

감초탕 섭취가 고강도 저항성 운동 후 근부상, 혈중 코티졸, 테스토스테론 및 인슐린 민감도에 미치는 영향

정현령^{1#}, 나현종², 김판수³, 류형수¹, 강호율^{1*}

1 : 경북대학교 운동대사 실험실, 2 : 제3한방병원, 3 : 용인대학교 유도학과

The Effects of Licorice Supplementation on Muscle Injury, Cortisol, Testosterone and Insulin Sensitivity After High Intensity Resistance Exercise

Hyun-Lyung Jung^{1#}, Hyun-Jong Na², Pan-Soo Kim³, Hyung-Soo Ryu¹, HO-Youl Kang^{1*}

1 : Exercise Metabolism Laboratory, Department of Physical Education, Kyungpook National University

2 : Third Oriental Medicine Hospital, Gwangju

3 : College of Martial Arts, Department of Judo, YongIn University

ABSTRACT

Objectives : The aim of this study was to investigate the effects of licorice supplementation on muscle injury, plasma cortisol, testosterone and insulin sensitivity after high intensity resistance exercise.

Methods : The fourteen health college male students were voluntarily participated in this study and were randomly divided into 2 groups: Control group (CON, n=7), Licorice group (LR, n=7). LR group ingested 2 g/time of licorice extract (mixed with 100 ml of water) two times/day for 10 days while the CON group ingested 100 ml of water. All subjects performed a high intensity resistance exercise (half-squat, 8 RM at 80% one-repetition maximum, 5 sets, 1min rest). Blood samples were collect before (-7) and after (0) licorice supplementation, and then 1 day, 2 day and 3 day post exercise. After 10 day treatment, plasma creatine kinase, cortisol, testosterone, glucose, insulin were measured. To determine the insulin sensitivity, HOMA-IR was calculated.

Results : Plasma creatine kinase activities were significantly elevated after exercise, but there was not different between two groups. The plasma cortisol and testosterone levels were not significantly different between two groups. Plasma glucose levels were increased at 1 day and 2 day after exercise in the LR comparing with CON group ($P<0.05$) but plasma insulin levels were significantly lower in comparison with CON. HOMA-IR were significantly lower in the LR than CON group at 0 day to 3 day ($P<0.05$).

Conclusions : The results of the current study suggest that licorice supplementation for 10 days might not attenuate the high-intensity exercise-*induce* muscle injury but may enhance the whole-body insulin sensitivity.

Key words : licorice, muscle injury, resistance exercise, insulin sensitivity

서론

감초(丹蔘)는 콩과에 속한 다년생 초본으로 뿌리와 뿌리줄기를 봄과 가을에 캐내어 햇볕에 말려서 사용하고 곁껍질은

적갈색이나 암갈색을 띠며 한국, 중국, 일본 등지에서 한약 재료로 많이 사용되고 있다^{1,2)}. 선행 연구에 의하면 감초는 해독 작용, 항염증 작용, 항암 작용, 항당뇨, 혈당과 복부지방 감소 등 질병 예방과 치료에 효과가 있다고 보고하고 있으

*Corresponding author : HO-Youl Kang, Exercise Metabolism Laboratory, Department of Physical Education, Kyungpook National University

· Tel : +82-53-950-5945 · E-mail : hokang@knu.ac.kr

#First author : Hyun-Lyung Jung, Exercise Metabolism Laboratory, Department of Physical Education, Kyungpook National University

· Tel : +82-53-950-5945 · E-mail : woman-jhl@hanmail.net

· Received : 25 February 2015 · Revised : 17 March 2015 · Accepted : 18 March 2015

며³⁻⁶⁾, 김⁶⁾ 등은 감초가 관절염 환자의 항염증과 근육통 치료 효과가 있다고 보고하고 있다. 또한, 감초 성분은 코티졸과 같은 항염증 작용을 나타내며²⁾ 에스트로젠 유사 활성 작용, 체지방 감소에 효과가 있으며, 특히 여성의 테스토스테론 합성 (synthesis)을 감소시켜 여성의 불임 치료에 효과가 있다고 보고하고 있다⁷⁾. 감초는 항안드로젠 활동 (antiandrogenic activity)에 효과가 있으나 장기간 섭취시 테스토스테론을 감소시킬 뿐만 아니라⁷⁻¹¹⁾, 에스트로젠 대사와 합성에 영향을 미친다고 보고하고 있다¹⁰⁾.

