

Effects of Aerobic Exercise and Black Garlic Intake on Blood Lipids, Lipid Peroxidation and BAP in Rats

Seung-Hyun Kim and Yeong-Ho Baek*

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

Received April 24, 2011 / Revised June 30, 2011 / Accepted July 8, 2011

The purpose of this study was to analyze the effects of aerobic exercise and black garlic intake on blood lipids, lipid peroxidation and BAP in rats. The subjects for the study were 25 male Sprague-Dawley rats composed of the control group (CG, n=6), exercise group (EG, n=6), which trained for 4 weeks (30-60 min/day, speed at 15 m/min), black garlic intake group (BGG, n=7), and exercise with black garlic intake group (EBGG, n=6). Blood lipids, lipid peroxidation, and BAP were measured in all the subjects after the end of the 4 week treadmill exercise period. The findings of this study were as follows; TC and TG were significantly lower in the EBGG compared to other groups, while there were no significant findings for HDL-C and LDL-C levels. TBARS was significantly lower in the EBGG compared to the CG, and the BAP from the EBGG and EG were significantly higher than in the CG and BGG after 4 weeks of treadmill exercise. Therefore, aerobic exercise with black garlic intake was effective in improving TC, TG, TBARS, and BAP. Consequently, aerobic exercise with black garlic intake will be effective for activating antioxidant defenses and decreasing cardiovascular diseases.

Key words : Aerobic exercise, black garlic, TBARS, BAP

서 론

규칙적인 운동은 총 콜레스테롤(TC) 및 중성지방(TG) 수치를 낮추고, 저밀도지단백 콜레스테롤(LDL-C)를 감소시키는 반면, 고밀도지단백 콜레스테롤(HDL-C)를 증가시켜 혈관 내피세포에 긍정적인 효과를 가져와 동맥경화의 진행을 둔화시킨다[19]. 또한 걷기, 달리기, 수영 및 자전거 등의 유산소 운동의 효과는 젖산 축적을 감소, 미토콘드리아 양의 증대 및 미토콘드리아 내 지질 이용에 관여하는 효소 활성도의 증대를 통해서 지질 동원과 이용능력을 향상시키며, TC, TG 및 LDL-C를 감소시키고, HDL-C를 증가시켜 심혈관 질환의 예방 및 치료에 도움을 준다[6,23,34].

운동은 그 형태에 따라 인체에 다양한 영향을 미치는데, 규칙적이고 적절한 운동은 근육에서의 방어 효소계를 활성화시키고, 유리기(free radical)로 인한 손상을 감소시키며, 폐의 공기 정화를 증가시켜 대사를 원활하게 하지만 고강도 운동은 전자 유입을 증가시켜 활성산소의 양을 증가시킴에 따라 운동성 스트레스 시 산화 촉진제와 산화 억제간의 균형을 이루지 못하는 상황에서 칼슘의 항상성이 무너져 근세포 막이 손상될 수 있다[24,35]. 또한 탈진적인 운동은 신체내 대사적 스트레스를 가져오며, 지질과산화물을 유발시킨다[13].

유산소 운동과 지질과산화에 관련된 연구로는 훈련되지 않

은 20대 남성을 대상으로 중강도 운동과 고강도 운동을 시킨 결과 중강도 운동(60% $\dot{V}O_{2max}$)에서 지질과산화가 감소 하였으며[33], 건강 한 20대 남성을 대상으로 $\dot{V}O_{2max}$ 40%, 70%, 100%로 운동 시킨 결과 100% $\dot{V}O_{2max}$ 로 운동한 그룹에서 산화적 스트레스가 증가하여 DNA를 손상시켰다[11].

우리 몸의 생리적인 방어기전을 보면 인체는 활성산소를 중화시킬 수 있는 적절한 항산화 효소를 보유하고 있다. 이러한 항산화 효소의 종류에는 과산화 음이온의 전환을 촉매하는 superoxide dismutase (SOD), 과산화수소를 물과 산소로 전환시키는 catalase (CAT), 과산화수소를 물로 환원시키는 효소인 glutathion Peroxidase (GPx) 등이 있으며[25], 20대 일반남성이 유산소 운동이나 장기간 유산소성 트레이닝을 할 경우 $\dot{V}O_{2max}$ 의 70%보다 낮은 운동 강도로 하는 것이 산화적 손상을 최소화 하였으며[10], 흰쥐를 대상으로 4주간의 트레드밀 운동이 항산화 효소의 활성을 높여 항산화 효소를 증가시켰다 [20].

