

생활양식과 식이성 요인이 성인의 혈장 총 유리기포집 항산화능(TRAP) 수준에 미치는 영향

송미영 · 김정신 · 박은주* · 강명희[§]

한남대학교 이과대학 식품영양학과, 경남대학교 자연과학대학 생명과학부 식품영양과학전공*

Effect of Life Style and Dietary Factors on Plasma Total Radical-Trapping Antioxidant Potential(TRAP) in Korean Adult

Song, Mi-Young · Kim, Jung-Sin · Park, Eunju* · Kang, Myung-Hee[§]

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

Department of Food and Nutrition,* Kyungnam University, Masan, Kyungnam 631-701, Korea

ABSTRACT

Recently developed TRAP assay(Total Radical-trapping Antioxidant Potential) is a new technique which enables effectively the measurement of total antioxidant status in the plasma. Researches using TRAP method have rarely been reported in Korea. Therefore, we investigated effects of various life-style and dietary factors on plasma TRAP level in Korean adult population. The subjects consisted of 161 healthy adult male(n = 105) and female(n = 56) aged 19 - 57. A self-administered questionnaire ascertained life-style factors including smoking habits, alcohol use, physical activity. Dietary factors were analyzed by 24 hour recall method. TRAP was determined spectrophotometrically in plasma at 734nm. Mean plasma TRAP concentrations were slightly higher in males($1.35 \pm 0.02\text{mM}$) and females($1.30 \pm 0.02\text{mM}$) without significance. There were significant correlations between plasma TRAP levels and life-style factors including exercise and smoking. Plasma TRAP levels were affected more by exercise than by smoking. Moderate amount exerciser(exercise time $\geq 30\text{min/day}$) had significantly higher level of plasma TRAP than small amount exerciser(exercise time $< 30\text{min/day}$)($1.39 \pm 0.02\text{mM}$ vs $1.31 \pm 0.02\text{mM}$, $p < 0.01$). Plasma TRAP levels in male smokers($1.33 \pm 0.03\text{mM}$) were significantly lower than those in male nonsmokers($1.39 \pm 0.01\text{mM}$, $p < 0.05$), but the difference was not seen in female subjects. Intakes of vitamin C($r = 0.288$, $p = 0.007$) or folate($r = 0.258$, $p = 0.016$) were positively correlated with plasma TRAP levels in nonsmokers, but those relations were not seen in smokers. Dietary factors such as vegetables ($r = 0.277$, $p = 0.009$) and legumes($r = 0.263$, $p = 0.013$) consumption were positively related to plasma TRAP concentrations also in nonsmokers only. Regular green tea drinkers showed significantly greater level of plasma TRAP than the non green tea drinkers($1.36 \pm 0.01\text{mM}$ vs $1.30 \pm 0.03\text{mM}$, $p < 0.05$). These results suggest that the regular exercise($\geq 30\text{min}$ daily), nonsmoking, and consumption of vegetables, legumes and green tea would contribute to improving plasma TRAP levels in Korean adults. (*Korean J Nutrition* 34(7) : 762~769, 2001)

KEY WORDS: total radical-trapping antioxidant potential(TRAP), life-style, exercise, smoking, dietary factors, vitamin C, folate, vegetables, legumes, green tea.

서 론

산화 스트레스(oxidative stress)는 우리 몸에 유리기와 반응성 산소 화합물의 과잉 존재로 인해 산화 촉진제와 항산화제 간의 균형이 깨어질 때 증가하며, 궁극적으로 세포 손상과 생리적 이상을 초래하게 된다. 이 산화 스트레스는

현대 사회에서 빈번히 발생하는 암이나 동맥경화증, 관상동맥질환과 류마티스성 관절염 등의 주요 질환들의 병인과 진행에 직접적인 영향을 미치는 것으로 간주되고 있다.¹⁾

Superoxide radical($\text{O}_2 \cdot^-$), hydrogen peroxide(H_2O_2)와 hydroxy radical($\text{OH} \cdot$) 등의 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)은 산소의 체내 대사 과정 또는 흡연, 환경오염 등의 외부인자로부터 생성되나 신체내 항산화 방어기전에 의해 제거되면서 균형을 유지하게 된다.²⁾ ROS의 증가는 항산화 효소와 항산화 비타민에 의해서 이루어지는데, 세포 내 방어 기전은 ROS 제거 항산화 효소들에 의해

접수일 : 2001년 8월 16일

채택일 : 2001년 9월 27일

[§]To whom correspondence should be addressed.

수행되고,^{3,4)} 세포외의 ROS 중화는 주로 혈장과 간질액에 고농도로 존재하는 ascorbate 및 지용성 항산화 비타민 (vitamin E, carotenoids)들에 의해 이루어진다.^{5,7)}

인체의 항산화 영양상태를 평가하는 방법으로는 혈액 내 여러 가지 항산화 영양소 수준을 보는 방법과 지질과산화 수준 및 적혈구내 항산화 효소 활성을 측정하는 기능적인 조사 방법들을 이용하고 있다. 산화적 스트레스가 증가하면 세포막의 불포화지방산이 과도하게 산화되므로 혈장의 지질과산화 정도를 측정하는 것도 체내 항산화 영양상태 측정의 한 방법이 될 수 있다. 지질 과산화(lipid peroxidation) 과정에서 방출되는 최종 부산물인 malondialdehyde(MDA)를 측정하여 혈장의 지질 과산화 정도를 알 수 있다. 또, 적혈구 항산화효소 측정법으로는 SOD, GSH-Px, glutathione reductase(GR) 및 catalase 등의 효소 활성을 측정하는 방법이 많이 사용되고 있다.

최근 혈장이나 체액의 총항산화능을 측정하는 방법 중 하나로 혈장 총 유리기포집 항산화능(Total Radical-trapping Antioxidant Potential, TRAP) 측정법이 소개되고 있으며⁸⁾ 이 방법에서는 ABTS(2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline 6-sulfonate)) radical 생성이 억제되는 수준을 측정함으로써 혈장 내 α -tocopherol, ascorbate, urate, 단백질의 sulfhydryl groups 등 항산화제들의 복합된 활성을 측정하여 혈장 총 유리기포집 항산화능을 종합적으로 나타낸다.

