

한국 성인 남자의 혈장 Tocopherol 수준과 관련 요인 분석*

김경자* · 이혜진* · 박유경** · 강명희*§

한남대학교 생명나노과학대학 식품영양학과,* 경희대학교 동서의학대학원 의학영양학과**

Association between Plasma Tocopherol Levels and Related Factors in Middle-Aged Korean Men*

Kim, Kyung-Ja* · Lee, Hye Jin* · Park, Yoo Kyoung** · Kang, Myung-Hee*§

Department of Food and Nutrition,* Hannam University, Daejeon 306-791, Korea

Department of Medical Nutrition,** Graduate School of East-West Medical Science, Kyung Hee University,
Yongin 446-701, Korea

ABSTRACT

Vitamin E in the body system plays an important role in preventing chronic diseases by decreasing the oxidative stress by free-radicals. However, there are not enough researches on analyzing the primary factors affecting vitamin E levels in the blood in Korean adults. Therefore, the purpose of this research was to examine blood tocopherol levels and the primary factors affecting the status. A complete lifestyle survey was performed on 314 Korean adult men and surveyed their smoking, drinking and exercising habits. The average plasma level of α - and γ -tocopherol showed similar mutual relations with plasma total cholesterol (TC), triglyceride (TG), or low density lipoprotein cholesterol (LDL-C) levels ($p < 0.001$). Plasma α -tocopherol level of the subjects did not show any difference as smoking, drinking and exercising habits changed. However, γ -tocopherol per TG showed much lower figure in smokers than non smokers ($p < 0.05$). Amongst diet factors, plasma α -tocopherol level showed negative correlations with Vitamin E intake, while γ -tocopherol level showed positive correlations with Vitamin E intake. Erythrocyte superoxide dismutase (SOD) activity and plasma tocopherol showed negative correlations, and catalase activity and plasma α -tocopherol showed positive relationship. The level of cell DNA damage of lymphocyte and plasma α - or γ -tocopherol showed negative correlations. As a result of this research, the factors that affect Korean adult men's plasma α -tocopherol level are plasma TG, LDL-C and cell DNA damage in lymphocyte, while the factors that affect γ -tocopherol level are plasma TG, LDL-C and vitamin E intake based on multiple regression analysis. These findings implies that the level of different types of tocopherol depends on slightly different factors. A further research is needed on the factors involved in the differentiation of the types of tocopherol. (*Korean J Nutrition* 39(8) : 773~785, 2006)

KEY WORDS : vitamin E, α -tocopherol, γ -tocopherol, plasma lipid, smoking, drinking, diet, DNA damage.

서론

비타민 E는 외부에서 섭취해야 하는 비효소계 항산화제 (비타민 E, 비타민 C, β -carotene, selenium, N-acetylcysteine 등) 중에서 가장 뛰어난 항산화 능력을 가지고 있는 것으로 평가되고 있다. 비타민 E는 우리 몸에서 자신이 유리라

디칼이 됨으로써 유리라디칼 연쇄반응을 중단시키어 지질 과산화반응을 막을 수 있으며 식이 불포화지방산이나 비타민 A와 같은 지용성 비타민의 이중결합을 보호하는 역할을 한다.

최근에 보고된 역학조사나 중재연구 결과, 비타민 E 섭취가 높은 사람들은 심장병 발생이 낮았으며, 비타민 E를 섭취한 집단에서 암 및 뇌졸중으로 인한 사망률이 감소함이 보고되었다.^{1,2)} 비타민 E는 혈관 내피세포의 nitric oxide 의존성 혈관 기능을 보호하는 기능이 있으므로 혈장 tocopherol 수준이 낮을 때 암과 허혈성 심질환의 발병률이 높아진다는 보고도 있다.³⁾

비타민 E의 여러 형태 중 α -tocopherol이 잠재적 항산화 활성이 가장 높은 것으로 알려져 왔다. 그러나 최근 in

접수일 : 2006년 11월 15일

채택일 : 2006년 12월 5일

*This research was supported by grants from the Hannam University, Daejeon, Korea.

§To whom correspondence should be addressed.

E-mail : mhkang@hannam.ac.kr

in vitro 실험에서 지질 과산화물에 대한 γ -tocopherol의 항산화 활성도가 α -tocopherol보다도 높다는 연구결과⁴⁾가 보고된 후, 식품에 다량 함유되어 있어 인체 비타민 E의 주된 공급형태 이면서도 그 동안 상대적으로 소홀히 취급되어 왔던 γ -tocopherol에 대한 관심이 증가하고 있다.⁵⁾ γ -tocopherol은 신체 내 생물활성이 α -tocopherol에 비해 작으나 일반적으로 우리가 섭취하는 식사 중 유지류인 옥수수 기름, 대두유, 들기름에 많이 함유되어 있으며 free radical 제거하는 능력이 강한 것으로 알려져 있어서 비타민 E 섭취에 중요한 성분으로 추정된다.⁶⁾

비타민 E의 요구량은 체내의 산화 상태에 영향을 줄 수 있는 요인인 운동, 흡연, 음주, 불포화지방 섭취량에 의해서 영향을 받으며, 셀레늄과 비타민 C 등 다른 항산화제들도 비타민 E 요구량에 영향을 준다.⁷⁾ 비타민 E의 권장량에 대해서는 미국의 경우 15 mg α -tocopherol을 권장섭취량으로 설정하고 있으며,⁸⁾ 우리나라의 경우, 2005년도에 새로이 제정된 『한국인 영양섭취기준』에 따른 비타민 E 충분섭취량(AI, adequate intakes)은 한국인의 섭취량과 혈청 농도 자료에 근거하여 남녀가 동일하게 10 mg α -TE로 설정되어 있다.⁹⁾

비타민 E의 영양 상태는 일반적으로 high performance liquid chromatography (HPLC)로 분석한 혈장이나 혈청 α -tocopherol 함량으로 평가한다. 항산화 비타민의 혈청 농도는 식이나 영양보충제를 통한 항산화영양소의 섭취량을 반영할 뿐 아니라 생체 내 이용정도, 생활습관 및 질환과 관련된 소모량까지도 반영하므로 적절한 영양판정 지표로 사용될 수 있다.¹⁰⁾

우리나라 사람을 대상으로 진행된 여러 연구들^{7,11-14)}에서 대학생을 포함한 우리나라 성인 남녀의 혈청 α -tocopherol 농도가 0.68~1.17 mg/dl 수준으로 정상 범위에 속해 있음이 보고되었으며, 토코페롤의 형태에 따라 혈청 α -tocopherol 농도는 성별의 차이가 없었지만, 혈청 γ -tocopherol 농도와 혈액 내 전체 tocopherol 농도는 여자가 남자에 비해 현저하게 높았다.⁷⁾

Herbeth 등¹⁵⁾은 혈장 α -tocopherol 수준과 강한 양의 상관관계를 보인 변인은 혈장 콜레스테롤과 중성지방이었으며, 알코올 섭취량과 흡연량은 음의 상관관계를 보였다고 하였다. 또한 박선민 등⁷⁾은 총지방섭취량과 알코올 섭취량이 혈청 α -tocopherol 농도와 양의 상관관계를 나타내었고 혈청 γ -tocopherol 농도는 알코올 섭취량, 혈청 총 콜레스테롤 농도 및 과산화지질 농도가 높을수록 낮았으며, 하루 9개피 이하 흡연자가 나머지 대상자에 비해 혈청 α -tocopherol 값이 높았다고 하였다.

혈장의 α -tocopherol 수준은 총콜레스테롤과 중성지방의 농도와 상관성이 있으므로 혈장 비타민 E 영양상태를 평가할 때 비타민 E 절대값보다는 혈장 비타민 E의 농도를 지방의 함량에 대하여 표시할 것이 제안되었으며 토코페롤/혈장 지질의 비율이 비타민 E의 영양 상태를 나타내는 더 좋은 지표로 보고되었다.¹⁶⁾

현재까지 우리나라에서의 비타민 E 영양 상태에 대한 연구를 종합해 볼 때, 먼저 식이 섭취량은 성인은 약 4.4~13.7 mg α -TE와 중학생은 9.4~10.5 mg α -TE로 조사되었으나⁷⁾ 식품의 비타민 E 함량에 대한 자료 부족으로 인해 정확한 섭취량 파악이 어려운 실정이다. 비타민 E 영양 상태를 잘 나타내주는 혈청 수준에 대해서는 혈중 α -tocopherol을 중심으로 수편이 보고^{5,7,11-14)}되고 있으나 주로 혈중 α -tocopherol 수준만을 조사하여 제시하였을 뿐 최근 관심을 끌고 있는 γ -tocopherol 수준을 조사한다거나 혹은 이 두 형태의 혈중 tocopherol을 중심으로 비타민 E 영양 상태와 관련이 있을 것으로 예상되는 다양한 변수들과의 상관성을 분석하여 조사한 보고는 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구는 우리나라의 건강한 남자 성인을 대상으로 혈장 α -tocopherol 및 γ -tocopherol 수준을 측정하여 비타민 E 영양 상태를 알아보고, 비타민 E 영양 상태와 관련이 있을 것으로 생각되는 여러 가지 요인들, 즉 생활습관, 혈장 지질 양상, 영양소섭취량 및 식이성 요인, 항산화 효소 및 DNA 손상 등과의 상관성을 조사해 보고자 하는 목적으로 시도되었다.

연구 방법

1. 연구 대상자 선정 및 채혈

본 연구는 2000년부터 2004년까지 대전 지역에 거주하는 19~84세 사이의 성인 314명을 대상으로 실시되었다. 설문지의 내용은 일반사항에 대한 조사와 식품 섭취빈도 조사로 구성하였고, 24시간 회상법에 의한 식이 섭취조사를 실시하였다. 회수된 설문지를 검토하여 설문지 대답이 불성실한 사람과 비타민 E 보충제를 복용하는 대상자는 제외하고 총 314명의 대상자로부터 본인의 동의를 얻어 채혈을 하였다. 대상자들은 채혈하기 전 8시간 이상 음식물을 먹지 않도록 지도하였으며 이들로로부터 약 10 ml의 혈액을 제공받아 분석에 사용하였다. 대상자들의 혈액은 채혈 후 즉시 혈장을 원심 분리하여 -80°C 에서 냉동 보관하였다.

