

Effects of Cheonggukjang Diet and Aerobic Exercise on Lipid Metabolism and Antioxidant Enzyme in Rats

Sang-Woo Kim¹, Seon-Tea Jeong² and Yeong-Ho Baek^{1*}

¹Department of Physical Education, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

²Department of Physical Education, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

Received February 25, 2013 / Revised April 17, 2013 / Accepted May 13, 2013

The purpose of this study was to examine the effects of a cheonggukjang diet and aerobic exercise on lipid metabolism and antioxidant enzyme activity in rats. Thirty-two Sprague Dawley rats were randomized into a cheonggukjang diet with aerobic exercise (A), aerobic exercise (B), cheonggukjang diet (C), and control group (D). The cheonggukjang diet group consumed 20 g of 20% cheonggukjang a day with their normal diet. Exercise training consisted of treadmill running (25~40 min, 5 day/wk) and the exercise intensity was gradually increased. The results are as follows: T-C was significantly lower ($p<0.05$) in A compared to B and C. TG was significantly lower ($p<0.001$) in A compared to D. B and C were significantly lower than D. HDL-C was significantly higher ($p<0.05$) in C compared to D. LDL-C was not statistically different across the groups. Additionally, TBARS were not statistically different in the control or experimental groups. SOD was significantly lower ($p<0.05$) in A compared to D. C was significantly lower ($p<0.05$) that of D. CAT and GPx failed to reach the statistical difference between experimental and control groups. The major findings of this study were that aerobic exercise with a cheonggukjang diet intervention improved lipid profiles and antioxidant capacity in this animal model. Therefore, a cheonggukjang diet and aerobic exercise will help to improve antioxidant capacity and prevent lifestyle related diseases.

Key words : Cheonggukjang diet, aerobic exercise, lipid metabolism, antioxidant enzyme

서론

건강유지, 증진을 위한 규칙적인 유산소 운동은 과도한 운동 시 발생하는 피로와 통증을 유발하는 혈중 젖산 농도를 낮추고, 생활습관병 등의 위험인자에 대한 개선을 가져올 수 있으며, 운동 시 심박수 감소, 최대산소섭취량의 증가, 혈압의 감소 등 심폐의 기능의 개선을 가져오고[34], HDL-C (high density lipoprotein cholesterol)의 증가시킴과 동시에 LDL-C (low density lipoprotein cholesterol)의 감소, MDA (malondialdehyde) 농도의 저하, SOD (superoxide dismutase) 활성도를 증가시킨다[2].

그러나, 적절한 운동 강도와 시간을 벗어난 격렬한 운동은 인체에 부정적인 영향을 미치고[14], 과도한 운동이 노화와 압 등의 질병을 초래할 수 있다는 산소 유리기 이론(oxygen free radical theory)이 제시되면서 이는 체내 항산화 효소의 방어 작용, 세포막과 유전자의 손상 및 변성을 야기하고[22], 활성산

소는 주로 세포막의 고불포화 지방산과 반응하여 지질과산화물을 촉진하고 단백질, 지질 및 당질 등의 생체 성분과 반응하여 세포의 산화적 손상을 초래한다[30].

이러한 산화적 스트레스를 방어하는 주된 역할을 담당하는 항산화 인자에는 superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GSH-Px) 및 catalase (CAT) 등의 항산화효소와 glutathione (GSH), 토코페롤, 아스코르브산, 카로티노이드 및 폴리페놀 화합물 등 식물 유래의 천연 항산화 물질이 있다고 보고되고 있다[7].

최근 삶의 질 향상을 위한 운동과 식생활에 대한 관심이 점차 고조되고 있으며, 이와 관련하여 건강식품에 대한 연구도 많이 이루어지고 있는 가운데, 청국장(콩)은 최근까지 이루어진 연구에 의하면 그 효능이 뛰어난 것으로 알려지고 있다.

콩(soybean)은 천연 항산화 작용[39]을 하는 식물 중 하나로 특히, 우리나라는 콩을 다양한 형태로 발효시켜 섭취하는 경우가 많으며, 콩을 이용한 전통 발효식품 중 하나인 청국장은 발효 숙성 과정에서 고초균이 생성하는 효소의 작용으로 콩 단백질이 저분자 펩타이드로 분해되어 소화흡수가 쉽고 풍미가 특유하고, 영양생리적으로 다양한 기능을 나타내고 있다[23].