우리 나라에서 혈액 내 항산화력에 대한 연구는 대부분 항산화 영양소인 비타민 C^{9,10)}와 비타민 E 및 총 carotenoids^{12,15)} 등의 함량이나, 지질과산화 억제 활성의 측정,^{16,17)} 적혈구내 항산화 효소 활성을 측정하는 등¹⁸⁾ 각각의 항산화 상태를 개별적으로 측정하는 방법을 중심으로 수행되어 왔다. 혈청 항산화 영양소 농도는 식이나 영양보충제를 통한 항산화 영양소의 섭취량을 반영할 뿐 아니라, 생체내 이용 정도, 개체내의 산화스트레스를 일으키는 흡연, 음주 등의 생활습관 및 질환과 관련된 소모량까지도 반영하므로 비교적 민감한 지표로 인식되고 있다. 그러나, 각각의 항산화 영양소를 개별적으로 측정해야 하므로 시간과 노력이 많이 소요되고, 체내 항산화 영양상태를 종합적으로 알아볼 수 있는 지표로 이용하기에는 미흡하다. 또, 지질 과산화 억제 활성의 측정이나 적혈구 효소 활성의 측정은 체내 항산화 영양상태를 민감하게 반영하지 못한다는 제한점이 있다. 이에 비해 혈장 TRAP의 측정은 항산화제들의 복합된 활성을 측정하는 유용한 방법이라고 할 수 있으며 시간과 비용이 적게드는 방법이나 우리 나라에서는 아직 활발히 이용되고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 성인 남녀를 대상으로 혈장 총 유

리기포집 항산화능인 TRAP 수준을 측정해 보고, 이에 영향을 미치는 생활양식 요인과 식이성 요인에 대해 살펴보고자 시도되었다.

실험방법

1. 연구 대상자 선정 및 채혈

본 연구는 대전 지역에 거주하는 19~57세 사이의 성인 161명을 대상으로 실시되었다. 설문지의 내용은 생활양식에 대한 조사와 식품 섭취빈도 조사로 구성하였고, 24시간 회상법에 의한 식이 섭취 조사를 실시하였다. 회수된 설문지를 검토하여 설문지 대답이 불성실한 사람은 대상자에서 제외하였다. 총 161명의 대상자로부터 본인의 동의를 얻어 채혈을 하였다. 대상자들은 채혈하기 전 8시간이상 음식을 먹지 않도록 지도하였으며 채혈 당일 아침식사 전에 이 들로부터 약 10ml의 혈액을 제공받아 분석에 사용하였다. 대상자들의 혈액은 채혈 후 즉시 혈장을 원심 분리하여 미리 foil로 씌운 tube에 넣어 분석할 때까지 80℃에서 냉동 보관하였다.

2. 조사내용 및 방법

1) 일반사항 및 생활양식 조사

나이, 성별, 흡연여부, 흡연력, 흡연량, 알코올 섭취 여부, 운동의 규칙성, 운동강도, 운동시간, 운동회수 등에 대한 내용을 설문지를 통해 조사하였다. 대상자들의 운동습관은 일주일에 규칙적인 운동을 몇 회나 하는지, 한 번 운동할 때의 운동시간은 얼마나 되는지를 질문지로 조사하여 1일 운동시간으로 환산하였다. 신장계로 신장을 측정하였고, 체중, BMI(body mass index)는 생체 임피던스 측정기(Bio-space Co. Ltd. Inbody 2.0)를 이용하여 측정하였다.

2) 식이 섭취 조사

대상자의 지난 한달 동안 섭취한 식품의 종류와 양을 조사하기 위해 식품 섭취빈도 및 음료 섭취 실태를 질문지를 이용하여 조사하였으며, 조사자의 영양소 섭취량을 알기 위해 24시간 회상법을 1대 1 면담법으로 실시하였다. 면담은 사전에 훈련을 받은 한남대학교 식품영양학과 3학년에 재학중인 학생들에 의해 실시되었으며, 대상자들이 분량을 회상하는데 도움을 주기 위하여 food model과 사진으로 보는 음식의 눈대중량¹⁹⁾을 제시하여 섭취한 모든 음식의 종류와 섭취량이 가능한 정확하게 조사되도록 하였다. 영양소 섭취량은 한국영양학회 부설 영양정보센터에서 제작한 CAN program과 한국인 영양권장량(제6차 개정)²⁰⁾을 이용하여

구하였다. 식품섭취 빈도조사는 84개의 식품 항목에 대하여 1회 섭취 기준량을 세 가지(기준량, 기준량의 1/2배, 기준량의 1.5배)로 제시한 반양적 질문지(semi-quantitative questionnaire)를 개발하여 조사하였으며, 각 식품별 섭취 빈도와 1회 섭취기준량을 곱하여 하루에 섭취하는 각 식품의 양으로 환산하였다.

3) 혈장 TRAP 측정

혈장 TRAP 수준은 Rice-Evans and Miller⁶⁾의 inhibition assay 법에 따라 분석하였다. 이 방법은 metmyoglobin(2.5 μ M)을 H₂O₂(75 μ M)로 활성화시킴으로써 생성된 ferryl myoglobin radical species와 ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline 6-sulfonate), 150 μ M)와의 상호 작용에 의해 생성된 ABTS radical cation의 absorbance를 측정하는데 기초를 두고 있으며 그 absorbance의 억제 정도는 sample(0.84% plasma)에 들어 있는 antioxidant capacity에 비례하게 된다. Sample을 30 $^{\circ}$ C에서 배양한 후 UV/VIS spectrophotometer로 734 nm의 파장에서 absorbance를 측정하였다. 혈장의 TRAP 농도는 Trolox의 calibration curve를 이용하여 계산하였으며 TEAC(Trolox antioxidant capacity, mM)로 표현하였다.