2. 일반사항, 신체계측 및 식이섭취조사

조사대상자의 나이, 영양제 복용, 흡연여부, 흡연량, 흡연

력, 금연기간, 알코올 섭취 여부, 알코올의 종류와 섭취량에 대한 내용을 설문지를 통해 조사하였다. 혈압계를 사용하여 대상자의 수축기 및 이완기 혈압을 측정하였고 신장계로 신장을, 전자저울로 체중을 측정하여, 이상체중 비율, BMI를 계산하였으며 허리와 엉덩이 둘레로부터 WHR (waist hip ratio)을 계산하였다.

조사대상자의 영양소섭취량을 알기 위해 24시간 회상법을 1대 1 면담법으로 실시하였다. 대상자들의 식사분량을 회상하는데 도움을 주기 위해 food model 및 사진으로 보는 음식의 눈 대수량¹⁸⁾을 제시하여 섭취한 모든 음식의 종류와 섭취량이 가능한 정확하게 조사하도록 하였다. 조사 결과는 한국영양학회 부설 영양정보센터에서 제작한 CAN program 2.0 version을 이용하여 영양소 섭취량을 구하였다. 반정량적 식품섭취빈도 조사는 선행연구¹⁹⁾에서 개발된 것을 사용하여 84개의 식품 항목에 대하여 1회 섭취 기준량을 세 가지 (기준량, 기준량의 1/2배, 기준량의 1.5배)로 제시하여 각 식품별 섭취빈도와 1회 섭취기준량을 곱하여 하루에 섭취하는 각 식품의 양으로 환산하였다.

3. 적혈구 항산화 효소 활성 측정

대상자들의 적혈구 내 항산화효소 활성의 분석은 UV/VIS spectrometer (shimadzu UV-1601)에 의해 선행연구²⁰⁾에서와 같은 방법으로 수행하였다. 적혈구 Catalase 활성도는 용혈된 적혈구에 50 mM phosphate buffer (pH 7.0)와 hydrogen peroxide를 첨가한 후 hydrogen peroxide 감소량을 240 nm, 20°C에서 30초간 측정함으로써 분석하였다. Superoxide dismutase (SOD)의 활성은 용혈된 적혈구에 ethanol과 chloroform을 가하고 3000 rpm에서 2분간 원심분리한 상층액에 20 µl pyrogallol을 첨가하여 수용액내에서 황색으로 자동 산화된 농도를 320 nm에서 180초간 측정하였다. Glutathione peroxidase (GSH-Px)의 활성은 용혈된 적혈구에 glutathione, glutathione reductase, NADPH를 첨가하여 37°C에서 10분간 항원 유지하여 t-butylhydroperoxide를 넣고 340 nm, 25°C에서 90초 동안 NADPH 농도의 감소 정도를 측정함으로써 측정하였다.

4. 혈장 항산화 비타민 분석

대상자들의 혈장 ascorbic acid는 2,4-dinitrophenylhydrazine method²¹⁾에 의해 UV/VIS spectrometer로 분석하였다. 혈장 α-tocopherol, γ-tocopherol은 HPLC 방법으로 측정하였으며, ethanol로 단백질을 제거하고 n-hexane으로 지방을 추출한 후 rotary evaporator로 hexane을 증발시키고, mobile phase (metanol : dichloromethane = 85 : 15)에 녹인 후, wave length를 달리하여 tocopherols는 295

nm, carotenoids는 450 nm wave length에서 0.8 ml/min의 flow rate로 각각 측정하였다.¹⁶⁾

5. 혈장지질분석

혈장 중의 총콜레스테롤 (TC), HDL-콜레스테롤 (HDL-C), 중성지질 (TG)을 (주)소망계약의 kit 시약을 이용하여 photometric Auto-analyzer (Biotron Scientific Instruments BTR 815)로 비색 정량하였다. LDL-콜레스테롤 (LDL-C)은 Friedwald 식²²⁾을 이용하여 계산하였다.

6. Alkaline comet assay를 이용한 임파구 DNA 손상 측정

Alkaline comet assay는 Singh의 방법²⁴⁾을 수정, 보완하여 실시하였으며, 임파구의 DNA 손상 정도는 핵으로부터 이동한 DNA 파편의 거리인 tail length (TL), tail에 함유된 DNA% 및 tail length에 DNA%를 곱한 값인 tail moment (TM) 값을 측정하여 나타내었다.²⁵⁾

7. 자료의 처리

모든 자료는 MS의 excel database system을 이용하여 입력한 후 SPSS-PC+ 통계 package (version 12.0)를 사용하여 처리하였다. 각 항목에 따라 백분율과 평균치 ± 표준오차 (SE)를 구하였으며 변수들 간의 관계를 검증하기 위해 pearson's correlation coefficient와 나이를 제어한 partial correlation coefficient를 이용하였다. 각 군별 유의성 검증을 위해서 일원배치 분산분석 (ANOVA)을 시행하여 F값을 구하였고, LSD (least-significant-difference) test를 이용하여 유의성의 차이를 검증하였다. 두 군 간의 차이는 Student t-test를 사용하여 검증하였다.

연구 결과

1. 대상자의 인구학적 사항, 생활양식 형태 및 식이섭취상태

연구대상자의 인구학적 사항, 생활양식 및 식이섭취 상태는 Table 1에 나타내었다. 평균 연령은 35.4 ± 0.7세였고, 이 중 47%가 30세 이전의 젊은 남자였으며, 42%가 30세 이상 50세 미만이며, 11%의 대상자가 50세 이상의 분포를 보였다. 본 조사대상자의 평균 BMI는 정상범위였으며, 수축기 및 이완기 혈압은 정상범위에 비해 약간 높은 편이었다. 대상자의 74.5%가 흡연자였으며 87.9%가 음주를 한다고 응답하였다. 하루에 30분 이상 운동을 한다는 응답자는 전체의 33.2%였다.

조사대상자들의 영양소섭취량 중 에너지 섭취량은 대상자를 크게 3 연령대별로 나누어 분석하여 본 결과, 성인남자 20~29세 미만의 에너지 섭취량은 2,000 kcal로서 2006 영

Table 1. Anthropometric indices and nutrient intakes of the subjects

Variables	Mean ± SE
Anthropometric indices	
Number of subjects	314
Age (years)	35.4 ± 0.7 (19 - 84)
Height (cm)	171.8 ± 0.3
Weight (kg)	70.3 ± 0.6
BMI (kg/m ²) ¹⁾	23.8 ± 0.2
WHR ²⁾	0.86 ± 0.1
SBP (mmHg) ³⁾	127.7 ± 0.9
DBP (mmHg) ⁴⁾	84.5 ± 0.7
Smokers (%)	74.5%
Alcohol drinkers (%)	87.9%
Exercisers (≥ 30 min/day, %)	33.2%
Nutrient intakes by age distribution	
Energy (kcal)	
- 30 yrs	2004.4 ± 789
31 - 49 yrs	1800.0 ± 497
50 yrs and above	1652.2 ± 585
Protein (g)	80.8 ± 32.2
Fat (g)	52.2 ± 28.8
- 30 yrs	56.6 ± 32.2
31 - 49 yrs	49.3 ± 22.5
50 yrs and above	41.0 ± 30.0
Vitamin A (μg RE)	704.4 ± 490.6
β-carotene (μg)	3085 ± 2344
Vitamin C (mg)	87.2 ± 70.4
Folate (μg)	225.2 ± 115
Vitamin E (mg α-TE)	12.4 ± 7.7
Nonsaturated fatty acid (g)	7.2 ± 5.0
< 75% vitamin E RDA (%)	30.1%

1) BMI (kg/m²): Body mass index

2) WHR: waist-hip circumference ratio

3) SBP: systolic blood pressure

4) DBP: diastolic blood pressure

양섭취기준에서 권장하는 2,600 kcal에 훨씬 못 미치는 수준이었으며, 30~49세 대상자의 섭취량은 1,800 kcal로 같은 연령대별 권장량인 2,400 kcal (2006 영양섭취기준⁹⁾)에 비해 매우 낮았다. 이와 같은 추세는 50세 이상 대상자에서도 유사하게 나왔으며, 권장량 대비 70% 정도를 섭취하는 수준이었다. 지방섭취량도 연령의 증가에 따라 점차적으로 감소하는 경향을 띠는 반면, 단백질 섭취량은 80 g으로서 세 연령대별로 유의적인 차이가 없었다. 비타민 A 및 C 섭취량은 충분한 수준이었으나 엽산 섭취량은 권장섭취량 기준에 못 미치는 수준을 섭취하고 있었다. 대상자의 비타민 E 섭취량은 12.4 mg α-TE로써 권장량에 비해 충분한 양을 섭취하고 있었으나 그 분포를 볼 때, 대상자 중 비타민 E 권장량의 75% 미만으로 섭취한 대상자가 30.1%나 되었다 (Table 1).

