

장기간의 지구성 훈련시 항산화 Vitamin 복합 투여가 혈중 항산화 효소 활성화도, 지질 과산화 및 지단백 대사에 미치는 영향

전남대학교 사범대학 체육교육과
김 유 섭

<Abstract>

The Effect of Long-term Endurance training and Antioxidant Combined Vitamin Supplementation on blood Antioxidant Enzymes Activity, Lipid Peroxidation and Lipoprotein metabolism

Kim, Yoo-Sub, PH. D

Department of Physical Education, College of Education, Chonnam National University

This study was to investigate the effect of long-term high intensity endurance training on the activation of antioxidation enzyme activity, lipid peroxidation and lipoprotein metabolism. 15 subjects were divided into, endurance exercise + antioxidation Vitamin supplement(n=5), endurance exercise(n=5), and the control(n=5) groups. The endurance exercise groups(endurance exercise + antioxidation Vitamin supplement and endurance exercise) had 12 week of endurance exercise program. The antioxidation Vitamin supplement group was taken a Vitamin C tablet with 1000mg/day and Vitamin E tablet with 671.14mg/day right after lunch.

The results obtained from this study were as follows;

1. Looking at the changes of SOD, Endurance exercise+antioxidation Vitamin supplement group and endurance exercise groups showed the significantly greater decrease in the activation of SOD after 12 weeks of all-out exercise.
2. Looking at the changes of CAT, Endurance exercise+antioxidation Vitamin supplement group revealed subjects tended to increase CAT after all-out exercise although statistically non-significant. Endurance exercise+antioxidation Vitamin supplement group showed the significantly greater increase in the activation of CAT after 12 weeks treatment for all-out exercise.
3. Looking at the changes of GPX, Endurance exercise+antioxidation Vitamin supplement group revealed subjects tended to increase GPX for the rest and after all-out exercise although statistically non-significant. Endurance exercise+antioxidation Vitamin supplement group showed the significantly greater increase in the activation of GPX after 12 weeks treatment for all-out exercise.

“이 논문은 2001년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음.(KRF-2001-041-100035)”

4. The MDA change showed the significant decrease after 6 weeks, after 12 weeks for the all-out exercise of Endurance exercise + antioxidation Vitamin supplement group.

5. There was non-significant change in lipoprotein metabolism for the rest and after all-out exercise.

I. 서 론

1. 연구의 필요성

최근에는 건강과 노화방지에 대한 연구가 활발해지고 운동의 효과뿐만 아니라 프리라디칼에 대한 연구가 시작되면서 프리라디칼에 대해 방어역할을 수행하는 항산화제(antioxidant) 효과에 대한 연구도 점증되고 있다(Ji, 1993).

활성산소는 인체의 정상 호흡과정과 대사과정에서도 끊임없이 생성되므로 우리 몸은 늘 그 독성에 노출되어 있으며, 다량의 산소를 사용하는 강도 높은 운동은 체내 에너지 대사의 증가에 따른 생리학적, 생화학적 및 조직 화학적 변화 등으로 효소의 활성도를 증가(Holloszy & Booth, 1976)시키는 것을 비롯하여 여러 가지 효소의 결합을 유발하여 유해한 영향을 줄 수 있는 것으로 보고(Bank et al., 1994)되고 있다.

특히 강도 높은 운동시 산화성 스트레스가 높아지면 효소성 항산화 기전에서 SOD, CAT, GPX 등의 항산화 효소가 산화성 스트레스로 인해 형성된 각종 유해물을 처리하는 작용을 하나 그 능력에는 한계가 있어 지나치게 많은 활성산소가 형성될 경우 그 유해성에 효과적으로 대응하지 못한다. 따라서 외부에서 추가적인 항산화제를 보충하여 항산화력을 높임으로써 활성산소의 유해성을 최소화시킬 필요가 있는데, 외부에서는 추가적으로 보충할 수 있는 비효소성 항산화제에는 Vitamin E(α -tocopherol), Vitamin C(ascorbic acid), β -carotene, glutathione 등과 같은 활성산소의 활성을 저해할 수 있는 물질들이다. 외부에서 보충하는 항산화제는 항산화 효소와는 달리 생체내에서 자연 발생되지 않기 때문에 음식이나 약물로서 섭취하여야 하며, 항산화 효소와 함께 산화적 스트레스(oxidative stress)에 대한 강력한 제거제로서의 역할을 한다고 알려져 있다(Kanter et al, 1993; Reid et al., 1994). 특히 외부적 항산화제중 Vitamin E와 C는 가장 뛰어난 항산화 능력을 가지고 있는 것으로 평가되고 있다(Packer, 1992).

비타민 E는 독성이 없으며, 미토콘드리아 막에 존재하면서 프리라디칼의 연쇄반응을 차단하는 강력한 차단제(Ji, 1996)로 지용성 비타민이며, 세포막 지질의 산화적 손상에 대하여 프리라디칼과 반응하여 조직손상을 예방한다(Packer, 1991). 또한 비타민 E의 잠재적 항산화 기능은 과산화물(superoxide), 과산화수소(hydrogen peroxide), 수산화 라디칼(hydroxyl radical) 등을 포함하는 대부분의 활성산소를 직접적으로 순화시킴으로서 산화적 스트레스를 약화시키는 작용을 한다(Burton & Ingold, 1989).

또한 항산화제로서의 비타민 C의 보충은 다량의 복용으로도 독성이 없다는 점 때문에 많은 관심을 일으키고 있다. 비타민 C는 비타민 E를 재생산하는 역할을 가지고 있고(Niki et al., 1995), 자체의 항산화 능력도 탁월한 것으로 알려져 있다.

Gohil 등(1986)은 쥐의 트레이닝 중 Vitamin E 부족과 Vitamin C 보충의 효과를 연구하

였다. 그들은 Vitamin C의 섭취만으로는 지구성 운동시간의 증가를 가져올 수 없으며, 미토콘드리아 기능의 조직 특이적인 변화는 Vitamin E 부족에 의해 유발된다고 보고하였다. 이는 Vitamin E와 C를 복합섭취 하였을 때 그 상호효과에 의해 항산화 효과를 높일 수 있음을 증명하는 것이다. 이처럼 비타민 C와 E의 강력한 산화력이 보고되고, 이들이 산화적 스트레스에 대하여 인체를 보호할 수 있는 것으로 보고됨에 따라 많은 관심이 집중되고 있다.

또한 지질 대사는 여러 가지 입자의 합성과 분해에 영향을 줄 수 있는 다양한 생리적 요인에 의해 조절되며, 이러한 여러 가지 요인 중에 나이, 유전, 호르몬, 음식구성, 칼로리섭취, 알콜소비, 흡연, 약물복용, 신체구성, 운동 등이 영향을 미치는 것(Superko, 1991)으로 보고되고 있다. 지질은 운동에 필요한 주 연료(Bowers et al., 1988)이며, 신체적인 운동에 의해 영향을 받는다(Dufax et al., 1982).

그리고 혈장 지질과 지단백질의 효과와 최적의 건강상태와 운동수행능력에 미치는 영향을 강조한 연구가 보고(Murray et al., 1989)되고 있으나, 운동이 어떻게 지질과 지단백질의 수준을 변화시킬 수 있는지에 대해서는 아직도 많은 부분이 미해결의 문제로 남아 있다(Grundy, 1990).

따라서 본 연구는 12주 동안 고강도 지구성운동을 실시하고 있는 여고농구선수에게 항산화 작용을 하는 비타민 E와 C를 지속적으로 투여한 후, 최대점증부하운동에 의해 안정시와 탈진직후에 있어서의 항산화효소 활성화도, 지질 과산화 및 지질 대사를 분석함으로써 장기간의 고강도 지구성운동시 항산화제의 복용에 따른 산화적 손상 방지 및 제거와 항산화제 투여 효과, 지단백대사의 변화를 알아보고, 스포츠 현장에서 트레이닝시, 또는 운동처방시 과학적인 지침을 제공하는데 있다.

