

비타민 E 보충이 여자 운동선수들의 항산화능과 면역능력에 미치는 영향*

김우경¹⁾ · 김혜영²⁾ · 김미정³⁾ · 김숙희⁴⁾

단국대학교 식품영양학과,¹⁾ 용인대학교 식품영양학과,²⁾ 용인대학교 유도학과,³⁾ 이화여자대학교 식품영양학과⁴⁾

Effects of Vitamin E Supplementation on Antioxidant Status and Immune Responses in Female Athletes

Kim, Woo Kyung¹⁾ · Kim, Hae Young²⁾ · Kim, Mee Jung³⁾ · Kim, Sook He⁴⁾

Department of Foods and Nutrition,¹⁾ Dankook University, Seoul 140-714, Korea

Department of Foods and Nutrition,²⁾ YongIn University, YongIn 449-714, Korea

Department of Judo,³⁾ YongIn University, YongIn 449-714, Korea

Department of Foods and Nutrition,⁴⁾ Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

ABSTRACT

This study was designed to investigate the effects of vitamin E supplementation on radical scavenger activity and immune responses in female judo athletes(n = 18). The age and sex matched sedentary students were used as controls(n = 15). The initial plasma vitamin E concentration, lipid peroxide level and radical scavenger activity(RSA) were not different between two groups. The supplementation of α -tocopheryl acetate(400I.U./d) for 4 weeks significantly increased plasma vitamin E concentration of the subjects in both groups. In addition, the decrease in thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)(p < 0.05) and enhancement of RSA(p < 0.05) were observed in both groups. Percentages of total T-cells in the athletic group was lower than that in the control group(p < 0.05). However, the ratio of CD4/CD8(helper T-cell/suppressor T-cell) was higher in the sports group, due to more decrease in CD8 subset than in CD4 subset. The concentrations of IgG and IgM in the sports group were significantly lower than those in the control group(p < 0.05). Therefore, severe training of the athletic group seems to be associated with the changes of immune status. Meanwhile, the lymphocyte subsets profile and immunoglobulin concentrations were not affected by α -tocopherol supplementation. In conclusion, vitamin E supplementation(400IU/d, 4 weeks) of the female university students improved antioxidative activities of the blood, by decreasing lipid peroxide and enhancing radical scavenger activity. Percentages of T lymphocytes and IgG and IgM concentrations in the athletic group were lower than those in the control group. Meanwhile, vitamin E supplementation had no effects on immune status in both groups. (*Korean J Nutrition* 32(7) : 781~786, 1999)

KEY WORDS: vitamin E, antioxidant status, immune responses

서 론

최근 만성 질병의 예방과 치료, 그리고 건강 증진에 있어서 운동의 효과에 대해 많은 관심이 쏟아지고 있으며, 운동은 실제로 인슐린 비의존성 당뇨병, 고혈압, 동맥경화, 골다공증, 비만, 우울증, 대장암, 뇌출혈과 같은 질병예방과 치료에 중요한 역할을 한다.^{1,2)} 그러나, 한편으로 운동을 하면 근육의 산화 과정이 증가하기 때문에 일시적이거나 몸에 해

로운 자유 라디칼(free radical)과 지방과산화물이 많이 증가해서 체세포가 손상될 수도 있다.³⁾

자유 라디칼(free radical)이란 valence shell에 공유되지 않은 전자(unpaired electron)를 함유하는 입자를 말한다. 주로 불포화 지방산이 산화 과정에 많이 참여하게 되는데 지방이 과산화되면 세포막의 유동성이 감소되고, 투과성과 흥분성에 변화가 오고, 세포막에 붙어있는 효소들의 작용을 변화시키는 결과를 가져온다. 지방의 과산화로 인한 영향은 공격을 받은 세포에만 국한되는 것이 아니고, 독성 물질을 형성해서 다른 곳으로 이전되므로 손상이 더 커진다. 예를 들어, 지방과산화물인 malondialdehyde는 발암의 가능성이 있고, 돌연변이를 일으킬 수 있다.⁴⁾ 그리고 고

채택일 : 1999년 9월 14일

*The authors wish to acknowledge the financial support of Hanwha group R & E center.

