

GOVP1200513458

GA 0473-0270

최종
연구보고서

운동수행능력 향상을 위한 의약품 대체식품 개발

Development of Functional Foods for
Enhanced Athletic Performance

연구기관
한국식품개발연구원

농림부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “운동 수행능력 향상을 위한 의약품 대체식품 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2004년 8월 29일

주관연구기관: 한국식품개발연구원

총괄연구책임자: 한대석 책임연구원

연구원: 성기승 책임기술원, 김인호 선임연구원, 김영언 선임연구원,
이창호 선임연구원, 오세욱 선임연구원, 정경아 별정직연구원,
송태철 별정직연구원, 권은경 별정직연구원

협동연구기관: 연세대학교

협동연구책임자: 박태선 교수

연구원: 백일영 교수, 박성희 연구원, 김근수 연구원, 김영일 연구원,
이현주 연구보조원, 김현정 연구보조원, 이혜남 연구보조원,
정준호 연구보조원

요약문

I. 제목

운동 수행능력 향상을 위한 의약품 대체식품 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

과학문명의 발달과 급변하는 사회에서 살아야하는 현대인들은 절대적으로 부족한 신체적 활동량과 환경오염에 의한 생활 환경의 악화, 그리고 정신적인 스트레스에 노출되어 건강한 삶을 영위하는데 많은 어려움을 겪고 있다. 이에 대한 대안으로 규칙적인 운동이 가장 경제적이고 효율적인 극복기제로 제시되고 있지만, 현대인들은 대부분의 직업생활과 바쁜 일상생활에 의한 피곤함, 무기력감, 물질문명의 발달로 인하여 신체활동의 감소, 그리고 여가시간 부족 등의 이유로 운동보다는 자양강장제(tonics)의 복용을 선호한다.

동양에서는 오래 전부터 약용식물이 건강증진 또는 질병의 치료에 사용되어 왔고 그중 일부는 현대 과학에 의해 효과가 밝혀져 가고 있다. 인삼은 4,000년 이상 한약재로 사용되어 왔으며 이중 고려인삼 특히, 홍삼은 약효가 널리 알려져 전세계적으로도 유명한 약용식물이며 그 생리활성에 관한 연구가 다수 발표되어 왔다. 인삼 외에도 영지를 비롯한 버섯류도 약용식물체로 사용되고 있으면 중국의 시넨시스 동충하초와 우리나라의 눈꽃 동충하초도 생리활성이 우수하다고 알려지면서 최근 많은 관심을 끌고 있는 기능성식품 소재이다.

외국에서 섭취하는 약물보조제(스테로이드, 카페인, erythropoietic)나 생리물질(sodium bicarbonate, sodium citrate, 수혈 등)은 일정량 이상 복용하면 단기간 내에 운동수행능력을 현저히 증가시키는 효력을 나타낼 수 있으나, 이를 지속적으로 복용할 경우 치명적인 부작용으로 인해 궁극적으로 건강을 해치게 된다고 알려져 있다. 이 때문에 IOC에서도 이의 복용을 금지시키고 있다.

자양강장 효과가 있는 식품에 대한 요구는 끊이지 않고 있으나 현재까지 과학적인 근거가 있는 기능성식품은 별로 찾아볼 수가 없다. 따라서 이제라도 한의학 문헌에 근거한 식물성 소재 및 medium-chain triglyceride나 octacosanol 같이

에너지공급원이 될 수 있는 소재가 동물과 사람을 대상으로 한 운동수행 능력에 미치는 영향을 연구함으로써 과학적 근거가 있는 기능성식품의 개발이 절실히 필요하다고 생각된다.

최근 운동선수의 지구력 향상에 영양이 중요한 요소로 인식되기 시작하면서 식품과학과 영양학분야에서는 경기력 향상을 위한 기능성 식품개발의 필요성이 부각되고 있다. 특히 2002년도 월드컵을 진행하면서 한국 축구선수들의 눈부신 경기력 상승이 인삼, 홍삼 및 오가피 등의 섭취와 관련이 있다는 소문이 전해지는 현 시점에서, 이들 기능성 식품소재에 대한 보다 과학적인 연구와 이를 토대로 한 운동수행능력 향상을 위한 의약품 대체식품 개발의 중요성이 더욱 강조되고 있다. 아울러 현재 마라톤을 비롯한 스포츠가 일부 엘리트선수 뿐 아니라, 일반인들에게까지 폭 넓게 확산되어 가고 있는 점을 감안할 때, 이와 같은 대체식품의 개발은 그 수요 및 시장성이 매우 밝을 것으로 전망된다.

현재까지 ergogenic agents(운동보조물)들이 운동 수행능력 및 혈액 성분에 미치는 영향에 관한 연구에서 주로 특정 유효물질을 동물 또는 인체에 경구투여 또는 주사하여 공급하는 방법을 사용하였으나, 경기력 향상을 위한 의약품대체식품을 개발하기 위해서는 특정 식품소재를 실험식이에 보강하여 공급하는 방법이 가장 적절할 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 지구력 운동 수행능력을 평가기준으로 자양강장 효과가 있는 대체의학 제품을 개발하고자 하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구에서는 문헌에 근거하여 홍삼 등 약용식물 12종, squalene 등 기능성 소재 3종, 용봉탕 등 전통 보신식품 2종을 효능 평가의 대상으로 선정하였다. 효능의 평가는 실험동물의 강제수영 실험과 treadmill을 사용한 주행능력부하실험을 통하여 평가하였다. 각 소재에 대한 평가를 근거로 효과가 높은 소재를 선정하고 피로 회복 또는 운동과 관련이 있는 식품첨가물을 배합하여 상용화 가능한 제품 2종의 배합비를 결정하고 이를 섭취하기 용이한 음료로 가공하였다. 그리고 이 완제품을 대상으로 다시 실험동물을 이용하여 효능을 평가하고 혈액분석을 통해 작용 기작을 설명하였다. 동물실험에서 효능이 있다고 판정된 제품 한 종류

에 대해서는 인체시험을 통해 효능이 인체에서 발휘되는지 확인하였다.

인체시험은 체육학 전공 남자 대학생 12명으로 하였으며, 12명의 대상자들은 무작위로 6명씩 나누어 배정하였다. 시험은 2회 실시하였는데, 1회는 개소주 제품이었고 2회 째는 한국식품개발연구원에서 개발한 자양강장용 기능성식품을 사용하였다. 운동강도는 투여전 실험과 투여후 실험, 총 2회의 실험을 실시하는 동안 모두 4%의 경사도와 7 mph (188 m/min)의 속도인 절대강도로 대상자가 더 이상 운동을 지속하지 못하는 all-out 시점까지 실시하였고, 운동 종료 후 30분의 회복기를 가졌다. 혈액 채취는 투여전과 투여후 각 테스트에서 안정시, 운동 종료, 회복 30분 후에 실시하였고, 2회의 실험동안 총 6회의 채혈을 실시하였다. 채취한 혈액으로 젖산, 암모니아, 무기인산, 요산, pH를 분석하였다.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

본 연구는 강제수영능력을 평가 기준으로 하여 자양강장 효과가 있는 대체의 학 제품개발을 위한 기초자료를 얻고자 수행되었다. 규칙적인 수영훈련과 더불어 복분자, 향부자, 오가피, 삼백초, 음양곽, 어성초의 30% 에탄올 추출물을 4주간 경구 투여(500 mg/kg body weight)한 후 생쥐의 강제수영능력 및 관련 대사물질들의 농도를 측정하였다. 강제수영시간은 대조군보다 복분자 투여군에서 유의하게 증가하였고($p < 0.05$), 삼백초 투여군에서는 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). Lactate 농도는 대조군과 약용식물 추출물 투여군 간에 유의한 차이는 없었으나, 복분자 투여군에서 낮은 경향이 있었다. 혈중 암모니아 농도는 대조군과 비교하여 복분자 투여군과 오가피 투여군에서 유의하게 낮았다($p < 0.05$). 간과 근육의 글리코겐 함량은 대조군과 약용식물 추출물 투여군 간에 유의한 차이가 없었다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 대조군보다 수영시간이 길었으면서도 피로물질의 축적이 적었던 복분자와 오가피 추출물은 운동수행능력 향상 효과가 있는 것으로 생각된다.

다음으로 홍삼 등 6종의 약용식물 추출물이 마우스의 운동수행능력에 미치는 효과를 평가하였다. 규칙적인 수영훈련과 더불어 밀리타리스 동충하초, 자포니카, 상황버섯, 영지버섯, 홍삼, 잎새버섯의 30% 에탄올 추출물을 4주간 경구 투여

(500 mg/kg BW)한 후 생쥐의 강제수영능력 및 관련된 혈중 대사물질들의 농도를 측정하였다. 강제수영시간은 대조군보다 밀리타리스 동충하초, 자포니카와 잎새버섯 투여군에서 유의하게 증가하였고($p<0.05$), 상황버섯, 잎새버섯, 홍삼 투여군에서는 유의하게 감소하였다($p<0.001$). Lactate 농도는 대조군과 약용식물 추출물 투여군 간에 유의한 차이가 없었으나, 혈중 암모니아 농도는 대조군과 비교하여 자포니카 투여군과 잎새버섯 투여군에서 유의하게 낮았다($p<0.05$). 간 글리코겐 함량은 대조군과 약용식물 추출물 투여군 간에 유의한 차이가 없었으나, 근육 글리코겐 함량은 상황버섯 투여군에서 유의하게 높았다($p<0.05$). 이상의 결과를 종합해 볼 때 대조군보다 수영시간이 길었으면서도 피로물질의 축적이 적었던 잎새버섯과 자포니카 추출물은 운동수행능력을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

스쿠알렌, 옥타코사놀 및 중쇄지방 보충식이 흰쥐의 운동수행능력에 미치는 효과를 평가하였다. 스쿠알렌(스쿠알렌군)과 옥타코사놀(옥타코사놀군)은 식이 중량의 0.75%, MCT(MCT군)은 지방의 60%를 대치하도록 보충한 식이로 총 4주간 사육하였고, 매주 2회 수영 적응 훈련을 하였다. 실험 종료후 각 군은 다시 두 군으로 나누어 한 군에서는 90분간의 강제수영 후에 채혈하였고, 다른 한 군에서는 탈진 때까지의 강제수영시간을 측정후 채혈하여 운동수행능력과 관련된 대사물질들의 혈중 농도를 분석하였다. 90분간 강제수영 후 MCT군과 옥타코사놀군의 혈중 포도당 농도와 암모니아 농도가 다른 두 군에 비해 낮았다($p<0.05$). 한편 탈진 때까지의 강제수영 후 MCT군과 옥타코사놀군의 혈중 포도당 농도와 암모니아 농도는 다른 군과 유의한 차이가 없었던 반면 유리지방산의 농도는 대조군 보다 낮았고($p<0.05$), 강제수영시간은 MCT군과 옥타코사놀군이 대조군 및 스쿠알렌군 보다 길었다($p<0.05$). 결론적으로 MCT군과 옥타코사놀군은 연장된 운동 기간 동안 근육의 에너지원으로 지방 이용을 증가시켜 포도당을 절약하고, 피로물질인 혈중 암모니아의 축적을 지연함으로써 강제수영능력을 향상시킨 것으로 생각된다.

용봉 및 생사 추출물 보충식이 흰쥐의 운동수행능력에 미치는 효과를 평가하였다. 용봉 및 생사 추출물 건조분말을 총 식이 중량의 5%(용봉당군)와 1%(생사당군)되게 첨가한 보충식으로 총 4주간 사육하였다. 운동수행능력은 강제수

영능력으로 평가하였으며, 실험 종료 후 각 군을 다시 두 군으로 나누어 (1) 한 군에서는 90분간 강제 수영 후에, (2) 다른 한 군에서는 탈진 때(all-out)까지의 강제수영시간을 측정 한 후에 각각 채혈 및 간과 골격근을 적출하여 관련된 대사 물질들의 함량을 분석하였다. 탈진 때까지의 수영시간은 세 군간에 유의한 차이가 없었다. 혈중 피로요소들은 90분간 수영 후에는 세 군간에 유의한 차이가 없었으나, 탈진 때까지 수영 후에는 대조군에 비해 생사탕군의 혈중 포도당 농도가 유의하게 낮았고($p<0.001$), 혈중 젖산과 암모니아 농도는 유의하게 높았다($p<0.05$). 비복근의 글리코겐 함량은 탈진 때까지 수영 후 생사탕군에서 유의하게 높았으며($p<0.05$), 골격근의 citrate synthase 활성은 90분간 수영 후 생사탕군에서 유의하게 높았다($p<0.05$). 결론적으로 스테미너 식품으로 사용되는 용봉과 생사 추출물은 대조군에 비해 운동수행능력을 증가시키지 못했으며, 생사 추출물의 경우 오히려 피로물질의 축적으로 운동수행능력을 감소시킬 가능성도 배제할 수 없다고 생각된다.

두 종류의 자양강장용 기능성 식품이 흰쥐의 운동수행능력에 미치는 효과를 평가하였다. EFA군과 EFB군은 대조식에 4.56% 수준으로 첨가한 보충식으로 총 4주간 사육하였고, 매주 2회 수영 적응 훈련을 하였다. 운동수행능력은 강제수영능력으로 평가하였으며, 실험 종료 후 각 군을 다시 두 군으로 나누어 한 군에서는 90분간 강제 수영 후에, 다른 한 군에서는 탈진 때까지의 강제수영시간을 측정 한 후에 각각 채혈 및 간과 골격근을 적출하여 관련된 대사 물질의 함량을 분석하였다. 강제 수영시간은 운동 대조군 보다 EFA군과 EFB군에서 유의하게 증가하였고($p<0.05$), 비복근의 무게는 EFB군이 EC군에 비해 높았다($p<0.05$). 90분간 강제수영 후 혈중 암모니아 농도가 EFB군이 EC군에 비해 낮았다($p<0.05$). 한편 탈진 때까지의 강제수영 후 EFA군과 EFB군의 lactate 농도는 EC군과의 유의적인 차이를 보이지 않았고, EFA군과 EFB군의 유리지방산의 농도는 EC군보다 낮았다($p<0.05$). 결론적으로 EFA군과 EFB군은 연장된 운동 기간 동안 에너지원으로 지방 이용을 증가시켜 포도당을 절약하고 피로물질의 축적을 지연함으로써 강제수영능력을 향상시킨 것으로 사료된다.

아래 내용은 treadmill을 사용한 지구력 운동부하실험에 관한 연구결과이다. 우선, 운동수행능력 향상을 위한 건강기능식품 개발의 일환으로 식물체 에탄올추

출물 섭취가 흰쥐의 지구력 운동수행능력에 미치는 영향을 평가하고자 시도되었다. 생후 6주령의 Sprague Dawley계 수컷 흰쥐를 다음의 여덟 군으로 분류하였다(n=6): 비운동대조군(Sedentary control group; SC), 운동대조군(Exercised control group; EC), 복분자군(Exercised Bokbunja supplemented group; EB), 삼백초군(Exercised Sambaekcho supplemented group; ES), 어성초군(Exercised Eursungcho supplemented group; EE), 오가피군(Exercised Orgapi supplemented group; EO), 음양곽군(Exercised Umyangkak supplemented group; EU) 및 향부자군(Exercised Hyangbunja supplemented group; EH). 각 실험식은 식물체의 에탄올추출물 30 g/kg 수준으로 일반식이에 첨가하여 제조하였고, EC군과 다른 식이첨가군은 점증부하운동법에 준해 treadmill에서 4주간 지구력 운동훈련을 실시하였다. 탈진 시까지의 지구력 운동지속시간을 측정한 결과, EC군의 경우 76±2분으로 나타나 SC군(23±1분)보다 230% 유의하게 더 높았으며(p<0.01), ES군의 경우 222±31분으로 EC군에 비해서 190% 유의적으로 증가해서 가장 높은 값을 나타냈다(p<0.01). 한편, EO군의 탈진 시까지 주행시간은 119±11분으로, 그리고 EH군의 주행시간은 122±22분으로 나타나, EC군에 비해 43~46분 정도 유의적으로 더 길게 나타났다(p<0.05). 안정시 혈청 creatine kinase 활성은 EC군에 비해 EE군(p<0.01), EB군, EO군, 그리고 EH군에서 유의적으로 더 높았다(p<0.05). 혈청 암모니아 농도는 각 군간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 혈청 lactate 농도는 EC군에 비해, EH군의 혈청 lactate 농도를 제외하고 다른 식이첨가군에서 유의적으로 높게 나타났다(p<0.01). 한편, 혈청 glucose 농도는 EC군에 비해, ES의 공복시 혈청 glucose 농도가 더 높은 것으로 나타났고(p<0.05), 무기인산 농도는 EU군을 제외하고는 다른 식이첨가군에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다. EC군(5.39±0.75 mg/g tissue)의 근육 글리코겐 농도는 SC군(8.31±1.60 mg/g tissue)에 비해 더 낮게 나타났는데, 이는 탈진 시까지의 운동지속시간이 SC군에 비해 EC군에서 더 길어져 글리코겐의 손실이 더 많이 진행되었기 때문인 것으로 생각된다. 한편, ES군(9.66±1.30 mg/g tissue)의 경우 운동지속시간이 EC군에 비해 146분이나 더 길었음에도 불구하고, 안정 시에 측정된 근육 글리코겐 농도는 EC군에 비해서 유의적으로 더 높았으며(p<0.05), 같은 맥락에서 탈진 시까지 주행시간이 EC군에 비해 더 길게 나타난

EO군과 EH군에서 회복기동안 근육 글리코겐 함량 역시 더 높게 나타났다. 근육 조직의 lactate dehydrogenase 활성은 각 군간에 유의적 차이를 나타내지 않았으나, citrate synthase 활성은 EC군에 비해 EH에서 유의하게 증가하였으며, 통계적으로 유의한 수준은 아니나 ES와 EO군에서도 EC군에 비해 더 높은 경향을 보였다. 이상의 결과를 종합해 볼 때, 삼백초, 오가피 및 향부자는 근육 glycogen 절약효과를 가지며 에너지대사와 관련된 근육 효소의 활성을 증가시킴으로써 운동훈련을 받은 흰쥐의 지구력운동 수행능력을 향상시키는 효과가 있는 것으로 사료된다.