II. 연구방법

1. 연구의 대상

본 연구의 대상자는 의학적 진단을 통하여 특별한 질환이 없으며, 통제집단은 전문적인 운동 프로그램에 참여하지 않았던 건강한 여고생 5명으로 하였으며, 운동집단과 운동+항산화제집단은 5년이상 농구선수 경력이 있는 여고농구선수 5명씩으로 하였다. 피험자들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 피험자의 신체적 특성

Item Group	나이 (yr)	신장 (cm)	체중 (kg)	체지방률 (%)
통제집단(n=5)	17.80±0.70	162.32±2.71	56.86±4.91	24.62±2.55
운동집단(n=5)	17.80±0.52	172.27±4.65	67.57±5.55	19.99±3.72
운동+항산화제 집단(n=5)	17.20±0.45	172.24±3.86	67.32±5.25	20.38±3.83

means ± SD

2. 실험 설계

본 연구는 고강도 지구성 운동을 수행하고 있는 여고농구선수를 대상으로 항산화비타민 복합 투여에 따른 처치기간과 측정시기별 안정시와 최대점중운동부하에 의한 탈진운동 직후의 SOD, CAT, GPX 활성도와 지질 과산화물인 MDA 수준 그리고 지단백대사에 미치는 변화양상을 알아보기 위하여, 통제집단, 운동집단, 운동+항산화제집단으로 각각 5명씩 구분하였다. 통제집단은 본 연구에 착수하기 전부터 실험이 끝날 때까지 일상적이고 정상적인 생활을 영위하기 위한 신체적 활동만을 하도록 하였다.

12주동안 운동집단과 운동+항산화제집단의 1일 지구성 운동프로그램은 <표 2>와 같다.

표 2. 1일 지구성 운동 프로그램

구 분	내 용	시기	1~6주	7~12주
준비운동	체조, 스트레칭			
본운동	Running, Strait course Running, Cross course Running, Zig Zag course Running, Strait running, Side step, Back step, Two man running pass, Three man running pass, Backboard, Tap and running, 1:1 Offense, 2:1 Offense and Defense, 3:2 Offense and Defense	오전	150분	180분
정리운동	자유체조, 스트레칭			
준비운동	체조, 스트레칭			
본운동	5:5 Game, Shooting, 1:1 Offense, 2:1 Offense and Defense, 3:2 Offense and Defense	오후	150분	180분
정리운동	자유체조, 스트레칭			

3. 운동부하방법 및 채혈

운동부하방법은 12주동안의 측정시기별로 최대점중부하운동을 실시하였는데, 최대점중부하방법은 트레이드밀에서 점중적으로 운동강도를 증가시켜 탈진될 때까지 운동을 실시하게 하였다. 이러한 운동은 최대운동검사 방법인 Bruce protocol (1973)을 이용하였다.

측정항목의 분석을 위한 채혈은 사전(0주), 6주후, 12주후에 각각 전체 피험자들을 최소한 12시간동안 공복을 유지시켜 식이의 영향을 최소화하고, 채혈 전 24시간 이내의 운동을 금지하여 운동이 측정변인에 미치는 영향을 최소화한 상태에서 혈액채취 1시간 전에 실험실에 도착하여 30분 이상 충분히 안정을 취한 후 피험자가 바로 누운 상태에서 전완주정맥 (antecubital vein)에서 1회용 주사기를 이용하여 약 10ml씩 안정시와 탈진직후에 각각 채혈하였다.

4. 항산화비타민 복합 투여방법

본 실험에 사용된 항산화 비타민제는 비타민 C와 비타민 E 였으며, 사전검사 후, 다음날 부터 운동+항산화제집단에 대해서 피험자에게 12주동안 경구 투여하였다.

Y사 비타민 C 단일제제 1000mg/day(진영수 등, 1999; Bramich & Mcnaughton, 1987; Inukai, 1977)과 H사 비타민 E 단일제제 671.14mg/day(진영수 등 1999; 오봉석, 1997; Shepard et al., 1974; Talbot & Jamieson, 1977)를 점심식사 후에 매일 섭취하였다. 피험자들은 항산화비타민 복합 투여기간 중 부가적인 기타 약물을 복용하지 못하도록 하였다.

5. 측정항목 분석방법

1) 측정항목

가) 항산화 효소 : SOD(Superoxide dismutase), CAT(Catalase), GPX(Glutathione peroxidase)

나) 지질 과산화물 : MDA(malondialdehyde)

다) 지단백대사 : TC(Total cholesterol), TG(Triglyceride), HDL-C, LDL-C,

2) 분석방법

SOD 분석은 Sample을 원심분리기에 헤파린 처리된 전혈 3ml를 3000rpm으로 10분간 원심분리가 끝나면 상층액을 제거하고, 검체를 자동분석기(COBAS MIRA)를 이용하여 분석하였다.

CAT 분석은 SST tube로 채혈한 뒤 3000rpm에서 10분간 4℃로 원심분리하여 Enzymatic 방법에 의해 Photometer 4020(Japan)을 이용하여 분석하였다.

GPX 분석은 Kit속에 들어 있는 reagent diluent 1ml에 헤파린 처리된 전혈 0.05mL를 5분간 실온에서 배양하고, 위의 용액에 double strength Drabkin's solution 1mL을 추가한 후 20분 이내에 자동분석기(COBAS MIRA)로 분석하였다. 자동분석기에서 나온 값에 21배를 곱해주고(검체 희석배수), 이것을 Hb 농도에 10을 곱한 값으로 나누어 최종 결과치를 산출하였다.

MDA 분석은 Oxis사(USA)의 BIOXTECH LPO-586 Kit를 사용하여 sample 및 sample blank에 200μL씩 검체를 분주하고 reagent blank에 증류수 (D.W)200μL씩 분주한 후 0.5M butylated hydroxytoluene을 10μL씩 sample, standard, reagent blank에 분주하고, 희석된 R1 reagent를 650μL standard, sample, reagent blank에 각각 분주한 후, 혼합한 다음, 36% HCL 150μL씩 분주하고, 45℃에서 60분간 배양시킨 후, 표본을 얼음에 식힌 후 15,000×g에서 10분간 원심분리하여 상층액을 cuvette에 옮긴 후 586nm에서 흡광도를 측정하였다.

HDL-C과 LDL-C의 분석은 HITACHI 7150(Japan)의 자동분석기를 이용하였으며, TC와 TG의 분석은 HITACHI 747(Japan)의 자동분석기를 이용하였다.

6. 자료 처리

자료처리는 PC-SAS를 이용하여 측정항목에 대한 평균과 표준편차를 구하고, 각 집단별 처치기간별 측정결과는 다음과 같은 방법에 의해 통계처리하였다. 각 집단별 처치기간별 각 변인에 대한 변화는 One-Way ANOVA를 실시하였으며, 집단별 처치기간에 따른 유의한 차에 대해서는 사후검증(Duncan's multiple range test)를 실시하였다. 각 집단간, 처치기간에 따른 각 변인에 대한 변화는 반복측정변량분석(repeated ANOVA)을 실시하여 분석하

였으며, 처치기간간 효과분석을 위하여 집단(2)×측정시기(2)에 대해 two-way ANOVA를 실시하였다. 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

Ⅲ. 연구결과

본 연구는 지구성 운동시 항산화 비타민 복합투여가 항산화효소 활성화, 지질 과산화 그리고 지단백대사에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 12주 동안 운동+항산화제집단에 대해 항산화 비타민을 복합투여하여 모든 피험자에 대해 0주, 6주후, 12주후에 각각 측정된 결과는 다음과 같다.

1. 항산화효소 활성화도와 지질 과산화의 변화

1) 안정시 항산화효소 활성화도와 지질 과산화의 변화

12주간의 지구성 운동시 항산화 비타민 복합투여에 따른 안정시 항산화효소 활성화도와 지질 과산화의 변화는 <표 3>과 같다.