도로 반응성이 높은 자유 라디칼들은 여러가지 세포의 중요한 구성 성분들, 즉 지방 세포막, DNA, 단백질 등을 변형시키는 것으로 알려져 있다.⁹⁾

우리가 섭취하는 영양소들 중에는 과산화로 인한 손상으로부터 신체를 보호하는 영양소들이 있는데, 이들을 통틀어서 항산화 영양소라고 한다.⁶⁾ 이들은 주로 자유 라디칼들을 중화시켜 자유라디칼의 해로운 역할을 막는데, 이와 같은 자유 라디칼 scavenger들로는 비타민 E, C, 그리고 β -carotene 등이 있다. 그리고 체내의 superoxide dismutase, catalase, glutathione peroxidase와 같은 효소들은 자유 라디칼에 의한 과산화를 막는 역할을 한다.^{7,8)}

비타민 E는 면역 능력에 영향을 주는 영양소의 하나로 알려져 있다.⁹⁾ 면역세포의 세포막에서는 불포화지방산의 함량이 높아 산화적손상의 우려가 크기 때문에 비타민 E가 많이 발견된다. 동물과 인체를 대상으로 한 연구들을 통해서 비타민 E가 부족할 때 면역 반응이 좋지 않았다는 것이 보고되고 있다.^{10,11)} 운동도 인체의 면역 기능에 영향을 주는 것으로 알려져 있는데, 적당한 운동은 식균 세포, natural killer cell, 호중구, 그리고 cytokine의 분비를 증가시키는 효과가 있다.¹²⁾ 그러나 가벼운 스트레스는 면역 기능을 증가시키지만 심한 스트레스 상태가 계속 될 때에는 면역 반응이 억제된다는 보고도 있으므로, 과도한 운동이 스트레스로 작용하여 면역 반응에 부정적인 영향을 미칠 수도 있다고 하겠다.¹³⁾

따라서 본 연구는 계속된 훈련으로 인해서 산화 스트레스에의 노출 위험이 큰 운동 선수들에게 항산화 영양소인 비타민 E를 투여하여 비타민 E의 투여가 이들의 항산화 능력과 면역 기능에 어떠한 영향을 미치는 가를 살펴보고자 수행되었다.

연구 방법

1. 조사대상자

실험 대상자는 대학교의 유도선수로 활동하고 있는 여대생 18명과 일반 여대생 15명으로 구성되었다. 유도 선수로 활동하고 있는 학생들은 하루 평균 6시간씩의 유도 훈련을 규칙적으로 받고 있었으며, 일반 여대생들은 특별한 운동을 하지 않는 학생들로 구성되었다. 비타민 E의 보충은 d,l- α -tocopheryl acetate 형태(Longs Drug Stores, CA, USA)로 일반적으로 시판되는 용량인 400IU를 하루에 한 번씩 4주간 섭취하게 하였고, 정기적으로 비타민 E 보충제의 섭취 여부를 점검하였다. 조사대상자의 체중과 신장을 측정하였으며, 이로 부터 BMI(body mass index)를 계산하였

다. 체지방은 체지방분석기(bioelectrical impedance fatness analyzer GIE 891)를 이용하여 측정하였다.

2. 생화학적 조사

1) 혈액채취

비타민 E 섭취전 후에 두번 12시간 금식 후의 공복혈액을 채취하였다. 채취한 혈액은 전 혈 상태로 면역세포 분석, 면역세포증식능력, radical scavenger activity(RSA)를 당일 실시하였으며, 나머지 혈액은 즉시 원심 분리하여 혈장을 얻은 후 다른 생화학적 실험을 행하기 전까지 -70°C deep freezer에 보관하였다.

2) 항산화능

혈장 내 α -tocopherol의 함량을 UV detector을 가진 HPLC를 이용하여 측정하였다.¹⁴⁾ 혈장내 thiobarbituric acid reactive substance(TBARS)는 Yagi의 방법¹⁵⁾을 이용하여 측정하였고, 적혈구막의 radical scavenger activity(RSA)는 적혈구 막이 free radical의 공격에 대해 용해되지 않고 견디는 시간을 나타내는 것으로써 Corinne¹⁶⁾의 방법으로 측정하였다. 그리고 적혈구 항산화 효소의 활성을 측정하기 위하여 적혈구를 적절히 희석하여 glutathione peroxidase,¹⁷⁾ catalase,¹⁸⁾ superoxide dismutase¹⁹⁾의 활성을 enzyme kinetics software가 장착된 spectrophotometer(HPUV 8452, Hewlett Packard, USA)를 이용하여 측정하였다.

