



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

체육학석사 학위논문

트레드밀 훈련과 흑마늘 투여가 흰쥐의
코티졸 호르몬과 염증인자에
미치는 영향



2011년 2월

부경대학교 대학원

체육학과

이희경

체육학석사 학위논문

트레드밀 훈련과 흑마늘 투여가 흰쥐의
코티졸 호르몬과 염증인자에
미치는 영향

지도교수 신 군 수

이 논문을 체육학석사학위 논문으로 제출함.



2011년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

체 육 학 과

이 희 경

이희경의 체육학석사 학위논문을 인준함.

2011년 2월 28일



주 심 교육학박사 박 형 하 (인)

위 원 이 학 박 사 김 용 재 (인)

위 원 이 학 박 사 신 군 수 (인)

목 차

I. 서 론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구의 목적	5
3. 연구의 문제	5
4. 연구의 제한점	6
5. 용어의 정의	6
II. 이론적 배경	8
1. 마늘의 생화학적 특성과 운동	8
2. 코티졸 호르몬과 운동	11
3. CK 및 CK-MB와 운동	13
4. LDH와 운동	15
5. troponin T와 운동	17
6. myoglobin과 운동	19
III. 연구 방법	21
1. 실험 대상	21
2. 실험 절차	22
3. 식이 방법	23
4. 사육 방법	24
5. 운동 방법	24

6. 측정 방법	25
7. 자료 처리 방법	26
 IV. 연구 결과	 27
1. 5주간의 운동 후의 변화	27
2. 일회성 고강도 운동 스트레스 후의 변화	33
 V. 논 의	 42
1. 5주간의 운동 후의 변화	42
2. 일회성 고강도 운동 스트레스 후의 변화	52
 VI. 결 론	 60
 참고 문헌	 64

List of tables

Table 1. Physical characteristics of the subjects	21
Table 2. Composition of experimental diets	23
Table 3. Treadmill exercises program	25
Table 4. The analysing method and model cortisol, CK, CK-MB, LDH, myoglobin, troponin T	26
Table 5. Changes of cortisol hormone after 5 weeks program	28
Table 6. Changes of CK after 5 weeks program	29
Table 7. Changes of CK-MB after 5 weeks program	30
Table 8. Changes of LDH after 5 weeks program	31
Table 9. Changes of troponin T after 5 weeks program	32
Table 10. Changes of myoglobin after 5 weeks program	33
Table 11. Changes of cortisol hormone after exercise stress	34
Table 12. Changes of CK after exercise stress	35
Table 13. Changes of CK-MB after exercise stress	37
Table 14. Changes of LDH after exercise stress	38
Table 15. Changes of troponin T after exercise stress	39
Table 16. Changes of myoglobin after exercise stress	41

List of figures

Figure 1. The procedures of this study	22
Figure 2. Treadmill training program	24
Figure 3. Changes of cortisol hormone after 5 weeks program	28
Figure 4. Changes of CK after 5 weeks program	29
Figure 5. Changes of CK-MB after 5 weeks program	30
Figure 6. Changes of LDH after 5 weeks program	31
Figure 7. Changes of troponin T after 5 weeks program	32
Figure 8. Changes of myoglobin after 5 weeks program	33
Figure 9. Changes of cortisol hormone after exercise stress	34
Figure 10. Changes of CK after exercise stress	36
Figure 11. Changes of CK-MB after exercise stress	37
Figure 12. Changes of LDH after exercise stress	38
Figure 13. Changes of troponin T after exercise stress	39
Figure 14. Changes of myoglobin after exercise stress	41

The Combined Effects of Treadmill Training and Black Garlic Intake on Cortisol Hormone, CK, CK-MB, LDH, Troponin T and Myoglobin in Rat

Lee Hee Kyung

Department of Physical Education

Graduate School

Pukyong National University

Directed by Professor Shin, Koun Soo, Ph. D.

Abstract

The purpose of this study was to investigate the combined effects of treadmill training and black garlic intake on cortisol hormone, CK, CK-MB, LDH, troponin T and myoglobin levels in rat. Forty-eight male Sprague-Dawley rats, 4weeks old, were used in this experiments. Experimental groups were divided into four groups: control group (CG, n=12), training group (TG, n=12), black garlic intake group (GG, n=12), and training with black garlic intake group (TGG, n=12). Treadmill training was performed through a treadmill running program in resting periods (7~21 m/min, 0° grade, 20~30 min/day, 5 day/week) and also they were put exercise stress in the stress periods(30 m/min, 5° grade, 30 min) and these rats were given 260mg/kg black garlic for 5 weeks according to the references.

The results were as follows

1. Treadmill training program periods

1) In the cortisol hormone levels, there was no significant difference among TG, GG, TGG, and CG group after five weeks treadmill training program.

2) In the CK hormone levels, there was slightly increased in TG ($p < .01$) and TGG compare to CG except GG after five weeks treadmill training program.

3) In the CK-MB levels, there was slightly increased in TG ($p < .01$) and TGG compare to CG except GG after five weeks treadmill training program.

4) In the LDH levels, there was slightly increased in TG ($p < .01$) and TGG, compare to CG except GG after five weeks treadmill training program.

5) In the troponin T levels, there was slightly increased in GG ($p < .05$) after five weeks treadmill training program, however TG and TGG didn't change.

6) In the myoglobin levels, there was no significant difference among TG, GG, TGG compare to CG after five weeks treadmill training program.

2. Exercise stress periods

1) In the exercise stress response, cortisol hormone level was slightly increased in CG ($p < .01$) and GG ($p < .05$), however, there was no significant difference with TG and TGG.

2) In the CK levels, there was slightly increased with a CG ($p < .01$), GG ($p < .05$) and TGG ($p < .01$), however, there was no significant difference with TG.

3) In the CK-MB levels, there was slightly increased in CG ($p < .01$), and GG ($p < .05$), and there was slightly decreased in TG ($p < .05$). however, there was no significant difference with TGG.

4) In the LDH levels, there was slightly increased in CG, TG, GG, and TGG ($p < .05$).

5) In the troponin T levels, there was slightly increased in CG ($p < .05$), however, there was no significant difference with TG, GG, and TGG.

6) In the myoglobin levels, there was slightly increased in CG ($p < .01$), however, there was no significant difference with TG, GG, and TGG.

From the results, we can say that the combined effects of treadmill training and black garlic intake had a good effect on muscle inflammatory variables such as CK, CK-MB, LDH, troponin T and myoglobin including cortisol hormone in resting and exercise stress periods.



I. 서론

1. 연구의 필요성

규칙적이고 적당한 운동은 신체의 대사기능을 원활하게 하고 면역기능 강화, 스트레스 해소, 체중 조절 및 성인병이나 각종 질병의 예방을 목적으로 행해지고 있다. 인체는 여러 가지 형태의 다양한 생리학적 조절체계를 가지고 있으며, 이러한 조절체계는 외부의 스트레스나 세포내에서 발생하는 여러 가지 형태의 변화들을 조절하여 항상성을 유지하려는 특성을 가지고 있다(정혜윤, 2008).

운동을 통한 신체적인 자극은 체내 항상성을 유지하기 위해 각종 신체조직 및 기관에서 다양한 호르몬의 작용을 촉진시킨다. 호르몬은 체내에서 신경계와 마찬가지로 중요한 정보 전달기능을 가지고 있고 각종 신진대사변인의 조절에 관여하고 있으며 인체에서 분비되는 호르몬 중 코티졸은 인체의 항상성을 조절하는 호르몬의 일종으로 심리적인 상황을 나타내는 스트레스의 지표로 알려져 있다(이경희, 김창환, 김종혁, 2010).

최근, 운동생리학 분야에서는 규칙적인 훈련과 일회성의 고강도 운동 시 스트레스 호르몬인 코티졸의 변화와 염증인자(CK, CK-MB, LDH, troponin T, myoglobin)의 변화를 밝히려는 연구가 주목되고 있다.

우선, 스트레스에 대한 반응 시 나타나는 코티졸 호르몬은 에너지 기질의 대사, 다른 호르몬의 합성과 분비의 촉진, 생식기능의 조절, 신경계에 대한 영향, 화농의 방지 및 면역기능 그리고 GAS(general adaptation syndrome)라고 하는 스트레스에 대한 단계적 적응에도 관여한다(백일영,

2006). 정상적인 농도의 코티졸 호르몬은 스트레스에 대항하여 신체를 돕는 역할을 맡고 있으나, 혈중 높은 코티졸 호르몬의 수준은 궁극적으로 조직 파괴의 원인이 되고, 신체의 부정적인 질소 평형상태를 야기시키며, 면역능력을 상실하게 한다(문채련, 2009).

혈장 내 효소는 혈장 특이성효소와 비혈장 특이성효소로 나눌 수 있는데, CK(creatine kinase), LDH(lactate dehydrogenase), alkaline phosphate가 대표적인 비혈장 특이성효소이며, 일반적으로 이러한 효소들은 조직보다 혈장에서 현저히 낮은 농도로 존재하고 있다. 비혈장 특이성효소의 혈장 농도가 증가한다는 것은 여러 가지 질병상태에 빠져 있거나 신체 내부에 특정한 변화가 있다는 것을 의미한다(장재훈, 허선, 2005).

CK는 ATP-PC계 대사를 조절하는 주 효소로서 크레아틴 인산화 과정과 ATP-PC계를 통해 PC(phosphocreatine) 저장으로부터 수행되는 ATP(adenosine triphosphate) 합성의 촉매 역할을 가속화시켜 운동 시 ATP의 고갈을 방지하고, ATP의 분해로부터 형성된 ADP(adenosine diphosphate)를 가인산 반응을 통해 근수축 중 충분한 ATP수준을 유지할 수 있도록 조절하면서 작용한다. 혈장 CK는 운동의 강도나 시간, 훈련의 양과 밀접하게 관련하고 있기 때문에 혈장 효소 중에서 운동 시 제일 많이 측정되는 효소 중 하나이고, 혈중 CK 및 CK-MB(creatine kinase myocardial band) 농도의 상승은 과도한 운동으로 인한 근섬유의 손상에 기인한다(김미영, 박광동, 2005).

혈중 LDH는 생체조직 내에서 무산소성 해당과정 중에 형성되는 lactic acid 대사를 조절하는 역할을 하며, 고강도 운동 후 조직 내에 lactic acid가 증가하면 LDH가 증가하여 lactic acid는 pyruvic acid로 환원된다. 해당과정의 마지막 단계에서 형성되는 lactic acid는 피로나 통증의 원인이 될 수 있기 때문에 이와 같은 LDH의 작용은 중요한 의미를 갖으며, 혈중

LDH 농도는 격렬한 운동 직후 증가를 보이지만 비교적 빨리 안정 시로 회복되는 경향을 나타낸다(이민선, 2007).

한편, troponin은 myosin과 같은 근원섬유를 구성하는 단백질로써, troponin은 troponin T, troponin I, troponin C 등 3개의 단위가 조합되어 있다(Nosaka & Sakamoto, 1999; Sorichter, Mair, Koller & Gebert 외 4인, 1997). 근육의 손상을 받으면 troponin T는 CK보다 조금 일찍 혈액 내로 방출된다(Gergely, 1998; Sorichter, Puschendorf & Mair, 1999).

혈장 myoglobin의 수준은 근조직의 기능적 상태와 다양한 병리학적, 생리학적인 조건을 나타내는 지표이다. 세포가 괴사되거나 조직이 손상되면 효소의 수준은 증가하게 되며, 급성 혹은 만성적인 근손상으로 발전할 수도 있다. 운동은 대량의 효소를 근조직에서 혈중으로 방출시키는 원인이 된다(김태욱, 이정범, 신영오, 양훈모 외 2인, 2009).

일반적으로 근세포의 손상은 혈중 CK, LDH, 아미노기 전이효소 및 myoglobin 량 등을 측정하여 평가하고 있다. 세포 내에 존재하는 효소는 세포막이 손상되면 효소가 세포 밖으로 유출되어 혈액에 효소량이 증가된다. 따라서 근세포가 손상되면 근세포 내의 단백질이나 효소가 혈액으로 흘러나오게 되므로 혈액 내 근단백질이나 근효소량은 근세포 손상의 지표로 이용된다(Nakai, Nakai, Nagane & Obara 외 5인, 2004; Sorichter, Puschendorf & Mair, 1999).

인체의 체액 중 혈액은 전신을 순환하는 동안에 산소와 이산화탄소 운반을 비롯해서 각종 영양물질, 호르몬 등의 대사물질을 운반할 뿐만 아니라, 생체방어 작용, 조직액, 이온, 삼투압, 체온 등을 조절하는 기능을 가지고 있다. 따라서 운동 후 혈액 검사를 통한 생리 및 생화학적인 변화를 분석하는 것은 기전에 대한 이해뿐만 아니라 운동을 수행할 수 있는 능력과 운동 수행의 효과 및 그로 인한 근손상 및 피로를 진단할 수 있는 중요한 지

표가 된다(김지수, 2007).

한편, 현대인의 건강식품으로 관심을 끌고 있는 마늘은 백합과(liliaceae)에 속하는 비늘줄기가 있는 다년생 식물로서, 마늘에 함유된 황 화합물은 암세포 증식억제효과, 이식종양에 대한 항종양효과, 동물 모델을 통한 발암효과 등이 다수 보고되고 있다(최형택, 2007; Ali & Thomson, 1995). 특히 마늘의 allicin은 항균, 항암, 항혈전, 암세포 성장 억제작용 등 건강유지에 유익한 식품으로 알려지면서 만성질환 예방의 기능성 소재로 관심이 집중되고 있다(배기원, 2009).

또한, 흑마늘은 생마늘보다 saponin이 약 2배 농축되어 있어 피로회복, 장장효과 및 면역력에 좋고, scordinin은 피로회복, 신경통, 갱년기 장애, 무력감 극복 및 소화·흡수 촉진에 도움이 되며, ajoen은 항혈액응고, 뇌혈관 및 콜레스테롤 저하, 비만억제효과가 있으며, polyphenols은 항산화와 항암효과, selenium은 항산화, 항암효과 및 심혈관계 질환 예방효과, germanium은 항암효과, 신진대사촉진, 세포강화, 해독작용 및 성호르몬 분비촉진 등의 효능을 가지고 있다(류병호, 2008).

이와 같이 마늘의 효능에 대한 연구는 있으나, 흑마늘과 항염증 반응에 대한 연구 및 일회성 운동 스트레스에 대한 기전적 연구는 미흡한 실정에 있다.

따라서 본 연구에서는 트레이드밀 훈련과 흑마늘 섭취가 코티졸 호르몬과 염증인자(CK, CK-MB, LDH, troponin T, myoglobin)에 미치는 영향과 일회성 고강도 운동 스트레스가 코티졸 호르몬과 염증인자에 미치는 영향을 규명하는 데 연구의 필요성이 있다고 할 수 있다.

2. 연구의 목적

본 연구는 수컷 SD(sprague-dawley)계 실험용 흰쥐를 대상으로 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여가 코티졸 호르몬과 염증인자(CK, CK-MB, LDH, troponin T, myoglobin)에 미치는 영향을 살펴보고, 일회성 고강도 운동 스트레스가 코티졸 호르몬과 염증인자에 미치는 효과를 비교 분석하는데 목적이 있다.

3. 연구의 문제

본 연구에서 밝히고자 하는 구체적인 문제는 다음과 같다.

- 1) 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 코티졸 호르몬의 변화를 밝힌다.
- 2) 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, CK의 변화를 밝힌다.
- 3) 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, CK-MB의 변화를 밝힌다.
- 4) 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, LDH의 변화를 밝힌다.
- 5) 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, troponin T의 변화를 밝힌다.
- 6) 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, myoglobin의 변화를 밝힌다.

4. 연구의 제한점

본 연구의 제한점은 다음과 같다.

- 1) 운동은 트레드밀 운동으로 제한하였다.
- 2) 흰쥐의 cage 내 활동은 통제하지 못하였다.
- 3) 사료와 물의 섭취량을 정확히 통제하지 못하였다.

5. 용어의 정의

1) 흑마늘(black garlic) : 통마늘을 고온 항온기에 일정 기간 숙성시킬 경우 마늘 성분과 효소 등에 의해 마늘 인편이 내부까지 모두 흑색으로 변화하게 되는데, 이를 일반적으로 흑마늘이라고 지칭한다(반하늘, 2010).

2) 코티졸 호르몬: 코티졸은 뇌하수체 전엽에서 분비되는 부신피질 자극호르몬(adrenocorticotrophic hormone, ACTH)에 의해서 자극되어 부신피질에서 분비된다. 조직손상, 감염, 과도한 온열, 육체적 스트레스, 불안, 초조 등 스트레스 상태에서 즉각적으로 반응하여 분비가 증가하고 감정적 스트레스에 대한 반응에서도 빠르게 증가한다(곽은희, 2009).

3) CK(creatine kinase) : ATP-PC 시스템을 조절하는 조효소이고 운동 시 근육조직의 에너지 기질(ATP, glycogen)의 고갈, 세포내 저산소증, 대사과정에서 생성된 free radical의 증가로 인해 세포막 투과성의 항진이 원인이 되어 증가하게 된다. 근육조직이 손상되면 세포막 투과성이 증가하고 이에 따라 CK가 세포 간질액으로 이동하기 때문에 혈중 농도가 높아진다. 혈중 CK 농도는 근질환, 근손상을 추정하는 지표로 사용된다(곽은희, 2009).

4) CK-MB(creatine kinase myocardial band) : ATP를 재형성하기 위하여 ADP가 존재하는 상태에서 PC의 분해를 촉진하는 효소로 CK는 M형과 B형으로 이루어진 이중체로 골격근, 뇌 조직, 심근의 3가지 동질원소가 있고, 정상 혈장 CK활성의 96% 이상은 MM형이다. 따라서 이러한 효소의 분석을 통하여 운동 강도와 지속시간 그리고 운동형태 등의 운동자극이 CK에 어떤 영향을 미치는 가를 추정할 수 있다(정혜윤, 2008).

5) LDH(lactate dehydrogenase) : 당질의 이화 및 동화작용의 평형을 이루는 주 효소로 고강도 운동자극에 의한 직접적인 세포막의 파괴 및 조직괴사, 스트레스에 의한 지질과산화 등에 의하여 세포막의 투과성이 증가되면 세포질 내의 LDH가 혈중으로 방출된다(이민선, 2007).