안정시 SOD 활성화도의 집단별, 처치기간에 따른 변화에서는 통제집단에서 기간에 따라 유의한 변화를 보이지 않았으며, 운동집단에서는 0주에는 $831.20 \pm 76.95 \text{u/g} \cdot \text{Hb}$ 에 비하여 6주 후에는 $792.20 \pm 50.32 \text{u/g} \cdot \text{Hb}$ 로, 12주 후에는 $751.20 \pm 58.80 \text{u/g} \cdot \text{Hb}$ 로 감소하였으나 유의한 변화는 보이지 않았으며, 운동+항산화제집단에서는 0주에는 $828.20 \pm 101.50 \text{u/g} \cdot \text{Hb}$ 에 비하여 6주 후에는 $789.60 \pm 89.97 \text{u/g} \cdot \text{Hb}$ 로, 12주 후에는 $721.20 \pm 68.27 \text{u/g} \cdot \text{Hb}$ 로 감소하였으나 유의한 변화는 보이지 않았다. 처치기간에 따른 집단간의 비교에서는 12주후에 통제집단에 비해서 운동집단, 운동+항산화제집단이 유의하게($p < .01$) 낮게 나타났다.

안정시 CAT 활성화도의 집단별, 처치기간에 따른 변화에서는 통제집단에서 기간에 따라 유의한 변화를 보이지 않았으며, 운동집단에서는 0주에는 $50.24 \pm 8.26 \text{ku/L}$, 6주 후에 $57.36 \pm 17.94 \text{ku/L}$, 12주 후에 $55.10 \pm 12.42 \text{ku/L}$ 로 유의한 변화를 보이지 않았으며, 운동+항산화제집단에서는 0주의 $52.10 \pm 21.89 \text{ku/L}$ 에 비하여 6주 후에 $59.78 \pm 21.52 \text{ku/L}$, 12주 후에 $63.94 \pm 18.79 \text{ku/L}$ 로 증가하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 변화는 보이지 않았다. 처치기간에 따른 집단간의 비교에서는 0주, 6주후, 12주후에 통제집단에 비하여 운동집단, 운동+항산화제집단이 유의하게($p < .05$) 높게 나타났다.

안정시 GPX 활성화도의 집단별, 처치기간에 따른 변화에서는 통제집단, 운동집단, 운동+항산화제집단은 기간에 따라 모두 유의한 변화를 보이지 않았으나, 처치기간에 따른 집단간의 비교에서는 0주, 6주후, 12주후에 통제집단에 비하여 운동집단, 운동+항산화제집단이 유의하게($p < .05$) 높게 나타났으며, 12주후의 운동+항산화제집단에서 다른 집단에 비해 가장 높은 수준을 나타내었다.

안정시 MDA의 집단별, 처치기간에 따른 변화에서는 통제집단, 운동집단, 운동+항산화제집단은 처치기간에 따라 모두 유의한 변화를 보이지 않았으며, 처치기간에 따른 집단간의 비교에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다.

표 3. 12주간의 지구성 운동시 항산화 비타민 복합투여에 따른 안정시 항산화효소 활성도와 지질 과산화의 변화

변인	집단	0주(사전) ^A	6주 처치후 ^B	12주 처치후 ^C	F	P	post-hoc
SOD (u/g·Hb)	통제집단 ^a	871.00±87.10	892.60±78.57	894.20±87.13	0.12	0.89	
	운동집단 ^b	831.20±76.95	792.20±50.32	751.20±58.80	2.02	0.18	
	운동+항산화제 ^c	828.20±101.50	789.60±89.97	721.20±68.27	1.91	0.19	
	F	0.36	3.08	8.16			
	P	0.71	0.08	0.01			
	post-hoc			A:B,C			
CAT (ku/L)	통제집단 ^a	28.44±5.07	29.08±7.67	30.92±3.16	0.26	0.77	
	운동집단 ^b	50.24±8.26	57.36±17.94	55.10±12.42	0.36	0.70	
	운동+항산화제 ^c	52.10±21.89	59.78±21.52	63.94±18.79	0.42	0.67	
	F	4.53	5.18	8.48			
	P	0.03	0.02	0.01			
	post-hoc	A:B,C	A:B,C	A:B,C			
GPX (u/g·Hb)	통제집단 ^a	90.60±10.33	92.80±9.23	87.60±12.05	0.30	0.74	
	운동집단 ^b	139.20±22.65	135.20±21.02	128.20±22.92	0.31	0.74	
	운동+항산화제 ^c	140.20±20.07	136.00±9.93	144.80±16.05	0.38	0.69	
	F	11.79	14.65	13.99			
	P	0.01	0.01	0.01			
	post-hoc	A:B,C	A:B,C	A:B,C			
MDA (u/umol)	통제집단 ^a	1.00±0.22	0.96±0.22	0.99±0.21	0.04	0.96	
	운동집단 ^b	0.84±0.38	0.67±0.35	0.81±0.18	0.40	0.68	
	운동+항산화제 ^c	0.76±0.30	0.63±0.31	0.74±0.29	0.22	0.80	
	F	0.81	1.83	1.64			
	P	0.47	0.20	0.24			
	post-hoc						

2) 탈진직후 항산화효소 활성도와 지질 과산화의 변화

12주간의 지구성 운동시 항산화 비타민 복합투여에 따른 탈진시 항산화효소 활성도와 지질과산화의 변화는 <표 4>와 같다.

탈진직후 SOD 활성도의 집단별, 처치기간에 따른 변화에서 통제집단에서는 기간에 따라 유의한 변화를 보이지 않았으며, 운동집단에서는 0주에는 834.20±89.40u/g·Hb에 비하여 6주 후에는 688.60±20.50u/g·Hb로, 12주 후에는 698.80±61.19u/g·Hb로 유의하게(p<.01) 감소하였으며, 운동+항산화제집단에서는 0주에는 807.80±62.02u/g·Hb에 비하여 6주 후에는 752.02±49.50u/g·Hb로, 12주 후에는 686.80±46.31u/g·Hb로 유의하게(p<.01) 감소하였다. 처치기간에 따른 집단간의 비교에서는 6주후와 12주후에 통제집단에 비해서 운동집단, 운동+항산화제집단에서 유의하게(p<.01) 낮게 나타났다.

탈진직후 CAT 활성도의 집단별, 처치기간에 따른 변화에서 통제집단에서는 기간에 따라 유의한 변화를 보이지 않았으며, 운동집단에서는 0주에 66.66±23.04ku/L에 비하여 6주 후에 70.86±17.98 ku/L, 12주 후에 76.08±17.10 ku/L로 유의한 변화를 보이지 않았으며, 운동+항산

화제집단에서는 0주에 65.02±28.46 ku/L에 비하여 6주 후에 80.24±18.60 ku/L, 12주 후에 88.76±15.25 ku/L로 점차적으로 증가하였으나 유의한 변화는 보이지 않았다. 기간에 따른 집단간의 비교에서는 12주후에 통제집단과 운동집단에 비하여 운동+항산화제집단이 유의하게 (p<.05) 높게 나타났다.

탈진직후 GPX 활성도의 집단별, 처치기간에 따른 변화에서 통제집단에서는 기간에 따라 유의한 변화를 보이지 않았으며, 운동집단에서는 0주에는 133.60±26.16u/g·Hb, 6주 후에 121.80±21.74 u/g·Hb, 12주 후에 111.80±14.96u/g·Hb로 점차적으로 감소하였으나 유의한 변화는 보이지 않았다. 운동+항산화제집단에서는 0주에는 140.80±20.74u/g·Hb, 6주 후에 144.00±25.78 u/g·Hb, 12주 후에 142.00±20.31 u/g·Hb로 유의한 변화를 보이지 않았다. 기간에 따른 집단간의 비교에서는 0주와 6주후의 통제집단에 비하여 운동집단, 운동+항산화제집단이 유의하게(p<.05) 높게 나타났으며, 12주 후에는 운동+항산화제집단이 운동집단, 통제집단보다 유의하게(p<.05) 가장 높게 나타났다.