3. 자료의 처리

모든 자료는 MS의 excel database system을 이용하여 입력한 후 SPSS-PC⁺ 통계 package(version 10.0)를 사용하여 처리하였다. 각 항목에 따라 백분율과 평균치±평균오차(SE)를 구하였으며 두 군간의 유의적인 차이는 Student t-test로 검증하였다. 운동시간에 따른 각 군별 유의성 검증을 위해서는 one way 분산분석(ANOVA)을 시행하여 F 값을 구하였고 LSD(least-significant-difference) test를 이용하여 각 군 간의 유의성의 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 대상자의 인구학적 사항, 생활양식 형태 및 식이섭취상태

연구대상자의 연령, 신장, 체중, 비만도(BMI), 생활방식 및 식이성 요인에 관한 자료는 Table 1에 나타내었다. 평균 연령은 27.2 \pm 0.7세였고 신장은 168.9 \pm 0.6cm, 체중은 64.4 \pm 0.9kg이었다. 본 조사대상자의 평균 BMI는 남녀 각각 22.9 \pm 0.3kg/m²과 21.6 \pm 0.3kg/m²으로서 정상 범위에 속하였다.

흡연, 음주, 운동으로 구분한 생활양식을 살펴보면 대상자의 44.7%(n = 72)가 흡연자였으며 남자는 대상자의 65.

Table 1. Demographic characteristics of the study population

	Total(n = 161)	Male(n = 105)	Female(n = 56)
Age(years)	27.2 \pm 0.7 ¹⁾ (19 - 57)	29.0 \pm 0.9 (19 - 55)	23.8 \pm 0.9 (20 - 57)
Height(cm)	168.9 \pm 0.6	173.1 \pm 0.5	160.7 \pm 0.6
Weight(kg)	64.4 \pm 0.9	69.8 \pm 1.0	55.7 \pm 0.9
BMI(kg/m ²)	22.4 \pm 0.2	22.9 \pm 0.3	21.6 \pm 0.3
Smokers(%)	44.7%	65.7%	5.4%
Alcohol drinkers(%)	85.1%	88.6%	78.6%
Exercisers (\geq 30min/day, %)	21.7%	32.4%	1.8%

¹⁾Mean \pm SE

7%가 흡연자인데 반해 여자는 대상자의 5.4%만 흡연자로 나타났다. 음주 습관 조사에서는 85.1%(n = 137)가 음주를 한다고 응답하였으며, 남자의 음주율은 88.6%, 여자는 78.6%로 남자의 음주율이 높았다. 대상자들의 운동 습관을 살펴보면 주 1~2회 이상 규칙적인 운동을 한다고 답한 사람이 69.6%(n = 112)이었으나, 이들의 운동량을 조사해 본 결과, 하루에 30분 이상 운동하는 사람의 비율은 21.7%밖에 되지 않았으며 여자 대상자중 하루에 30분 이상 운동을 하는 사람의 비율은 1.8%에 불과하였다.

성인의 식이섭취량 및 패턴은 성별 및 흡연에 따라 달라질 수 있으므로, 대상자를 남녀로 나눈 후 다시 흡연 여부에 따라 나누어 항산화 영양소 섭취량 및 식품군별 섭취량을 본 결과는 Table 2와 같다. 남자와 여자 모두 흡연여부에 따른 항산화 비타민 및 식품군별 섭취량의 차이를 볼 수 없었다.

2. 혈장 TRAP 수준

대상자의 평균 혈장 TRAP 수준은 1.33 \pm 0.01mM이었으며, 남자는 1.35 \pm 0.02mM, 여자는 1.30 \pm 0.02mM으로 남녀에 따른 차이는 없었다(Table 3). 이와 같은 결과는 TRAP 분석법을 처음 제안한 Rice-Evans and Miller²⁴⁾의 분석 결과인 1.32~1.60mM와 잘 일치하였다. 최근에 최등²¹⁾은 본 연구에서 사용한 TRAP 측정법과 그 원리가 유사한 TAS(Total Antioxidant Status) 측정법으로 kit시약을 이용하여 폐경기 및 폐경 후 여성의 항산화 영양상태를 측정할 결과 1.37~1.46mM을 보였다고 보고하였다.

3. 생활양식과 혈장 TRAP 수준

흡연 여부에 따라 살펴본 평균 혈장 TRAP 수준은 Table 4에 제시하였다. 흡연자의 평균 혈장 TRAP 수준은 1.33 \pm 0.02mM이고, 비흡연자의 TRAP 수준은 1.34 \pm 0.01mM으로 흡연에 따른 유의적인 차이는 없었다. 본 연구 대상자 중 흡연자 성별 분포를 볼 때 거의 대부분 남자에 치우쳐 있

Table 2. Intakes of antioxidant vitamins and some food groups of the subjects by sex and smoking habits

	Male			Female		
	Smokers (n = 67)	Nonsmokers (n = 36)	Significance	Smokers (n = 3)	Nonsmokers (n = 53)	Significance
Antioxidant vitamins¹⁾						
Retinol(mg/day)	680 ± 61 ²⁾	735 ± 100	NS ³⁾	350 ± 79	522 ± 57	NS
β-carotene(μg/day)	2143 ± 354	1147 ± 345	NS	1408 ± 435	2105 ± 272	NS
Vitamin E(mg/day)	16.7 ± 1.2	16.5 ± 1.4	NS	9.4 ± 1.3	11.1 ± 0.8	NS
Vitamin C(mg/day)	91.9 ± 8.8	87.0 ± 11.3	NS	75.3 ± 39.4	50.5 ± 5.0	NS
Folate(μg/day)	257 ± 18	223 ± 16	NS	90 ± 0.0	167 ± 12	NS
Food groups⁴⁾						
Beans(g/day)	73.7 ± 10.1	56.5 ± 8.7	NS	28.5 ± 19.3	39.9 ± 4.6	NS
Vegetables(g/day)	273 ± 24	271 ± 23	NS	150.4 ± 41.2	199.0 ± 13.5	NS
Fruits(g/day)	296 ± 30	351 ± 49	NS	372 ± 248	311 ± 39	NS