청국장은 원료인 콩이 가지는 영양성분 이외에도 인체의 건강증진을 위한 생리활성 물질로 알려진 식이섬유, 인지질, 이소플라본, 페놀산, 사포닌, 트립신 저해제, 피트산 등의 성분

*Corresponding author

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

E-mail : ds-cook@hanmail.net

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

과 미생물에 의한 발효과정 중 새로운 생리활성물질을 생성할 수 있는 가능성도 가지고 있어[37], 혈당조절 및 지질대사 개선[19], 콜레스테롤의 체외 배출[24], 항균 효과[29] 및 항산화 효과[9, 42]가 있는 것으로 알려지고 있다.

미국식품의약회는 콩 단백질이 혈중 콜레스테롤을 낮추어 관상동맥질환을 줄일 수 있다고 하였으며[6], 특히 대두의 성분 중 가장 각광 받고 있는 이소플라본은 심혈관계 위험요인을 개선하거나 LDL-C에 대한 항산화 작용을 한다고 하였다[41].

그러나 대부분의 많은 연구가 청국장 발효의 항산화 효과에 관하여 개별적으로 이루어진 반면 청국장의 섭취와 유산소 운동을 병행하였을 때의 효과를 검증한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 청국장 섭취와 유산소 운동을 복합적으로 실시할 때 지질대사 및 항산화 효소에 어떠한 영향을 미치는지를 구명하고자 한다.

재료 및 방법

실험동물

생후 4주령 Sprague Dawley계 수컷 흰쥐로 1주간 적응기를 거친 후에 운동을 실시하였으며, 그룹은 청국장식이유산소 운동군(8 마리), 청국장식이군(8 마리), 유산소운동군(8 마리), 대조군(8 마리)으로 총 32 마리를 대상으로 하였다. 실험동물의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

식이조성 및 훈련방법

청국장 분말은 C사에서 공급 받아 식이에 첨가하였으며, 유산소운동군과 대조군은 일반사료(Fomula-M07: 조단백 20% 이상, 조지방 7% 이상, 조섬유 7% 이하, 조회분 6% 이하 Ca 0.5% 이상, P 1.0% 이상)를 공급하고, 청국장식이유산소운동군과 청국장식이군은 Fomula-M07 사료에 청국장 분말

20%를 첨가하여 공급하였다. 선행연구에서 당뇨쥐를 대상으로 청국장 10%와 20%를 섭취시킨 결과 정상식이에서 보다 20% 섭취한 군에서 혈당강화와 항산화효소의 활성이 유의하게 나타나 청국장 분말을 20%로 공급하였다[18]. 청국장식이 유산소운동군, 청국장식이군, 유산소운동군, 대조군 모두 일일 섭취 권장량(1 마리당 20 g/day)을 기준으로 섭취하도록 하였고[36], 물은 충분히 섭취할 수 있도록 제한하지 않고 공급하였다. 본 연구에서 사용된 청국장 성분은 Table 2와 같다. 사육 Cage는 50 cm × 30 cm × 25.5 cm의 크기에 2 마리씩 사육하였으며, 꼬리 부분에 표시를 하여 각각 구분하였다. 사육실의 온도는 22.0±1.0°C, 상대습도는 50±10%로 조절하고, 명암주기는 12시간 간격으로 유지하였다. 체중은 주 1회, 일정한 시간에 실험동물용 저울(A & D Company Limited CE, Japan)을 이용하여 측정하였다.

운동은 Table 3과 같다. 트레드밀(Pro-Jog EJ36GLE, Korea HI-Tech)을 사용하였으며, 운동강도는 경사도 0%, 15~16 m/min [14]으로 하고, 운동 시간 및 운동 시간을 수정·보완하여 6주간, 주 5회, 1주차 25분, 2~3주차 30분, 4~5주차 35분, 6주차 40분이 되도록 하여 실시하였다.

시료수집 및 분석방법

실험군의 동물은 희생하기 전 12시간 절식시키고, 에틸에테르를 이용하여 마취한 후 복부를 절개하여 복부 대동맥에서 10 ml를 채혈하였으며, 항응고 처리된 tube에 넣은 후 3,000

Table 2. Components of experimental cheonggukjang

Ingredient	%
Crude protein	42.5
Crude Fat	19.8
Carbohydrate	26.7
Total-Nitrogen	7.1
Water	3.9

Table 1. Physical characteristics of experimental rats

Group	Number	Age (wk)	Body weight (g)
A	8	5	154.18±5.32
B	8	5	156.37±4.18
C	8	5	153.12±2.64
D	8	5	155.56±7.14

Values are M±SD.