표 4. 12주간의 지구성 운동시 항산화 비타민 복합투여에 따른 탈진직후 항산화효소 활성도와 지질 과산화의 변화

변인	집단	0주(사전) ^A	6주 처치후 ^B	12주 처치후 ^C	F	P	post-hoc
SOD (u/g·Hb)	통제집단 ^a	908.20±91.84	885.60±57.35	910.40±44.49	0.21	0.82	
	운동집단 ^b	834.20±89.40	688.60±20.50	698.80±61.19	8.15	0.01	a:b,c
	운동+항산화제 ^c	807.80±62.02	752.02±49.50	686.80±46.31	6.52	0.01	c:a,b
	F	2.00	24.63	30.16			
	P	0.18	0.01	0.01			
	post-hoc		A:B,C	A:B,C			
CAT (ku/L)	통제집단 ^a	69.04±12.61	60.78±10.34	65.14±10.22	0.69	0.52	
	운동집단 ^b	66.66±23.04	70.86±17.98	76.08±17.10	0.29	0.75	
	운동+항산화제 ^c	65.02±28.46	80.24±18.60	88.76±15.25	1.56	0.25	
	F	0.04	1.83	3.33			
	P	0.96	0.20	0.07			
	post-hoc			C:A,B			
GPX (u/g·Hb)	통제집단 ^a	73.20±12.60	74.20±10.18	71.40±13.37	0.07	0.93	
	운동집단 ^b	133.60±26.16	121.80±21.74	111.80±14.96	1.29	0.31	
	운동+항산화제 ^c	140.80±20.74	144.00±25.78	142.00±20.31	0.03	0.97	
	F	16.24	15.37	23.09			
	P	0.01	0.01	0.01			
	post-hoc	A:B,C	A:B,C	A:B:C			
MDA (u/umol)	통제집단 ^a	1.72±0.17	1.77±0.16	1.88±0.19	1.09	0.37	
	운동집단 ^b	1.17±0.42	1.13±0.43	1.14±0.41	.002	0.98	
	운동+항산화제 ^c	1.19±0.16	0.75±0.20	0.78±0.17	10.07	0.01	a:b,c
	F	6.44	15.99	21.51			
	P	0.01	0.01	0.01			
	post-hoc	A:B,C	A:B,C	A:B,C			

탈진직후 MDA의 집단별, 처치기간에 따른 변화에서 통제집단과 운동집단에서는 기간에 따라 유의한 변화를 보이지 않았으며, 운동+항산화제집단에서는 0주에는 1.19±0.16u/umol에 비하여 6주 후에는 0.75±0.20u/umol로, 12주 후에는 0.78±0.17u/umol로 유의하게(P<.01) 감소하였다. 기간에 따른 집단간의 비교에서는 0주, 6주후, 12주후에 통제집단에 비하여 운동집단, 운동+항산화제집단이 유의하게(p<.05) 낮게 나타났다.

2. 지단백대사의 변화

1) 안정시 지단백대사의 변화

12주간의 지구성 운동시 항산화 비타민 복합투여에 따른 안정시 지단백대사의 변화는 <표 5>와 같다.

표 5. 12주간의 지구성 운동시 항산화 비타민 복합투여에 따른 안정시 지단백대사의 변화

변인	집단	0주(사전) ^A	6주 처치후 ^B	12주 처치후 ^C	F	P	post-hoc
TC (mg/dl)	통제집단 ^a	165.40±16.21	168.80±23.21	176.80±17.11	0.49	0.63	
	운동집단 ^b	163.60±26.28	158.60±17.66	168.60±25.12	0.23	0.80	
	운동+항산화제 ^c	158.60±20.28	146.20±18.43	148.20±16.81	0.64	0.54	
	F	0.14	1.51	2.70			
	P	0.87	0.26	0.11			
	post-hoc						
HDL (mg/dl)	통제집단 ^a	49.20±5.81	52.00±6.32	52.40±7.80	0.34	0.72	
	운동집단 ^b	66.40±8.93	60.00±8.75	68.40±10.43	1.09	0.37	
	운동+항산화제 ^c	62.60±10.48	60.00±7.84	63.40±9.40	0.18	0.84	
	F	5.48	1.80	3.90			
	P	0.02	0.21	0.05			
	post-hoc	A:B,C		A:B,C			
LDL (mg/dl)	통제집단 ^a	81.20±13.22	82.20±17.78	82.20±12.93	0.01	0.99	
	운동집단 ^b	88.40±13.22	93.60±7.16	94.00±12.79	0.38	0.70	
	운동+항산화제 ^c	88.80±14.17	85.80±15.19	82.60±10.64	0.26	0.77	
	F	0.41	0.80	1.52			
	P	0.68	0.47	0.26			
	post-hoc						
TG (mg/dl)	통제집단 ^a	60.40±11.39	61.60±7.02	60.20±10.66	0.03	0.97	
	운동집단 ^b	57.80±17.85	52.00±19.51	58.80±17.02	0.20	0.82	
	운동+항산화제 ^c	51.00±5.43	48.60±6.80	54.40±13.58	0.49	0.63	
	F	0.74	1.43	0.23			
	P	0.50	0.28	0.80			
	post-hoc						

안정시 TC의 집단별, 처치기간에 따른 변화에서는 통제집단, 운동집단, 운동+항산화제집단은 기간에 따라 모두 유의한 변화를 보이지 않았으며, 처치기간에 따른 집단간의 비교에서도 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다.

안정시 HDL의 집단별, 처치기간에 따른 변화에서는 통제집단, 운동집단, 운동+항산화제집단은 기간에 따라 모두 유의한 변화를 보이지 않았으며, 처치기간에 따른 집단간의 비교에서 0주와 12주후에 통제집단에 비하여 운동집단, 운동+항산화제집단이 유의하게($p<.05$) 높게 나타났다.

안정시 LDL의 집단별, 처치기간에 따른 변화에서는 통제집단에서 기간에 따라 유의한 변화를 보이지 않았으며, 운동집단에서는 0주에는 $88.40\pm 13.22\text{mg/dl}$ 에 비하여 6주 후에는 $93.60\pm 7.16\text{mg/dl}$ 로, 12주 후에는 $94.00\pm 12.79\text{mg/dl}$ 로 증가하는 경향을 보였으나 유의한 변화를 보이지 않았으며, 운동+항산화제집단에서는 0주에는 $88.80\pm 14.17\text{mg/dl}$ 에 비하여 6주 후에는 $85.80\pm 15.19\text{mg/dl}$ 로, 12주 후에는 $82.60\pm 10.64\text{mg/dl}$ 로 감소하는 경향을 보였으나 유의한 변화는 보이지 않았다. 처치기간에 따른 집단간의 비교에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다.