6) troponin : myosin과 같은 근원섬유를 구성하는 단백질로써, troponin은 troponin T, troponin I, troponin C 등 3개의 단위가 조합되어 있다(Nosaka & Sakamoto, 1999; Sorichter, Mair, Koller & Gebert 외 4인, 1997). 근육의 손상을 받으면 troponin T는 CK보다 조금 일찍 혈액 내로 방출되고 높은 심근특이성 때문에 골격근 장애를 합병한 심근경색의 진단에 유용하며, 근위축 등의 골격근 질환에서는 유용성이 작다(Gergely, 1998; Sorichter, Puschendorf & Mair, 1999).

7) myoglobin : 주로 심장근과 골격근 세포의 세포질에 존재하는 단백질로서, 혈중 산소를 근육 세포막에서 미토콘드리아로 운반하는 역할을 수행한다(전종목, 2008).

II. 이론적 배경

1. 마늘의 생화학적 특성과 운동

마늘이 인류 역사에 최초로 등장한 것은 BC4,500년경 나일강을 중심으로 한 고대 이집트로 추정되며, 그 후로 고대 문명의 확산과 더불어 아라비아, 아프가니스탄을 거쳐 인도, 중국 등 동양 지역으로, 다른 한 지역은 지중해 연안에서 그리스를 거쳐 유럽지역으로 전파된 것으로 보고 있다 (Ali, Thomson & Afzal, 2000). 우리나라에서는 단군신화에 나올 뿐만 아니라 삼국사기에 기록된 것으로 보아 고려시대 이전에 중국으로부터 전래된 것으로 추정되며 예로부터 한민족의 주요한 기호식품으로 알려져 있다 (성기동, 2009).

고대 이집트와 로마시대에는 마늘을 노동자나 군인들에게 공급하여 신체적인 피로를 이겨낼 수 있도록 하였으며, 마늘이 고혈압, 심장혈관, 항염증, 당뇨 및 암 등을 예방하는 전통의약제로 사용되어 왔다 (Mori-hara, Ushijima, Kashimoto & Sumioka 외 3인, 2006).

일반적으로 식품 속의 항산화제로 사용하기에 적절한 물질인 vitamin C, E, flavonoids, carotenoids는 가장 효과적인 자연 항산화제이며, 마늘의 성분도 그 중요성을 인정받고 있다. 대부분의 생리활성을 나타내는 주요 성분은 유기 황 화합물이며, 황 화합물의 함량은 1.1~3.5%로 양파나 브로콜리의 약 4배에 이르며, 마늘 효과에 대한 연구 중 약 90%가 유기 황 화합물을 중심으로 이루어지고 있다 (배기원, 2008).

마늘은 현대적 임상보고에서 간의 지방합성 효소를 억제하여 간의 지방

축적을 감소시키고, 혈중 콜레스테롤을 개선시키는 효과가 있으며, 항균, 항암, 류머티즘 및 항염증 등에 효과가 있고(반하늘, 2010), 심혈관질환을 치료하기 위한 목적으로 사용되는 것은 콜레스테롤 저하, 혈소판응집 억제, 혈압강하, 항산화제 등의 효과가 있기 때문이다(배기원, 2009).

조종관(2008)은 마늘의 10가지 효능에 대해 주성분인 allicin이 penicillin이나 terramycin보다 살균력이 강하고, 약리적 특성은 살균, 항균, 고혈압 강하, 당뇨 개선, 항암, 항산화, 소화촉진, 피부 노화 및 질환 억제 작용 등이 있다고 하였으며, 마늘의 thiamine(vitamin B₁)은 당질을 운동에너지로 변화시키는 능력을 가지고 있어 항피로 vitamin이라 불려지고 있으며, 당질의 대사 이외에도 뇌 중추신경이나 수초의 말초신경을 정상으로 움직이게 하는 작용이 있어 스트레스 해소에 긍정적인 영향을 미친다고 하였다(성기동, 2009).

통마늘을 고온 항온기에 숙성시킬 경우 마늘의 자체성분과 효소 등에 의해 마늘 인편이 내부까지 모두 흑색으로 변화하게 되는데, 이를 일반적으로 흑마늘이라 지칭한다. 흑마늘의 제조과정 중 색소의 변화는 마늘 자체 성분의 갈변반응이며, polyphenols, flavonoids 함량의 증가, total pyruvate, thiosulfinate, galactose, glucose, fructose 함량의 증가, 구성아미노산 중 glutamic acid, proline 및 aspartic acid의 증가가 나타났다(반하늘, 2010).

또한, 흑마늘은 생마늘보다 saponin이 약 2배 농축되어 있어 피로회복, 강장효과 및 면역력에 좋고, scordinin은 피로회복, 신경통, 갱년기 장애, 무력감 극복 및 소화·흡수 촉진에 도움이 되며, ajoen은 항혈액응고, 뇌혈관 및 콜레스테롤 저하, 비만억제효과가 있으며, polyphenols은 항산화와 항암효과, selenium은 항산화, 항암효과 및 심혈관계 질환 예방효과, germanium은 항암효과, 신진대사촉진, 세포강화, 해독작용 및 성호르몬 분비촉진 등의 효능을 가지고 있다(류병호, 2008).

윤균애(2007)는 운동으로 유발된 산화 스트레스와 마늘의 항산화 작용에 관한 연구에서 운동군에서 혈장 TBARS(thiobarbituric acid reactive substance)의 수준이 가장 높게 나타난 것은 운동수행과 함께 항산화제 부족이 운동으로 유발되는 산화스트레스의 증대를 억제시키지 못한 것으로 보이며, 마늘첨가군에서 마늘은 항산화제로서 작용하여 운동으로 유발되는 산화스트레스를 비섭취군 수준으로 저하시켰다고 하였다. 또한 TBARS 수치를 항산화효소의 활성과 비교할 때, 마늘첨가군은 운동군에 비해 SOD(super oxide dismutase)와 catalase의 활성이 유의하게 증가됨으로써 마늘에 의한 상승효과를 얻은 것으로 판단된다고 하였다.

배기원(2008)은 흑마늘 섭취가 최대운동 후 혈중피로변인, 면역글로불린, 간기능 및 항산화효소 활성도에 미치는 영향에 관한 연구에서 흑마늘 섭취는 최대운동 시 혈장 CK, 혈장 LDH, 혈중 lactate의 회복, 항산화효소 활성에도 도움이 되는 것으로 나타나, 최대운동 시 흑마늘 섭취에 의한 혈중 피로의 제거 및 항산화효소 활성의 효과를 기대할 수 있다고 하였다.

성기동(2009)은 복합운동과 마늘 섭취가 비만남고생의 건강체력, 혈중지질, C-반응단백 및 아디포넥틴에 미치는 영향에 관한 연구에서 규칙적이고 적절한 운동과 마늘 섭취는 체지방 및 C-반응단백 농도의 개선에 긍정적인 효과를 미친다고 하였다.

또한 반하늘(2010)은 순환운동과 흑마늘 섭취가 중년여성의 건강체력, 혈중지질, C-반응단백 및 골밀도에 미치는 영향에 관한 연구에서 순환운동과 흑마늘 섭취는 건강체력, 혈중지질 및 C-반응단백에 유의한 효과가 나타났다고 하였다.

2. 코티졸 호르몬과 운동

코티졸 호르몬은 신장과 근접한 위치에 있는 작은 기관인 부신피질에서 만들어지는 스테로이드 호르몬의 일종으로, 코티졸 분비는 뇌의 작은 기관인 뇌하수체에서 분비되는 부신피질 자극호르몬에 의해 조절된다. 뇌하수체는 시상하부에서 부신피질 자극 호르몬 촉진호르몬의 증가가 일어나게 되면 바로 코티졸의 증가를 유발시킨다. 인체에 있어서 코티졸은 단백질, 탄수화물, 지방의 이용, 혈압, 심혈관기능을 조절한다(최영미, 2007).

스트레스에 대한 인체 내 적응의 반응현상으로 발현되는 코티졸 호르몬은 금식이나 에너지 보충을 제한한 상태에서 인체 내 이용 가능한 에너지원의 감소현상에 반응하여 단백질 분해 작용을 가속화시켜, 간에서의 당신생작용을 위한 전구물질들의 공급을 통해 에너지 보상적 작용에 필수적인 역할을 하고 있기 때문에 insulin과 더불어 leptin의 에너지 항상성 조절 기전의 조절 요인으로서 중요성이 대두되고 있다(유재현, 김성수, 김명기, 윤성진 외 5인, 2004).

코티졸은 염증의 발전단계에서 대부분 분비되는 효소의 lysosome 막을 안정시켜 차단함으로써 염증의 진전을 저지하기도 하고, allergy 반응을 저지하는 효과도 있으며, 림프 용해성활동에 의해 면역저해 기능을 일으킨다. 가장 중요한 기능의 하나로 GAS라고 하는 스트레스에 대한 반응의 단계를 거치며, 각종 스트레스에 대한 자가 방어 기능을 강화시켜서 코티졸은 인체의 생명유지에 필수적인 호르몬이라고 할 수 있다(백일영, 2006).

일반적으로 약하거나 중강도의 운동은 코티졸의 수준을 유의하게 변화시키지 않는 것으로 알려져 있고, 운동 강도가 강해지고, 운동량이 증가함에 따라 혈중 코티졸 농도가 증가된다고 보고되고 있다(Consitt, Copeland & Tremblay, 2002; Johnson, Kraemer, Haltom & Kraemer 외 2인, 1997;

Tremblay, Copeland & Van Helder, 2004). 훈련된 사람의 경우 코티졸의 분비가 높은 강도의 운동에서 약간 감소하거나(Chwalbińska-Moneta, Kruk, Nazar & Krzemiński 외 2인, 2005), 지구성 훈련 후 안정 시 수준이 거의 변화가 없다(Consitt, Copeland & Tremblay, 2002; Filaire, Duché & Lac, 1998; Kiilavuori, Näveri, Leinonen & Härkönen, 1999)고 보고되고 있다. 이는 훈련의 적응에 의한 동일한 절대강도에서 운동 강도의 낮은 인식과 운동에서 오는 심리적 스트레스에 적응되기 때문이다(백일영, 2006).

곽이섭과 백일영(2000)은 서로 다른 운동처치에 따른 코티졸 호르몬의 변화가 면역세포와 면역글로불린에 미치는 영향에 관한 연구에서 유산소 훈련에 따른 코티졸 호르몬의 변화는 훈련군에서 감소하는 수치를 보였고, 일회 고강도 운동 스트레스 반응에서 통제군은 현저한 증가를 보인 반면, 훈련군에서는 상대적으로 적은 수치로 증가했다고 하였다.

유재현, 김성수, 김명기와 윤성진 외 5인(2004)은 다양한 강도의 저항운동이 testosterone, growth hormone, IGF(insulin-like growth factor) -1, 코티졸 반응에 미치는 영향에 관한 연구에서 저항운동강도에 따라 코티졸 호르몬의 혈중 농도는 저항운동 직후 유의한 감소를 보였고, 1RM의 80%의 강도에서 회복기에 증가하는 경향을 보였다고 하였다.

백용수(2007)는 하타 요가 수련이 부신피질 및 성 호르몬 변화에 미치는 영향에 관한 연구에서 요가 수련 기간이 증가할수록 요가 수련 집단이 기상 후 코티졸 호르몬 농도가 감소하였고, 요가 수련은 항진된 자율 신경계를 안정화시켜 코티졸 생성 일주기 변화도 안정화 되었다고 하였다.

또한 문채련(2009)은 현대무용 프로그램 참여가 지단백질, 스트레스 호르몬 및 면역세포에 미치는 영향에 관한 연구에서 코티졸 호르몬은 실험집단에서 무용수행기간이 증가함에 따라 감소하였고, 현대 무용이 장기간에 걸쳐 운동 스트레스에 감소성을 증가시킨다고 하였다.

3. CK 및 CK-MB와 운동

CK는 뇌나 평활근에 포함되어 있으나 골격근, 심근에 특히 많이 함유된 효소로, 근육에 의한 에너지 대사에 중요한 역할을 하고 있다. 근수축에 필요한 에너지는 ATP가 분해되어 ADP로 되는 것에 의해 공급되나, ADP에서 ATP로 합성에는 근육 내의 PC를 분해하여 creatine으로 만들 때 생기는 에너지가 이용된다(정혜윤, 2008).

CK는 효소 구조 상 2개의 단위인 M(근형)과 B(뇌)로 된 2배체이고 BB(CK₁), MB(CK₂), MM(CK₃)의 3종류의 동중효소(isoenzyme)가 존재하고, 생체 조직 내 CK의 활성은 골격근(MM 99~100%), 심근(MM 70~80%, MB 20%), 뇌(BB 100%), 소화관, 방광, 폐, 신장 등에서는 BB가 대부분을 차지하며 간에서의 활성은 극히 낮다. 혈장 CK의 임상적 의의는 근조직 장애의 발견 후 그 장애가 원발성 및 신경원성의 감별에 중요한 의미가 있다(김용성, 2008).

이러한 CK의 측정은 심근경색의 조기 진단에 유용하며 CK가 급격히 증가하게 되면 급성 심근경색증, 골격근질환, 악성종양, 과도한 운동 등에서 발견될 수 있다. CK의 활성은 무산소성 운동뿐만 아니라 유산소성 운동에 의해서도 증가한다(Lijnen, Hespel, Van & Fiocchi 외 3인, 1986).

운동 시 CK의 활성화 증가는 여러 면에서 중요한 역할을 하는데, 우선 ATP 생성에 의한 일시적인 에너지 완충의 역할을 하고, 세포내 유지(free) ADP의 상승 억제 작용을 통한 ATPase의 비활성화를 막고 결과적으로 adenine nucleotide의 순 감소를 막을 수 있다. 또한 CK의 활성화는 H⁺의 완충효과도 있다(Wallimann, Wyss, Brdiczka & Nicolay 외 1인, 1992). 따라서 운동 시 증가된 CK의 활성화는 증가된 에너지 요구와 대사적 변화를 잘 반영하는 일반적인 현상이라고도 할 수 있다(류상균, 2007).

혈장 CK는 장시간의 운동에 의해 활성이 증가함으로써 신체 및 근세포의 손상정도를 나타내는 지표로 활용될 수 있을 뿐만 아니라 신체의 단련 정도에 따라 그 양상이 다양하게 나타나게 된다. 인간의 근손상은 혈중에 방출되는 근세포 단백질에 의하여 분석되며, CK가 가장 일반적인 근 손상 지표로 사용되어져 왔고, 다른 지표로서 LDH, myoglobin 등이 제시되기도 하였다(박찬호, 2007; Nosaka & Clarkson, 1996).

김현태(2003)는 유도선수들의 동계훈련 프로그램이 혈중 크레아틴키나제, 젖산탈수소효소 및 코티졸에 미치는 영향에 관한 연구에서 8주간 동계훈련을 실시한 결과 혈중 CK 활성도는 훈련 4주차에 가장 높게 활성화되었으며, 운동직후에 효소 활성도가 높게 나타났다고 하였다.

김미영과 박광동(2005)은 수영훈련이 뇌성마비 청소년의 혈장 LDH 동위 효소와 CK 농도에 미치는 영향에 관한 연구에서 혈장 CK의 농도는 훈련 전에 비해 훈련 후에 증가하였으며, 장기간의 수영 훈련은 CK의 활성도를 증가시킴으로써 에너지 대사의 향진으로 신체활동에 필요한 에너지 공급을 효율적이고 원활하게 증가시킨다고 하였다.

장재훈과 허선(2005)은 점증부하 최대 운동 시 중년 여성 마라톤 동호인의 LDH와 CK 활성변화에 관한 연구에서 중년여성 마라톤 동호인과 일반인을 대상으로 최대부하운동을 실시한 결과 안정 시, 운동 후 회복 3분 그리고 회복 30분에 운동군에서 높은 활성도를 보였다고 하였다.

또한 안지연(2008)은 달리기 운동 형태에 따른 피로물질과 지연성 근손상 변화에 미치는 영향에 관한 연구에서 지면달리기와 트레드밀달리기 운동 전·후에 따라 혈중 CK 농도는 운동 후에 모두 증가하였다고 하였다.

4. LDH와 운동

LDH는 근 활동 중 무산소해당계에 의해 ATP를 생산하는 필수 효소로써 무산소성 해당과정의 최종단계에서 pyruvic acid를 이용하여 당질의 이화 및 동화작용의 평형을 이루는 역할을 하며, 해당작용에서 lactic acid와 pyruvic acid 사이의 반응을 촉매하는 효소로서 주로 적혈구와 근육 세포 내에 존재한다. 평상 시 혈중의 LDH의 활성은 매우 낮으나, 고강도 운동으로 인해 근육 세포가 손상을 입으면 LDH가 세포 밖으로 방출되어 혈중에서 LDH의 활성이 높게 나타나므로 LDH 활성 정도에 따라 근육의 부상 정도를 대변해주는 인자로서 이용되고 있다(배기원, 2008).

일반적으로 LDH 활성도는 장기간의 훈련에 영향을 받을 수 있으며, 고도로 단련된 선수들과 일반인들의 사이에는 차이가 있다고 알려져 있다. 그리고 최대산소섭취량과 LDH의 활성도 사이에는 높은 상관관계가 있다고 보고 있고, LDH의 활성도가 유산소성 지구력 훈련으로 인하여 향상된 심폐기능을 평가하는 척도로 활용할 수 있다고 한다(김지수, 2006).

운동에 의한 근 피로나 손상에 관한 연구는 다양한 조건하에서 실시되었으며, 운동의 형태, 강도, 피험자의 상태 등에 따라 농도 및 그 변화 추이가 다르다는 것이 입증되었다. 최근에는 일반적인 수축 형태와 비교해서 고강도의 저항 운동과 내리막 달리기와 같은 이심성(eccentric) 수축의 운동 형태에서 근손상의 간접적인 지표로 이용되고 있는 혈중 성분의 변화와 근손상 발생 및 지연 효과에 관한 많은 연구들이 보고되고 있다(Gleeson, Walsh, Blannin & Robson 외 3인, 1998; Horita, Komi, Nicol & Kyrolainen, 1999; Nosaka, Newton & Sacco, 2002).

또한 LDH의 증가는 신장 조직, 간, 심장, 골격근과 적혈구의 손상을 의미하지만(Roalstad, 1989), 훈련된 사람은 비훈련자 보다 효소 상승에 대한

내성이 보다 높기 때문에 고강도의 운동이 가능하다고 보고되고 있다(고기준, 김태운, 안병철, 한재웅 외 3인, 1999). 지구성 훈련을 실시한 선수는 심근에서의 LDH 활성이 높는데 이것은 lactic acid를 에너지로 이용할 수 있는 능력을 나타내는 것으로, 근육에서의 높은 활성은 lactic acid와 pyruvic acid를 상호전환 시킬 뿐만 아니라, 근육에서 pH, 산화환원능력, 세포의 전체적인 에너지수준을 지속시킴을 의미한다(이운용, 성봉주, 2004).