이렇듯 규칙적인 운동은 항산화계의 활성화를 통해 인체로부터 산화적 스트레스를 방어하여 심혈관계 질환, 암 및 면역 기능을 강화 시키는데, 최근에는 운동과 함께 천연식품인 마늘이 인기를 얻고 있다. 특히 흑마늘은 생마늘보다 saponin이 약 2배 가량 더 농축되어 있어 피로회복, 강장효과 및 면역력에 좋고, ajoen은 항혈액응고 및 뇌혈관, 콜레스테롤 저하에 도움이 되고, 지방 세포를 태워 비만을 억제하는 효과가 있으며, selenium은 항산화 및 항암효과, 심혈관계 질환 예방효과가 있다[3]. 마늘의 항산화능과 관련된 연구로는 제2형 당뇨병

***Corresponding author**

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

E-mail : ma1004@pusan.ac.kr

를 대상으로 동결 건조한 마늘과 흑마늘을 섭취시킨 결과 항산화 효소가 증가하였고[22], 흰쥐를 대상으로 5주간 마늘분을 섭취시킨 결과 지질과산화가 억제되고 항산화 효소가 증가하였으며[17], 알리신을 함유하고 있는 물질을 섭취 시켰을 때 지질과산화물 억제와 항산화 효소 활성을 증가시켰다[8]. 이처럼 마늘의 섭취는 항산화 효소를 활성화 시켜 인체를 산화적 스트레스로부터 보호 시켜준다.

이와 같이 규칙적인 유산소 운동이 혈중지질 성분과 활성산소의 유해성이 개선되어 있음이 보고되고 있고, 흑마늘의 섭취가 혈중지질 성분을 개선하고 항산화 효소의 증가와 연관되어 있음이 많은 연구들을 통해서 보고되고 있으나 흑마늘 섭취의 효과를 규칙적인 운동의 효과와 함께 복합적으로 검증한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 4주간의 유산소 운동과 흑마늘의 섭취가 흰쥐의 혈중지질, 지질과산화 및 항산화 능력에 미치는 영향과 산화적 스트레스를 방어 할 수 있는데 필요한 운동 강도에 대한 기초 자료를 제공하고, 항산화제로써의 흑마늘 섭취가 산화적 스트레스에 미치는 영향을 구명하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

실험동물

본 연구에서 사용한 실험동물은 생후4주령 Sprague Dawley (SD)계 수컷 흰쥐로서 사육 cage에 2마리씩 사육하였으며, 사육실의 온도는 22.0±1.0℃, 상대습도는 50±10%로 조절하고, 명암주기는 12시간 간격으로 유지하여 1주일간 적응시켰다.

실험동물은 총 25마리를 대상으로 운동을 실시 하였으며, 통제집단(control group, CG, n=6), 운동집단(exercise group, EG, n=6), 흑마늘집단(black garlic group, BGG, n=7), 그리고 운동 흑마늘집단(exercise with black garlic group, EBGG, n=6)으로 분류하여 사육하였다.

식이조성과 운동방법

사료는 F사의 정제된 일반사료를 사용하여, 통제집단, 운동 집단, 흑마늘집단 및 운동흑마늘집단 모두 일일섭취권장량(1마리당 20 g/day)을 기준으로 섭취하도록 하였고, 물은 충분히 섭취할 수 있도록 공급하였으며, 본 연구에서 사용된 일반 사료의 성분은 Table 1과 같다.

Table 1. Treadmill exercise program

Week	Time	Intensity	Frequency
1 wk	30 min	Grade 0% 15 m/min (treadmill)	30 min exercise, 5 times/wk
2 wk	60 min		
3 wk	60 min		60 min exercise, 5 times/wk
4 wk	60 min		

흑마늘섭취는 흑마늘집단과 운동흑마늘집단을 대상으로 주 5회 운동 30분 전 C사의 100% 흑마늘진액 2.86 g/kg의 정량을 구강 투여 시켰으며[27], 1주에 한번씩 체중을 측정하여 증가한 체중에 비례하여 마늘 투여량을 늘려갔다. 또한 구강투여 시 받는 스트레스를 동일하게 하기 위하여 통제집단과 운동집단은 물을 구강투여 시켰다.

본 연구의 훈련 집단은 1주일 전 15 m/min 속도로 30분간 트레드밀(Pro-jog EJ36GLE, Korea Hi-Tech)을 사용하여 적응 훈련을 마쳤으며, 1주차에는 15 m/min의 속도(약 $\dot{V}O_2\max$ 55%)로 30분 운동을 시켰으며, 15분 운동 후 5분의 휴식시간을 부여 하였다. 2~4주차에는 60분 동안 운동을 시켰으며, 30분 운동 후 5분의 휴식시간을 부여 하였고, 트레드밀의 경사도는 0%로 적용하여 4주간, 주 5회 실시하였으며[32], 운동 프로그램은 Table 2와 같다.