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

Table 3. Exercise program

Week	Type	Intensity	Time (min/day)	Frequency (day/wk)
1 week	aerobic exercise (treadmill)	15~16 m/min (0°)	25	5
2~3 week			30	
4~5 week			35	
6 week			40	

rpm으로 15분간 원심 분리 후 상층액만 채취하였다. 간 조직은 적출한 후 질소를 이용하여 냉각시켜 분석 시까지 -70℃에서 냉동 보관하였다.

혈중지질의 T-C, TG, HDL-C 및 LDL-C의 농도 분석은 혈액 자동분석기(TBA-80FR, Toshiba, Japan)를 이용하였고, TBARS는 Quantichrom™ TBARS assay kit를 사용하여 측정하였으며 실험 방법은 kit 내 protocol을 따랐다. 간 조직 20 mg을 PBS에 담그고 sonication을 통해 분쇄한 후 원심 분리기로 단백질을 분리하였다. 단백질 용해물 100 µl에 200 µl 10% TCA를 넣고 5분간 반응시킨 후 원심분리(14,000 rpm, 5분)하여 200 µl를 새로운 튜브로 옮겼다. 각 샘플마다 200 µl의 TBA를 첨가하고 100℃에서 1시간 반응시킨 후 535 nm에서 OD 값을 읽고 단백질 정량 값으로 나누어 산출하였다.

항산화효소는 단백질을 정량화한 샘플들에 loading dye를 넣고 끓인 후 각 샘플 10 µl (단백질 10 µl 포함)를 SDS-polyacrylamide gel에 넣고 전기영동한 후 분리된 단백질을 polyvinylidene difluoride membrane으로 이동시켰다. 1차 항체 SOD, CAT, GPx를 4℃에서 12시간 반응시켜 membrane을 세척한 후 1차 항체에 해당하는 2차 항체를 1시간 반응시켰다. membrane을 다시 세척하고 SOD, CAT, GPx의 단백질 발현은 ECL용액을 이용하여 각각 시각화하였다.

자료처리

자료처리는 SPSS Ver 20.0 통계 package를 이용하여 각 변인들 간에 평균(M) 및 표준편차(SD)를 산출한 후 집단 간 one-way ANOVA를 이용하고, 사후 검증은 Scheffé 유의수준은 α=0.05로 설정하였다.

결과 및 고찰

지질대사의 변화

그룹별 실험 조건에 따른 6주간의 사육 후 혈중지질의 변화를 분석한 결과는 Table 4와 같다. 실험 결과 T-C는 청국장식이유산소운동군이 청국장식이군과 유산소운동군보다 유의하게(p<0.05) 낮았다. TG는 청국장식이유산소운동군(p<0.001), 청국장식이군(p<0.01) 및 유산소운동군(p<0.01)이 대조군에

비해 유의하게 낮았다. HDL-C는 유산소운동군이 대조군에 비해 유의하게(p<0.05) 높았다. LDL-C는 집단 간의 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았다. 지질과산화의 변화를 분석한 결과는 Table 4와 같다. TBARS는 집단 간의 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았다.

혈중지질의 대표적인 요소인 T-C (total cholesterol), TG (triglyceride), LDL-C (low density lipoprotein cholesterol)는 심혈관계질환의 지표로 사용되고 있는데 이는 일시적인 운동으로는 영향을 미치지 못하는 반면 규칙적인 유산소 운동은 심혈관 질환에 도움이 되는 T-C, TG, LDL-C에 긍정적인 영향을 준다고 보고하였다[35]. 유산소운동 트레이닝은 동맥경화 발생의 위험인자와 혈중지질 개선에 효과적이고, 지방대사를 활성화하고 촉진시켜 TG와 LDL-C 수치를 낮추며, HDL-C (high density lipoprotein cholesterol) 수치를 증가시키는 것으로 알려져 있다[11].