3) 면역능력

전혈에서 총 백혈구수와 호중구 림프구의 백분율을 counter를 이용하여 측정하였다. 그리고 단클론항체(monoclonal antibody)를 이용하여 면역세포의 분획을 측정하였다. 전혈에 antibody로 total T-cell은 CD3 +, helper T-cell은 CD4 +, suppressor T-cell은 CD8 +, B-cell은 CD19 +를 각기 넣고 혼합하여 세포와 antibody가 결합하도록 하였다. 그후 lysing solution을 첨가한 뒤 원심 분리하여 적혈구를 제거하고, 세포 10,000개당 antibody와 결합한 세포 수를 flow cytometer(FACScan, Becton Dickinson, USA)를 이용하여 측정한 후 백분율로 나타내었다. 체액성 면역능력을 대표하는 혈 장내 면역 글로불린 A, G, M과 Complement C₃는 rate nephelometry 법²⁰⁾에 의해 측정하였다.

3. 자료 정리 및 통계처리

PC용 통계프로그램인 SAS(statistical analysis system)를 이용하여 조사대상자의 비타민 E 보충 전후의 생

화학적 실험결과의 평균과 표준 오차를 구하였다. 운동군과 대조군의 일반사항은 student t-test를 이용하여 유의성을 검정하였고, 비타민 E 보충 전후와 운동에 따른 생화학적 실험 결과의 유의성 검정은 2-way ANOVA와 duncan's multiple test를 이용하여 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 조사대상자의 일반 사항

조사 대상자의 평균 나이는 20.4세이었으며, 운동군의 평균 키는 165.9cm, 체중은 65.1kg으로 BMI가 23.5이었다. 한편, 대조군의 평균 키는 159.8cm, 체중은 53.9kg으로 BMI가 21.2로 운동군보다 낮았다. 그러나 체지방 분석기로 체지방을 분석해 본 결과, 운동군의 평균이 21.5%이고, 대조군은 25.8%로 운동을 계속하면 BMI는 높지만 체지방이 낮은 것을 알 수 있었다(Table 1). 조사대상자들의 영양소 섭취 실태 조사 결과, Table로는 제시하지 않았으나 항산화 영양소인 비타민 A와 비타민 C의 평균 섭취량은 각각 권장량의 118.6%와 144.2%를 섭취하는 것으로 나타났으며, 두 군 사이에는 차이가 없었다.

2. 혈장 비타민 E 농도

조사 대상자들의 비타민 E 섭취 전후의 혈장 비타민 E 농도는 Table 2에 나타나 있다. 비타민 E를 투여하기 전의 혈장 비타민 E농도는 대조군과 운동군에서 각각 683.5µg/dl와 735.8µg/dl로 차이가 없었다. 혈장의 비타민 E농도가 800µg/dl 이하이면 혈장의 비타민 E가 부족한 것으로 간주

하므로,²¹⁾ 이들 피검자들의 경우 실험 시작시에 비타민 E의 농도가 정상보다 약간 낮았다고 볼 수 있다. 이들의 비타민 E농도는 비슷한 연령층의 국내 에어로빅 전공자들의 혈중 비타민 E 농도(710.1µg/dl)와는 비슷하게 나타났으나,²²⁾ 원주 지역의 20~30대 여성을 대상으로 한 연구의 비타민 E 농도(940µg/dl) 보다는 약간 낮았다.²³⁾ 4주간 비타민 E(400 IU/d)를 복용한 후에는 비타민 E의 농도가 두 군 모두에서 유의적으로 증가하여 대조군, 운동군이 각각 1,302µg/dl과 1,337µg/dl 이었다. 한편, 혈 중 비타민 E의 초기 농도가 본 연구와 비슷했던 김혜영²⁴⁾의 연구에서는 4주간 800IU/d씩 비타민 E를 복용시켰을 때 비타민 E의 최종 농도가 1,486µg/dl인 것으로 나타나서, 800IU/d의 섭취 범위까지는 비타민 E의 섭취 정도에 따라 혈중 비타민 E의 농도도 비례해서 증가한다고 볼 수 있겠다.