¹⁾Consumption data collected by 24 hour recall method

³⁾Not significant by Student t-test between smokers and nonsmokers

²⁾Mean ± SE

⁴⁾Consumption data collected by semi-quantitative questionnaire

Table 3. Plasma TRAP level of the subjects by sex and life-style habits

	N	Plasma TRAP ¹⁾ (mM)	Significance
Sex			
Male	105	1.35 ± 0.02 ²⁾	NS ³⁾
Female	56	1.30 ± 0.02	
Smoking(total)			
Smokers	72	1.33 ± 0.02	NS
Nonsmokers	89	1.34 ± 0.01	
Smoking(male only)			
Male smokers	69	1.33 ± 0.03	0.02
Male nonsmokers	36	1.39 ± 0.01	
Alcohol drinking			
Drinkers	137	1.33 ± 0.01	NS
Nondrinkers	24	1.36 ± 0.02	
Exercise			
Sedentary	50	1.32 ± 0.02	a ⁴⁾
Small amount exercisers	64	1.30 ± 0.03	a
Moderate amount exercisers	47	1.39 ± 0.04	b

¹⁾TRAP: Total radical trapping antioxidant potential

²⁾Mean ± SE

³⁾Not significant by Student t-test between two groups

⁴⁾Values within each column not sharing a common letter are statistically different at p < 0.05(one-way ANOVA and the least-significant-difference test)

었으므로 남자 조사대상자의 흡연 여부에 따른 혈장 TRAP 수준을 본 결과 남자 흡연자의 평균 혈장 TRAP 수준(1.33 ± 0.03mM)이 비흡연자(1.39 ± 0.01mM)에 비해 유의적으로 낮았다(p < 0.05). 이는 강과 박¹⁸⁾의 연구에서 남자 성인의 혈장 TRAP 수준은 흡연에 따른 차이를 보이지 않았다는 결과와는 다른 결과였다. 최근 우리나라에서도 흡연자의 항산화 영양상태에 관심을 가지고 연구한 결과들^{17,20)}이 보고되고 있으나 흡연자의 총 항산화능 관련 연

Table 4. Effect of smoking and exercise on plasma TRAP levels of the subjects

	N	Plasma TRAP (mM)	Significance
Smokers¹⁾ (n = 89)			
Sedentary	29	1.31 ± 0.02 ²⁾	a ³⁾
Small amount exerciser	37	1.33 ± 0.02	a
Moderate amount exerciser	23	1.39 ± 0.01	b
Nonsmokers⁴⁾ (n = 72)			
Sedentary	21	1.34 ± 0.03	ab
Small amount exerciser	27	1.26 ± 0.06	a
Moderate amount exerciser	24	1.38 ± 0.02	b
Exercise effect	-	-	0.011 ⁵⁾
Smoking effect	-	-	NS ⁶⁾
Interaction	-	-	NS

¹⁾Smoked 10 or more cigarettes/day for 6 months or longer

²⁾Mean ± SE

³⁾Values within each column not sharing a common letter are statistically different at p < 0.05(one way ANOVA and the least-significant-difference test)

⁴⁾Currently not smoked

⁵⁾p-value of exercise effect: two-way ANCOVA with age as a covariate

⁶⁾Not significant by two-way ANCOVA with age as a covariate

구는 제한되어 있으므로 앞으로 항산화 비타민 영양상태 뿐 아니라 총 항산화능을 종합적으로 측정하는 연구가 보다 활발하게 진행되어야 한다고 생각한다.

음주 여부에 따른 혈장 TRAP 수준을 살펴보면 음주자의 평균 혈장 TRAP 수준은 1.33 ± 0.01mM이었고, 비음주자의 혈장 TRAP 수준은 1.36 ± 0.02mM으로 음주자가 낮은 경향을 보였으나 통계학적인 유의성은 인정되지 않았다. 음주 여부에 따른 혈장 TRAP 수준에 관한 연구결과는 아직 보고된 바 없다.

최근 격심한 운동을 수행할 때 체내 자유기 발생이 증가

한다는 연구가 보고되고 있으며, 또한 격심한 운동시 자유기에 방어 역할을 수행하는 항산화제 효과와 노화현상에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.^{22,23)} 그러나, 격심한 운동이 아닌 적당한 양의 규칙적인 운동 습관은 체내 면역체계와 항산화 방어체계를 향상시킴으로써 심혈관계질환 및 여러 종류의 암을 예방할 수 있다고 알려져 있다.^{24,25)} 본 연구에서 운동 습관에 따라 1일 운동시간으로 환산하여 대상자를 운동을 전혀 하지 않은 군, 하루 평균 30분 미만인 저운동군(small amount exerciser), 하루 평균 30분 이상 운동을 하는 적정운동군(moderate amount exerciser)의 3군으로 분류하여 혈장 내 총항산화력인 TRAP 수준을 비교해 보았다. 적정운동군의 평균 TRAP 수준은 $1.39 \pm 0.02\text{mM}$ 으로 운동을 하지 않는 군의 TRAP 수준 $1.32 \pm 0.01\text{mM}$ 및 저운동군의 TRAP 수준 $1.31 \pm 0.02\text{mM}$ 보다 유의적으로 높게 나타났다. 그러나, 운동을 하지 않는 군과 하루 30분 이하 저운동군과의 혈장 TRAP 수준은 차이가 없는 것으로 보아 적어도 하루 30분 이상의 규칙적인 운동 습관이 혈장 TRAP 수준에 영향을 미치는 것으로 보여진다. 이러한 결과는 강과 박²⁰⁾의 연구 및 윤²⁶⁾의 연구에서 혈장 TRAP 수준은 저운동군에 비해 적정운동군에서 유의적으로 높았다고 한 보고와 유사한 결과였다. 진 등²⁷⁾은 고강도 운동은 총항산화능(TAS)을 감소시키지만 저강도운동은 회복기 90분내에 안정시 상태로 총항산화능을 회복시키므로, 저강도의 운동이 자유기 발생시 인체에 방어능력을 가지게 하여 자유기에 의한 세포손상을 막아 주는 것으로 볼 수 있다고 하였다. 그 외에도 적당한 운동이 유리기의 생성을 감소시키고 항산화 효소의 활성화를 가져온다는 연구 결과,²⁸⁾ 그리고 격심한 훈련이나 운동이 아닌 규칙적인 운동은 체내 항산화 영양상태를 개선시킴으로써 건강에 이롭게 작용하는 것으로 보고한 연구들^{18,26,27)}은 본 연구 결과를 뒷받침하는 결과들이다.

