

흡연이 건강한 젊은 남자의 항산화 비타민과 항산화 효소에 미치는 영향

박선민 · 류정길 · 안승희
호서대학교 자연과학대학 식품영양학과

Effect of Smoking on the Levels of Antioxidant Vitamins and Enzymes
in Healthy and Young Men

Park, Sun Min · Yu, Jung Gil · Ahn, Seung Hee

Department of Food & Nutrition, College of Natural Science, Hoseo University

ABSTRACT

It has been reported that cigarette smoking increases free radical generation, which can also increase lipid peroxides and deplete antioxidants. The purpose of this study was to determine whether cigarette smoking and other lifestyle choices may affect serum lipid peroxide concentrations, serum antioxidant concentrations such as tocopherol and vitamin C, and serum antioxidant enzyme activity such as glutathione peroxidase and superoxide dismutase.

Dietary intakes were assessed by 24-hour recall and survey questionnaires from 48 male non-smokers and 52 male smokers. Overnight fasting blood was collected and measured for individual antioxidant status.

The daily vitamin C intakes of smokers tended to be lower than those of non-smokers, and the intakes of both groups were under the Recommended Daily Allowance (RDA). Vitamin E intake was sufficient for smokers and non-smokers. Serum lipid peroxide concentrations were no difference among all subjects. The serum α -tocopherol concentrations of all subjects were in a normal range, and they were highest in mild smokers ($p<0.05$). Mean serum vitamin C levels were lowest in heavy smokers ($p<0.05$). The activities of serum glutathione peroxidase and superoxide dismutase were not significantly different in smokers and non-smokers.

In conclusion, smoking did not increase oxidative stress in healthy young men. However, it is desirable for heavy smokers to consume more vitamin C than the RDA since their serum vitamin C concentrations are relatively low.

KEY WORDS : vitamin C, vitamin E, lipid peroxide, smoking, superoxide dismutase, glutathione peroxidase

서 론

흡연은 직접적인 사망 원인은 아니지만, 대부분 역학 조사에 따르면 암, 심혈관계 질환의 발병과 강한 상관 관계를 나타내었으므로¹⁻³⁾ 흡연이 사망률을 (mortality) 증가시킬 수 있다. 그러나 흡연이 어떤 기전을 거쳐 이러한 질병에 영향을 미치는지는 아직까지 확실히 밝혀지지 않았다. 하나의 가능한 기전으로는 흡연이 체내의 유리 라디칼 생성을 증가시켜 산화적 스트레스를 증가시키고, 이것은 여러 만성 질환과 노화를 촉진시키는 기전을 들 수 있다. 생체에는 유리 라디칼을 제거하는 방어 기능이 있다. 이 방어 기능을 하는 것에는 항산화 효소인 superoxide dismutase, glutathione peroxidase, catalase, 체내에서 합성되는 glutathione과 요산, 그리고 외부로부터 공급되는 비타민 E, 비타민 C, 베타 카로틴이 있다⁴⁾. 역학 조사의 결과에 따르면 항산화 비타민의 섭취량 및 혈청내 이 비타민들의 농도는 암, 심혈관계 질환의 위험도와 음의 상관관계를 나타내었다^{2,3)}.

혈청내 항산화 비타민 농도와 흡연과의 관계에 관한 여러 연구가 있으나⁴⁻⁶⁾, 이 연구들의 결과는 서로 달라 일부의 연구에서는⁶⁾ 흡연자의 혈청 비타민 E, 비타민 C, 비타민 A와 베타 카로틴 농도가 낮았다고 보고한 반면 다른 연구들에서는^{4,6)} 흡연자와 비흡연자간에 혈청내 비타민 A와 비타민 E의 농도의 차이가 없다고 보고하였다. 흡연자에서 비흡연자보다 혈청내 항산화 영양소의 농도가 낮은 이유 중의 하나는 흡연자와 비흡연자의 식사 섭취형태가 다르기 때문이라고 보고한 연구도 있다⁶⁾. 그러나 다른 연구에서는 영양소 섭취를 보정하여도 흡연자의 혈청 비타민 C 농도는 비흡연자에 비해서 낮다고 보고하였다⁷⁾.

본 연구에서는 젊은 남자 흡연자와 비흡연자들의 혈청내 콜레스테롤 농도, 혈청내 항산화 비타민인 비타민 E와 비타민 C 농도, 그리고 유리 라디칼을 제거하는 효소인 glutathione peroxidase와 superoxide dismutase의 혈청내 활성을 조사하여 흡연이 혈청 지질 농도에 미치는 영향과 혈청 항산화 비타민과 항산화 효소에 미치는 영향을 알아보려 하였다.

연구 내용 및 방법

1. 연구 대상자 선정

본 연구는 호서대학교에 재학 중인 특별한 질병을 가지고 있지 않거나, 걸린 적이 없고, 약이나 영양제를 복용하지 않는 건강한 남자 대학생과 대학원생 100명을 대상으로 조사하였다.

조사 대상자를 흡연 정도에 따라 비흡연자(non-smoker), 가벼운 흡연자(mild smoker)와 지나친 흡연자(heavy smoker)로 구분하였다. 하루에 소비하는 담배가 9개피 이하인 사람을 가벼운 흡연자로, 10개피 이상인 사람을 지나친 흡연자로 구분하였다. 본 연구에서 대부분 1일에 한갑 정도를 피우는 것이 보통이었고, 적게 피운다고 하는 경우에 반갑을 피우지 않았고, 또한 Stryker등의⁴⁾ 연구에서도 흡연의 정도에 따라 구분할 때 9개피를 기준으로 삼았다.