3. 항산화능

혈장 과산화지질 함량과 적혈구막의 radical scavenger activity(RSA)는 조사대상자들의 운동 여부에 따라서는 차이가 없었으나, 비타민 E를 투여한 후에 유의적으로 수치가 변화하였다(Table 2). 혈장의 과산화 정도를 나타내는 과산화지질의 함량은 비타민 E를 투여한 후에 현저히 감소하였는데, 이와 같은 과산화 지질 함량의 감소는 과산화물 축적으로 인한 인한 체조직의 손상을 완화시키는 데 좋은 역할을 할 것으로 생각된다.²²⁾²⁴⁾ 한편, 적혈구막이 유리기(free radical)의 공격으로 용해되는 시간을 측정하는 RSA는 비타민 E의 보충으로 인해 증가하였는데 이는 사람을 대상으로 한 다른 연구들¹⁶⁾²⁵⁾²⁶⁾에서도 유사한 결과를 보여 주었다. 대조군에서는 30% 증가하고 운동군은 10% 증가하여 특히 대조군에서 유의적이었는데 비타민 E 보충전에 대조군의 값이 낮았던 것을 보면 항산화능이 낮은 경우에 비타민 E의 보충이 더 효과적이지 않은가 생각된다.

비타민 E 보충 전후의 적혈구 항산화 효소의 활성 변화는 Table 3에 제시하였다. 적혈구 항산화 효소의 활성은 규칙적인 운동 여부의 영향을 크게 받지 않았으며, superoxide dismutase(SOD)와 catalase의 경우 비타민 E 보충

Table 1. General characteristics of the subjects

	Control	Sports
Age(years)	20.0 ± 0.0 ¹⁾	20.7 ± 0.2
Height(cm)	159.8 ± 1.4	165.9 ± 0.2 ^{**2)}
Weight(kg)	53.9 ± 1.9	65.1 ± 1.3 ^{**}
BMI(kg/m ²)	21.2 ± 0.9	23.5 ± 0.7 [*]
Body fat(%)	25.8 ± 1.4	21.5 ± 0.6 ^{**}

1) Mean ± SE

2) Significantly different from control by student t-test, *: p < 0.05,

** : p < 0.01

Table 2. Plasma vitamin E concentration and antioxidative status in then subjects before and after vitamin E supplementation

	Control		Sports		Significant factor ³⁾
	Before	After	Before	After	
α-tocopherol(µg/dl)	683.5 ± 18.8 ^{1a2)}	1302.0 ± 123.7 ^b	735.8 ± 32.3 ^a	1337.0 ± 107.1 ^b	E***
TBARS(µmol/dl plasma)	14.0 ± 0.6 ^a	8.7 ± 0.6 ^b	14.0 ± 1.0 ^a	7.3 ± 0.5 ^b	E***
RSA(min)	54.7 ± 1.9 ^c	71.5 ± 5.0 ^a	61.37 ± 2.4 ^{bc}	67.0 ± 2.7 ^{ab}	E***

1) Mean ± SE

2) Means with different letters within a row are significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test

3) Statistical significance was calculated based on 2 × 2 ANOVA

E: vitamin E effect, S: sports effect, E*S: cross effect of vitamin E and sports, ***p < 0.001

의 영향이 없었으나, glutathione peroxidase(GSHPx)의 활성은 비타민 E 섭취 후에 감소하는 경향을 보여주었다. 젊은 여성을 대상으로 본 연구에서 섭취한 양의 2배인 800 IU를 4주간 보충하였을 때,²²⁾ 노인들에게 6개월간 비타민 E를 투여했을 때,²⁷⁾ GSHPx, SOD의 활성이 증가한다고 보고하고 있으나, 여성에게 400IU를 4주간 섭취시켰을 때는²³⁾ 나이에 관계없이 적혈구의 항산화 효소활성에 영향이 없어 비타민 E의 섭취량과 투여 기간이 항산화 효소의 활성에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 그리고 비타민 E 투여로 인한 체내 항산화능의 증가는 항산화 효소작용의 변화에 의한 간접적인 영향보다는 비타민 E가 직접적으로 세포막의 용혈을 막고, 과산화 지질을 제거하는 작용을 통해

이루어진다고 할 수 있겠다.²⁸⁾

4. 면역능력

조사대상자들의 총 백혈구, 호중구, 림프구의 수와 백분율은 Table 4에 나타나 있는데, 모두 정상 범위²⁹⁾에 속하였다. 비타민 E를 투여한 후에 운동군의 경우에는 호중구와 림프구에 큰 변화가 없었으나, 대조군의 경우에는 호중구는 증가하고, 림프구는 감소하였다.