2. 혈장 지질 및 Tocopherol 수준

혈장 지질 수준은 식생활, 개인 또는 시간에 따라서 많은 차이를 볼 수 있으며, 특히 대상자의 나이, 병변의 정도, 합병

Table 2. Plasma lipid profiles of the subjects by smoking status

Variables	Mean ± SE	p-value	Risk group		
			Criteria	N	%
TC ¹⁾ (mg/dl)		NS ³⁾	≥ 240		
Total (n = 280)	162.1 ± 2.2 ²⁾			5	1.8
Smoker (n = 200)	164.8 ± 2.6			3	1.5
Nonsmoker (n = 80)	155.4 ± 4.3			2	2.5
LDL-C ⁴⁾ (mg/dl)		0.022	≥ 160		
Total (n = 257)	97.0 ± 2.3			14	5.4
Smoker (n = 183)	100.3 ± 2.6			12	6.6
Nonsmoker (n = 74)	88.8 ± 4.4			2	2.7
HDL-C ⁵⁾ (mg/dl)		0.000	< 40		
Total (n = 267)	42.0 ± 0.7			112	41.9
Smoker (n = 190)	40.0 ± 0.8			91	47.9
Nonsmoker (n = 77)	46.9 ± 1.3			21	27.3
TG ⁶⁾ (mg/dl)		NS	≥ 200		
Total (n = 276)	115.9 ± 3.7			27	9.8
Smoker (n = 198)	121.9 ± 4.7			23	11.6
Nonsmoker (n = 78)	100.7 ± 5.2			4	5.1

1) TC: Total cholesterol, 2) Mean ± SE, 3) Not significant by Student t-test between smoker and nonsmoker subjects, 4) LDL-C: LDL-cholesterol, 5) HDL-C: HDL-cholesterol, 6) TG: Triglyceride

증 여부 등의 여러 변수가 작용할 수 있다. Table 2에서는 대상자를 흡연상태에 따라 흡연자와 비흡연자로 나눈 후 혈장의 총콜레스테롤 (total cholesterol, TC), LDL-콜레스테롤 (low density lipoprotein-cholesterol, LDL-C), HDL-콜레스테롤 (high density lipoprotein-cholesterol, HDL-C)과 중성지질 (triglyceride, TG) 수준을 나타내었다.

전체 대상자의 혈장 TC 수준은 정상범위에 속하였으나, TC의 분포를 볼 때 위험수준인 240 mg/dl 이상인 사람의 비율은 1.8%이었다. 흡연유무에 따라 혈장 지질 수준을 나누어 비교해 보았을 때 혈장 TC 수준은 유의적인 차이가 없었다. 혈장 LDL-C의 경우도 평균값으로는 정상범위를 벗어나지 않았으나 위험군으로 분류되는 160 mg/dl 이상인 사람의 비율은 5.4%이었으며, 흡연자의 LDL-C 수준은 비흡연자에 비해 유의적으로 높았다. 혈장 HDL-C의 경우도 평균치는 정상범위를 벗어나지 않았으나 위험군인 40 mg/dl 미만인 사람의 비율은 41.9%나 되었다. 흡연자의 HDL-C 수준이 비흡연자에 비해 유의적으로 낮았다 ($p < 0.001$). 전체대상자의 평균 TG값은 정상범위를 보였으나 위험범위인 200 mg/dl 이상인 사람의 비율은 9.8%이었으며 흡연여부에 따라 차이를 보이지 않았다.

비타민 E는 혈액 내 지방성분과 함께 이동하여, 혈액 내 비타민 E 영양 상태는 비타민 E의 절대량보다는 지방성분에 대한 비율로 표현할 때 정확하게 파악할 수 있으므로²⁶⁾ Table 3에는 혈장 비타민 E 절대값과 함께 혈장 지질 단위 중량 당 α-와 γ-tocopherol 수준을 표시하였다. 대상자의 평균 혈장 α-tocopherol (AT) 수준은 1936 ± 41 μg/dl이었고,

Table 3. Plasma tocopherol levels of the subjects

	α -tocopherol (AT)			γ -tocopherol (GT)		
	AT ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	AT/TC ¹⁾	AT/TG ²⁾	GT ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	GT/TC ³⁾	GT/TG ⁴⁾
Total (n = 314)	1936 \pm 41 ⁵⁾	1.21 \pm 0.03	1.92 \pm 0.06	181 \pm 5	0.11 \pm 0.00	0.18 \pm 0.00

1) AT/TC = AT (mg) / TC (mg) \times 100, 2) AT/TG = AT (mg) / TG (mg) \times 100, 3) GT/TC = GT (mg) / TC (mg) \times 100
4) GT/TG = GT (mg) / TG (mg) \times 100, 5) Mean \pm SE

Table 4. Correlation coefficients between plasma tocopherol levels and plasma lipid profiles

Plasma lipid profiles	α -tocopherol (AT)			γ -tocopherol (GT)		
	AT	AT/TC ¹⁾	AT/TG ²⁾	GT	GT/TC ³⁾	GT/TG ⁴⁾
Correlation coefficients ⁵⁾						
TC ⁶⁾	0.418***	-0.220***	0.039	0.260***	-0.263***	-0.045
LDL-C ⁷⁾	0.353***	-0.224***	0.222***	0.195**	-0.283***	0.094
HDL-C ⁸⁾	-0.287***	-0.262***	-0.029	-0.093	-0.046	0.103
TG ⁹⁾	0.419***	0.223***	-0.541***	0.303***	0.119*	-0.503***
Partial correlation coefficients ¹⁰⁾						
TC	0.362***	-0.330***	0.003	0.270***	-0.245***	-0.015
LDL-C	0.285***	-0.343***	0.198***	0.199***	-0.270***	0.140*
HDL-C	-0.156*	-0.167**	0.026	-0.114	-0.107	0.047
TG	0.370***	0.163**	-0.581***	0.307***	0.144*	-0.487***

1) AT/TC = AT (mg) / TC (mg) \times 100, 2) AT/TG = AT (mg) / TG (mg) \times 100, 3) GT/TC = GT (mg) / TC (mg) \times 100
4) GT/TG = GT (mg) / TG (mg) \times 100, 5) Pearson's correlation coefficients, 6) TC: Total cholesterol, 7) LDL-C: LDL-cholesterol
8) HDL-C: HDL-cholesterol, 9) TG: Triglyceride, 10) Partial correlation coefficients after adjusted by age
*: p < 0.05, **: p < 0.01, ***: p < 0.001

평균 혈장 γ -tocopherol (GT) 수준은 181 \pm 5 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이었다. 이와 같은 결과는 김우경 등²⁷⁾과 윤군애¹¹⁾가 보고한 성인 남성을 대상으로 조사한 결과보다 높은 수치였다.

혈장 콜레스테롤과 지질 수준 사이의 관계를 보기 위하여 두 변수 간의 상관성을 본 결과는 Table 4에 나타내었다. 혈장 TC 혹은 LDL-C 수준과 혈장 α -tocopherol 수준 간에는 각각 양의 상관관계가 나타났으나 혈장 α -tocopherol을 TC 단위중량으로 나누어준 AT/TC 값과는 각각 음의 상관관계를 보였다. 이에 비해 HDL-C의 경우는 HDL-C 수준과 혈장 α -tocopherol 혹은 AT/TC 사이에 음의 상관관계를 보였다. TG의 경우는 혈장 α -tocopherol 및 AT/TC 수준과는 양의 상관관계를 보였으나 TG 당 α -tocopherol 수준과는 유의적인 음의 상관관계를 보였다.

혈장 지질 수준과 혈장 γ -tocopherol과의 상관성을 보면 (Table 4), α -tocopherol에서와 마찬가지로 TC, LDL-C 및 TG 수준이 높을수록 혈장 γ -tocopherol 수준도 유의적으로 높았으며 지질 단위중량으로 나누어 준 후에는 음의 상관관계를 보였다 (p < 0.001). 그러나 α -tocopherol에서와는 달리 혈장 γ -tocopherol 수준과 HDL-C 수준 사이에는 상관성이 나타나지 않았으며 지질 단위중량으로 나누어 준 후에도 같은 경향을 보였다. 대상자의 나이를 통제한 후에 혈장 지질과 α - 혹은 γ -tocopherol 수준 간의 편상관관계를 본 결과도 위와 거의 같은 결과를 보였다 (Table 4).

3. 생활양식과 혈장 Tocopherol 수준

생활습관인 흡연, 음주 및 운동 습관에 따라 대상자의 혈장 tocopherol 수준이 달라지는지를 알아본 결과는 Table 5에 제시하였다. 흡연자의 평균 혈장 α -tocopherol 수준과 비흡연자의 수준은 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 대상자의 평균 AT/TC 및 AT/TG 수준도 흡연에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

흡연자의 평균 혈장 γ -tocopherol 수준도 비흡연자의 수준과 유의적인 차이를 나타내지 않았다. TC로 나눈 γ -tocopherol 수준인 GT/TC도 α -tocopherol과 같이 흡연유무에 따라 유의적인 차이를 보이지 않은 반면, 흡연자의 GT/TG 수준 (0.18 \pm 0.01)은 비흡연자 (0.21 \pm 0.01)에 비해 유의적으로 낮았다 (p < 0.05).

음주자와 비음주자의 평균 혈장 α -tocopherol 수준은 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 음주 여부에 따른 혈장 단위 지질 당 tocopherol 수준도 음주자의 AT/TC 수준이 비음주자보다 낮은 경향을 보였으나 통계적으로 유의성은 나타나지 않았다. AT/TG 수준 또한 음주자와 비음주자 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 한편, 음주에 따른 평균 혈장 γ -tocopherol 수준, GT/TC 및 GT/TG 수준도 유의적인 차이를 보이지 않았다.