다음으로, 홍삼 및 동충하초를 비롯한 각종 기능성 버섯류의 에탄올추출물 섭취가 흰쥐의 지구력 운동수행능력에 미치는 영향을 평가하고자 시도되었다. 생후 6주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐를 다음의 여덟 군으로 분류하였다(n=6): 비운동대조군(Sedentary control group; SC), 운동대조군(Exercised control group; EC), 밀리타리스군(Exercised *Cordyceps militaris* supplemented group; EM), 상황버섯군(Exercised *Phellinus linteus* supplemented group; ES), 영지버섯군(Exercised *Ganoderma lucidum* supplemented group; EY), 일새버섯군(Exercised *Grifola frondosa* supplemented group; EI), 자포니카군(Exercised *Paecilomyces japonica* supplemented group; EJ) 및 홍삼군(Exercised *Panax red ginseng* supplemented group; EH). 각 실험식은 식물체의 에탄올추출물 30 g/kg 수준으로 일반식이에 첨가하여 제조하였고, EC군과 다른 식이첨가군은 점증부하운동법에 준해 treadmill에서 4주간 지구력 운동훈련을 실시하였다. 탈진 시까지의 지구력 운동지속시간을 측정된 결과, EC군의 경우 83±7분으로 나타나 SC군(27±12분)에 비해 207% 증가하였으며(p<0.01), EH군의 경우 150±16분으로 EC군에 비해서 124% 유의적으로 증가해서 가장 높은 값을 나타냈다(p<0.01). 혈청 암모니아 농도는 EC군에 비해 EY군을 제외한 식이첨가군에서 유의적으로 높게 나타났다(p<0.05, 0.01). 혈청 lactate 농도는 EC군에 비해, EH군의 혈청 lactate 농도를 제외하고 다른 식이첨가군에서 유의적으로 높게 나타났다(p<0.01). EC군(14.5±1.9 mg/g tissue)의 근육 글리코겐 농도는 SC군(30.2±4.0 mg/g tissue)에 비해 유의적으로 더 낮게 나타났는데(p<0.01), 이는 탈진 시까지의 운동지속시간이 SC군에 비해 EC군에서 더 길어져 글리코겐의 손실이 더 많

이 진행되었기 때문인 것으로 생각된다. 한편, EH군(22.4 ± 2.5 mg/g tissue)의 경우 운동지속시간이 EC군에 비해 67분이나 더 길었음에도 불구하고, 탈진 상태에서 측정된 근육 글리코겐 농도는 EC군에 비해서 유의적으로 더 높았다($p < 0.05$). 근육 조직의 citrate synthase 활성과 lactate dehydrogenase 활성은 각 군간에 유의적 차이를 나타내지 않았다. 이상의 결과를 종합해 볼 때, 홍삼 첨가식은 운동훈련에 단련된 흰쥐의 지구력운동 수행능력을 향상시키는 가장 효과가 있는 것으로 사료되며, 영지버섯의 첨가식어도 홍삼과 더불어 혈중 피로회복에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 생각된다.

현재 사용되고 있는 식품 소재 중 옥타코사놀, 스쿠알렌, MCT가 흰쥐의 지구력 운동수행능력에 미치는 영향을 평가하는 연구를 수행하였다. 생후 6주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐를 다섯 군으로 임의배치 하였다($n=8$): 비운동대조군(Sedentary control group; SC), 운동대조군(Exercised control group; EC), 옥타코사놀군(Exercised Octacosanol supplemented group; EO), 스쿠알렌군(Exercised Squalene supplemented group; ES), 중쇄지방군(Exercised medium-chain triglyceride supplemented group; EM). EO군과 ES군의 식이조성은 일반식이에 octacosanol 또는 squalene을 총 식이량의 0.75% 수준으로, 그리고 EM식은 MCT를 6% 수준으로 일반식에 첨가하여 제조하였고, EC군과 다른 식이첨가군은 점증부하운동법에 준해 treadmill에서 4주간 지구력 운동훈련을 실시하였다. 탈진 시까지의 지구력 운동지속시간을 측정한 결과, EC군의 경우 SC군에 비해 운동지속시간이 184% 증가하였으며($p < 0.01$), EO, ES, EM군은 EC군에 비해 각각 46%($p < 0.05$), 181%($p < 0.01$), 187%($p < 0.01$) 증가하였다. 혈중 피로요소와 관련해서, EO군에서는 EC군에 비해 혈장 ammonia와 lactate 농도의 유의적인 증가를 보였고, ES군에서는 EC군에 비해 혈장 inorganic phosphorous 농도의 유의적인 증가를 보였으며, EM군에서는 EC군에 비해 혈장 ammonia와 inorganic phosphorous 농도의 유의적인 증가를 보였다($p < 0.05$). EO, ES, EM군이 EC군에 비해 운동지속시간이 유의적으로 증가했음에도 불구하고 탈진상태에서 측정된 근육 glycogen 농도는 EO, ES군에서는 EC군과 유의적인 차이를 보이지 않았고 EM군에서는 EC군에 비해 유의적으로 더 높았다($p < 0.05$). EO, ES, EM군 모두에서 혈장 creatine phosphokinase와 근육 citrate synthase의 활성이

EC군에 비해 유의적으로 증가하였으며 ($p < 0.01$), ES군과 EM군에서는 근육 lactate dehydrogenase 의 활성화도 EC군에 비해 유의적으로 증가하였다 ($p < 0.01$). 이상의 결과들을 종합해 볼 때, 옥타코사놀, 스쿠알렌, MCT는 근육 glycogen 절약효과를 가지며 에너지대사와 관련된 근육 효소의 활성을 증가시킴으로써 운동 훈련을 받은 흰쥐의 지구력운동 수행능력을 향상시키는 효과가 있는 것으로 사료된다.

한편, 민간에서 보신식품으로 널리 이용되어 온 용봉탕 및 생사탕이 흰쥐의 지구력 운동수행능력에 미치는 영향을 평가하는 연구를 수행하였다. 생후 6주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐를 다음의 네 군으로 분류하였다($n=8$): 비운동 대조군(Sedentary control group; SC), 운동대조군(Exercised control group; EC), 및 생사탕군(Exercised *snake* soup supplemented group; ES) 및 용봉탕군(Exercised *Trionyx sinensis* soup supplemented group; ET). 실험식은 용봉탕 50 g/kg과 생사탕 10 g/kg 수준으로 일반식이에 첨가하여 제조하였고, EC군과 다른 식이첨가군은 점증부하운동법에 준해 treadmill에서 4주간 지구력 운동훈련을 실시하였다. 탈진 시까지의 지구력 운동지속시간을 측정된 결과, EC군의 경우 164 ± 31 분으로 나타나, SC군(33 ± 6 분)보다 397% 유의하게 더 높았으며($p < 0.01$), ET군(125 ± 11 분) 및 ES군(158 ± 23 분)의 탈진 시까지 주행시간은 EC군에 비해서 오히려 각각 24% 및 4% 감소하였다($p > 0.05$). 혈청 creatine kinase 활성은 ES군 또는 ET군에서 EC군에 비해 유의하게 감소하였다 ($p < 0.01$). 혈청 암모니아 농도 및 lactate 농도는 EC군에 비해 ET와 ES 군에서 증가하는 경향을 보였으나, 유의적 차이는 나타내지 않았다. 탈진상태에서 측정된 근육 glycogen 농도는 EC군과 유의한 차이가 없었다. 근육 조직의 lactate dehydrogenase 활성은 각 군간에 유의적 차이를 나타내지 않았으나, citrate synthase 활성은 EC군에 비해 ES군에서 유의적으로 더 높았다. 이상의 결과들을 종합해 볼 때, 기존 보신식품으로 알려져 있는 용봉탕과 생사탕은 지구력 운동수행능력 향상에 유의한 효과가 없는 것으로 생각된다.

이상의 연구결과를 바탕으로 운동수행능력 향상에 탁월한 효능이 있었던 원료를 선정하여 두 종류의 복합물을 디자인하였으며, 디자인된 복합물의 섭취가 흰쥐의 지구력 운동수행능력에 미치는 영향을 평가하였다. 생후 6주령의

Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐를 다음의 네 군으로 분류하였다(n=16): 비운동대조군(Sedentary control group; SC), 운동대조군(Exercised control group; EC), 복합물 A군(Exercised formula A supplemented group; EA) 및 복합물 B군(Exercised formula B supplemented group; EB). 각 실험식이군은 다시 운동부하실험 방법에 따라 탈진 시까지 주행운동부하군(Part I), 그리고 1시간 주행운동부하군(Part II)으로 나누어 실험하였다(n=8). 실험식은 복합물 A 또는 B를 45.6 g/kg 수준으로 일반식이에 첨가하여 제조하였고, 운동훈련을 받은 군은 점증부하운동법에 준해 treadmill에서 4주간 지구력 운동훈련을 실시하였다. 탈진 시까지 지구력 운동지속시간을 측정된 결과(Part I), EC군의 경우 108±8분으로 SC군(39±5분)에 비해 177% 유의적으로 더 길었고(p<0.01), EA군 및 EB군은 EC군에 비해 각각 19% 및 20% 더 길었다. 혈청 creatine kinase 활성은 EC군에 비해 EA군에서 유의하게 더 높았고(p<0.05), 근육 lactate dehydrogenase 활성은 EA 또는 EB군 모두 EC군에 비해 유의하게 더 높았다(p<0.01). 근육 glycogen 농도는 군 간에 유의한 차이가 없었다. 한편, 일정시간(1시간) 주행운동부하 실험을 실시한 후 측정된 혈청 암모니아농도는 EA군에서 EC군에 비해 유의하게 더 높았고(p<0.05), 혈청 lactate 농도는 EA 또는 EB군에서 EC군에 비해 낮은 경향을 보였으나, 유의성은 없었다. 근육 citrate synthase 활성은 EA군에서 EC군에 비해 유의하게 더 높았다(p<0.05). 이상의 결과들을 종합해 볼 때, Formula A와 B는 모두 지구력운동 수행능력 향상효과가 있음을 알 수 있었다.

아래는 인체시험에 관한 연구결과이다. 개소주와 위약 투여에 따른 운동수행력의 변화는 통계적으로 유의한 차가 나타나지 않았다(p>.05). 개소주군의 경우, 투여전과 투여후 통계적으로 유의한 차는 나타나지 않았으나(p>.05), 투여전에 비해 투여후에 운동시간이 1분 22초 연장되었다. 위약군의 경우, 투여전과 투여후 거의 동일한 운동 시간을 기록하였으며, 유의한 차이는 나타나지 않았다(p>.05). 개소주군과 위약군에서의 투여 전과 투여 후 암모니아 농도에서만 안정 시와 운동종료 시, 운동종료 시와 회복 30분 후에서 유의한 차가 나타났을 뿐(p<0.05), 운동수행력, 젖산, 무기인산, 요산, pH에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>.05). 따라서, 개소주의 복용으로 인한 운동수행에 대한 효능 및 피로요인에 미치는 영향은 미비하다고 할 수 있다.

연구 목적을 달성하기 위하여 복합 기능성 보조제의 투여 전·후 운동수행력과 혈중 피로요소의 농도 차이를 비교·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, 지구성 운동수행시간은 투여 전·후에 통계적으로 유의한 차이가 나타났다 ($p < 0.05$). 복합 기능성보조제 투여 후 운동수행시간이 투여 전에 비해 10.7% 증가되었다. 둘째, 혈중 피로요소(Lactate, Ammonia, phosphate, pH, 5-HT)의 농도 변화는 투여 전·후에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과로 볼 때, 복합 기능성 보조제 투여 후 운동 수행 시간이 투여 전과 비교하여 10.7% 증가된 운동수행을 하였음에도 불구하고, 투여 전·후의 운동수행 시 모든 시점에서 혈중 피로물질 축적이 유의한 차이가 없게 나타난 것은, 복합 기능성보조제 투여가 최대하 운동강도에서 혈중 피로물질의 축적을 저하시켰기 때문이다. 따라서, 인체실험 결과 한국식품개발연구원에서 개발한 복합 기능성보조제 투여는 지구성 운동수행력 증진과 최대하 운동강도에서 인체의 피로를 지연시키는 효과가 있는 것으로 나타났다.

SUMMARY

I. Title

Development of Functional Foods for Enhanced athletic Performance

II. Purpose and Significance of the Study

People generally have a much interest in health promotion. Regular exercise and balanced diet may be the most effective strategy to maintain or promote health status. Because of busyness, fatigue, and/or laziness, however, a number of people tend to take tonics as an alternative. Tonics are widely used by many people, especially in Asian countries, for centuries, but their effects have not been scientifically supported except in a few instances. Thus, it is necessary to explore functional ingredients with tonic effects based on competent and reliable scientific evidence.

In the orient, several plants have a long history of use as herbal medicine and are now being validated by scientific approach for their remarkable healing potential. *Panax ginseng* C.A. Meyer (the *Araliaceae* family), with more than a 4000-year history, occupies a particularly important place among the tonic remedies of oriental medicine. Among the several kinds of *Panax ginseng*, Korea red ginseng has been the most famous one whose biological effects are being gradually disclosed. In addition, several mushrooms have recently become attractive as functional foods, and a source of physiologically beneficial remedy. The fruiting body of *Tochukaso* is attracting a new interest in Korea and other Asian countries as a tonic and restorative remedy.

Recently, some of nutritional supplements are taken as ergogenic aids, a term used for substances that enhance athletic performance and increase stamina and capability to exercise. Ergogenic aids are believed to increase athletic performance either by renewing or increasing energy stores in the

body, facilitating the biochemical reactions contributing to fatigue or maintaining optimal body weight. Medium-chain triglyceride(MCT), octacosanol, squalene, *etc* belong to this category. Some claims of them, however, have yet to be proven in an appropriate and controlled animal model and human study. The present study was, therefore, undertaken to evaluate the tonic effects of plant extracts and functional ingredients. Some biochemical parameters in blood and tissues were analyzed to understand its mechanism.

Since ergogenic agents are recognized as one of the important components for exercise performance, needs for the development of functional foods enhancing endurance exercise performance are increased rapidly in the field of food science, and sports nutrition. Traditionally, wide range of healthy foods have been recommended and used for ergogenic agents for professional and amateur athletes. Among those include functional foods such as ginseng, red ginseng, *Orgapi*, vitamins, and amino acids, and invigorating foods originated from animals such as dog, snake, and turtle soups, which are more preferably used in Korean society. Studies testing the efficacies of these food substances have been conducted scarcely, and scientific evidence supporting the positive effects of these substances on exercise performance are limited. In this study, diverse herb extracts and animal origin dietary supplements were evaluated for their effects on endurance exercise performance in exercise trained rats. The final goal of this project includes the development of nutraceuticals or medicinal food products composed of ingredients, which had been proved effective in our studies, exerting synergistic effects in enhancing endurance exercise performance.

III. Contents and Scope of the Study

From literature survey, 12 medicinal plants, 3 functional ingredients, and 2 traditional health foods were selected for this study. Evaluation of their effects was double-checked by forced-swimming capacity in a pool and running endurance in a treadmill of mice. Fatigue factors such as lactate, ammonium, glycogen, triglycerides, *etc* were analyzed to describe beneficial mechanism. Some materials that showed an enhanced athletic performance were used to develop health foods. Effects of two tonic formulations were confirmed by swimming and running endurance tests.

The subjects of human study were 12 male students who are students of physical education at Y university. They were randomly divided into two groups composed of 6 men each. One was a control taking placebo and the other was a treatment taking tonic formulation. The exercise test was performed until all-out. The intensity was set 4% gradient and 7 mph(188 m/min) speed in two experiments, and the subjects took a recovery for 30 min after exercise. Blood was collected during the resting period, at the end of exercise and the period of 30 min-recovery. It was executed six times during two experiment. Blood was used for the analyses of lactate, ammonia, phosphate, pH, 5-HT.

IV. Results and Recommendation

Adaptogenic activity of medicinal plant extracts was studied based on the forced-swimming time of mice administered each extract. Mice were regularly trained and administered ethanolic extract(500 mg/kg body weight) of *Rubus coreanus* Miquel, *Cyperus rotundus* Linn., *Acanthopanax sessiliflorus*, *Saururus chinensis* Baili, *Epimedium koreanum* Nakai, *Houttuynia cordata* Thunb. for 4 weeks, and then their swimming time and fatigue factors were

measured. Forced-swimming time until exhaustion was significantly longer($p<0.05$) in *R. coreanus* group, but shorter($p<0.05$) in *S. chinensis* group than that of control. Lactate levels of plasma did not significantly differ between a control and each treatment group. Plasma lactate level tended to be lower in *R. coreanus* group, but not significant. Plasma ammonia levels of *R. coreanus* and *A. sessiliflorus* groups were significantly lower as compared to a control group($p<0.05$). Glycogen contents in liver and muscle did not show significant differences between a control and each treatment. It could be concluded that extracts of *R. coreanus* and *A. sessiliflorus* which endowed mice with longer swimming time and less accumulation of fatigue factors contributed to the improvement of athletic activity of an experimental animal.