운동 선수들과 대조군의 면역 세포 분획은 Table 5와 같다. 운동군에서 suppressor/cytotoxic T-cell(CD8⁺)의 백분율이 대조군보다 낮아서 total T-cell의 백분율을 감소시켜 운동군이 대조군에 비해 면역능력이 다소 감소해 있지 않으나 생각된다. 그리고 운동군에서 suppressor/cytoto-

Table 3. Red blood cell antioxidative enzyme activities in the subjects before and after vitamin E supplementation

	Control		Sports		Significant factor ⁴⁾
	Before	After	Before	After	
GPX/protein(U/g)	28.0 ± 1.4 ¹⁾²⁾	24.4 ± 1.9 ^{ab)}	26.4 ± 1.0 ^{ab)}	23.1 ± 1.2 ^{b)}	E*
SOD/protein(U/g)	441.0 ± 18.5 ^{NS3)}	426.5 ± 21.0	438.5 ± 9.5	429.0 ± 15.5	NS
CAT/protein(U/g)	0.85 ± 0.05 ^{NS)}	0.80 ± 0.35	0.80 ± 0.30	0.80 ± 0.05	NS

1) Mean ± SE

2) Means with different letters within a row are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

3) NS: not significant

4) Statistical significance was calculated based on 2×2 ANOVA

E: vitamin E effect, S: sports effect, E*S: cross effect of vitamin E and sports, * $p < 0.05$

Table 4. White blood cell numbers and the subpopulation profiles in the subjects before and after vitamin E supplementation

	Control		Sports		Significant factor ⁴⁾	Normal range ⁵⁾
	Before	After	Before	After		
White blood cells ($\times 10^3$)/mm ³	5.30 ± 0.74 ^{1)NS2)}	6.02 ± 0.37	6.19 ± 0.33	5.54 ± 0.44	NS	4.2 – 11.0
Neutrophil(%)	51.0 ± 3.1 ^{b3)}	58.9 ± 2.0 ^{a)}	52.8 ± 2.1 ^{ab)}	49.3 ± 2.0 ^{b)}	E*S*	45 – 60
Lymphocyte(%)	39.7 ± 3.0 ^{a)}	33.6 ± 1.7 ^{b)}	38.4 ± 1.8 ^{ab)}	41.4 ± 1.5 ¹⁾	E*S*	28 – 42

1) Mean ± SE

2) NS: not significant

3) Means with different letters within a row are significantly different at $p < 0.05$ by duncan's multiple range test

4) Statistical significance was calculated based on 2×2 ANOVA

E: vitamin E effect, S: sports effect, E*S: cross effect of vitamin E and sports, * $p < 0.05$,

5) Green Cross. Lab test directory

Table 5. Lymphocyte subsets profiles(%)

	Control		Sports		Significant factor ⁴⁾
	Before	After	Before	After	
CD3 ⁺	68.7 ± 1.8 ¹⁾²⁾³⁾	72.9 ± 1.4 ^{a)}	64.3 ± 2.0 ^{bc)}	62.7 ± 2.4 ^{c)}	S***
CD4 ⁺	34.4 ± 2.3 ^{NS3)}	39.9 ± 1.8	36.1 ± 2.3	34.1 ± 3.3	NS
CD8 ⁺	31.2 ± 1.7 ^{ab)}	32.2 ± 1.7 ^{a)}	29.1 ± 1.8 ^{ab)}	26.3 ± 1.5 ^{b)}	S*
CD4 ⁺ /CD8 ⁺ ratio	1.15 ± 0.13 ^{NS)}	1.28 ± 0.11	1.31 ± 0.14	1.34 ± 0.15	NS
CD19 ⁺	14.2 ± 1.3 ^{NS)}	12.2 ± 0.6	16.7 ± 1.8	14.6 ± 1.5	NS

1) Mean ± SE

2) Means with different letters within a row are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

3) NS: not significant

4) Statistical significance was calculated based on 2×2 ANOVA

E: vitamin E effect, S: sports effect, E*S: cross effect of vitamin E and sports, * $p < 0.05$, *** $p < 0.001$

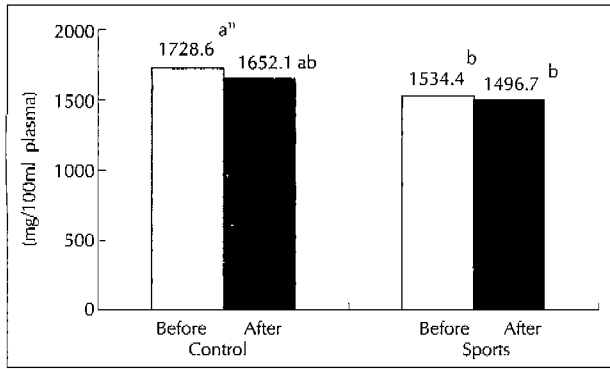


Fig. 1. Plasma immunoglobulin G concentrations in the subjects before and after vitamin E supplementation. 1) Means with different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