김현태(2003)는 유도선수들의 동계훈련 프로그램이 혈중 크레아틴키나제, 젖산탈수소효소 및 코티졸에 미치는 영향에 관한 연구에서 8주간 동계훈련을 실시한 결과 혈중 LDH 활성도는 훈련 4주차에 가장 높게 활성화되었으며, 운동직후에 효소 활성도가 높게 나타났다고 하였다.

김미영과 박광동(2005)은 수영훈련이 뇌성마비 청소년의 혈장 LDH 동위효소와 CK 농도에 미치는 영향에 관한 연구에서 혈장 LDH 동위효소의 농도는 훈련 전에 비해 훈련 후에 증가하였으며, 장기간의 수영 훈련은 LDH의 활성도를 증가시킴으로써 에너지 대사의 향진으로 신체활동에 필요한 에너지 공급을 효율적이고 원활하게 증가시킨다고 하였다.

장재훈과 허선(2005)은 점증부하 최대 운동 시 중년 여성 마라톤 동호인의 LDH와 CK 활성변화에 관한 연구에서 중년여성 마라톤 동호인과 일반인을 대상으로 최대부하운동을 실시한 결과 안정 시에 운동군이 혈중 LDH 활성도가 높게 나타났으며 운동 후 회복에서 운동군이 비운동군에 비해 높게 나타났고 하였다.

또한 안지연(2008)은 달리기 운동 형태에 따른 피로물질과 지연성 근손상 변화에 미치는 영향에 관한 연구에서 트레드밀달리기에서는 운동 후에 혈중 LDH 농도가 감소하였으나, 지면달리기에서는 운동 후에 증가하였으며, 달리기 운동 형태에 따른 근손상과 피로의 차이를 고려하여 개인에 맞는 달리기 운동방법을 선택하는 것이 필요하다고 하였다.

5. troponin T와 운동

Troponin은 칼슘이온과 결합하고 있지 않은 상태로 actin과 myosin의 상호작용을 차단, 근육의 수축을 저해하는 근단백질의 복합체이며 칼슘이온과 결합하면 tropomyosin분자의 위치를 변화시켜 actin과 myosin의 상호작용이 이루어진다. Troponin은 I, C, T의 3가지 성분으로 구성되어 있고 각각은 근육의 형태에 따라 각기 다른 동위효소를 가진다(MacGeoch, Barton, Vallins & Bhavsar 외 1인, 1991; Wade, Eddy, Shows & Kedes, 1990).

Troponin C는 칼슘과 결합하고, troponin I는 actin과 결합하며 troponin T는 troponin과 결합한다. actin 섬유에서 이런 여러 단백질들의 상호작용은 칼슘 의존적이며, ATPase 활성 조절능력에 따라 차이를 나타낸다(최미리, 2006).

Troponin은 myosin과 같은 근원섬유를 구성하는 단백질로써, troponin은 troponin T, troponin I, troponin C 등 3개의 단위가 조합되어 있다(Nosaka & Sakamoto, 1999; Sorichter, Mair, Koller & Gebert 외 4인, 1997). 근육의 손상을 받으면 troponin T는 CK보다 조금 일찍 혈액 내로 방출되고 높은 심근특이성 때문에 골격근 장해를 합병한 심근경색의 진단에 유용하며 근위축 등의 골격근 질환에서는 유용성이 작다(Gergely, 1998; Sorichter, Puschendorf & Mair, 1999). 급성심근경색에서는 통상, 경색이 일어난 후 약 3시간에 유의한 상승을 나타내고 12~18시간에 최고치에 달해 7~20일간 이상치를 지속한다(Ni, 2001).

Troponin T는 근수축 시 myosin과 actin의 상호작용을 조절하는 복합체로 심근경색 시 CK-MB보다 높은 민감도를 보이지만 그 특이도는 떨어진다(김동환, 조수형, 2009). CK-MB와 troponin은 급성심근경색의 진단에 민

감도와 특이도가 높아서 최근 가장 많이 사용되는 심근효소이다. 이중 troponin의 상승은 급성심근경색의 사망률과 밀접히 관련되어 있다(Demir, Kanadasi, Akpinar & Dönmez 외 6인, 2007).

Juneau, Roy, Nigam & Tardif 외 1인(2009)은 역치 이상의 운동과 심장 근손상의 변인에 관한 연구에서 운동 유발 국소 빈혈과 관상동맥 질환자에서 20분 동안의 역치 이상의 운동이 심근 손상의 생화학적 표지자인 troponin T가 증가하지 않았다고 보고하였다.

Sahlén, Gustafsson, Svensson & Marklund 외 3인(2009)은 장거리 러너에게 증가된 생화학적 지표와 영향에 미치는 요인 분석에 관한 연구에서 30km 크로스 컨트리 경주 후에 심장 표지자인 troponin T가 증가하였다고 보고하였다.

Mingels, Jacobs, Kleijnen & Laufer 외 4인(2010)은 달리기 거리에 따른 심장 troponin T의 증가에 관한 연구에서 달리기 거리에 따라 심장 troponin T 농도가 달리기 후에 증가한다고 보고하였다.

Nie, Close, George & Tong 외 1인(2010)은 실험동물의 장기간 운동 후 심장근육과 troponin T 증가에 미치는 효과에 관한 연구에서 수컷 SD계 흰쥐를 대상으로 한 지속적인 강렬한 운동 후 심장 troponin T가 증가하였다고 보고하였다.

6. myoglobin과 운동

골격근에서 발견되며 산소와 결합하여 근세포 속으로 산소를 수송, 확산시키는 역할을 하는 단백질인 myoglobin은 구조적으로나 기능적으로 적혈구 속에 있는 헤모글로빈과 유사하다. myoglobin은 산소가 일단 근섬유막에 전달되면 헤모글로빈과 비슷한 기능으로 근섬유 속으로 운반되며, 주된 기능은 산소를 세포막으로부터 미토콘드리아로 운반하는 것이다(장용우, 김성철, 조병곤, 이하얀 외 3인, 2002).

Myoglobin은 분자량 17.8KD(kilo dalton)되는 산소 친화성 큰 적색의 세포단백질로써 주로 심근, 골격근세포의 세포질에 존재하며 혈중 산소를 근조직으로 운반하는 작용을 한다. 근세포가 손상을 받으면 myoglobin은 혈액에 유출되어 혈장 myoglobin 양이 증가된다(Wittenberg & Wittenberg, 2003). 급성심근경색증 환자에서 혈장 myoglobin은 경색 발생 2시간 후부터 증가되어 6~9시간 후 peak에 도달하고 24~36시간 후에는 정상으로 돌아온다(Garry, Kanatous & Mammen, 2003).

혈장 myoglobin의 수준은 근조직의 기능적 상태와 다양한 병리학적, 생리학적인 조건을 나타내는 지표이다. 세포가 괴사되거나 조직이 손상되면 효소의 수준은 증가하게 되며, 급성 혹은 만성적인 근손상으로 발전할 수도 있다. 운동은 대량의 효소를 근조직에서 혈중으로 방출시키는 원인이 된다(김태욱, 이정범, 신영오, 양훈모 외 2인, 2009).

Myoglobin, CK와 같은 근단백질의 혈액 유출은 근육막의 증가된 투과성에 대한 좋은 표지자로서 기능할 뿐만 아니라, 건강한 사람에게서 강한 운동 후 이들 단백질의 혈액 내 수준이 증가한다(Kagen, Moussavi, Miller & Tsairis, 1980; McComb, McMaster & Jadghey, 1985).

Myoglobin은 CK와 함께 근손상을 평가할 수 있는 좋은 표지자이며, 특

히 myoglobin은 골격근과 심장근에서만 존재하기 때문에 근손상의 좋은 평가 인자라고 할 수 있다(Driessen-Kletter, Amelink, Bär & van Gijn, 1990; McNeil & Khakee, 1992; Milne, 1988).

Jamurtas, Theocharis, Tofas & Tsiokanos 외 4인(2005)은 같은 부하의 팔과 다리의 원심성 운동부하가 근손상 지수에 미치는 효과 비교에 관한 연구에서 11명의 건강한 훈련되지 않은 남성을 대상으로 근손상 지표에 대해 동일한 상대 강도의 다리와 팔 원심성 수축 운동 후 72~96시간 후에 myoglobin 농도가 가장 증가한다고 하였다.

Peake, Suzuki, Wilson & Hordern 외 3인(2005)은 운동 유발성 근손상, 혈중 싸이토카인 및 호중구 활성지수에 미치는 효과에 관한 연구에서 잘 훈련된 10명의 남성 러너를 대상으로 내리막 달리기 운동 한 시간 후 혈장 myoglobin 농도가 가장 증가하였다고 하였다.

박성태(2008)는 등산 스틱 사용에 따른 오르막과 내리막 걷기 운동이 혈중 creatine kinase 활성과 myoglobin 농도에 미치는 영향에 관한 연구에서 내리막 걷기 운동과 같은 반복적인 근수축은 근손상을 유발할 수 있으며, 내리막 걷기 운동 시 등산 스틱의 사용은 상지 근육의 보완적 지지에 의해 근손상을 다소 완화할 수 있다고 하였다.

정영근, 최현민, 김종경과 노호성(2009)은 3주간의 녹용분말 복용이 신장성 운동 후 유발된 근손상 예방 및 회복에 미치는 효과에 관한 연구에서 myoglobin은 실험군, 대조군 모두에서 운동 직후부터 점차 증가하다가 운동 후 2일이 되는 시점에서 가장 높은 수치를 나타내었으며, 이후 지속적으로 감소하는 양상을 보였다고 하였다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 실험 대상

본 연구의 실험 대상은 H사이언스(Korea)에서 분양받은 생후 4주령의 SD계 수컷 흰쥐 48마리를 사용하였으며, 실험동물은 통제군 (CG, n=12), 훈련군 (TG, n=12), 마늘군 (GG, n=12), 훈련마늘군 (TGG, n=12)로 구분하였다. 체중측정은 동물측정용 분석용 전자저울(A&D Company Limited CE, Japan)로 측정하였다. 실험동물의 신체적인 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Physical characteristics of experimental rats

Groups	Number	Aged(weeks)	Body weight(g)
CG	12	4	175.59±7.91
TG	12	4	174.99±4.59
GG	12	4	173.35±7.41
TGG	12	4	176.26±7.04

Values are M±SD

CG: control group, TG: training group

GG: black garlic intake group, TGG: training with black garlic intake group

2. 실험 절차

실험 절차는 <Figure 1>과 같다.

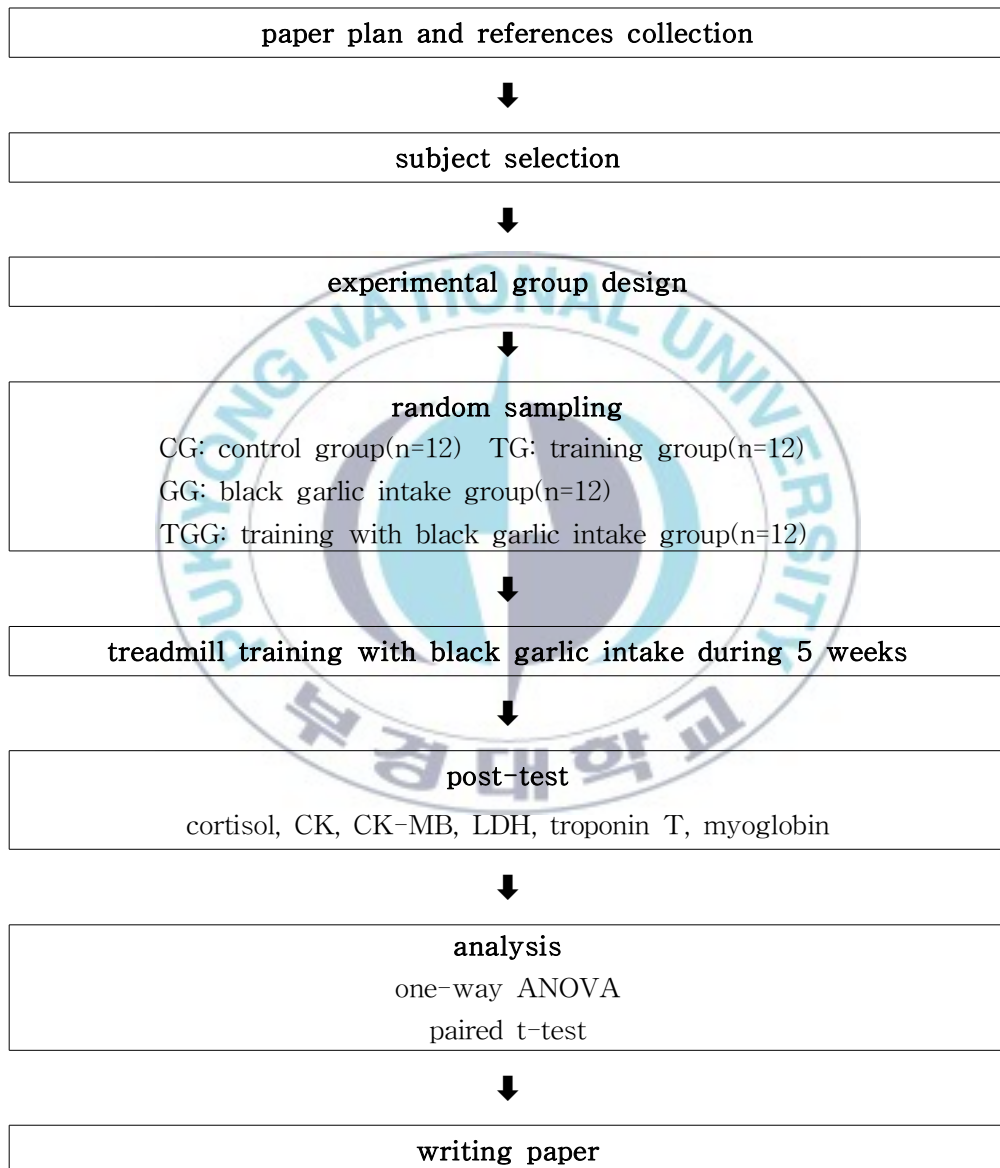


Figure 1. The procedures of this study

3. 식이 방법

실험을 하는 동안 실험동물이 식이사료와 물을 자유롭게 섭취하게 하도록 조절하여 실험동물에게 최적의 환경을 제공하였다. 식이사료의 성분은 <Table 2>와 같다. 본 실험에 사용된 흑마늘은 C사의 흑마늘진액(100%)을 사용하였으며, 마늘군과 훈련마늘군은 운동 30분 전에 260mg/kg 정량(양승택, 2010)을 경구 투여하였고, 통제군과 훈련군도 동일한 스트레스를 주기 위해 운동 30분 전에 같은 량의 증류수를 경구 투여하였다.

Table 2. The 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-Butly Hydroquinone	0.0014
Soybean Oil	7.00

4. 사육 방법

실험동물의 사육은 1964년에 발표한 헬싱키 선언에 근거한 Guiding Principles in the Care and Use of Animals에 따라 P대학 실험동물 사육실에서 이루어졌다. 사육실 내부는 온도 $22.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$, 습도 $50 \pm 10\%$, 조명(12시간 명/암)이 자동적으로 유지되도록 하였으며, 무균 청정공기가 자동 제어되어 실험동물에게 미치는 환경적 방해요인을 최소화시켜 주었다. 사육 cage는 $50 \times 30 \times 25.5\text{cm}$ 의 크기로 한 cage 당 2마리씩 사육하였으며, 일주일에 2회 정기적으로 갈짚을 교환해주었다. 모든 실험동물은 1주간 실험 환경에 적응시킨 후 실험에 이용하였다. 실험환경 적응 후 그룹핑(grouping) 하여 각 그룹별로 구분하고 그룹에 맞는 처치를 하였다.

5. 운동 방법

트레드밀 훈련은 사람용 트레드밀(Pro-Jog EJ36GLE, Korea Hi-Tech)을 실험동물이 달릴 수 있도록 개조하여 주 5회 일정한 시간대에 규칙적으로 실시하였다. 트레드밀은 <Figure 2>와 같다.



<Figure 2> Treadmill

실험동물은 1주간의 환경 적응기를 거친 후, 트레드밀 훈련 적응 기간을 포함하여, 5주간의 트레드밀 훈련을 실시하였다. 운동 강도는 운동부하의 원리에 따라 낮은 운동 강도에서 점진적으로 운동 강도를 높였다. 운동 강도는 경사도 0%에서 1~2주차에는 7m/min의 속도로 20분 운동시켰으며, 3~5주차에는 21m/min의 속도로 30분간 운동시켰다(김대영, 유재협, 안의수, 2006).

5주간의 훈련이 종료된 후에 안정 시의 운동과 투여의 효과를 분석하였고, 각 그룹의 절반을 무선 표본추출하여 운동 강도는 경사도 5%에서 30m/min의 속도로 30분 동안 일회성 고강도 운동 스트레스를 부여한 후 분석하였다(Okamura, Matsubara, Yoshioka & Kikuchi 외 2인, 1987). 구체적인 프로그램은 <Table 3>과 같다.

Table 3. Treadmill training program

training period	0~2 week	3~5 week	exercise stress
speed(m/min)	7	21	30
grade(%)	0	0	5
time(min)	20	30	30

(김대영, 유재협, 안의수, 2006; Okamura et al., 1987)

6. 측정 방법

각 실험군의 실험동물은 희생하기 전 식이투여의 효과를 배제하기 위하여 12시간 이상 절식시켰다. 안정 시 그룹으로 분류된 실험동물들은 동물 수술실 도착 후, 충분한 안정을 취한 뒤 마취제 ethyl ether를 이용하여 마취시켰으며, 일회성 고강도 운동 스트레스 그룹 역시 안정을 취한 뒤 30분

간 트레드밀 운동 종료 후 마취하였다. 마취된 실험동물은 해부판 위에 사지를 고정시키고, 70% 알코올 분무기로 분무한 후, 복부를 절개하여 복부 대정맥에서 10ml의 혈액을 채취한 후, E의료재단에 의뢰하여 분석하였다. 측정 항목과 방법, 기기명 및 제조사명은 <Table 4>와 같다.