2. 시료 수집 및 분석

연구가 실시된 기간은 1996년 9-11월이었고, 연구에 참여할 지원자 모집을 광고한 후, 지원자를 받아, 혈액을 채취할 날을 정하였다. 혈액을 채취하는 날 아침에 식습관과 활동량을 조사하는 설문지를 작성하도록 하고, 훈련된 식품영양학과 학생이 식품 모형을 이용하여 그 전날 섭취한 음식의 종류와 분량을 24시간 회상법으로 정확하게 조사하였다. 일품요리의 경우 주요 재료와 그 섭취량을 조사하였다. 또한 주식 뿐 아니라 간식이나 음료수와 술의 섭취도 빠짐없이 조사하도록 하였다.

1) 혈액 채취

혈액 채취 3일 전부터 금주하도록 하였고, 혈액 채취 전날 저녁 9시 이후에는 식품 섭취를 금하도록 했으며, 혈액 채취 당일 아침에 임상병리사가 15ml의 혈액을 채취하였다. 채취한 혈액은 실온에서 30분간 방치한 후 3000rpm으로 4°C에서 30분간 원심분리하였다. 혈청은 실험에 이용할 때까지 -70°C 냉동고에 보관하였다.

2) 식이 섭취량 추정

24시간 회상법에 의해서 조사한 식품 섭취량으로부터 1일 섭취 영양소를 분석하였다. 식품의 영양소를 분석

하는 컴퓨터 프로그램인 Food Processor II를 한국 식품에 맞게 변형한 영양소 분석 프로그램을 이용하여 섭취한 식품에 함유되어 있는 탄수화물, 단백질, 포화지방, 단일불포화지방, 다중불포화지방, 콜레스테롤, 비타민 C와 비타민 E의 함량을 계산하였다. Food Processor II에 없는 우리나라 음식은 농촌진흥청에서 나온 식품분석표(4판, 1991)를 이용하여서 추가로 첨가하였다¹⁴⁾. Food Processor II 프로그램에 분석되어 있는 식품과 본 연구에서 추가로 첨가한 식품은 모두 본 연구에서 계산한 영양소의 분석값이 빠짐없이 있었다.

3) 생화학적 조사

혈청내의 총 콜레스테롤과 혈청내의 중성지방 농도는 영동제약의 kits를 이용하여서 비색정량하였다⁹⁾¹⁰⁾. HDL 콜레스테롤은 침전시약을 이용하여서 LDL과 VLDL을 침전시킨 후¹¹⁾, 상등액의 콜레스테롤 함량을 영동제약의 kits로 비색정량하였다. LDL 콜레스테롤 농도는 Friedewald 식을 이용하여 계산하였다¹²⁾.

$$\text{LDL 콜레스테롤} = \frac{\text{총 콜레스테롤 농도}}{\text{- HDL 콜레스테롤 농도}} - \frac{\text{중성지방 농도}}{5}$$

심혈관계 질환의 위험도는 HDL 콜레스테롤/총 콜레스테롤 비율(HTR)과 LDL 콜레스테롤/HDL 콜레스테롤 비율(LHR)로 판정하였다.

혈청 과산화물 농도는 Yagi 법으로¹³⁾ 측정하였다. 혈장에 1/12N 황산과 10% phosphotungstic acid를 넣고 5분간 방치한 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리하여 상층액은 버리고, 침전물에 위와 같은 과정을 다시 한 번 반복한 후 얻어진 침전물에 증류수와 thiobabituric acid(TBA) reagent를 가하여 잘 섞은 후 뚜껑을 단단히 막고 37°C 수조에서 2.5시간 배양시켰다. N-butanol을 가하여 격렬하게 섞은 후 3,000rpm에서 15분간 원심분리하여 상층액을 spectrophotometer(Pharmacia)로 532nm에서 비색정량하였다.

혈장내의 지용성 항산화제의 보유상태를 조사하기 위해서 α -, β -, γ -tocopherol의 함량을 fluorescence detector를 가진 HPLC를 이용하여서 측정하였다. 혈장에 에탄올을 넣고 잠깐동안 섞은 후 5ml의 혼사를 첨가한 후 3분간 진탕하고 1000xg에서 15분간 원심분리한 후 위층인 혼사를 유리로 된 튜브로 옮겼다. 남아 있는 밑층

에 혼사를 또 첨가한 후에 다시 반복하여 추출하였다. 여기서 형성된 위층을 첫번째 옮겨 놓은 혼사를과 합친 후 질소 가스를 내보내면 혼사를 말린다. 이렇게 말린 혼사는 분석 직전에 meth-anol/ethanol(1:1, v:v)에 용해시켰다. 완전히 용해된 것은 fluorescence detector를 가진 HPLC에 주입하여 그 양을 측정하였다¹⁴⁾.

혈청내 비타민 C 농도는 혈청의 단백질을 10% 메타인산 용액으로 제거한 후 5% 메타인산으로 희석하여 u-bondapack C18 column을 연결한 HPLC로 측정하였다¹⁵⁾.

혈청내 glutathione peroxidase(GSHPx) 활성은 Flohé와 Gunzler의 방법을 이용하였다.

GSHPx는 과산화수소와 환원형 glutathione과 반응하여 산화형 glutathione를 생성하며, 이 환원형 glutathione은 glutathione reductase의 도움으로 NADPH에 의해 다시 환원형 glutathione으로 전환되고, NADPH는 NADP로 산화된다. 혈청에 glutathione과 glutathione reductase와 함께 NADPH를 섞은 후 과산화수소를 첨가하였을 때 소모되는 NADPH의 양을 spectrophotometer(Pharmacia)로 340nm에서 비색정량하였다¹⁶⁾.

혈청내 superoxide dismutase의 활성은 pyrogallol oxidation 방법을 변형하여 측정하였다¹⁷⁾¹⁸⁾. 이 효소의 활성의 1 unit은 pyrogallol oxidation이 50% 억제하는데 필요한 혈청 양으로 결정하였다.