고강도 운동에 의한 근육 손상 (muscle damage)은 근육 감소, 근력 저하, 혈중 크레아틴 키나제 (Creatine Kinase: CK) 농도 증가, 근글리코겐 저장을 감소시키며¹²⁻¹⁵⁾, 운동 후 근부상과 염증은 코티졸 분비를 증가시킨다고 보고하고 있다¹⁶⁻¹⁸⁾. 따라서, 감초의 항염증 효과는 운동으로 발생하는 근부상을 예방하고 치유하는데 효과적으로 작용하여 운동수행능력 향상에 도움이 될 것으로 생각된다. 하지만 현재까지 대부분의 감초 연구는 동물을 대상으로 많은 실험이 실시되었으며, 인간을 대상으로 한 감초 효능 및 운동수행에 대한 연구는 거의 국내외 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 감초 섭취가 고강도 저항성 운동 후 혈중 크레아틴 키나제, 코티졸, 테스토스테론 및 인슐린 민감도에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구 대상자

연구 대상자는 신체 건강한 D광역시 K대학교 남자 대학생 14명을 대상으로 실시하였으며, 실험 전 실험에 대한 내용을 충분히 설명한 후 실험에 자발적으로 참여한다는 내용의 동의서를 받았다. 실험처치는 두 집단으로 나누어 실시하였고, 피험자의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Baseline Characteristics of Study Participants

	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)
CON	25.0 ± 0.6	174.3 ± 1.9	69.9 ± 2.5
LR	24.0 ± 0.5	178.0 ± 1.5	70.1 ± 0.5

Values are means ± SE (n=7). Control group; CON, Licorice group; LR

2. 실험 프로토콜

甘草湯은 건조甘草 2 g을 함유하여 만들었으며 甘草湯을 섭취하는 집단은 100 ml (2 g)로 1일 2회 10일간 운동 7일 전부터 운동 후 3일까지 섭취하였다. 비교 집단은 blind test를 위하여 감초집단과 동일한 방법으로 Placebo 음료를 섭취하였다. 운동 프로토콜은 운동 강도를 설정하기 위해 48시간 동안 피로나 격렬한 운동을 하지 않은 상태에서 1 RM을 측정하였다. 운동 종목은 스쿼트 (squat)를 실시하였으며, 운동 강도는 1 RM 80%로 8번씩, 5세트로 하였다. 모든 연구 대상자는 운동전 충분한 준비운동을 실시한 후 운동을 실시하였고, 세트간의 휴식시간은 1분으로 하였다. 혈액 채취는 혈액 채취 전 10~12시간의 공복 후 상완 정맥을 통하여 10 ml를

채취하였고, 섭취 7일 전 (-7), 7일 섭취 후 (0), 운동 후 24시간 (1 day), 48시간 (2 day), 72시간 (3 day)에 채취하였다. 혈액은 응고를 방지하기 위하여 EDTA 항응고제 튜브 (Choonawae Pharma, Co., Jeonbuk, Korea)에 담아 원심 분리하여 분석 전까지 혈장만을 -70°C (DF-9007, IIShin Lab, Co., Busan, Korea) 냉동 보관하였다.

3. 측정항목 및 분석방법

혈중 크레아틴 키나제는 Elitech 社의 Kit (France)를 이용하여 분석하였고, 형광분석기 (Thermo, England)를 이용하여 흡광도 340 nm에서 효소활성도를 측정하였다. 인슐린, 코티졸 및 테스토스테론은 Coat-A-Count Kit (Diagnostic Products Co., Los Angeles, CA, USA)를 이용하여 방사선면역측정법 (Radioimmunoassay)으로 분석하였고, γ -counter (1470 Wizard, Wallac, automatic counter, Wallac OY, Turku, Finland)를 이용하여 1분 동안 측정하였다. 혈당은 자동 혈당분석기 (YSI 2300, Yellow Springs Instrument Co., Springfield, IL, USA)를 이용하여 분석하였으며 HOMA-IR은 fasting insulin ($\mu\text{U/mL}$) \times fasting plasma glucose (mg/dL) / 405.3으로 계산하였다.