채혈 및 조직분리

실험동물은 식이 섭취 조건을 동일하게 하기 위해 4주간의 사육 후 12시간의 공복상태 후에 절식시켜 에테르로 마취한 다음 복부를 절개하여 복부대동맥으로부터 10 ml를 채혈 하였으며, 채혈한 혈액은 혈장(plasma)을 얻기 위하여 EDTA- K₂ 용기를 이용하여 전도혼합 하였다. 또한 혈청(serum) 검체를 얻기 위하여 Barriergel (polymer)을 사용하는 SS tube에 담아서 8~10회의 전도혼합 후 30분간 방치하여 3,000 rpm으로 10분간 원심분리를 하여 혈청을 분리한 다음 부고환지방, 복부지방, 간과 근육을 분리해 각각의 무게를 측정하였으며, 모든 샘플은 분석 시까지 -70℃의 초저온 냉동고에 보관하였다.

Table 2. Composition of experimental diets

Ingredient	g/kg
Corn Starch	39.75
Casein	20.00
Dextrinized Cornstarch	13.20
Sucrose	10.00
Alphacel	5.00
Mineral Mixture	3.50
Vitamin Mixture	1.00
L-Cystine	0.30
Choline bitartrate	0.25
Tert-Butyl hydroquinone	0.0014
Soybean oil	7.00

혈중지질분석

혈중지질의 분석은 Fuji Dri-Chem 4000 (Fuji, Japan) 자동 생화학분석기로 TCHO-PIII, TG-PIII, HDL-C-PIIID의 시약을 이용하여 측정하였다. QC Card를 전용측정기의 card reader 부에 삽입 후 slide를 전용측정기로 자동으로 분석하여 TC, TG 및 HDL-C를 측정하였으며, LDL-C는 Friedwald의 계산식에 의해 산출하였다[12].

$$LDL-C = \text{Total cholesterol} - (\text{HDL-C} + \text{TG}/5)$$

지질과산화물(TBARS) 분석

지질과산화를 측정하는 가장 보편적인 방법으로 과산화 지표인 Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS)는 ZeptoMetrix의 Assay Kit를 이용하여 Ohkawa 등[28]이 기술한 방법을 이용하여 Thiobarbituric acid (TBA)와 반응하는 물질을 추출하여 측정하였다. 즉, 혈장 0.2 ml에 8.1% sodium dodecyl sulfate와 20% acetic acid 1.5 ml를 가한 후 잘 섞고, 0.8% TBA 1.5 ml와 증류수 0.6 ml를 넣고 95°C에서 1시간 가열 후 5분간 냉각하고, 증류수 1 ml와 n-butanol/pyridine (15:1, v/v)과 5.0 ml의 증류수를 가하여 30초간 진탕하였다. 이를 3,000 rpm에서 15분간 원심 분리한 후 상층액을 취하여 10분간 실온에서 안정시킨 후 532 nm에서 흡광도를 측정하였다.

항산화력(BAP) 분석

BAP (Biological antioxidative potential test) 검사는 혈액을 철(Fe²⁺) 이온을 포함한 시약과 혼합함으로써 철(Fe²⁺)이온으로 환원된 정색액의 흡광도를 광도계를 활용하여 측정하는 방법으로 본 연구에서는 FRAS4 SYSTEM (H & D Ltd, Italy)를 이용하였으며, 혈장(plasma)을 추출하여 제3철(Fe³⁺)이온을

포함한 시약과 혼합하고 제2철(Fe²⁺)이온으로 환원된 정색액의 흡광도를 광도계를 활용해 10 µl의 혈장을 유색의 활성산소 물질에 혼합하고 혈장 속에 존재하는 항산화 물질이 산화물질을 환원시키는 능력을 짧은 시간(분)에 측정하였다.