표 6. 12주간의 지구성 운동시 항산화 비타민 복합투여에 따른 탈진직후 지단백대사의 변화

변인	집단	0주(사전) ^A	6주 처치후 ^B	12주 처치후 ^C	F	P	post-hoc
TC (mg/dl)	통제집단 ^a	183.00±8.28	183.40±22.97	181.40±31.93	0.01	0.99	
	운동집단 ^b	186.00±33.26	177.40±22.88	191.40±30.44	0.29	0.75	
	운동+항산화제 ^c	182.00±26.48	161.80±16.56	172.20±20.73	1.09	0.37	
	F	0.03	1.41	0.58			
	P	0.97	0.28	0.57			
	post-hoc						
HDL (mg/dl)	통제집단 ^a	54.00±6.21	58.00±5.87	58.60±6.95	0.77	0.48	
	운동집단 ^b	75.40±9.18	68.60±13.54	69.60±10.71	0.53	0.60	
	운동+항산화제 ^c	68.80±13.99	63.40±11.93	68.80±9.83	0.34	0.72	
	F	5.66	1.17	2.17			
	P	0.02	0.34	0.16			
	post-hoc	A:B,C					
LDL (mg/dl)	통제집단 ^a	92.80±18.38	102.40±22.80	100.00±16.43	0.33	0.72	
	운동집단 ^b	108.80±17.50	106.80±8.17	103.40±9.71	0.24	0.79	
	운동+항산화제 ^c	95.80±12.44	92.60±9.29	95.60±13.16	0.12	0.89	
	F	1.36	1.18	0.43			
	P	0.29	0.34	0.66			
	post-hoc						
TG (mg/dl)	통제집단 ^a	66.20±9.65	81.40±18.90	75.80±12.40	1.47	0.27	
	운동집단 ^b	60.00±14.14	53.80±24.67	76.40±21.15	1.63	0.24	
	운동+항산화제 ^c	60.20±9.42	63.20±9.86	73.40±21.30	1.12	0.36	
	F	0.49	2.78	0.04			
	P	0.63	0.10	0.97			
	post-hoc	A:B,C					

안정시 TG의 집단별, 처치기간에 따른 변화에서는 통제집단, 운동집단, 운동+항산화제집단은 기간에 따라 모두 유의한 변화를 보이지 않았으며, 처치기간에 따른 집단간의 비교에서도 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다.

2) 탈진직후 지단백대사의 변화

12주간의 지구성 운동시 항산화 비타민 복합투여에 따른 탈진시 지단백대사의 변화는 <표 6>과 같다.

탈진직후 TC의 집단별, 처치기간에 따른 변화에서 통제집단, 운동집단, 운동+항산화제집단에서는 기간에 따라 유의한 변화를 보이지 않았으며, 처치기간에 따른 집단간의 비교에서도 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다.

탈진직후 HDL의 집단별, 처치기간에 따른 변화에서 통제집단, 운동집단, 운동+항산화제집단에서는 기간에 따라 유의한 변화를 보이지 않았으며, 처치기간에 따른 집단간의 비교에서는 0주에 통제집단에 비하여 운동집단, 운동+항산화제집단이 유의하게($p<.05$) 높게 나타났다.

탈진직후 LDL의 집단별, 처치기간에 따른 변화에서 통제집단, 운동집단, 운동+항산화제집단에서는 기간에 따라 유의한 변화를 보이지 않았으며, 처치기간에 따른 집단간의 비교에서도 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다.

탈진직후 TG의 집단별, 처치기간에 따른 변화에서 통제집단, 운동집단, 운동+항산화제집단에서는 기간에 따라 유의한 변화를 보이지 않았으며, 기간에 따른 집단간의 비교에서는 6주에 통제집단에 비하여 운동집단, 운동+항산화제집단이 유의하게 ($p<.05$) 낮게 나타났다.

V. 논의

1. 항산화 비타민 복합 투여와 항산화효소 활성화

SOD는 superoxide anion($O_2^- \cdot$)을 수소원자(H^+)와 반응시켜 과산화 수소(H_2O_2)와 산소분자(O_2)로 만드는 작용을 통해 항산화 작용을 하는데 그 작용의 중요성으로 인해 산화적 스트레스에 대한 지표로서 현재까지 가장 많이 측정되고 있는 물질 중의 하나이다(DeRosa et al., 1980 ; Keem et al., 1985 ; Lioyd 1999 ; Singh et al., 1998).

Jenkins 등(1984)은 고강도 운동을 하면서 항산화 비타민 복합섭취를 한 집단의 경우는 고강도 운동을 함으로서 체내 산화적 스트레스가 가중되었음에도 불구하고 항산화 비타민 복합섭취를 통해 산화적 스트레스를 억제했기 때문에 SOD의 체내 활성이 고강도 운동을 하면서 항산화 비타민 복합섭취를 하지 않은 집단과 차이를 나타내고 있다고 보고하였으며, 정덕조 등(1999)은 고강도 운동과 항산화 비타민 복합섭취를 한 집단은 운동직후에도 운동을 하지 않는 집단이나 저강도 운동집단보다 SOD의 생성이 증가한 반면, 고강도 운동과 비타민 복합섭취를 하지 않은 집단은 운동직후에 SOD의 생성이 크지 않는 것으로 나타났다고 보고하였다. 이는 고강도 운동을 하면서 항산화 비타민 복합섭취를 하지 않은 집단의 경우 고강도 운동에 의해 체내 산화적 스트레스가 가중되어 이를 억제하기 위한 체내 항산화 효소인 SOD가 프리라디칼 제거제로 많이 사용하기 때문이라고 하였다.

탈진운동은 SOD를 감소시키며(Ohno et al., 1992; Cooper et al., 1986), 지질 과산화가 증

가한다는 보고(Alessio & Goldfarb, 1988)가 있는 반면, 탈진 후 활성산소가 생성되지만, SOD 또한 증가하여 인체의 방어역할이 공존하며(Davies et al., 1982), 탈진운동에 따른 내피세포의 SOD는 산소 프리라디칼에 의해 활성화된다(김희수, 1994)고 하였다.

이러한 선행연구결과를 종합하여 SOD 활성도의 변화를 보면, 본 연구결과에서 나타난 바와 같이 운동집단과 운동+항산화제집단의 6주후와 12주후의 탈진직후 SOD 활성도가 유의하게 감소하였는데, 이는 12주동안 항산화제를 투여함으로써 항산화효소에 영향을 주지 못하였다(Tiidus & Houston, 1995)는 연구 결과와 일치하며, 장기적인 항산화제 투여는 SOD의 활성을 높인다는 연구결과(Engle et al., 1988; Anderson et al., 1994; Duval & Poelman, 1995)와는 상반되고 있고, 본 연구에서는 항산화 비타민 복합투여와 상관없이 지구성 운동 집단은 모두 감소하는 경향을 보였는데, 이는 고강도 지구성 운동을 수행하는 운동선수들에게 있어서 항산화 비타민의 복합투여는 SOD의 활성에 긍정적인 영향을 미치지 못한 것으로 보이며, 지나친 고강도 지구성 훈련은 SOD 활성을 저해한 것으로 사료되나, 연구대상, 연령, 항산화제의 투여시기, 투여량, 채혈시기나 부위, 인체내의 복잡한 단백질과 다른 항산화 효소들의 관계들을 고려해 볼 때 더 깊은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

CAT는 H_2O_2 가 더 강력한 라디칼을 형성할 수 있는데, 이런 작용을 무독화시키는데 필요한 효소이다(Kono & Fridovich 1982). Nohl 등(1979)은 CAT가 peroxisom 외에 미토콘드리아에서도 SOD, GPX와 함께 발견된 것은 지질 과산화에 의한 미토콘드리아의 손상을 예방하는 상승효과(synergistic effect)가 있음을 보고하였다.

특히 SOD와 CAT중 어느 하나에 의해서 수산화 라디칼 형성이 부분적으로 저해되지만, 두 효소에 의해서는 저해효과가 더욱 높다고 보고하였다(Nohl et al., 1978; Beauchamp & Fridovich, 1970).

장거리 운동선수들에게 4주동안 하루 400IU의 비타민 E를 보충 섭취시킨 Rokitzki 등(1994)의 연구에서는 혈청과 적혈구의 CAT 활성에는 유의한 영향을 미치지 않았다고 보고하였으며, 비타민 E 보충에 의해 쥐의 혈장과 골격근에서의 지질과산화 증가는 억제되고 white fast-twitch muscle에서의 CAT 활성은 증가하였다(Brady et al., 1979; Dillard et al., 1977; Packer, 1984; Sumida et al., 1989).

이러한 선행연구결과를 종합하여 CAT 활성도의 변화를 보면, 본 연구결과에서 나타난 바와 같이 안정시와 탈진직후의 운동+항산화제집단에서는 측정시기별로 점차 증가하는 경향을 보였고, 운동+항산화제집단이 운동집단에 비하여 탈진직후의 CAT 활성도에서 12주후에는 유의하게 높은 활성도를 보였고, 안정시 12주 후의 CAT 활성도에서도 운동+항산화제집단이 다른 집단에 비해 높은 활성도를 보였다.

