

The Effect of Aerobic Exercise and Allium Tuberosum Intake on Blood Lipids, MDA and Antioxidant Enzyme in Rats

Yeong-Ho Baek and Sang-Ho Lee*

Department of Physical Education, Busan National University, Busan 609-735, Korea

Received December 26, 2009 / Accepted February 12, 2010

The purpose of this study was to investigate the effects of aerobic exercise and Allium tuberosum intake on blood lipids, MDA and antioxidant enzyme in rats. Twenty four male Sprague-Dawley rats, 4 weeks old, were used. Experimental groups were aerobic exercise with Allium tuberosum intake group (A, n=6), aerobic exercise group (B, n=6), Allium tuberosum intake group (C, n=6), and the control group (D, n=6). Aerobic exercise was administered through a treadmill running program (14~15 m/min, 0° grade, 25~30 min/day, 5 day/wk) and these rats were given 5% Allium tuberosum for 2 wk. The results of this study are as follows: TC and TG didn't show change; groups A, B, C showed a significant increase in HDL-C compared to the D group; groups A, B, and C showed a significant decrease in LDL-C compared to the D group; groups B and C showed a significant decrease in MDA level compared to the D group; groups B and C showed a significant increase in SOD activity compared to the D group; and the A group showed a significant increase in CAT activity compared to the D group. In conclusion, low intensity aerobic exercise and intake of the natural antioxidant Allium tuberosum seem to have the health promoting effect of retarding oxidative stress by decreasing lipid peroxidation.

Key words : Aerobic exercise, allium tuberosum, antioxidant enzyme

서 론

생체는 대사과정 중 또는 생체 내 다양한 산화효소에 의해 활성산소종, 활성질소종을 지속적으로 생성하는[16] 반면 이를 방어하는 항산화 효소계나 항산화물질 등의 방어 메커니즘이 존재하여 항상성을 유지하고 있다[5]. 그러나 균형에 이상이 생기면 생체 내 산화적 스트레스가 발생하고 이로 인해 체내에서 유리의 생성을 촉진하거나 항산화계의 활성을 감소시켜 세포에 상해를 주며, 혈관을 비롯한 여러 조직에 손상을 일으켜 염증반응, 동맥경화, 암 등의 원인으로 지적되고 있다[37].

생체에서 발생하는 활성 산소종에 의한 단백질, 핵산 및 생체막 손상은 SOD (superoxide dismutase), CAT (catlase), GPx (glutathione peroxidase) 등의 항산화 효소에 의해 방어되며, 규칙적이고 적당한 운동은 신체조직에 자연적인 자극을 주어 생리적 기능 저하·지연, 스트레스 해소, 혈압 상승 억제, 심장 부담 감소, 혈중지질 감소 및 동맥경화 방지 등의 다각적이고 긍정적인 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다[15].

운동 시 활동근육에 많은 산소가 운반되고 사용되는 과정에서 근육막의 다불포화지방산이 손상되어 지질과산화물의 최종산물인 MDA (Malondialdehyde)가 생성되며, 수소가 빠져

나가 지질 라디칼이 생성된다. MDA는 생체막 기능에 영향을 미쳐 단백질 변형, DNA 손상을 유발시켜 기능을 저하시키고, 생체 노화를 촉진한다[31].

유산소 운동은 체내 항산화 체계를 향상시킴으로서 유리로 인하여 손상된 심혈관계의 기능을 정상화 시키는데 효과가 있다고 하였으며, 유산소트레이닝은 골격근의 항산화 효소, 특히 ROS 생성과 관련된 조직 세포내 미토콘드리아에서 SOD 활성화 증가와 혈액 내 항산화 효소의 활성을 증가시킴으로서 운동 시 발생하는 프리라디칼의 발생을 효과적으로 방어해 준다고 하였다[13]. 그러나 격렬한 운동 강도는 산소 자유 라디칼을 증폭시키고, 산화적 스트레스를 유발하고 항산화 효소를 감소시켜 인체에 나쁜 영향을 초래 할 수 있다[33].

알리움속 채소(Allium vegetables)의 organosulfur가 콜레스테롤과 지질을 낮추고, flavonoids는 체내에서 운동과 같은 산화작용으로 다량의 유리기 발생시 이들 유리기를 중화시켜 세포막 손상을 방지한다고 하였다[20]. 부추(Allium tuberosum Rottler)는 알리움속 채소류로 한국을 비롯한 동북아시아 지역에 분포하고 있는 백합과의 다년초로 독특한 맛과 향기가 있어 일상 식생활에서도 널리 이용할 뿐만 아니라 약제로 이용하고 있다[47].

부추는 우리나라 사람들이 즐겨먹는 향신채소류이며, 부추에는 클로로필, β -carotene, 비타민 C 같은 영양성분뿐만 아니라 유효화합물, flavonoid 등의 phytochemical 류가 다양하게 함유되어있고, 이들 성분들의 항산화효과 및 유해산소 소거작

*Corresponding author

Tel : +82-51-510-2719, Fax : +82-51-515-1991

E-mail : stranger03@pusan.ac.kr

용이 밝혀지고 있다[3]. 장기간의 부추식이 ICR 마우스의 간과 피부조직에서 지질과산화 및 단백질 산화를 유의적으로 억제시켰으며[25], 활성산소종의 생성 또한 감소시키는 것으로 나타났다[30].