The tonic effect of *Cordyceps militaris*(CM), *Paecilomyces japonia*(PJ), *Phellinus linteus*(PL), *Ganoderma lucidum*(GL), *Grifola frondosa*(GF) and *Panax ginseng*(PG) was examined based on the forced-swimming capacity and the change of biochemical parameters in ICR mice. The treatment groups were orally administered medicinal plant extracts(500 mg/kg/day), while the control group received distilled water for 4 weeks. The swimming times to exhaustion were longer in the CM, PJ and GF groups than in the control group($p<0.05$). Plasma TG levels were lower in the treatment groups than in the control group. Plasma glucose levels were not significantly different between a control and each treatment group except the PG group. Plasma lactate and ammonia levels of the PJ and GF groups were lower than those of the control group($p<0.05$). There were no significant differences in the content of liver and gastrocnemius muscle glycogen between a control and each treatment group. In conclusion, PJ and GF extracts enhanced the forced swimming capacity of mice by increasing fat utilization and by delaying the accumulation of plasma lactate and ammonia.

This study was performed to evaluate effects of squalene, octacosanol and medium-chain triglyceride(MCT) on the forced-swimming capacity and the

related biochemical parameters in SD rats. Treatment groups fed the diet supplemented with squalene or octacosanol of 0.75%, or substituted 60% of soybean oil by MCT respectively for 4 weeks. All groups were trained 2 times per week regularly to be accustomed to swim. After 4 weeks, each group was divided into two subgroups; one swam for 90 min(90-min subgroup) and the other swam until exhaustion(all-out subgroup). Plasma was collected and liver and gastrocnemius muscle were dissected out after swimming. Among the 90-min subgroups, plasma glucose and ammonia levels of octacosanol and MCT groups were significantly lower than those of other two groups($p<0.05$), but FFA level was not different. Meanwhile, after swimming until exhaustion, plasma glucose and ammonia levels of octacosanol and MCT groups were not different from those of other two groups, but plasma FFA level of octacosanol and MCT groups was significantly lower than that of control group($p<0.05$). Swimming time until exhaustion was significantly longer in the octacosanol and MCT groups compared to other two groups($p<0.05$). There were no significant differences in the glycogen content of liver and gastrocnemius muscle among other groups except squalene group. In conclusion, octacosanol and MCT groups enhanced the forced swimming capacity of rats by sparing the glycogen with increase of fat utilization and by delaying the accumulation of plasma lactate and ammonia during prolonged exercise.

Next study was performed to evaluate effects of extract of terrapin and snake on the forced-swimming capacity and the related biochemical parameters in SD rats. Treatment groups fed the diet supplemented with terrapin extract of 5% or snake extract of 1% respectively for 4 weeks. All groups were trained 2 times per week regularly to be accustomed to swimming. After 4 weeks, each group was divided into two subgroups; one swam for 90 min(90-min subgroup) and the other swam until exhaustion(all-out subgroup). Plasma was collected and liver and

gastrocnemius muscle were dissected out after swimming. No significant difference was observed in the swimming time until exhaustion among the groups. After swimming for 90 min, the fatigue factors of plasma were not significantly different among the groups, but citrate synthase activity of gastrocnemius muscle were significantly higher in the snake-supplemented group than in the control group($p<0.05$). After swimming until exhaustion, plasma glucose level was significantly lower($p<0.001$) but plasma lactate and ammonia levels were significantly higher($p<0.05$) in the snake-supplemented group than in the control group. Glycogen content of gastrocnemius muscle was also significantly higher in the snake-supplemented group than in the control group($p<0.05$). In conclusion, extracts of terrapin and snake did not enhance the forced swimming capacity of rats. Rather, snake extract might reduce the endurance exercise performance by accumulating fatigue factor.

Final study was performed to evaluate effects of two types of formulas designed for commercial product on the forced-swimming capacity and the related biochemical parameters in SD rats. Ingredients used for the formulas were selected based on our previous experiments. Treatment groups fed the diet supplemented with formula A(EFA group) or B(EFB group) of 4.56% respectively for 4 weeks. All groups were trained 2 times per week regularly to be accustomed to swim. After 4 weeks, each group was divided into two subgroups; one swam for 90 min(90-min subgroup) and the other swam until exhaustion(all-out subgroup). Plasma was collected and liver and skeletal muscle were dissected out after swimming. Forced-swimming time until exhaustion was significantly longer($p<0.05$) in EFA and EFB groups than that of exercised control group. Skeletal muscle weight of the EFB group was significantly higher than that of the exercised control group($p<0.05$). Among the 90-min subgroups, plasma ammonia level of EFB group was significantly lower than that of exercise control group($p<0.05$). Meanwhile, among the all-out subgroups, plasma lactate levels were not significantly different

between a exercised control and each treatment group, but plasma free fatty acid level of EFA and EFB group was significantly lower than that of exercised control group($p<0.05$). In conclusion, EFA and EFB groups enhanced the forced swimming capacity of rats by increasing fat utilization and by delaying the accumulation of plasma fatigue factor, and the effects tended to be better in EFB group than in the EFA group.

The following results were based on running endurance of rats in a treadmill. The first study was attempted to examine effects of dietary supplementation of *Sambaekcho*, *Orgapi*, or *Hyangbuja* on endurance exercise performance in rats. Male Sprague-Dawley rats were randomly assigned to one of eight groups($n=6$); sedentary control group(SC), exercise-trained control group(EC), exercised *Bokbunja* supplemented group(EB), exercised *Sambaekcho* supplemented group(ES), exercised *Eursungcho* supplemented group(EE), exercised *Orgapi* supplemented group(EO), exercised *Umyangkak* supplemented group(EU), and exercised *Hyangbuja* supplemented group(EH). Rats were fed experimental diets supplemented with ethanol extracts of various plants at the level of 30 g/kg. Rats of exercised group performed exercise training for 4 weeks in a rodent treadmill. EC rats ran 230% longer on a treadmill until exhaustion than SC rats(76 ± 2 vs 23 ± 1 min, $p<0.01$), while ES, EO, or EH rats ran 190%, 57%, or 61% longer than the value for EC rats ($p<0.01$, $p<0.05$, or $p<0.05$, respectively). EE, EB, EO, or EH rats exhibited significantly elevated the creatine kinase activity compared to that for EC rats($p<0.01$, $p<0.05$, $p<0.05$, $p<0.05$, respectively) under rested state. Serum ammonia concentration was not significantly different among groups. Serum lactate concentration was significantly increased in supplemented group except EH group compared to the value for EC group($p<0.01$). Serum glucose concentration was significantly higher in ES rats compared to the value for EC group($p<0.05$), and inorganic phosphate concentration was not significantly affected by dieting supplemented with the exception of EU rats. Muscle

glycogen concentration was lowered in EC groups compared to the value for SC group (5.39 ± 0.75 vs 8.31 ± 1.60 mg/g tissue). Although ES, EO, or EH rats ran significantly longer until exhausted, their gastrocnemius muscle glycogen concentration under rested state was not significantly different from that of EC rat (in EO, or EH rats) but significantly higher than that of EC rats (in the ES rats, $p < 0.05$). Muscle lactate dehydrogenase activity were not significantly different among groups. Dietary supplementation of *Hyangbuja* significantly elevated citrate synthase activity in the muscle of exercise-trained rats. These results indicate that the ergogenic properties of *Sambaekcho*, *Orgapi*, or *Hyangbuja* are exerted by sparing muscle glycogen stores in the muscle of trained rats during an endurance running.

Next study was attempted to examine effects of dietary supplementation of *red ginseng* or medicinal mushrooms on endurance exercise performance in rats. Male Sprague-Dawley rats were randomly assigned to one of eight groups ($n=6$); sedentary control group (SC), exercise-trained control group (EC), Exercised *Cordyceps militaris* supplemented group (EM), Exercised *Phellinus linteus* supplemented group (ES), Exercised *Ganoderma lucidum* supplemented group (EY), Exercised *Grifola frondosa* supplemented group (EI), Exercised *Paecilomyces japonica* supplemented group (EJ) and Exercised *Panax red ginseng* supplemented group (EH). Rats were fed experimental diets supplemented with ethanol extracts of *red ginseng* or medicinal mushrooms at the level of 30 g/kg for 4 weeks. Rats of exercised group performed exercise training for 4 weeks in a rodent treadmill. EC rats (83 ± 7 min) ran longer than SC rats (27 ± 12 min, $p < 0.01$) until exhausted, while EH rats ran 124% longer than the value for EC rats ($p < 0.01$). Serum ammonia concentration was significantly increased in supplemented groups compared to the value for EC group with the exception of EY group. Serum lactate concentration was significantly increased in supplemented groups with the exception of EH group compared to the value for EC group ($p < 0.01$). Muscle

glycogen concentration was significantly lowered in EC groups compared to the value for SC group($p<0.01$). Probably due to the loss of glycogen storage during the endurance exercising performance until all-out. However, muscle glycogen concentration was significantly increased in EH groups compared to the value for EC group($p<0.05$). Activity of muscle citrate synthase and lactate dehydrogenase were not significantly different among groups. In conclusion, these results indicate that dietary supplementation of *Panax red ginseng* is effective in enhancing endurance exercising performance of trained rats.

The third study was performed to evaluate effects of octacosanol, squalene, or MCT on the running performance and related biochemical parameters of exercise-trained rats under exhaustion. Male Sprague-Dawley rats were randomly assigned to one of the five groups; sedentary control group(SC), exercise-trained control group(EC), exercise-trained and octacosanol supplemented group(EO), exercise trained and squalene supplemented group(ES), and exercise-trained and MCT supplemented group(EM). Five groups were raised on control, octacosanol(0.75%) supplemented diet, squalene(0.75%)-supplemented diet, or MCT(6%) supplemented diet with(or without for SC rats) exercise training for 4 weeks. EC rats run 184% longer on the treadmill until exhausted than the SC rats ($p<0.01$), while EO, ES, or EM rats run 46%, 181%, or 187% longer than the value of that for EC rats($p<0.05$, $p<0.01$, or $p<0.01$, respectively). Under the exhausted state which immediately followed the running performance test, EO rats exhibited significantly elevated plasma ammonia and lactate concentrations, ES rats exhibited significantly elevated plasma inorganic phosphorous concentration, and EM rats exhibited significantly elevated plasma ammonia and inorganic phosphorous concentrations compared to the values for EC rats($p<0.05$). Although EO, ES, and EM rats run significantly longer until exhausted, their gastrocnemius muscle glycogen concentration

under exhausted state was not significantly different from that of EC rats (in the EO and ES rats) but significantly higher than that of EC rats (in the EM rats, $p < 0.05$). Dietary supplementation of octacosanol, squalene, or MCT significantly elevated the creatine kinase activity in plasma, citrate synthase activity in muscle, and lactate dehydrogenase activity (not significant in EO group) in muscle of exercise-trained rats. These results suggest the ergogenic properties of octacosanol, squalene, or MCT sparing muscle glycogen stores and increasing oxidative capacity in the muscle of exercise-trained rats.

The forth study was attempted to examine effects of well-known invigorant foods such as *snake soup* or *Trionyx sinensis soup* on endurance exercise performance in rats. Male Sprague-Dawley rats were randomly assigned to one of eight groups ($n=8$); sedentary control group (SC), exercised control group (EC), exercised *snake soup* supplemented group (ES), and exercised *Trionyx sinensis soup* supplemented group (ET). Rats were fed experimental diets supplemented with *snake soup* or *Trionyx sinensis soup* at the level of 10 g/kg or 50 g/kg, respectively. Rats of exercised group performed exercise training for 4 weeks in a rodent treadmill. EC rats (164 ± 31 min) ran longer than SC rats (33 ± 6 min, $p < 0.01$) until exhausted. ES rats (159 ± 23 min) and ET rats (125 ± 11 min) ran 4% and 24% shorter than the value for EC rats. Serum ammonia and lactate levels were not significantly different among groups. Serum creatine kinase activity was significantly lower in ES and ET rats compared to the value for EC rats ($p < 0.01$). Muscle glycogen concentration was significantly lower in EC rats compared to the value for SC rats (4.8 ± 0.8 vs 6.9 ± 0.9 mg/g tissue, $p < 0.01$). Muscle citrate synthase activity was significantly higher in ES rats compared to the value for EC rats. These results indicate that traditionally used invigorating foods such as snake and *Trionyx sinensis* were not effective in enhancing endurance exercise performance of trained rats.

Final study was performed to evaluate effects of formulations designed for a commercial product on endurance performance exercise. Ingredients used for these formulas were selected among most effective dietary supplements originated from plants and animals tested previous years. Male Sprague-Dawley rats were randomly assigned to one of eight groups(n=16); sedentary control group(SC), exercised control group(EC), exercised formula A supplemented group(EA), and exercised formula B supplemented group(EB). Rats were fed experimental diets supplemented with formula A or B at the level of 46.5 g/kg. Rats of exercised group performed exercise training for 4 weeks in a rodent treadmill. Rats raised on each experimental diet for 4 weeks had been randomly divided into two groups, and underwent exercise loading test until exhausted(Part I)(n=8) or exercise loading test for 1 h(Part II)(n=8) on a treadmill. EC rats(108±8 min) ran significantly longer than the SC rats(39±5 min) until exhausted(p<0.01), and EA or EB rats ran 19% or 20% longer than EC rats, respectively. Serum ammonia and lactate concentrations measured immediately following the exercise loading test until exhaustion were not significantly different among groups. Serum creatine kinase activity was significantly higher in EA rats(p<0.05) than in EC rats. Muscle lactate dehydrogenase activity was significantly higher in formula A or B rats compared to EC rats(p<0.01). Following the 1 h running workout(Part II), serum ammonia concentration was significantly higher in EA rats compared to EC rats(p<0.05). Muscle glycogen concentration following a 1 h running test was not significantly different among groups. Muscle citrate synthase activity was significantly higher in EA rats(p<0.05) than in EC rats. These results indicate that both formula A and B appear to be effective in enhancing endurance exercise performance of trained rats.

This is the result of the first human study. There was no significant difference in the exercise performance whether taking Gaesoju or not(p>0.05). In case of Gaesoju supplementation group, there was no significant difference

in exercise performance time before and after the complex ergogenic aids supplementation($p>0.05$), but the time with supplementation showed an increase of 88 seconds in comparison with pre-supplementation. In case of control group, the exercise performance time was similar regardless of supplementation, there was no significant difference in that($p>0.05$). In blood fatigue factors, only Ammonia concentration showed significant difference between the resting period and the end of exercise, the end of exercise and the period of 30 minutes recovery($p<0.05$), there was no significant difference in lactate, ammonia, phosphate, pH, and 5-HT($p>0.05$). Consequently, taking Gaesoju has little effect on exercise performance and fatigue factors.

Analysis exercise performance and blood fatigue factors before and after the complex ergogenic aids supplementation showed following result. First, there was significant difference in the exercise performance time($p<0.05$). After taking the complex ergogenic aids, the time was increased 10.7%. Second, there was no significant difference in the level of fatigue factors(lactate, ammonia, phosphate, pH, 5-HT) in blood. These result are saying that Although the period time was increased 10.7%, the level of fatigue factors in blood has no significant decrease in two test. These result show that the complex ergogenic aids supplementation may decrease accumulation of blood fatigue factors in sub-maximal intensity. Therefore, this study showed that the complex ergogenic aids supplementation created by Korea Food Research Institute have an effect on enhancing endurance exercise performance and delaying fatigue in sub-maximal intensity.

CONTENTS

Summary in Korean	3
Summary in English	15
Chap. 1. Effect of medicinal plant extracts on forced-swimming capacity in mice: Comparison of <i>Rubus coreanus</i> Miquel, <i>Cyperus rotundus</i> , <i>Acanthopanax sessiliflorus</i> , <i>Saururus chinensis</i> Baili, <i>Epimedium koreanum</i> Nakai, and <i>Houttuynia cordata</i> Thunb.	35
§1. Introduction	35
§2. Materials and Methods	37
§3. Discussion	40
§4. References	48
Chap. 2. Effect of medicinal plant extracts on forced-swimming capacity in mice: Comparison of <i>Cordyceps militaris</i> , <i>Paecilomyces japonica</i> , <i>Phellinus linteus</i> , <i>Ganoderma lucidum</i> , <i>Grifola frondosa</i> and <i>Panax ginseng</i>	51
§1. Introduction	51
§2. Materials and Methods	53
§3. Results and Discussion	58
§4. References	64
Chap. 3. Effect of squalene, octacosanol, and medium-chain triglyceride on forced-swimming capacity in mice	67
§1. Introduction	67
§2. Materials and Methods	68
§3. Results and Discussion	72
§4. References	82

Chap. 4. Effect of terrapin and snake extracts on forced-swimming capacity in mice	85
§1. Introduction	85
§2. Materials and Methods	87
§3. Results and Discussion	92
§4. References	116
Chap. 5. Effect of two tonic formulations on forced-swimming capacity in mice	139
§1. Introduction	139
§2. Materials and Methods	141
§3. Results and Discussion	146
§4. References	175
Chap. 6. Effects of dietary supplementation of Sambaekcho, Orgapi, or Hyangbuja on endurance exercise performance in rats	179
§1. Introduction	179
§2. Materials and Methods	181
§3. Results and Discussion	185
§4. References	206
Chap. 7. Effects of dietary supplementation of <i>Red Ginseng</i> or Medicinal Mushrooms on endurance exercise performance in rats	209
§1. Introduction	209
§2. Materials and Methods	211
§3. Results and Discussion	216
§4. References	232

Chap. 8. Effects of Octacosanol, Medium-Chain Triglyceride, or Squalene supplementation on the running performance in trained rats	235
§1. Introduction	235
§2. Materials and Methods	237
§3. Results and Discussion	241
§4. References	257
 Chap. 9. Effects of dietary supplementation of terrapin extract or snake extract on endurance exercise performance in rats	259
§1. Introduction	259
§2. Materials and Methods	260
§3. Results and Discussion	264
§4. References	276
 Chap. 10. Effects of commercial product formulations on endurance exercise performance in rats	279
§1. Introduction	279
§2. Materials and Methods	282
§3. Results and Discussion	288
§4. References	312
 Chap. 11. The effects of Gaesoju on exercise performance and blood fatigue factors	317
§1. Introduction	317
§2. Materials and Methods	319
§3. Results and Discussion	322
§4. Conclusion	328
§5. References	328