이는 장기적인 항산화제 투여는 항산화 효소의 활성을 높여 생체막의 손상을 감소할 수 있다는 연구결과(Engle et al., 1988; Anderson et al., 1994; Duval & Poelman, 1995; 오봉석, 1997)와 일치하고 있으며, 항산화제를 투여할 경우 탈진적인 지구성 운동시 근상해를 줄이고 운동 후 회복을 촉진(Tiidus & Houston, 1995)시키며, 운동으로 인한 산화성 상해를 감소시켜 단백질 산화를 감소시킬 수 있다는 연구결과(Kumar et al., 1992; Reznich et al., 1992)를 지지하고 있다.

GPX는 지질 과산화 반응을 일으키는데 관여하는 H_2O_2 를 H_2O 로, free fatty acid hydroperoxide를 hydroxy lipid로 환원시켜 제거함으로써 과산화물의 해독 기능을 갖으며(Tappel, 1978), 세포내에서 thiol과 GR(gluthathione reduced)에 의해 이루어지고 gluthathione 항상성 유지에도 중요한 역할을 하는 항산화 효소이다(Sen et al., 1992). CAT

와 GPX는 SOD 불균형 반응에 의해 생성된 과산화수소를 물과 산소로 만드는 작용을 한다 (Flohe, 1982).

Kummar(1992)는 쥐를 대상으로 60일간 비타민 E를 처치한 결과 고강도 운동 후 GPX의 현저한 증가가 나타났다고 보고하였으나, 장거리 운동선수들에게 4주동안 하루 400IU의 비타민 E를 보충 섭취시킨 Rokitzki 등(1994)의 연구에서는 혈청과 적혈구의 GPX 활성화에는 유의한 영향을 미치지 않았으며, 비타민 E 보충에 의해 쥐의 혈장과 골격근에서의 지질과산화 증가는 억제되고 혈장과 red fast-twitch muscle에서의 GPX 활성화는 감소되었다(Brady et al., 1979; Dillard et al., 1977; Packer, 1984; Sumida et al., 1989)고 보고하였다.

이러한 선행연구결과를 종합하여 GPX 활성화도의 변화를 보면, 본 연구결과에서 나타난 바와 같이 안정시와 탈진직후의 운동집단에서는 측정시기별로 감소하는 경향을 보인 반면, 운동+항산화제집단에서는 점차 증가하는 경향을 보였고, 운동+항산화제집단이 운동집단에 비하여 탈진직후의 GPX 활성화도에서 12주후에는 유의하게 가장 높은 활성도를 보였고, 안정시 6주 후와 12주 후의 CAT 활성화도에서도 운동+항산화제집단이 다른 집단에 비해 높은 활성도를 보였다.

4주간 비타민 E의 800IU/day 투여는 운동으로 인한 산화적 스트레스 상태에 있는 사람들의 GPX의 활성도를 증가시켰다는 Kim(1997)의 연구와 복합비타민 섭취에 의해 혈장 GPX 활성화가 안정시에 비해 약 2.3% 증가하였다고 보고한 박성태(1998)의 연구결과와 일치하고 있다. 이는 비타민 E가 과산화 손상으로부터 세포막을 가장 효율적으로 보호할 수 있는 연쇄 반응 차단성, 지용성 항산화제로 지질 과산화에 대해 최초의 방어막 역할을 하였으며, 수산화 라디칼 공격에 대해 초기 단계에서 생체막의 PUFA를 방어(박성태, 1998)하였기 때문으로 사료된다.

2. 항산화 비타민 복합 투여와 MDA의 변화

세포막 특히 근육막과 적혈구막은 전해질 및 에너지 대사와 관련된 기질, 조직으로의 산소공급 등과 같은 물질이동 통로로서의 역할을 가지고 있다. 특히 운동중에는 산소 프리라디칼의 폭발적 생성으로 인해 인체내 세포막을 손상시킨다. 또한 막의 지질 과산화는 세포기능의 변화 즉, 막 투과성의 감소, 세포질로의 이온 교환 감소, 독성 대사물질의 생성, 세포내 glutathione의 대사 변화를 유발한다(Warren et al., 1992).

프리라디칼은 지질 과산화와 같은 화학적 연쇄반응을 거쳐 조직에 대해 손상을 유발할 수 있으며(Sjodin et al., 1990), 운동 중 증가된 산소섭취는 미토콘드리아의 산화적 인산화와 뒤이은 O_2^- 생성을 증가시켜 지질 과산화와 조직손상을 유발한다(Lovlin et al., 1991; Maxwell et al., 1993).

격렬한 운동은 어떤 형태로든 항산화효소와 지질 과산화에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데 특히 탈진운동은 항산화효소를 감소시키며(Ohno et al., 1992; Cooper et al., 1986), 지질 과산화가 증가한다는 보고(Alessio & Goldfarb, 1988)가 있는 반면 탈진운동 후 활성산소가 생성되지만 항산화효소 또한 증가한다고 하였다(Davies et al., 1982).

4주동안 매일 300mg의 비타민 E를 섭취한 사람은 복용전과 비교하여 복용 후 운동이후의 혈장 지질 과산화물의 수준을 감소되었다고 보고하였고(Sumida et al., 1989), 쥐에게도 비타민 E 보충이 또한 운동에 따른 간의 지질 과산화 수준을 감소시켰다고 하였다(Brady et al., 1979). Kanter 등(1993)은 6주 동안 항산화 비타민 복합체를 투여하고 트레드밀에서

최대산소섭취량의 60%로 30분간 달리다가 최대산소섭취량의 90%로 5분간 달리기는 운동 전, 후 혈청 MDA의 변화 양상을 연구하여 운동시 혈청 MDA의 증가를 막지는 못하였지만, 안정시 및 운동 후 혈청 MDA의 농도를 유의하게 낮추는 효과가 있는 것으로 나타나 비타민 복합체 투여는 산화적 스트레스가 증가한 운동중에는 혈청 MDA의 증가를 막는 작용을 하지 않으나 안정시와 운동 후에는 지질 과산화의 지표를 낮추는 작용을 한다고 하였다.

이러한 선행연구 결과를 종합하여 MDA의 변화를 보면, 본 연구결과에서 나타난 바와 같이 항산화 비타민을 복합투여한 운동+항산화제집단의 탈진직후 MDA 수준이 0주에 비해 6주후와 12주후에 유의하게 감소하였으며, 측정시기별 집단간 비교에서도 6주 후와 12주후에 가장 낮은 수준을 보이고 있다.

이와같은 결과는 장기간의 항산화제 투여시 운동 후에 혈중 MDA의 수준을 감소시키며, 이는 항산화 비타민의 처치가 인체내 항산화 시스템을 향상시켜 산화적 스트레스로 인한 세포 및 조직의 손상을 줄일 수 있다는 것을 의미하며(Kanter et al., 1993), 또한 장기간의 항산화 비타민 복합섭취가 지질 과산화물 제거 기전에 작용하여 촉매나 효소의 속도(kinetics)를 증가시킴으로서 적정수준 이상으로의 체내축적을 방지하거나, 제거율을 높여서 체내에 축적되는 양을 감소시키는 기전을 통하여 운동으로 인해 불가피하게 생성되는 지질 과산화물에 의한 손상을 줄일 수 있다(정덕조, 정성태, 1999)는 보고와 일치하고 있다.