3. 통계 처리

모든 자료는 Statistical Analysis System (SAS) program을 이용하여서 통계처리하였다. 조사 대상자의 일반 사항, 영양소 섭취, 혈청 콜레스테롤 농도, 혈청 비타민 C와 tocopherol 농도, 혈청 과산화지질 농도, 혈청 glutathione peroxidase와 superoxide dismutase 활성을 흡연정도에 따라 세 군으로 나누고, 각 군의 평균치와 표준편차를 계산하였다. 흡연정도에 따른 통계적인 유의성은 one-way ANOVA에 의해서 검증하였고, 세 군 사이에 통계적 유의성이 있을 경우에 각 군간의 차이는 Tukey test에 의해서 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 조사 대상자의 일반 사항과 영양소 섭취 실태

흡연군과 비흡연군의 대상자 수를 비슷하게 맞추기 위해서 조사 대상자 선정시 비흡연자를 중점적으로 선택하였으므로 총 대상자 중 흡연군이 52%를 차지하였다. 그러나 이 분포는 모집단의 흡연 인구의 분포를 나타내는 것은 아니다. 대한결핵협회의 1990년도 보고에^[19] 의하면 20-39세의 흡연율은 70% 이상이었다. 가벼운 흡연군은 1일에 평균 2.6개피를 흡연하였고 지나친 흡연군은 1일에 평균 18개피를 흡연하였다. 지나친 흡연군과 가벼운 흡연군 사이의 흡연량에 현저한 차이가 있었다. 대상자의 평균 연령은 21-22세였고, 체질량지수는 약 22kg/m²로 정상적인 체격을 가지고 있었으며, 1일 열량 소비량은 2,600kcal정도였다. 흡연정도에 따라 연령, 체질량지수 (body mass index, BMI), 음주 정도, 운동량에는 차이가 없었다(Table 1).

조사 대상자의 열량 섭취량은 흡연정도에 따른 차이 없이 그 평균치가 약 2100kcal로 각 대상자에 대한 1일 권장량의 약 84%이었다(Table 2). 총 열량 섭취량 중 탄수화물, 단백질, 지방이 차지하는 비율은 각각 58%, 14%, 27%이었고, 총 지방 섭취량 중 포화지방의 섭취가 불포화지방의 섭취보다 높아 포화지방에 대한 불포화지방의 비(P:S ratio)가 0.85이었다. 콜레스테롤 1일 섭취량은 흡연정도에 따라 차이없이 약 300mg로 높은 편이었다. 대부분 조사 대상자들은 자취, 통학 또는 기숙사에 거주하여서 신선한 과일이나 채소를 섭취할 수 있는 기회가 적고, 주로 라면, 자장면, 과자와 같이 지방이 많이 함유된 인스턴트 식품을 섭취하였다. 이로 인하여 비타민 C의 섭취량이 매우 낮아 일일 권장량의 약 86%정도이었다. 비타민 C의 1일 섭취량은 비흡연군이 지나친 흡연군에 비해 약간 낮았으나, 통계적으로 유의적인 차이는 없었다. 모든 대상자의 비타민 E의 1일 섭취량은 일일 권장량인 10mg 이상이었다.

본 대상자의 비타민 C 섭취량은 1990년 국민영양조사에^[20] 비해서 현저히 낮았으며 1일 권장량의 약 88%이었는데 이것은 본 연구의 조사 대상자의 주거형태가 자취, 통학 또는 기숙사에 거주하는 특수 집단이며 또한 식사형태가 신선한 과일이나 채소를 섭취할 수 있는 기회가 적고, 주로 라면, 자장면, 과자와 같이 지방이 많이

함유된 인스턴트 식품을 주로 섭취하기 때문이라고 생각된다. 이전에 발표된 연구에서 흡연자의 비타민 C 섭취량이 비흡연자에 비해 낮았다고 보고되었으나 본 연구에서는 비타민 C 섭취량은 흡연에 따른 차이가 없었다. 이등의 연구^[21]에 의하면 남자 대학생 중 특히 흡연군의 경우에 비타민 C 섭취량은 1일 약 48mg으로 본 연구의 흡연자의 비타민 C 섭취량과 비슷하였다.

혈청내 과산화물의 농도는 생활 습관인 흡연, 음주, 정기적인 운동유무에 따른 차이가 없었다. 건강한 젊은 남자의 체내 과산화물을 농도는 생활 습관이나 식사형태에 의해 큰 영향을 받지 않은 것으로 여겨진다.

2. 혈청내 지단백의 콜레스테롤과 중성지방 농도

혈청내 총 콜레스테롤, HDL과 LDL 콜레스테롤 농도는 흡연에 따른 차이가 없었다(Table 3). 혈청내 중성지방의 농도도 통계적으로 유의적인 차이는 없었으나, 비흡연자보다 지나친 흡연자의 혈청 중성지방 농도가 약간 높은 경향을 나타내었다.

젊은 남자의 혈청 콜레스테롤 농도는 흡연유무에 따라 차이가 없다는 결과는 이등의 연구^[21] 결과와 일치하였으나, 이등의 연구의^[21] 전체 대상자의 평균 혈청 콜레스테롤 농도는 약 183mg/dL로 본 연구의 151mg/dL보다 현저하게 높았다. 이러한 차이는 불포화지방과 포화지방의 비가 이등의^[21] 연구에서는 약 0.7로 본 연구에서의 0.9보다 낮았는데 이것은 포화지방 섭취가 본 연구에서보다 많았기 때문으로 생각된다. 그러나 윤^[22]과 크래그등의^[23] 연구에 따르면 흡연군의 혈청 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 농도가 비흡연군에 비해 높다고 보고되어 아직까지 혈청 콜레스테롤 농도와 흡연과의 관계는 논란이 있다.

