 469-474
McCord JM, Fridovich I (1969): Superoxide dismutase: An enzymatic function for erythrocuprein (henocuprein). *J Biol Chem* 244: 6049-6055
Nadif RP, Auburtin G, Dusch M, Porcher JM, Mur JM (1996): Blood antioxidant enzymes as markers of exposure of effect in coal miners. *Occup Environ Med* 1996a 53: 41-45
Ohkawa H, Ohishi N, Aogi K (1979): Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Anal Biochem* 95: 351
Pacht ER, Davis WB (1988): Decreased ceruloplasmin ferroxidase activity in cigarette smokers. *J Lab & Clin Med* 111: 661-668
Paglia DE and Valentine WN (1967): Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *J Lab & Clin Med* 70: 158-169
Redington K (1988): Taste differences between cigarette smokers and nonsmokers. *Pharmacol Biochem Behav* 21: 203-208
Reuananen A, Knekt P, Aaran RK (1992): Serum ceruloplasmin level and the risk of myocardial infarction and stroke. *Am J Epid* 136: 1082-1090
Salonen JT, Salonen R, Seppanen K, Kantola M, Suntioinen S, Korpela H (1991): Interactions of serum copper, selenium, and low density lipoprotein cholesterol in atherogenesis. *Br Med J* 302: 756-760
Schosinsky KH, Lehmann HP, Beller ME (1974): Measurement of ceruloplasmin from its oxidase activity in serum by use of *o*-dianisidine dihydrochloride. *Clin Chem* 20(12): 1556-1563
Sheri ZC, Keen CL, Leach RM, Hurley LS (1983): Superoxide dismutase activity and lipid peroxidation in the rat - Developmental correlations affected by manganese deficiency. *J Nutr* 113: 2498-2504
Sies H (1991): Oxidative Stress: From basic research to clinical application. *Am J Med* 91 (suppl 3C): 3C-31C
Singh RJ, Goss SPA, Joseph J, Kalyanaraman B (1998): Nitration of gamma-tocopherol and oxidation of alpha-tocopherol by copper-zinc superoxide dismutase/$H_2O_2$/$NO_2$-: Role of nitrogen dioxide free radical. *National Academy of Sciences* 95(22): 12912-12917
Stocks J, Dormandy TL (1971): The oxidation of human red cell lipid induced by hydrogen peroxide. *Br J Haemat* 20(95): 213
Sunderman FW, Nomoto S (1970): Measurement of human serum ceruloplasmin by its p-phenylenediamine oxidase activity. *Clin Chem* 16(11): 903-910
Valle BL (1952): The time course of serum copper concentration of patients with myocardial infarction. *Metabolism* 1: 420-434
Winterbourn CC, Rosemary E. Hawkins, Maureen B, RW (1975): Carrell chirstchurch, New zeland *J Lab Clin Med* 2
Yarnell JWG (1996): Smoking and cardiovascular disease. *Q J Med* 89: 493-498
Wynder EL, Augustine A, Kabat GC, Hebert JR (1988): Effect of the type of cigarette smoked on bladder cancer risk. *Cancer* 61: 622-627