고강도 지구성 운동과 항산화비타민을 복합투여한 집단에서만 탈진직후의 MDA 수준이 유의하게($p < .05$) 감소하였다는 것은 고강도 탈진운동으로 인해 발생하는 많은 활성산소들이 체내에서 생성되어 활성산소를 중화시키는 항산화 효소의 활성만으로는 중화능력이 부족하며, 따라서 외부에서 추가로 투여된 항산화 비타민에 의해서도 체내에 축적되는 것을 방지하고 제거율을 높여서 세포막의 손상을 줄인 것으로 판단되기 때문에 고강도 지구성운동을 수행하는 운동선수들에게 있어서 항산화제의 복용은 매우 중요한 과제로 판단된다. 따라서 고강도 운동을 수행하는 운동선수들에게 있어서 항산화제의 복용은 선수의 건강관리와 경기력 향상과도 관련지어 볼 때 관련지도자의 많은 관심과 연구가 요구된다고 사료된다.

3. 항산화 비타민 복합 투여와 지단백대사의 변화

혈중 TC는 운동시간이 길수록 그리고 운동강도가 높을수록 낮아지는 것으로 보고되고 있다(진영수 등, 1990; Baker et al., 1986). 또 유산소성 능력이 뛰어난 지구성운동선수가 비운동선수에 비하여 TC 수준이 낮고(Cooper et al., 1990), 지속적인 유산소성 운동은 HDL-C 수준을 높이는 대신에 장기간의 운동은 LDL-C 수준을 낮춘다고(Cardoso et al., 1995) 하였으며, 또 지구력 훈련을 받은 여자선수는 좌업생활을 하는 여성보다 HDL-C가 높다고 하였다(Poll et al., 1994). 혈중 TG는 운동후 증가하거나(Spoko et al., 1985), 감소한다고(Mugaux & Order, 1986) 보고되고 있으나, 여러 연구에 의하면 TG는 규칙적인 운동을 하였을 때 저하되는 것으로 알려져 있고(Lithell et al., 1984; Wood et al., 1984), 지구력운동선수들은 일반인보다 TG가 더 낮으며(Haskell, 1984; Costill, 1986), 지구력 훈련을 받은 여자선수는 좌업생활을 하는 여자보다 TG가 낮다고 보고하였다(Poll et al., 1994).

본 연구결과에서는 안정시와 탈진직후의 TC, TG, HDL-C, LDL-C의 농도의 변화는 고강도 지구성운동을 수행하고 있는 여고농구선수들에게 항산화 비타민의 복합 투여가 지단백대사에 긍정적인 영향을 미치지 못하는 못하였고, 안정시 12주후의 HDL-C수준과 탈진직후 6주후의 TG수준을 비교해 볼 때 지단백대사는 운동량과 관련성이 큰 것으로 사료된다.

지단백대사의 변화는 개인차가 매우 크고 음식이나 운동량에 따라서 심한 변동을 나타내고 있다는 Gaesser & Rich(1984)의 연구 보고와 같이 운동과 영양과의 더 깊은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

VI. 결 론

본 연구는 장기간 고강도 지구성 훈련시 항산화 비타민 복합투여가 항산화효소 활성도와 지질과산화 그리고 지단백대사에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 통제집단(5명), 운동집단(5명), 운동+항산화제집단(5명)으로 분류하여 운동+항산화제집단은 12주동안 비타민 C 단일제제 1일 1000mg/day와 비타민 E 단일제제 671.14mg/day를 점심식사 후에 매일 섭취토록 하여 안정시와 탈진 직후 변인들의 변화를 비교·분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. SOD 활성도의 변화에서는 처치기간에 따라 운동집단과 운동+항산화제집단에서 탈진직후 유의하게($p<.05$) 감소하였다.
2. CAT 활성도의 변화에서는 처치기간에 따라 운동+항산화제집단에서 탈진직후에는 유의한 차를 나타내지는 않았지만 증가하는 경향을 나타내었으며, 12주후의 운동+항산화제집단(탈진직후)에서 유의하게($p<.05$) 가장 높은 활성도를 나타내었다.
3. GPX 활성도의 변화에서는 처치기간에 따라 운동+항산화제집단에서 안정시와 탈진직후 유의한 차를 나타내지는 않았지만 증가하는 경향을 나타내었으며, 운동집단은 감소하는 경향을 나타내었으며, 12주후의 운동+항산화제집단(탈진직후)에서 유의하게($p<.05$) 가장 높은 활성도를 나타내었다.
4. MDA 농도의 변화에서는 처치기간에 따라 운동+항산화제집단(탈진직후)에서 6주후와 12주후에 유의하게($p<.05$) 감소하였다.
5. 안정시와 탈진직후의 TC, TG, HDL-C, LDL-C 농도의 변화에서 처치기간에 따라 안정시와 탈진직후에서 유의한 변화를 보이지 않았다

12주동안의 항산화 비타민 복합투여는 안정시와 최대점증부하운동에 의한 탈진 직후의 산화적 스트레스의 증가에도 불구하고 CAT, GPX 활성도의 증가와 MDA를 감소시킬 수 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 고강도 지구성운동을 수행하는 운동선수들에게 있어서 항산화 비타민을 복합 투여함으로써 항산화효소의 활성을 높혀 항산화 방어 능력을 증진시킬 수 있으며, 활성산소에 대한 유해성을 줄여 세포막의 손상을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

<참 고 문 헌>

- 김희수 : 비타민 C의 장기복용이 인체 산소라디칼 제거 효소계의 활성에 미치는 효과에 관한 연구. 서울대학교 석사학위논문, 1994.
- 박성태 : 비타민 E와 C의 복합 섭취가 최대운동수행력과 항산화 효소 활성에 미치는 영향.

- 서울대학교 대학원, 석사학위논문, 1998.
- 오봉석 : 지구성 트레이닝시 항산화제 투여가 항산화 효소 및 면역 기능에 미치는 영향. 고려대학교 대학원 박사학위논문, 1997.
- 정덕조, 정성태 : 항산화제와 운동강도가 MDA의 활성에 미치는 영향. 운동과학학회지, 8(3), 423-436, 1999.
- 진영수, 김미정, 박준영 등 : 운동양식과 항산화비타민의 보충이 항산화 효소 및 총항산화능에 미치는 영향. 한국체육학회지, 38(4), 451-460, 1999.
- 진영수 외 3인 : 운동이 성인병 위험인자에 미치는 영향 연구. 체육과학논총 1(3), 32-34, 1990.
- Alessio HM, Goldfarb AH : Lipid peroxidation and scavenger enzymes during exercise : Adaptive response to training, *J. Appl. Physiol.*, 64, 1333-1336, 1988.
- Anderson R, Theron AJ, Steenkamp KJ : NADPH-oxidase activity of stimulated neutrophils is markedly increased by serum. *Inflammation*, 815, 459-467, 1994.
- Bank, W, Chance B : An oxidative defect in metabolic myopathies: diagnosis by noninvasive tissue oximetry(see comments). *Ann Neurol*, 36(6), 830-837, 1994.
- Beauchamp C, Fridovich I : A mechanism for the production of erythrocyte from methional: The generation of the hydroxyl radical by xanthine oxidase. *Jour. Bio. Chem.*, 245, 4641-4646, 1970.
- Bowers RW, Fox EL : Eds., *Sports Physiology*, 3rd ed., Wm. C. Brown, Dubuque, 1988.
- Brady PS, Baedy LJ, Ullrey DE : Selenium, Vitamin E and the response to swimming stress in the rat. *J. Nutr.*, 109, 1103-1109, 1979.
- Bramich K, Mcnaughton L : The effects of two levels of ascorbic acid on muscular endurance, muscular strength and on VO_2 max. *Int. Clin. Nutr. Rev.*, 7: 5, 1987.
- Burton GW, Ingold KU : Vitamin E as an in vitro and vivo antioxidant. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 570, 7-22, 1989.
- Cooper MB, Jones DA, Edwards PHT : The effect of marathon running on carnitine metabolism and some aspects of muscle mitochondrial activities and antioxidant metabolisms. *J. Sports Sci.*, 4, 79-87, 1986.
- Davies KJA, Quintanilha AT, Brooks GA et al : Free radical and tissue damage produced by exercise. *Biochem. Biophys. Res. Comm.*, 107, 1198-1205, 1982.
- Dillard CJ, Litov RE, Savin WM et al : Effects of dietary vitamin E, selenium, and polyunsaturated fats on in vivo lipid peroxidation in the rat as measured by pentane production. *Lipids*, 13, 396-407, 1977.
- DeRosa G, Keen CL, Leach RM et al : Regulation of superoxide dismutase activity by dietary manganese. *J. Nutr.*, 110, 795-804, 1980.
- Dufax B, Assman G, & Hollman W : Plasma lipoproteins and physical activity: a review, *Int. J. Sports Med.*, 3, 123, 1982.
- Duval C, & Poelman MC : Scavenger effect of vitamin E and derivatives on free radicals generated by photoirradiated pheomelanin. *J. Pharm. Sci.*, 84(1), 107-110, 1995.
- Engle WA, Yoder MC, Baurley JL et al : Vitamin E decreases superoxide anion