자료 처리

자료는 SPSS Ver 18.0 통계 package를 이용하여, 각 변인들 간에 평균 및 표준편차를 산출한 후 집단간 one-way ANOVA를 실시하였고, 사후검증은 Scheffe 방법을 이용하였으며, 유의수준은 α=0.05로 설정하였다

결 과

혈중지질의 변화

4주간의 유산소 운동과 흑마늘 섭취 후 총 콜레스테롤(TC), 중성지방(TG), 고밀도지단백 콜레스테롤 (HDL-C) 및 저밀도지단백 콜레스테롤(LDL-C)의 변화는 Table 3과 같다. 총 콜레스테롤은 운동흑마늘집단(EBGG)이 운동집단(EG)과 통제집단(CG)에 비해 유의하게 낮게 나타났고(p<0.001), 중성지방은 운동흑마늘집단과 운동집단이 통제집단에 비해 유의하게 낮게 나타났으나(p<0.001), HDL-C와 LDL-C는 모든 집단에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

지질과산화물의 변화

4주간의 유산소 운동과 흑마늘 섭취 후 TBARS의 변화는 Table 4와 같다. TBARS는 운동흑마늘집단(19.24±7.77 nmol/ml)이 통제집단(45.73±14.01 nmol/ml)에 비해 유의하게 낮게 나타났다(p<0.05).

Table 3. Changes in blood lipids after 4-week treadmill exercise

Variable	CG (n=6)	EG (n=6)	BGG (n=7)	EBGG (n=6)	F-value	Scheffe
TC (mg/dl)	83.50±14.75	71.16±8.51	68.71±9.89	52.67±7.28	8.787***	EGG<CG,EG
TG (mg/dl)	97.83±28.28	61.17±15.05	77.57±16.59	49.83±6.73	7.862***	EG,EGG<CG
HDL-C (mg/dl)	20.93±5.55	19.93±7.77	18.91±7.80	9.53±5.11	3.682	NS
LDL-C (mg/dl)	43.00±6.51	39.00±11.15	34.29±4.78	33.17±10.15	2.511	NS

*** p<0.001

TC: total cholesterol, TG: triglyceride, HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol, LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol
CG: control group, EG: aerobic exercise group, BGG: black garlic intake group, EBGG: exercise with black garlic intake group

Table 4. Changes in TBARS after 4-week treadmill exercise

Variable	CG (n=6)	EG (n=6)	BGG (n=7)	EBGG (n=6)	F-value	Scheffe
TBARS (nmol/ml)	45.73±14.01	36.75±18.82	40.45±11.22	19.24±7.77	4.400*	EGG<CG

* p<0.05

TBARS: thiobarbituric acid reactive substance

CG: control group, EG: aerobic exercise group, BGG: black garlic intake group, EBGG: exercise with black garlic intake group

Table 5. Changes in BAP after 4-week treadmill exercise

Variable	CG (n=6)	EG (n=6)	BGG (n=7)	EBGG (n=6)	F-value	Scheffe
BAP (μmol)	7234.50±240.53	8629.83±687.38	8178.14±232.17	9673.50±747.14	22.499***	CG<EG, EG, BGG<EBGG

*** $p < 0.001$

BAP: biological antioxidative potential

CG: control group, EG: aerobic exercise group, BGG: black garlic intake group, EBGG: exercise with black garlic intake group

항산화력의 변화

4주간의 유산소 운동과 흑마늘 섭취 후 BAP의 변화는 Table 5와 같다. BAP는 운동흑마늘집단(9673.50±747.14 μmol)이 운동집단(8629±687.38 μmol)과 흑마늘집단(8178±232.17 μmol)에 비해 유의하게 높게 나타났으며($p < 0.001$), 운동집단과 흑마늘 집단은 통제집단(7234.50±240.53 μmol)에 비해서는 유의하게 높게 나타났다($p < 0.001$).

고 찰

규칙적인 유산소 운동은 항산화계의 활성화를 통해 인체로부터 산화적 스트레스를 방어하여 에너지소비를 증가시켜 균형 잡힌 신체조성과 면역기능을 강화시키고, 혈압과 혈당, 심혈관계 질환, 암 및 비만 등의 위험요인을 줄여준다[2]. 최근에는 운동뿐만 아니라 항산화계를 활성화 시킬 수 있는 천연식품이 인기를 얻고 있는데 특히 마늘은 이러한 천연식품 중 가장 각광 받고 있는 식품 중 하나이며[4], 마늘에는 polyphenols, flavonoids 및 항산화 vitamin이 함유되어 있어 항산화 효소의 활성화에도 긍정적인 영향을 미치며, 지질과산화와 LDL-C의 산화를 방지하여 인체를 산화적 스트레스로부터 보호 해주는 기능을 하여 혈중지질 성분의 개선과 항산화 효소의 활성화에 권장되고 있다[14].