Table 4. The analysing method and model of cortisol, CK, CK-MB, LDH, myoglobin and troponin T

Method Contents	Test method	Analyzer model	Analyzer manufacturing company/nation
Cortisol	CLIA	Siemens Centaur	Siemens /USA
CK	NAC Activated	Siemens advia2400	Siemens /USA
CK-MB	CLIA	Siemens Centaur	Siemens /USA
LDH	LDPL	Siemens advia2400	Siemens /USA
Myoglobin	RIA	Manual	TFB /Japan
Troponin T	ECLIA	Roche E170	Roche /Germany

7. 자료 처리 방법

본 연구의 자료처리는 SPSS Ver 14.0 통계 패키지를 이용하여, 각 변인들 간에 평균(M)과 표준편차(SD)를 산출하였고, 집단 간 차이검증은 one-way ANOVA를 이용하였고, 각 집단 내 사전·후 차이검증은 paired t-test를 이용하였으며, 사후 검정은 Holm-Sidak, 유의 수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

IV. 연구 결과

본 연구는 5주간 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여가 코티졸 호르몬과 염증인자(CK, CK-MB, LDH, troponin T, myoglobin)에 미치는 영향과, 일회성 고강도 운동 스트레스가 코티졸 호르몬과 염증인자에 미치는 영향을 규명하기 위하여 수컷 SD계 실험용 흰쥐 총 48마리를 통제군 (CG, n=12), 훈련군 (TG, n=12), 마늘군 (GG, n=12), 훈련마늘군 (TGG, n=12)으로 나누어 5주간 실험하였다. 트레드밀 운동과 흑마늘을 투여시킨 결과는 다음과 같다.

1. 5주간의 훈련 후의 변화

1) 코티졸 호르몬의 변화

5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 집단 간 코티졸 호르몬의 변화를 분석한 결과는 <Table 5>, <Figure 3>과 같다. 통제군은 $1.57 \pm 0.24 \mu\text{g/dL}$, 훈련군은 $1.89 \pm 0.56 \mu\text{g/dL}$, 마늘군은 $1.26 \pm 0.18 \mu\text{g/dL}$, 훈련마늘군은 $1.68 \pm 0.20 \mu\text{g/dL}$ 로 집단 간 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 사후검증 결과 TG가 가장 높았으며 TGG, CG, GG의 순서로 높게 나타났다.

Table 5. Changes of cortisol hormone after 5 weeks program (ug/dL)

Variable	CG(n=6)	TG(n=6)	GG(n=6)	TGG(n=6)	F
cortisol	1.57±0.24	1.89±0.60	1.26±0.18	1.68±0.20	3.395
p		0.122	0.148	0.569	

Values are M±SD.

CG: control group, TG: training group

GG: black garlic intake group, TGG: training with black garlic intake group

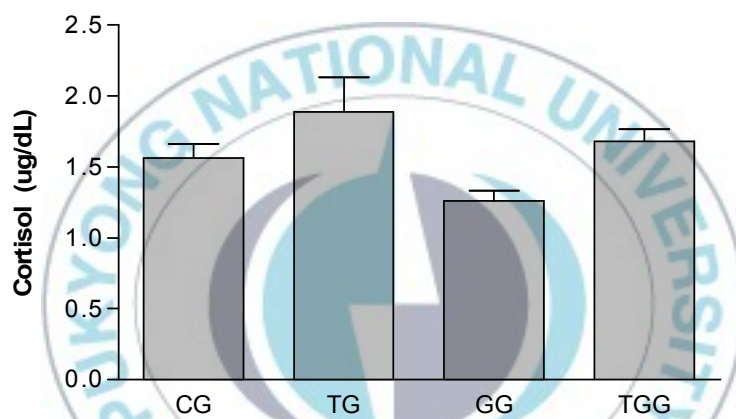


Figure 3. Changes of cortisol hormone after 5 weeks program

2) CK의 변화

5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 집단 간 CK의 변화를 분석한 결과는 <Table 6>, <Figure 4>와 같다. 통제군은 $303.17 \pm 43.44 \text{ IU/L}$, 훈련군은 $522.00 \pm 100.66 \text{ IU/L}$, 마늘군은 $369.17 \pm 58.57 \text{ IU/L}$, 훈련마늘군은 $510.33 \pm 161.62 \text{ IU/L}$ 로 훈련군과 훈련마늘군은 통계적으로 유의하게($p < .01$) 증가하였으나, 마늘군과는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 사후검증 결과 TG가 가장 높았으며 TGG, GG, CG의 순서로 높게 나타났다.

Table 6. Changes of CK after 5 weeks program (IU/L)

Variable	CG(n=6)	TG(n=6)	GG(n=6)	TGG(n=6)	F
CK	303.17±43.44	522.00±100.66	369.17±58.57	510.33±161.62	6.668
p		0.001**	0.275	0.002**	

Values are M±SD. **: p< .01

CG: control group, TG: training group

GG: black garlic intake group, TGG: training with black garlic intake group

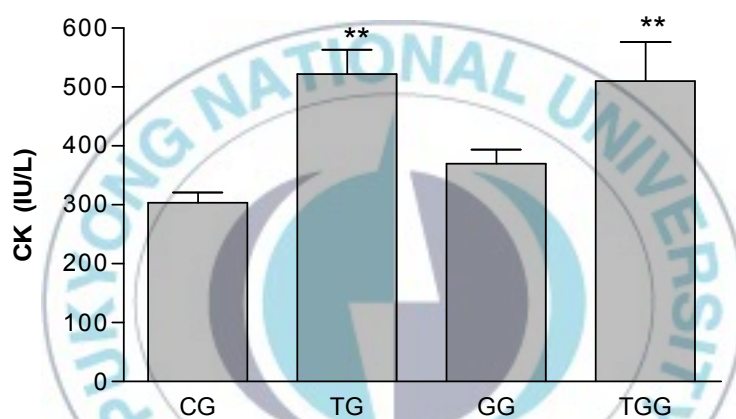


Figure 4 Changes of CK after 5 weeks program

3) CK-MB의 변화

5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 집단 간 CK-MB의 변화를 분석한 결과는 <Table 7>, <Figure 5>와 같다. 통제군은 $0.15 \pm 0.03 \text{ ng/mL}$, 훈련군은 $0.23 \pm 0.03 \text{ ng/mL}$, 마늘군은 $0.15 \pm 0.02 \text{ ng/mL}$, 훈련마늘군은 $0.21 \pm 0.03 \text{ ng/mL}$ 로 훈련군과 훈련마늘군은 통계적으로 유의하게($p < .01$) 증가하였으나, 마늘군과는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 사후검증 결과 TG가 가장 높았으며 TGG, GG, CG의 순서로 높게 나타났다.

Table 7. Changes of CK-MB after 5 weeks program (ng/mL)

Variable	CG(n=6)	TG(n=6)	GG(n=6)	TGG(n=6)	F
CK-MB	0.15±0.03	0.23±0.03	0.15±0.02	0.21±0.03	14.480
p		0.001**	0.836	0.001**	

Values are M±SD. **: p< .01

CG: control group, TG: training group

GG: black garlic intake group, TGG: training with black garlic intake group

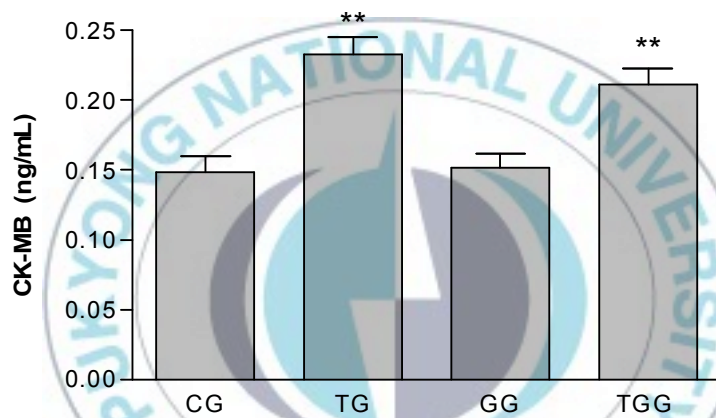


Figure 5. Changes of CK-MB after 5 weeks program

4) LDH의 변화

5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 집단 간 LDH의 변화를 분석한 결과는 <Table 8>, <Figure 6>과 같다. 통제군은 710.00±100.45IU/L, 훈련군은 1808.67±47.26IU/L, 마늘군은 886.17±82.74IU/L, 훈련마늘군은 1200.17±58.69IU/L로 훈련군과 마늘군과 훈련마늘군은 통계적으로 유의하게(p< .01) 증가하였다. 사후검증 결과 TG가 가장 높았으며 TGG, GG, CG의 순서로 높게 나타났다.

Table 8. Changes of LDH after 5 weeks program (IU/L)

Variable	CG(n=6)	TG(n=6)	GG(n=6)	TGG(n=6)	F
LDH	710.00±100.45	1808.67±47.26	886.17±82.74	1200.17±58.69	247.468
p		0.001**	0.001**	0.001**	

Values are M±SD. **: p< .01

CG: control group, TG: training group

GG: black garlic intake group, TGG: training with black garlic intake group

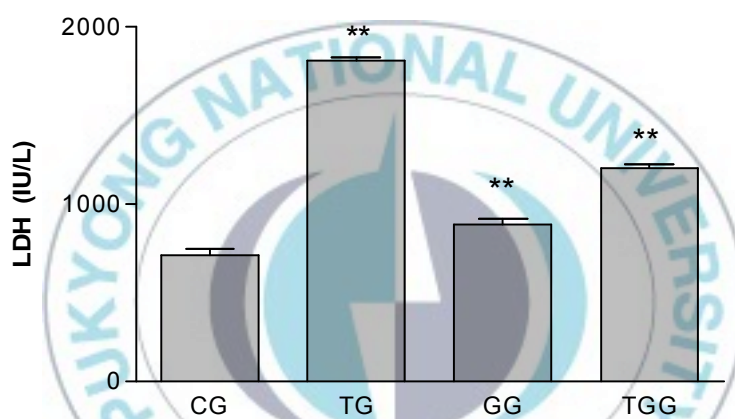


Figure 6. Changes of LDH after 5 weeks program

5) troponin T의 변화

5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 집단 간 troponin T의 변화를 분석한 결과는 <Table 9>, <Figure 7>과 같다. 통제군은 0.02±0.01ng/mL, 훈련군은 0.02±0.01ng/mL, 마늘군은 0.04±0.02ng/mL, 훈련마늘군은 0.02±0.01ng/mL로 마늘군은 통계적으로 유의하게(p< .05) 증가하였으나, 훈련군과 훈련운동군과는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 사후검증 결과 GG가 가장 높았으며 CG, TG, TGG의 순서로 높게 나타났다.

Table 9. Changes of troponin T after 5 weeks program (ng/mL)

Variable	CG(n=6)	TG(n=6)	GG(n=6)	TGG(n=6)	F
troponin T	0.02±0.01	0.02±0.01	0.04±0.02	0.02±0.01	3.529
p		0.319	0.029*	0.601	

Values are M±SD. *: p< .05

CG: control group, TG: training group

GG: black garlic intake group, TGG: training with black garlic intake group

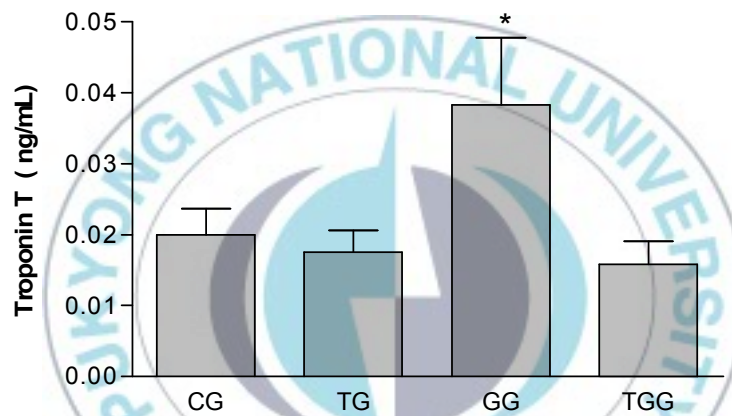


Figure 7. Changes of troponin T after 5 weeks program

6) myoglobin의 변화

5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 집단 간 myoglobin의 변화를 분석한 결과는 <Table 10>, <Figure 8>과 같다. 통제군은 $2.78 \pm 2.00 \text{ ng/mL}$, 훈련군은 $5.58 \pm 5.26 \text{ ng/mL}$, 마늘군은 $1.58 \pm 0.92 \text{ ng/mL}$, 훈련마늘군은 $2.30 \pm 1.54 \text{ ng/mL}$ 로 집단 간 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 사후검증 결과 TG가 가장 높았으며 CG, TGG, GG의 순서로 높게 나타났다.

Table 10. Changes of myoglobin after 5 weeks program (ng/mL)

Variable	CG(n=6)	TG(n=6)	GG(n=6)	TGG(n=6)	F
myoglobin	2.78±2.00	5.58±5.26	1.58±0.92	2.30±1.54	2.111
p		0.343	0.121	0.594	

Values are M±SD.

CG: control group, TG: training group

GG: black garlic intake group, TGG: training with black garlic intake group

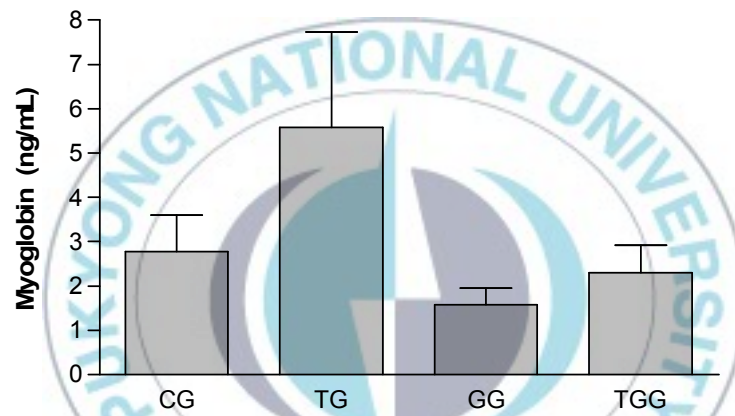


Figure 8. Changes of myoglobin after 5 weeks program

2. 일회성 고강도 운동 스트레스 후의 변화

1) 코티솔 호르몬의 변화

5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 일회성 고강도 운동 스트레스 후의 코티솔 호르몬에 대한 집단 내의 변화를 분석한 결과는 <Table 11>, <Figure 9>와 같다. 통제군은 사전 1.57±0.24ug/dL에서 사후 3.55±0.56ug/dL로 유의하게($p < .01$) 증가하였고, 훈련군은 사전

1.89±0.56ug/dL에서 사후 1.90±0.65ug/dL로, 마늘군은 사전 1.26±0.18ug/dL에서 사후 2.06±0.45ug/dL로 유의하게($p < .05$) 증가하였으며, 훈련마늘군은 사전 1.68±0.20ug/dL에서 사후 1.81±0.22ug/dL로 나타났다.

Table 11. Changes of cortisol hormone after exercise stress (ug/dL)

Variable	Tests	CG(n=12)	TG(n=12)	GG(n=12)	TGG(n=12)
cortisol	R(n=6)	1.57±0.24	1.89±0.56	1.26±0.18	1.68±0.20
	ES(n=6)	3.55±0.56	1.90±0.65	2.06±0.45	1.81±0.22
	t	-6.631**	-0.033	-3.903*	-0.920

Values are M±SD. *: $p < .05$, **: $p < .01$

R: rest, ES: exercise stress

CG: control group, TG: training group

GG: black garlic intake group, TGG: training with black garlic intake group

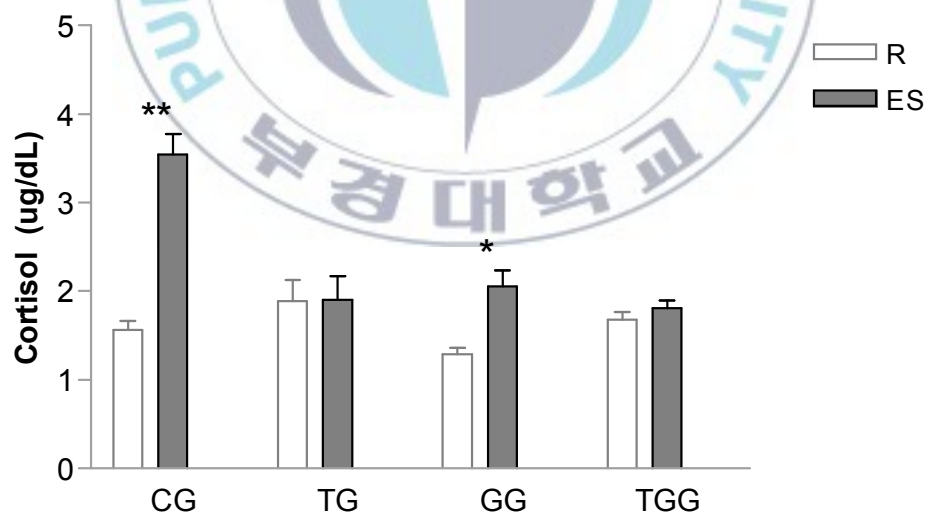


Figure 9. Changes of cortisol hormone after exercise stress

2) CK의 변화

5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 일회성 고강도 운동 스트레스 후의 CK에 대한 집단 내의 변화를 분석한 결과는 <Table 12>, <Figure 10>과 같다. 통제군은 사전 303.17±43.44IU/L에서 사후 2537.17±1054.95 IU/L로 유의하게($p < .01$) 증가하였고, 훈련군은 사전 522.00±100.66IU/L에서 사후 776.67±238.97IU/L로, 마늘군은 사전 369.17±58.57IU/L에서 사후 909.00±300.19IU/L로 유의하게($p < .05$) 증가하였으며, 훈련마늘군은 사전 510.33±161.62IU/L에서 사후 1174.83±230.68IU/L로 유의하게($p < .01$) 증가하였다.