- production by polymorphonuclear leukocytes. *Pediatr. Res.*, 23, 245-248, 1988.
- Flohe L : Glutathione peroxidase brought into focus. In: *Free Radicals in Biology*, Vol. 5, W. A. Pryor(Ed.). New York : Academic Press, 1982.
- Gaesser GA, & Rich RG : Effect of high and low-intensity exercise training on aerobic capacity and blood lipids. *Med. Sci. Sports Exerc.* 16, 269-275, 1984.
- Gohil K, Packer L, de Lumen B et al : Vitamin E deficiency and vitamin C supplements: exercise and mitochondrial oxidation. *J. Appl. Physiol.*, 60, 1986-1991, 1986.
- Grundy SM : Cholesterol and coronary disease: future directions, *J.A.M.A.*, 264, 3053, 1990.
- Haskell WL : The influence of exercise on the concentrations of triglyceride and cholesterol in human plasma. *Exercise and Sports Science Review* 12, 204-244, 1984.
- Holloszy JB, Booth FW : Biochemical adaptations to endurance exercise in muscle. *Annual Review of physiology Physiol*, 38, 273-291, 1976.
- Inukai M : The effect of vitamin C on anaerobic activities: Committee report on vitamin C. *Jpn. Phys. Educ. Assoc.*, No. 5, 1977.
- Jenkins RR, Friedland R, Howald J : The relationship of oxygen uptake to superoxide dismutase and catalase activity in human skeletal muscle. *Int. J. Sports Med.*, 5, 11-14, 1984.
- Ji LL : Antioxidant enzyme response to exercise and aging. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 25, 225-231. 1993.
- Ji LL : Exercise, oxidative stress, and antioxidants. *Am. J. Sports Med.*, 24, S20-S24, 1996.
- Kanter MM, Nolte LA, & Holloszy JO : Effects of an antioxidant vitamin mixture on lipid peroxidation at rest and postexercise. *J. Appl. Physiol.*, 74(2), 965-969, 1993.
- Keem CL, Amura T, Lonnerdal B et al : Changes in hepatic superoxide dismutase activity in alcoholic monkey. *Am. J. Clin. Nutr.*, 41, 929-932, 1985.
- Kono Y, & Fridovich I : Superoxide radical inhibits catalase. *J. Bio. Chem.*, 257(10), 5751-5754, 1982.
- Kummar CT, Reddy VK, Prasad M : Dietary supplementation of vitamin E protects heart tissue from exercise-induced oxidant stress. *Mol. Cell. Biochem.*, 111, 109-115, 1992.
- Lloyd D : How to avoid oxygen. *Science*, 286: 249, 1999.
- Lovlin R, Cottle W, Kavanagh M : Are indices of free radical damage related to exercise intensity? *Eur. J. Appl. Physiol.*, 56, 313-316, 1991.
- Maxwell SR, Jakeman P, Thomason H : Changes in plasma antioxidant status during eccentric exercise and the effect of vitamin supplementation. *Free. Rad. Res. Commun.*, 19, 191-201, 1993.
- Niki E, Noguchi N, Tsuchihashi H et al : Interaction among vitamin C, vitamin E prolong endurance to muscle fatigue in mice. *Free Rad. Biol. Med.*, 8: 9-13, 1995.

- Murray TD, Squires WG, Hartung GH : Regulation of lipids and lipoproteins by diet and exercise, in *Nutrition in Exercise and Sport*, Hickson, J. F. & Wolinsky, I., Eds., CRC Press, Boca Raton, FL, 63. 1989.
- Nohl H, Breuninger V, Hegner D : Influence of mitochondrial radical formation of energy linked respiration. *Eur. Jour. Biochem.*, 90, pp385-390, 1979.
- Nohl H, Hegner D, Summer KH : Response of mitochondrial superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase activities to aging. *Mechanisms of Aging and Development*, 11, 145-151, 1979.
- Ohno H, Yamashita H, OoKawara T et al : Training effects on concentration of immunoreactive SOD isoenzymes in human plasma. *TohoKu. J. Exp. Med.*, 167, 301-303, 1992.
- Packer L : Protective role of vitamin E in biological systems. *Am. J. Clin. Nutr.*, 53, 1050S-1055S, 1991.
- Packer L : Interactions among antioxidants in health and disease: Vitamin E and its redox cycle. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 200, 271-276, 1992.
- Reid MB, Stokic DS, Koch SM et al : N-acetylcysteine inhibits muscle fatigue in humans. *J. Clin. Invest.*, 94, 2468-2474, 1994.
- Reznick AZ, Witt E, Matsumoto M et al : Vitamin E inhibits protein oxidation in skeletal muscle of resting and exercise rats. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 189, 801-806, 1992.
- Rokitzki L, Logemann E, Huber G : α -tocopherol supplementation in racing cyclists during extreme endurance training. *Int. J. Sport Nutr.*, 4, 253-264, 1994.
- Sen CK, Marin E, Kretschmar M : Skeletal muscle and liver glutathione homeostasis in response to training, exercise and immobilization. *J. Appl. Physiol.*, 73(4), 1265-1272, 1992.
- Shepard RJ, Campbell R, Pimm P : Vitamin E, exercise and the recovery from physical activity, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 33, 119, 1974.
- Singh RJ, Goss SPA, Joseph J : Nitration of gamma-tocopherol and oxidation of alpha-tocopherol by copper-zinc superoxide dismutase/H₂O₂- : Role of nitrogen dioxide free radical. *National Academy of Sciences*, 95(22), 12912-12917, 1998.
- Sjodin B, Westing YH, Apple FS : Biochemical mechanism for oxygen free radical formation during exercise. *Sports medicine*, 10, 236-254, 1990.
- Sopko G, Leon AS, Jacobs DR et al : The effect of exercise and weight loss on plasma lipids in young obese men, *Metabolism*, 34, 227, 1985.
- Sumida SK, Tanka H, Kitao : Exercise induced lipid peroxidation and leakage of enzymes before and after Vitamin E supplementation. *Int. J. Biochem.*, 21, 835-838, 1989.
- Superko HR : Exercise training, serum lipids, and lipoprotein particles: is there a change threshold? *Med. Sci. Sports Exercise*, 23, 677, 1991.
- Talbot D, Jamieson J : An examination of the effect of vitamin E on the performance of highly trained swimmers, *Can. J. Appl. Sports Sci.*, 2: 67, 1977.

- Tappel AL : Glutathione peroxidase and hydroperoxides. *Methods in Emzymology*, 52, 506-513, 1978.
- Tiidus PM, Houston ME : Vitamin E status and response to exercise training. *Sports. Med.*, 20(1), 12-23, 1995.
- Warren JA, Jenkins RR, Packer L : Elevated muscle vitamin E does not attenuate eccentric exercise-induced muscle injury. *J. Appl. Physiol.*, 72, 2168-2175, 1992.
- Wood PD, Williams PT, Haskell WL : Physical activity and High density lipoprotein metabolism and exercise. *Federation proc.*, 44, 358-368, 1984.