본 연구대상자의 혈장 TRAP 수준에 영향을 미치는 생활양식 요인은 흡연과 운동인 것으로 나타났으므로 대상자를 먼저 흡연군과 비흡연군으로 나누고 나이를 공변량으로 넣어 나이의 영향을 배제한 후 각 운동군별 혈장 TRAP 수준을 two-way ANCOVA로 분석해본 결과는 Table 3과 같다. 흡연자의 경우 운동을 하지 않는 군이나 저운동군에 비해 적정운동군의 혈장 TRAP 수준이 유의적으로 높았다. 비흡연자의 경우에도 비슷한 경향을 보여 운동을 하지 않는 군과 저운동군 간에는 혈장 TRAP 수준의 차이가 없었으나 저운동군과 적정운동군 간에는 유의적인 차이를 보였다. 혈장 TRAP 수준에 미치는 운동과 흡연의 영향을 보면 운동의 효과는 유의적으로 나타났으나 흡연의 효과는 보이지 않

았으며 운동과 흡연의 상호작용 효과도 없었다. 이와 같은 결과는 남자 성인의 혈장 TRAP 수준에 미치는 흡연과 운동의 효과를 본 결과, 흡연의 효과는 없었으나 운동의 효과가 나타났다고 보고한 강과 박의 연구¹⁸⁾와 일치하였다.

4. 식이성요인과 혈장 TRAP 수준

인체는 유리기로 인한 산화적 손상으로부터 스스로를 보호할 수 있는 항산화제를 가지고 있다. 우리가 섭취하는 영양소들 중에는 과산화로 인한 손상으로 부터 인체를 보호하는 항산화 영양소들이 있고, 이중 비타민 C, 비타민 E 등은 체내에서 생산되지 않고 반드시 외부에서 섭취해야 하는 비효소계 항산화제이다.

본 연구에서는 식이성 요인이 혈장 TRAP 수준에 어떤 영향을 미치는가를 알아보기 위해 항산화 영양소인 vitamin C, vitamin E, β -carotene, folate의 섭취량과 혈장 TRAP 수준과의 상관관계를 본 결과 전체 대상자들의 항산화 영양소 섭취량과 혈장 TRAP 수준과는 유의적인 상관관계가 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 본 연구에서 사용한 1일 24시간 회상법이 대상자의 평상시 식이 섭취량을 반영하기에는 충분치 않았기 때문에 나타난 결과라고 생각해 볼 수 있다. 성인의 식습관은 흡연상태에 따라 달라질 수 있으므로^{9,14)} 대상자를 흡연여부에 따라 나누어 항산화 영양소와 혈장 TRAP 수준과의 관계를 분석해 보았다. 흡연자의 항산화 영양소 섭취량과 혈장 TRAP 수준과는 아무런 상관관계를 보이지 않았으나 비흡연자의 비타민 C($r = 0.288$, $p = 0.007$) 및 엽산($r = 0.258$, $p = 0.016$) 섭취량과 혈장 TRAP 수준 사이에 유의적인 양의 상관관계가 있음을 볼 수 있었다(Fig. 1, 2). 그러나 항산화 비타민 중 카로틴 및 비타민 E 섭취량과 혈장 TRAP 수준은 유의적인 상관관계를 보이지 않았다. 본 연구결과 흡연자의 경우 항산화 영양소의 섭취량과 혈장 TRAP 수준이 관계가 없는 것으로 나타났는데 이는 흡연자의 경우 항산화 영양소를 섭취하여도 이를 체내 항산화 상태 개선에 사용함으로써 혈장 TRAP 수준을 높이는 데 기여하지 못하기 때문일 것이다. 이에 비해 비흡연자의 경우는 흡연자보다 항산화 영양소의 소모량이 많지 않으므로 섭취한 항산화 영양소양에 비례하여 TRAP으로 표현되는 혈장 총유리기포집 항산화능이 증가 되는 것으로 생각된다.

항산화 영양소의 섭취와 혈장 TRAP 수준과의 상관관계를 본 연구는 많지 않으며 주로 항산화 영양소의 섭취와 이에 따른 혈장 항산화 비타민 및 효소 수준에 대한 보고가 많다. 김²⁹⁾은 노인에게 비타민 E를 보충한 후에 혈장 내 비타민 E의 농도가 유의적으로 증가하였고, 강과 김의 연구³⁰⁾에

서는 인슐린 비의존형 당뇨병 환자에게 항산화 비타민제의 보충은 비타민의 종류에 관계없이 혈장내 지질과산화물을 낮추고 항산화효소의 활성을 낮추는 등 항산화 상태를 호전시켰다고 보고하였다.