4. 자료처리

각 측정항목에 대한 결과는 평균과 표준오차 (Mean \pm SE)를 산출하였으며, 통계적 분석은 SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 이용하였다. 통계 처리는 집단 간 처치 후 변화를 알아보기 위해 이원반복측정분산 분석 (2-way ANOVA with repeated measure)을 실시하였으며 모든 유의 수준은 $P < 0.05$ 로 하였다.

결 과

1. 크레아틴키나제의 변화

혈중 크레아틴 키나제의 결과에서는 두 집단 간 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으나 ($F=3.542$, $P=0.084$) 집단 내 시간에 따른 변화에서는 두 집단 모두 섭취 7일 전, 7일 섭취 후, 운동 후 1일과 비교하여 운동 후 2일, 3일에서 유의하게 높게 나타났다 ($F=130531$, $P=0.000$) (Fig. 1).

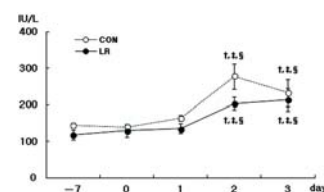


Fig. 1. Plasma creatine kinase activity. Control group; CON, Licorice group; LR. Data are shown as the means \pm SE, n=7. * $P < 0.05$ vs -7day, # $P < 0.05$ vs 0day, § $P < 0.05$ vs 1day.

2. 혈중 코티졸 농도의 변화

혈중 코티졸의 농도에서는 두 집단 간 통계적으로 유의한

차이가 없는 것으로 나타났으나 ($F=3.743, P=0.077$)(Fig. 2) 비교집단의 시간에 따른 변화에서는 섭취 7일 전, 7일 섭취 후와 비교하여 운동 후 2일 (48시간)에서 유의하게 증가한 것으로 나타났다 ($F=2.621, P=0.046$).

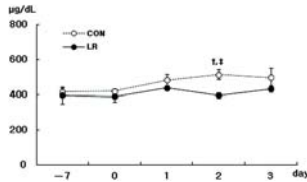


Fig. 2. Plasma cortisol concentrations. Control group; CON, Licorice group; LR. Data are shown as the means \pm SE, $n=7$. $^{\dagger}P<0.05$ vs -7day, $^{\#}P<0.05$ vs 0day.

3. 혈중 테스토스테론 농도의 변화

혈중 테스토스테론의 농도에서는 운동 후 두 집단 간 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다 ($F=1.069, P=0.382$)(Fig. 3).

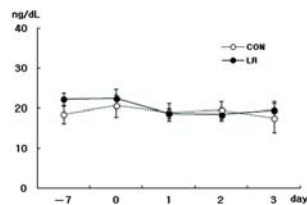


Fig. 3. Plasma testosterone concentrations. Control group; CON, Glycyrrhiza glabra group; GU. Data are shown as the means \pm SE, $n=7$.