Chap. 12. The effect of a complex ergogenic aids supplementation on
endurance exercise performance and blood fatigue factors 331

§1. Introduction 331

§2. Materials and Methods 334

§3. Results and Discussion 337

§4. Conclusion 342

§5. References 342

목 차

국문요약문	3
영문요약문	15
제1장 식물체 추출물이 마우스의 운동수행 능력에 미치는 영향: 복분자, 향부자, 오가피, 삼백초, 음양곽 및 어성초의 효과 비교	35
제1절 서론	35
제2절 재료 및 방법	37
제3절 결과 및 고찰	40
제4절 참고문헌	48
제2장 식물체 추출물이 마우스의 운동수행 능력에 미치는 영향: 밀리타리스 동충하초, 눈꽃 동충하초, 상황버섯, 영지버섯, 홍삼 및 잎새버섯 효과 비교 · 51	
제1절 서론	51
제2절 재료 및 방법	53
제3절 결과 및 고찰	58
제4절 참고문헌	64
제3장 스쿠알렌, 옥타코사놀 및 중쇄지방 보충식이 흰쥐의 강제수영능력에 미치는 영향	67
제1절 서론	67
제2절 재료 및 방법	68
제3절 결론 및 고찰	72
제4절 참고문헌	82
제4장 용봉탕과 생사탕(生蛇湯)이 흰쥐의 강제수영능력에 미치는 영향	85
제1절 서론	85
제2절 재료 및 방법	87

제3절 결과 및 고찰	92
제4절 참고문헌	136
제5장 자양강장용 기능성 식품이 흰쥐의 강제수영능력에 미치는 영향	139
제1절 서론	139
제2절 재료 및 방법	141
제3절 결과 및 고찰	146
제4절 참고문헌	175
제6장 삼백초, 오가피 및 향부자 추출물의 지구력운동 수행능력 향상효과 및 작용기작 규명	179
제1절 서론	179
제2절 재료 및 방법	181
제3절 결과 및 고찰	185
제4절 참고문헌	206
제7장 홍삼, 동충하초 및 기능성 버섯의 지구력운동 수행능력 향상효과 및 작용기작 규명	209
제1절 서론	209
제2절 재료 및 방법	211
제3절 결과 및 고찰	216
제4절 참고문헌	232
제8장 스쿠알렌, 중쇄지방, 옥타코사놀의 지구력운동 수행능력 향상효과 및 작용기작 규명	235
제1절 서론	235
제2절 재료 및 방법	237
제3절 결과 및 고찰	241
제4절 참고문헌	257

제9장 용봉탕 및 뱀탕의 지구력운동 수행능력 향상효과 및 작용기작 규명	259
제1절 서론	259
제2절 재료 및 방법	260
제3절 결과 및 고찰	264
제4절 참고문헌	276
제10장 최종 formulation의 지구력운동 수행능력 향상 효과 및 작용기작 규명	279
제1절 서론	279
제2절 재료 및 방법	282
제3절 결과 및 고찰	288
제4절 참고문헌	312
제11장 개소주가 운동수행능력에 미치는 효과에 대한 인체시험	317
제1절 서론	317
제2절 연구 방법	319
제3절 연구 결과 및 고찰	322
제4절 결론	328
제5절 참고문헌	328
제12장 복합 기능성보조제 투여가 지구성 운동수행력과 혈중 피로요소에 미치는 효과에 관한 인체시험	331
제1절 서론	331
제2절 연구 방법	334
제3절 연구 결과 및 고찰	337
제4절 결론	342
제5절 참고문헌	342

제1장 식물체 추출물이 마우스의 운동수행 능력에 미치는 영향: 복분자, 향부자, 오가피, 삼백초, 음양곽 및 어성초의 효과 비교

제1절 서론

복잡한 현대사회에서 활동량이 부족하고, 환경오염에 의한 생활 환경 악화, 정신적인 스트레스가 가중되는 현대인들이 가장 원하는 사항은 건강 증진이라고 생각된다. 운동이 가장 경제적이고 효율적인 성인병 및 노화의 예방책으로 판단되지만, 바쁜 일상생활, 피곤함 또는 무기력감, 게으른 습관 등 여하한 이유로 건강관리를 못하는 현대인은 운동의 대안으로 자양강장제(tonics)를 복용하는 경향이 높다. 자양강장제란 건강의 유지 또는 개선에 관계되는 모든 요소를 뭉뚱그려 표현한 포괄적인 개념이기 때문에 건강과 관련이 있는 모든 먹거리가 자양강장제 범주에 포함될 수 있으나, 사실 과학적으로는 자양강장제의 구체적인 실체는 없는 실정이다(1). 이 이유로 수없이 많은 자양강장제가 전세계 국가에서 이용되고 있지만, 그 효과는 주로 고문서에 의존하거나, 간단한 *in vitro* 실험 또는 부분적인 동물실험에 근거하고 있으며 아직 체계적인 임상시험을 통해 과학적인 검증은 거친 제품은 없다고 판단된다.

한편, 국내에서 자양강장제로는 인삼과 녹용 류의 한약재, 비타민과 미네랄 제재류의 영양보충식품, 스쿠알렌과 자라 같은 건강보조식품 등으로 매우 다양하며, 국외에서는 비타민 C등 식이보조식품, Rosemary oil 등 허브류, 에페드라와 마황 등 식물체를 섭취하고 있다. 그런데 이들의 과학적인 근거가 없거나 미약하다는 문제가 있고 특히, 한국인은 뱀, 犬肉, 곰쓸개, 사슴피, 심지어 지네에 이르기 이를 정도로 보신식품 중 혐오식품이 많아 전세계적으로 문화적 마찰이 발생하기도 하고, 동남아시아에서는 보신 관광객이 물의를 빚는 경우도 있다. 따라서 이제라도 과학적인 자양강장식의 개발로 口傳에 의존하거나 야만적인 보신식품을 대체할 필요성이 시급하다고 판단된다.

과거에 대체의학은 비과학적이며 비의학적인 민간요법의 하나로 치부되는 것이 현실이었으나, 현재는 정규 의학이 해결하지 못하는 영역을 탐구하는 새로운 분야로 발전하고 있는 미래 지향적인 산업으로 발전 속도가 빠를 것으로 예측된다. 최근 국제적으로 대체의학에 관한 관심이 고조되면서 미국에서는 National Institute of Health 산하에 National Center for Complementary & Alternative Medicine을 설립하고 대체의약품에 대한 임상시험(clinical trial)을 통해 기존의 의학 범주와 별도로 질병의 예방과 치유에 대한 연구를 본격화하고 있다(2). 현재는 주로 암, 당뇨, 심장질환 등 질병에 초점을 두고 연구를 수행하고 있으며, 국내에서도 대체의약이 도입되어 homeopathy(3), aromatherapy(4) 등 다양한 연구가 이루어지고 있고 다루는 영역도 확대 추세에 있다. 본 과제에서는 지구력을 요구하는 운동수행능력을 평가기준으로 자양강장 효과가 있는 대체의약 소재에 대하여 연구하였다.

Ergogenic aids(5) 중 약물보조제(스테로이드, 카페인, erythropoietic 등)나 생리물질등(sodium bicarbonate, sodium citrate, 수혈 등)을 일정량 이상 복용하면 운동 수행능력을 현저히 증가시킬 수 있고 일상 생활에서도 활기찬 생활을 할 수 있겠지만, 이는 일시적인 현상에 불과하고 이들 약물은 건강에 서서히, 그러나 치명적인 부작용을 수반하여 궁극적으로 건강을 해치는 행위이다. 반면, 식품 가공 원료로 사용될 수 있는 식물체는 부작용 없이 안전하게 모든 인류가 섭취할 수 있다는 점에서 운동수행능력을 기준으로 한 자양강장제 개발 원료로 요긴하게 활용될 수 있다. 동양의학서(6,7) 및 과거의 연구결과(1,8,9)에 따르면 오가피, 음양곽, 삼백초, 어성초, 향부자, 복분자 등은 항피로작용, 강장, 음위, 강정, 강심 등의 효과가 있다고 알려져 있어 본 과제의 연구 대상 시료로 선정하였다. 본 연구는 흰쥐에게 이들 식물체 추출물을 섭취시킨 후 강제수영시간을 측정하고, 혈액과 근육의 피로요소를 분석하여 해당 식물체가 운동수행능력에 미치는 영향을 분석한 결과이다.

제2절 재료 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용한 약용식물은 복분자, 향부자, 오가피, 삼백초, 음양곽, 어성초등 6종이었고, 서울 경동시장 한약재상에서 구매하였다. 각 약용식물은 추출에 적합하도록 절단 또는 분쇄하고, 일정량을 평량하여 추출용기에 넣고 시료가 잠기도록 70% 에탄올을 가한 후 환류냉각기를 설치하여 3시간 동안씩 2회 추출하였다. 추출액은 평균 입자경이 0.1 μm 인 여과 cartridge로 온시 여과하고 2회의 여과액을 합하여 회전감압농축기를 사용하여 농축하였다. 이를 동결건조한 후 분말로 만들어 100 mesh 체로 쳐서 실험에 사용하였다.

가. 농축 조건

구 분	1차 농축	2차 농축
온 도	60~65℃	40~50℃
진 공	760 mmHg	760 mmHg
기기 모델 및 제조사	N.C.E evaporator 자연순환식농축기 증발량: 500~800 ℓ /h (주)한틀기계설비제작	EYELA Rotary Vacuum Evaporator 증발량: 5 ℓ /h 회전속도:130 rpm Tokyo Rikakikai Co., Ltd
비 고	생산현장설비시설	실험실설비시설

나. 추출 조건

원료명	원료량(kg)	추출가수량 (kg)	추출배수(배) (원료중량기준)	추출당도 (Brix)	추출온도(℃) 추출시간(min) 추출압력(kg/cm ²)
어성초	12.95	정제수: 140 에탄올: 60	정제수: 10.8 에탄올: 4.7	5.0	95 60 2.5
삼백초	12.95		정제수: 10.8 에탄올: 4.7	5.2	
음양곽	12.65		정제수: 11.1 에탄올: 4.7	5.4	
오가피	12.10		정제수: 11.6 에탄올: 5.0	4.0	95 90 2.5
복분자	12.20		정제수: 11.5 에탄올: 4.9	5.2	
향부자	12.25		정제수: 11.4 에탄올: 4.9	7.0	

다. 추출 결과

학명	한글명	원료량 (kg)	추출물 (Brix)	농축액 (Brix)	농축액양 (g)	수율 (%)
<i>Houttuynia cordata</i> Thunberg	어성초	12.95	5.0	32.0	3,244	25.05
<i>Saururus chinensis</i> Ball	삼백초	12.95	5.2	22.0	1,675	12.93
<i>Epimedium koreanum</i> Nakai	음양곽	12.65	5.4	27.4	2,476	19.57
<i>Acanthopanax sessiliflorus</i>	오가피	12.10	4.0	26.2	2,871	23.73
<i>Rubus coreanus</i> Miquel	복분자	12.20	5.2	51.0	993	8.14
<i>Cyperus rotundus</i> Linne	향부자	12.25	7.0	67.0	1,561	12.74

* 소포제 0.005% 사용.

2. 실험동물의 사육

수컷 mouse 4주령의 것을 일반 고형사료로 1주일간 예비사육한 후 무작위로 8 마리씩 7 군(대조군, 복분자군, 향부자군, 오가피군, 삼백초군, 음양곽군, 어성초군)으로 나누고 각각의 약용식물 추출물의 분말 500 mg/kg body weight를 0.25 mL 증류수에 용해시킨 것을 매일 아침 같은 시각에 경구투여 하였다. 고형사료 (Samyang Oil & Feed Co. Ltd., Korea) 및 식수는 자유롭게 먹을 수 있도록 공급하였다. 동물 사육실의 환경은 온도 $23\pm 1^{\circ}\text{C}$, 습도 $50\pm 5\%$ 로 조절하였고, 12시간 명암주기를 유지하였다.

3. 강제수영훈련

모든 실험군은 일주일에 3일 강제수영 훈련을 실시하였다. 강제수영훈련 방법은 1주 째 첫날 훈련 때에는 10분, 둘째와 셋째 훈련 날에는 20분씩 실시하고, 2주 째부터는 매번 30분간 실시하여 점차 시간을 증가시켜 나가는 점증운동부하법을 사용하였다. 이때 수조(swimming pool)의 온도는 $33\text{--}35^{\circ}\text{C}$ 가 유지되도록 하였다.

4. 강제수영능력 측정

4주간의 경구투여가 끝난 후 강제수영능력을 측정하였다. 측정방법은 수조 크기 $90\times 45\times 45\text{cm}$, 물높이 38 cm, 물 온도 $33\text{--}35^{\circ}\text{C}$ 의 수조에서 강제로 수영을 시키면서 mouse가 수면에서 수조 바닥 쪽으로 가라앉아 7초 이내에 다시 수면으로 떠오르지 못하는 때를 'all-out'으로 판정하여 그 때까지의 시간을 강제수영능력 시간으로 기록하였다(10,11).

5. 혈액성분 분석

4주간의 경구 투여 및 마지막 수영 훈련시점으로부터 48시간 이후, 18시간의 공복상태를 거친 후에 도살하였다. 혈액은 heart puncture로 채혈하였으며, EDTA를 첨가하여 응고를 방지한 후 3,000 rpm에서 10 min 동안 원심분리한 후에 혈장을 취하여 분석 시까지 -70°C 에서 보관하였다. 혈액 내 성분으로 중성지방 농도(Sigma 336-10, Sigma-Aldrich Chem. Co., St. Louis, MO, USA), 포도

당 농도(Sigma 510-DA), lactate 농도(Sigma 735-10), 암모니아 농도(Sigma 171-B)는 상업용 kit를 이용하여 분석하였다. 또한, 간(liver)과 하지의 골격근 중 비복근(gastrocnemius muscle)을 적출하여 액체 질소로 급속 동결시킨 후 글리코겐 농도를 분석하기 위하여 -70°C 에서 보관하였다.

6. 간과 근육내 글리코겐 농도

근육의 글리코겐 농도는 비복근을 이용하여 Anthrone법(12)에 의하여 분석하였다. 30% KOH 용액에 근육을 넣어 용해시키고 100°C 의 끓는물 속에서 20분간 증탕 후, 실온에서 20분간 방치하였다. 여기에 95% 에탄올을 첨가하여 $2,000\times\text{g}$ 에서 10분간 원심분리 하였다. 침전물을 증류수로 세척한 후, 증류수와 anthrone 시약을 넣고 끓는물에서 20분간 반응시켰다. 표준 포도당 용액을 이용하여 620nm 에서 비색정량을 실시하고, 글리코겐 농도를 산출하였다.

7. 통계처리

모든 데이터는 SPSS/PC 11.0 프로그램을 이용하여 평균 \pm 표준편차로 나타내었다. 대조군과 각 실험군 간의 유의적인 통계차를 분석하기 위하여 $p<0.05$ 의 유의수준에서 Student t-test를 실시하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 체중의 변화

실험기간 동안 각 군별 체중 변화와 식이효율은 Table 1에 나타낸 바와 같다. 처음 실험을 시작할 당시의 체중은 각 군별로 유의한 차이가 없었으나 실험이 진행되는 4주 동안에는 군간에 유의한 차이가 있었다. 먼저 대조군의 경우에는 실험기간 동안 지속적으로 체중의 증가가 있어서 총 $5.03\pm 1.03\text{g}$ 이 증가하였고, 다른 실험군의 경우에도 약 5~6 g의 체중이 증가하였다. 반면, 오가피군과 삼백초군의 경우에는 체중 증가량이 각각 $-0.53\pm 1.09\text{g}$, $0.00\pm 1.65\text{g}$ 으로 실험기간 동안 체중이 증가하지 않았고, 대조군과 비교하여 오히려 체중이 유의하게 감소하였다($p<0.05$). 본 연구에서 원래 의도하지는 않았지만 오가피와 삼백초의 투여는

체중 감량을 초래할 수 있다고 생각되었다.

식이효율은 일정 기간 동안 섭취한 식이 섭취량을 같은 기간 동안의 체중 증가량으로 나누어 계산한 것으로 본 실험에는 실험시작 후 처음 한 주 동안의 식이효율이 군간에 유의한 차이를 보여서 오가피군과 삼백초군이 대조군이나 다른 실험군에 비해 식이효율이 낮은 것으로 나타났다. 실험이 진행되는 2, 3, 4주 동안에는 군간에 유의한 차이가 없었으나 실험 기간 전체의 식이효율을 계산한 결과는 오가피군과 삼백초군에서 각각 -0.04 ± 0.41 , 0.00 ± 0.78 으로 대조군에 비해 낮았다.

Table 1. Body weight, weight gain and FER of mice orally administered medicinal plant extracts

Group	Body weight(g)		Weight gain(g)	FER
	Initial	Final		
Control	28.31±1.80	33.32±2.04	5.03±1.03	0.48±0.18
RC	27.04±3.02	33.41±1.23	6.43±0.98	0.53±0.55
CR	26.62±1.50	32.24±1.92	5.59±1.29	0.48±0.15
AS	29.33±1.90	28.88±2.41	-0.53±1.09*	-0.04±0.41*
SC	28.42±2.51	28.42±1.54	0.00±1.65*	0.00±0.78
EK	28.04±1.54	33.34±3.03	5.27±2.02	0.48±0.19
HC	26.44±1.93	31.41±3.10	5.03±1.04	0.45±0.19

Values are expressed as mean±SD. RC, *Rubus coreanus* Miq.; CR, *Cyperus rotundus* Linn.; AS, *Acanthopanax sessiliflorus*; SC, *Saururus chinensis* Ball.; EK, *Epemedium koreanum* Nakai; HC, *Houttuynia cordata* Thunb.; Value with asterisk is significantly different from that of the control group by Student *t*-test at $p < 0.05$.