본 연구에서 운동 습관에 따라 1일 운동시간으로 환산하여 대상자를 운동을 전혀 하지 않은 군, 하루 평균 30분 미

Table 5. Plasma tocopherol levels of the subjects by life style habits

	N	α -tocopherol (AT)			γ -tocopherol (GT)		
		AT (μ g/dl)	AT/TC ¹⁾	AT/TG ²⁾	GT (μ g/dl)	GT/TC ³⁾	GT/TG ⁴⁾
Smoking							
Smoker	234	1965 \pm 47 ⁵⁾	1.21 \pm 0.0	1.90 \pm 0.1	180 \pm 6	0.11 \pm 0.0	0.18 \pm 0.01
Nonsmoker	80	1850 \pm 84	1.21 \pm 0.1	1.99 \pm 0.1	186 \pm 9	0.12 \pm 0.0	0.21 \pm 0.01
Significance		NS ⁶⁾	NS	NS	NS	NS	0.028
Alcohol drinking							
Drinkers	250	1919 \pm 45	1.20 \pm 0.0	1.91 \pm 0.1	184 \pm 6	0.12 \pm 0.0	0.19 \pm 0.0
Nondrinkers	64	2056 \pm 154	1.26 \pm 0.1	2.05 \pm 0.2	176 \pm 16	0.11 \pm 0.0	0.18 \pm 0.0
Significance		NS	NS	NS	NS	NS	NS
Exercise							
Sedentary	92	1924 \pm 64	1.27 \pm 0.0	1.97 \pm 0.1	176 \pm 9	0.12 \pm 0.0	0.19 \pm 0.0
Low-level exercising group	115	1867 \pm 66	1.18 \pm 0.0	1.76 \pm 0.1	177 \pm 7	0.11 \pm 0.0	0.17 \pm 0.0
Moderate-level exercising group	103	2019 \pm 83	1.19 \pm 0.1	2.07 \pm 0.1	187 \pm 10	0.11 \pm 0.0	0.19 \pm 0.0
Significance		NS	NS	NS	NS	NS	NS

1) AT/TC = AT (mg) / TC (mg) \times 100, 2) AT/TG = AT (mg) / TG (mg) \times 1003) GT/TC = GT (mg) / TC (mg) \times 100, 4) GT/TG = GT (mg) / TG (mg) \times 1005) Mean \pm SE, 6) Not significant by Student t-test and one-way ANOVA**Table 6.** Correlation coefficients between plasma tocopherol levels and nutrient intakes

	α -tocopherol (AT)			γ -tocopherol (GT)		
	AT (μ g/dl)	AT/TC ¹⁾	AT/TG ²⁾	GT (μ g/dl)	GT/TC ³⁾	GT/TG ⁴⁾
Correlation coefficients						
Vitamin C	0.092	0.001 ⁵⁾	0.006	0.064	0.011	0.030
Vitamin E	-0.117 ⁶⁾	-0.180 ⁷⁾	-0.034	0.146 [*]	0.155 [*]	0.187 ^{**}
β -carotene	0.044	0.014	0.039	0.051	0.011	0.018
Folate	0.036	-0.068	-0.060	0.139	0.037	-0.004
Total lipids	-0.020	-0.090	-0.037	0.071	0.052	0.060
Partial correlation coefficients						
Vitamin C	0.038	-0.027 ⁸⁾	0.000	0.035	0.030	0.047
Vitamin E	-0.007	-0.127 [*]	0.006	0.159 ^{**}	0.099	0.145 [*]
β -carotene	0.015	-0.006	0.030	0.026	-0.016	0.027
Folate	-0.026	-0.079	-0.079	0.068	-0.009	-0.011
Total lipids	0.044	-0.029	-0.014	0.085	0.031	0.031

1) AT/TC: α -tocopherol/Total cholesterol, 2) AT/TG: α -tocopherol/Triglyceride3) GT/TC: γ -tocopherol/Total cholesterol, 4) GT/TG: γ -tocopherol/Triglyceride

5) Pearson's correlation coefficients

6) *: $p < 0.05$, 7) **: $p < 0.01$

8) Partial correlation coefficients after adjusted by age

만인 저운동군 (low-level exercising group), 하루 평균 30 분 이상 운동을 하는 적정운동군 (moderate-level exercising group)의 3군으로 분류하여 혈장 내 tocopherol 수준을 본 결과, 역시 운동량에 따른 혈장 α - 및 γ -tocopherol 수준 및 AT/TC, AT/TG, GT/TC, GT/TG 수준은 아무런 통계적으로 유의성이 나타나지 않았다.

4. 식이요인과 혈장 Tocopherol 수준

식이요인 중 영양소섭취량과 혈장 tocopherol 수준 사이에 어떤 상관관계가 있는지를 알아보기 위해 항산화 영양소인 비타민 C, 비타민 E, β -carotene, folate와 지질 섭취량과 혈장 tocopherol 수준의 상관계수를 구하여 비교하였다 (Table 6).

비타민 E를 제외하고 Vitamin C, β -carotene, folate, 지

질 섭취량과 혈장 및 혈장 지질단위 당 α -tocopherol 수준 간에는 유의한 상관관계는 볼 수 없었다. 그러나 비타민 E 섭취량의 경우 혈장 α -tocopherol 및 AT/TC 수준과는 음의 상관관계를 보인 반면, 혈장 및 혈장지질 단위당 γ -tocopherol 수준 및 GT/TC, GT/TG 수준과는 양의 상관관계를 보였다. 이와 같은 상관성은 나이를 통제한 후의 편상관관계 계수를 구하였을 때는 다소 약해져서 비타민 E 섭취량과 AT/TC 간에 음의 상관관계, 그리고 비타민 E 섭취량과 GT 혹은 GT/TG 수준에서만 양의 상관관계를 보였다 (Table 6).

다음으로 식이요인 중 녹차, 과일 및 채소의 섭취에 따른 혈장 tocopherol 수준을 비교하였다. 녹차와 과일의 섭취 여부, 그리고 채소의 섭취량을 3분위 (tertile)로 나눈 후 저섭취군 (bottom)과 고섭취군 (top)을 취하여 평균 혈장 tocopherol 수준을 비교한 결과는 Table 7에 나와 있다.

Table 7. Plasma tocopherol levels of the subjects by food consumption

Food consumption	N	α -tocopherol (AT)			γ -tocopherol (GT)		
		AT (μ g/dl)	AT/TC ¹⁾	AT/TG ²⁾	GT (μ g/dl)	GT/TC ³⁾	GT/TG ⁴⁾
Green tea							
Yes	146	2094 \pm 60 ⁵⁾	1.30 \pm 0.05	2.09 \pm 0.13	185 \pm 6	0.12 \pm 0.01	0.18 \pm 0.01
No	63	1958 \pm 84	1.29 \pm 0.04	1.98 \pm 0.08	178 \pm 13	0.12 \pm 0.00	0.18 \pm 0.01
Significance		NS ⁶⁾	NS	NS	NS	NS	NS
Fruits (g/day)							
Yes	81	2076 \pm 81	1.25 \pm 0.03	1.93 \pm 0.09	173 \pm 8	0.12 \pm 0.00	0.18 \pm 0.01
No	132	2028 \pm 60	1.35 \pm 0.05	2.12 \pm 0.11	188 \pm 8	0.11 \pm 0.01	0.18 \pm 0.01
Significance		NS	NS	NS	NS	NS	NS
Vegetables							
High ⁷⁾	71	2129 \pm 93	1.25 \pm 0.04	2.00 \pm 0.12	196 \pm 12	0.12 \pm 0.01	0.19 \pm 0.02
Medium ⁸⁾	71	1996 \pm 74	1.26 \pm 0.05	2.02 \pm 0.14	183 \pm 9	0.12 \pm 0.01	0.19 \pm 0.01
Low ⁹⁾	71	2013 \pm 85	1.34 \pm 0.05	1.99 \pm 0.11	167 \pm 9	0.11 \pm 0.01	0.16 \pm 0.01
Significance		NS ¹⁰⁾	NS ¹¹⁾	NS	NS	NS	NS

1) AT/TC = AT (mg)/TC (mg) \times 100, 2) AT/TG = AT (mg)/TG (mg) \times 100
 3) GT/TC = GT (mg)/TC (mg) \times 100, 4) GT/TG = GT (mg)/TG (mg) \times 100
 5) Mean \pm SE, 6) Not significant by Student t-test, 7) Highest tertile (top 33%) of nutrient intakes in the subjects
 8) Medium tertile (medium 33%) nutrient intakes in the subjects, 9) Lowest tertile (bottom 33%) of each nutrient intakes in the subjects, 10) Not significant by on way ANOVA, 11) p-value by ANOVA

Table 8. Correlation coefficients between plasma tocopherol levels and erythrocyte antioxidant enzymes or lymphocyte DNA damages

	α -tocopherol (AT)			γ -tocopherol (GT)		
	AT	AT/TC ¹⁾	AT/TG ²⁾	GT	GT/TC ³⁾	GT/TG ⁴⁾
Correlation coefficients⁵⁾						
GSH-Px ⁶⁾	-0.012	0.124	0.046	-0.113	-0.091	-0.073
SOD ⁷⁾	-0.156*	-0.061	-0.187**	-0.090	0.009	-0.168*
CAT ⁸⁾	0.162	0.091	0.136*	-0.093	-0.051	0.029
Partial correlation coefficients⁹⁾						
GSH-Px	0.059	0.138	0.057	-0.101	-0.133	-0.084
SOD	-0.237**	-0.076	-0.190**	-0.094	0.029	-0.160*
CAT	0.102	0.121*	0.148*	-0.049	-0.035	0.025

1) AT/TC = AT (mg)/TC (mg) \times 100, 2) AT/TG = AT (mg)/TG (mg) \times 100, 3) GT/TC = GT (mg)/TC (mg) \times 100
 4) GT/TG = GT (mg)/TG (mg) \times 100, 5) Pearson's correlation coefficients, 6) GSH-Px: Glutathione peroxidase
 7) SOD: Erythrocyte Superoxide dismutase, 8) CAT: Erythrocyte Catalase, 9) Age adjusted partial correlation coefficients
 *: p < 0.05, **: p < 0.01, ***: p < 0.001

녹차를 마시는 군의 평균 혈장 및 혈장 단위지질 당 α -tocopherol 수준이 녹차를 마시지 않는 군에 비해 높은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 아니었다. 녹차를 마시는 군의 평균 혈장 및 혈장 단위지질 당 γ -tocopherol 수준도 녹차를 마시지 않는 군보다 높은 경향이였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 과일의 섭취 여부에 따른 혈장 및 혈장 단위지질 당 α - 및 γ -tocopherol 수준도 차이가 나타나지 않았다. 채소섭취를 3분위수 (tertile)로 나눈 후, 저섭취군 (bottom 33%)과 고섭취군 (top, 33%)으로 나눈 후 각 군에 따른 혈장 및 혈장 단위지질 당 tocopherol 수준을 비교한 결과, 섭취군 간 혈장 및 혈장 단위지질 당 tocopherol 수준에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

5. 항산화 효소활성, 임파구 DNA 손상정도와 혈장 Tocopherol 수준

대상자의 적혈구 항산화 효소활성도와 혈장 tocopherol 수

준과의 관계를 알아보기 위하여 대상자의 혈장 tocopherol 수준과 혈중 항산화 효소인 GSH-Px, SOD 및 CAT와의 상관관계를 알아본 결과는 Table 8과 같다. 대상자의 적혈구 SOD 활성도와 혈장 α -tocopherol 및 AT/TG 수준 사이, 그리고 SOD 활성도와 혈장 GT/TG 사이에 유의적인 음의 상관관계가 나타났으며, 적혈구 catalase 활성도와 AT/TG 사이에 양의 상관관계가 나타났다 (Table 8). 대상자의 나이를 통제한 후에는 위의 상관성 외에 적혈구 catalase 활성도와 AT/TC 사이에 양의 상관관계도 볼 수 있었다.