T-C와 관련된 선행연구로 흰쥐를 대상으로 4주간, 주 5회, 30분씩 수영운동을 시킨 결과 T-C가 감소하였고[17], 수컷 쥐를 대상으로 6주간, 주 5회, 30분씩 트레드밀 운동을 시킨 결과 운동군이 대조군에 비해 T-C가 유의하게 낮았으며, 흰쥐를 대상으로 청국장 사료를 제조하여 4주간 섭취시킨 결과 10% 청국장식이군이 대조군에 비해 T-C가 유의하게 낮았고[27], 고지혈증을 유도한 성숙한 암쥐에 청국장 분말을 4주간 섭취시킨 결과 T-C가 대조군에 비해 유의하게 감소하였다[3]. 그러나 흰쥐를 대상으로 2주간, 주 5회, 25~30분 동안 트레드밀 운동을 시킨 결과 T-C의 차이가 없었다[2]. 본 연구에서는 유산소운동군과 청국장식이군은 대조군에 비해 유의한 차이가 나지 않았지만 운동과 청국장섭취를 병행한 그룹에서 청국장식이군과 유산소운동군보다 유의하게 감소하였다. 각각의 처치에서는 효과가 나타나지 않았지만 운동과 식이를 병행한 그룹에서는 효과가 나타났다. 이는 규칙적인 유산소 운동의 효과와 청국장에 들어있는 레시틴과 단백질 분해효소가 혈관을 막고 있는 혈전이나 콜레스테롤을 분해하였고, 장기간의 유산소운동과 청국섭취의 병행이 상승작용을 하여 T-C의 감소에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.

TG와 관련된 연구로는, 흰쥐를 대상으로 4주간, 주 5회, 1주차 30분 2~4주차 60분간 트레드밀 운동을 시킨 결과 TG가 감

Table 4. Changes in lipid metabolism

Variable \ Group	A (n=8)	B (n=8)	C (n=8)	D (n=8)	F-value	Scheffe
T-C (mg/dl)	72.50±5.47	80.87±9.84	81.62±6.84	74.25±4.49	3.509*	A<B,C
TG (mg/dl)	46.62±12.24	58.62±7.42	61.12±8.54	83.75±13.98	16.223***	A,B,C<D
HDL-C (mg/dl)	71.25±4.39	76.37±8.63	78.00±6.67	70.25±3.80	3.016*	D<C
LDL-C (mg/dl)	19.87±2.90	21.25±5.94	20.75±2.12	17.75±4.13	1.170	NS
TBARS (nmol/ml)	0.011±0.004	0.012±0.002	0.013±0.003	0.012±0.002	0.716	NS

Values are M±SD NS: non-significant.

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

* p<0.05, *** p<0.001

소[20], 흰쥐를 대상으로 청국장 사료를 제조하여 4주간 섭취시킨 결과 10% 청국장식이군이 대조군에 비해 TG가 감소[27], 4주간 고지혈증을 유도한 성숙한 암쥐에 청국장 분말을 4주간 급여한 결과 청국장식이군이 대조군에 비해 TG가 감소하였다[3]. 본 연구에서도 운동과 청국장섭취에 대한 효과가 나타났다. 이는 유산소 운동을 함으로서 지방에너지를 사용하여 지방감소 효과와 청국장에 들어 있는 비타민과 미네랄이 신체의 신진대사를 촉진시켰고, 레시틴과 사포닌이 과도한 지방을 흡수하여 배출시키는 역할을 하는 것으로 생각되며, 각각의 처치에서도 효과가 나타났지만 운동과 청국장 섭취의 병행이 시너지 효과를 발휘하여 TG의 감소에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.

HDL-C와 관련된 연구로는, 흰쥐를 대상으로 2주간, 주 5회, 25~30분 동안 트레드밀 운동을 시킨 결과 운동군이 대조군에 비해 HDL-C가 유의하게 높게 나타났고[2], 당뇨를 유발한 쥐를 대상으로 4주간 청국장에서 추출한 점질성의 중합체 (biopolymer)를 섭취시킨 결과 청국장 섭취군이 대조군에 비해 HDL-C가 유의하게 높게 나타났[21]. 본 연구에서 운동으로 인해 HDL-C의 긍정적인 효과가 나타났으나 청국장 섭취에 대한 효과는 나타나지 않았다. 이는 유산소 운동에 의해 HDL-C의 농도가 증가하는 것으로 알려져 있으며, 운동에 의해 혈장내 LPLA가 활성화 되어 VLDL 및 LDL 내의 콜레스테롤이 HDL로 전환되는 비율이 증가되기 때문인 것으로 사료된다.