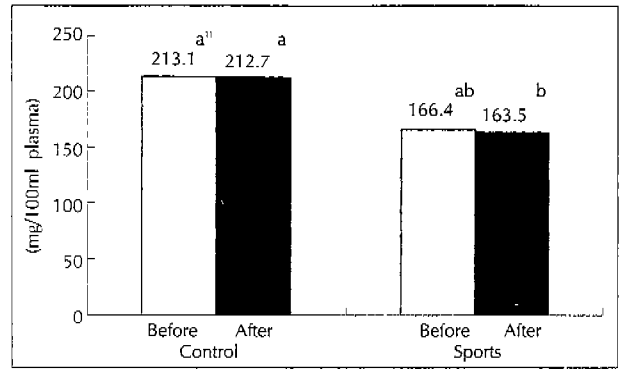


Fig. 3. Plasma immunoglobulin M concentrations in the subjects before and after vitamin E supplementation. 1) Means with different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

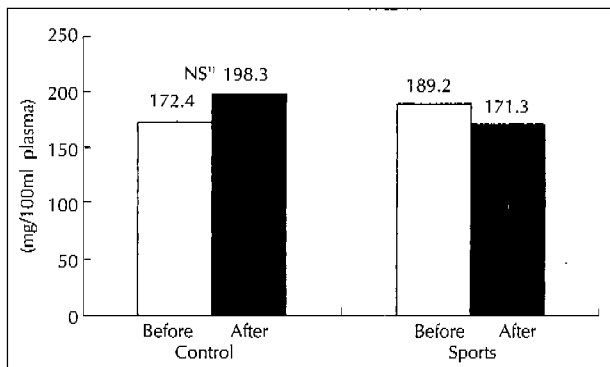


Fig. 2. Plasma immunoglobulin A concentrations in the subjects before and after vitamin E supplementation. 1) NS: not significant.

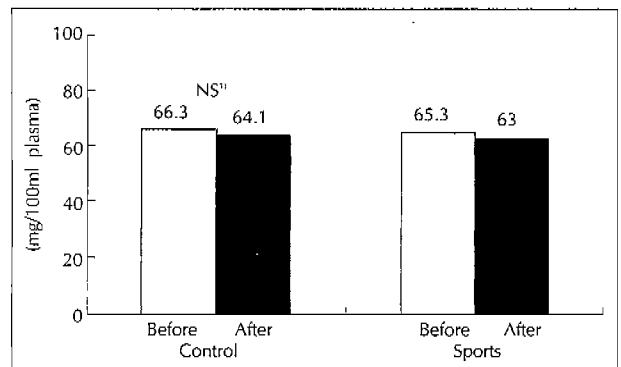


Fig. 4. Plasma complement c_3 concentrations in the subjects before and after vitamin E supplementation. 1) NS: not significant.

xic T-cell의 백분율 감소는 CD4/CD8의 비율을 높이는 경향을 보였다. 한편, 운동은 B-cell 분획의 백분율을 약간 높이는 방향으로 나타났으나 유의적인 차이는 없었고, 비타민 E의 투여는 실험 대상자들의 면역 세포 분획에 큰 영향은 주지 않았다. 그런데 김우경³⁰⁾은 65세 이상의 노인 여성이 비타민 E를 하루에 400IU씩 4주간 섭취하였을 때는 helper T-cell의 백분율이 유의적으로 증가하였으나 대조군인 20대 여성은 변화하지 않아 비타민 E의 보충이 나이에 따라 효과가 다르다고 보고하였다.