2. 강제수영능력

실험 마지막 날에 강제수영능력을 테스트한 결과는 Table 2에 제시하였으며 편의상 그림(Fig. 1)을 함께 제시하였다. 강제 수영시간은 각 군 간에서 통계적으

로 유의한 차이를 보였고, 삼백초군을 제외한 모든 실험군이 대조군에 비해 수영 시간이 길었다. 그 중에서도 복분자군은 239.90±39.70분으로 가장 긴 수영시간을 보였고, 대조군과 비교하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 반면, 삼백초군은 116.90±23.30분으로 대조군과 비교하여 통계적으로 유의하게 짧은 수영 시간을 보였고, 가장 오래 수영한 복분자군에 비해서 약 120여분이나 짧았으며 다른 실험군보다도 80~90여분이나 짧아서 운동능력이 다른 군에 비해 상당히 낮았다. 삼백초군에서 체중이 거의 증가하지 않은 결과에 미루어 볼 때 이는 전체적인 체력이 저하된 결과라고 추정할 수 있다. 반면에 삼백초군보다도 체중이 낮았던 오가피군의 경우에는 수영시간이 226.5±16.19분으로 대조군과 유사한 결과를 보였는데, 이는 오가피의 운동수행능력 향상 효과가 매우 컸기 때문인 것으로 추정할 수 있다.

Table 2. Swimming time to exhaustion of mice orally administered medicinal plant extracts

Group	Swimming time(min)
Control	192.30±29.10
RC	239.90±39.70*
CR	210.00±26.60
AS	226.5±16.19
SC	116.90±23.30*
EK	221.70±31.58
HC	209.80±54.00

Data are expressed as mean±SD. Value with asterisk is significantly different from that of the control group by Student *t*-test at p<0.05. RC, *Rubus coreanus* Miq.; CR, *Cyperus rotundus* Linn.; AS, *Acanthopanax sessiliflorus*; SC, *Saururus chinensis* Ball.; EK, *Epemedium koreanum* Nakai; HC, *Houttuynia cordata* Thunb.

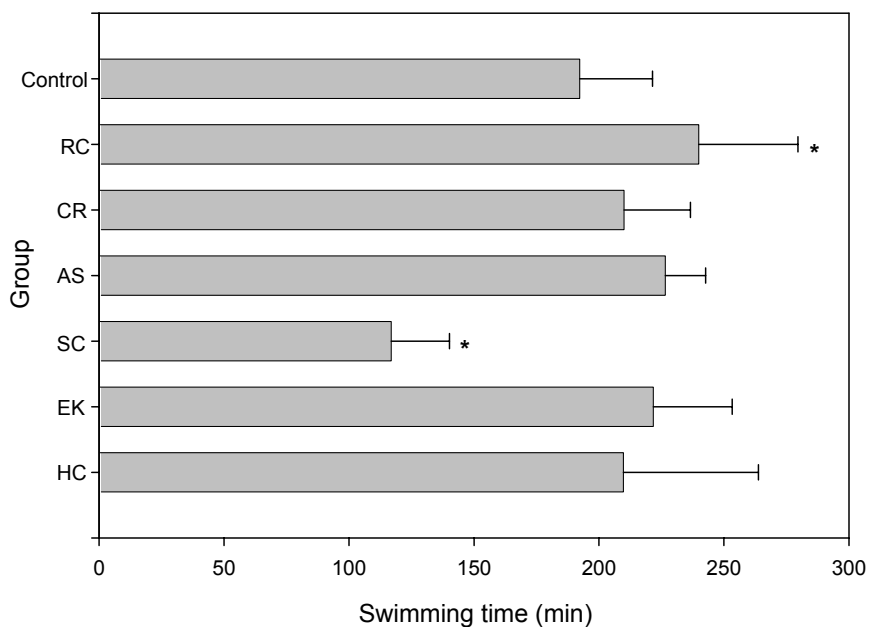


Fig. 1. Effect of medicinal plant extracts on the swimming time until exhaustion of mice. Value with asterisk is significantly different from that of the control group by Student *t*-test at $p < 0.05$. RC, *Rubus coreanus* Miq.; CR, *Cyperus rotundus* Linn.; AS, *Acanthopanax sessiliflorus*; SC, *Saururus chinensis* Ball.; EK, *Epemedium koreanum* Nakai; HC, *Houttuynia cordata* Thunb.

3. 혈액 성분의 비교

각 실험군의 혈액 성분 분석결과는 Table 3에 제시하였다. 오가피군을 제외한 다른 실험군의 혈중 중성지질 농도는 대조군과 비교하여 유의한 차이가 없었다. 그러나 오가피군은 혈중 중성지질의 농도가 71.6 ± 24.4 mg/dL로 대조군 보다 약 2 배정도 낮은 결과를 나타내었다.

혈당치에서는 삼백초군을 제외한 다른 실험군과 대조군 간에 유의한 차이가 없었다. 삼백초군의 경우에는 혈당 농도가 112.0 ± 11.2 mg/dL로 대조군에 비해 유의하게 높았다($p < 0.05$).

일반적으로 지구력 운동 수행동안 중성지방 또는 유리지방산이 증가하고 혈당이 감소하는 것은 운동으로 인한 에너지 소비를 나타낸다고 한다(13). 또한 중성지방은 근육 수축에 필요한 에너지를 제공할 수 있으며, 따라서 오랜 기간 동안 운동을 하게 되면 정상적으로 혈장 중성지방이 유의하게 감소하게 되는데(14), 이러한 지방 이용률의 증가는 상대적으로 당을 절약하게 되고 이는 운동수행 능력을 증가시키는데 기여할 수 있다(15,16). 이러한 연구 보고들을 고려할 때 수영시간이 가장 길었으면서도 혈중 중성지방과 혈당 농도에 유의한 차이가 없었던 복분자군은 에너지원으로서 지방과 당을 효과적으로 이용하여 운동수행 능력을 증가시킨 것으로 생각된다. 오가피군의 경우에도 혈중 중성지방 농도가 대조군에 비해 유의하게 낮았던 결과로부터 에너지원으로써 지방을 효율적으로 이용한 것으로 추정되며 이로 인해 통계적으로 유의하지는 않았지만 수영시간이 대조군보다 길었던 것으로 생각된다. 반면에 가장 짧은 시간 수영한 삼백초군은 혈당 농도가 대조군보다 유의하게 높았는데, 이는 에너지원으로 당을 효율적으로 사용하지 못하였고, 따라서 수영시간도 짧았던 것으로 해석될 수 있다. 그러나 단순히 삼백초군의 수영시간이 짧았기 때문에 혈중 포도당을 다른 군에 비해서 많이 소진하지 않아 혈당 농도가 낮았을 가능성도 배제할 수는 없다.

혈중 젖산의 농도는 각 실험군과 대조군 간에 유의한 차이가 없었다. 삼백초군의 경우 비록 통계적으로 유의하지는 않았지만 대조군에 비해서 혈중 젖산 농도가 높은 경향을 보였는데(51.8 ± 14.7 mg/dL vs 73.5 ± 11.6 mg/dL), 이는 앞에서 말한 바와 같이 에너지원으로 당을 이용하지 못한 증거로 해석되며 이러한 피로 물질의 축적으로 인해 운동수행능력에 좋지 않은 영향을 미쳤다고 할 수 있다.

젖산 축적은 운동으로 인해 야기되는 피로에 기여하는 말초적 인자로 이미 잘 알려져 있다(17).

혈중 암모니아 농도는 복분자군과 오가피군을 제외한 다른 실험군과 대조군 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 복분자군과 오가피군은 각각 $8.2 \pm 4.2 \mu\text{g}/\text{mL}$, $7.8 \pm 2.3 \mu\text{g}/\text{mL}$ 으로 대조군의 $13.3 \pm 1.5 \mu\text{g}/\text{mL}$ 보다 유의하게 낮았다 ($p < 0.05$). 혈중 암모니아 농도 또한 운동시 발생하는 피로물질로, 운동 시 아미노산 분해로 인해 생성된 암모니아가 피로요소로 인정받는 부분은 중추적 작용과 말초적 작용으로 구분된다. 암모니아의 중추적 피로작용의 기전은 운동 시 갑자기 증가되는 암모니아 자체가 독성을 나타내 혼수상태, 경련, 운동실조등을 일으킨다는 것이다(5). 또 다른 가설로는 암모니아가 중추신경계 세포내의 pH, 전해질농도, glutamate, glutamine, GABA와 같은 neurotransmitter 수준의 변화를 유발함으로써 운동기능의 장애와 피로를 유발한다는 것이다(6). 반면 암모니아의 말초적 피로요소로서의 기전을 살펴보면 근육세포내 암모니아 축적은 근육의 통증감지와 관련이 있는 구심성 신경을 자극함으로써 피로를 유발한다고 보고 있다(18). 또한, 암모늄 이온은 근육세포막에서 전기적 자극을 변화시킴으로써 근육의 장력발생을 저하시키고, TCA cycle과 당신생작용을 저해하며 산화반응을 감소시킴으로써 젖산생성을 초래하여 근 피로를 유발시킨다(19). 따라서 다른 군에 비해 혈중 암모니아 농도가 낮았던 복분자군과 오가피군의 수영운동 시간이 길었던 것은 이러한 피로물질의 축적이 적었던 것과 관련이 있을 것으로 추정된다.

Table 3. Effect of medicinal plant extracts on plasma biochemical parameters

Group	Triglyceride (mg/dL)	Glucose (mg/dL)	Lactate (mg/dL)	Ammonia (μ g/mL)
Control	164.9 \pm 32.5	53.9 \pm 22.7	51.8 \pm 14.7	13.3 \pm 1.5
RC	136.6 \pm 17.3	41.0 \pm 18.0	45.7 \pm 8.7	8.2 \pm 4.2*
CR	186.1 \pm 62.7	51.9 \pm 14.1	63.9 \pm 5.5	14.3 \pm 3.5
AS	71.6 \pm 24.4*	73.3 \pm 13.8	57.1 \pm 12.0	7.8 \pm 2.3*
SC	150.0 \pm 33.5	112.0 \pm 11.2*	73.5 \pm 11.6	14.4 \pm 3.5
EK	143.6 \pm 49.1	41.9 \pm 9.0	63.4 \pm 5.0	14.5 \pm 2.6
HC	197.8 \pm 29.6	55.5 \pm 23.8	48.8 \pm 5.3	13.1 \pm 7.1

Data are expressed as mean \pm SD. Values with asterisk are significantly different from that of the control group by Student *t*-test at $p < 0.05$. RC, *Rubus coreanus* Miquel; CR, *Cyperus rotundus* Linn; AS, *Acanthopanax sessiliflorus*; SC, *Saururus chinensis* Ball; EK, *Epemedium koreanum* Nakai; HC, *Houttuynia cordata* Thunb

3. 간과 비복근의 글리코겐 함량

Table 4에는 간과 비복근의 글리코겐 함량을 제시하였다. 간 글리코겐 함량은 대조군에 비해 모든 실험군에서 더 낮은 경향이 있었으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 비복근의 글리코겐 함량 또한 각 실험군과 대조군간에 유의한 차이가 없었다. 글리코겐 저장량이 오랜 시간의 운동 수행에 있어서 결정적인 역할을 한다는 것은 이미 보고된 바 있다(20,21). Wilber(20)는 지칠 때까지 수영한 기니아 피그에서 간 글리코겐이 심각하게 고갈되었음을 보고하였고, 그러한 간 글리코겐 고갈이 피로의 발달에 있어서 중요한 요인일 수 있다고 하였다. 한편, Dohm 등(22)은 지구력 운동 수행에 있어서 근육 글리코겐 양의 중요성을 증명하였고, 중요한 피로 요인이라고 제시하였다. 이상의 연구들을 고려할 때, 본 연

구에서 사용된 몇몇 약용추출물들의 경우 수영 시간이 대조군보다 길었으면서도 간 및 비복근의 글리코겐 함량에 유의한 차이가 없었던 것은 주목할 만하다. 특히 복분자군과 오가피군은 지방 이용률을 증가시키고, 이러한 근육 글리코겐을 절약하는 방법으로 운동수행 동안 에너지를 효율적으로 사용한 것이 젖산 및 암모니아와 같은 피로물질의 축적을 지연시킬 수 있었던 것으로 추정되며, 이것이 수영시간을 연장시키는데 기여했을 것으로 생각된다.

Table 4. Effect of medicinal plant extracts on the glycogen contents of liver and gastrocnemius muscle

Group	Liver(mg/g)	Muscle(mg/g)
Control	0.61±0.39	0.30±0.06
RC	0.38±0.27	0.23±0.10
CR	0.32±0.22	0.20±0.12
AS	0.45±0.51	0.27±0.10
SC	0.19±0.18	0.36±0.09
EK	0.33±0.22	0.25±0.05
HC	0.45±0.44	0.24±0.08

Data are expressed as mean±SD. There are no significant differences between the control group and each treatment group by Student *t*-test. For group names, see Table 1.

제4절 참고문헌

- 1) Davydov, M., and Krikorian, A.,D. *Elutherococcus senticosus*(Rupr. & Maxim.) Maxim.(Araliaceae) as an adaptogen: a closer look. *Journal of Ethnopharmacology* 72: 345-393, 2000.
- 2) Gruenigen, V.,E., Showalter, A.L., Gil, K.M., Frasure, H.E., Hopkins, M.P., and Jenison, E.L. Complementary and alternative medicine: Use in the Amish. *Complementary Therapies in Medicine*. 9: 232-233, 2001.
- 3) 백일영, 김정규, 전유섭, 오홍진. 절대강도 운동 시 혈중 피로요소의 변화에 의한 피로기전의 타당성 검증. *한국체육학회지*. 36(1): 281-233, 1998
- 4) MacLaren, D.P.M., Gibson, H., Parry-Billings, M., and Edward, R.H.T. *Exercise and sport science review: A review of metabolism and physiological factors in fatigue*. Vol. 7: 29-66, 1989
- 5) Banister, E.W. and Cameron, B.J.C. Exercise-induced hyperammonemia: peripheral and central effects. *International Journal of Sports Medicine*. 11(Suppl. 2): S129-S142, 1990
- 6) 동의보감, 삼성문화사.
- 7) Lee, S.J. *Korean Folk Medicine*. Publishing Center of Seoul National University, Seoul, 1966
- 8) Brekhman, I.I. and Dardymov, I.D. New substances of plant origin which increase nonspecific resistance. *Annual Review of Pharmacology*. 9: 419-430, 1969.
- 9) Perry, LM. *Medicinal plants of East and Southeast Asia, Attributed Properties and Uses*. MIT Press: Cambridge. 346, 1980.
- 10) Matsumoto, K., Ishihara, K., Tanaka, K., Inoue, K., and Fushiki, T. An adjustable-current swimming pool for the evaluation of endurance capacity of mice. *Journal of Applied Physiology*. 81: 1843-1849, 1996.
- 11) Kamakura, M., Mitani, N., Fukuda, T., and Fukushima, M. Antifatigue effect of fresh Royal jelly in mice. *Journal of Nutritional Science and*

- Vitaminology. 47: 394-401, 2001.
- 12) Chun, Y. and Yin, Z.D. Glycogen assay for diagnosis of female genital chlamydia trachomatis infection. *Journal of Clinical Microbiology*. 36: 1981-1982, 1998.
 - 13) Walberg, J.L., Greenwood, M.R.C., and Stern, J.C. Lipoprotein lipase activity and lipolysis after swim training in obese Zucker rats. *American Journal of Physiology* 245: R706-R712, 1983.
 - 14) Jones, N.L. and Havel, R.J. Metabolism of free fatty acids and chylomicron triglycerides during exercise in rats. *American Journal of Physiology*. 213(4): 824-828, 1967.
 - 15) Hickson, R.C., Rennie, M.J., Conlee, R.K., Winder, W.W., and Holloszy, J.O. Effects of increased plasma fatty acids on glycogen utilization and endurance. *Journal of Applied Physiology*. 43: R829-R833, 1977.
 - 16) Ivy, J.L., Costill, D.L., Fink, W.J., and Lower, R.W. Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 11: 6-11, 1979.
 - 17) Gollnick, P.D. Peripheral factors as limitations to exercise capacity. *Canadian Journal of Applied Sports Science*. 7: 14-21, 1982.
 - 18) Mitchell, J.H. Neural control of the circulation during exercise. *Medicinal Science of Sports and Exercise*. 22: 141-154, 1990
 - 19) Koyuncuolu, H., Keyer, M., Simsek, S., and Sagduyu, H. Ammonia intoxication: changes of brain levels of putative neurotransmitter and related compounds and its relevance to hepatic coma. *Pharmacology Research Communication*. 10: 787-807, 1978
 - 20) Wilber, C.G. 1959. Some factors which are correlated with swimming capacity in guinea pigs. *Journal of Applied Physiology*. 14(2), 199-203.
 - 21) Favier, R.J. and Koubi, H.E., 1988. Metabolic and structural adaptations to exercise in chronic intermittent fasted rats. *American Journal of Physiology*. 254(23), R877-R884.

- 22) Dohm, G.L., Tapscott, E.B., Barakat, H.A. and Kasperek, G.J., 1983.
Influence of fasting on glycogen depletion in rats during exercise. *Journal of Applied Physiology*. 55(3), 830-833.