LDL-C와 관련된 연구로는, 흰쥐를 대상으로 2주간, 주 5회, 25~30분 동안 트레드밀 운동을 시킨 결과 운동군이 대조군에 비해 LDL-C가 감소하였고[2], 고지혈증을 유도한 성숙한 암쥐에 청국장 분말을 4주간 섭취시킨 결과 LDL-C가 대조군에 비해 유의하게 낮았다[3]. 그러나 수컷 흰쥐를 대상으로 6주간, 주 5회, 1주, 2주차에는 15 m/min 속도로 45분, 60분, 3주, 4주차에는 20 m/min 속도로 30분, 45분 트레드밀 운동을 시킨 결과 LDL-C가 차이가 없었다[28]. 본 연구에서 유의한 차이가 없었다. 이는 운동의 기간 강도 및 지질농도의 수준 등의 차이다. 섭취한 청국장의 제조방법, 섭취량 등의 차이로 인하여 LDL-C의 감소에 영향을 주지 못한 것으로 생각된다.

결과적으로 본 연구는 혈중지질 중 LDL-C에서 유의한 감소는 보이지 않았으나 T-C, TG, HDL-C 에서는 유의한 차이를

보였으며, 특히 청국장식이 유산소운동군은 긍정적인 효과를 보임으로써 규칙적 유산소운동이 가지는 혈중지질 개선의 효과가 청국장에 들어 있는 레시틴(lecithin), 사포닌(saponin), 글라이시틴(glycitin) 등과 시너지 효과를 발휘해 혈중지질의 개선에 영향을 준 것으로 사료된다.

지질과산화에 관한 연구로는, 장기간 유산소 트레이닝이 운동에 따른 지질과산화물 생성억제에 긍정적인 효과를 주고, 규칙적인 유산소 운동이 과산화지질의 생성을 감소시켜 인체에 긍정적인 영향을 미치며[1], 흰쥐를 대상으로 2주간, 주 5회, 25~30분 동안 트레드밀 운동을 시킨 결과 운동군이 대조군에 비해 MDA가 유의하게 낮게 나타났다고 보고하였다[2]. 또한 흰쥐를 대상으로 12주간 유산소 트레이닝을 실시하여 트레이닝 기간별 지질과산화농도를 분석한 연구에서 4주에서는 유의한 차를 나타내지 않았지만 8주, 12주에서 유의한 감소를 나타내었고, 트레이닝 기간이 길어짐에 따라 MDA 수준이 감소되었다고 보고하였다[4]. 또한, 수컷 흰쥐를 이용하여 8주간 청국장을 섭취시킨 결과 청국장 섭취로 체내 지질과산화물생성 억제 효과가 나타났[33]. 본 연구는 6주간 15~16 m/min의 속도로 트레드밀 운동을 시킨 결과 TBARS는 차이가 없었다. 이는 선행 연구와 비교해 볼 때 본 연구의 6주간의 운동기간 및 시간이 짧았던 것으로 사료되며, 운동 기간을 길게 한다면 지질과산화 농도의 감소에 긍정적인 결과를 가져 올 것으로 사료되고, 실험대상과 섭취한 청국장의 제조법, 섭취량 등에 따라 TBARS에 차이가 나타난 것으로 사료된다.

항산화효소의 변화

그룹별 실험 조건에 따른 6주간의 사육 후 항산화 효소의 변화를 분석한 결과는 Table 5와 같다. 본 실험 결과 SOD는 청국장식이유산소운동군($p<0.05$)과 유산소운동군($p<0.01$)이 대조군에 비해 유의하게 낮았다. CAT와 GPx는 집단 간의 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았다.

항산화제(antioxidant)란 산소 유리기 및 활성산소종의 생성의 방지, 또는 활성도 경감과 손상된 조직 복원, 다른 항산화제의 기능을 높이는 물질을 총칭하는 의미로 쓰인다. 체내 항산화제로는 superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione peroxidase (GPx) 등의 효소[5]와 비효소적 항산화제인 비타민 C, E, β -carotene, glutathione 등이 있다[32].

Table 5. Changes in antioxidant enzyme

Variable	Group	A (n=8)	B (n=8)	C (n=8)	D (n=8)	F-value	Scheffe
SOD arbitrary density		1.16±0.20	1.38±0.21	1.10±0.21	1.65±0.08	5.234*	A,C<D
CAT arbitrary density		1.46±0.29	1.83±0.12	1.46±0.15	1.54±0.18	2.315	NS
GPx arbitrary density		1.08±0.07	1.11±0.16	1.33±0.77	1.31±0.24	0.315	NS

Values are M±SD NS: non-significant.