본 연구에서 4주간의 유산소 운동과 흑마늘 섭취 후 운동흑마늘집단은 TC와 TG는 통제집단에 비해 유의하게 낮게 나타났으며, HDL-C와 LDL-C는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 흰쥐를 대상으로 4주와 24주간 수영운동을 실시한 결과 TC와 TG가 감소하였고[15,16], 마늘분을 8-12주간 섭취시킨 결과 TC와 TG가 유의하게 감소 하였다는[1] 보고와 매우 유사 하였으며, 또한 AIN-76 식이를 공급한 쥐에게 AGE를 4주간 섭취시킨 결과 TC와 TG가 유의하게 감소되었다[36]는 보고와도 일치한다. 본 연구에서 TC는 통제집단에 비해 운동집단에서 유의한 차이는 보이지 않았으나 감소하는 경향을 보였는데, 이는 규칙적인 유산소 운동이 TC와 TG의 감소에 영향을 준 것이라 생각되며, 이것은 운동의 강도, 형태, 기간 및 빈도에 따라 각기 다른 결과를 가져오는 것으로 판단된다. 통제집단에 비해 흑마늘집단에서 감소하는 경향을 보였는데, 이는 마늘에 다량 함유 되어 있는 식이섬유와 polyphenol이 영향을 준 것으로 생각된다. 또한 운동집단과 흑마늘집단 에

서 통제집단에 비해 감소하였지만, 운동과 흑마늘섭취를 병행한 집단에서는 통제집단에서 보다 유의하게 감소하여 운동과 흑마늘섭취의 병행이 시너지 효과를 발휘하여 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각된다.

규칙적인 유산소 운동은 lipoprotein lipase activity (LPLA)가 활성화되어 지방으로부터 에너지 동원이 커지게 되고 hepatic triglyceride lipase activity (HTGLA)의 저하로 인해서 TG 합성물이 낮아지므로 혈중 TG 수준이 낮아지게 된다. 이러한 기전은 운동에 의해 교감신경이 흥분되어 카테콜라민의 분비가 증가하게 되고, 성장호르몬(GH)과 글루카곤의 분비가 증가하고 인슐린 분비는 감소하게 된다. 결국 LPLA가 활성화 되어 지방분해가 촉진됨에 따라 지방으로부터 에너지가 동원된다[29]. 그러므로 운동은 지방으로부터 에너지 동원을 가능하게 하는 LPLA를 더욱 활성화 시킬 뿐만 아니라 간에서 TG합성을 유발하는 HTGLA의 활성을 억제하게 됨으로써 결과적으로 혈중 TG는 낮아지게 되는데, 본 연구에서 통제집단에 비해 흑마늘집단에서 TG가 감소한 것은 마늘의 수용성 유기황이 간세포에서 지방산과 TG의 합성을 억제하고, fatty acids synthase의 활성을 억제했기 때문이라고 생각된다.

본 연구에서 4주간의 유산소 운동과 흑마늘 섭취 후 HDL-C와 LDL-C는 모든 집단에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 고콜레스테롤혈증을 가진 환자를 대상으로 16주간, alliin을 22.4 mg/day 섭취 시킨 결과 TC, TG, HDL-C 및 LDL-C의 변화가 없었다는[30] 보고와 8주령의 고지방식이 흰쥐를 대상으로 4주간 규칙적인 수영운동을 시킨 결과 HDL-C에서 변화가 없었다는[16] 결과와 매우 유사하였으며, 흰쥐에게 5주간 심혈관계 질환과 비만의 치료제 중 하나인 Dehydroepiandrosteron (DHEA)를 복용 투여했을 때 TC와 HDL-C가 감소함과 동시에 LDL-C도 감소하였다는 결과와도 일치하였다[18]. 또한, 운동이 HDL-C의 유의한 증가를 가져오지 않았음을 보고한 연구[31]는 본 연구결과와도 유사한 경향을 나타내었다. 본 연구에서도 통제집단에 비해 운동집단에서 모두 유의한 차이가 없었는데 이는 운동의 강도와 기간, 지질농도의 수준, 실험대상과 섭취한 마늘의 제조방법 및 섭취량 등에 따라 영향을 주지 못한 것으로 생각되며, HDL-C의 농도 변화는 초기 농도와 lipoprotein lipase 및 간 lipase의 활성도, 유전 등의 요인에 복합적으로 영향을 받았던 것으로 본다.