4. 혈당, 인슐린 및 HOMA-IR의 변화

혈당은 감초집단이 비교집단에 비해 운동 후 1일, 2일에서 유의하게 높게 나타났으며 ($P<0.05$) 비교집단의 시간에 따른 혈당의 농도에서는 섭취 7일 전, 7일 섭취 후와 비교하여 운동 후 1일, 2일, 3일에서 유의하게 감소한 것으로 나타났다 ($F=3.215, P=0.045$)(Fig. 4). 혈중 인슐린 농도에서는 감초집단이 비교집단에 비해 운동 후 1일, 2일에서 유의하게 낮게 나타났으며 ($P<0.05$) 감초집단의 시간에 따른 혈중 인슐린의 농도에서는 섭취 7일 전, 7일 섭취 후와 비교하여 운동 후 1일, 2일, 3일에서 유의하게 감소한 것으로 나타났다 ($F=9.316, P=0.000$)(Fig. 5). HOMA-IR은 감초집단이 비교집단에 비해 운동 후 2일, 3일에서 유의하게 낮게 나타났으며 ($P<0.05$) 감초집단의 시간에 따른 HOMA-IR에서는 섭취 7일 전, 7일 섭취 후와 비교하여 운동 후 1일, 2일, 3일에서 유의하게 감소한 것으로 나타났다 ($F=5.762, P=0.001$)(Fig. 6).

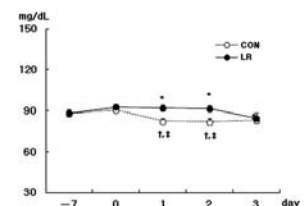


Fig. 4. Plasma glucose concentrations. Control group; CON, Licorice group; LR. Data are shown as the means \pm SE, $n=7$. $^{\dagger}P<0.05$ vs CON, $^{\#}P<0.05$ vs -7day, $^{\#}P<0.05$ vs 0day.

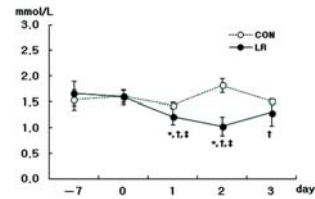


Fig. 5. Plasma insulin concentrations. Control group; CON, Licorice group; LR. Data are shown as the means \pm SE, $n=7$. $^{\dagger}P<0.05$ vs CON, $^{\#}P<0.05$ vs -7day, $^{\#}P<0.05$ vs 0day.

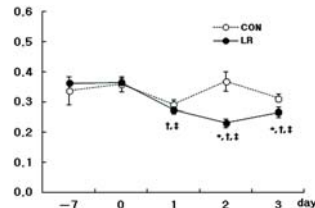


Fig. 6. HOMA-IR. Control group; CON, Licorice group; LR. Data are shown as the means \pm SE, $n=7$. $^{\dagger}P<0.05$ vs CON, $^{\#}P<0.05$ vs -7day, $^{\#}P<0.05$ vs 0day.

고찰

본 연구에서는 10일 간 감초탕 섭취 동안 고강도 운동으로 유발된 근육부상에 유의미한 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났으나, 감초탕이 근육부상으로 인한 혈중 코티졸의 증가를 유의하게 억제하는 것으로 나타났다. 또한 고강도 운동 후 혈당은 유의하게 증가하였지만 혈중 인슐린은 유의하게 감소하였고, 인슐린 민감도를 평가하기 위한 HOMA-IR을 계산한 결과 감초집단에서 인슐린 민감도가 유의하게 향상된 것을 알 수 있었다.

본 연구에서는 근육 부상 지표인 혈중 크레아틴 키나제의 변화를 살펴본 결과 두 집단 모두 운동 후 2일, 3일에서 유의하게 증가하였지만 두 집단 간 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 크레아틴 키나제 (creatine kinase: CK)는 골격근 내에 많이 존재하는 효소로서 고강도 운동에 의해 변화가 클 뿐만 아니라 운동 강도, 시간 그리고 훈련 양과 밀접한 관련이 있으며, 운동 시 근부상의 생화학적 지표로서 측정되는 비혈장 특이성 효소라 할 수 있다. 특히, 운동 후 CK의 증가는 일시적인 근섬유의 손상 및 섬유막의 파괴와 관련이 있는 것으로 보고되고 있다¹⁹⁾. Wojcik²⁰⁾ 등은 1 RM의 120% 강도 저항성 운동을 실시한 결과 운동 후 6시간에 혈중 CK가 증가하였다고 보고하였으며 Jang²¹⁾ 등은 일회성 저항성 운동 후 24시간에서 혈중 CK가 증가하였다고 보고하였다. 본 연구의 결과는 선행 연구와 일치하는 것으로 본 연구의 고강도 저항성 운동이 근부상을 유발하였다고 볼 수 있다.