Table 12. Changes of CK after exercise stress (IU/L)

Variable	Tests	CG(n=12)	TG(n=12)	GG(n=12)	TGG(n=12)
CK	R(n=6)	303.17±43.44	522.00±100.66	369.17±58.57	510.33±161.62
	ES(n=6)	2537.17±1054.95	776.67±238.97	909.00±300.19	1174.83±230.68
	t	-5.098**	-2.043	-3.850*	-4.276**

Values are M±SD. *: $p < .05$, **: $p < .01$

R: rest, ES: exercise stress

CG: control group, TG: training group

GG: black garlic intake group, TGG: training with black garlic intake group

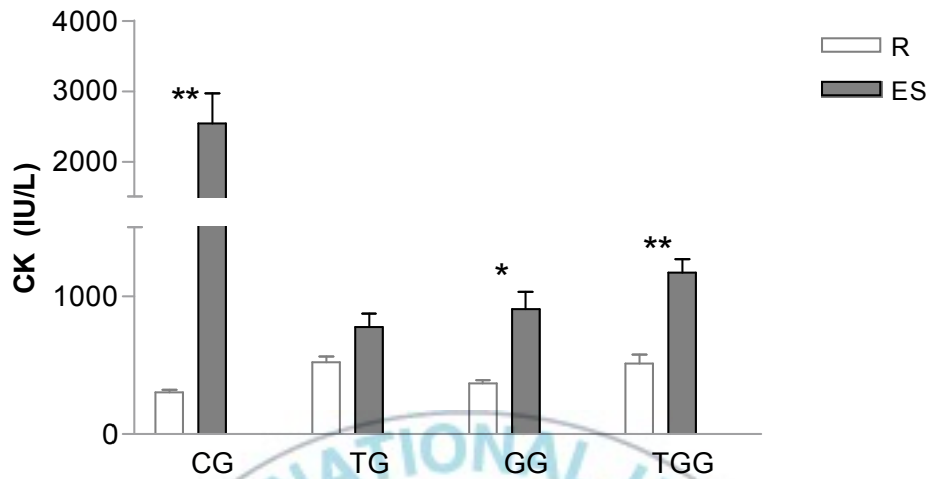


Figure 10. Changes of CK after exercise stress

3) CK-MB의 변화

5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 일회성 고강도 운동 스트레스 후의 CK-MB에 대한 집단 내의 변화를 분석한 결과는 <Table 13>, <Figure 11>과 같다. 통제군은 사전 $0.15 \pm 0.03 \text{ ng/mL}$ 에서 사후 $0.64 \pm 0.21 \text{ ng/mL}$ 로 유의하게($p < .01$) 증가하였고, 훈련군은 사전 $0.23 \pm 0.03 \text{ ng/mL}$ 에서 사후 $0.16 \pm 0.04 \text{ ng/mL}$ 로 유의하게($p < .05$) 감소하였고, 마늘군은 사전 $0.15 \pm 0.02 \text{ ng/mL}$ 에서 사후 $2.06 \pm 0.45 \text{ ng/mL}$ 로 유의하게($p < .05$) 증가하였으며, 훈련마늘군은 사전 $0.21 \pm 0.03 \text{ ng/mL}$ 에서 사후 $0.23 \pm 0.06 \text{ ng/mL}$ 로 나타났다.

Table 13. Changes of CK-MB after exercise stress (ng/mL)

Variable	Tests	CG(n=12)	TG(n=12)	GG(n=12)	TGG(n=12)
CK-MB	R(n=6)	0.15±0.03	0.23±0.03	0.15±0.02	0.21±0.03
	ES(n=6)	0.64±0.21	0.16±0.04	2.06±0.45	0.23±0.06
	t	-5.858**	3.623*	-2.056*	-0.745

Values are M±SD. *: p< .05, **: p< .01

R: rest, ES: exercise stress

CG: control group, TG: training group

GG: black garlic intake group, TGG: training with black garlic intake group

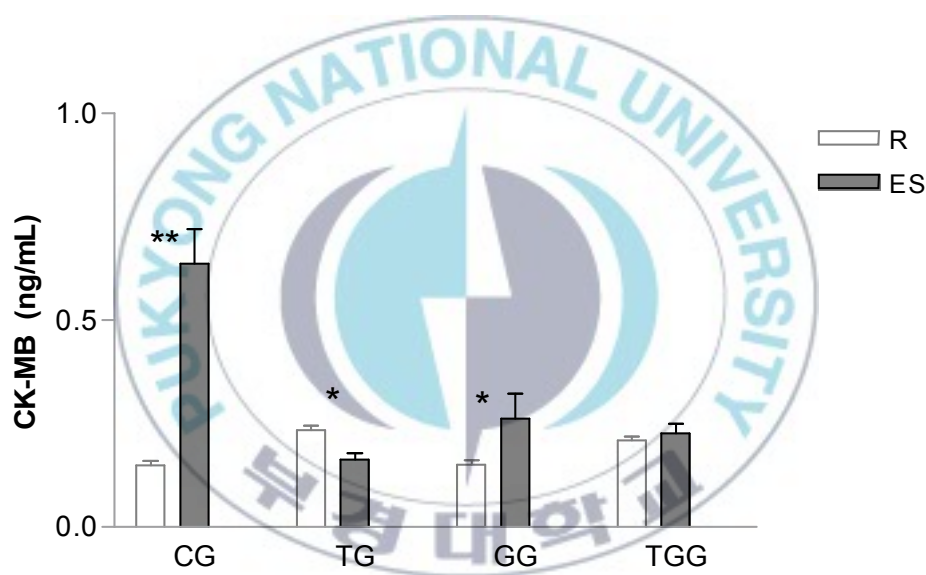


Figure 11. Changes of CK-MB after exercise stress

4) LDH의 변화

5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 일회성 고강도 운동 스트레스 후의 LDH에 대한 집단 내의 변화를 분석한 결과는 <Table 14>, <Figure 12>와 같다. 통제군은 사전 710.00±100.45IU/L에서 사후 4487.83±2675.60

IU/L로, 훈련군은 사전 1808.67±47.26IU/L에서 사후 2425.00±479.31IU/L로, 마늘군은 사전 886.17±82.74IU/L에서 사후 2268.67±929.23IU/L로, 훈련마늘군은 사전 1200.17±58.69IU/L에서 사후 2527.17±806.78IU/L로 모든 그룹에서 유의하게($p < .05$) 증가하였다.

Table 14. Changes of LDH after exercise stress (IU/L)

Variable	Tests	CG(n=12)	TG(n=12)	GG(n=12)	TGG(n=12)
LDH	R(n=6)	710.00±100.45	1808.67±47.26	886.17±82.74	1200.17±58.69
	ES(n=6)	4487.83±2675.60	2425.00±479.31	2268.67±929.23	2527.17±806.78
	t	-3.485*	-3.112*	-3.773*	-3.894*

Values are M±SD. *: $p < .05$

R: rest, ES: exercise stress

CG: control group, TG: training group

GG: black garlic intake group, TGG: training with black garlic intake group

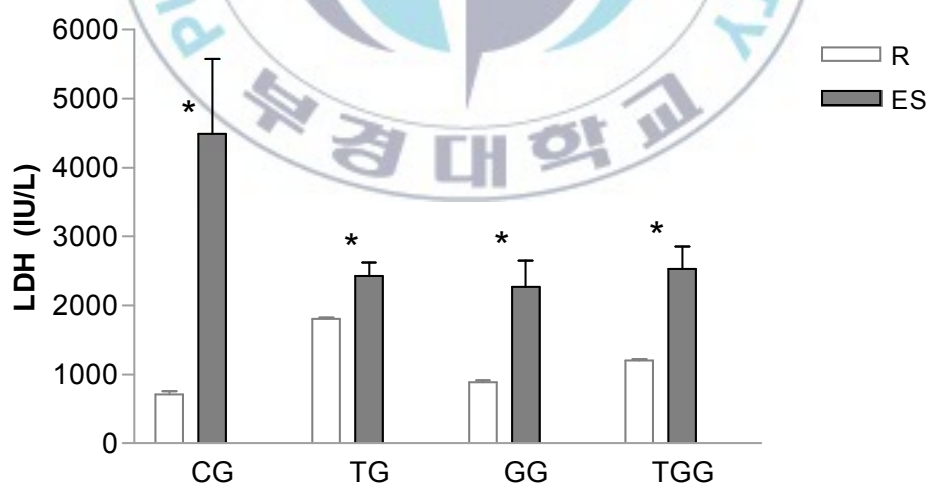


Figure 12. Changes of LDH after exercise stress

5) troponin T의 변화

5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 일회성 고강도 운동 스트레스 후의 troponin T에 대한 집단 내의 변화를 분석한 결과는 <Table 15>, <Figure 13>과 같다. 통제군은 사전 $0.02 \pm 0.01 \text{ ng/mL}$ 에서 사후 $1.83 \pm 1.51 \text{ ng/mL}$ 로 유의하게($p < .05$) 증가하였고, 훈련군은 사전 $0.02 \pm 0.01 \text{ ng/mL}$ 에서 사후 $0.02 \pm 0.01 \text{ ng/mL}$ 로, 마늘군은 사전 $0.04 \pm 0.02 \text{ ng/mL}$ 에서 사후 $0.11 \pm 0.21 \text{ ng/mL}$ 로, 훈련마늘군은 사전 $0.02 \pm 0.01 \text{ ng/mL}$ 에서 사후 $0.02 \pm 0.01 \text{ ng/mL}$ 로 나타났다.

Table 15. Changes of troponin T after exercise stress (ng/mL)

Variable	Tests	CG(n=12)	TG(n=12)	GG(n=12)	TGG(n=12)
troponin T	R(n=6)	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.04 ± 0.02	0.02 ± 0.01
	ES(n=6)	1.83 ± 1.51	0.02 ± 0.01	0.11 ± 0.21	0.02 ± 0.01
	t	-2.955*	-0.117	-0.717	-0.117

Values are M $\pm$ SD. *: $p < .05$

R: rest, ES: exercise stress

CG: control group, TG: training group

GG: black garlic intake group, TGG: training with black garlic intake group

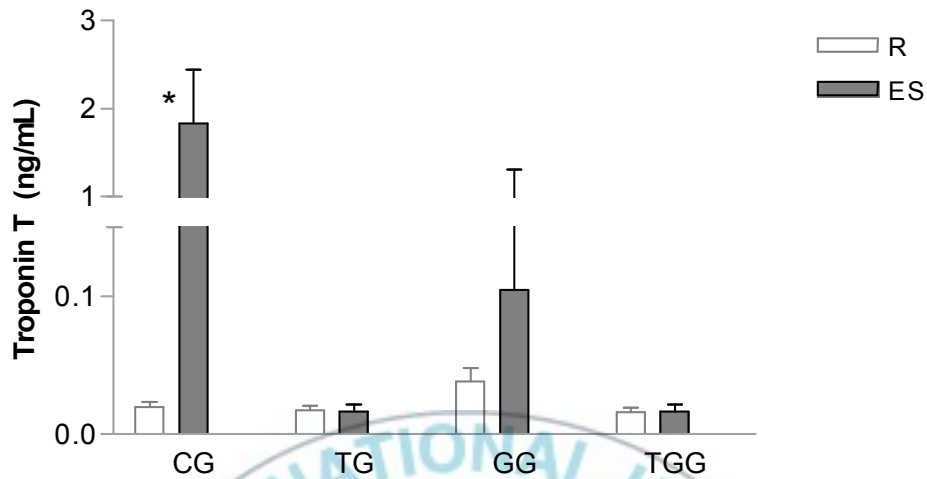


Figure 13. Changes of troponin T after exercise stress

6) myoglobin의 변화

5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 일회성 고강도 운동 스트레스 후의 myoglobin에 대한 집단 내의 변화를 분석한 결과는 <Table 16>, <Figure 14>와 같다. 통제군은 사전 $2.78 \pm 2.00 \text{ ng/mL}$ 에서 사후 $15.95 \pm 1.69 \text{ ng/mL}$ 로 유의하게($p < .01$) 증가하였고, 훈련군은 사전 $5.58 \pm 5.26 \text{ ng/mL}$ 에서 사후 $2.33 \pm 1.51 \text{ ng/mL}$ 로, 마늘군은 사전 $1.58 \pm 0.92 \text{ ng/mL}$ 에서 사후 $1.80 \pm 0.80 \text{ ng/mL}$ 로, 훈련마늘군은 사전 $2.30 \pm 1.54 \text{ ng/mL}$ 에서 사후 $2.00 \pm 0.89 \text{ ng/mL}$ 로 나타났다.

Table 16. Changes of myoglobin after exercise stress (ng/mL)

Variable	Tests	CG(n=12)	TG(n=12)	GG(n=12)	TGG(n=12)
myoglobin	R(n=6)	2.78±2.00	5.58±5.26	1.58±0.92	2.30±1.54
	ES(n=6)	15.95±1.69	2.33±1.51	1.80±0.80	2.00±0.89
	t	-10.514**	1.378	-0.455	0.512

Values are M±SD. **: p< .01

R: rest, ES: exercise stress

CG: control group, TG: training group

GG: black garlic intake group, TGG: training with black garlic intake group



Figure 14. Changes of myoglobin after exercise stress

V. 논 의

본 연구는 수컷 SD계 실험용 흰쥐를 대상으로 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후와 일회성 고강도 운동 스트레스 후의 코티졸 호르몬과 염증인자(CK, CK-MB, LDH, troponin T, myoglobin)에 미치는 영향을 규명하기 위하여 통제군 (CG, n=12), 훈련군 (TG, n=12), 마늘군 (GG, n=12), 훈련마늘군 (TGG, n=12)으로 구성하여 운동을 실시한 결과 선행연구를 토대로 다음과 같이 논의하였다.

1. 5주간의 운동 후의 변화

1) 코티졸 호르몬

운동과 관계하는 반응에서, 약하거나 중강도의 운동은 코티졸 호르몬의 수준을 유의하게 변화시키지 않는 것으로 알려져 있고, 운동 강도가 강해짐에 따라, 그리고 운동량이 증가됨에 따라 혈중 코티졸 농도가 증가된다고 보고되고 있다(Consitt, Copeland & Tremblay, 2002; Johnson, Kraemer, Haltom & Kraemer 외 2인, 1997; Tremblay, Copeland & Van Helder, 2004).

또한 코티졸 호르몬은 염증성 근조직의 손상을 치유하기 위한 호중구의 기능을 저하시키는 면역 억제제의 효과 즉 항염 작용을 가진다(Smith, 1997). 따라서 근손상과 연관이 있는 근통증을 저하시키는 작용을 한다(Pullinen, Mero, Huttunen & Pakarinen 외 1인, 2002).

신창호(2005)는 비만 중년여성을 대상으로 수중 트레드밀 운동을 실시하여 운동 전·후 호르몬 농도의 변화를 연구한 결과 코티졸 호르몬은 유의한 변화를 보이지 않았다고 보고하였다.

안지연(2008)은 달리기 운동 형태에 따른 피로물질과 지연성 근손상 영향에 관한 연구에서 운동 전·후와 운동 형태에 따라 코티졸 호르몬은 유의한 차이가 없다고 보고하였다.

남상남, 김현과 박성진(2009)은 장기간 태권도 수련이 중년여성의 도파민, 세라토닌과 스트레스 호르몬 수준에 미치는 영향에서 코티졸 호르몬은 유의한 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다.

정성림, 김현국과 허만동(2009)은 건강증진 프로그램이 비만초등여학생의 혈중지질, TNF(tumor necrosis factor) - α 및 코티졸 농도의 변화에 미치는 영향에서 코티졸 호르몬은 유의한 차이가 없다고 보고하였다.

본 연구 결과, 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 집단 간 코티졸 호르몬의 변화를 분석한 결과 훈련군, 마늘군, 훈련마늘군은 통제군과 유의한 차이가 없었다.

이는 부여된 운동 강도가 적절한 수준의 운동 강도로서 상당한 스트레스를 유발할 만한 높은 강도가 아니라는 것을 의미하는 것으로 선행연구결과(남상남, 김현, 박성진, 2009; 신창호, 2005; 안지연, 2008; 정성림, 김현국, 허만동, 2009)를 잘 반영하고 있으며, 훈련과 흑마늘 투여 역시 실험동물에게 스트레스로 작용하지 않는 것으로 사료된다.

2) CK

CK는 비혈장성 특이성 효소이며 ATP-PC계 대사를 조절하는 주 효소로서 크레아틴 인산화 과정과 ATP-PC계를 통해 PC의 저장으로부터 수행

되는 ATP 합성에 촉매 역할을 가속화시켜 운동 시 ATP의 고갈을 방지하고, ATP의 분해로부터 형성된 ADP를 가인산 반응을 통해 근수축 중 충분한 ATP 수준을 유지할 수 있도록 조절하면서 작용한다. 혈장 CK는 운동의 강도나 시간, 훈련의 양과 밀접하게 관련하고 있기 때문에 혈장 효소 중에서 운동 시 제일 많이 측정되는 효소 중 하나이고, 혈중 CK 및 CK-MB 농도의 상승은 과도한 운동으로 인한 근섬유의 손상에 기인한다(김미영, 박광동, 2005).

운동수행에 따른 혈장 CK의 변화는 일반적으로 2가지 관점에 의해서 분석되어 오고 있다. 첫째, 운동수행에 따른 신체적 자극에 의한 조직의 손상을 비롯한 피로현상에 대한 지표로 간주될 수 있다는 것과 둘째, 이러한 효소의 근육 내 활성도는 근육 내에서의 무산소성 대사과정에 작용하며, 이러한 효소가 혈중으로 방출됨에 따라 대사과정의 간접적 지표로 간주될 수 있다는 점이다(Janssen, Kuipers, Willems & Does 외 2인, 1989).

김현태(2003)는 유도선수들의 동계훈련 프로그램이 혈중 크레아틴키나제, 젖산탈수소효소 및 코티졸에 미치는 영향에서 8주간 동계훈련을 실시한 결과 운동 후 CK 활성도가 높게 나타났다고 보고하였다.

김미영과 박광동(2005)은 수영훈련이 뇌성마비 청소년의 혈장 LDH 동위 효소와 CK 농도에 미치는 영향에 관한 연구에서 수영훈련에 의한 운동 전·후의 혈장 CK 효소 활성수준이 증가하는 것으로 보고하고 있다.

장재훈과 허선(2005)은 점증부하 최대 운동 시 중년 여성 마라톤 동호인의 LDH와 CK 활성변화에 관한 연구에서 최대부하운동을 실시한 결과 운동군이 혈중 CK 활성도가 높게 나타났고 보고하였다.

안지연(2008)은 달리기 운동 형태에 따른 피로물질과 지연성 근손상 변화에 미치는 영향에 관한 연구에서 운동 전·후에 혈중 CK 농도가 증가한다고 보고하였다.

본 연구 결과, 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 집단 간 CK의 변화를 분석한 결과 훈련군, 훈련마늘군은 통제군보다 유의하게($p < .01$) 증가하였으나, 마늘군은 유의한 차이가 없었다.

이는 운동을 함에 따라 ATP-PC계의 활성화를 유도함으로 CK가 활성화 되는 것을 확인 할 수 있었고, 흑마늘 투여에 따른 추가적인 CK의 활성화는 나타나지 않아 운동을 함에 따라 CK가 활성화 된다는 선행연구결과(김미영, 박광동, 2005; 김현태, 2003; 안지연, 2008; 장재훈, 허선, 2005)를 잘 반영하는 것으로 사료된다.