제2장 식물체 추출물이 흰쥐의 강제수영능력에 미치는 영향: 밀리타리스 동충하초, 자포니카 동충하초, 상황버섯, 영지버섯, 홍삼 및 잎새버섯의 효과 비교

제1절 서론

복잡한 현대사회에서 활동량이 부족하고, 환경오염에 의한 생활 환경 악화, 정신적인 스트레스가 가중되는 현대인들이 가장 원하는 사항은 건강 증진이라고 생각된다. 운동이 가장 경제적이고 효율적인 성인병 및 노화의 예방책으로 판단되지만, 바쁜 일상생활, 피곤함 또는 무기력감, 게으른 습관 등 여하한 이유로 건강관리를 못하는 현대인은 운동의 대안으로 자양강장제(tonics)를 복용하는 경향이 높다. 자양강장제란 건강의 유지 또는 개선에 관계되는 모든 요소를 뭉뚱그려 표현한 포괄적인 개념이기 때문에 건강과 관련이 있는 모든 먹거리가 자양강장제 범주에 포함될 수 있으나, 사실 과학적으로는 자양강장제의 구체적인 실체는 없는 실정이다(1). 이 이유로 수없이 많은 자양강장제가 전세계 국가에서 이용되고 있지만, 그 효과는 주로 고문서에 의존하거나, 간단한 *in vitro* 실험 또는 부분적인 동물실험에 근거하고 있으며 아직 체계적인 임상시험을 통해 과학적인 검증을 거친 제품은 없다고 판단된다.

한편, 국내에서 자양강장제로는 인삼과 녹용 류의 한약재, 비타민과 미네랄 제재류의 영양보충식품, 스쿠알렌과 자라 같은 건강보조식품 등으로 매우 다양하며, 국외에서는 비타민 C등 식이보조식품, Rosemary oil 등 허브류, 에페드라와 마황 등 식물체를 섭취하고 있다. 그런데 이들의 과학적인 근거가 없거나 미약하다는 문제가 있고 특히, 한국인은 뱀, 犬肉, 곰솔개, 사슴피, 심지어 지네에 이르기 이를 정도로 보신식품 중 혐오식품이 많아 전세계적으로 문화적 마찰이 발생하기도 하고, 동남아시아에서는 보신 관광객이 물의를 빚는 경우도 있다. 따라서 이제라도 과학적인 자양강장식의 개발로 口傳에 의존하거나 야만적인 보신식품

을 대체할 필요성이 시급하다고 판단된다.

과거에 대체의학은 비과학적이며 비의학적인 민간요법의 하나로 치부되는 것이 현실이었으나, 현재는 정규 의학이 해결하지 못하는 영역을 탐구하는 새로운 분야로 발전하고 있는 미래 지향적인 산업으로 발전 속도가 빠를 것으로 예측된다. 최근 국제적으로 대체의학에 관한 관심이 고조되면서 미국에서는 National Institute of Health 산하에 National Center for Complementary & Alternative Medicine을 설립하고 대체의약품에 대한 임상시험(clinical trial)을 통해 기존의 의학 범주와 별도로 질병의 예방과 치유에 대한 연구를 본격화하고 있다(2). 현재는 주로 암, 당뇨, 심장질환 등 질병에 초점을 두고 연구를 수행하고 있으며, 국내에서도 대체의학이 도입되어 homeopathy(3), aromatherapy(4) 등 다양한 연구가 이루어지고 있고 다루는 영역도 확대 추세에 있다. 본 과제에서는 지구력을 요구하는 운동수행능력을 평가기준으로 자양강장 효과가 있는 대체의학 소재에 대하여 연구하였다.

Ergogenic aids(5) 중 약물보조제(스테로이드, 카페인, erythropoietic 등)나 생리물질등(sodium bicarbonate, sodium citrate, 수혈 등)을 일정량 이상 복용하면 운동 수행능력을 현저히 증가시킬 수 있고 일상생활에서도 활기찬 생활을 할 수 있겠지만, 이는 일시적인 현상에 불과하고 이들 약물은 건강에 서서히, 그러나 치명적인 부작용을 수반하여 궁극적으로 건강을 해치는 행위이다. 반면, 식품가공 원료로 사용될 수 있는 식물체는 부작용 없이 안전하게 모든 인류가 섭취할 수 있다는 점에서 운동수행능력을 기준으로 한 자양강장제 개발 원료로 요긴하게 활용될 수 있다. 동양의학서(6,7) 및 과거의 연구결과(8-14)에 따르면 밀리타리스 동충하초, 자포니카, 상황버섯, 영지버섯, 홍삼, 잎새버섯 등은 항피로작용, 강장, 음위, 강정, 강심 등의 효과가 있다고 알려져 있어 본 과제의 연구 대상 시료로 선정하였다. 본 연구는 흰쥐에게 이들 식물체 추출물을 섭취시킨 후 강제수영시간을 측정하고, 혈액과 근육의 피로요소를 분석하여 해당 식물체가 운동수행 능력에 미치는 영향을 분석한 결과이다.

제2절 재료 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용한 약용식물은 총 6종(밀리타리스, 자포니카, 상황버섯, 영지버섯, 홍삼, 잎새버섯)을 서울 경동시장에서 구매하여 실험에 사용하였다. 각 약용식물체부터 농축액을 추출하는 과정은 아래에 제시하였다. 추출 방법을 간략히 설명하면 먼저 한약재 재료를 추출에 적합하도록 절단 또는 분쇄한 것을 일정량 평량한 다음 시료를 추출 용기에 넣고 시료가 잠기도록 70% 에탄올을 가하고 환류 냉각기를 설치하여 3시간 동안 2회 추출한 후 온시 여과하여 그 여과액을 합하여 감압농축기를 사용하여 농축하였다. 이를 동결 건조한 후 분말로 만들어 100 mesh 체로 쳐서 실험에 사용하였다.

가. 추출 조건 및 추출 결과

원료명	원료량 (kg)	추출가수량(g)	추출배수(배) (원료중량기준)	추출당도 (Brix)	추출온도(℃) 추출시간(min) 추출압력(kg/cm ²)	
상황버섯	10.774	정제수: 7.5 에탄올: 3.2	10	9.0	80 210 10	
		정제수: 5.2 에탄올: 2.3	7	14.8		
영지버섯	3.32	정제수: 21.9 에탄올: 9.3	10	11.2		
		정제수: 13.2 에탄올: 5.6	6	10.8		
자포니카	4.72	정제수: 23.9 에탄올: 10.3	8	14.8		
		정제수: 17.9 에탄올: 7.6	6	12.2		
앞새버섯	3.272	정제수: 17.8 에탄올: 7.6	8	15.0		
			6	13.0		
밀리타리스	4.308	정제수: 30.2 에탄올: 12.9	10	14.4		
		정제수: 18.1 에탄올: 7.8	6	14.0		
홍삼	홍삼 엑기스의 형태로 시중에서 KT&G 제품 구매					

나. 농축 조건

구 분	1차 농축	2차 농축
온 도	45~55℃	45~55℃
Destination	Rotary Vacuum Evaporator	
Manufacturer & Supplier	EYELA	YAMATO
Model number	Tokyo Rikaki Co., LTD N-11	Yamato Scientific Co., Ltd RE-47
RPM	125	130
STII-CAPA	1.5 ℓ/h	5 ℓ/h
비 고	실험실용 추출 및 농축 설비 시설	

다. 농축 결과

제 품 명	농축당도 (Brix)	농축액량(g)	농축수율(%)	비 고
상황버섯농축액	28.0	495.5	46.11	
영지버섯농축액	11.4	1,112.3	35.51	
자포니카농축액	53.6	2,359.8	55.24	소포제 0.04%
잎새버섯농축액	53.2	1,909.6	60.12	소포제 0.01%
밀리타리스농축액	51.4	2,475.5	57.46	
홍삼농축액	60.0	시중에서 구매		

2. 실험동물의 사육

4주령의 수컷 mouse를 일반고형사료로 1주일간 예비사육한 후 8 마리씩 7 군 (대조군, 밀리타리스군, 자포니카군, 상황버섯, 영지버섯군, 홍삼군, 잎새버섯군)으로 분류하였다. 약용식물 추출물 분말가루 500 mg/kgBW을 0.25 mL 증류수에 타서 매일 아침 같은 시각에 경구투여 하였고, 고형사료 및 식수는 자유롭게 먹을 수 있도록 공급하였다. 동물 사육실의 환경은 온도 23±1℃, 습도 50±5%, 12-hour light-dark cycle을 유지하였다.

3. 강제수영훈련

모든 군은 일주일에 3일 강제수영 훈련을 실시하였다. 강제수영 훈련 방법은 1주 째 첫날 훈련 때에는 10분, 둘째와 셋째 훈련 날에는 20분씩 실시하고, 2주 째부터는 매번 30분간 실시하여 점차 시간을 증가시켜 나가는 점중운동부하법을 사용하였다. 이때 수조(swimming pool)의 온도는 33-35°C가 유지되도록 하였다.

4. 강제수영능력 측정

4주간의 경구투여가 끝난 후 강제수영능력을 측정하였다. 측정방법은 수조크기 90×45×45cm, 물높이 38cm, 물 온도 33-35°C의 수조에서 강제 수영시킨 후, mouse가 수조 바닥에 가라앉아 7초 이내에 다시 수면으로 떠오르지 못하는 때를 'all-out'으로 판정하여 그 때까지의 시간을 강제수영능력 시간으로 기록하였다 (15,16).

5. 혈액성분 분석

4주간의 경구 투여 및 마지막 수영 훈련시점으로부터 48시간 이후, 18시간의 공복상태를 거친 후에 해부하였다. 혈액은 heart puncture로 채혈하였으며 EDTA를 첨가하여 응고를 방지한 후 3,000 rpm에서 10 min 동안 원심분리한 후에 혈장을 취하여 분석 시까지 -70°C에서 보관하였다. 혈액 내 성분으로 중성지방 농도(Sigma 336-10), 포도당 농도(Sigma 510-DA), Lactate 농도(Sigma 735-10), 암모니아 농도(Sigma 171-B)를 상업용 kit를 이용하여 분석하였다. 또한, 간(liver)과 하지의 골격근 중 비복근(gastrocnemius muscle)을 적출하여 액체 질소에 급속 동결시킨 후 글리코겐 농도를 분석하기 위하여 -70°C에서 보관하였다.

6. 간과 근육내 글리코겐 농도

근육의 글리코겐 농도는 비복근을 이용하여 Anthrone법(17)에 의하여 측정하였다. 30% KOH 용액에 근육을 넣어 용해시키고 100°C의 끓는물 속에서 20분간 중탕 후, 실온에서 20분간 방치하였다. 여기에 95% 에탄올을 첨가하여 2,000×g에서 10분간 원심분리 하였다. 침전물을 증류수로 세척한 후, 증류수와 anthrone

시약을 넣고 끓는물에서 20분간 반응시켰다. 표준 포도당용액을 이용하여 620 nm에서 비색정량을 실시하고, 글리코젠 농도를 산출하였다.

7. 통계처리

모든 데이터는 SPSS/PC 11.0 프로그램을 이용하여 평균±표준편차로 나타내었다. 대조군과 각 실험군 간의 유의적인 통계차를 분석하기 위하여 $p < 0.05$ 의 유의수준에서 Student t-test를 실시하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 체중의 변화 및 식이효율

실험기간동안 체중의 변화와 체중 증가량 및 식이효율은 Table 1에 제시하였다. 실험기간 동안의 체중 증가량은 대략 2~4 g 정도로 정상적인 경우의 증가량(10~15 g)보다 적었는데, 이는 본 연구에서 실시한 규칙적인 수영 적응 훈련의 결과라고 사료된다.

식이효율은 일정기간 동안 섭취한 식이 섭취량을 같은 기간 동안의 체중 증가량으로 나누어 계산하는 것으로 본 실험에서는 실험기간 동안 각 군의 식이효율에 유의한 차이가 없었다. 따라서 본 연구에서 사용된 약용식물 추출물들은 대조군과 비교하여 체중, 체중 증가량, 식이효율에 어떤 유의한 영향도 미치지 않았다.

Table 1. Body weight, weight gain and FER in mice which was orally administered several medicinal plant extracts

Group	Body weight(g)		Weight gain(g)	FER
	Initial	Final		
Control	30.4±1.4	33.7±4.1	3.3±3.0	0.2±0.2
CM	29.5±2.2	31.5±3.0	2.0±3.5	0.1±0.2
PJ	30.5±2.7	33.1±4.2	2.6±4.3	0.1±0.2
PL	28.8±3.5	32.6±2.5	3.8±2.7	0.2±0.1
GL	29.2±2.1	32.9±4.0	3.7±3.1	0.2±0.2
GF	28.1±3.1	31.3±3.5	3.2±0.8	0.2±0.0
PG	29.8±2.2	32.6±3.2	2.8±2.8	0.2±0.2

Data are expressed as mean±S.D. There are no significant differences between the control group and each treatment group by Student *t*-test. CM, *Cordyceps militaris*; PJ, *Paecilomyces japonia*; PL, *Phellinus linteus*; GL, *Ganoderma lucidum*; GF, *Grifola frondosa*; PG, *Panax ginseng*

2. 강제수영능력

실험 종료 후 강제수영능력을 테스트 한 결과는 Table 2와 Fig. 1에 제시하였다. 강제수영능력 시간은 경구투여된 약용식물의 종류에 따라 각 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 밀리타리스군, 자포니카군, 잎새버섯군의 수영시간은 각각 142.6±9.9분, 140.9±27.0분, 150.4±18.7분으로 대조군의 118.5±17.0분과 비교하여 통계적으로 유의하게 길었다($p < 0.05$). 반면 상황버섯군, 영지버섯군, 그리고 홍삼군은 대조군 보다 수영시간이 유의하게 짧았다($p < 0.05$).

밀리타리스는 이미 중국에서 자양강장 식품으로 널리 인식되고 있으며, 잎새버섯의 경우에는 생쥐의 수영시간을 연장시켰다는 다른 연구 보고가 있다(11).

Table 2. Swimming time until exhaustion in mice which was orally administered several medicinal plant extracts

Group	Swimming time(min)
Control	118.5±17.0
CM	142.6±9.9*
PJ	140.9±27.0*
PL	95.3±13.9*
GL	90.6±11.3*
GF	150.4±18.7*
PG	76.6±12.2*

Values are mean±SD. Values with asterisk are significantly different from that of the control group by Student *t*-test at $p < 0.05$.

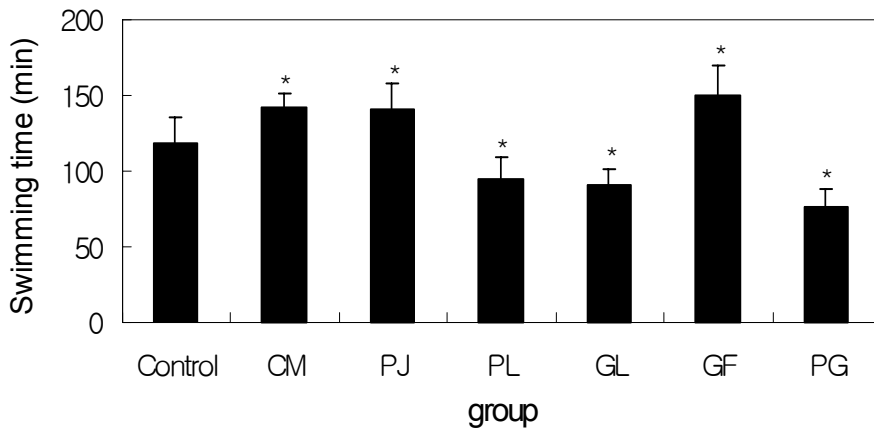


Fig. 1. Effect of medicinal plant extracts on the swimming time to exhaustion of mice. CM, *Cordyceps militaris*; PJ, *Paecilomyces japonia*; PL, *Phellinus linteus*; GL, *Ganoderma lucidum*; GF, *Grifola frondosa*; PG, *Panax ginseng*; Values with asterisk are significantly different from that of the control group by Student *t*-test at $p < 0.05$.

3. 혈액 성분들의 비교

각 실험군의 혈액 성분 분석결과는 Table 3에 제시하였다. 혈중 중성지방 농도는 잎새버섯군을 제외한 모든 실험군에서 대조군에 비해 유의하게 낮았고 ($p < 0.05$), 잎새버섯은 대조군과 유의한 차이가 없었다. 근육의 사용은 지방 이용에 주로 의존하며, 유리지방산 및 중성지방이 근육 수축시 에너지를 제공한다는 증거가 있다(18). 따라서 본 연구에서 잎새버섯을 제외한 다른 실험군의 혈장 중성지방 농도가 유의하게 낮은 것은 이들 약용식물 추출물들이 수영 동안 생쥐의 지방 이용률을 증가시켰기 때문인 것으로 추정된다.

혈중 포도당 농도는 모든 실험군과 대조군 사이에서 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 일반적으로 운동 수행을 위해 에너지가 소비되면 혈당이 감소하게 된다(19). 본 연구에서 밀리타리스군과 자포니카군의 경우 대조군에 비해 유의하게 긴 수영시간에도 불구하고 혈당 농도에 차이가 없었고, 혈중 중성지방 농도는 유의하게 낮았다. 이는 두 실험군이 대조군보다 수영 운동 동안 에너지원으로 지방과 당을 효율적으로 사용하였고, 그로 인해 수영시간이 대조군보다 길었던 것으

로 생각된다. 가장 수영 시간이 길었던 잎새버섯군의 경우에도 혈당 농도와 혈중 중성지방 농도가 대조군과 비교하여 유의한 차이가 없어, 밀리타리스군 및 자포니카군과 마찬가지로 운동수행에 필요한 에너지를 효율적으로 사용한 것으로 추정할 수 있다. 반면 홍삼군은 통계적으로 유의하지는 않았지만 대조군에 비해 혈당 농도 높은 경향이 있었고, 혈중 중성지방은 가장 낮은 경향이 있었다. 이것은 오랜 시간 수영하는 동안 에너지원으로 당과 지방을 사용하는데 있어서 효율적으로 사용하지 못했음을 나타내주며 그로 인해 수영 시간이 짧았던 것으로 추정된다. 그러나 단순히 수영시간이 짧았기 때문에 그 만큼 포도당을 소진하지 않아서 혈당 농도가 높았을 가능성도 배제할 수는 없다. 이러한 결과는 1차 연구에서 수영시간이 가장 짧았던 삼백초군에서 혈당 농도가 가장 높았던 것과 유사한 결과였다.