대상자의 임파구 DNA 손상정도를 알아보는 biomarker인 TL (tail length), TM (tail moment) 혹은 TD (% DNA in tail) 수준과 혈장 비타민 E 수준과의 상관성을 본 결과는 Table 9에 나와 있다. 임파구 DNA 손상 지표 중 TL 혹은 TM과 혈장 α -tocopherol 수준, 그리고 TD와 AT/TG 사이에 강력한 음의 상관관계가 나타났으며 (p > 0.001) 이와

같은 상관성은 혈장 단위지질 당 α -tocopherol 수준 (AT/TC, AT/TG)과 DNA 손상지표 (TL, TM) 사이에서도 나타났다. 그러나 혈장 γ -tocopherol 수준 및 혈장 단위지질 당 γ -tocopherol 수준과 DNA 손상정도를 나타내는 지표들과의 상관성은 TD와 GT/TG 사이에 음의 상관관계가 나타난 것 외에는 보이지 않았다. 대상자의 나이를 통제한 후의 상관성은 통제하기 전에 비해 약하게 나타나 TL과 AT, AT/TC 혹은 AT/TG 사이와 TM과 AT/TG 사이에 음의 상관관계, 그리고 TM 및 TD와 AT/TG 사이에 유의적인 양의 상관관계를 볼 수 있었다. 나이 통제 후 DNA 손상도와 혈장 γ -tocopherol 사이의 상관관계도 TD와 GT/TC 사이에 음의 상관관계가 나타난 것을 제외하고는 아무런 상관성이 나타나지 않았다 (Table 9).

6. 혈중 비타민 E 농도에 영향을 주는 요인에 대한 다중회귀분석

혈중 비타민 E 농도에 영향을 주는 요인을 분석하기 위해 다중회귀분석을 수행하였다. 종속변수는 각각 혈장 α -tocopherol 수준과 혈장 γ -tocopherol 수준으로 하였고, 이에 영향을 미치는 요인들을 독립변수로 하여 분석하였다. 독립

변수 사이의 상호관련이 있는 요인은 제거하였고 종속변수와 유의적인 상관관계를 나타내면서 독립변수들 사이에는 상관성이 없는 독립변수는 남기는 방식으로 모델을 구축하여 적합성을 검증하여 다중회귀모형을 제시하였으며 그 결과는 Table 10과 같다.

대상자의 혈장 α -tocopherol에 영향을 주는 요인은 혈장 중성지방 농도 (TG), LDL-콜레스테롤 수준 및 TL로 본 DNA 손상정도이었으며 혈장 α -tocopherol 수준의 변이는 위의 세 요인에 의해 약 34.7%가 설명되었다. 혈장 α -tocopherol 수준에 대한 다중회귀모형은 다음과 같은 식으로 표현되었다.

$$\begin{aligned} \text{혈장 } \alpha\text{-tocopherol} = & \\ & 1228.387 + 4.818 \times \text{혈장중성지방} - 6.513 \times \\ & \text{혈장LDL콜레스테롤} + 6.779 \times \text{DNA손상도 (TL)} \end{aligned}$$

대상자의 혈장 γ -tocopherol에 영향을 주는 요인은 혈장 중성지방 농도 (TG), LDL-콜레스테롤 수준 및 비타민 E 섭취량이었으며 이 세 요인들에 의해 혈장 γ -tocopherol 수준의 변이는 약 15.6%만이 설명되었다. 혈장 γ -to-

Table 9. Partial correlation coefficients between plasma tocopherol levels and erythrocyte antioxidant enzymes or lymphocyte DNA damages

	α -tocopherol (AT)			γ -tocopherol (GT)		
	AT	AT/TC ¹⁾	AT/TG ²⁾	GT	GT/TC ³⁾	GT/TG ⁴⁾
Correlation coefficients ⁵⁾						
TL ⁶⁾	-0.195***	-0.222***	-0.229***	0.052	0.046	-0.028
TM ⁷⁾	-0.197***	-0.175**	-0.160**	-0.060	-0.035	-0.041
TD ⁸⁾	0.119	0.015	0.209**	-0.092	-0.158*	0.095
Partial correlation coefficients ⁹⁾						
TL	-0.126*	-0.161**	-0.207***	0.067	0.033	-0.063
TM	-0.110	-0.103	-0.133*	-0.046	-0.053	-0.079
TD	0.125	-0.008	0.207**	-0.094	-0.171*	0.112

1) AT/TC = AT (mg)/TC (mg) × 100, 2) AT/TG = AT (mg)/TG (mg) × 100

3) GT/TC = GT (mg)/TC (mg) × 100, 4) GT/TG = GT (mg)/TG (mg) × 100

5) Pearson's correlation coefficients, 6) TL: tail length by Comet assay

7) TM: tail moment by Comet assay, 8) TD: %DNA in tail by Comet assay

9) Age adjusted partial correlation coefficients

*: p < 0.05, **: p < 0.01, ***: p < 0.001

Table 10. Multiple regression analysis of potential predictors of plasma α -tocopherol and γ -tocopherol concentrations

Dependant variable	Independant variable	Regression coefficient (B)	S.E.	β	Probability
Plasma α -tocopherol (R ² = 0.347)	Intercept	1228.387	182.900		0.000
	Plasma triglyceride	4.818	0.588	0.421	0.000
	Plasma LDL-cholesterol	-6.513	1.523	-0.208	0.000
	Lymphocyte DNA damage (TL ¹⁾)	6.779	1.035	0.337	0.000
Plasma γ -tocopherol (R ² = 0.156)	Intercept	72.445	18.054		0.000
	Plasma triglyceride	0.405	0.075	0.322	0.000
	Plasma LDL-cholesterol	0.412	0.134	0.183	0.002
	Vitamin E intake	1.562	0.617	0.151	0.012

1) TL: tail length by Comet assay

copherol 수준에 대한 다중회귀모델은 다음과 같은 식으로 표현되었다.

$$\begin{aligned} \text{혈장 } \gamma\text{-tocopherol} = & \\ & 72.445 + 0.405 \times \text{혈장중성지방} + 0.412 \times \\ & \text{혈장LDL콜레스테롤} + 1.562 \times \text{비타민E섭취량} \end{aligned}$$

고 찰

항산화 영양소 중에서 비타민 E의 혈중 농도 및 영양 상태는 최근에 들어 연구되기 시작하였으며, 혈중 비타민 E 영양상태를 측정 후 이에 영향을 주는 요인들을 분석하는 연구들이 최근 활발하게 이루어지고 있다.²⁸⁾ 개인의 혈장 비타민 E 수준은 여러 가지 요인에 의해 영향을 받으며, 특히 식이 또는 보충제를 통한 항산화 영양소의 섭취량, 흡수량에 영향을 미치는 식이 지방 섭취량, 과량의 다중불포화지방산 섭취 등에 의해 영향 받는다.²⁹⁾ 그 외에도 각 개인의 생활방식, 혈중 지질 분포에 따라 영향을 받음이 보고되고 있다. 비타민 E의 경우 주로 체내에서 혈중 지질성분들에 의해 운반되기 때문에 혈중 지질 성분들의 농도와 강한 양의 상관관계를 보이므로 이들 비타민 E의 혈중 농도를 비교할 때는 혈중 지질 성분들에 대해 보정한 농도, 즉 혈청 내 tocopherol 수준을 혈중 지질농도로 나누어 지질의 영향을 상쇄시켜야 더 좋은 지표가 될 수 있음이 제안되고 있다.^{11,12,30)}

본 연구 결과에서도 대상자의 혈장 총콜레스테롤 (TC), LDL-C 및 중성지방 (TG) 수준이 높을수록 그리고 HDL-C 수준이 낮을수록 혈장 α -tocopherol 수준은 유의적으로 높아졌다 ($p < 0.001$). 이와 같은 결과는 Stryker 등³¹⁾의 연구에서 혈청 α -tocopherol 수준이 혈청 지질 농도와 양의 상관관계를 보인다는 보고를 뒷받침한다. 혈장 지방수준이 높을수록 혈장 tocopherol 함량이 증가하는 것은 혈장 tocopherol이 혈장 지방성분과 함께 이동하는데 기인하므로 혈중 비타민 E 영양상태를 표현하고자 할 때에는 혈장 비타민 E의 절대량보다는 혈장 지방성분인 TC 혹은 TG에 대한 비율로 표현하는 것이 더 정확하다고 할 수 있다.