10일 간의 감초탕 섭취가 고강도 저항성 운동 후 혈중 코티졸에 미치는 효과를 알아본 결과 비교집단과 감초집단 간 유의한 차이가 없는 것을 알 수 있었다. 운동에 의한 근부상은 근부상의 지표인 CK, 염증 (inflammation), 생리학적 스트레스 지표인 코티졸 분비를 증가시키며²²⁾, 코티졸은 저항성 운동 실시 후 급격히 증가한다고 보고하였다^{20,23,24)}. 또한, Willoughby²²⁾ 등은 1 RM 75% 저항성 운동 (10 repetitions, 7 sets) 후 6시간, 24시간, 48시간에서 코티졸의 분비가 증가했다고 보고하였다. 본 연구의 혈중 CK 농도는 두 집단 간

유의한 차이가 없는 것으로 나타났으나 운동 후 2일에서 감초탕을 섭취한 집단이 낮은 경향을 보이는 것을 알 수 있었다. 또한, 혈중 코티졸에서도 두 집단 간 통계적으로 유의한 차이가 없었으나 감초를 섭취하지 않은 비교집단에서는 혈중 코티졸의 농도가 운동 후 2일에서 유의하게 증가한 것을 볼 수 있었다. 이는 감초 성분이 근부상과 스트레스 호르몬 분비를 감소시키는데 효과가 있는 것으로 생각되나 본 연구의 10일의 감초 섭취가 코티졸의 반응에 효과를 미치지 못한 것으로 생각된다. 선행연구에 의하면, 감초는 항염증 작용에 효과가 있는 것으로 보고되고 있으나 감초와 항염증에 대한 국내의 연구가 부족한 실정이다^{2,25-27}. 그러므로 본 연구의 결과를 바탕으로 추후 감초 추출물의 성분, 섭취기간, 섭취량을 고려한 감초와 염증 그리고 코티졸에 관한 구체적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

고강도 저항성 운동 후 감초탕 섭취가 혈중 테스토스테론의 변화에 미치는 효과를 알아본 결과 비교집단과 감초집단 간 유의한 차이가 없는 것을 알 수 있었다. 선행 연구에 의하면, 말린 감초 뿌리 섭취는 남성 호르몬인 테스토스테론과 여성 호르몬의 대사에 영향을 미친다고 보고하고 있다⁷⁻¹¹. Armanini⁹ 등은 건강한 남성을 대상으로 하루 7 g의 감초 (0.5 g glycyrrhizic acid)를 섭취시킨 결과 7일 후 테스토스테론이 감소하였다고 보고하였으며, Armanini¹⁰ 등은 건강한 여자를 대상으로 하루에 3.5 g에 감초 (7.6% glycyrrhizic acid)를 2개월간 섭취시키고, 1개월 감초 섭취를 중지시킨 후 테스토스테론의 변화를 살펴본 결과 1~2개월에서 혈중 테스토스테론이 감소한 것으로 나타났으나, 섭취하지 않는 1개월에서는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한, Zamansoltani¹¹ 등은 수컷 쥐의 정소를 제거한 후, 감초 추출물과 테스토스테론을 처치 결과 150, 300 g/kg을 복용한 집단에서 혈중 테스토스테론의 농도가 감소한 것으로 나타났다. 반면, Armanini⁸ 등은 건강한 남성을 대상으로 감초 처치 후 혈중 테스토스테론에 유의한 차이가 없다고 보고하였다. 본 연구에서는 10일 동안 4 g의 감초를 섭취시킨 결과, 두 집단 모두 유의한 차이가 없는 것을 알 수 있었으며 본 연구의 감초 함량 (10일, 1일 4 g)은 테스토스테론의 감소시키지 않는 것으로 나타났다. 그러나 선행연구의 결과에서 볼 수 있듯이 감초의 성분, 함량 그리고 섭취 기간에 따라 연구결과에 차이가 있는 것을 알 수 있으므로⁷⁻¹¹, 감초를 이용한 운동보조물 개발을 위해서는 추후 본 연구 결과를 바탕으로 연구대상, 감초 함량, 구성 성분, 섭취 기간을 고려한 세부 연구가 필요할 것으로 생각된다.