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

* $p<0.05$, *** $p<0.001$

SOD는 free radical을 수소원자와 반응시켜 과산화수소와 물로 환원시키는 항산화 작용으로 인해 현재까지 가장 많이 측정되고 있다[31]. 선행연구에서 흰쥐를 대상으로 2주간, 주 5회, 25~30분 동안 트레드밀 운동을 시킨 결과 운동군이 대조군에 비해 SOD가 유의하게 높게 나타났고[2], 장기간 트레이닝이 골격근의 가장 중요한 조직 세포 내 미토콘드리아에서 SOD 활성을 증가시킨다고 보고하였다[12]. 또한, 당뇨를 유발한 흰쥐를 대상으로 3주간 청국장을 섭취시킨 결과 청국장 섭취군이 대조군에 비해 SOD, CAT, GPx가 유의하게 낮게 나타났[18]. 그러나 흰쥐를 대상으로 5주간 청국장을 섭취시킨 결과 SOD는 유의한 차이가 없었으며[35], 중년의 여성 고혈압 환자를 대상으로 12주간 청국장을 섭취시킨 결과에서도 항산화 능력에 유의한 차이는 없었다[15]. 본 연구에서 대조군에 비해 항산화효소의 활성도가 낮게 나타났다. 이는 항산화효소의 활성도가 운동강도 및 양에 따라 프리라디칼 활성의 인체손상 방어 기전에 의해 발생하는 산화적 스트레스에 비례하여 증가되므로 항산화효소의 활성을 증가시키기에는 상대적으로 적은 에너지 소비량이라고 생각되어지고, 운동강도 외에 운동시간과 형태에 따라서도 항산화효소의 활성에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

CAT는 과산화수소를 물로 분해하여 세포의 손상을 방지한다[8]. 선행연구에서 흰쥐를 대상으로 5주간, 주 5회, 20분간 점진적 부하를 가하여 트레드밀 운동을 한 결과 CAT가 활성화되었으며[26], [16]의 연구에서는 저강도 운동보다 고강도 운동에서 CAT가 활성화되었다. 그러나 흰쥐를 대상으로 2주간, 주 5회, 25~30분 동안 트레드밀 운동을 시킨 결과 CAT의 활성에 유의한 차이가 없었고[2], 흰쥐를 대상으로 4주간, 주 5회, 30분 동안 트레드밀 운동을 시킨 결과에서도 CAT의 활성에 유의한 차이가 없었다[10]. GPx는 hydrogen peroxide (H₂O₂)에 대한 큰 친화력을 갖는 항산화 효소로서, 운동 중 산소섭취의 증가는 생체 내 hydrogen peroxide와 organic hyperperoxides를 제거하기 위해 GPx를 활성화시킨다[40]. 항산화 방어 체계의 정상적인 과정에서 환원형 glutathione (GSH)은 hydrogen peroxide를 제거하기 위한 GPx의 기질로서 사용된다. 선행연구에서 쥐를 대상으로 12주간, 주 5회, 120분씩 트레드밀 운동을 한 결과 GPx가 활성화되었다[25]. 본 연구에서도 효과가 나타나지 않았다. 이는 CAT와 GPx의 활성 증가를 유발할 만큼 운동강도가 강하지 않았고, 운동 기간 또한 짧았던 것으로 사료 된다.

References

1. Bae, C. W. 2003. The effect of regular aerobic running exercise on blood lipid level and serum enzyme. *J Korean Soc Study Physi Edu* **8**, 253-266.
2. Baek, Y. H. and Lee, S. H. 2010. The effect of aerobic exercise and allium tuberosum intake on blood lipids, MDA and an-