본 연구에서도 혈장 α -tocopherol을 혈장 콜레스테롤 단위중량으로 나누어 혈장 TC 단위중량 당 혈장 α -tocopherol 수준인 AT/TC를 살펴본 결과 (Table 4), 앞서서와는 반대로 총콜레스테롤, LDL-C, HDL-C 및 TG 수준이 높을수록 AT/TC 수준은 유의적으로 낮아졌다. 즉, 콜레스테롤이 높은 군에서 혈장 α -tocopherol 수준이 높았던 것은 비타민 E의 영양상태가 좋았다기보다는 비타민 E와 함께 운반되는 콜레스테롤이 많았기 때문이며 TC 단위중량으로 나

누어 혈장지질 성분의 효과를 배제한 후의 α -tocopherol 수준은 혈장 TC 및 LDL-C, 중성지질이 높을수록 낮아짐을 알 수 있었다. 그러나 본 연구에서 혈장 지질의 변화에 따른 혈장 γ -tocopherol 및 단위지질로 나눈 GT/TC 수준의 변화가 유의적으로 나타나지 않아 혈중 지질과의 관련성에 있어서 α -tocopherol과는 다른 양상을 보이는 것을 알 수 있었는데 혈장 γ -tocopherol의 혈장 지질과의 관련성에 대해서는 앞으로 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

우리의 생활양식 중에서 흡연은 인체 내 활성산소량을 증가시키는 주요한 인자 중 하나이다. 흡연으로 인해 생긴 활성산소종들은 주위의 단백질과 세포에 해를 입히며 신체 내 항산화 체계의 균형을 깨뜨려 항산화 비타민의 영양상태를 악화시킬 뿐 아니라 조직 내 DNA를 손상시키기도 한다. 그러므로 흡연 정도에 따라 신체 내 비타민 E 영양상태가 변화를 보일 가능성이 있다. 이에 따라 본 연구에서 흡연과 혈장 비타민 E 영양 상태와의 관련성을 살펴보았으나 흡연에 따른 혈장 α -tocopherol 수준 및 혈장 단위지질 당 α -tocopherol 수준의 차이를 발견할 수 없었다. 혈장 γ -tocopherol 수준의 경우도 흡연에 따른 차이는 볼 수 없었으며, 다만 혈장 중성지방 당 γ -tocopherol 수준인 GT/TG의 경우 흡연자에 비해 비흡연자에서 더 높음이 관찰되었다.

권정숙 등³²⁾은 남자 대학생을 대상으로 한 연구에서 흡연이 항산화 비타민 E 수준에 유의적인 영향을 미치지 않았음을 관찰하였으며, 박선민 등⁷⁾도 흡연, 음주, 운동과 같은 생활습관이 혈장 내 α -와 γ -tocopherol 농도에 현저한 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. 그 외에도 국외에서의 많은 연구^{31,33)}들이 본 연구에서와 같이 흡연이 비타민 E의 영양 상태에 별다른 영향을 미치지 않았음을 보고하였다. 반면, 위와는 상반된 결과를 보고한 연구들도 있다. 강명희와 박은주^{20,34)}의 연구에서 혈장 α -tocopherol 수준의 경우 흡연군이 비흡연군보다 유의적으로 낮음이 보고되었고, Stryker 등³¹⁾은 성인 남녀 330명을 대상으로 한 연구에서 혈장 α -tocopherol 수준에 영향을 미치는 변인의 다변인 회귀분석 결과, 1일 흡연량은 혈장 α -tocopherol 수준과 음의 상관관계를 보였다고 하였다. 조성희 등³⁵⁾은 하루 20개피 이상 담배를 피우는 사람에게서 혈청의 단위 지질 당 비타민 E의 수준이 낮아지는 경향이였으며, 특히 TG당 α -tocopherol 수준은 담배를 20개피 이상 피우는 사람에게서 유의하게 낮았다고 보고하였다. 윤군에³⁶⁾의 연구에서도 흡연으로 인해 비타민 E의 영양상태가 저하되었음이 관찰되었다. 이렇게 서로 다른 결과를 보이는 것은 연구자에 따라 연구방법이 다르고 또 연구대상자의 흡연력이나 식이섭취형태가 다르기 때문일 것이다. 앞으로 혈중 비타민 E 영양상태가 흡연에 따

라 달라지는지의 여부는 여러 관련요인들에 대한 분석을 통해 더 세심하게 연구되어야 하리라고 생각된다.

생활양식 중 음주여부에 따라서도 비타민 E의 혈중 영양 상태가 달라질 수 있음이 보고되었다.⁷⁾ 본 연구에서는 대상자의 음주여부가 혈장 α - 및 γ -tocopherol 수준 및 혈장 지질 단위중량 당 비타민 E 수준과도 아무런 관련성이 없는 것으로 관찰되었는데 이와 같은 결과는 중년 남성의 음주 여부에 따라 비타민 E 수준의 변화가 나타나지 않았다고 보고한 최영선 등³⁷⁾ 및 Gaziano 등³⁸⁾의 연구결과와 같은 것이었다. 그러나 박선민 등⁷⁾은 이와는 달리 다중 회귀분석을 할 경우 혈청 α -tocopherol 농도에 비해 γ -tocopherol 농도가 생활습관에 의해 영향을 많이 받으며, 특히 알코올 섭취량이 많을수록 혈청 γ -tocopherol 농도는 낮았다고 보고하였다. 조성희 등³⁹⁾의 연구에서 비타민 E의 농도는 혈청 ml 당으로는 오히려 음주군에서 유의하게 높았으나, 혈청의 단위 지질 당 농도는 유의한 차이가 없었으며 특히 TG로 나누었을 때 음주군에서 비타민 E의 수준이 낮아지는 경향이었다고 보고하여 본 연구에서와는 다른 양상을 보였다.

적당한 양의 규칙적인 운동 습관은 체내 면역체계와 항산화 방어체계를 향상시키며,^{20,39)} 규칙적인 운동을 하는 사람은 운동하지 않는 사람에 비해 혈중 비타민 C와 E 수준 및 적혈구 항산화 효소활성이 높다.⁴⁰⁾ 본 연구에서 대상자를 운동습관에 따라 운동을 전혀 하지 않은 군, 하루 평균 30분 미만인 저운동군, 하루 평균 30분 이상 운동을 하는 적정운동군의 3군으로 분류하여 혈장 내 tocopherol 수준을 본 결과 운동량에 따른 혈장 tocopherol 수준은 통계적으로 유의성이 나타나지 않았다.

운동선수가 아닌 일반인들을 대상으로 운동전후, 또는 쉬는 상태에서의 혈중 비타민 E 수준을 측정하여 평소 운동량과 비교한 연구는 많지 않은데, 강명희 등⁵⁾은 혈장 α -tocopherol 수준이 저운동군에 비해 적정 운동군에서 유의적으로 높았으며 TC 혹은 TG에 대한 비타민 E의 비율인 AT/TC는 적정운동군이 저운동군에 비해 높았으며, AT/TG는 두 군 간에 차이가 없었던 반면 γ -tocopherol의 경우는 혈장 γ -tocopherol 수준, GT/TC와 GT/TG 모두 운동량에 따른 차이를 보이지 않았다고 보고하여 본 연구에서와 부분적으로 같은 결과를 보고하였다. 박선민 등⁷⁾의 연구에서는 혈청 α -tocopherol, γ -tocopherol과 total tocopherol 농도는 운동에 따른 차이를 거의 나타내지 않았지만, 혈청 γ -tocopherol 농도는 정기적으로 운동하는 대상자에서 유의적으로 낮았다고 보고하였다. 반면, Evans⁴¹⁾의 연구에서는 Type I muscle fiber의 양과 혈장 tocopherol 수준은 음의 상관관계를 보였다. 이는 운동량이 많은 사람에게서는 γ -tocophe-

rol의 요구량이 증가되어있다는 사실을 시사한다. 앞으로 운동과 관련하여 비타민 E를 포함한 항산화 비타민의 영양 상태를 판정하는 광범위하고도 다각적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

항산화비타민의 섭취량은 식품영양가표의 부정확성, 조리과정의 영양소 손실, 체내 이용률 등 몇 가지 이유로 인해 생체 내 영양 상태에 대한 결정적인 지표가 될 수 없지만, 항산화비타민의 혈청 농도는 식이나 영양보충제를 통한 항산화영양소의 섭취량을 반영할 뿐만 아니라 생체 내 이용정도, 생활습관 및 질환과 관련된 소모량까지도 반영하므로 비교적 결정적인 지표로 사용될 수 있다고 보고된 바 있다.¹⁾

Stryker 등³¹⁾에 의하면 비타민 E는 식이를 통해 체내로 들어와 간에서 VLDL에 함유되어 혈장으로 이동되며 VLDL이 LDL로 전환되는 과정에서 LDL의 성분으로 말초조직에 공급되므로 비타민 E 섭취량이 증가하면 혈액 내 비타민 E 농도가 증가된다. 본 연구에서는 비타민 E 섭취량에 따라 혈장 α -tocopherol 수준이 변화하지 않았으나 비타민 E 섭취량이 높을수록 혈장 γ -tocopherol 수준은 높아지는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 노인에게 비타민 E를 보충한 후에 혈장 내 비타민 E의 농도가 유의적으로 증가하였음을 보고한 김우경⁴²⁾의 연구결과와는 상반되는 결과이나 혈청 내 α -tocopherol 농도는 식사형태에 의해서 큰 영향을 받지 않았다고 보고한 연구 결과⁷⁾와는 같은 경향이었다. 박선민 등⁷⁾은 비타민 E를 일일 권장량의 69%만을 섭취한 대상자의 혈청 내 tocopherol의 농도는 정상인 것으로 나타나 식이로 섭취하는 비타민 E의 함량과 혈장 비타민 E 수준 사이에 상관관계가 나타나지 않음을 관찰하였다. 이 연구에서는 본 연구에서와 같이 혈중 비타민 E 수준을 α -와 γ -tocopherol로 나누어 분석한 결과, 혈청 α -tocopherol 농도에 비해 혈청 γ -tocopherol 농도가 식이섭취 형태에 의해 영향을 더 많이 받는다고 하여 비타민 E 섭취량이 높을수록 혈장 γ -tocopherol 수준이 높아지는 것으로 나타난 본 연구의 결과를 뒷받침 하였다.