3) CK-MB

CK는 M형과 B형으로 이루어진 이중체로 골격근, 뇌 조직, 심근의 3가지 동질원소가 있고, 정상 혈장 CK활성의 96% 이상은 MM형이다. 따라서 이러한 효소의 분석을 통하여 운동 강도와 지속시간 그리고 운동형태 등의 운동자극이 CK에 어떤 영향을 미치는 가를 추정할 수 있다(정혜윤, 2008).

일반적으로 심근효소는 CK-MB, myoglobin, troponin을 사용하는데 이들은 급성심근경색환자에서 심근괴사가 진행되면서 혈중 농도가 상승한다. CK-MB는 골격근, 심장근육, 뇌에 다량 분포하며 방광, 태반, 위장관, 신장, 간, 췌장 등에 소량 존재하는 효소로 심근경색 발생 시 48시간에는 95~100%의 민감도를 보이는 것으로 알려져 있다(Puleo, Meyer, Wathen & Tawa 외 6인, 1994).

Stuewe, Gwirtz & Mallet(2001)는 운동 트레이닝이 CK 역량 증가에 미치는 영향에 관한 연구에서 갑종견을 9주 동안 트레드밀 러닝 운동 후 CK-MB 효소 활성화가 증가하였다고 보고하였다.

Hayward, Hutcheson & Schneider(2003)는 급성 저항 운동이 비훈련 여

성에게 심장지수에 미치는 효과에 관한 연구에서 비훈련 여성을 대상으로 웨이트 리프팅 운동 후 CK-MB가 증가하였다고 보고하였다.

Lippi, Schena, Salvagno & Montagnana 외 4인(2008)은 21Km 하프 마라톤 후 근손상의 생화학적 지표 변화에 미치는 효과에 관한 연구에서 15명의 건강한 남성을 대상으로 21Km 하프 마라톤 후 CK-MB가 크게 증가하였다고 보고하였다.

Frederico, Justo, Da Luz & Da Silva 외 6인(2009)은 운동훈련이 심근경색 실험동물에게 ROS(reactive oxygen species) 감소를 통한 심장 보호 효과에 미치는 영향에 관한 연구에서 수컷 쥐를 대상으로 12주간의 트레드밀 훈련을 시킨 후 CK-MB 수준이 현저히 증가하였다고 보고하였다.

본 연구 결과, 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 집단 간 CK-MB의 변화를 분석한 결과 훈련군, 훈련마늘군은 통제군보다 유의하게 ($p < .01$) 증가하였으나, 마늘군은 유의한 차이가 없었다.

이는 운동을 함에 따라 ATP-PC계의 활성화를 유도함으로 CK-MB가 활성화되는 것을 확인할 수 있었고, 흑마늘 투여에 따른 추가적인 CK-MB의 활성화는 나타나지 않아 운동을 함에 따라 CK-MB가 활성화된다는 선행 연구결과(Frederico, Justo, Da Luz & Da Silva 외 6인, 2009; Hayward, Hutcheson & Schneider, 2003; Lippi, Schena, Salvagno & Montagnana 외 4인, 2008; Stuewe, Gwirtz & Mallet, 2001)를 잘 반영하는 것으로 사료된다. 본 연구결과 CK와 CK-MB가 그룹별 비슷한 패턴으로 나타남을 확인할 수 있었다.

4) LDH

LDH는 무산소성 대사과정에서 주로 작용하는 근육 내의 젖산탈수효소

로 LDH의 활성도는 젖산축적과 함께 무산소성 대사과정의 활성도 정도를 분석하는 유용한 지표로 이용된다(Sharp, Costill, Fink & King, 1986).

운동수행에 따른 혈중 LDH 활성도의 증가현상을 운동지속시간의 관점에서 살펴보면, 장시간의 운동수행 시 근육조직 내의 ATP를 비롯한 에너지원의 고갈과 감소로 근섬유막이 손상되면서 효소 누출의 정도가 증가되는 요인으로 볼 수 있으며 운동 강도에 집중해보면, 증가된 운동 강도에 의해서 세포 조직 내에 충분한 산소공급 억제로 인해 저 산소 상태로 근섬유막의 투과성이 증가된다는 요인이 고려될 수 있다(김태왕, 양점홍, 2003).

김현태(2003)는 유도선수들의 동계훈련 프로그램이 혈중 크레아틴키나제, 젖산탈수소효소 및 코티졸에 미치는 영향에 관한 연구에서 8주간 동계훈련을 실시한 결과 혈중 LDH 활성도는 훈련 4주차에 가장 높게 활성화되었으며, 운동직후에 효소 활성도가 높게 나타났다고 하였다.

김미영과 박광동(2005)은 수영훈련이 뇌성마비 청소년의 혈장 LDH 동위효소와 CK 농도에 미치는 영향에 관한 연구에서 혈장 LDH 동위효소의 농도는 훈련 전에 비해 훈련 후에 증가하였으며, 장기간의 수영 훈련은 LDH의 활성도를 증가시킴으로써 에너지 대사의 향진으로 신체활동에 필요한 에너지 공급을 효율적이고 원활하게 증가시킨다고 하였다.

장재훈과 허선(2005)은 점증부하 최대 운동 시 중년 여성 마라톤 동호인의 LDH와 CK 활성변화에 관한 연구에서 중년여성 마라톤 동호인과 일반인을 대상으로 최대부하운동을 실시한 결과 안정 시에 운동군이 혈중 LDH 활성도가 높게 나타났으며, 운동 후 회복에서 운동군이 비운동군에 비해 높게 나타났다고 하였다.

또한 안지연(2008)은 달리기 운동 형태에 따른 피로물질과 지연성 근손상 변화에 미치는 영향에 관한 연구에서 트레드밀달리기에서는 운동 후에 혈중 LDH 농도가 감소하였으나, 지면달리기에서는 운동 후에 증가하였으

며, 달리기 운동 형태에 따른 근손상과 피로의 차이를 고려하여 개인에 맞는 달리기 운동방법을 선택하는 것이 필요하다고 하였다.

본 연구 결과, 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 집단 간 LDH의 변화를 분석한 결과 훈련군, 마늘군, 훈련마늘군은 통제군보다 유의하게 ($p < .01$) 증가하였다.

이는 운동을 함에 따라 LDH가 활성화된다는 선행연구결과(김미영, 박광동, 2005; 김현태, 2003; 안지연, 2008; 장재훈, 허선, 2005)와 비슷한 결과를 보였다. 하지만 흑마늘의 투여만으로 적지만 LDH가 유의하게 증가한다는 점이며, 훈련과 흑마늘의 투여는 훈련만을 수행한 그룹보다 LDH의 증가가 적게 일어난다는 것이다.

따라서 LDH는 훈련에 따라 크게 증가하고 흑마늘 투여만으로도 활성화되며, 훈련과 병행한 흑마늘 투여는 오히려 훈련에 의해 증가된 상당한 수준의 LDH를 안정화시키는 것으로 사료된다.

5) troponin T

Troponin은 칼슘이온과 결합하고 있지 않은 상태로 actin과 myosin의 상호작용을 차단, 근육의 수축을 저해하는 근단백질의 복합체이며 칼슘이온과 결합하면 tropomyosin분자의 위치를 변화시켜 actin과 myosin의 상호작용이 이루어진다. troponin은 I, C, T의 3가지 성분으로 구성되어 있고 각각은 근육의 형태에 따라 각기 다른 동위효소를 가진다(MacGeoch, Barton, Vallins & Bhavsar 외 1인, 1991; Wade, Eddy, Shows & Kedes, 1990).

Troponin C는 칼슘과 결합하고, troponin I는 actin과 결합하며 troponin T는 troponin과 결합한다. actin 섬유에서 이런 여러 단백질들의 상호작용

은 칼슘 의존적이며, ATPase 활성 조절능력에 따라 차이를 나타낸다(최미리, 2006).

Juneau, Roy, Nigam & Tardif 외 1인(2009)은 역치 이상의 운동과 심장 근손상의 변인에 관한 연구에서 운동 유발 국소 빈혈과 관상동맥 질환자에서 20분 동안의 역치 이상의 운동이 심근 손상의 생화학적 표지자인 troponin T가 증가하지 않았다고 보고하였다.

Sahlén, Gustafsson, Svensson & Marklund 외 3인(2009)은 장거리 러너에게 증가된 생화학적 지표와 영향에 미치는 요인 분석에 관한 연구에서 30km 크로스 컨트리 경주 후에 심장 표지자인 troponin T가 증가하였다고 보고하였다.

Mingels, Jacobs, Kleijnen & Laufer 외 4인(2010)은 달리기 거리에 따른 심장 troponin T의 증가에 관한 연구에서 달리기 거리에 따라 심장 troponin T 농도가 달리기 후에 증가한다고 보고하였다.

Nie, Close, George & Tong 외 1인(2010)은 실험동물의 장기간 운동 후 심장근육과 troponin T 증가에 미치는 효과에 관한 연구에서 수컷 SD계 흰쥐를 대상으로 한 지속적이고 강력한 운동 후 심장 troponin T가 증가하였다고 보고하였다.

본 연구 결과, 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 집단 간 troponin T의 변화를 분석한 결과 마늘군은 통제군보다 유의하게($p < .05$) 증가하였으나, 훈련군, 훈련마늘군은 유의한 차이가 없었다.

이는 운동을 함에 따라 troponin T가 활성화된다는 선행연구결과(Mingels, Jacobs, Kleijnen & Laufer 외 4인, 2010; Nie, Close, George & Tong 외 1인, 2010; Sahlén, Gustafsson, Svensson & Marklund 외 3인, 2009)와는 다른 결과로, 운동 활동에 따라 troponin T가 증가하지 않음을 확인 할 수 있었고, 흑마늘 투여에 따라서는 현저하게 증가함을 알 수 있

었다.

이러한 결과는 흑마늘 투여에 따른 근육의 손상보다는 다른 기전이 작용한 것으로 여겨지며 추후 유사한 실험을 실시하여 같은 결과가 반복될 경우, 이러한 기전을 밝히는 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

6) myoglobin

골격근에서 발견되며 산소와 결합하여 근육 세포 속으로 산소를 수송, 확산시키는 역할을 하는 단백질인 myoglobin은 구조적으로나 기능적으로 적혈구 속에 있는 헤모글로빈과 유사하다. myoglobin은 산소가 일단 근섬유막에 전달되면 헤모글로빈과 비슷한 기능으로 근섬유 속으로 운반되며, 주된 기능은 산소를 세포막으로부터 미토콘드리아로 운반하는 것이다(장용우, 김성철, 조병곤, 이하얀 외 3인, 2002).

Myoglobin은 분자량 17.8KD(kilo dalton)되는 산소 친화성 큰 적색의 세포단백질로써 주로 심근, 골격근세포의 세포질에 존재하며 혈중 산소를 근조직으로 운반하는 작용을 한다. 근세포가 손상을 받으면 myoglobin은 혈액에 유출되어 혈장 myoglobin 양이 증가된다(Wittenberg & Wittenberg, 2003). 급성심근경색증 환자에서 혈장 myoglobin은 경색 발생 2시간 후부터 증가되어 6~9시간 후 정점에 도달하고 24~36시간 후에는 정상으로 돌아온다(Garry, Kanatous & Mammen, 2003).

Jamurtas, Theocharis, Tofas & Tsiokanos 외 4인(2005)은 같은 부하의 팔과 다리의 원심성 운동부하가 근손상 지수에 미치는 효과 비교에 관한 연구에서 11명의 건강한 훈련되지 않은 남성을 대상으로 근손상 지표에 대해 동일한 상대 강도의 다리와 팔 원심성 수축 운동 후 72~96시간 후에 myoglobin 농도가 가장 증가한다고 하였다.

Peake, Suzuki, Wilson & Hordern 외 3인(2005)은 운동 유발성 근손상, 혈중 싸이토카인 및 호중구 활성지수에 미치는 효과에 관한 연구에서 잘 훈련된 10명의 남성 러너를 대상으로 내리막 달리기 운동 한 시간 후 혈장 myoglobin 농도가 가장 증가하였다고 하였다.

박성태(2008)는 등산 스틱 사용에 따른 오르막과 내리막 걷기 운동이 혈중 creatine kinase 활성과 myoglobin 농도에 미치는 영향에 관한 연구에서 내리막 걷기 운동과 같은 반복적인 근수축은 근손상을 유발할 수 있다고 보고하였다.

정영근, 최현민, 김종경과 노호성(2009)은 3주간의 녹용분말 복용이 신장성 운동 후 유발된 근손상 예방 및 회복에 미치는 효과에 관한 연구에서 myoglobin은 실험군, 대조군 모두에서 운동 직후부터 점차 증가하다가 운동 후 2일이 되는 시점에서 가장 높은 수치를 나타내었으며 이후 지속적으로 감소하는 양상을 보였다고 하였다.

본 연구 결과, 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 집단 간 myoglobin의 변화를 분석한 결과 훈련군에서 myoglobin의 증가를 확인할 수 있었고, 마늘군과 훈련마늘군에서는 오히려 통제군보다 낮은 값을 보임을 확인하였다. 하지만 훈련군, 마늘군, 훈련마늘군은 통제군과 유의한 차이가 없었다.

이는 운동을 함에 따라 myoglobin이 증가한다는 선행연구결과(박성태, 2008; 정영근, 최현민, 김종경, 노호성, 2009; Jamurtas, Theocharis, Tofas & Tsiokanos 외 4인, 2005; Peake, Suzuki, Wilson & Hordern 외 3인, 2005)와는 다른 결과로, 부여된 운동이 규칙적이고 적절한 강도의 운동이기 때문으로 사료된다.

2. 일회성 고강도 운동 스트레스 후의 변화

1) 코티졸 호르몬

스트레스 호르몬의 일종인 코티졸은 지방조직에서 유리지방산의 분해를 촉진하여 지방의 이용을 활성화시켜 심한 운동과 같은 스트레스에 대응하고 면역변인에 대한 억제제로 사용되는 것으로 코티졸 호르몬의 혈중 농도는 중강도 이상의 운동에서 상승한다. 정상적인 농도의 코티졸 호르몬은 스트레스에 대항하여 신체를 돕는 역할을 맡고 있으나, 혈중의 높은 코티졸 호르몬 수준은 궁극적으로 조직 파괴의 원인이 되고, 신체의 부정적인 질소 평형상태를 야기시키며, 면역능력을 상실하게 된다(문채련, 2009).

일반적으로 훈련된 사람의 경우 코티졸 호르몬의 분비가 높은 강도의 운동에서 약간 감소하거나(Chwalbińska-Moneta, Kruk, Nazar & Krzemiński 외 2인, 2005), 지구성 훈련 후 안정 시 수준이 거의 변화가 없다(Consitt, Copeland & Tremblay, 2002; Filaire, Duché & Lac, 1998; Kiilavuori, Näveri, Leinonen & Härkönen, 1999)고 보고되고 있다. 이러한 감소 현상은 훈련의 적응에 의한 동일한 절대강도에서 운동 강도의 낮은 인식과 운동에서 오는 심리적 스트레스에 적응되기 때문이다(백일영, 2006).

특히 혈중에서의 코티졸 호르몬 농도의 상승은 훈련의 부적절한 적응 상태를 진단하기 위한 객관적 지표로 이용되고 있으며 궁극적으로 조직 파괴의 원인이 된다고 알려져 있다(김현태, 2003).

곽이섭과 백일영(2000)은 서로 다른 운동처치에 따른 코티졸 호르몬의 변화가 면역세포와 면역글로불린에 미치는 영향에 관한 연구에서 유산소훈련에 따른 코티졸 호르몬의 변화는 훈련군에서 감소하는 수치를 보였고,

일회성 고강도 운동 스트레스 반응에서 통제군은 현저한 증가를 보인 반면, 훈련군에서는 상대적으로 적은 수치로 증가하여 훈련에 따른 항 코티졸 호르몬 효과를 확인하였고, 면역력과 직접적인 연관이 있음을 밝혔다.

김현태(2003)는 유도선수들의 동계훈련 프로그램이 혈중 크레아티키나제, 젖산탈수소효소 및 코티졸에 미치는 영향에서 8주간 동계훈련을 실시한 결과 혈중 코티졸의 농도는 훈련기간 동안 점진적으로 증가하였고 운동 직후에 코티졸의 농도가 가장 높게 나타났다고 보고하였다.

장용수와 강호율(2003)은 저항성 운동 시 운동량의 차이가 혈중 성장호르몬, 테스토스테론, 코티졸의 분비에 미치는 영향에 관한 연구에서 고강도 운동처치 그룹에서 혈중 코티졸의 수준이 운동 직후 높게 나타났으며, 이는 운동시간과 운동량이 많았음으로 인한 운동 스트레스의 상승 때문이라고 하였다.

유재현, 김성수, 김명기와 윤성진 외 5인(2004)은 다양한 강도의 저항운동이 testosterone, growth hormone, IGF-1, 코티졸 반응에 미치는 영향에 관한 연구에서 저항운동강도에 따라 코티졸 호르몬의 혈중 농도는 저항운동 직후 유의한 감소를 보였고, 1RM의 80%의 강도에서 회복기에 증가하는 경향을 보였는데 이는 고강도 저항운동에 의한 근미세손상에 대한 반응기전이라고 하였다.

본 연구 결과, 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 일회성 고강도 운동 스트레스 후의 코티졸 호르몬에 대한 집단 내의 변화는 통제군은 유의하게($p < .01$) 증가하였고, 훈련군은 유의한 차이가 없었고, 마늘군은 유의하게($p < .05$) 증가하였으며, 훈련마늘군은 유의한 차이가 없었다.

이러한 결과는 운동이 코티졸 호르몬의 상승을 유발시킨다는 선행연구결과(곽이섭, 백일영, 2000; 김현태, 2003; 유재현, 김성수, 김명기, 윤성진 외 5인, 2004; 장용수, 강호율, 2003)를 잘 반영하는 것으로 여겨진다.

하지만 본 연구에서 주목할 점은 훈련군과 훈련마늘군에서는 운동 스트레스 부하에 따른 코티졸 호르몬의 증가가 거의 없었다는 것이다. 이는 훈련군에서 운동에 따른 훈련의 적응으로 여겨지며, 훈련군에서 스트레스 반응에 대한 코티졸 호르몬의 증가가 적게 일어난다는 선행연구결과(곽이섭, 백일영, 2000; 문채런, 2009; 백용수, 2007)를 잘 반영하는 것이다.

하지만 마늘군에서는 코티졸 호르몬이 증가하여 통제군보다는 적게 증가하였지만 안정 시에 비해 통계적으로 증가하였다. 본 연구 결과 운동 스트레스에 대한 반응으로 코티졸 호르몬을 살펴본 결과 훈련마늘군에서는 효과적이었지만 흑마늘 투여만으로는 운동만큼의 효과를 얻기 어렵다고 사료된다.