- tiioxidant enzyme in rats. *J Life Sci* **20**, 245-252.
3. Choi, M. A. 2009. Effects of cheonggukjang added phellinus linteus myceria on lipid metalbolism in adult female rats. *J Life Sci* **19**, 1679-1683.
4. Choi, M. L. 2000. The effects of long-term treadmill exercise on macronutrient self-selection (MNSS) and malondialdehyde (MDA). *Korean Asso School Physi Edu* **10**, 69-72.
5. Ferrari, R. 1994. Oxygen-freeradicals at myocardial level: effect of ischaemia and reperfusion. *Adv Exp Med Biol* **366**, 99-111.
6. Food and Drug Administration. 1999. Food labeling: health claims, soy protein and coronary artery disease. *Fed Regist* **64**, 699-733.
7. Frei, B. 1994. Nonenzymatic antioxidant defense systems. Clarendon Press Oxford.
8. Halliwell, B. 1991. Reactive oxygen species in living system. Sources biochemistry and role in human disease. *Am J Med* **91**, 14-22.
9. Iwai, K., Nakaya, N., Kawasaki, Y. and Matsue, H. 2002. Antioxidatine functions of natto, a kind of fermented soy-beans: effect on LDL oxidation and lipid metabolism in cholesterol fed rats. *J Agric Food Chem* **50**, 3597.
10. Jang, J. Y. 2010. The effect of coffee intake on fuel utilization and antioxidative activity under exercise induced oxidative stress in regularly exercised rats. Unpublished doctoral dissertation, Duksung Women's University.
11. Jeong, S. K. 2006. The effect of 12weeks walking exercise on the plasma lipoprotein cholesterol and Apo A- I protein. *Korean J Sports Sci* **15**, 665-667.
12. Ji, L. L. 1993. Antioxidant enzyme response to exercise and aging. *Med Sci sports Exer* **25**, 225-231.
13. Jun, J. K., Jeon, B. W., Lee, S. K. Park, H. G. Jang, H. Y. and Lee, W. L. 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 J Exer Nutr* **10**, 331-340.
14. Kelsey, F. W. and Richard, J. B. 2009. Acute exercise and oxidative stress: a 30 year history. *Biomed Central*. **8**, 1.
15. Kim, B. R., Koo, K. S. and Lim, I. S. 2006. The effects of aerobic exercise and chungkookjang supplementation on the blood pressure, blood lipid profiles and free radicals of hypertensive patients. *Exer Sci* **15**, 237-245.
16. Kim, C. G. 2002. Change of oxidative damage's factors, antioxidant enzymes & related variables for the period of vitamin mixture supplement at specific exercise intensities. Unpublished doctoral dissertation, Dankook University.
17. Kim, D. Y. 2002. Effect of high calcium diet and aerobic exercise on blood lipid in high fat diet rats. Unpublished doctoral dissertation, Sungkyunkwan University.
18. Kim, H. J. and Kim, Y. C. 2006. Antidiabetic and antioxidant Effects of chunggugjang powder in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean Soc Envir Health Toxicol* **21**, 139-146.
19. Kim, J. I., Kang, M. J. and Kwon, T. W. 2003. Antidibetic effect of soybean and chungkukjang. *Korean Soybean Digest* **20**, 44-52.