그러나 혈청 비타민 E 농도는 생활습관 및 식사와 같은 여러 가지 요인에 의해 영향을 받으므로 대상자의 성별, 생활습관 및 식사로부터의 항산화비타민 섭취량이 서로 다른 연구 결과들을 직접 비교하는 것은 무리가 있다. 또 이 연구들은 모두 혈장의 비타민 E 수준을 α -와 γ -tocopherol로 나누어 분석해 본 것이 아니므로 본 연구결과와 직접 비교하기는 어렵다. 비타민 E 섭취량에 따른 혈장 γ -tocopherol 수준의 변화를 본 연구가 제한되어 있으므로 앞으로 이에 대한 보다 상세한 연구가 요구된다. 한편, Vitamin C, β -caro-

tene, 엽산섭취량과 혈장 및 혈장 단위지질 당 tocopherol 수준과도 아무런 상관성이 나타나지 않았다. 또 지질섭취량도 혈장 tocopherol 수준과 상관성이 보이지 않았는데 이는 총지질 섭취량이 많을수록, 혈청 내 γ -tocopherol 농도가 낮았다는 박신민 등⁷⁾의 보고와는 다른 결과였다.

본 연구에서 비타민 E 섭취량에 따라 혈장 γ -tocopherol 수준은 함께 증가하였으나 비타민 E 섭취량에 따른 혈장 α -tocopherol 수준은 큰 변화를 보이지 않았는데 이는 흔히 우리가 섭취하는 식품 중 유지류에는 α -tocopherol 보다 γ -tocopherol 함량이 더 많은데 그 원인이 있는 것으로 생각된다. 따라서 앞으로는 식품의 tocopherol 함량 DB에 α - 및 γ -tocopherol 등의 광학이성체에 대한 함량 DB가 마련되어야 할 필요가 있을 것이다. 또 하나 가능한 해석으로는 대상자의 비타민 E 섭취량을 알기위해 본 연구에서 사용한 하루 동안의 24시간 회상법이 대상자의 평상시 식이 섭취량을 나타내기에 충분하지 않았을 가능성에도 부분적으로 기인한다고 생각된다. 식이섭취량 조사를 위해 단 하루 동안의 24시간 회상법에 의한 섭취량 조사로 평상적인 영양소 섭취량을 알아보는 것은 충분하지 않을 것이다. 앞으로는 대상자의 일상적인 영양소 섭취량을 알기위해서는 적어도 연속 3일 이나 혹은 비연속 2일 이상을 조사하고 또한 주중과 주말에 식사섭취량이 다르므로 이를 고려한 자료 수집이 필요하리라고 여겨진다.

최근에 녹차에 대한 관심이 집중되면서 항산화 효과를 중심으로 연구가 활발히 진행되고 있으며,⁴³⁾ 채소와 과일의 섭취가 체내 항산화 효과를 증진시키고 암을 예방한다는 결과들이 많이 발표되고 있다.⁴⁴⁾ 본 연구에서는 녹차, 채소 및 과일의 섭취 여부 및 빈도에 따른 혈장 tocopherol 수준에는 별다른 영향이 없는 것으로 나타나 여러 선행연구와는 대조적인 결과를 보였다.

신체 내에서 해로운 활성을 가진 활성산소종의 농도가 증가하고 free radical이 생성되어 체내의 항산화계의 방어한계를 넘어서면 산화 스트레스 현상이 발생한다.¹⁵⁾ 산화·환원의 균형을 유지하고 자유 라디칼에 의한 과산화를 막는 항산화계 효소들에는 superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione peroxidase (GSH-Px)와 같은 효소들이 있다. SOD와 CAT 중 어느 하나에 의해서 수산화 라디칼 형성이 부분적으로 저해되지만 두 효소에 의해서는 저해 효과가 더욱 상승되었다.⁴⁵⁾ 본 연구에서 대상자의 혈장 α -tocopherol 수준과 적혈구 SOD 활성도 사이에 음의 상관관계 ($p > 0.05$)를 보여 혈장 α -tocopherol 영양상태가 높을수록 적혈구 SOD 활성도가 낮아지는 것으로 나타났다. 비타민 E 영양상태가 좋을 때 항산화 효소인 SOD 활성도가

낮아지는 것에 대한 해석은 여러 가지가 가능할 것이나 혈장 α -tocopherol 영양상태가 좋을 경우 자유 라디칼의 과산화를 막는 일을 비타민 E가 감당하므로 신체 내 항산화 효소인 SOD의 활성이 높을 필요가 없기 때문이라고도 해석해 볼 수 있다. 강남이와 김우경의 연구⁴⁶⁾에서도 인슐린 비의존형 당뇨병 환자에게 항산화 비타민제를 보충한 후에 적혈구 catalase의 활성이 낮아짐을 관찰하여 본 연구에서와 같은 경향임을 보고하였다. 그러나 본 연구에서 혈장 α -tocopherol 수준 대신 이를 혈장 지질단위로 나누어 준 AT/TC, 혹은 AT/TG와 SOD 활성도와의 상관관계를 보았을 때 이 상관성이 나타나지 않았으므로 앞으로 혈장 비타민 E 영양상태와 항산화 효소와의 관계에 대해서는 보다 깊은 연구가 필요하다고 본다.

신체 내에서 산화스트레스의 증가는 과산화지질을 증가시키거나 항산화영양소의 소비를 증가시킴으로써 항산화 영양상태의 저하를 가져오게 되고, 항산화 영양상태의 균형이 깨지게 된다. 그 결과 DNA와 같은 민감한 biomolecule이 손상되어 결국은 퇴행성 만성질환으로 발전될 가능성이 높아지게 된다.⁴⁷⁾ 본 연구에서 혈장 비타민 E 수준과 임파구 세포 DNA 손상 정도와의 관련성을 살펴본 결과, 대상자의 혈장 α -tocopherol 및 혈장 단위지질 당 α -tocopherol 수준과 임파구 DNA 손상 지표 사이에 강력한 음의 상관관계가 나타났으며, 이로써 α -tocopherol 영양상태가 낮을수록 임파구 DNA 손상정도가 증가한다는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서 과산화지질 함량을 측정하지는 않았으나 혈장 비타민 E 수준과 DNA 손상이 음의 상관성을 보임에 따라 비타민 E 혈장 수준을 적절하게 유지하는 일은 신체 내 과산화 지질의 함량을 줄일 뿐 아니라 세포의 DNA 손상을 줄이기 위해 매우 중요한 과정이라고 볼 수 있다.

결론

본 연구는 한국 성인 남자의 혈중 tocopherol의 농도를 조사하고 이에 영향을 미치는 요인들을 혈장 지질, 생활양식, 식이성요인, 항산화 효소 및 DNA 손상도 등을 중심으로 살펴보고자 시도되었다. 대전지역에 거주하는 성인 남자 314명을 대상으로 설문조사를 실시하여 흡연, 음주, 운동 습관 등의 생활양식과 식이성 요인을 조사하였다. 대상자의 혈액을 채취하여 적혈구 항산화 효소, 임파구 DNA 손상정도, 혈장 α - 및 γ -tocopherol 및 혈장 지질 양상을 분석하였으며 상관관계 및 다중회귀 분석을 통하여 혈장 α - 및 γ -tocopherol 수준에 영향을 미치는 관련 요인들을 분석하였다.

연구결과를 요약해 보면, 혈장 α - and γ -tocopherol 수준은 혈장 TC, TG 혹은 LDL-C 수준과 관련이 있었다 ($p < 0.001$). 혈장 α -tocopherol 수준은 흡연, 음주, 운동습관에 따라 변화를 보이지 않았으나 TG당 γ -tocopherol 수준은 흡연자에게서 낮았다 ($p < 0.05$). 혈장 α -tocopherol 및 AT/TC 수준은 Vitamin E 섭취량과 음의 상관관계를 보인 반면, 혈장 γ -tocopherol 수준은 Vitamin E 섭취량과 정의 상관관계를 보였다. 혈장 tocopherol 수준과 적혈구 SOD 활성도 사이에는 음의 상관관계가 있었으며 catalase 활성도와 혈장 α -tocopherol 수준 사이에는 정의 상관관계가 존재하였다. 임파구 DNA 손상정도는 혈장 α - 혹은 γ -tocopherol 수준과 음의 상관성을 보였다.

본 연구 결과, 한국 남자 성인의 혈장 α -tocopherol 수준에 영향을 미치는 요인은 혈장 중성지방, 혈장 LDL-콜레스테롤 및 임파구 DNA 손상도인 것으로 조사되었으며 혈장 γ -tocopherol 수준에 영향을 미치는 요인은 혈장 중성지방, 혈장 LDL-콜레스테롤 및 비타민 E 섭취량 등으로 관찰되어 tocopherol의 형태에 따라 영향요인이 조금 다른 것으로 나타났다.

현재까지 우리나라에서 비타민 E 영양상태 평가 시에 주로 혈장 α -tocopherol 수준을 분석하였으나, 최근 신체 내 항산화 활성도가 높음이 알려지면서 국제적으로 연구가 활발히 이루어지고 있는 γ -tocopherol 수준도 함께 분석하는 일이 필요할 것이다. 더 나아가 비타민 E 영양상태에 영향을 주는 관련 요인을 연구할 때 혈장 총 유리기 포집 항산화능 같은 종합적인 항산화 영양 상태를 알아볼 수 있는 측정방법이나 DNA 손상 등의 새로운 항산화 영양상태 평가방법을 이용한 관련 요인 연구들이 활발하게 이루어져야 할 것이다. 아울러 식이섭취조사도 여러 날에 걸친 24시간 회상법 등 대상자의 평상시 식이섭취량을 신뢰성 있고 타당하게 추정할 수 있는 방법을 사용하여 비타민 E 영양 상태와의 관련성을 적절하게 평가하는 연구가 수행되어야 할 것이다. 더 나아가 흡연, 음주, 운동부족 등의 생활양식과 부적절한 영양섭취상태, 그리고 유해한 환경여건 등 활성 산소가 증가하는 환경에 있는 현대인들의 항산화 영양상태 및 DNA 손상 정도를 다각도로 평가할 수 있고, 이에 영향을 미치는 요인에 대한 심도 있는 분석이 함께 이루어짐으로써 항산화 영양상태를 향상시키고 질병을 예방하는 길이 모색될 수 있으리라 생각한다.