혈중 젖산 농도는 잎새버섯군을 제외한 다른 실험군과 대조군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 잎새버섯군의 혈중 젖산 농도는 55.99 ± 3.22 mg/dL로 대조군의 68.31 ± 2.57 mg/dL 보다 유의하게 낮았다($p < 0.05$). 젖산은 무산소 운동 중에 근세포질에 축적되는 피로물질이다. 운동에 의해 젖산축적이 일어나게 되면 체내의 산성화를 야기하며, 운동 중 glycogen 대사에 관여하는 phosphorylase의 활성을 저하시켜 혐기상태의 운동에너지의 급원이 되는 포도당 신생이 억제된다고 알려져 있다. 본 연구에서 잎새버섯군의 유의하게 낮은 젖산 농도가 혈중 포도당 농도에 어떤 영향을 미치는지는 않았지만, 피로물질인 젖산의 혈중 농도가 대조군보다 유의하게 낮은 것이 잎새버섯군의 긴 수영시간과 관련이 있을 것으로 생각된다. 탈진 때까지의 격렬한 수영 운동이 혈중 젖산 농도를 유의하게 증가시켰고, 혈중에 젖산이 축적되는 속도는 수영시간과 역(negative) 상관관계가 있었다고 보고된 바 있다(20).

혈중 암모니아 농도는 전반적으로 대조군에 비해 실험군에서 낮았다. 특히 자포니카와 잎새버섯의 혈중 암모니아 농도는 각각 7.49 ± 0.40 $\mu\text{g/mL}$ 와 7.61 ± 0.83 $\mu\text{g/mL}$ 로 대조군의 9.37 ± 1.17 $\mu\text{g/mL}$ 보다 유의하게 낮았다($p < 0.05$). 암모니아는 운동시 아미노산 분해로 인해 생성되는 피로요소로, 과량의 암모니아는 중추신경계에 독성 효과를 가지기 때문에 운동으로 인한 암모니아의 축적은 중추신경계의 피로 유발에 기여하는 것으로 알려져 있다(21,22,23). 따라서 본 연구에서 자

포니카군과 잎새버섯군의 수영시간이 대조군에 비해 유의하게 길었던 것은 두 실험군의 혈중 암모니아 농도가 대조군에 비해 유의하게 낮았던 것과 관련이 있을 것으로 생각된다.

Table 3. Effect of medicinal plant extracts on plasma biochemical parameters

Group	Triglyceride (mg/dL)	Glucose (mg/dL)	Lactate (mg/dL)	Ammonia (μ g/mL)
Control	173.30±15.77	58.00±15.80	68.31±2.57	9.37±1.17
CM	131.92±13.56*	52.60±12.35	67.54±2.91	9.25±0.66
PJ	133.87±19.88*	61.17±17.81	50.34±6.20	7.49±0.40*
PL	128.60±10.68*	48.04±21.09	64.34±6.03	7.80±0.86
GL	131.17±28.05*	54.48±24.63	60.12±8.37	8.38±2.36
GF	163.04±13.79	45.03±14.70	55.99±3.22*	7.61±0.83*
PG	108.08±21.65*	89.49±22.95	67.38±9.58	8.58±1.41

Data are expressed as mean±S.D. Values with asterisk are significantly different from that of the control group by Student *t*-test at $p < 0.05$. For group names, see Table 1.

4. 간과 비복근의 글리코겐 함량

간과 비복근의 글리코겐 함량은 Table 4에 제시하였다. 밀리타리스군, 자포니카군, 그리고 잎새버섯군의 간 글리코겐 함량은 대조군에 비해 낮은 경향이 있었고, 상황버섯군, 영지버섯군, 그리고 홍삼군의 간 글리코겐 함량은 대조군에 비해 높은 경향이 있었다. 운동수행능력의 향상은 간과 근육 글리코겐의 분해 속도가 감소되는 것에 의해 설명될 수 있으며, 따라서 글리코겐 저장량은 오랜 기간 동안의 운동 능력에 있어서 중요한 역할을 한다고 알려져 있다(24). 본 연구의 경우 밀리타리스군, 자포니카군, 그리고 잎새버섯군에서 간 글리코겐의 함량이 대조군 보다 낮은 경향이 있었으나 통계적으로 유의할만한 차이는 아니었으며, 또

한 밀리타리스군, 자포니카군, 그리고 잎새버섯군의 경우 수영 시간이 대조군에 비해 유의하게 길었기 때문에 그만큼 에너지원으로 사용된 때문일 것으로 추정된다. 이는 대조군 보다 수영시간이 유의하게 짧았던 상황버섯, 영지버섯 그리고 홍삼군의 간 글리코젠 함량이 반대로 다소 높은 경향이 있었던 것과도 일맥상통한다.

비복근의 글리코젠 함량의 경우에도 대조군과 각 실험군 간에 유의한 차이가 없었다. Dohm 등(25)은 지구력 운동 수행에 있어서 근육 글리코젠 양의 중요성을 증명하였고, 중요한 피로 요인이라고 제시하였다. 밀리타리스군, 자포니카군, 그리고 잎새버섯군의 경우 수영 시간이 대조군에 비해 유의하게 길었음에도 불구하고 비복근의 글리코젠 함량이 대조군과 유의하게 다르지 않았다.

이상의 모든 결과들을 고려할 때 밀리타리스, 자포니카군 그리고 잎새버섯군은 강제수영 동안 지방의 이용을 증가시키고 글리코젠의 사용을 절약함으로써 운동수행 능력 향상에 기여하였고, 특히 자포니카군과 잎새버섯군은 부가적으로 피로물질인 혈중 암모니아의 축적을 지연시킴으로써 수영 시간을 연장시킨 것으로 생각된다.

Table 4. Effect of medicinal plant extracts on the contents of liver and gastrocnemius muscle glycogen

Group	Liver (mg/g)	Muscle (mg/g)
Control	0.29 ± 0.11	2.16 ± 0.66
CM	0.23 ± 0.11	2.16 ± 0.83
PJ	0.23 ± 0.11	2.00 ± 0.69
PL	0.31 ± 0.16	1.98 ± 0.72
GL	0.36 ± 0.07	2.91 ± 1.26
GF	0.21 ± 0.08	2.15 ± 0.53
PG	0.36 ± 0.10	2.11 ± 0.97

Data are expressed as mean±S.D. There are no significant differences between the control group and each treatment group by Student t-test. For group names, see Table 1.

제4절 참고문헌

- 1) Davydov M, Krikorian AD. *Elutherococcus senticosus* (Rupr. & Maxim.) Maxim. (Araliaceae) as an adaptogen: a closer look. *J Ethnopharmacology* 72: 345-393, 2000.
- 2) Gruenigen VE, Showalter AL, Gil KM, Frasure HE, Hopkins MP and Jenison EL. Complementary and alternative medicine: Use in the Amish. *Complementary Therapies in Medicine* 9: 232-233, 2001.
- 3) 백일영, 김정규, 전유섭, 오홍진. 절대강도 운동 시 혈중 피로요소의 변화에 의한 피로기전의 타당성 검증. *한국체육학회지* 36(1): 281-233, 1998
- 4) MacLaren DPM, Gibson H, Parry-Billings M, Edward RHT. Exercise and sport science review: A review of metabolism and physiological factors in fatigue. Vol. 7: 29-66, 1989
- 5) Baranov AI. Medicinal use of ginseng and related plants in the Soviet Union: recent trends in the Soviet literature. *Journal of Ethnopharmacology*. 6(3): 339-353 (1982)
- 6) 한대석, 송효남, 김상희. 새로운 기능성식품 소재: 동충하초. *식품과학과 산업*. 32(3): 56-63 (1999)
- 7) 최현선, 박찬정, 서형주, 성하진, 양한철. 잎새버섯으로부터의 항고혈압 활성. *한국식품과학회 96년 학술발표*. (1996)
- 8) Jung NP, Jin SH. Studies on the physiological and biochemical effects of Korean ginseng. *Korean Journal of Ginseng Science* 20(4): 431-471, 1996.
- 9) Chen X, Liu H, Lei X, Fu Z, Li Y, Tao L, Han R. Cancer chemopreventive and therapeutic activities of red ginseng. *Journal of Ethnopharmacology* 60: 71-78, 1998.
- 10) Kim DS, Oh SR, Lee IS, Jung KY, Park JD, Kim SI, Lee H-K. Anticomplementary activity of ginseng saponins and their degradation products. *Phytochemistry* 47(3), 397-399, 1998.
- 11) Ji PJ, Wang XL, Zhejiang Q, Huang X, Zhu YP. Research on *Grifola*

- frondosa extract. *Zhe Wei Yao Jian* i(1041): 19-26, 1996.
- 12) Giner-Larza EM, Manez S, Giner-Pons R.M, Recio MC, Rios J-L. On the anti-inflammatory and anti-phospholipase A2 activity of extracts from lanostane-rich species. *Journal of Ethnopharmacology* 73: 61-69, 2000.
 - 13) Kim HM, Han SB, Oh GT, Kim YH, Hong DH, Hong ND, Yoo ID. Stimulation of humoral and cell mediated immunity by polysaccharide from mushroom *Phellinus linteus*. *International Journal of Immunopharmacology* 18(5): 295-303, 1996.
 - 14) Wasser SP, Weis AL. Therapeutic effects of substances occurring in higher, 1999.
 - 15) Matsumoto K, Ishihara K, Tanaka K, Inoue K, Fushiki T. An adjustable-current swimming pool for the evaluation of endurance capacity of mice. *Journal of Applied Physiology* 81: 1843-1849, 1996.
 - 16) Kamakura M, Mitani N, Fukuda T, Fukushima M. Antifatigue effect of fresh Royal jelly in mice. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology* 47: 394-401, 2001.
 - 17) Chun Y, Yin ZD. Glycogen assay for diagnosis of female genital chlamydia trachomatis infection. *Journal of Clinical Microbiology* 36: 1981-1982, 1998.
 - 18) Jones NL, Havel RJ. Metabolism of free fatty acids and chylomicron triglycerides during exercise in rats. *American Journal of Physiology* 213(4): 824-828, 1967.
 - 19) Walberg JL, Greenwood MRC and Stern JS. Lipoprotein lipase activity and lipolysis after swim training in obese Zucker rats. *American Journal of Physiology*, 245(14): R706-R712, 1983.
 - 20) Wilber CG. 1959. Some factors which are correlated with swimming capacity in guinea pigs. *Journal of Applied Physiology* 14(2), 199-203.
 - 21) Schenker S, McCandless DW, Brophy E, Lewis MS. Studies on the intercerebral toxicity of ammonia. *The Journal of Clinical Investigation* 46:

- 838-848, 1967.
- 22) Pathak CL. Muscle work and fatigue-A review. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology* 13(2): 87-97, 1969.
- 23) Jones NL. Muscle performance and fatigue: overview. *Hypoxia, Exercise, and Altitude: Proceedings of the third Banff International hypoxia symposium*, pp. 237-242, 1983.
- 24) Favier RJ, Koubi HE. Metabolic and structural adaptations to exercise in chronic intermittent fasted rats. *American Journal of Physiology* 254(23): R877-R884, 1988.
- 25) Dohm GL, Tapscott EB, Barakat HA, Kasperek GJ. Influence of fasting on glycogen depletion in rats during exercise. *Journal of Applied Physiology* 55(3), 830-833, 1983.

제3장 스쿠알렌, 옥타코사놀 및 중쇄지방 보충식이가 흰쥐의 강제수영능력에 미치는 영향

제1절 서론

복잡한 현대사회에서 활동량이 부족하고, 환경오염에 의한 생활 환경 악화, 정신적인 스트레스가 가중되는 현대인들이 가장 원하는 사항은 건강 증진이라고 생각된다. 운동이 가장 경제적이고 효율적인 성인병 및 노화의 예방책으로 판단되지만, 바쁜 일상생활, 피곤함 또는 무기력감, 게으른 습관 등 여하한 이유로 건강관리를 못하는 현대인은 운동의 대안으로 자양강장제(tonics)를 복용하는 경향이 높다. 자양강장제란 건강의 유지 또는 개선에 관계되는 모든 요소를 뭉뚱그려 표현한 포괄적인 개념이기 때문에 건강과 관련이 있는 모든 먹거리가 자양강장제 범주에 포함될 수 있으나, 사실 과학적으로는 자양강장제의 구체적인 실체는 없는 실정이다. 이 이유로 수없이 많은 자양강장제가 전세계 국가에서 이용되고 있지만, 그 효과는 주로 고문서에 의존하거나, 간단한 *in vitro* 실험 또는 부분적인 동물실험에 근거하고 있으며 아직 체계적인 임상시험을 통해 과학적인 검증을 거친 제품은 없다고 판단된다.

한편, 국내에서 자양강장제로는 인삼과 녹용 류의 한약재, 비타민과 미네랄 제제류의 영양보충식품, 스쿠알렌과 자라 같은 건강보조식품 등으로 매우 다양하며, 국외에서는 비타민 C등 식이보조식품, Rosemary oil 등 허브류, 에페드라와 마황 등 식물체를 섭취하고 있다. 그런데 이들의 과학적인 근거가 없거나 미약하다는 문제가 있고 특히, 한국인은 뱀, 犬肉, 곰쓸개, 사슴피, 심지어 지네에 이르기 이를 정도로 보신식품 중 혐오식품이 많아 전세계적으로 문화적 마찰이 발생하기도 하고, 동남아시아에서는 보신 관광객이 물의를 빚는 경우도 있다. 따라서 이제라도 과학적인 자양강장식의 개발로 口傳에 의존하거나 야만적인 보신식품을 대체할 필요성이 시급하다고 판단된다.

과거에 대체의학(1)은 비과학적이며 비의학적인 민간요법의 하나로 치부되는 것이 현실이었으나, 현재는 정규 의학이 해결하지 못하는 영역을 탐구하는 새로

운 분야로 발전하고 있는 미래 지향적인 산업으로 발전 속도가 빠를 것으로 예측된다. 최근 국제적으로 대체의학에 관한 관심이 고조되면서 미국에서는 National Institute of Health 산하에 National Center for Complementary & Alternative Medicine을 설립하고 대체의약품에 대한 임상시험(clinical trial)을 통해 기존의 의학 범주와 별도로 질병의 예방과 치유에 대한 연구를 본격화하고 있다. 현재는 주로 암, 당뇨, 심장질환 등 질병에 초점을 두고 연구를 수행하고 있으며, 국내에서도 대체의약이 도입되어 homeopathy(2), aromatherapy(3) 등 다양한 연구가 이루어지고 있고 다루는 영역도 확대 추세에 있다. 본 과제에서는 지구력을 요구하는 운동수행능력을 평가기준으로 자양강장 효과가 있는 대체의약 소재에 대하여 연구하였다.

Ergogenic aids(4) 중 약물보조제(스테로이드, 카페인, erythropoietic 등)나 생리물질등(sodium bicarbonate, sodium citrate, 수혈 등)을 일정량 이상 복용하면 운동 수행능력을 현저히 증가시킬 수 있고 일상생활에서도 활기찬 생활을 할 수 있겠지만, 이는 일시적인 현상에 불과하고 이들 약물은 건강에 서서히, 그러나 치명적인 부작용을 수반하여 궁극적으로 건강을 해치는 행위이다. 반면, 식품가공 원료로 사용될 수 있는 식물체는 부작용 없이 안전하게 모든 인류가 섭취할 수 있다는 점에서 운동수행능력을 기준으로 한 자양강장제 개발 원료로 요긴하게 활용될 수 있다. 동양의학서(5) 및 과거의 연구결과(6,7)에 따르면 스쿠알렌, 옥타코사놀, 중쇄지방(medium-chain triglyceride, MCT) 등은 생체에 산소공급 또는 에너지 공급을 원활히 한다고 알려져 있어 본 과제의 연구 대상 시료로 선정하였다. 본 연구는 흰쥐에게 이들 기능성식품 소재를 섭취시킨 후 강제수영시간을 측정하고, 혈액과 근육의 피로요소를 분석하여 해당 소재가 운동수행능력에 미치는 영향을 분석한 결과이다.

제2절 재료 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용한 식품소재는 스쿠알렌, 중쇄지방, 옥타코사놀 3종이었다. 스쿠알렌은 (주)세모의 제품을 시중에서 구매하였고, 옥타코사놀은 성균바이오텍(안산, 한국), 중쇄지방은 (주)웰가(분당, 한국)에서 제공하였다.

2. 실험식이

실험에 이용된 식이는 모두 정제식으로 대조식은 AIN-93을 기준으로 하였다. 첫 번째 실험에서 스쿠알렌과 옥타코사놀 보충식은 대조식과 동일하게 스쿠알렌과 옥타코사놀을 각각 7.5 g/kg diet (총 식이 중량의 0.75%) 첨가하였고, 중쇄지방은 총 식이지방의 60%를 대치하도록 첨가하였다. 식이의 총 중량은 전분의 양에서 조정하였으며 기타 실험식의 자세한 조성은 Table 1에 제시하였다.

Table 1. Composition of experimental diets(g/kg diet)

Ingredient	Group			
	Control	Squalene	Octacosanol	MCT
Corn starch	368	360	360	368
Casein	200	200	200	200
Dextrinized cornstarch	132	132	132	132
Sucrose	100	100	100	100
Corn oil	100	100	100	40
Cellulose	50	50	50	50
Mineral mixture	35	35	35	35
Vitamin mixture	10	10	10	10
L-cystein	3	3	3	3
Choline bitartrate	2.5	2.5	2.5	2.5
Tert-butylhydroquinon	0.014	0.014	0.014	0.014
Functional ingredient	-	7.5	7.5	60

3. 실험동물의 사육

5주령의 수컷 Sprague-Dawley(SD) 흰쥐를 1주일간 예비사육한 후 16 마리씩 4 군(대조군, 스쿠알렌군, 옥타코사놀군, 중쇄지방군)으로 분류하였다. 고형사료 및 식수는 자유롭게 먹을 수 있도록 공급하였다. 동물 사육실의 환경은 온도 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 $50 \pm 5\%$, 12-hour light-dark cycle을 유지하였다. 식이섭취량과 체중은 1주일에 1회 일정한 시간에 측정하였다.