감초는 혈당 감소와 제2 당뇨병 예방에 효과적인 성분을 함유하고 있다고 보고하고 있다^{3,4,28,29}. Nakagawa⁴ 등은 비만/당뇨를 가진 KK-Ay mice를 대상으로 고지방 식이와 감초의 성분의 플라보노이드 (licorice flavonoid: LFO)를 4주간 0.5%, 1%, 2% 농도로 섭취시킨 결과, 비교집단은 2주, 4주 후 유의하게 증가한 반면, 2% LFO집단에서는 섭취 전과 비교하여 혈당이 증가하지 않은 것으로 나타났다. 또한, 0.5%, 1%의 LFO집단은 섭취 전보다 섭취 후 혈당은 증가하였으나 비교집단과 비교하여 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 이는 0.5-2% LFO가 KK-Ay mice 고혈당증으로 인한 혈중 글루코스의 증가를 억제시킨다고 할 수 있다. Wu²⁸ 등은 당뇨 유발 쥐를 대상으로 감초성분 중 glabridin (10, 20, 40 mg/kg)을 28일간 처치한 결과 체중, 혈당 내성이 증가한

반면, 공복 혈당 (fasting blood glucose)은 감소하였다고 보고하였으며, Hasanein²⁹은 streptozotocin (STZ)-induced diabetic rat을 대상으로 glabridin (5, 25, 50 mg/kg)을 30일간 처치한 결과 5 mg/kg glabridin 처치집단에서는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으나 다른 처치 집단에서는 체중 감소와 고혈당증 개선에 효과가 있다고 보고하였다. 본 연구 결과 10일 동안의 감초탕 섭취는 비교집단에 비해 운동 후 1, 2일에서 혈당이 유의하게 높은 것으로 나타났으나 감초집단의 시간에 따른 변화를 살펴보면, 섭취 7일 전과 비교하여 유의한 차이가 없는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 선행연구의 결과처럼³ 본 연구에서는 감초의 추출 성분이 아닌 말린 감초를 사용하였기 때문에 감초의 구성성분 중 감미 성분이 혈당의 변화에 영향을 미친 것으로 생각된다. 그러므로 추후 본 연구의 결과를 바탕으로 구성 성분 (liquocoumarin, glucose, sucrose, mannitol)을 고려한 연구가 필요할 것으로 사료된다. 반면, 본 연구에서는 말린 감초 4.0 g을 포함한 감초탕을 10일간 섭취시킨 결과 고강도 저항성 운동 후 혈중 인슐린 농도와 HOMA-IR에서는 비교집단과 비교하여 운동 후 1~3일에서 유의하게 감소한 것으로 나타났다 ($p < 0.05$). 이는 선행연구의 결과처럼^{2,3,26,27} 감초 성분이 인슐린 민감도를 개선시키는 효과가 있는 것으로 생각되나 본 연구에서는 감초의 특정성분 (licorice flavonoid, glabridin)을 이용한 연구를 실시하지는 못하였으므로 본 연구의 결과를 바탕으로 감초 성분을 이용한 세부적인 후속 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론

남자 대학생을 대상으로 10일 간의甘草湯 섭취가 고강도 저항성 운동 후 근부상 지표인 혈중 크레아틴 키나제, 코티졸, 테스토스테론, 혈당, 인슐린 HOMA-IR에 미치는 효과를 알아본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 10일 간의甘草湯 섭취는 고강도 저항성 운동 후 근부상 지표인 혈중 크레아틴 키나제를 감소시키는 경향은 보였으나 통계적 유의성은 없는 것을 알 수 있었다.
2. 10일 간의甘草湯 섭취가 고강도 저항성 운동 후 혈중 코티졸의 농도를 감소시키는 경향은 보였으나 통계적 유의성은 없는 것을 알 수 있었다.
3. 10일 간의甘草湯 섭취는 고강도 저항성 운동 후 혈중 테스토스테론 농도 변화에서 통계적 유의성은 없는 것을 알 수 있었다.
4. 10일 간의甘草湯 섭취는 고강도 저항성 운동 후 혈당의 농도를 유의하게 증가시키는 것을 알 수 있었다.
5. 10일 간의甘草湯 섭취는 고강도 저항성 운동 후 혈중 인슐린을 유의하게 감소시키는 것을 알 수 있었다.