조사 대상자들의 혈장내 면역 글로불린과 보체(complement)의 농도는 Fig. 1, 2, 3, 4와 같다. Ig G와 IgM의 혈장내 농도는 운동군이 대조군보다 유의적으로 낮았으며, 운동을 하는 경우에 혈장 내 면역 글로불린의 농도가 낮아진다는 보고는 다른 연구에서도 보고된 바가 있다.^{13,31)} 이와 같은 결과는 하루 평균 6시간씩의 고된 훈련이 운동 선수들의 면역 글로불린 농도를 낮추어서 면역력을 약화시킬 수 있다고 생각할 수도 있고, 또 한편으로는 운동으로 인한 총 혈액량의 증가, 특히 혈장량의 높은 증가에 기인해서 면역 글로불린 농도의 감소한 것으로 생각해 볼 수도 있겠다. 운

동으로 인한 면역글로불린 농도의 감소가 실제로 면역능력의 감소를 뜻하는 것인지는 앞으로 특정 항원을 부과하였을 때 면역 글로불린 생산의 변화를 측정하는 것과 같은 후속 연구를 통해서 더 연구되어야 할 것으로 사료된다. 한편, 비타민 E보충제의 투여는 본 연구 대상자들의 면역 글로불린 농도에 영향을 주지 않은 것으로 나타났다.

요약 및 결론

본 연구는 대학교 유도 선수로 활동하고 있는 여자대학생들(운동군)과 운동을 전공으로 하지 않는 일반 여대생들(대조군)에게 비타민 E를 매일 400IU씩 4주간 섭취시켜 비타민 E의 보충이 이들의 항산화 능력과 면역 상태에 미치는 효과를 살펴보고자 수행되었다. 운동군과 대조군의 체형을 비교해 본 결과 대조군의 경우 운동군보다 BMI 수치가 유의적으로 낮았으나, 실제 체지방의 함량은 25.8%로 운동군의 21.5% 보다 높았다.

조사대상자들의 실험 시작 시의 비타민 E의 농도는 638.5 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 와 735.8 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 정상(800 $\mu\text{g}/\text{dl}$) 보다 약간 부족하게 나

타났으며, 실험군 간의 차이는 없었으나 비타민 E(400IU/d)를 4주간 섭취시킨 후에는 두 군 모두 유의적으로 비타민 E의 농도가 증가하였다. 실험 시작시 산화 스트레스의 한 지표로 사용된 혈장 과산화지질의 함량은 두 군 사이에 차이가 없었으며, 비타민 E를 투여한 후에는 두 군 모두에서 과산화 지질의 함량이 유의적으로 감소하였다. 혈액에서의 비타민 E의 주된 역할로 알려져 있는 적혈구 세포막 보호효과를 radical scavenger activity(RSA)는 과산화 지질의 수준과 마찬가지로 두 실험군 사이에는 큰 차이가 없었으나, 비타민 E 보충 후에 두 군에서 모두 RSA가 증가하였으며 대조군에서 유의적이었다. 비타민 E 보충 섭취는 적혈구 항산화 효소들의 활성에 큰 영향을 미치지 않았으나, 적혈구 GSHPx의 활성은 오히려 감소한 것으로 나타났다.

총 백혈구수는 운동에 따른 차이가 없었으나 운동군에서 suppressor/cytotoxic T-cell의 백분율 감소로 인한 total T-cell의 백분율이 대조군보다 낮았으며 혈장내 면역 글로블린중 IgG와 IgM의 농도가 감소하였다. 이는 운동 선수들의 과다한 훈련이 면역 능력을 감소시킨 것으로 사료된다.

결론적으로, 하루 평균 6시간씩의 훈련을 받고 있는 유도 선수들과 같은 연령의 대조군의 안정시의 비타민 E 농도, 혈장 과산화물 농도 및 radical scavenger activity는 별 차이가 없었다. 그러나 운동을 하는 경우 면역력이 약화되는 경향을 보였다. 그리고 비타민 E를 보충하면 두군에서 모두 혈액의 항산화능은 증가하지만 면역능력에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