Literature cited

1) Lee IM, Gaziano JM, Gordon D, Ridker PM, Manson JE, Hen-

nekens CH, Buring JE. Vitamin E in the primary prevention of cardiovascular disease and cancer: The Women's Health Study: A randomized controlled trial. *JAMA* 294: 56-65, 2005

2) Jacobs EJ, Thun MJ. Low-dose aspirin and vitamin E: Challenges and opportunities in cancer prevention. *JAMA* 294: 105-106, 2005

3) Traber MG, Sokol RJ, Kohlschawter A, et al. Impaired discrimination between stereoisomers of α -tocopherol in patients with familial isolated vitamin E deficiency. *J Lipid Res* 34: 201-210, 1993

4) Christen S, Woodall AA, Shigenaga MK, Southwell-Keely PT, Duncan MW, Ames BN. Gamma-tocopherol traps mutagenic electrophiles such as NO (X) and complements alpha-tocopherol: physiological implications. *Proc Natl Acad Sci USA* 94 (7): 3217-3222, 1997

5) Kang MH, Yun JS. The Effect of Exercise on the Vitamin C and E Intakes and Their Plasma Levels of Vitamin C, α -tocopherol and γ -tocopherol in Young Male Adults. *Korean J Nutrition* 34 (3): 306-312, 2001

6) Farrell MP, Roberts RJ. Vitamin E. In shils ME, Olson JA, Shike M, ed. *Modern nutrition in health & disease*, 8th edition. Lea & Febiger, Philadelphia, pp.330-341, 1994

7) Park SM, Yu JG, Lee JY. Analysis of factors to influence requirements of vitamin E and vitamin C in young and healthy men and women. *Korean J Nutrition* 31 (4): 729-738, 1998

8) Institute of Medicine. Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. National Academy Press, U.S.A, 2000

9) The Korean Nutrition Society. Korean dietary reference intakes. Seoul, 2005

10) El-Sohehy A, Baylin A, Kabagambe E, Ascherio A, Spiegelman D, Campos H. Individual carotenoid concentrations in adipose tissue and plasma as biomarkers of dietary intake. *Am J Clin Nutr* 76: 172, 2002

11) Yoon GA. The Relation of the elevated plasma lipid levels to plasma vitamin E status and activities of erythrocyte glutathione peroxidase in smokers. *Korean J Nutrition* 31 (8): 1254-1262, 1998

12) Jung KA, Kim SY, Choi YJ, Woo JI, Chang YK. The nutritional status of antioxidant vitamins in relation to serum MDA level in postmenopausal women. *Korean J Nutrition* 34 (3): 330-337, 2001

13) Shim JE, Paik HY, Lee SY, Moon HK, Kim YO, Kwon HH, Kim JH. Assessment of vitamin A and E status in Korean rural adult population by dietary intake and serum levels. *Korean J Nutrition* 34 (2): 213-221, 2001

14) Kim MK, Chang MJ. The Quantitative determination of reversible and irreversible oxidative damages induced by smoking cessation and supplementation of antioxidative vitamins in Korean male smokers. *Korean J Nutrition* 33 (2): 167-178, 2000

15) Herbeth B, Chavance M, Musse N, Mejean L, Vemhes G. Dietary intake and other determinants of blood vitamins in an elderly population. *Eur J Clin Nutr* 43: 175-186, 1989

16) Genser DD, Kang MH, Vogelsang H, Elmadfa I. Status of lipid-soluble antioxidants and TRAP in patients with Crohn's disease and healthy controls. *Eur J Clin Nutr* 53: 675-679, 1999

- 17) Hyun WJ, Lee JW. Seasonal and regional variations in nutrient intakes of Korean adolescents as assessed by 3-Day dietary records. *Korean J Comm Nutr* 6 (4) : 593-603, 2001
- 18) Korean Dietetic Association. Easy guideline for estimation on food preparation, 1999
- 19) Park YK, Kim YA, Park EJ, Kim JS, Kang MH. Estimated flavonoids intake in Korean adults using semiquantitative food-frequency questionnaire. *Korean J Nutrition* 35 (10) : 1081-1088, 2002
- 20) Kang MH, Park EJ. Effects of regular physical exercise habits on the activities of erythrocyte antioxidant enzyme and plasma total radical-trapping antioxidant potential in healthy male subjects. *Korean J Nutrition* 33 (3) : 289-295, 2000
- 21) Amadeo JP, Lawrence AK. Methods in clinical chemistry. The C. V. Mosby company, 1987
- 22) Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS. Estimation of the concentration of low density-lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499, 1972
- 23) Singh PN, McCoy MT, Tioe RR, Schneider EL. A simple technique for quantification of low levels of DNA damage in individual cells. *Exp Cell Res* 175: 184-191, 1988
- 24) Tice RR, Agurell E, Anderson D, Burlinson B, Hartmann A, Kobayashi H, Miyamae Y, Rojas E, Ryu JC, Sasaki YF. Single cell gel Comet assay: Guidelines for in vitro and in vivo genetic toxicology testing. *Environmental Molecular Mutagenesis* 35: 206-221, 2000
- 25) Jordan P, Brubacher D, Moser U, Stahelin HB, Gey KF. Vitamin E and vitamin A concentrations in plasma adjusted for cholesterol and triglycerides by multiple regression. *Clin Chem* 41: 924-927, 1995
- 26) Kim WK, Kim HY, Kim MJ, Kim SH. Effects of vitamin E supplementation on antioxidant status and immune responses in female athletes. *Korean J Nutrition* 32 (7) : 781-786, 1999
- 27) Seifried HE, McDonald SS, Anderson DE, Greenwald P, Milner JA. The antioxidant conundrum in cancer. *Cancer Res* 63: 4295-4298, 2003
- 28) Yeum KJ, Aldini G, Cung HY, Krinsky NI, Russel RM. The activities of antioxidant nutrients in human plasma depend on the localization of attacking radical species. *J Nutr* 133: 2688-2691, 2003
- 29) Dietrich M, Block G, Norkus EP, Hudes M, Traber MG, Cross CE, Packer L. Smoking and exposure to environmental tobacco smoke decrease some plasma antioxidants and increase γ -tocopherol in vivo after adjustment for dietary antioxidant intakes. *Am J Clin Nutr* 77: 160, 2003
- 30) Stryker WS, Kaplan LA, Stein EA, Stampfer MJ, Sober A, Willett WC. The relation of diet, cigarette smoking, and alcohol consumption to plasma β -carotene. and α -tocopherol levels. *Am J Epidemiol* 127: 283-296, 1988
- 31) Kwon CS, Han EH, Yoon SH, Jang HS. The Relationship between the life style and the status of serum lipids and antioxidant vitamins in university students. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28 (1) : 257-264, 1999
- 32) Faruque O, Khan MR, Rahman M, Ahmed F. Relationship between smoking and antioxidant nutrient status. *Br J Nutr* 73: 625-632, 1995
- 33) Kang MH, Park EJ. Effects of smoking and regular physical exercise habits on the status of plasma lipid soluble antioxidant vitamins and ubiquinone (coenzyme Q10) in Korean middle-aged men. *Korean J Nutrition* 33 (2) : 158-166, 2000
- 34) Cho SH, Choi YS. Relation of serum vitamin E and lipoperoxide levels with serum lipid status in Korean men. *Korean J Comm Nutr* 2 (1) : 44-51, 1997
- 35) Yoon KA. The Relation of the elevated plasma lipid levels to plasma vitamin E status and activities of erythrocyte glutathione peroxidase in smokers. *Korean J Nutrition* 31 (8) : 1254-1262, 1998
- 36) Choi YS, Lee OJ, Cho SH, Park WH, Im JG, Kwon SJ. Serum lipid and lipoperoxide levels and their related factors in middle-aged men in Teagu. *Korean J Nutrition* 28 (8) : 771-781, 1995
- 37) Gaziano M. Vitamin E and cardiovascular disease: Observational studies. *J Ann NY Acad Sci* 1031: 280-291, 2004
- 38) Kang MH, Yun JS. The Effects of exercise and other relating factors on the activity of erythrocyte antioxidant enzymes and plasma TRAP levels in male college students. *Korean J Nutrition* 35 (1) : 30-36, 2002
- 39) Sanchez-Quesada JJ, Ortega H, Payes-Romero A, Serrat-Serrat J, Gonzalez-Sastre F, Lasuncion MA, Ordonez-Llanos J. LDL from aerobically-trained subjects shows higher resistance to oxidative modification than LDL from sedentary subjects. *Atherosclerosis* 132: 207-213, 1997
- 40) Evans WJ. Vitamin E vitamin C, and exercise. *Am J Clin Nutr* 72: 647, 2000
- 41) Kim WK. Effects of vitamin E supplementation on immune response and antioxidant defense parameters in healthy Korean elderly women. *Korean J Soc Food Sci Nutr* 28 (4) : 924-933, 1999
- 42) Ryu BH, Park CH. Antioxidant effect of green tea extracts on enzymatic activities of hairless mice skin induced by ultraviolet B light. *Korean J Soc Food Sci Nutr* 29 (2) : 355-361, 1997
- 43) Kiefer I, Prock P, Lawrence C, Wise J, Bieger W, Bayer P. Supplementation with mixed fruit and vegetable juice concentrates increased serum antioxidants and folate in healthy adults. *J Am Coll Nutr* 23: 205-211, 2004
- 44) Balakrishnan SD, Anuradha CV. Exercise, depletion of antioxidants and antioxidant manipulation. *Cell Biochem Funct* 16 (4) : 269-275, 1998
- 45) Kang NE, Kim WK. Effects of antioxidant vitamins supplementation on antioxidative status and plasma lipid profiles in Korean NIDDM patients. *Korean J Nutrition* 32 (7) : 775-780, 1999
- 46) Rice-Evans C, Miller N. Antioxidant status in plasma and body fluids. *Meth Enzymol* 234: 279-293, 1994