항산화 영양소 외 식이성 요인으로 식품섭취 빈도조사로부터 계산한 지난 한 달 간의 식품군별 섭취량과 혈장 TRAP 수준과의 상관관계를 본 결과, 각 식품군 섭취량과 혈장 TRAP 수준 사이에 아무런 상관관계가 나타나지 않았다. 그러나 대상자를 흡연자와 비흡연자로 나누었을 때, 흡연자의 식품 섭취량과 혈장 TRAP 수준 사이에는 유의적인 상관관계가 나타나지 않았으나 비흡연자의 경우는 채소류 ($r = 0.277, p = 0.009$) 및 두류($r = 0.263, p = 0.013$) 섭취량과 혈장 TRAP 수준 사이에 양의 상관관계를 볼 수 있었다(Fig. 3, 4). 즉 비흡연자의 경우 채소류와 두류를 많이 섭취할수록 혈장 TRAP 수준으로 본 신체 항산화력이 증가하는 것으로 나타났다. 채소류에는 비타민 C와 엽산이

풍부하게 들어있으므로 이와 같은 결과는 앞의 항산화 영양소 중 비타민 C와 엽산의 섭취가 혈장 TRAP 수준을 증가시킨 결과와 잘 일치한다. 또 두류의 섭취와 혈장 TRAP 수준이 상관관계를 보인 것은 두류에 혈장의 유리기를 포집시킬 수 있는 항산화 비타민 및 flavonoids 물질들이 풍부하게 들어있는 것³¹⁾과 무관하지 않은 것으로 보인다.

최근 녹차의 건강 증진 효과에 대한 관심이 집중되면서 연구가 활발히 진행되고 있으며 혈중의 콜레스테롤 및 지방 저하효과,^{32,33)} 항산화효과,^{34,35)} xanthine oxidase 저해에 의한 항산화 및 통풍예방 효과^{36,37)} 같은 생리효과와 녹차의 성분에 대한 연구가 발표되고 있다. 본 연구에서 녹차의 섭취 여부에 따른 혈장 TRAP 수준을 비교해 본 결과, 녹차를 마시는 군에서는 평균 혈장 TRAP 수준이 $1.36 \pm 0.01\text{mM}$ 이었고, 녹차를 마시지 않는 군은 $1.30 \pm 0.03\text{mM}$ 으로 녹차를 마시는 군의 혈장 TRAP 수준이 유의적으로 높았다($p < 0.05$, Fig. 5). 이와 같은 결과는 선행연구들과

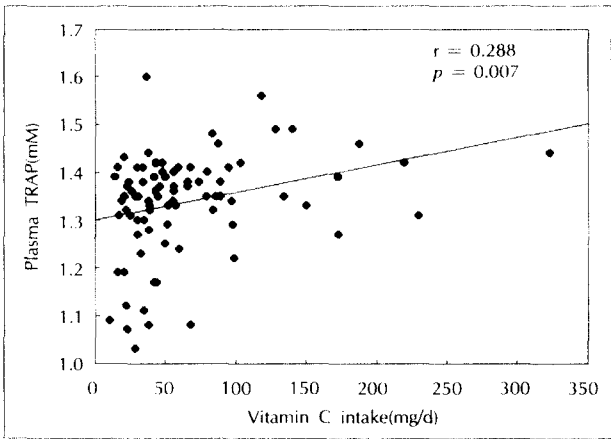


Fig. 1. Effect of vitamin C intake on plasma TRAP levels of the subjects.

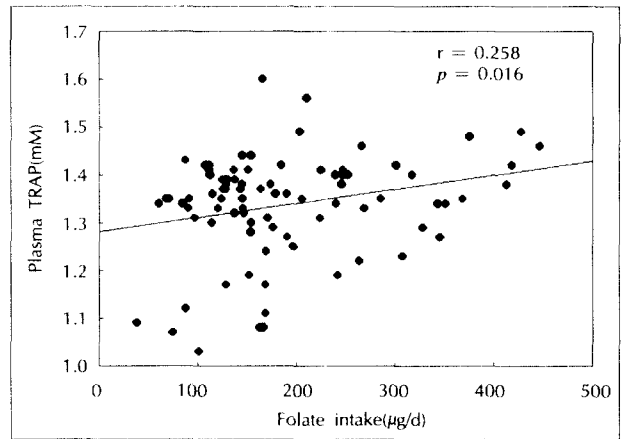


Fig. 2. Effect of Folate intake on plasma TRAP levels of the subjects.

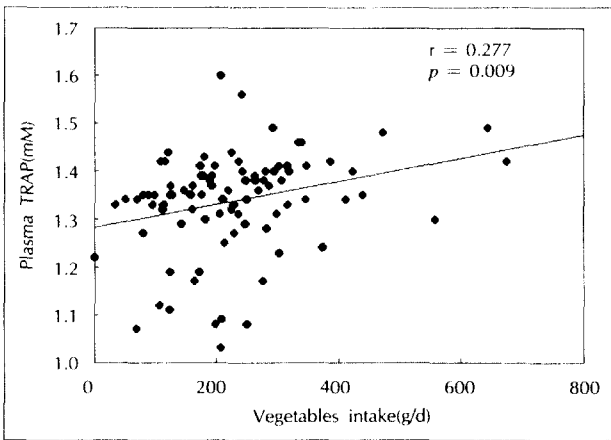


Fig. 3. Effect of vegetables intake on plasma TRAP levels of the subjects.

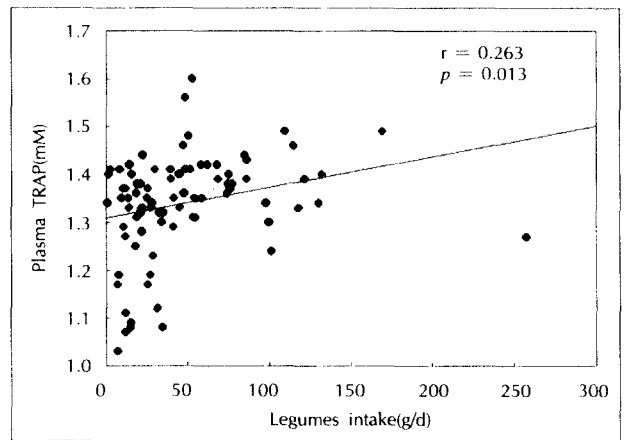


Fig. 4. Effect of legumes intake on plasma TRAP levels of the subjects.