3. 혈청내 비타민 E, 비타민 C의 농도와 혈청내 과산화지질 농도

아직까지 흡연이 혈청내 항산화 영양소에 미치는 영향이 어떠한 기전에 의하여 일어나는지는 밝혀지지 않았다. 사람의 혈청을 *in vitro*로 담배 연기 속에 놓아두면, 혈청내 비타민 C, α -tocopherol과 카로틴이 파괴되는 것으로 보아 줄담배를 피는 흡연자의 *in vivo*에서 이러한 파괴 현상이 일어날 가능성성이 크다^{[24][25]}. 이런 현상이

Table 1. Characteristics of subjects

	Non-Smokers	Mild Smokers ¹⁾	Heavy Smokers ²⁾
Sample size	48	7	45
Age (year)	21.3±2.6 ³⁾	21.0±2.6	22.1±2.7
Body mass index (kg/m ²)	22.3±2.6	22.2±3.9	22.6±3.0
Amount of cigarettes (number per day)	0±0 ^{a)}	2.6±3.4 ^b	18.0±5.7 ^c
Drinker (%)	76.7	100	95.8
Amount of drinking (cups ⁵⁾ per day)	1.5±1.9	1.4±1.4	2.7±1.9
Regular exerciser (%)	56.8	66.7	62.5
Calorie expenditure (kcal/day)	2,587±416	2,527±500	2,737±407
(kcal/body weight)	38.6±2.7	40.7±4.5	39.0±2.5

¹⁾ Smoked up to nine cigarettes per day²⁾ Smoked ten or more cigarettes per day³⁾ Mean±Standard Deviation (S.D.)^{a), b), c)} Values within smoker categories with different superscripts (a, b, c) are significantly different at p<0.05 by Tukey's multiple comparison.

Table 2. Nutrients intakes

	Non-Smokers	Mild Smokers	Heavy Smokers
Sample Size	48	7	45
Energy (kcal/day)	2,108±722 ¹⁾	1,943±1,005	2,103±790
Percentage of RDA ²⁾	84.3±28.9	77.7±40.2	84.1±31.6
Protein (% of Energy)	14.2±4.0	17.2±5.4	14.6±3.8
Percentage of RDA	118±18	129±24	118±12
Carbohydrates (% of Energy)	58.6±12.6	59.8±10.1	58.0±10.1
Fat (% of Energy)	27.4±3.8	22.2±5.1	27.3±9.7
Saturated fat (% of Energy)	7.6±4.6	5.8±2.0	7.4±3.0
(g/day)	17.8±16.7	13.7±10.0	17.7±9.8
Monounsaturated fat (% of Energy)	9.4±5.3	6.7±2.1	8.8±3.7
(g/day)	22.3±21.6	16.2±12.7	22.0±14.0
Polyunsaturated fat (% of Energy)	5.8±3.1	5.8±2.0	5.9±3.9
(g/day)	13.6±8.1	13.7±10.0	14.7±13.6
Polyunsaturated fat:Saturated fat Ratio	0.8±0.7	1.0±0.7	0.85±0.7
Cholesterol (mg/day)	301±250	262±201	301±198
(mg/1,000 kcal)	155±153	132±94	156±107
Vitamin C (mg/day)	45.3±30.6	50.1±28.1	52.8±49.1
(mg/1,000 kcal)	21.5±20.1	25.7±11.8	25.2±17.6
Percentage of RDA	82.4±70.7	91.1±51.1	96.0±89.3
Vitamin E (mg/day)	12.3±8.5	12.7±7.9	13.6±10.8
(mg/1,000 kcal)	6.1±4.0	6.3±2.0	6.8±6.2
Percentage of RDA	123±85	127±79	136±108

¹⁾ Mean±S.D.²⁾ Recommended Daily Allowances

Table 3. Serum lipid profiles

	Non-Smokers	Mild Smokers	Heavy Smokers
Serum total cholesterol (mg/dL)	149.1±38.2 ¹⁾	160.2±56.5	152.9±30.2
Serum LDL-cholesterol (mg/dL)	88.1±42.8	84.4±63.7	93.5±30.8
Serum HDL-cholesterol (mg/dL)	43.2±12.7	55.9±18.9	45.0±13.5
Serum triglyceride (mg/dL)	98.7±42.9	92.5±31.9	108.5±41.8
HDL-cholesterol/total cholesterol	0.30±0.14	0.35±0.17	0.30±0.10
LDL-cholesterol/HDL-cholesterol	2.35±1.33	1.98±1.39	2.17±1.15

¹⁾ Mean±S.D.

일어나는 기전으로 들 수 있는 것은 흡연이 체내 산화적 스트레스를 증가시켜 자유 라디칼 생성이 증가되고 이러한 자유 라디칼의 증가는 불포화지방의 과산화 반응을 증가시킨다. 증가된 과산화 과정을 방지하는 것은 비타민 C, 비타민 E, 카로틴과 항산화제로서 이들 항산화제 자신은 과산화물이나 자유 라디칼을 가진 물질과 반응하여 산화된 형태로 변환되면서 자유 라디칼이 불포화지방을 공격하는 것을 방지한다²⁾. 과산화 상태로 전환된 항산화제는 배설되든지, 다른 항산화제의 도움으로 다시 정상적인 형태로 환원된다. 즉, 체내 산화적 스트레스가 증가하면 비타민 C, 비타민 E, 카로틴과 같은 항산화제의 배설이 증가되어 혈청내 항산화 비타민의 농도는 감소하게 된다³⁾.