운동은 중성지방과 LDL-C는 낮추고 HDL-C를 높여줌으로써 고지혈증 질환의 치료와 동맥경화의 예방을 도움을 준다[19]. 그러나 단시간에 특정 기관에 많은 에너지 소모를 요구함에 따라 산소섭취량을 증가시켜 산화적 스트레스를 야기함과 동시에 운동 시 저장에너지원의 효율적 이용이 최대 운동능력 발휘나 운동 후 빠른 회복이 매우 중요하다.

부추식이를 통해 혈당강화, 항산화 효소에 대한 연구는 있으나 운동과 관련하여 부추식이에 대한 선행연구는 미비한 실정이며, 운동으로 인한 산화적 스트레스와 항산화제의 효과에 관한 연구는 아직 다른 연구에 비해 부족한 실정이다.

따라서 식이섬유와 클로로필이 풍부하고 식이성 polyphenol 물질인 β -sitosterol, quercetin 및 kaemperol 등을 많이 함유하고[38] 있는 부추를 섭취시켜 유산소 운동 시 혈중지질과 산화스트레스 억제제로서의 항산화 효소에 미치는 영향을 구명하여 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

연구대상

실험동물은 생후 4주령 Sprague Dawley계 수컷 흰쥐 24마리(Samtako, Korea)를 구입하여 1주일간 일반사료로 적응시켰다. 그룹은 유산소운동+부추섭취군(6마리), 유산소운동군(6마리), 부추섭취군(6마리), 대조군(6마리)으로 총 24마리로 구분하였다. 사육은 cage 50×30×25.5 cm의 크기에 2마리씩 사육하였으며, 사육실의 온도는 22.0±1.0°C, 상대습도는 50±10%로 조절하고, 명암주기는 12시간 간격으로 유지하였다. 체중측정은 동물측정용 분석용 전자저울(A&D Company Limited CE, Japan)로 측정하였다. 실험동물의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

식이조성 및 훈련방법

부추는 포항부추로서 동결 건조하여 가루로 만들어 식이에

첨가하였다. 운동군과 대조군은 일반사료(Formula-M07: 조단백 20% 이상, 조지방 7% 이상, 조섬유 7% 이하, 조회분 6% 이하, Ca 0.5% 이상, P 1.0% 이상)를 공급하고, 운동+부추섭취군과 부추섭취군은 Formula-M07사료에 부추분말 5% [30]를 첨가한 사료를 섭취하고, 물과 사료는 같은 조건으로 충분히 섭취하도록 하였으며 매일 사료의 양을 측정하였다.

실험동물의 운동은 트레드밀(Pro-Jog EJ36GLE, Korea Hi-Tech)로 실시하였으며, 1주차에는 속도 14~15 m/min (0% grade), 주 5회, 1일 25분 실시하였고, 2주차에는 속도 15~16 m/min (0% grade), 주5회, 1일 30분으로 실시하였다. 운동기간은 총 2주간 실시하였다[4,17].

시료수집 및 분석방법

각 실험군의 실험동물은 희생하기 전 12시간 이상 절식시켜 ether 마취 후 단두하여 혈액을 채취하여 3000 rpm에서 20분간 원심분리 하였으며, 복부를 절개하여 간을 채취하였다. 채취 후 액체 질소에 급속 동결시킨 후 -70°C에 보관하여 혈중지질, MDA, SOD, CAT을 분석하였다.

TC, HDL-C과 TG는 효소 kit(신양화학, 서울)을 사용하여 정량화 하였다. LDL-C는 Friedewald [8]법에 따라 산출하였다.

간조직은 dry ice에서 300 mg을 조각낸 후, falcon tube로 옮겨 buffer A (10 mM HEPES pH 7.8, 10 mM KCl, 2 mM MgCl₂ 1 mM DTT, 0.1 mM EDTA, 0.1 mM PMSF, DW) 1 ml 넣고 polytron을 이용하여 균질화 하였다. ice에 20분간 방치하여 125 ul 10% NP-40 buffer를 첨가한 후 15초간 잘 섞어 12,000 rpm에 10분간(4°C) 원심분리하여 상등액은 사이토졸 분획으로 하고 액체질소로 급속 냉동시켜 -70°C에서 보관하였다.

MDA의 분석은 Oxis사(미국)의 BIOXTECHLPO-586 kit을 사용하여 sample 및 sample blank에 200 μ l씩 검체를 분주하고 reagent blank에 증류수(D.W) 200 μ l Tlor 분주한 후 0.5 M butylated hydroxytoluene을 10 μ l씩 sample, standard, reagent blank에 분주하고 희석된 R1 reagent을 650 μ l을 sample, standard, reagent blank에 각각 분주한 후 혼합하여 36% HCL 150 μ l을 넣고 tube의 마개를 닫은 후 45°C에서 60분간 배양하였다. 배양액을 ice bath에서 식인 후 2,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 얻은 상층액의 흡광도를 586 nm에서 측정하였다.

SOD의 활성 분석은 SOD Assay Kit-WST (Dojindo, Japan)를 이용하여 측정하였다. sample과 blank2에 20 μ l의 sample solution넣고, blank1과 blank3에는 ddH₂O을 넣는다. 200 μ l의 WST working solution을 가하고, dilution buffer를 blank2와 blank3에 넣는다. 20 μ l의 enzyme working solution을 sample과 blank1에 넣고 완전히 섞는다. 37°C incubate에 20분간 배양한 후 450 nm에서 측정하였다. 활성도를 구하는 공식은 다음과 같다. SOD activity=[(blank1-blank3)-(sample-blank3)]/(blank1-blank3)×100

Table 1. Physical characteristics of experimental rats

Group	Number	Aged (wk)	Body weight (g)
A	6	4	103.5±3.38
B	6	4	103.8±3.21
C	6	4	103.7±3.11
D	6	4	103.8±3.71

Values are M±SD.