2) CK

일반적으로 CK와 LDH는 조직에서 활성도가 높은 반면 혈중에서는 현저히 낮은 수준으로 유지되기 때문에 혈중에서의 활성도 증가는 곧 세포내의 ATP 및 대사물질 감소로 인한 근섬유막의 손상, norepinephrine의 혈관 수축으로 동맥압 증가에 따른 세포막 투과성의 변화 등에 의해 혈중에서 활성도가 높아지게 된다(황명훈, 2005).

또한 고강도 운동자극에 의한 직접적인 세포막의 파괴 및 조직 괴사(Karamizrak, Ergen, Töre & Akgün, 1994) 그리고 근손상의 간접적인 지표로도 이용되고 있다(Itoh, Ohkuwa, Yamazaki & Shimoda 외 5인, 2000).

본 연구 결과, 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 일회성 고강도 운동 스트레스 후의 CK에 대한 집단 내의 변화를 살펴본 결과 통제군은 유의하게($p < .01$) 증가하였고, 마늘군은 유의하게($p < .05$) 증가하였으며, 훈련마늘군도 유의하게($p < .01$) 증가하였다. 하지만 훈련군은 유의한 증가를

나타내지 않았다.

이러한 결과는 운동 스트레스에 대한 반응에 대해 마늘군보다 훈련군이 효과적임을 알 수 있었고, 운동을 함에 따라 CK의 상승을 유발시킨다는 선행연구결과(김미영, 박광동, 2005; 김현태, 2003; 안지연, 2008; 장재훈, 허선, 2005)를 잘 반영하는 것으로 보인다.

본 연구에서 주목할 점은 훈련과 흑마늘 투여에 대한 추가적인 효과를 얻을 수 없다는 점과 운동 스트레스에 대한 반응으로 훈련이 흑마늘 투여보다 더 효과적이라 사료된다.

3) CK-MB

CK-MB는 급성심근경색의 조기진단 및 조기치료를 위해 유용한 검사이고, troponin은 CK-MB보다는 심장에 특이적인 효소로, 아주 작은 심장의 손상에도 상승하는 특징을 가지고 있다(Collinson & Gaze, 2007; Gerhardt & Ljungdahl, 1998; Lee & Goldman, 2000).

본 연구 결과, 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 일회성 고강도 운동 스트레스 후의 CK-MB에 대한 집단 내의 변화를 분석한 결과 통제군은 유의하게($p < .01$) 증가하였고, 훈련군은 오히려 유의하게($p < .05$) 감소하였고, 마늘군은 유의하게($p < .05$) 증가하였으며, 훈련마늘군은 유의한 차이가 나타나지 않았다.

이러한 결과는 운동을 함에 따라 CK-MB의 상승을 유발시킨다는 선행연구(Frederico, Justo, Da Luz & Da Silva 외 6인, 2009; Hayward, Hutcheson & Schneider, 2003; Lippi, Schena, Salvagno & Montagnana 외 4인, 2008; Stuewe, Gwartz & Mallet, 2001)를 잘 반영하는 것으로 보인다.

이는 CK와는 다소 다르게 나타난 결과로 다른 처치보다는 훈련과 흑마늘 복합투여에서 효과적인 결과를 얻었다. CK-MB는 CK에 비해서 전반적으로 더 효과적으로 나타났으며, 특히 운동 스트레스에 대해서는 훈련과 흑마늘 복합처치가 효과적인 것으로 사료된다.

4) LDH

고강도 운동자극에 의한 직접적인 세포막의 파괴 및 조직괴사, 스트레스에 의한 지질과산화 등에 의하여 세포막의 투과성이 증가되면 세포질 내의 LDH가 혈중으로 방출되며, 특히 지질과산화는 free radical로부터 세포나 조직막이 손상된 것을 의미하는 것으로, 결국 막의 투과성을 증가시키는 등 조직을 구조적으로 파괴시켜 세포질 내에 존재하는 효소인 LDH를 혈중으로 방출시키게 된다. 이러한 혈중 LDH 농도는 근육의 조직학적 손상 또는 심근경색의 진단지표로 이용되는 것으로 이의 증가는 곧 조직의 손상을 의미한다(이민선, 2007).

일반적으로 LDH와 CK는 근조직에서 활성도가 높고 혈중에서는 현저하게 낮은 수준으로 유지되기 때문에 혈중에서의 활성도가 증가하였다는 것은 근세포막의 파괴나 조직괴사로 인한 것이라 판단할 수 있고 코티졸 호르몬의 증가로 인한 단백질의 질소평형이 되고 이는 근조직에서의 단백질 상실로 인하여 근조직 재생에 문제를 유발할 수 있다(황명훈, 2005).

본 연구 결과, 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 일회성 고강도 운동 스트레스 후의 LDH에 대한 집단 내의 변화를 분석한 결과 통제군, 훈련군, 마늘군, 및 훈련마늘군의 모든 그룹에서 유의하게($p < .05$) 증가하였다. 결국 운동 스트레스에 대한 반응으로 모든 그룹에서 LDH는 증가하였다.

이러한 결과는 운동을 함에 따라 LDH의 상승을 유발시킨다는 선행연구결과(김미영, 박광동, 2005; 김현태, 2003; 안지연, 2008; 장재훈, 허선, 2005)를 잘 반영하는 것으로 보인다.

이는 다른 항목에 비하여 LDH가 훈련과 혹마늘 투여에 따라 가장 적게 영향을 받는 것으로 보인다. 그 중에서 다른 그룹에 비해 훈련군에서 통계적이진 않지만 가장 효과적인 것으로 사료된다.

5) troponin T

Troponin은 myosin과 같은 근원섬유를 구성하는 단백질로써, troponin은 troponin T, troponin I, troponin C 등 3개의 단위가 조합되어 있다(Nosaka & Sakamoto, 1999; Sorichter, Mair, Koller & Gebert 외 4인, 1997). 근육의 손상을 받으면 troponin T는 CK보다 조금 일찍 혈액 내로 방출되고 높은 심근특이성 때문에 골격근 장해를 합병한 심근경색의 진단에 유용하며 근 위축 등의 골격근 질환에서는 유용성이 작다(Gergely, 1998; Sorichter, Puschendorf & Mair, 1999). 급성심근경색에서는 통상, 경색이 일어난 후 약 3시간에 유의한 상승을 나타내고 12~18시간에 최고치에 달해 7~20일간 이상치를 지속한다(Ni, 2001).

Troponin T는 근수축 시 myosin과 actin의 상호작용을 조절하는 복합체로 심근경색 시 CK-MB보다 높은 민감도를 보이지만 그 특이도는 떨어진 다(김동환, 조수형, 2009). CK-MB와 troponin은 급성심근경색의 진단에 민감도와 특이도가 높아서 최근 가장 많이 사용되는 심근효소이다. 이중 troponin의 상승은 급성심근경색의 사망률과 밀접히 관련되어 있다(Demir, Kanadası, Akpınar & Dönmez 외 6인, 2007).

본 연구 결과, 5주간의 트레드밀 훈련과 혹마늘 투여 후, 일회성 고강도

운동 스트레스 후의 troponin T에 대한 집단 내의 변화는 통제군은 유의하게($p < .05$) 증가하였고, 훈련군은, 마늘군 및 훈련마늘군은 유의한 차이가 없었다.

이러한 결과는 운동을 함에 따라 troponin T의 상승을 유발시킨다는 선행연구결과(Mingels, Jacobs, Kleijnen & Laufer 외 4인, 2010; Nie, Close, George & Tong 외 1인, 2010; Sahlén, Gustafsson, Svensson & Marklund 외 3인, 2009)를 잘 반영하는 것으로 보인다.

이는 훈련과 흑마늘 투여가 모두 효과적임을 알 수 있었고, 그 중에서 훈련군과 훈련마늘군에서 가장 효과적임을 확인 할 수 있다. 본 연구 결과 훈련마늘군에서의 추가적인 효과는 없었고, 훈련만으로도 효과적인 결과를 확인 할 수 있었다. 역시 정도의 차이는 있지만 흑마늘 투여에 따른 효과도 나타나는 것으로 사료된다.

6) myoglobin

혈장 myoglobin의 수준은 근조직의 기능적 상태와 다양한 병리학적, 생리학적인 조건을 나타내는 지표이다. 세포가 괴사되거나 조직이 손상되면 효소의 수준은 증가하게 되며, 급성 혹은 만성적인 근손상으로 발전할 수도 있다. 운동은 대량의 효소를 근조직에서 혈중으로 방출시키는 원인이 된다(김태욱, 이정범, 신영오, 양훈모 외 2인, 2009).

Myoglobin, CK와 같은 근단백질의 혈액 유출은 근육막의 증가된 투과성에 대한 좋은 표지자로서 기능할 뿐만 아니라, 건강한 사람에게서 강한 운동 후 이들 단백질의 혈액 내 수준이 증가한다(Kagen, Moussavi, Miller & Tsairis, 1980; McComb, McMaster & Jadger, 1985).

Myoglobin은 CK와 함께 근손상을 평가할 수 있는 좋은 표지자이며, 특

히 myoglobin은 골격근과 심장근에서만 존재하기 때문에 근손상의 좋은 평가 인자라고 할 수 있다(Driessen-Kletter, Amelink, Bär & van Gijn, 1990; McNeil & Khakee, 1992; Milne, 1988).

본 연구 결과, 5주간의 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여 후, 일회성 고강도 운동 스트레스 후의 myoglobin에 대한 집단 내의 변화를 분석한 결과 통제군은 유의하게($p < .01$) 증가하였고, 훈련군, 마늘군, 및 훈련마늘군은 유의한 차이가 없었다.

이러한 결과는 운동을 함에 따라 myoglobin의 상승을 유발시킨다는 선행연구결과(박성태, 2008; 정영근, 최현민, 김종경, 노호성, 2009; Jamurtas, Theocharis, Tofas & Tsiokanos 외 4인, 2005; Peake, Suzuki, Wilson & Hordern 외 3인, 2005)를 잘 반영하는 것으로 보인다.

이는 운동 스트레스 반응에 따라 myoglobin이 현저하게 증가함을 알 수 있었고, 훈련과 흑마늘 복합처치에 따라 myoglobin이 현저하게 감소함을 확인할 수 있었다. myoglobin은 모든 그룹에서 효과적이었으며 복합처치에 따른 추가적인 효과는 없는 것으로 사료된다.

VI. 결 론

본 연구는 트레드밀 훈련과 흑마늘 투여가 수컷 SD계 실험용 흰쥐의 코티졸 호르몬과 염증인자(CK, CK-MB, LDH, troponin T, myoglobin)에 미치는 영향을 규명하기 위하여 통제군 (CG, n=12), 훈련군 (TG, n=12), 마늘군 (GG, n=12), 훈련마늘군 (TGG, n=12)으로 무작위로 선정하여, 총 48마리를 대상으로 실시하였다. 5주간(주 5회), 1일 20~30분 씩, 경사도 0%에서 7~21m/min의 속도의 트레드밀 훈련을 실시하였고, 경사도 5%에서 30m/min의 속도로 30분 동안 일회성 고강도 운동 스트레스를 주었으며, 5주간(주 5회), 1일 1회(260mg/kg)의 흑마늘을 투여시킨 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 5주간의 훈련

1) 코티졸 호르몬

5주간 훈련을 실시한 결과 코티졸 호르몬은 훈련군, 마늘군, 및 훈련마늘군에서 통제군과 유의한 차이가 없었다.

2) CK

5주간 훈련을 실시한 결과 CK는 훈련군과 훈련마늘군은 통제군보다 통계적으로 유의하게($p < .01$) 증가하였으나, 마늘군과는 유의한 차이가 없었다.

3) CK-MB

5주간 훈련을 실시한 결과 CK-MB는 훈련군과 훈련마늘군은 통제군보다 통계적으로 유의하게($p < .01$) 증가하였으나, 마늘군과는 유의한 차이가 없었다.

4) LDH

5주간 훈련을 실시한 결과 LDH는 훈련군, 마늘군, 훈련마늘군의 모든 그룹에서 통제군보다 통계적으로 유의하게($p < .01$) 증가하였다.

5) troponin T

5주간 훈련을 실시한 결과 troponin T는 마늘군에서 통제군보다 통계적으로 유의하게($p < .05$) 증가하였으나, 훈련군과 훈련마늘군은 통제군과 유의한 차이가 없었다.

6) myoglobin

5주간 훈련을 실시한 결과 myoglobin은 훈련군, 마늘군, 훈련마늘군의 모든 군에서 통제군과 유의한 차이가 없었다.

2. 일회성 고강도 운동 스트레스

1) 코티졸 호르몬

일회성 고강도 운동 스트레스에 대한 반응으로 집단 내 코티졸 호르몬 변화를 분석한 결과 통제군은 유의하게($p < .01$) 증가하였고, 훈련군은 유의한 차이가 없었으며, 마늘군은 유의하게($p < .05$) 증가하였으나, 훈련마늘군은 유의한 차이가 없었다.

2) CK

일회성 고강도 운동 스트레스에 대한 반응으로 집단 내 CK 변화를 분석한 결과 통제군은 유의하게($p < .01$) 증가하였고, 훈련군은 유의한 차이가 없었으며, 마늘군은 유의하게($p < .05$) 증가하였으며, 훈련마늘군도 유의하게($p < .01$) 증가하였다.

3) CK-MB

일회성 고강도 운동 스트레스에 대한 반응으로 집단 내 CK-MB 변화를 분석한 결과 통제군은 유의하게($p < .01$) 증가하였고, 훈련군은 유의하게($p < .05$) 감소하였으며, 마늘군은 유의하게($p < .05$) 증가하였으나, 훈련마늘군은 유의한 차이가 없었다.

4) LDH

일회성 고강도 운동 스트레스에 대한 반응으로 집단 내 LDH 변화를 분석한 결과 통제군, 훈련군, 마늘군, 및 훈련마늘군 모든 그룹에서 통계적으로 유의하게($p < .05$) 증가하였다.

5) troponin T

일회성 고강도 운동 스트레스에 대한 반응으로 집단 내 troponin T 변화를 분석한 결과 통제군은 유의하게($p < .05$) 증가하였고, 훈련군, 마늘군, 및 훈련마늘군은 유의한 차이가 없었다.

6) myoglobin

일회성 고강도 운동 스트레스에 대한 반응으로 집단 내 myoglobin 변화를 분석한 결과 통제군은 유의하게($p < .01$) 증가하였고, 훈련군, 마늘군, 및 훈련마늘군은 유의한 차이가 없었다.

참고 문헌

- 곽은희(2009). 근피로 후 유형별 마사지가 피로물질, 근손상 효소, 스트레스 호르몬, 산화스트레스에 미치는 영향. 건국대학교 대학원 박사학위논문, 6~7.
- 곽이섭, 백일영(2000). 서로 다른 운동처치에 따른 코티졸 호르몬의 변화가 면역세포와 면역글로불린에 미치는 영향에 관한 연구. 한국체육학회지, 39(4), 371~378.
- 김대영, 유재협, 안의수(2006). 유산소성 트레이닝 강도의 차이가 노화된 쥐의 혈중 melatonin에 미치는 영향. 한국체육학회지, 45(1), 647~653.
- 김동환, 조수형(2009). 급성심근경색 진단에서 CK-MB와 troponin의 동시검사가 꼭 필요한가? 대한응급의학회지, 20(3), 264~271.
- 김미영, 박광동(2005). 수영훈련이 뇌성마비 청소년의 혈장 LDH 동위효소와 CK 농도에 미치는 영향. 한국체육학회지, 44(4), 637~644.
- 김용성(2008). 전기자극과 저항운동이 현수한 흰쥐의 골격근 특성에 미치는 영향. 용인대학교 대학원 박사학위논문, 7~8.
- 김지수(2007). 골프 숙련도에 따른 아이언샷 연습량이 혈중 근손상 지표물질 농도 변화에 미치는 영향. 연세대학교 교육대학원 석사학위논문, 3.
- 김태왕, 양점홍(2003). 여성고령자의 규칙적인 운동이 혈청 CPK 및 LDH 활성에 미치는 영향. 한국체육학회지, 42(1), 753~759.
- 김태욱, 이정범, 신영오, 양훈모, 민영기, 서형석(2009). 카페인섭취가 신장

- 성 운동 중 대퇴근 통증 감소에 미치는 영향. 한국생활환경
학회지, 16(6), 577~585.
- 김현태(2003). 유도선수들의 동계훈련 프로그램이 혈중 크레아티닌키나제, 젖
산탈수소효소 및 코티졸에 미치는 영향. 한국체육학회지,
42(5), 657~666.
- 남상남, 김현, 박성진(2009). 장기간 태권도 수련이 중년여성의 도파민, 세
라토닌과 스트레스 호르몬 수준에 미치는 영향. 운동과학,
18(2), 247~256.
- 류병호(2008). 마늘 제대로 알고 먹자. 서울; 삼호미디어, 134~143, 144~
153.
- 류상균(2007). 유도 훈련 시 상대의 숙련도에 따른 초급자의 근손상 정도
에 관한 연구. 연세대학교 교육대학원 석사학위논문, 21~
22.
- 문채련(2009). 현대무용 프로그램 참여가 지단백질, 스트레스 호르몬 및 면
역세포에 미치는 영향. 전남대학교 대학원 박사학위논문, 2,
44~45.
- 박성태(2008). 등산 스틱 사용에 따른 오르막과 내리막 걷기 운동이 혈중
creatine kinase 활성과 myoglobin 농도에 미치는 영향. 운동
과학, 17(2), 151~156.
- 박찬호(2007). 트라이애슬론 남자 국가대표선수와 동호인의 경기 전후·회
복기 면역기능과 인터루킨-6 및 급성염증지표의 변화. 부산
대학교 대학원 박사학위논문, 15, 57.
- 반하늘(2010). 순환운동과 흑마늘 섭취가 중년여성의 건강체력, 혈중지질,
C-반응단백 및 골밀도에 미치는 영향. 부산대학교 대학원
석사학위논문, 6~11, 63~64.