본 연구 대상자의 항산화 비타민의 혈청내 농도에 대한 결과는 Table 4에 있다. 혈청 비타민 C 농도는 한 개인의 비타민 C 섭취량이 충분한 것인지를 평가할 수 있는 좋은 지표 중의 하나이다³⁾. 혈청내 비타민 C 평균 농도는 흡연자나 비흡연자나 0.2mg/dL 이상으로 정상이었다.

그러나 일부 대상자의 혈청 비타민 C 농도는 결핍상태인 0.2mg/dL 이하이었고, 흡연군에서 비흡연군에 비해 비타민 C의 결핍상태가 더 많았다. 지나친 흡연자의 약 19%에서 혈청 비타민 C 농도가 0.2mg/dL 이하로 결핍상태이었고, 14.3%에서는 0.2~0.4mg/dL로 한계 결핍상태였다. 비흡연군의 경우 5%에서만 혈청내 비타민 C 농도는 결핍상태이었고, 10%에서 한계 결핍상태였다. 하루에 10개과 이상 흡연하는 대상자의 혈청 비타민 C 농도는 비흡연자에 비해 현저하게 낮았다. 흡연에 따른 비타민 C 섭취량은 차이가 없었으나 혈청 비타민 C 농도는 흡연군이 비흡연군에 비해 현저하게 낮아 흡연이 비타민 C의 파괴를 증가시키는 것으로 생각된다. 흡연자나 비흡연자나 모두 비타민 C의 1일 섭취량이 일일 권장량인 60mg 이하였다. 일일 권장량은 모든 사람들의 필요량을 충족시켜야 하는 양이기 때문에 개인에 따라서는 1일 권장량의 90%를 섭취하여도 정상 비타민 C 농도를 유지할 수 있기 때문에 대부분의 대상자들이 정상적인 혈청 비타민 C 농도를 나타내었다.

본 연구에서 흡연자의 혈청내 비타민 C 농도가 비흡연자에 비해 감소한 점은 기존의 흡연과 혈청 비타민 C 농도에 대한 연구들의 결과와 일치되는 소견이다²⁾³⁾. 이 보고에서 이들 연구자들은 흡연자에서 혈청내 비타민

C 농도가 감소하는 이유는 흡연자의 비타민 C 섭취량이 비흡연자에 비해서 낮으며 흡연자의 비타민 C 교체율이 현저하게 높고, 또한 그 흡수율이 낮은 결과라고 주장하였다. 강등의 연구에서는²⁾ 흡연자와 비흡연자의 비타민 C 섭취량은 모두 1일 권장량의 약 180~200%이었고, 혈청내 비타민 C 농도도 두 군에서 모두 정상보다 높았으나 흡연자의 혈청 비타민 C 농도가 비흡연자에 비해서 현저하게 낮았다고 보고하였다. 본 연구의 결과 중의 하나인 혈청내 비타민 C 농도가 음주에 의하여 증가하는 소견은 Buiatti등의 연구³⁾ 결과와 일치하였다. 본 연구와 다른 연구들의 결과를 검토하여 볼 때 개인간의 비타민 C 섭취량과 혈청내 비타민 C 농도가 매우 변동이 크고, 생활 습관에 의한 영향을 크게 받으므로 비타민 C의 올바른 1일 권장량을 결정하기 위해서는 앞으로 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 생각되었다.

비타민 E의 체내 보유상태를 나타내 주는 지표인 혈청내 total tocopherol 평균 농도는 약 0.8mg/dL로 정상 범위에²⁾ 있었고, 혈청내 total tocopherol 농도가 정상범위 이하인 대상자는 없었다. 혈청내 alpha와 total tocopherol의 농도는 비흡연군보다 가벼운 흡연군에서 현저하게 높았다. 이것은 비타민 E의 1일 섭취량과 관련이 있는 것으로 비타민 E의 1일 섭취량은 1일 권장량 이상이었으며 흡연군이 비흡연군보다 높은 것에 기인한 것으로 여겨진다. 본 연구 대상자가 섭취한 비타민 E와 불포화지방의 비를 계산해 보면 모든 대상자에서 권장 값인 0.4 이상으로서 비타민 E의 섭취는 충분하였다³⁾. 한편 혈청내 tocopherol은 대체로 지방과 함께 존재하므로 혈청내 지방의 함량에 의하여 영향을 받으므로 혈청내 α -tocopherol과 total tocopherol 농도를 각각 혈청내 중성지방의 농도로 나눈 값을 계산하여 중성지방의 영향을 상쇄한 지표를 흔히 사용한다. α -tocopherol 농도를 중성지방으로 나누어 계산한 값은 중성지방으로 나누어 계산하지 않은 경우와 마찬가지로 가벼운 흡연군이 다른 군에 비해 높은 경향을 나타내었다.

우리나라 사람에 대한 비타민 E 1일 권장량을 결정하기 위한 연구가 수행된 적이 없어서, 우리나라 1일 권장량은 외국의 자료에 의존하여 정할 수밖에 없다. 우리나라의 비타민 E의 1일 섭취량은 대략 1일에 9~11mg인 것으로 추정하고 있다. Bieri와 Evarts는³⁾ 비타민 E를 1일에 6.5mg 이상 섭취하는 경우 혈청 α -tocopherol

Table 4. Serum vitamin E, vitamin C and lipid peroxide concentrations

	Non-Smokers	Mild Smokers	Heavy Smokers
Sample size	48	7	45
Serum vitamin C (mg/dL)	1.02±0.55 ^{ab})	0.8±0.5*	0.66±0.42 ^{bc})
Serum α-tocopherol (mg/dL)	0.61±0.17 ^a	0.91±0.1 ^b	0.79±0.18 ^{ab})
Serum γ-tocopherol (mg/dL)	0.07±0.07	0.11±0.05	0.07±0.06
Serum total tocopherol (mg/dL) ⁴⁾	0.70±0.18 ^a	1.01±0.09 ^b	0.91±0.20 ^{ab})
Serum α-tocopherol/serum triglyceride)X100	0.62±0.43	0.97±0.51	0.73±0.38
Serum lipid peroxides (nmol MDA/mL)	0.56±0.17	0.46±0.14	0.59±0.18