본 연구에서 유산소 운동과 흑마늘 섭취 후 TBARS는 운동

흑마늘집단이 통제집단에 비해 유의하게 낮게 나타났다. 이러한 결과는 28마리의 수컷 CF1 쥐를 대상으로 서로 다른 운동 형태로 운동을 시킨 결과 간헐적인 유산소 운동 보다 규칙적인 유산소 운동이 지질과산화물을 감소시키고 항산화 효소를 증가시킨다고[7] 보고하여 본 연구의 결과와 유사하며, 운동 기간이 길어질수록 지질 과산화에 긍정적인 영향을 미치는데, 흰쥐를 대상으로 12주간 유산소 운동을 시킨 결과 지질과산화 농도가 4주에서는 유의한 차를 나타내지 않았지만 8주, 12주에서 유의한 감소를 나타내어, 운동기간이 길어짐에 따라 지질과산화가 감소하였고[5], 혈중 콜레스테롤 농도가 높은 대상자들에게 6개월 동안 마늘 추출물을 섭취시킨 결과 MDA가 감소되었고, 항산화 능력이 개선되었다는[9] 결과와도 유사하였다. 또한, 윤[37]은 흰쥐를 대상으로 마늘분을 사료에 혼합하여 4주간 섭취시킨 결과 지질과산화 정도는 TBARS 농도의 경우에 운동집단이 다른 집단 보다 높게 나타났고, SOD와 Catalase는 마늘집단에서 높은 경향만을 보였으며, 고혈압환자를 대상으로 한 2개월간의 마늘분 섭취가 지질 과산화를 유의하게 억제시켰다고 보고하였다. 본 연구에서도 통제집단에 비해 운동집단과 흑마늘집단에서 TBARS의 농도가 감소하는 경향은 보였지만 유의한 차이는 없었다. 하지만 운동흑마늘집단은 통제집단에 비해 TBARS의 농도가 유의하게 감소하였는데, 이는 단순히 유산소 운동을 하는 것보다 마늘을 섭취하면서 운동을 병행하게 될 때 그 효과가 증가하며, 운동을 실시하게 되는 상황에서 마늘의 섭취는 지질 과산화의 방어시스템을 구축하는데 효과적인 식품이라고 생각된다.

제2형 당뇨병을 대상으로 동결 건조한 마늘과 흑마늘을 섭취시킨 결과 항산화 효소가 증가하였고[22]와 흰쥐를 대상으로 5주간 마늘분을 섭취시킨 결과 지질과산화가 억제되고 항산화 효소가 증가하였으며[17], 알리신을 함유하고 있는 물질을 섭취시켰을 때 TBARS와 MDA와 같은 지질 과산화물 억제와 SOD, CAT, GPx 등의 활성을 증가시켰다는 연구 결과[8]가 있다.

본 연구에서 4주간의 유산소 운동 후 통제집단과 운동집단에 비해 운동흑마늘집단에서 BAP의 농도가 유의하게 증가하여 여러 선행연구의 결과들과 일치하였으며, 이는 마늘이 함유하고 있는 높은 함량의 황화합물, 플라보노이드와 피토케미칼 성분들의 혼합물이 상승작용을 하여 항산화력을 발휘한 것으로 보인다[21,26]. 특히 유산소 운동의 효과와 항산화제로써의 흑마늘의 효과가 복합적으로 작용하여 상승효과를 나타낸 것으로 사료된다.

이상의 연구 결과를 종합해 볼 때 흑마늘의 섭취는 혈중 콜레스테롤 중 TC와 TG를 개선시키며 유산소 운동을 병행하였을 때 그 효과는 더욱 상승하는 결과를 가져왔다. 또한 흑마늘 섭취에 의하여 지질과산화가 억제되고 항산화 능력이 상승하는 것으로 나타나 유산소 운동과 흑마늘의 섭취는 인체가 받는 산화적 스트레스를 보호하여 생활습관병을 예방해 줄

수 있는 가능성을 제시한다고 할 수 있다.