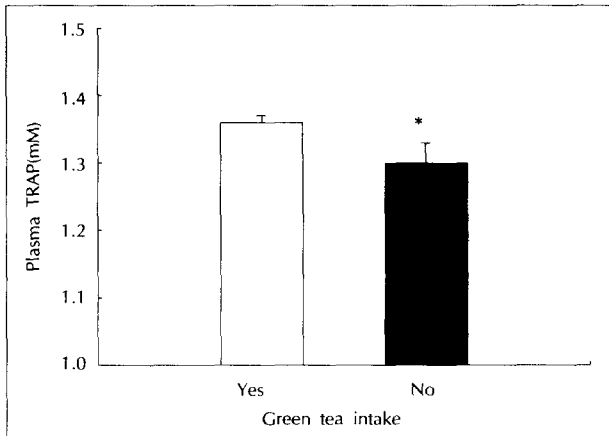


Fig. 5. Effect of Green tea intake on plasma TRAP levels of the subjects. Error bars represent the standard error of the mean, *: $p < 0.05$ significant between the two group, yes ($n = 94$), no ($n = 64$).

같이 녹차의 섭취가 항산화 영양상태에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 평가된다. 앞으로 흡연과 운동 등 생활습관 뿐 아니라 녹차를 비롯한 식이성 요인이 혈장 TRAP 수준에 영향을 미치는 기전에 관한 연구가 활발히 진행되어야 하리라고 본다.

요약 및 결론

본 연구는 19~57세 사이의 성인 161명을 대상으로 신체 계측과 생활양식에 대한 설문 조사를 실시하고, 식품 섭취 빈도 조사와 24시간 회상법을 이용하여 식이 섭취 조사를 하였다. 대상자의 혈액을 공복 상태에서 채취하고 혈장을 분리한 후 혈장 TRAP 수준을 측정해 보고, 이에 영향을 미치는 생활양식 요인과 식이성 요인에 대해 살펴보았다.

본 실험 결과를 요약하면, 생활습관 중 음주는 혈장 TRAP 수준에 영향을 주지 않았으나, 흡연과 운동이 혈장 TRAP 수준에 영향을 주는 것으로 나타났다. 남자 흡연자의 혈장 TRAP 수준이 비흡연자보다 유의적으로 낮았으며 ($p < 0.05$), 하루에 30분 이상 운동을 하는 군의 혈장 TRAP 수준이 운동을 하지 않거나 적게 하는 군에 비해 유의적으로 높았다 ($p < 0.01$). 대상자를 흡연자와 비흡연자로 나누어 식이성 요인을 분석해 보면 비흡연자의 비타민 C와 엽산 섭취량, 그리고 채소류와 두류 섭취량이 혈장 TRAP 수준과 양의 상관관계를 보였으나 흡연자에서는 식품섭취량에 따른 혈장 TRAP 수준의 차이는 없었다. 녹차의 경우 녹차를 규칙적으로 마시는 군의 혈장 TRAP 수준이 마시지 않는 군에 비해 유의적으로 높았다.

이상의 연구 결과에서 성인의 혈장 TRAP에 영향을 미치는 생활양식은 흡연과 운동인 것으로 나타났다. 즉 중년 성

인이 흡연을 하거나 규칙적인 운동을 하지 않을 경우 혈장 총 유리기포집 항산화능이 감소하므로 담배를 피우지 않고 적당한 양의 운동을 규칙적으로 하는 생활습관을 가진다면 인체 산화 스트레스에 대처할 수 있는 체내 항산화 상태를 개선시킬 수 있을 것이다. 식이성 요인 중에서는 비타민 C 및 엽산, 그리고 비타민 C와 엽산을 풍부하게 함유하고 있는 채소류와 두류 섭취가 혈장 TRAP 수준을 증가시켰으므로 체내 항산화력을 증진시키는 식습관으로는 채소와 두류를 충분히 섭취하는 것이 좋을 것이다. 아울러 녹차의 섭취가 혈장 항산화력을 증진시켰으므로 꾸준히 녹차를 섭취하는 식습관을 가지는 것도 체내 항산화 영양상태에 긍정적인 영향을 주리라 생각된다.

우리 나라에서 인체의 항산화 영양상태에 대한 많은 연구들이 혈액 내 항산화 비타민의 함량만을 분석·비교하여 왔으나, 앞으로는 혈장 TRAP 측정법과 같이 체내 항산화 영양상태를 종합적으로 알아볼 수 있는 방법에 관한 연구들이 활발하게 진행되어야 할 것이다. 나아가서 흡연, 알코올 섭취, 운동부족, 영양섭취 불균형, 고지혈증, 노화 등 활성 산소가 증가하는 환경에 있는 현대인들에게 항산화 영양상태를 다각도로 평가하고, 이에 영향을 미치는 요인 및 그 기전에 대한 분석이 함께 이루어져야 할 것이다.

Literature cited

- Halliwell B. Antioxidants. In: Ziegler EE, Filer LJ, ed. Present knowledge in Nutrition, 7th ed., pp.596-603, ILSI Press, Washington DC, 1996
- Ames BN, Shigenaga MK, Hagen TM. Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging. *Proc Natl Acad Sci USA* 90: 7915-7922, 1993
- Fanton JC, Ward PA. Role of oxygen-derived free radicals and metabolites in leukocytes-dependent inflammatory reactions. *Am J Pathol* 107: 397-418, 1982
- Bergsten P, Amitai G, Kehrl J, Levine M. Ascorbic acid content of human B and T lymphocytes. *Ann NY Acad Sci* 587: 275-277, 1990
- Frei B, Sticker R, Ames BN. Anti-oxidant defenses and lipid peroxidation in human blood plasma. *Proc Natl Acad Sci USA* 85: 275-277, 1988
- Burton GW, Ingold KU. β -carotene: an unusual type of lipid antioxidant. *Science* 224: 569-573, 1984
- Wayner DDM, Burton GW, Ingold KW, Barclay LRC, Locke SJ. The relative contributions of vitamin E, urate, ascorbate and protein to the total peroxy radical-trapping antioxidant activity of human blood plasma. *Biochim Biophys Acta* 924: 408-419, 1987
- Rice-Evans C, Miller N. Total antioxidant status in plasma and body fluids. *Methods in Enzymol* 234: 279-293, 1994
- Jeung-Ah Park, Myung-Hee Kang. Vitamin C intakes and serum levels in smoking college students. *Korean J Nutrition* 29(1): 122-133, 1996
- Gun-Ae Yoon. Change of vitamin C level, lipid peroxidation and lipid concentration in plasma of smokers and non-smokers. *Korean J*