¹⁾ Mean±Standard Deviation²⁾ Values within smoker categories with different superscripts (a, b) are significantly different at p<0.05 by Tukey's multiple comparison.³⁾ Significantly different among three groups, p<0.01⁴⁾ Sum of α-, β- and γ-tocopherol

Table 5. Serum glutathione peroxidase and superoxide dismutase activities

	Non-Smokers	Mild Smokers	Heavy Smokers
Serum glutathione peroxidase (nmole NADPH oxidized/minute/mL)	317±79 ¹⁾	348±89	299±64
Serum superoxide dismutase (units ²⁾ /mL)	3.3±1.5	4.1±0.9	3.0±1.3

¹⁾ Mean±S.D.²⁾ 1 unit=50% inhibition of superoxide dismutase activity

의 농도는 정상이었다고 보고하였다. 한편 Dam³¹⁾과 Bieri와 Evarts³⁰⁾등은 불포화지방으로 주로 linoleic acid를 섭취하는 경우 식사내 비타민 E와 불포화지방의 비를 0.4로 유지하는 것이 바람직하다고 하였다. 본 연구에서도 불포화지방 섭취량에 대한 비타민 E 섭취량의 비는 0.9 이상으로 권장값인 0.4보다 현저하게 높아 불포화지방 섭취에 비해 비타민 E 섭취는 충분하다고 생각된다. 본 연구에서 흡연군의 비타민 C의 섭취량이 비흡연군보다 높은 경향을 나타냈는데도 불구하고 혈청내 비타민 C의 농도가 낮은 이유로서는 흡연군에서 비타민 E가 산화된 상태로 전환되는 양이 많은데 이를 다시 환원시키는데 비타민 C가 이용되고 이용된 비타민 C 중 일부는 배설되기 때문이라고 생각된다. tocopherol은 산화되었다가 다시 본래의 모습으로 환원되므로 혈청내 tocopherol의 농도는 흡연군에서 비흡연군에 비해 높게 유지될 수도 있다고 생각된다. 일본의 흡연자를 대상으로 조사한 결과에 따르면 혈청내 α-tocopherol의 농도는 알코올의 섭취와 식사 습관과는 상관관계가 없었고, 단지 운동만이 양의 상관관계를 나타낸다고³²⁾ 보고하여 본 연구와는 다른 결과를 보여주었으나 이러한 차이가 무엇 때문인지는 알 수가 없었다. 본 연구 및 그 외 다른 연구들을 자세히 살펴볼 때, 우리나라의 비타

민 E의 1일 권장량은 생활 습관의 차이에 관계없이 건강한 젊은 남자의 경우 충분한 것으로 여겨진다.

혈청내 과산화물의 농도는 생활 습관인 흡연, 음주, 정기적인 운동에 따라 현저한 차이를 나타내지 않았다. 건강한 젊은 남자의 과산화물 농도는 생활 습관이나 식사형태에 의해 큰 영향을 받지 않은 것으로 여겨진다.

본 연구 대상자의 혈청 과산화지질 농도는 흡연에 따른 현저한 차이가 없었는데 이것은 체내 항산화 비타민인 비타민 C와 E 농도가 정상이었고, 유리 라디칼을 제거하는 효소인 glutathione peroxidase와 superoxide dismutase의 활성이 정상이었기 때문으로 생각된다. 흡연자의 경우 이러한 유리 라디칼의 제거기전이 정상적이어서 흡연으로 증가된 유리 라디칼을 제거하여 혈청 과산화지질의 농도를 쉽게 낮은 농도로 유지할 수 있을 것이다. 최등의³³⁾ 중년 남자의 생활 습관에 따른 혈청 과산화지질에 대한 연구를 보면 혈청 과산화지질의 농도는 흡연, 음주, 운동 등에 따른 차이가 발견되지 않았으며 그 이유로서는 이들의 체내 항산화 영양소 상태가 상당히 양호했기 때문일 것이라고 주장하였다. 한편 윤은²²⁾ 흡연군에서 혈청 과산화지질의 농도가 비흡연군보다 유의적으로 높았다고 보고하였다. Harats 등³⁴⁾은 흡연이 혈청 LDL의 산화에 영향을 주어 비흡연군에 비해

흡연군의 LDL이 과산화에 의한 변형에 훨씬 취약했다고 보고하였다.

체내에서 발생하는 유리 라디칼과 과산화수소를 제거하는 효소인 glutathione peroxidase와 superoxide dismutase의 활성은 Table 5에 있다. 혈청내 glutathione peroxidase와 superoxide dismutase 활성은 가벼운 흡연자, 비흡연자, 지나친 흡연자의 순서로 높은 경향을 나타냈으나 통계적으로는 유의하지 않았다.

본 연구에서 혈청 glutathione peroxidase와 superoxide dismutase의 활성의 흡연에 따른 차이를 발견할 수 없었다. Bolzan 등³⁵⁾은 나이와 성별에 따라 항산화 효소의 활성에 관한 연구에서 이 두 효소의 활성은 흡연유무에 따라 차이가 없음을 보고하여 본 연구의 결과와 유사하였다. 그러나 18세에서 45세의 흡연자의 적혈구의 glutathione peroxidase와 superoxide dismutase의 활성은 비흡연자에 비해 증가하였고, 반대로 46세에서 80세의 흡연자의 두 효소의 활성은 감소한다는 연구보고도 있다³⁶⁾. 아직까지 흡연에 따른 혈액내 glutathione peroxidase와 superoxide dismutase의 활성의 변화에 대해서는 논란이 계속되고 있다.