References

- Ackermann, R. T., C. D. Mulrow, G. Ramirez, C. D. Gardner, L. Morbidoni, and V. A. Lawrence. 2001. Garlic shows promise for improving some cardiovascular risk factors. *Arch. Intern. Med.* **161**, 813-824.
- ACSM. 2000. *ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription*. 6th eds. Baltimore, MA: Williams & Wilkins.
- Ban, H. N. 2010. The effects of circuit training and black garlic intake on health related fitness, lipid profiles, C-reactive protein and bone density in middle-aged Women. *M. S. Thesis. Pusan National University*. Busan, Korea.
- Butt, M. S., M. T. Sultan, M. Butt, and J. Iqbal. 2009. Garlic: nature's Protection against physiological threats. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **49**, 538-551.
- Choi, M. R. 2000. The effects of long-term treadmill exercise on macronutrient self-selection (MNSS) and malondialdehyde (MDA). *Korean J. Phys. Edu.* **10**, 69-176.
- Colberg, S. R., J. M. Hagberg, S. D. McCole, J. M. Zmuda, P. D. Thompson, and D. E. Kelley. 1998. Utilization of glycogen but not plasma glucose is reduced individuals with NIDDM during mild-intensity exercise. *J. Appl. Physiol.* **81**, 2027-2033.
- da Silva, L. A., C. A. Pinho, L. G. Rocha, T. Tuon, P. C. Silveira, and R. A. Pinho. 2009. Effects of different models of physical exercise on oxidative stress markers in mouse liver. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* **34**, 60-65.
- Duda, G., J. Suliburska, and D. Pupek-Musialik. 2008. Effects of short-term garlic supplementation on lipid metabolism and antioxidant status in hypertensive adults. *Pharmacol. Rep.* **60**, 163-170.
- Durak, I., M. Kavutcu, B. Aytac, A. Avci, E. Devrim, H. Ozbek, and H. S. Oztürk. 2004. Effects of garlic extract consumption on blood lipid and oxidant/antioxidant parameters in humans with high blood cholesterol. *J. Nutr. Biochem.* **15**, 373-377.
- Eom, W. S. 2004. The Effect of 12 weeks aerobic exercise with different exercise intensity on lipid peroxidation (MDA) and antioxidant enzyme (SOD). *Korean J. Exerc. Sci.* **13**, 335-350.
- Fogarty, M. C., C. M. Hughes, G. Burke, J. C. Brown, T. R. Trinick, E. Duly, D. M. Bailey, and G. W. Davison. 2011. Exercise-induced lipid peroxidation: Implications for deoxyribonucleic acid damage and systemic free radical generation. *Environ. Mol. Mutagen.* **52**, 35-42.
- Friedewald, W. T., R. I. Levy, and D. S. Fredrickson. 1972. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin. Chem.* **18**, 499-502.
- Gluehwa, C. and J. Chen. 1991. Effects of dietary zinc on free radical generation, lipid peroxidation, and superoxide dismutase in trained mice. *Arch. Biochem. Biophys.* **291**, 147-153.

14. Ishikawa, T., M. Suzukawa, T. Ito, H. Yoshida, M. Ayaor, M. Nishiwaki, A. Yonemura, Y. Hara, and H. Nakamura. 1997. Effect of tea flavonoid supplementation on the of Int-density lipoprotein to oxidative modificationen. *Am J. Clin. Nutr.* **66**, 261-266.
15. Karanth, J. and K. Jeevaratnam. 2009. Effect of dietary lipid, carnitine and exercise on lipid profile in rat blood, liver and muscle. *Indian J. Exp. Biol.* **47**, 748-753.
16. Kim, D. Y. 2002. The effect of high calcium diet and aerobic exercise on blood lipid in high fat diet rats. *M. S. Thesis. Sungkyunkwan University.* Seoul, Korea.
17. Kim, J. H. 2009. Effects of Garlic powder ingestion and exercise training on blood Lipids and Antioxidants activity in Rats. M. S. Disseration. Kyungpook National University, Daegu, Korea.
18. Kim, Y. A. 2001. Effects of vitamin E and Dehydroepiandrosterone (DHEA) on antioxidant system in sprague-dawley rats. M. S. Thesis, *Sungshin Women's University*, Seoul, Korea.
19. Laslett, L., L. Paumer, and E. A. Amsterdam. 1987. Exercise training in coronary artery disease. *Cardiol Clin.* **5**, 211-225.
20. Lee, C. S., S. H. Lee, G. D. Sung, and Y. H. Baek. 2010. The effect of 4 weeks of treadmill exercise and protein diet on immunoglobulin and antioxidant enzyme in rats. *J. Life Sci.* **20**, 1483-1489.
21. Lee, H. M., D. Y. Seo, S. H. Lee, and Y. H. Baek. 2010. Effects of exhaustive exercise and aged garlic extract supplementation on weight, adipose tissue mass, lipid profiles and oxidative stress in high fat diet induced obese rats. *J. Life Sci.* **20**, 1889-1895.
22. Lee, Y. M., O. C. Gweon, Y. J. Seo, J. E. Im, M. J. Kang, M. J. Kim, and J. I. Kim. 2009. Antioxidant effect of garlic and aged black garlic in animal model of type 2 diabetes mellitus. *Nutr. Res. Pract.* **3**, 156-161.
23. Lehtonen, A. and J. Viikari. 1980. Serum lipids in soccer and ice hockey players. *Metabolism* **29**, 36-39.
24. Mena, P., M. Maynar, J. M. Gutierrez, J. Maynar, 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.
25. Michael, R., Z. Kim, O. Andreas, K. Nora, B. Marc, K. Michael, S. Michael, and B. Matthias. 2009. Antioxidants prevent health-promoting effects of physical exercise in human. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* **106**, 8665-8670.
26. Miesan, K. H. and W. Mohamed. 2001. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin and apigenin) content of edible tropical plants. *J. Ari. Food Chem.* **49**, 3106-3112.
27. Naoaki, M., U. Mitsuyasu, K. Naoki, N. Takeshi, H. Minoru, and T. Hidekatsu. 2006. Aged garlic extract ameliorates physical fatigue. *Biol. Pharm. Bull.* **29**, 962-966.
28. Ohkawa, H., N. Ohishi, and K. Yagi. 1979. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Anal. Biochem.* **95**, 351.
29. Oscai, L. B., K. Gorski, W. C. Miller, and W. K. Plamer. 1988. Role of the alkaline TG lipase in regulating intramuscular TG content. *Med. Sci. Sports Exerc.* **20**, 539-543.
30. Peleg, A., T. Hershcovici, R. Lipa, R. Anbar, M. Redler, and Y. Beigel. 2003. Effect of garlic on lipid profile and psychopathologic parameters in people with mild to moderate hypercholesterolemia. *Isr. Med. Assoc. J.* **5**, 637-640.
31. Ready, A. E., B. Naimark, J. Ducas, J. V. Sawatzky, S. L. Boreskie, D. T. Drinkwater, and S. Oosterveen. 1996. Influence of walking volume on health benefits in women post-menopause. *Med. Sci. Sport. Exerc.* **28**, 1097-1105.
32. Samina, S., S. Nada, T. Manish, S. Kaustuv, T. S. Maria Victoria, and C. Gaurav. 2010. Moderate treadmill exercise prevent oxidative stress-induced anxiety-like behavior in rat. *Behav. Brain Res.* **208**, 545-552.
33. Seifi-Skishahr, F, M. Siahkohian, and B. Nakhostin-Roohi. 2008. Influence of aerobic exercise at high and moderates intensities on lipid peroxidation in untrained men. *J. Sports Med. Phys. Fitness* **48**, 515-521.
34. Viru, A. and T. Smirnova. 1995. Health promotion and exercise training. *Am J. Sport Med.* **19**, 123-126.
35. 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.
36. Yeh, Y. Y. and L. Liu. 2001. Cholesterol-lowering effect of garlic extracts and organosulfur compounds: human and animal studies. *J. Nutr.* **131**, 989-993.
37. Yoon, G. A. 2006. Effect of garlic supplement and exercise on plasma lipid and antioxidant enzyme system in rats. *Korean J. Nutr.* **39**, 3-10.