6. 10일 간의 甘草湯 섭취는 고강도 저항성 운동 후 HOMA-IR을 유의하게 감소시키는 것을 알 수 있었다.

따라서 10일 간의 甘草湯 섭취는 인슐린 민감도를 개선에 의해 항당뇨 효과가 있는 것으로 생각되나 고강도 운동 시 발생하는 근부상 예방에는 본 연구 기간이 짧은 것으로 생각된다. 추후 본 연구 결과를 바탕으로 甘草 구성 성분, 섭취 함량, 섭취 기간 등을 고려한 세부 연구 과제가 필요할 것으로 사료된다.

References

1. Ha S, Lee HK, Seo DI. Effects of Peony-Licorice Mixture Supplementation on Blood Glucose and Lactate Levels. *Kor J Herbology*. 2012 ; 27(5) : 93-7.
2. Gu HS. Theoretical Review on Biopharmacological Efficacy of Glycyrrhizae Radix. *Donggeui Univ*. 2005.
3. Mae T, Kishida H, Nishiyama T, Tsukagawa M, Konishi E, Kuroda M, Mimaki Y, Sashida Y, Takahashi K, Kawada T, Nakagawa K, Kitahara M. A licorice ethanolic extract with peroxisome proliferator-activated receptor-gamma ligand-binding activity affects diabetes in KK-Ay mice, abdominal obesity in diet-induced obese C57BL mice and hypertension in spontaneously hypertensive rats. *J Nutr*. 2003 ; 133(11) : 3369-77.
4. Nakagawa K, Kishida H, Arai N, Nishiyama T, Mae T. Licorice flavonoids suppress abdominal fat accumulation and increase in blood glucose level in obese diabetic KK-A(y) mice. *Biol Pharm Bull*. 2004 ; 27(11) : 1775-8.
5. Narayan AR, Huang YC, Zhang YH, Li XM, Frieri M. Chinese herbal extract Glycyrrhiza uralensis (Gu), in the absence or presence of IL-1 beta, decreases nitrite production and proliferation of human type II alveolar epithelial cells (A549). *J Allergy Clin Immunol*. 2006 ; 117(2) : S156.
6. Kim KR, Jeong CK, Park KK, Choi JH, Park JH, Lim SS, Chung WY. Anti-inflammatory effects of licorice and roasted licorice extracts on TPA-induced acute inflammation and collagen-induced arthritis in mice. *J Biomed Biotechnol*. 2010 ; 2010 : 709378.
7. Armanini D, Fiore C, Mattarello MJ, Bielenberg J, Palermo M. History of the endocrine effects of licorice. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*. 2002 ; 110(6) : 257-61.
8. Armanini D, Bonanni G, Mattarello MJ, Fiore C, Sartorato P, Palermo M. Licorice consumption and serum testosterone in healthy man. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*. 2003 ; 111(6) : 341-3.
9. Armanini D, Bonanni G, Palermo M. Reduction of serum testosterone in men by licorice. *N Engl J Med*. 1999 ; 341(15) : 1158.
10. Armanini D, Mattarello MJ, Fiore C, Bonanni G, Scaroni C, Sartorato P, Palermo M. Licorice reduces serum testosterone in healthy women. *Steroids*. 2004 ; 69(11-12) : 763-6.
11. Zamansoltani F, Nassiri-Asl M, Sarookhani MR, Jahani-Hashemi H, Zangivand AA. Antiandrogenic activities of Glycyrrhiza glabra in male rats. *Int J Androl*. 2009 ; 32(4) : 417-22.
12. Peake JM, Nosaka KK, Suzuki K. Characterization of inflammatory responses to eccentric exercise in humans. *Exerc Immunol Rev*. 2005 ; 11 : 64-85.
13. Peake JM, Nosaka KK, Muthalib M, Suzuki K. Systemic inflammatory responses to maximal versus submaximal lengthening contractions of the elbow flexors. *Exerc Immunol Rev*. 2006 ; 12 : 72-85.
14. Pedersen BK. IL-6 signalling in exercise and disease. *Biochem Soc Trans*. 2007 ; 35(Pt 5) : 1295-7.
15. Smith LL, Anwar A, Fragen M, Rananto C, Johnson R, Holbert D. Cytokines and cell adhesion molecules associated with high-intensity eccentric exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2000 ; 82(1-2) : 61-7.
16. Camus G, Deby-Dupont G, Deby C, Juchmes-Ferir A, Pincemail J, Lamy M. Inflammatory response to strenuous muscular exercise in man. *Mediators Inflamm*. 1993 ; 2(5) : 335-42.
17. Weight LM, Alexander D, Jacobs P. Strenuous exercise: analogous to the acute-phase response. *Clin Sci (Lond)*. 1991 ; 81(5) : 677-83.
18. Nosaka K, Clarkson PM. Changes in indicators of inflammation after eccentric exercise of the elbow flexors. *Med Sci Sports Exerc*. 1996 ; 28(8) : 953-61.
19. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil*. 2002 ; 81(11 Suppl) : S52-69.
20. Wojcik JR, Walber-Rankin J, Smith LL, Gwazdauskas FC. Comparison of carbohydrate and milk-based beverages on muscle damage and glycogen following exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2001 ; 11(4) : 406-19.
21. Jang YS, Kang HY. Effects of exercise volume on plasma human growth hormone, testosterone and cortisol secretions during resistance exercise. *Kor J Phys Educ*. 2003 ; 42(2) : 429-37.
22. Willoughby DS, VanEnk C, Taylor L. Effects of concentric and eccentric contractions on exercise-induced muscle injury, inflammation, and serum IL-6. *J Exerc Physiol*. 2003 ; 6(4) : 8-15.
23. Smilios I, Pilianidis T, Karamouzis M, Tokmakidis SP. Hormonal responses after various resistance exercise protocols. *Med Sci Sports Exerc*. 2003 ; 35(4) : 644-54.
24. Willoughby DS, Taylor M, Taylor L. Glucocorticoid receptor and ubiquitin expression after repeated eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2003 ;