Literature cited

- Powell KE, Caspersen CJ, Koplan JP, Ford ES. Physical activity and chronic diseases. *Am J Clin Nutr* 49: 999-1006, 1989
- The Office of Disease Prevention and Health Promotion. U.S. Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Physical fitness and exercise. In: Disease Prevention/Health Promotion: The Facts, Bull Publishing, Palo Alto, CA, pp.30, 1988
- Sjokin B, Westing YH, Apple FS. Biochemical mechanisms for oxygen free radical formation during exercise. *Sports Med* 10(4): 236-254, 1990
- Halliwell B. Oxidants and human disease: Some new concepts. *FASEB J* 1: 358, 1987
- Freeman BA, Crapo JD. Biology of disease: Free radicals and tissue injury. *Lab Invest* 47: 412, 1982
- Singh VN. A current perspective on nutrition and exercise. *J Nutr* 122: 760, 1992
- Hill KE, Burk RF. Effect of selenium deficiency and vitamin E deficiency on glutathione metabolism in isolated rat hepatocytes. *J Biol Chem* 257: 10668-10672, 1982
- Kim HY. Effect of maternal selenium nutrition on pulmonary selenium, glutathione peroxidase, and phospholipid levels in neonatal rats. *Korean J Nutr* 27(9): 940, 1994
- Meydani NS, Beharka AA. Recent developments in vitamin E and immune response. *Nutr Rev* 56(1, part 11): S49-S58, 1998
- Bendich A, Gabriel E, Machlin LJ. Dietary vitamin E requirement for optimum immune response in the rat. *J Nutr* 116: 675-681, 1986
- Kowdley KV, Meydani SN, Cornwall SC, Grand RJ, Mason JB. Reversal of depressed T-lymphocyte function with repletion of vitamin E deficiency. *Gastroenterology* 102: 1-4, 1992
- Shephard RJ, Shek PN. Cancer, immune function and physical activity. *Can J Appl Physiol* 20(1): 1-25, 1995
- Pederson BK, Kappel M, Klokner M, Nielsen HB, Secher NH. The immune system during exposure to extreme physiologic conditions. *Int J Sports Med* 15(s3): s116-121, 1994
- Motchnik PA, Frei B, Ames BN. Measurement of antioxidants in human blood plasma. *Method in Enzymology* 234: 269-279, 1994
- Yagi K. Lipid peroxidation in biology and medicine. vol. 223. Ed by Lowenstein Press Inc. NY, 1982
- Corinne Regnault, Eric RR P, Gerald JP R, Rarie B, George FH. Influence of beta carotene, vitamin E and vitamin C on endogenous antioxidant defenses in erythrocytes. *Ann Pharmacother* 27: 1349-1350, 1993
- Paglia DE, Valentine WN. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *J Lab Clin Med* 70(1): 158-169, 1967
- Johansson LH, Hakan LA. A spectrophotometric method for determination of catalase activity in small tissue samples. *Analytical Biochem* 174: 331-336, 1988
- McCord JM, Fridovich I. Superoxide dismutase: an enzymic function for erythrocyte hemocuprein. *J Biol Chem* 244: 6049-6055, 1969
- Sternberg JC. A rate nephelometer for measuring specific proteins by immunoprecipitate reactions. *Clin Chem* 23: 1456, 1977
- Combs GF. The vitamins: Fundamental aspects in nutrition and health. pp.465, Academic Press, 1992
- HYP Kim. Effect of supplementation of antioxidant nutrients against oxidant stress during exercise. *Korean J Nutrition* 30(9): 1061-1066, 1997
- Kim Yj. Effects of vitamin E supplementation on antioxidant status and immune response with different aged women. Ewha womans university Dissertation, 1998
- Sumida S, Tanaka K, Kitao H, Nakadomo F. Exercise-induced lipid peroxidation and leakage of enzyme before and after vitamin E supplementation. *Int J Biochem* 21: 835, 1989
- Abella A, Messaoudi C, Laurent, Marot D, Chalas J, Breux J, Claise C. A method for simultaneous determination of plasma and erythrocyte antioxidant status. Evaluation of the antioxidant activity of vitamin E in health volunteers. *Br J Clin Pharmacol* 42(6): 737-741, 1996
- Simon E, Paul JL, Soni T, Simon A, Moatti N. Plasma and erythrocyte vitamin E content in asymptomatic hypercholesterolemic subjects. *Clin Chem* 43(2): 285-289, 1997
- Monget AL, Richard Mj, Cournot MP, Arnaud J, Farior A. Effect of 6 month supplementation with different combinations of antioxidant nutrients on biochemical parameters and markers of the antioxidant defense system in the elderly. *Eur J Clin Nutr* 50(7): 443-449, 1996
- Etsuo N, Yorihiro Y, Erika K, Keizo S. Membrane damage due to lipid oxidation. *Am J Clin Nutr* 53: 201S-205S, 1991
- Green Cross Reference Laboratory. Lab test directory: Clinical pathology selection and interpretation. Korea Medical Book Publisher, 1998
- Kim WK. Effects of vitamin E supplementation on immune response and antioxidant defense parameters in healthy elderly women. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28(4): 924-933, 1999
- Hong SC, Lee JK. Effects of aerobic sports on immune response and plasma composition. *Proceedings of Kor Soc Exer Nutr*, pp.49-70, 1998