A: aerobic exercise with buchus diet group, B: aerobic exercise group, C: buchus diet group, D: control group

Catalase는 상층액 200 μ l를 정량화하여 hydrogen peroxide와 sodium-potassium phosphate buffer pH 7.4를 기질로 하여 37°C에서 1분간 반응시킨 후 ammonium molybdate를 첨가하여 파장 405 nm에서 hydrogen peroxide와 ammonium molybdate의 황색 화합물의 흡광도를 측정하였다.

단백질 정량

간조직의 단백질 정량은 bovine serum albumin을 표준용액으로 하여 Lowry 등[27]의 방법에 의해 측정하였다.

자료처리

자료는 SPSS Ver 12.0 통계 package를 이용하여, 각 변인들 간에 평균 및 표준편차를 산출한 후 집단간 one-way ANOVA를 실시하였고, 사후검증은 Duncan방법을 이용하였으며, 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

결 과

혈중지질

혈중지질을 분석한 결과는 Table 2와 같다. TC의 농도는 유산소운동+부추섭취군에서 77.4 \pm 2.27 mg/dl이며, 유산소운동군은 73.4 \pm 2.49 mg/dl이었고, 부추섭취군은 74.9 \pm 3.98 mg/dl, 대조군은 75.9 \pm 2.90 mg/dl로 집단간 유의한 차이가 없었다.

TG는 유산소운동+부추섭취군에서 32.8 \pm 7.84 mg/dl이며, 유산소운동군은 31.7 \pm 4.19 mg/dl이고, 부추섭취군은 27.2 \pm 1.81 mg/dl이고, 대조군은 33.0 \pm 4.84 mg/dl로 집단간 유의한 차이가 없었다.

HDL-C는 유산소운동+부추섭취군에서 45.3 \pm 11.0 mg/dl로 대조군보다 유의하게($p<0.05$) 높았으며, 유산소운동군도 44.8 \pm 11.9 mg/dl로 대조군보다 유의하게($p<0.05$) 높았다. 부추섭취군은 49.8 \pm 8.87 mg/dl로 대조군 보다 유의하게($p<0.01$) 높았다. 대조군은 31.1 \pm 5.61 mg/dl이었다.

LDL-C는 유산소운동+부추섭취군에서 25.5 \pm 9.47 mg/dl로 대조군에 비해 유의하게($p<0.05$) 낮았으며, 유산소운동군도 22.2 \pm 10.2 mg/dl로 대조군에 비해 유의하게($p<0.01$) 낮았다. 부추섭취군은 19.6 \pm 8.94 mg/dl로, 대조군에($p<0.01$) 비해 유의하게 낮았다. 대조군은 38.2 \pm 4.59 mg/dl이었다.

지질과산화물의 변화

간의 지질과산화물 생성에 있어서 분석한 결과는 Table 3과 같다. 유산소운동+부추섭취군의 지질과산화물 생성은 2.67 \pm 0.93 nm/mg protein이었고, 유산소운동군은 2.01 \pm 0.53 nm/mg protein으로 대조군보다 지질과산화물이 유의하게($p<0.05$) 낮았다. 부추섭취군의 지질과산화물은 1.94 \pm 0.43 nm/mg protein으로 대조군보다 지질과산화물이 유의하게($p<0.05$) 낮았다. 대조군은 2.78 \pm 0.21 nm/mg protein이었다.

항산화 효소

SOD활성도

간에서 SOD의 활성도를 분석한 결과는 Table 4와 같다. 유산소운동+부추섭취군은 20.7 \pm 1.66 U/mg protein이었고, 유산소운동군은 23.1 \pm 1.14 U/mg protein으로 대조군($p<0.01$)보다 유의하게 높았으며, 부추섭취군은 22.8 \pm 0.93 U/mg protein으로 대조군보다 유의하게($p<0.01$) 높았다. 대조군은 19.1 \pm 3.32 U/mg protein이었다.

Table 2. Blood lipid profiles

Group \ Variables	A (n=6)	B (n=6)	C (n=6)	D (n=6)	F-value	Duncan
TC (mg/dl)	77.4 \pm 2.27	73.4 \pm 2.49	74.9 \pm 3.98	75.9 \pm 2.90	1.955	NS
TG (mg/dl)	32.8 \pm 7.84	31.7 \pm 4.19	27.2 \pm 1.81	33.0 \pm 4.84	1.688	NS
HDL-C (mg/dl)	45.3 \pm 11.0	44.8 \pm 11.9	49.8 \pm 8.87	31.1 \pm 5.61	4.194*	D<A,B,C
LDL-C (mg/dl)	25.5 \pm 9.47	22.2 \pm 10.2	19.6 \pm 8.94	38.2 \pm 4.59	5.520**	A,B,C<D

Values are M \pm SD. NS: not significant.