- Nutrition* 30(10): 1180-1187, 1997
- 11) Woo-Kyung Kim. Effect of vitamin C supplementation on Immune status in smoking and nonsmoking male college students. *Korean J Nutrition* 31(8): 1244-1253, 1998
 - 12) Sung-Sug Lee, In-Sun Choi, Kyung-Wha Lee, Seung-Ho Oh. Effect of antioxidant vitamin supplementation on plasma lipid pattern in smoking college men. *Korean J Nutrition* 31(3): 297-304, 1998
 - 13) Gun-Ae Yoon. 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
 - 14) Myung-Hee Kang, Jeung-Ah Park. Relation between vitamin A and β -carotene intakes and serum total carotenoids levels in smoking college students. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28(2): 492-500, 1999
 - 15) Sun-Min Park, Jung-Gil Yu, Seung-Hee Ahn. Effect of smoking on the levels of antioxidant vitamins and enzymes in healthy and young men. *Journal of the Korean Dietetic Association* 4(2): 168-177, 1998
 - 16) Young-Soo Jin, Hyun-Seung Rhyu, Joon-Young Park, Hyuck-Jong Lee, Young-Kwen Song, Wook Kim, Yong-Suk Jee, Gu-Seok Han. The changes of blood total antioxidant and MDA concentration with different Exercise intensities. *The Korean J Sports Medicine* 16(2): 252-258, 1998
 - 17) Myung-Hee Kang, Eun-Ju Park. Effects of smoking and regular physical exercise habits on the status of plasma lipidsoluble antioxidant vitamins and ubiquinone(coenzyme Q10) in korean middle-aged men. *Korean J Nutrition* 33(2): 158-166, 2000
 - 18) Myung-Hee Kang, Eun-Ju Park. 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
 - 19) 사진으로 보는 음식의 눈대중량. *대한영양사회*, 1999
 - 20) The Korean Nutrition Society. Recommended Dietary Allowances for Koreans, 6th ed., 1995
 - 21) Yoon Choi, Sun Yoon, Min-June Lee, Soo-Kyung Lee, Byung-Suk Lee. Dose response relationship of isoflavone supplementation on plasma lipid profiles and total antioxidant status in perimenopausal and postmenopausal women. *Korean J Nutrition* 34(3): 322-329, 2001
 - 22) Ji LL. Antioxidant enzyme response to exercise and aging. *Med Sci Sports Exerc* 25: 225-231, 1993
 - 23) Chandan KS, Tuomo R, Sari V, Rainer R. Oxidative stress after human exercise effect of N-acetylcysteine supplementation. *J Appl Physiol* 76: 2570-2577, 1994
 - 24) Berlin JA, Colditz GA. A meta-analysis of physical activity in the prevention of coronary heart disease. *Am J Epidemiol* 132: 612-628, 1990
 - 25) Kiningham RB. Physical activity and the primary prevention of cancer. *Prim Care* 25: 515-536, 1998
 - 26) Myung-Hee Kang, Ji-Suk Yoon. The effects 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
 - 27) Young-Soo Jin, Mi-Jung Kim, Joon-Young Park, Yong-Kweon Kim, Hyuk-Jong Lee. The effect of exercise pattern and antioxidant supplement on antioxidant enzymes and total antioxidant status. *The Korean Journal of Physical Education* 38(4): 451-460, 1999
 - 28) Eun-Sook Jung. The effect of exercise therapy on serum lipid level and antioxidants of obese college female students. *J Korean Academy of Nursing* 28(4): 832-845, 1998
 - 29) Woo-Kyung Kim. Effects of vitamin E supplementation on immune response and antioxidant defense parameters in healthy korean elderly women. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28(4): 924-933, 1999
 - 30) Nam-E Kang, Woo-Kyung Kim. Effects of antioxidant vitamins supplementation on antioxidative status and plasma lipid profiles in Korean NIDDM patients. *Korean J Nutrition* 32(7): 775-780, 1999
 - 31) Jung-Soo Kim, Sun Yoon. Isoflavone Contents and β -Glucosidase Activities of Soybeans Meju and Doenjang. *Korean J Food SCI Technol* 31(6): 1405-1409, 1999
 - 32) Hee-Chung Chung, Young-Sang Yoo. Effects of aqueous green tea extracts with α -tocopherol and lecithin on the lipid metabolism in serum and liver of rats. *Korean J Nutrition* 28(1): 15-22, 1995
 - 33) Mee-Kung Sin, Sung-Hee Han, Gun-Jo Han. The effects of green tea on the serum lipid and liver tissue of cholesterol fed rats. *Korean J Food Sci Technol* 29(6): 1255-1263, 1997
 - 34) Chun-Ok Park, Seung-Heun Jin, Beung-Ho Rhy. Antioxidant activity of green tea extracts toward human low density lipoprotein. *Korean J Food SCI Technol* 28(5): 850-858, 1996
 - 35) Beung-Ho Ryu, Chun-Ok Park. Antioxidant effect of green tea extracts on the enzymatic activities of hairless mice skin induced by ultra B light. *Korean J Food SCI Technol* 29(2): 355-361, 1997
 - 36) Saeng-Gyu Yeo, Yeung-Beom Park, In-Soo Kim, Seon-Bong Kim, Yeung-Ho Park. Inhibition of xanthine oxidase by tea extracts from green tea, oolong tea and black tea. *J Korean Soc Food Nutr* 24(1): 154-159, 1995
 - 37) Gyu-Young Park, Soon-Jae Lee, Jung-Gyo Im. Effects of green tea catechin on cytochrome P₄₅₀, xanthine oxidase activities in liver and liver damage in streptozotocin induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26(5): 901-907, 1997