20. Kim, S. H. and Baek, Y. H. 2011. Effects of aerobic exercise and black garlic intake on blood lipids, lipid peroxidation and BAP in rats. *J Life Sci* **21**, 923-1066.
21. Kim, S. H., Jung, S. H., Kim, I. H., Lee, Y. S., Lee, J. M., Kim, J. G., Lee, M. C., Choi, M. J. and Kim, D. J. 2008. The effects of chungkookjang biopolymer on blood glucose and serum lipid lowering in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **37**, 35-41.
22. Kim, Y. G., Kim, J. Y. and Lee, C. S. 2004. The effect of anti-oxidant mixed supplement on maximal exercise capacity and anti-oxidant related gene expressions. *Korean J Physiol Edu* **43**, 397-409.
23. Koh, J. B. 2006. Effect of cheonggukjang added phellinus on lipid metabolism in hyperlipidemic rats. *J Korean Soc Food Nutr* **35**, 410-415.
24. Kwon, E. Y., Jung, K. O., Moon, S. H. and Park, K. Y. 2002. Studies on enhancing chemopreventive effect of chungkookjangs. *J Korean Assoc Cancer Prev* **7**, 200-209.
25. Laughlin, M. H., Simpson, T., Sexton, W. L., Brown, O. R., Smith, J. K. and Korhuis, R. J. 1990. Skeletal muscle oxidative capacity antioxidant enzymes and exercise training. *J Appl Physiol* **68**, 2337-2343.
26. Lee, C. S., Lee, S. H., Sung, G. D. and Baek, Y. H. The effect of 4 weeks of treadmill exercise and protein diet on immunoglobulin and antioxidant enzyme in rats. *J Life Sci* **20**, 1483-1489.
27. Lee, C. U. and Koh, J. B. 2006. Effects of cheonggukjang on lipid metabolism in female rats fed cholesterol diet. *J Life Sci* **16**, 932-937.
28. Lee, H. M., Seo, D. Y., Lee, S. H. and Baek, Y. H. 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.
29. Lee, S. W., Sung, N. J., Seo, K. I., Choi, S. H. and Son, M. Y. 2000. Biological activities of chungkugjang prepared with black bean and changes in phytoestrogen content during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **32**, 936-941.
30. Legina, B. F. 2009. Commentary oxidative stress reconsidered. *Genes Nutr* **4**, 161-163.
31. Nozic-Grayck, E., Suliman, H. and Piantadosi, C. 2005. Extra-cellular superoxide dismutase. *Int J Bio Cell Biol* **37**, 2466-2471.
32. Packer, L. 1991. Protective role of vitamin E in biological system. *Am J Clin Nutr* **53**, 1050-1055.
33. Park, J. H., Kim, J. M., Park, E. j. and Lee, K. H. 2008. Effects of chungkukjang added with onion on lipid and antioxidant metabolisms in rats fed high fat-cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **37**, 1244-1250.
34. Park, J. W. 2002. Change of antioxidants, lipid peroxidation, and cardiorespiratory function by resistance and aerobic exercise. Unpublished doctoral dissertation, Chonnam University.
35. Park, Y. S. 2002. The effects of exercise training program on the body composition, health related fitness and blood lipid levels in the middle aged women. *Korean Sport Res* **14**, 727-740.
36. Pusan National University Institutional Animal Care and Use Committee. 2009. Using animal experiments and care guide. Pusan National University Press.
37. Ryu, S. H. 2001. Studies on antioxidative effects and anti-oxidative components of soybean and chungkukjang. Unpublished doctoral dissertation, Inje University.
38. Seo, H. B. and Kim, H. K. 2008. Effect of chungkukjang power feeding and exercise training on blood lipids concentration and SOD activity, MDA content in sprague-dawley. *Korean J Sports Sci* **17**, 1571-1580.
39. Takenaka, A., Annaka, H., Kimura, Y., Aoki, H. and Igarashi, K. 2003. Reduction of paraquat-induced oxidative stress in rats by dietary soy peptide. *Biosci Biotechnol Biochem* **67**, 278-283.
40. Tiidus, P. M., Pushkarenko, J. and Houston, M. E. 1996. Lack of antioxidant adaptation to short-term aerobic training in human muscle. *Am J Physiol* **271**, 832-836.
41. Tikkanen, M. J. and Adlercreutz, H. 2000. Dietary soy-derived isoplavone phytoestrogens could they have a role in coronary heart disease prevention. *Biochemical Pharmacol* **60**, 1-5.
42. You, H. J., Lee, D. S. and Kim, H. B. 2004. Chungkookjang fermentation of mixture of barley, wormwood, sea tangle, and soybean. *Korean J Microbiol* **40**, 49-53.

초록 : 청국장 식이와 유산소 운동이 흰쥐의 지질대사 및 항산화효소에 미치는 영향김상우¹ · 정선태² · 백영호^{1*}(¹부산대학교 체육교육과, ²경상대학교 체육교육과)

생후 4주령 Sprague Dawley계 수컷 흰쥐를 분양 받아 청국장식이유산소운동군 8마리, 청국장식이군 8마리, 유산소운동군 8마리, 대조군 8마리, 총 32마리를 대상으로 구분하였다. 운동은 6주간, 주 5회, 경사도 0%, 속도 15~16 m/min으로 하고, 1주차 25분, 2~3주차 30분, 4~5주차 35분, 6주차 40분이 되도록 실시하였고, 청국장은 20% 청국장 첨가식을 1일 20 g 기준으로 섭취시킨 결과는 다음과 같다. 청국장 식이와 유산소 운동은 혈중지질 중 T-C, TG, HDL-C에서 긍정적인 효과가 나타났고, 항산화효소 중 SOD에서 긍정적인 효과가 나타났다. 이는 유산소 운동의 혈중지질의 개선, 항산화 효과와 청국장에 함유된 레시틴(lecithin), 사포닌(saponin), 글라이시틴(glycitin), 파이틱산(phytic acid) 등의 성분들의 시너지 작용으로 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다. 그러나 LDL-C, TBARS, CAT, GPx의 차이는 나타나지 않았다. 차후 연구에서 운동강도, 빈도, 지속시간과 청국장의 섭취량 등에 변화를 준 다각적 연구가 필요할 것으로 사료된다.