A: aerobic exercise with buchu diet group, B: aerobic exercise group, C: buchu diet group, D: control group

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

Table 3. MDA level content in liver

Group \ Variable	A(n=6)	B(n=6)	C(n=6)	D(n=6)	F-value	Duncan
MDA (nm/mg protein)	2.67 \pm 0.93	2.01 \pm 0.53	1.94 \pm 0.43	2.78 \pm 0.21	3.210*	B,C<D

Values are M \pm SD.

A: aerobic exercise with buchu diet group, B: aerobic exercise group, C: buchu diet group, D: control group

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

Table 4. SOD, CAT activities content in liver

Group	Variables	A (n=6)	B (n=6)	C (n=6)	D (n=6)	F-value	Duncan
	SOD (U/mg protein)	20.7±1.66	23.1±1.14	22.8±0.93	19.1±3.32	4.540*	B,C<D
	CAT (U/mg protein)	122.9±45.51	112.8±10.32	110.1±5.63	94.2±16.35	1.592	D<A

Values are M±SD.

A: aerobic exercise with buchu diet group, B: aerobic exercise group, C: buchu diet group, D: control group

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

CAT활성도

간에서 CAT의 활성도를 분석한 결과는 Table 4와 같다. 유산소운동+부추섭취군은 122.9±45.51 U/mg protein으로 대조군($p < 0.01$)보다 유의하게 높았다. 유산소운동군은 112.8±10.32 U/mg protein이었고, 부추섭취군은 110.1±5.63 U/mg protein이며, 대조군은 94.2±16.35 U/mg protein이었다.

고 찰

혈중지질

연구결과 TC는 집단간 유의한 차이가 없었으며, TG도 집단간 유의한 차이가 없었다. HDL-C는 유산소운동+부추섭취군, 유산소 운동군과 부추섭취군이 대조군 보다 유의하게 높았다. LDL-C는 유산소운동+부추섭취군, 유산소 운동군과 부추섭취군이 대조군보다 유의하게 낮았다.

규칙적인 유산소 운동은 TC, TG와 LDL-C를 감소시키고 HDL-C를 증가시킨다고 하였으며, 신체의 생리적, 생화학적 변화를 초래하여 에너지 생산능력과 신체활동 능력을 향상시킬 뿐만 아니라 관상동맥질환을 예방하는 중요한 요인이 된다고 하였다[1]. TC는 체내의 모든 세포에서 존재하며, 콜레스테롤 항상성을 유지 도와주는데, TC의 농도는 포화지방산이나 콜레스테롤 섭취량이 증가하면 그 농도가 증가하며, 특히 단당류나 이당류의 섭취는 TC의 농도를 상승시키는 원인이 된다. 따라서 식이를 통해 콜레스테롤이 증가하면 간의 콜레스테롤 수치가 증가하고, LDL-C의 수용체가 감소하여 TC가 상승하게 된다[44].

운동형태와 강도에 따라 혈중 TC은 운동시간이 길고 운동 강도가 높을수록 낮아지는 것으로 보고되고 있다[35]. 또한 체중과 체지방의 감량 및 식이성 지방 섭취량의 감소와 더불어 유산소 트레이닝을 실시한 경우에 감소하기도 한다[19]. 그러나 트레이닝에 의해 잘 감소하지 않으며 운동기간에도 영향을 받지 않는 것으로 보고되고 있다[6]. 연구결과 TC는 유의한 차이가 없었는데 이는 운동강도가 낮은 것으로 사료된다.

규칙적인 유산소 운동에 의해 안정시 HDL-C 농도가 증가하는 것으로 알려져 있는데[21], 이는 운동에 의해 혈장내 LPL가 활성화 되어 chylomicron, VLDL 및 LDL 내의 콜레스테롤이 HDL로 전환되는 비율이 증가되고 간의 HTGLA가

운동에 의해 통제됨으로서 HDL의 catabolism이 낮아지기 때문이라고 하였으며[9], 고콜레스테롤 식이를 공급한 쥐에게 동결 건조한 마늘(추출물)을 섭취시켰을 때, HDL-C이 유의하게 증가한다고 하였다[42]. 이는 마늘에 다량 함유되어 있는 식이 섬유와 polyphenol이 영향을 준 것으로 보고하였다. 따라서 운동의 효과와 식이 섬유와 polyphenol성분이 많은 부추를 섭취함으로써 HDL-C에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.

TG는 음식물에 의해 가장 많은 영향을 받지만, 신체적 훈련에 의해서도 20~60%까지 감소되어진다. 운동은 혈중 중성지방과 콜레스테롤의 수준을 감소시키는 효과를 갖는 것으로 밝혀져 있는데, 이는 유산소 운동으로 간 및 근육의 글리코겐이 소비되면서 근육과 순환되는 혈액 중의 지방이 에너지원으로 이용되기 때문이다[39]. 부추의 첨가가 중성지방을 감소시키는 효과가 있다고 하였다[30]. 그러나 본 연구에서는 유의한 차이가 없었는데 이는 운동기간이 짧은 것으로 사료된다.