- 35(12) : 2023–31.
25. Azimov MM, Zakirov UB, Radzhapova Sh D. [Pharmacological study of the anti-inflammatory agent glyderinine]. *Farmakol Toksikol.* 1988 ; 51(4) : 90–3.
 26. Ryu MS, Kim EH, Chun MS, Kang SH, Shim BS, Yu YB, Jeong GJ, Lee JS. Astragali Radix elicits anti-inflammation via activation of MKP-1, concomitant with attenuation of p38 and Erk. *J Ethnopharmacol.* 2008 ; 115(2) : 184–93.
 27. Han MH, Lee MH, Hong SH, Choi YH, Moon JS, Song MK, Kim MJ, Shin SJ, Hwang HJ. Comparison of Anti-inflammatory Activities among Ethanol Extracts of *Sophora flavescens*, *Glycyrrhiza uralensis* and *Dictamnus dasycarpus*, and their Mixtures in RAW 246,7 Murine. *J Life Sci.* 2014 ; 24(3) : 329–35.
 28. Wu F, Jin Z, Jin J. Hypoglycemic effects of glabridin, a polyphenolic flavonoid from licorice, in an animal model of diabetes mellitus. *Mol Med Rep.* 2013 ; 7(4) : 1278–82.
 29. Hasanein P. Glabridin as a major active isoflavan from *Glycyrrhiza glabra* (licorice) reverses learning and memory deficits in diabetic rats. *Acta Physiologica Hungarica.* 2011 ; 98(2) : 221–30.