결론 및 제언

건강한 젊은 남자 대학생을 대상으로 개인의 흡연이 체내 산화적 스트레스를 반영하는 혈청내 항산화 비타민인 비타민 C와 E 농도, 항산화 효소인 glutathione peroxidase와 superoxide dismutase 활성, 혈청내 과산화지질 농도에 미치는 영향을 조사하였다. 흡연 뿐만 아니라 다양한 생활 습관이 유리 라디칼 제거기전에 영향을 미치는지를 조사하였다.

조사 대상자는 과거력에 특별한 질병이 없고, 약이나 영양제를 복용하지 않는 건강한 남자 대학생과 대학원생으로 48명의 비흡연자와 52명의 흡연자로 구성되었다. 이들의 생활습관과 식습관을 설문지로 조사했으며, 1일 영양소 섭취량은 24시간 회상법으로 조사하였다. 흡연이 생활 습관, 식사형태와 영양소 섭취량과, 혈청내 비타민 C, tocopherol과 과산화지질 농도와 glutathione peroxidase와 superoxide dismutase 활성에 미치는 영향에 대하여 분석하였고, 그 결과를 요약하면 다음과 같았다.

- 조사 대상자의 평균 나이는 20-21세이고, 체질량지는 21-22kg/m²로 정상적인 체격을 가졌으며, 이들 중 약 84%정도가 음주하였으며 흡연군과 비흡연군간의 차이가 없었다. 혈청 총 콜레스테롤, HDL-, LDL-콜레스테롤 농도는 흡연군과 비흡연군 사이에 차이가 없었다. 혈청 중성지방 농도는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지는 않았지만, 1일에 10개피 이상 흡연하는 대상자가 나머지 대상자에 비해서 높은 경향을 보였다.
 - 조사 대상자 모두의 총 열량 섭취량 중 탄수화물, 단백질, 지방이 차지하는 비율은 각각 58%, 15%, 27%정도였다. 불포화지방과 포화지방의 비는 흡연군과 비흡연군에서 모두 약 0.8이었다. 비타민 C의 1일 섭취량은 흡연자가 비흡연자에 비해 약간 높은 경향을 나타내었으나 통계적으로 차이가 없었다. 흡연자와 비흡연자 전 대상자의 평균 비타민 C 섭취량이 1일 권장량에 미달하였다. 비타민 E의 1일 섭취량은 흡연유무에 관계없이 전 대상자에서 1일 권장량 이상으로 섭취하였다.
 - 혈청내 α -tocopherol 농도는 모두 정상적인 범위에 있었는데, 흡연자의 농도가 비흡연자에 비해 현저하게 높았고, 혈청내 α -tocopherol 농도를 혈청내 중성지방 농도로 나눈 값은 흡연유무에 따라 차이가 없었다. 혈청 비타민 C 농도는 1일에 10개피 이상 흡연하는 경우에 다른 군에 비해 현저하게 낮았다. 혈청 과산화지질 농도도 흡연에 의한 차이를 나타내지 않았다.
 - 혈청내 산화 라디칼을 제거하는 superoxide dismutase와 과산화물을 제거하는 glutathione peroxidase는 흡연에 따른 차이를 거의 나타내지 않았다.
- 결론적으로 건강한 젊은 남자의 경우 흡연이 체내 산화적 스트레스에 큰 영향을 미치지는 않았지만, 혈청 비타민 C 농도가 흡연으로 인해 감소하고, 이는 체내 산화적 스트레스를 증가시켜 암, 심장 질환의 유발을 촉진시킬 수 있으므로 흡연자는 비타민 C를 1일 권장량인 55mg 이상을 섭취하는 것이 질병의 예방에 도움이 될 것으로 사료되었다. 앞으로 연령과 성에 따른 생활습관과 체내 항산화 비타민의 필요량에 대한 연구가 좀 더 다양적으로 이루어져야 하겠다.