LDL-C는 지방을 세포로 운반시키는 관상동맥질환의 위험인자로 알려져 있으며, 주로 VLDL-C의 대사 후 변환물질로 생성되어 혈중 콜레스테롤의 약 75% 정도를 차지하고 있다[44]. LDL-C는 지구성 운동으로 유의한 감소를 나타낸다고 연구에서 보고되고 있으며, 또한 모든 지방산군(들기름, 옥수수유 및 돈지)에서 부추를 섭취시켰을 때 총지질, 총콜레스테롤 및 LDL-C 함량을 더 감소시켰다고 하였다[30]. 이는 부추에서 식이 섬유와 클로로필이 풍부하고 항혈전 성분인 adenosine이 혈청 콜레스테롤 농도를 저하시키고, 중성지방을 감소시키는 효과가 있기 때문이다. 본 연구에서도 유산소 운동과 부추 섭취가 대조군에 비해 유의하게 감소하였다. 이는 운동으로 인해 HDL-C의 증가를 유발하였고 부추의 성분이 LDL-C 함량을 낮춘 것으로 사료된다.

운동의 혈중 지질 개선 효과와 관련하여 52개의 운동 트레이닝 관련 연구를 분석한 메타분석에서 운동을 통해 HDL-C가 4.6% 정도 증가되고, TG와 LDL-C가 각각 3.7%, 5% 정도 감소되는 것으로 보고하였다[45]. 식이섬유는 혈중 지질 및 지단백 농도를 감소시키는데 보다 효과적이며, 생리활성성분인 페놀성 화합물이 지질저하에 효과가 있다고 하였으며[34], 지속적인 유산소 운동이 TC, LDL-C, TG, HDL-C에 긍정적인 영향을 미친다고 하였다[36]. 따라서 유산소 운동과 식이 섬유

와 polyphenol 성분이 많은 부추섭취가 혈중지질에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.

지질과산화

연구결과 유산소 운동군과 부추섭취군이 대조군보다 MDA 농도가 유의하게 낮았다.

항산화 효소에 의한 방어체계보다 자유기의 활성이 증가되면 세포막에서 불포화지방산과(PUFA) 반응하여 새로운 자유기를 형성하고 산소의 존재 하에서 proxy radical은 연쇄반응을 일으켜 지질과산화 작용을 일으키며, 지질과산화의 최종산물인 MDA농도의 함량이 증가되며, 활성산소와 불포화지방산과 반응하여 지질과산화가 발생하는데 이 과정에서 생성된 과산화라디칼이 산화적 손상의 원인이며 위험성이 있다고 하였다[24].

규칙적인 운동은 근육에서의 방어 효소계를 활성화시켜 free radical로 인한 손상을 감소시키며, 적합한 운동은 폐의 공기 정화를 정진시켜 대사를 원활하게 한다고 하였다[29]. 그러나 강도 높은 지구성 운동은 전자 유입을 증가시켜 활성산소 형성량을 높임에 따라 생체막의 투과성이 증대되며, 운동성 스트레스 시 산화 촉진제와 산화 억제간의 균형을 이루지 못하는 상황에서 칼슘의 항상성이 무너져 근세포 막이 손상될 수 있다[46]. 또한 급성적인 운동은 신체에 대사적 스트레스를 가져오며, 지질과산화를 유발시킨다고 하였다[8].

선행연구에서 운동에 의해 지질과산화물인 MDA가 증가한다고 보고한 반면[22], 운동 후 MDA변화에 차이가 없다고 하였으며, 탈진상태의 지구성 운동을 실시하였을 때 과산화지질의 증가는 나타나지 않았고, 운동 전·후 MDA 농도 차이도 없다고 하였다[14]. 또한 장거리 선수와 일반인을 대상으로 탈진에 이르는 트레드밀 운동을 실시하였을 때 안정 시, 운동 후 15분, 운동 후 24시간에서 MDA농도는 장거리 선수들이 일반인에 비해 유의하게 낮다고 하였으며[32], Alessio [2]는 지질과산화로 생성된 MDA를 연구하였는데 MDA는 운동 시 여러 조직에서 증가하였고 운동 강도에 따라 달라진다는 결과를 보고하였다. 따라서 운동의 강도와 운동기간 등에 영향을 받는 것으로 사료된다.

항산화제의 섭취와 운동으로 인한 산화적 스트레스와의 관계에 대한 많은 연구가 수행되어져 왔는데, 쥐를 대상으로 한 실험에서 비타민 E는 운동으로 야기된 산화적 스트레스를 감소시킨다고 하였으며[46], 비타민 C의 섭취 후 지질과산화정도가 경감되었고[10], 녹차의 폴리페놀이 금속이온과 결합하여 과산화를 방지하여, MDA농도가 줄어다고 하였다[23]. 또한 장기간(12개월)의 부추식은 ICR 마우스의 간과 피부 조직에서 지질과산화 및 단백질 산화를 유의적으로 억제시켰다[25].

부추의 식이성 phenol은 비타민 C와 E 등의 항산화제보다도 LDL 산화저해능이 높다고 하였으며, quercetin은 동맥경화

성 plaque에서 LDL의 축적과 산화적 변이를 저해하는 강력한 항산화제라고 하였다[37]. 수확시기별 부추의 항산화 관련 성분들을 분석한 결과 건조된 부추의 carotenoids 함량은 24.7~30.4 mg%, 비타민 C 함량은 249.3~325.4 mg%, 클로로필 함량이 532.1~581.4 mg%이었고, 총 페놀 함량도 132~184 mg%로 부추에는 많은 항산화 관련 물질들이 존재하고 있었다[30]. 따라서 이러한 항산화 성분들이 산화적 스트레스를 방어하는데 크게 기여한 것으로 사료된다.