- 배기원(2008). 흑마늘 섭취가 최대운동 후 혈중피로변인, 면역글로불린, 간 기능 및 항산화효소 활성도에 미치는 영향. 계명대학교 대학원 박사학위논문, 2~11, 50~52.
- 백용수(2007). 하타 요가 수련이 부신피질 및 성 호르몬 변화에 미치는 영향. 전남대학교 대학원 박사학위논문, 37~39.
- 백일영(2006). 운동과 에너지 대사. 서울; 대한미디어, 434, 456.
- 성기동(2009). 복합운동과 마늘 섭취가 비만남고생의 건강체력, 혈중지질, C-반응단백 및 아디포넥틴에 미치는 영향. 부산대학교 대학원 석사학위논문, 12~13, 59~60.
- 신창호(2005). 수중과 지상 트레드밀 운동이 비만 여성의 대사관련 호르몬 농도에 미치는 영향. 운동과학, 14(3), 439~446.
- 안지연(2008). 달리기 운동 형태에 따른 피로물질과 지연성 근손상 변화에 미치는 영향. 한양대학교 교육대학원 석사학위논문, 55~56.
- 양승택(2010). 흑마늘 추출물이 알코올을 투여한 흰쥐에 미치는 영향. 생명과학회지, 20(2), 225~230.
- 유재현, 김성수, 김명기, 윤성진, 김은경, 이은경, 최희남, 윤진환, 지용석 (2004). 다양한 강도의 저항운동이 testosterone, growth hormone, IGF-1, 코티졸 반응에 미치는 영향. 한국체육학회지, 43(3), 713~722, 723~725.
- 윤균애(2007). 운동으로 유발된 산화 스트레스와 마늘의 항산화 작용. 한국영양학회지, 40(8), 701~707.
- 이경희, 김창환, 김중혁(2010). 필라테스 매트 운동프로그램이 제2형 당뇨병 여성노인의 혈중지질과 스트레스호르몬에 미치는 영향. 한국생활환경학회지, 17(3), 316~323.
- 이민선(2007). 키네시오 테이핑이 근력향상과 혈중 피로 및 근손상 지표물

- 질에 미치는 영향. 연세대학교 대학원 박사학위논문, 6, 65~66.
- 이운용, 성봉주(2004). 온도 차이가 트레드밀 달리기 시 CK와 LDH 변화에 미치는 영향. 한국체육학회지, 43(5), 281~288.
- 장용수, 강호율(2003). 저항성 운동 시 운동량의 차이가 혈중 성장호르몬, 테스토스테론, 코티졸의 분비에 미치는 영향. 한국체육학회지, 42(2), 429~437.
- 장용우, 김성철, 조병곤, 이하얀, 김동희, 김용규, 권양기(2002). 국소 골격근 수축 시 동맥 혈류속도 및 산소운반계의 변화. 운동과학, 11(1), 93~104.
- 장재훈, 허선(2005). 점증부하 최대운동시 중년 여성 마라톤 동호인의 LDH와 CK 활성변화. 한국체육학회지, 44(3), 459~468.
- 전종목(2008). 단기간의 가압 걷기트레이닝이 심혈관기능 및 근기능에 미치는 영향. 경희대학교 대학원 박사학위논문, 49.
- 정성림, 김현국, 허만동(2009). 건강증진 프로그램이 비만초등여학생의 혈중 지질, TNF- α 및 코티졸 농도의 변화에 미치는 영향. 한국체육과학회지, 18(3), 1107~1117.
- 정영근, 최현민, 김종경, 노호성(2009). 3주간의 녹용분말 복용이 신장성 운동 후 유발된 근손상 예방 및 회복에 미치는 효과. 한국생물환경학회지, 16(3), 221~228.
- 정혜윤(2008). 카테킨 섭취가 운동선수들의 혈청지질량 및 LDH, CK 활성도에 미치는 영향. 조선대학교 대학원 박사학위논문, 1, 9~10.
- 조종관(2008). 마늘과 건강. 식품저장과 가공산업, 7(1), 2~8.
- 최미리(2006). 운동과 인위적 근손상에 대한 Apoptosis 변화. 단국대학교

- 대학원 박사학위논문, 5, 52.
- 최영미(2007). 8주간 무용훈련이 공연 전·후의 혈중지질, 스트레스 호르몬, 상태불안에 미치는 영향. 대구카톨릭대학교 대학원 박사학위 논문, 18.
- 최형택(2007). 마늘과 대두배아를 이용한, 마늘복합 소재의 생리활성에 관한 연구. 강원대학교 대학원 석사학위논문, 5~13.
- 황명훈(2005). 환경온도차이가 지구성운동시 혈청 LDH, CK 활성 및 코티졸 농도에 미치는 영향. 한국체육학회지, 44(5), 529~536.
- Ali, M., & Thomson, M.(1995). Consumption of garlic clove a day could be beneficial in preventing thrombosis. Prostaglandins, Leukotrienes, and Essential Fatty Acids, 53(3), 211~212.
- Ali, M., Thomson, M., & Afzal, M.(2000). Garlic and onions: their effect on eicosanoid metabolism and its clinical relevance. Prostaglandins, Leukotrienes, and Essential Fatty Acids, 62(2), 55~64, 65~73.
- Chwalbińska-Moneta, J., Kruk, B., Nazar, K., Krzemiński, K., Kaciuba-Uściłko, H., & Ziemia, A.(2005). Early effects of short-term endurance training on hormonal responses to graded exercise. Journal of Physiology and Pharmacology, 56(1), 87~99.
- Collinson, P. O., & Gaze, D. C.(2007). Biomarkers of cardiovascular damage and dysfunction-an overview. Heart, Lung & Circulation, 16(3), 71~82.
- Consitt, L. A., Copeland, J. L., & Tremblay, M. S.(2002). Endogenous

- anabolic hormone responses to endurance versus resistance exercise and training in women. *Sports Medicine*, 32(1), 1 ~10, 11~22.
- Demir, M., Kanadasi, M., Akpinar, O., Dönmez, Y., Avkarogullari, M., Alhan, C., Inal, T., San, M., Usal, A., & Demirtas, M.(2007). Cardiac troponin T as a prognostic marker in patients with heart failure : a 3-year outcome study. *Angiology*, 58(5), 603~609.
- Driessen-Kletter, M. F., Amelink, G. J., Bär, P. R., & van Gijn, J.(1990). Myoglobin is a sensitive marker of increased muscle membrane vulnerability. *Journal of Neurology*, 237(4), 234 ~238.
- Filaire E., Duché, P., & Lac G.(1998). Effects of amount of training on the saliva concentrations of cortisol, dehydroepiandrosterone and on the dehydroepiandrosterone: cortisol concentration ratio in women over 16 weeks of training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 78(5), 466~471.
- Frederico, M. J., Justo, S. L., Da Luz, G., Da Silva, S., Medeiros, C., Barbosa, V. A., Silva, L. A., Boeck, C. R., De Pinho, R. A., & De Souza, C. T.(2009). Exercise training provides cardioprotection via a reduction in reactive oxygen species in rats submitted to myocardial infarction induced by isoproterenol. *Free Radical Research*, 43(10), 957~964.
- Garry, D. J., Kanatous, S. B., & Mammen, P. P.(2003). Emerging roles

- for myoglobin in the heart. *Trends in Cardiovascular Medicine*, 13(3), 111~116.
- Gergely, J.(1998). Molecular switches in troponin. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 453, 169~176.
- Gerhardt, W., & Ljungdahl, L.(1998). Troponin T: a sensitive and specific diagnostic and prognostic marker of myocardial damage. *Clinica Chimica Acta; International Journal of Clinical Chemistry*, 272(1), 47~57.
- Gleeson, M., Walsh, N. P., Blannin, A. K., Robson, P. J., Cook, L., Donnelly, A. E., & Day, S. H.(1998). The effect of severe eccentric exercise-induced muscle damage on plasma elastase, glutamine and zinc concentrations. *European Journal Applied Physiology and Occupational Physiology*, 77(6), 543~546.
- Hayward, R., Hutcheson, K. A., & Schneider, C. M.(2003). Influence of acute resistance exercise on cardiac biomarkers in untrained women. *The Journal of Emergency Medicine*, 25(4), 351~356.
- Horita, T., Komi, P. V., Nicol, C., & Kyrolainen, H.(1999). Effect of exhausting stretch-shortening cycle exercise on the time course of mechanical behaviour in the drop jump: possible role of muscle damage. *European Journal Applied Physiology and Occupational Physiology*, 79(2), 160~167.
- Itoh, H., Ohkuwa, T., Yamazaki, Y., Shimoda, T., Wakayama, A., Tamura, S., Yamamoto, T., Sato, Y., & Miyamura,

- M.(2000). Vitamin E supplementation attenuates leakage of enzymes following 6 successive days of running training. *International Journal of Sports Medicine*, 21(5), 369~374.
- Jamurtas, A. Z., Theocharis, V., Tofas, T., Tsiokanos, A., Yfanti, C., Paschalis, V., Koutedakis, Y., & Nosaka, K.(2005). Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. *European Journal of Applied Physiology*, 95(2~3), 179~185.
- Janssen, G. M., Kuipers, H., Willems, G. M., Does, R. J., Janssen, M. P., & Geurten, P.(1989). Plasma activity of muscle enzymes: quantification of skeletal muscle damage and relationship with metabolic variables. *International Journal of Sports Medicine*, 10(3), 160~168.
- Johnson, L. G., Kraemer, R. R., Haltom, R., Kraemer, G. R., Gaines, H. E., & Castracane, V. D.(1997). Effects of estrogen replacement therapy on dehydroepiandrosterone, dehydroepiandrosterone sulfate, and cortisol responses to exercise in postmenopausal women. *Fertility and Sterility*, 68(5), 836~843.
- Juneau, M., Roy, N., Nigam, A., Tardif, J. C., & Larivée, L.(2009). Exercise above the ischemic threshold and serum markers of myocardial injury. *The Canadian Journal of Cardiology*, 25(10), 338~341.
- Kagen, L. J., Moussavi, S., Miller, S. L., & Tsairis, P.(1980). Serum

- myoglobin in muscular dystrophy. *Muscle & Nerve*, 3(3), 221~226.
- Karamizrak, S. O., Ergen, E., Töre, I. R., & Akgün, N.(1994). Changes in serum creatine kinase, lactate dehydrogenase and aldolase activities following supramaximal exercise in athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 34(2), 141~146.
- Kiilavuori, K., Näveri, H., Leinonen, H., & Härkönen, M.(1999). The effect of physical training on hormonal status and exertional hormonal response in patients with chronic congestive heart failure. *European Heart Journal*, 20(6), 456~464.
- Lee, T. H., & Goldman, L.(2000). Evaluation of the patient with acute chest pain. *The New England Journal of Medicine*, 342(16), 1187~1195.
- Lijnen, P., Hespel, P., Van, O. S., Fiocchi, R., Goossens, W., Vanden, E. E., & Amery, A.(1986). Erythrocyte 2,3-diphosphoglycerate and serum enzyme concentrations in trained and sedentary men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(2), 174~179.
- Lippi, G., Schena, F., Salvagno, G. L., Montagnana, M., Gelati, M., Tarperi, C., Banfi, G., & Guidi, G. C.(2008). Acute variation of biochemical markers of muscle damage following a 21-km, half-marathon run. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 68(7), 667

~ 672.

- MacGeoch, C., Barton, P. J., Vallins, W. J., Bhavsar, P., & Spurr, N. K.(1991). The human cardiac troponin I locus: assignment to chromosome 19p13.2-19q13.2. *Human Genetics*, 88(1), 101~104.
- McComb, J. M., McMaster, E. A., & Jadgey, A. A.(1985). Myoglobin in the very early phase of acute myocardial infarction. *Annals of Clinical Biochemistry*, 22(2), 152~155.
- McNeil, P. L., & Khakee, R.(1992). Disruptions of muscle fiber plasma membranes. Role in exercise-induced damage. *The American Journal of Pathology*, 140(5), 1097~1109.
- Milne, C. J.(1988). Rhabdomyolysis, myoglobinuria and exercise. *Sports Medicine*, 6(2), 93~106.
- Mingels, A. M., Jacobs, L. H., Kleijnen, V. W., Laufer, E. M., Winkens, B., Hofstra, L., Wodzig, W. K., & van Diejen-Visser, M. P.(2010). Cardiac troponin T elevations, using highly sensitive assay, in recreational running depend on running distance. *Clinical Research in Cardiology*, 99(6), 385~391.
- Morihara, N., Ushijima, M., Kashimoto, N., Sumioka, I., Nishihama, T., Hayama, M., & Takeda, H.(2006). Aged garlic extract ameliorates physical fatigue. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 29(5), 962~966.
- Nakai, K., Nakai, K., Nagane, Y., Obara, W., Sato, M., Ohi, K., Matsumoto, N., Takanashi, N., & Itoh, C.(2004). Serum levels of cardiac troponin I and other marker proteins in

- patients with chronic renal failure. *Clinical and Experimental Nephrology*, 8(1), 43~47.
- Ni, C. Y.(2001). Cardiac troponin I: a biomarker for detection and risk stratification of minor myocardial damage. *Clinical Laboratory*, 47(9~10), 483~492.
- Nie, J., Close, G., George, K. P., Tong, T. K., & Shi, Q.(2010). Temporal association of elevations in serum cardiac troponin T and myocardial oxidative stress after prolonged exercise in rats. *European Journal of Applied Physiology*, 1~5.
- Nosaka, K., & Clarkson, P. M.(1996). Variability in serum creatine kinase response after eccentric exercise of the elbow flexors. *International Journal of Sports Medicine*, 17(2), 120~127.
- Nosaka, K., & Sakamoto, K.(1999). Changes in plasma enzyme activity after intramuscular injection of bupivacaine into the human biceps brachii. *Acta Physiologica Scandinavica*, 167(3), 259~265.
- Nosaka, K., Newton, M., & Sacco, P.(2002). Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 12(6), 337~346.
- Okamura, K., Matsubara, F., Yoshioka, Y., Kikuchi, N., Kikuchi, Y., & Kohri, H.(1987). Exercise-induced changes in branched chain amino acid/aromatic amino acid ratio in the rat

- brain and plasma. *The Japanese Journal of Pharmacology*, 45(2), 243~248.
- Peake, J. M., Suzuki, K., Wilson, G., Hordern, M., Nosaka, K., Mackinnon, L., & Coombes, J. S.(2005). Exercise-induced muscle damage, plasma cytokines, and markers of neutrophil activation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(5), 737~745.
- Puleo, P. R., Meyer, D., Wathen, C., Tawa, C. B., Wheeler, S., Hamburg, R. J., Ali, N., Obermueller, S. D., Triana, J. F., & Zimmerman, J. L.(1994). Use of a rapid assay of subforms of creatine kinase-MB to diagnose or rule out acute myocardial infarction. *The New England Journal of Medicine*, 331(9), 561~566.
- Pullinen, T., Mero, A., Huttunen, P., Pakarinen, A., & Komi, P. V.(2002). Resistance exercise-induced hormonal responses in men, women, and pubescent boys. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(5), 806~813.
- Roalstad, M. S.(1989). Physiologic testing of the ultraendurance triathlete. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21(5), 200~204.
- Sahlén, A., Gustafsson, T. P., Svensson, J. E., Marklund, T., Winter, R., Linde, C., & Braunschweig, F.(2009). Predisposing factors and consequences of elevated biomarker levels in long-distance runners aged ≥ 55 years. *The American Journal of Cardiology*, 104(10), 1434~1440.

- Sharp, R. L., Costill, D. L., Fink, W. J., & King, D. S.(1986). Effects of eight weeks of bicycle ergometer sprint training on human muscle buffer capacity. *International Journal of Sports Medicine*, 7(1), 13~17.
- Smith, J. A.(1997). Exercise immunology and neutrophils. *International Journal of Sports Medicine*, 18, 46~55.
- Sorichter, S., Mair, J., Koller, A., Gebert, W., Rama, D., Calzolari, C., Artner-Dworzak, E., & Puschendorf, B.(1997). Skeletal troponin I as a marker of exercise-induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, 83(4), 1076~1082.
- Sorichter, S., Puschendorf, B., & Mair, J.(1999). Skeletal muscle injury induced by eccentric muscle action: muscle proteins as markers of muscle fiber injury. *Exercise Immunology Review*, 5, 5~21.
- Stuewe, S. R., Gwirtz, P. A., & Mallet, R. T.(2001). Exercise training increases creatine kinase capacity in canine myocardium. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(1), 92~98.
- Tremblay, M. S., Copeland, J. L., & Van Helder, W.(2004). Effect of training status and exercise mode on endogenous steroid hormones in men. *Journal of Applied Physiology*, 96(2), 531~539.
- Wade, R., Eddy, R., Shows, T. B., & Kedes, L.(1990). cDNA sequence, tissue-specific expression, and chromosomal mapping of the human slow-twitch skeletal muscle isoform of

troponin I. Genomics, 7(3), 346~357.

Wallimann, T., Wyss, M., Brdiczka, D., Nicolay, K., & Eppenberger, H. M.(1992). Intracellular compartmentation, structure and function of creatine kinase isoenzymes in tissues with high and fluctuating energy demands: the 'phosphocreatine circuit' for cellular energy homeostasis. The Biochemical Journal, 281, 21~30, 31~40.

Wittenberg, J. B., & Wittenberg, B. A.(2003). Myoglobin function reassessed. The Journal of Experimental Biology, 206(12), 2011~2020.



감사의 글

어느덧 2년이란 짧지 않은 시간이 지나 작은 결실을 맺게 되었습니다. 논문을 완성하기까지 많은 도움을 받았습니다. 이 자리를 빌려 그 분들에게 감사의 마음을 전하고자 합니다.

부족한 저에게 올바른 학자의 길과 인간의 도리를 가르쳐주시고, 이 논문이 완성되기까지 언제나 세심한 지도와 격려를 아끼지 않고 배풀어주신 신균수 지도교수님께 진심으로 머리 숙여 감사드립니다.

그리고 부족한 저의 논문이 완성되기까지 바쁘신 와중에도 불구하고 논문심사를 비롯한 세심한 지도와 조언을 주신 박형하 교수님과 김용재 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

오늘의 제가 이 자리에 서 있을 수 있도록 학문의 길을 열어주시고, 부족한 저의 논문을 세밀히 검토, 보완해 주시고, 아낌없는 격려와 조언을 해주신 광이섭 교수님과 지진구 선생님, 실험에 도움을 주신 김승현 선생님과 은지에게도 감사의 마음을 전합니다.

같이 논문을 준비하면서 서로에게 힘이 되어준 이장섭 선생님과 손주이 선생님, 생리학회 회원들, 원우회 회원들에게도 감사의 마음을 전합니다.

무엇보다도 오늘이 있기까지 사랑과 정성으로 지켜주신 부모님, 시부모님께 깊은 감사의 말씀을 전하며, 언니와 형부, 동생 내외와 이 기쁨을 나누고자 합니다. 마지막으로 저에게 힘이 되어주고 언제나 한결같은 사랑으로 묵묵히 지켜준 사랑하는 남편과 아들에게 이 논문을 바치고자 합니다.

2011년 2월

이 희 경