참고문헌

1. Buiatti, E., Munoz, N., Kato, I., Vivas, J., Muggli, R., Plummer, M., Benz, M., Franceschi, S., Oliver, W., Determinants of plasma anti-oxidant vitamin levels in a population at high risk for stomach cancer. *Int. J. Cancer.*, 65:317, 1996.
2. Gey, K.F., Brubacher, G.B., Stahelin, H.B., Plasma antioxidant vitamins in relation to ischemic heart disease and cancer. *Am. J. Clin. Nutr.*, 45:1368, 1987.
3. Stahelin, H.B., Gey, K.F., Eichholzer, M., Ludin, E., Bernasconi, F., Thurneysen, J., Brubacher, G., Plasma antioxidant vitamins and subsequent cancer mortality in the 12 year follow-up of the prospective Basel Study. *Am. J. Epidemiol.*, 127:283, 1988.
4. Stryker, W.S., Kaplan, L.A., Stein, E.A., Stampfer, M.J., Sober, A., Willett, W.C., The relation of diet, cigarette smoking, and alcohol consumption to plasma beta-carotene and alpha-tocopherol levels. *Am. J. Epidemiol.*, 127:283, 1988.
5. Bridges, R.B., Chow, C.K., Rehm, S.R., Micronutrient status and immune function in smokers. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 587:218, 1990.
6. Bolton-Smith C., Casey, C.E., Gay, K.F., Smith, W.C.S., Tunstall-Pedoe H., Antioxidant vitamin intakes assessed using a food-questionnaire: correlation with biochemical status in smoker and non-smokers. *British Journal of Nutrition*, 65:337, 1991.
7. Kallner, A.B., Hartmann, D., Horning, D.H., On the requirements of ascorbic acid in men: steady state turnover and body pool in smokers. *Am. J. Clin. Nutr.*, 34:1347, 1981.
8. 농촌영양개선 연구원 : 식품성분표, 4차 개정판, 농촌진흥청, 1991.
9. Bucolo, G., David, H., Quantitative determination of serum triglycerides by the use of enzymes. *Clin. Chem.*, 20:470, 1973.
10. Allain, C.C., Poon, L.S., Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clin. Chem.*, 20:470, 1974.
11. Warnick, G.R., Benderson, J., Albers, J.J., Dextran sulfate-Mg²⁺ precipitation procedure for quantitation of high density lipoprotein cholesterol. *Clin. Chem.*, 28:1379, 1982.
12. Friedewald, W.T., Levy, R.I., Fredrickson, D.S., Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin. Chem.*, 18:499, 1972.
13. Yagi, K., Assay for blood plasma or serum. In: *Methods in enzymology*. Academic press, 105:328, 1984.
14. Teissier, E., Walters-Laporte, E., Duhem, C., Luc, G., Fruchart, J.C., Duriez, P., Rapid quantification of tocopherol in plasma and low- and high-density lipoproteins. *Clin. Chem.*, 42:430, 1996.
15. Omaye, S.T., Turnbull, J.D., Sauberlich, H.E., Selected methods for the determination of ascorbic acid in animal cells, tissues and fluids. *Methods in Enzymology*, 62:3, 1979.
16. Flohe, L., Gunzler, W.A., Assay of glutathione peroxidase. *Methods in Enzymology*, 105:117, 1984.
17. Olin, K.L., Golub, M.S., Gershwin, M.E., Hendricks, A.G., Lonnerdal, B., Keen, C.L., Extracellular superoxide dismutase activity is affected by dietary zinc intake in nonhuman primate and rodent models. *Am. J. Clin. Nutr.*, 61:1263, 1995.
18. Prohaska, J.R., Changes in tissue growth, concentrations of copper, iron, cytochrome oxidase and superoxide dismutase subsequent to dietary or genetic copper deficiency in mice. *J. Nutr.*, 121:355, 1983.
19. 대한결핵협회 결핵 연구원 : 전국 흡연조사 성적, 담배와 건강, 192(1):6, 1992.
20. 한국영양학회 : 한국인 영양 권장량, 제6차 개정판, 한국영양학회, 1995.
21. 이성숙, 최인선, 이경화, 최운정, 오승호, 흡연 남자 대학생의 영양소 섭취 및 혈중 지질 양상에 관

- 한 연구. 한국영양학회, 29:489, 1996.
22. 윤군애, 흡연이 혈장의 비타민 C 함량과 지질과산화 및 지질의 농도 변화에 미치는 영향. 한국영양학회, 30:1180, 1997.
23. Craig, W.Y., Palomaki, G.E., Haddow, J.E., Cigarette smoking and serum lipid and lipoprotein concentration : An analysis of published data. Br. Med. J., 298:784, 1989.
24. Thompson, R.L., Margarettes, B.M., Wood, D.A., Jackson, A.A., Cigarette smoking and food and nutrient intakes in relation to coronary heart disease. Nutrition Research Reviews, 5:131, 1992.
25. Frei, B., Stocker, R., Ames, B.N., Antioxidant defenses and lipid peroxidation in human blood plasma. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 85:9748, 1988.
26. Jacob, R.A., Skala, J.H., Omaye, S.T., Biochemical indices of human vitamin C status. Am. J. Clin. Nutr., 46:818, 1987.
27. 박정아, 강명희, 흡연 대학생의 비타민 C 섭취량과 혈청 수준, 한국영양학회지, 29:122, 1996.
28. Schectman, G., Byrd, J.C., Gruchow, H.W., The influence of smoking on vitamin C status in adults. Am. J. Publ. Health, 79:158, 1989.
29. Kaplan, L.A., Stein, E.A., Willett, W.C., Stampfer, M.J., Stryker, W.S., Reference ranges of retinol, tocopherols, lycopene and alpha-and beta-carotene in plasma by simultaneous high-performance liquid chromatographic analysis. Clin. Physiol. Biochem., 5:297, 1987.
30. Bieri, A., Evarts, R.P., Tocopherols and fatty acids in American diets. The recommended allowance for vitamin E. J. Am. Diet Assoc., 62:147, 1973.
31. Dam, H., Interrelations between vitamin E and polyunsaturated fatty acids in animals. Vit. Horm., 20:527, 1962.
32. Kitamura, Y., Tanaka, K., Kiyohara, C., Hirohata, T., Tomita, Y., Ishibashi, M., Kido, K., Relationship of alcohol use, physical activity and dietary habits with serum carotenoids, retinol and alpha-tocopherol among male Japanese smokers. International J. Epidemiology, 26:307, 1997.
33. 최영선, 이옥주, 조성희, 박의현, 임정교, 권순자, 대구지역 중년 남성의 혈청 지질과 혈청 과산화지질 관련인자 연구, 한국영양학회, 28:771, 1995.
34. Harats, D., Ben Naim, M., Dabach, Y., Hollander, G., Stein, O., Stein, Y., Cigarette smoking renders LDL susceptible to peroxidative modification and enhanced metabolism by macrophages Atherosclerosis, 79:245, 1989.
35. Bolzan, A.D., Bianchi, M.S., Bianchi, N.O., Superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase activities in human blood: influence of sex, age, and cigarette smoking. Clin. Biochem., 30:449, 1997.
36. Abou-Sief, M.A., Blood antioxidant status and urine sulfate and thiocyanate levels in smokers. J. Biochem. Toxicol., 11:133, 1996.