항산화 효소

연구결과 SOD활성도는 유산소 운동군과 부추섭취군이 대조군보다 유의하게 높았으며, CAT활성도는 유산소운동+부추섭취군이 대조군보다 유의하게 높았다.

운동 시 산소소비량은 휴식상태의 10~20배까지 증가하여 산화적 스트레스를 유발하여 각종 대사물질과 면역계, 내분비계와 근육손상 그리고 허혈-재관류 현상에 의한 활성산소 증가에 의한 악영향을 초래하는데[33], 대사 과정 중에서 생성되는 활성 산소종에 의한 단백질, 핵산 및 생체막 손상은 SOD (superoxide dismutase), CAT (catlase), GPx (glutathione peroxidase), 비타민 E, glutathione 등의 항산화 효소에 의해 방어되어지며[15], 운동에 의해 항산화제의 활성도가 높아져 활성산소의 유해를 최소화 할 수 있다.

일반적으로 가장 효과적인 효소계 항산화제로는 SOD (superoxide dismutase), CAT (catlase), 및 glutathione system 들로 알려져 있으며 이들은 미토콘드리아의 매트릭스나 각 조직에 존재하여 산소 유리 및 반응성 산소화합물의 독성을 제거함으로써 생체 항상성을 유지하는 역할을 하는 것으로 알려져 있으며[41], 비효소계 항산화제는 항산화 효소와는 달리 외부에서 섭취해야 하며 항산화 효소와 함께 연쇄 반응을 일으켜 그 효과를 증대시키는 것으로 알려져 있다[40].

SOD는 활성산소의 첫 번째 생성물인 과산화 음이온을 제거하는 역할을 하는 효소이고, 특히 운동으로 인한 산화적 스트레스에 대처하는 매우 중요한 효소로 항산화 방어체계에서 가장 중요한 효소이며, CAT는 과산화수소를 물로 분해하여 세포의 손상을 방지한다[12].

마우스에 유산소 운동을 실시한 결과 GSHpx, CAT수준이 증가하였으며, 흰쥐를 7.5주간 트레드밀에서 훈련시킨 결과 대조군에 비해 SOD가 130% 증가됨을 보고하였다[43]. 또한 지구성 훈련은 조직의 항산화 능력에 영향을 미치는데 골격근, 심장과 같은 특수 조직의 항산화 능력을 향상시키며[15], 이러한 항산화 능력의 적응은 심한 운동 시 산소 섭취량의 증대에 의해 발생하는 활성산소종에 대한 세포의 중요한 보호 작용을 의미한다[26]. 그러나 6주 동안 1시간의 탈진 운동을 시켰을 때, 골격근, 심장, 간의 SOD, CAT, GPx 활성에 영향을 주지 못 하며, 탈진운동은 항산화 효소를 감소시킨다고 하였다[11].

이민자 등[25]은 부추의 *in vivo*에서의 항산화 및 항노화 효과를 평가하기 위해 마우스에 2%, 5%의 부추식이를 13개월간 급여하면서 항산화시스템에 미치는 영향을 조사한 결과 장기간의 부추섭취가 동물의 산화 및 노화를 억제하는 효과가 있다고 하였으며, 항산화효과가 큰 부추를 식이에 첨가시켰을 때 활성산소종들의 생성을 현저히 억제하였고 2%보다는 5% 부추 첨가식이군에서 농도가 유의한 활성산소종 감소효과를 나타냈다고 하였다. 이는 부추에 다량 함유되어 있는 항산화 관련 물질들이 조직의 산화를 막고 활성산소종들을 처리하는 항산화 효소계 활성을 높였기 때문이라고 하였다[18].

본 연구에서 유산소 운동과 부추섭취가 항산화 효소를 증가시켰으며 이는 식이 섬유와 클로로필이 풍부하고 polyphenol 물질인 β -sitosterol, quercetin 및 kaemperol 등을 많이 함유하고 있는 부추가 항산화력을 증가시킨 것으로 생각되며, 저강도의 유산소 운동이 항산화 효소의 활성도를 증가시키는데 더 효과적인 것으로 사료된다.