초록 : 유산소 운동과 흑마늘 섭취가 흰쥐의 혈중지질, 지질과산화 및 항산화 능력에 미치는 영향

김승현 · 백영호*

(부산대학교 체육교육학과)

본 연구는 4주간의 유산소운동과 흑마늘의 섭취가 흰쥐의 혈중지질, 지질과산화 및 항산화 능력에 미치는 영향과 산화적 스트레스에 미치는 영향을 규명하기 위하여 실시하였다. 실험동물은 총 25마리를 대상으로 4주간 30-60분씩 15 m/min의 속도로 트레드밀에서 유산소 운동을 실시 하였으며, 통제집단(control group, CG, n=6), 운동집단(exercise group, EG, n=6), 흑마늘집단(black garlic group, BGG, n=7), 그리고 운동흑마늘집단(exercise with black garlic group, EBG, n=6)으로 분류하였고, 유산소 운동 4주 후 혈중지질, 지질과산화 및 항산화 능력을 측정하여 비교 분석하였다. 본 연구의 결과 유산소 운동 후에 운동흑마늘집단은 총콜레스테롤(TC)과 중성지방(TG)이 다른집단에 비해 유의하게 낮게 나타났으나 고밀도지단백 콜레스테롤(HDL-C)과 저밀도 지단백 콜레스테롤(LDL-C)에서는 유의한 차이가 없었다. 지질과산화물(TBARS)은 운동흑마늘집단이 통제집단에 비해 유의하게 낮았으며, 항산화 능력(BAP)은 운동흑마늘집단과 운동집단이 통제집단과 흑마늘집단에 비해 유의하게 높게 나타났다. 따라서 흑마늘의 섭취는 혈중 콜레스테롤 중 TC와 TG를 개선시키며 유산소 운동을 병행하였을 때 그 효과는 더욱 상승하는 결과를 가져왔으며, 지질과산화가 억제되고 항산화 능력이 상승하는 것으로 나타나 유산소운동과 흑마늘의 섭취는 산화적 스트레스의 보호와 함께 심혈관 질환에 긍정적인 효과가 있을 것으로 사료된다.