References

- Ahn, Y. J. 1998. Effects of Caloric Restriction and Training Regimens on Body Composition, Serum Lipids, and Muscle Strength. PhD Dissertation. Korea National Sport University.
- Alessio, H. M. 1993. Exercise induced-oxidative stress. *Med Sci. Sports Exercise* **25**, 218-224.
- Anatol, K., M. Ulrike, A. Sonke, U. Amaar, L. Charotrharlotte, M. T. Tom, and B. Ulrike. 2001. Influence of vitamin E and C supplementation on lipoprotein oxidation in patients with Alzheimer's disease. *Free Rad. Biol. Med* **31**, 1570-1581.
- Bedford, T. G., C. M. Tipton, N. C. Wilson, R. A. Oppliger, and C. V. Gisolfi. 1979. Maximum oxygen consumption of rats and its changes with various experimental procedures. *Journal of Applied Physiology* **47**, 1278-1283.
- Bounous, G., S. Sukkar, and J. H. Molson. 2003. The Antioxidant System. *Anticancer Research* **23**, 1411-1416.
- Durstine, J. L., P. W. Grandjean, C. A. Cox, and P. D. Thompson. 2002. Lipids, lipoproteins, and exercise. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention* **22**, 385-398.
- Friedwald, W. T., R. I. Levy, and D. S. Fredrickson. 1972. Estimation of concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin. Chem* **18**, 499-502.
- Gluohua, C. and Chen. Jidi. 1991. Effects of dietary zinc on free radical generation, lipid peroxidation, and superoxide dismutase in trained mice. *Archives of Biochemistry and Biophysics* **291**, 147-153.
- Goldberg, L., D. L. Elliot, R. W. Schultz, and F. E. Kloster. 1984. Changes in lipid and lipoprotein levels after weight training. *Journal of the American Medical Association* **252**, 504-506.
- Goldfarb, A. and C. K. Sen. 1994. Antioxidant supplementation and the control of oxygen toxicity during exercise. *Exercise and Oxygen Toxicity*. pp. 163-189, In Sen, C. K., L. Packer, and O. Hanninen (eds.), Amsterdam: Elsevier Science.
- Guie, C. A., B. Frei, and M. K. Shigenaga. 1993. Antioxidant status and indexes of oxidative stress during consecutive days of exercise. *J. Appl. Physiol.* **75**, 566.
- Halliwell, B. 1991. Reactive oxygen species in living system. Sources, biochemistry and role in human disease. *The American Journal of Medicine* **91**, 14-22.
- Jeong, D. J. 1999. The Effect of antioxidants supplementation and exercise intensity on the lipid peroxidation and the activities of antioxidative enzymes. PhD Dissertation. Seoul National University.
- Ji, L. L. 1993. Antioxidant enzyme response to exercise and aging. *Med Sci. Sports Exerc.* **25**, 225-231.
- Ji, L. L. 1995. Exercise and oxidative stress: role of the cellular antioxidant systems. *Exercise Sports Science Review*, **23**, 135-166.
- Ji, L. L. 1999. Antioxidants and Oxidative Stress in Exercise. P.S.E.B.M. **222**, 283-292.
- Jeon, J. K., B. W. Jeong, S. K. Lee, H. G. Park, H. Y. Jang, and W. R. Lee. 2006. Effects of long-term endurance exercise training and L-arginine supplementation on superoxide production and antioxidants enzyme protein expression of Aorta in spontaneously hypertensive rat. *Korean Academy Society of Exercise Nutrition* **10**, 331-340.
- Jung, H. S., K. H. Noh, H. Y. Cho, J. Y. Park, C. Y. Choi, T. W. Kwon, and Y. S. Song. 2003. Effect of buchu (*Allium tuberosum*) on lipid peroxidation and antioxidative defense system in streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Life Science* **13**, 333-342.
- Katzmarzyk, P. T., A. S. Leon., T. Rankinen., J. Gagnon., J. S. Skinner., J. H. Wilmore., D. C. Rao, and C. Bouchard. 2001. Changes in blood lipids consequent to aerobic exercise training related to changes in body fatness and aerobic fitness. *Metabolism. Jul* **50**, 841-848.
- Kim, M. Y., S. W. Choi, and S. K. Chung. 2000. Antioxidative Flavonoids from the Garlic (*Allium sativum* L.) Shoot. *Food Science and Biotechnology* **9**, 199-203.
- Kim, B. R. and J. P. Park. 2003. The effects of bare feet walking on the body composition and blood lipid profiles of obese female-students in the middle school. *The Korean Journal of Physical Education* **12**, 517-528.
- Kumari, M., J. S. Yudkin, S. E. Humphries, V. Mohamed-Ali. Inflammation, obesity, stress and coronary heart disease: is interleukin-6 the link? 1999. *Atherosclerosis* **148**, 209-214.
- Kwon, T. D., S. P. Ryu, W. C. Jang, and S. C. Lee. 2002. Effects of Green Tea Polyphenol Ingestion on Blood Lipids, MDA and SOD in Rats. *The Korean Journal of Exercise Nutrition* **6**, 85-88.
- Lee, G. P. and I. S. Lim. 2000. The Changes of MDA, SOD, and Catalase by Overtraining. *The Korean Journal of Physical Education* **39**, 426-435.
- Lee, M. J., B. M. Ryu, Y. S. Lee, and G. S. Moon. 2002. Effect of Long Term Buchu (Chinese chives) Diet on Antioxidative

- System of ICR Mice. *Korean Society of Food Science and Technology* **31**, 834-839.
26. Leeuwenburgh, C., J. Hollander, S. Leichtweis, M. Griffiths, and L. L. Ji. 1997. Adaptation of glutathione antioxidant system to endurance training are tissue and muscle fiber-specific. *American Journal of Physiology* **272**, 363-369.
 27. Lowry, O. H., N. J. Rsenbrough, and A. L. Rarr. 1997. Protein measurement with folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* **193**, 265-275.
 28. Maxwell, S. R. J., P. Jakeman, and H. Thomason. 1993. Change in plasma antioxidant status during eccentric exercise and the effect of vitamin supplementation. *Free Rad Res. Commun.* **19**, 191.
 29. Mena, P., M. Maynar, J. M. Gutierrez, J. Timon, and J. E. Campillo. 1991. Erythrocyte free radical scavenger enzymes in bicycle professional racers, Adapt at into training. *Int. J. Sports Med* **12**, 563-566.
 30. Moon, G. S. and M. J. Lee. 2003. The long term effect of Buchu (Chinese chives) diet on ROS formation in the liver and skin tissue of ICR mice. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition* **32**, 444-449.
 31. Niess, A. M., H. H. Dickhuth, H. Northoff, and E. Fehrenbach. 1999. Free radicals and oxidative stress in exercise immunological aspects. *Exercise Immunology Review* **5**, 22-56.
 32. Niesse, A. M., A. Harmann, M. Grunert-Fuchs, B. Poch, and G. Speit. 1996. DNA damage after exhaustive treadmill running in trained and untrained men. *International J. Sport Med* **17**, 397-403.
 33. Ohno, H., H. Yamachita, T. Ookawara, D. Saitoh, K. Wakabayashi, and N. Taniquchi. 1992. Training effects on concentration of immuno reactive superoxide dismutase iso-enzymes in human plasma. *Acta Physiology* **167**, 301-303.
 34. Overton, P. D., N. Fuurlonger, J. M. Beety., J. Chakraborty, J. A. Tredger, and L. M. Morgan. 1994. The effects of dietary sugar-beet fiber and guar on lipid metabolism in Wistar rats. *Br. J. Nutr.* **72**, 385-395.
 35. Park, J. Y., M. J. Kim, Y. K. Kim, Y. S. Jin, and H. J. Lee. 1999. The effect of exercise pattern and antioxidant Supplement on antioxidant enzymes and total antioxidant status. *The Korean Journal of Physical Education* **38**, 451-460.
 36. Park, S. Y. 2003. Effect of circulation exercise on physical fitness and blood lipid in obese children. Graduate School Sang-myung University.
 37. Perez, D. D., P. Strobel, R. Foncea, M. S. Diez, L. Vasquez, I. Urquiaga, O. Castillo, A. Cuevas, A. San, Martin, and F. Leighton. 2002. Wine, diet, antioxidant defenses, and oxidative damage. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **957**, 136-145.
 38. Savickiene, N., A. Dagilyte., A. Lukosius, and V. Zitkevicius. 2002. Importance of biologically active compounds and plants in the prevention of diabetes mellitus. *Medicina* **38**, 970-975.
 39. Scjokman, C. P., H. Ingrid, E. Rutishauser, and R. J. Wallace. 1999. Pre and post game macronutrient intake of a group of elite Australian football players. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **9**, 60-96.
 40. Sen, C. K., M. Atalay, and O. Hanninen. 1994. Exercise-induced oxidative stress: glutathione supplementation and deficiency. *J. Appl. Physiol.* **77**, 2177-2187.
 41. Sen, C. K., and O. Hanninen. 1994. Physiological antioxidants: pp. 89-126, In Exercise and Oxygen Toxicity, In Sen, C. K., L. Packer, and O. Hanninen. Amsterdam: Elsevier Science.
 42. Slowing, K., P. Ganado, M. Sanz, E. Ruiz, and T. Tejerina. 2001. Study of garlic extracts and fractions on cholesterol plasma levels and vascular reactivity in cholesterol-fed rats. *J. Nur.* **131**, 219-225.
 43. Somani, S. M., S. Frank, and L. P. Rybakal. 1995. Responses of antioxidant system to acute and trained exercise in rat heart subcellular fractions. *Pharmacology Biochemistry and Behavior* **51**, 627-634.
 44. Song, S. K. 2007. Effects of Dance Sports Exercise on Health-related Fitness, Body Composition and Serum Lipids in Old-aged Women. Graduate School of Education Kyungsung University.
 45. Thompson, P. D., D. Buchner, I. L. Pina, G. J. Balady, M. A. Williams. B. H. Marcus, K. Berra, S. N. Blair. and F. Costa. 2003. Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease. *Circulation* **107**, 3109-3116.
 46. Witt, E. H., A. Z. Reznick., C. A. Viguie., P. Starke-Reed, and L. Packer. 1992. Exercise, Oxidative Damage and Effects of Antioxidant Manipulation. *J. Nutr.* **122**, 766-773.
 47. Yoo, S. O. and J. H. Bae. 1993. Investigation of Korean native Chinese chives on flower bud differentiation. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* **34**, 395-401.

초록 : 유산소 운동과 부추섭취가 혈중지질, 지질과산화 및 항산화효소에 미치는 영향

백영호 · 이상호*

(부산대학교 체육교육과)

실험동물은 생후 4주령 Sprague Dawley계 수컷 흰쥐 30마리로 유산소운동+부추섭취군(6마리), 유산소운동군(6마리), 부추섭취군(6마리), 대조군(6마리)으로 총 24마리로 구분하였다. 운동은 총 2주간 트레드밀로 실시하였으며, 유산소 운동은 주5회, 1일 25~30분 실시하였다. 부추는 5%를 첨가한 사료를 섭취시킨 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 혈중지질에서 TC와 TG는 집단간 유의한 차이가 없었다. HDL-C는 유산소운동+부추섭취군, 유산소운동군, 부추섭취군이 대조군보다 높았다. LDL-C는 유산소운동+부추섭취군, 유산소운동군과 부추섭취군이 대조군보다 낮았다. MDA는 유산소운동군과 부추섭취군이 대조군보다 낮았다. 항산화 효소에서 SOD의 활성도는 유산소운동군과 부추섭취군이 대조군보다 높았다. CAT의 활성도는 유산소운동+부추섭취군이 대조군보다 높았다. 낮은 강도의 유산소 운동과 천연 항산화제인 부추섭취는 지질과산화물을 낮춤으로서 산화적 스트레스를 개선하는 효과가 있는 것으로 사료된다. 향후 부추섭취와 관련하여 운동강도에 대한 지속적인 연구가 요구되어진다.