4. 수영적응훈련 및 최대수영능력 측정

모든 군은 일주일에 2회 수영 적응 훈련을 실시하였다. 수영 적응 훈련 방법은 수조 크기 $90 \times 45 \times 45$ cm, 물높이 50 cm, 물 온도 $33\text{--}35^\circ\text{C}$ 의 수조(swimming pool)에서(8) 1주 째에는 10분, 2주 째에는 15분, 3주 째에는 20분, 그리고 4주 째에는 30분간 수영훈련을 실시하는 점증운동부하법을 사용하였다.

4주간의 식이 급여가 끝난 후 각 군을 강제 수영 형태에 따라 다시 두 개의 하부군(subgroup)으로 분류하였다. 한 군은 90분간 강제 수영시킨 후 해부하였고(90-min swimming groups), 다른 한 군은 탈진 때까지 강제 수영시킨 후(all-out swimming groups) 해부하여 각각 채혈하였다. 최대수영능력은 탈진 때까지 수영하는 군에서 측정되었고, rat가 수면에서 바닥 쪽으로 가라앉아 10초 이내에 다시 수면으로 떠오르지 못하는 때를 'all-out'으로 판정하여 그 때까지의 시간을 최대수영능력으로 기록하였다.

5. 혈액성분 분석

혈액은 심장에서 채혈하였으며, EDTA를 첨가하여 응고를 방지한 후 3,000 rpm에서 10 min 동안 원심분리한 후에 혈장을 취하여 분석 시까지 -70°C 에서 보관하였다. 혈액 내 성분으로 triglyceride 농도(Sigma 336-10), glucose 농도(Sigma 510-DA), free fatty acids 농도, inorganic phosphate 농도, creatine kinase 활성, lactate 농도(Sigma 735-10), lactate dehydrogenase 활성(Sigma 228-10), ammonia 농도(Sigma 171-B)를 상업용 kit를 이용하여 분석하였다.

6. 간과 근육 내 글리코겐 농도 분석

간(liver)과 하지의 골격근 중 비복근(gastrocnemius muscle)과 가자미근(soleus muscle)을 적출하여 액체 질소로 급속동결시킨 후 glycogen 농도를 분석 시까지 -70°C 에서 보관하였다. Glycogen 함량은 glucose oxidase method(9)에 따라서 분광광도계로 분석하였다. 요약하면, 일정량의 간과 근육을 30% KOH로 100°C 에서 30분간 가수분해한 후, 1.5 mL의 anhydrous ethanol을 첨가하였다. $4,000\times\text{g}$ 에서 15분 동안 원심분리하여 상층액을 버리고, 0.5 mL의 증류수와 0.2% anthrone 1 mL을 첨가하여 끓는물에서 20분간 반응시켰다. 방냉한 후 표준 포도당용액을 이용하여 620 nm에서 비색정량을 실시하고, 표준곡선으로부터 glycogen 농도를 산출하였다.

7. 통계처리

모든 데이터는 SPSS/PC 9.0 프로그램을 이용하여 평균 \pm 표준편차로 나타내었다. 그룹간의 유의적인 통계차를 분석하기 위하여 $p<0.05$ 의 유의수준에서 One-way ANOVA test를 실시한 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 사후검증을 하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 체중의 변화

실험기간 동안 각 군별 체중 변화와 체중 증가량은 Fig. 1과 Table 2에 나타난 바와 같다. 실험 시작 시 체중은 각 군간에 유의한 차이가 없었다. 그러나, 실험기간 동안 체중 증가량은 네 군간에 유의한 차이가 있어 스쿠알렌군과 중쇄지방군의 체중 증가량이 각각 117.50 ± 16.74 g/4 weeks와 113.73 ± 13.76 g/4 weeks로 대조군 및 옥타코사놀군 보다 유의하게 적었다($p < 0.05$). 따라서 실험 종료시 최종 체중 또한 대조군보다 스쿠알렌군과 중쇄지방군에서 유의하게 적었다($p < 0.05$). 이러한 결과는 본 연구에서 의도하지는 않았지만 스쿠알렌과 중쇄지방이 체중감소를 초래하는 효과가 있는 것으로 생각된다(10).

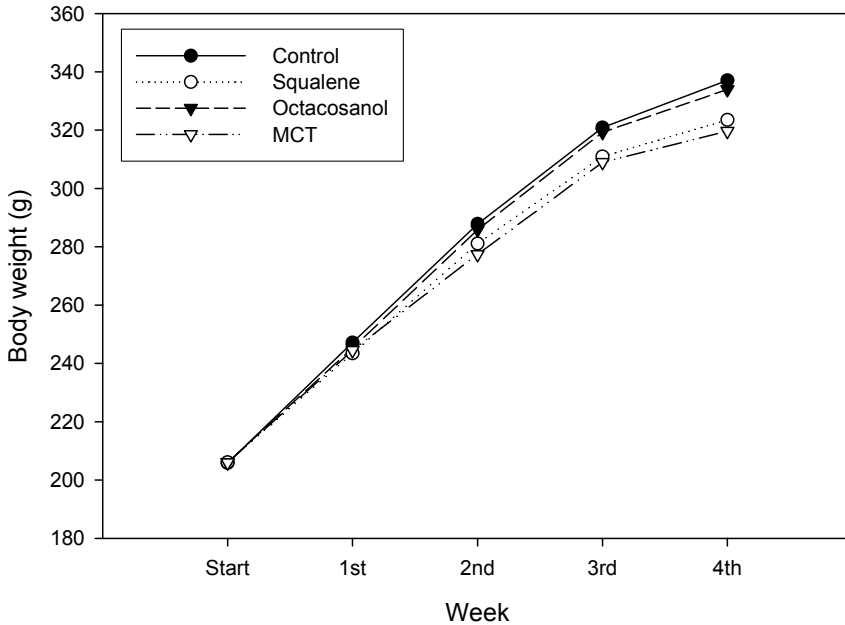


Fig. 1. Changes of body weight of rats during the experimental period.

Table 2. Changes of body weight and weight gain of rats

	Body weight(g)		Weight gain (g/4 weeks)
	Initial	Final	
Control	205.85±3.77	337.11±10.71 ^c	131.25±9.27 ^b
Squalene	206.03±6.18	323.53±19.91 ^{ab}	117.50±16.74 ^a
Octacosanol	206.02±8.28	333.94±16.58 ^{bc}	127.92±12.07 ^b
MCT	205.94±5.43	319.67±15.38 ^a	113.73±13.76 ^a

Values are mean±SD. Values with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

2. 식이효율

실험기간 동안 각 군의 식이 섭취량과 식이효율은 Table 3에 나타난 바와 같다. 식이효율은 일정기간 동안의 식이 섭취량을 같은 기간 동안의 체중 증가량으로 나누어 계산한 값이다. 실험기간 동안 네 군의 식이 섭취량은 유의한 차이가 없었으나, 식이 효율에는 유의한 차이가 있었다. 즉, 대조군에 비해 스쿠알렌군, 옥타코사놀군, 중쇄지방군의 식이 효율이 낮은 것으로 나타났다. 이는 실험기간 동안 체중 증가량의 차이에 기인하는 것으로 생각된다(11).

Table 3. Comparison of diet intake, weight gain, and food efficiency ratio of rats

Group	Diet intake(g/day)	Weight gain(g/day)	FER
Control	19.54±0.61	4.69±0.33 ^b	0.26±0.05 ^b
Squalene	19.31±0.83	4.20±0.60 ^a	0.22±0.02 ^a
Octacosanol	19.99±0.78	4.57±0.43 ^b	0.23±0.01 ^a
MCT	19.06±0.82	4.06±0.49 ^a	0.22±0.06 ^a

Values are mean±SD. Values with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. FER, food efficiency ratio = diet intake (g/day)/weight gain (g/day)

3. 강제수영능력

실험 종료시 탈진 때까지 수영한 군(all-out subgroups)에서 강제수영능력을 측정된 결과는 Table 4와 Fig. 2에 제시하였다. 탈진 때까지 수영 시간은 네 군 간에 유의한 차이가 있었고($p < 0.05$), 옥타코사놀군이 260.3±32.6분, 중쇄지방군이 267.8±23.4분으로 대조군과 스쿠알렌군 보다 약 50분 정도 길었다.

Table 4. Swimming time to exhaustion in the all-out subgroups

Group	Swimming time(min)
Control	213.80±39.56 ^a
Squalene	202.16±32.57 ^a
Octacosanol	260.32±38.05 ^b
MCT	267.77±23.43 ^b

Values are mean±SD. Values with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

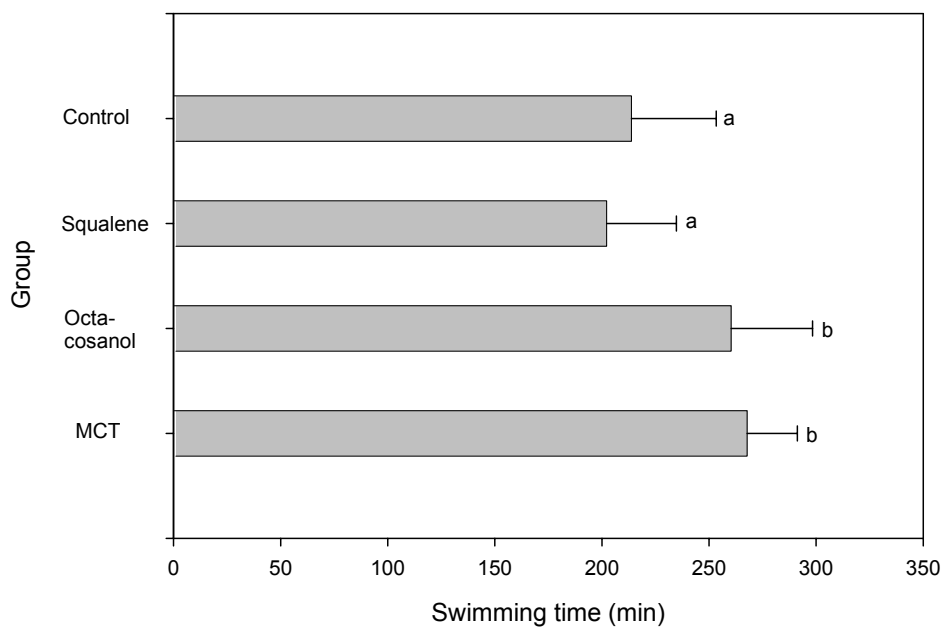


Fig. 2. Swimming time to exhaustion of all-out subgroup rats.

4. 혈액 성분의 비교

90분간 수영한 subgroups의 혈액 성분 분석결과는 Table 5와 6에 제시하였다. 90분간 강제 수영한 후 혈장 glucose 농도는 네 군간에 유의한 차이가 관찰되었다. 즉, 대조군에 비해 스쿠알렌군, 옥타코사놀군, 중쇄지방군의 혈장 glucose 농도가 유의하게 낮았다($p < 0.05$). 반면, 혈장 free fatty acids의 농도는 네 군간에 유의한 차이는 없었으나, 대조군에 비해 스쿠알렌군, 옥타코사놀군, 중쇄지방군에서 다소 높은 경향은 있었다. 일반적으로 운동수행 중 혈중 glucose 농도의 감소와 free fatty acids의 증가는 에너지 소비를 반영한다(12). 이러한 사실에 근거할 때 본 연구의 스쿠알렌군, 옥타코사놀군, 중쇄지방군은 대조군에 비해 90분간의 강제수영 동안 운동수행에 요구되는 에너지를 원활히 공급하였던 것으로 추론할 수 있다(13). 한편, 혈장 triglyceride 농도는 스쿠알렌군에서 다른 세 군에 비해 유의하게 높았다($p < 0.05$). 스쿠알렌의 공급이 혈중 cholesterol 농도와 triglyceride 농도를 증가시킬 수 있음은 이미 제기된 바 있으나 아직 논란의 여지가 있어 보인다.

90분간 수영한 후 피로한 상태를 반영하는 혈장 lactate 농도는 네 군간에 유의한 차이가 없었다. 이는 90분간의 강제수영이 lactate의 현저한 축적을 가져올 정도의 연장된 운동 수행 시간이 아니기 때문인 것으로 생각된다. 운동수행 시 반복되는 근육수축에 의해 ATP가 가수분해되면서 혈중 무기인산염 농도가 급격히 증가하게 된다. 따라서 일반적으로 운동 중에 무기인산염 농도가 급격히 증가하면 근섬유의 cross-linkage가 약화되면서 힘생성이 저하되는 것으로 알려져 있다(14). 본 연구에서는 각 군의 혈중 무기인산염 농도에 유의한 차이가 없었다. 그러나 무산소 운동 중인 근육세포에서 ATP 재합성에 필요한 creatine phosphate 합성을 촉매하는 효소인 혈장 creatine kinase 활성은(15) 대조군보다 스쿠알렌군에서 유의하게 높았다($p < 0.05$). 앞에서 혈장 무기인산염 농도의 경우 네 군간에 유의한 차이는 없었으나 스쿠알렌군의 혈장 무기인산염 농도가 다른 세 군에 비해 다소 높은 경향이 있었던 것을 고려할 때, 스쿠알렌군의 혈장 creatine kinase 활성이 유의하게 높았던 것은 운동수행에 따른 ATP 가수분해의 증가를 보상하려는 기전에 의한 것으로 추측된다. 혈장 암모니아 농도는 옥타코사놀군에서 다른 세 군에 비해 유의하게 낮았다($p < 0.05$).

Table 5. Comparison of plasma level of glucose, free fatty acids, and triglyceride in the 90-min swimming subgroup rats

Group	Glucose(mg/dL)	Free fatty acids(μ Eq/L)	Triglyceride(mg/dL)
Control	180.25 \pm 12.23 ^b	613.33 \pm 117.14	21.67 \pm 6.22 ^a
Squalene	119.25 \pm 15.61 ^a	683.67 \pm 107.31	45.20 \pm 8.70 ^b
Octacosanol	110.17 \pm 7.25 ^a	683.57 \pm 97.10	18.00 \pm 4.12 ^a
MCT	116.57 \pm 13.21 ^a	743.60 \pm 129.39	21.00 \pm 7.23 ^a

Values are mean \pm SD. Values with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 6. Comparison of plasma level of lactate, creatine kinase, and inorganic phosphate in the 90-min swimming subgroup rats

Group	Lactate (mg/dL)	Inorganic phosphate(mg/dL)	Creatine kinase (U/L)	Ammonia (μ g/dL)
Control	38.26 \pm 7.67	142.00 \pm 25.51 ^a	142.00 \pm 25.51 ^a	117.83 \pm 39.09 ^b
Squalene	35.20 \pm 4.45	177.33 \pm 14.98 ^b	177.33 \pm 14.98 ^b	133.43 \pm 60.07 ^b
Octacosanol	38.40 \pm 9.09	149.33 \pm 15.29 ^a	149.33 \pm 15.29 ^a	61.29 \pm 14.45 ^a
MCT	39.34 \pm 10.89	154.80 \pm 26.10 ^{ab}	154.80 \pm 26.10 ^{ab}	91.00 \pm 38.26 ^{ab}

Values are mean \pm SD. Values with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

탈진 때까지 수영한 all-out subgroups의 혈액성분 분석결과는 Table 7과 8에 제시하였다. 우선 혈장 glucose 농도는 네 군간에 유의한 차이가 없었던 반면 혈장, free fatty acids 농도는 대조군에 비해 스쿠알렌군, 옥타코사놀군, 중쇄지방군 모두에서 유의하게 낮았다($p < 0.05$). 90분간 수영한 subgroups의 혈액 분석 결과

에서 대조군에 비해 세 실험군에서 모두에서 혈장 glucose 농도는 유의하게 낮았던 반면 free fatty acids의 농도는 높은 경향이 있었던 것을 고려할 때, 탈진 때까지 수영한 후 네 군의 혈장 glucose 농도에 유의한 차이가 없었던 점은 스쿠알렌군, 옥타코사놀군, 중쇄지방산군에서 연장된 운동 수행동안 에너지원으로 지방 이용을 증가시킴으로써 혈중 glucose 농도를 절약한 것으로 해석할 수 있다(16). 한편, 혈장 triglyceride 농도는 옥타코사놀군에서 다른 세 군에 비해 유의하게 낮았다($p < 0.05$).

탈진 때까지 수영한 후 혈장 lactate 농도, creatine kinase 활성, 혈장 ammonia 농도는 네 군간에 유의한 차이가 없었다. 옥타코사놀군과 중쇄지방산군의 경우 탈진 때까지의 강제수영시간이 대조군에 비해 유의하게 길었음에도 불구하고 혈장 lactate와 ammonia와 같은 피로물질의 축적정도에 유의한 차이가 없었는데, 이는 이들 물질이 피로 요소의 축적을 억제하는 효과가 있음을 시사하고 있다(17,18).

Table 7. Comparison of plasma level of glucose, free fatty acids, and triglyceride in the all-out swimming subgroup rats

Group	Glucose(mg/dL)	Free fatty acids(μ Eq/L)	Triglyceride(mg/dL)
Control	70.20 \pm 24.44	1468.25 \pm 240.13 ^b	20.25 \pm 7.50 ^{ab}
Squalene	51.33 \pm 22.72	780.33 \pm 390.92 ^a	28.60 \pm 12.82 ^b
Octacosanol	66.67 \pm 17.76	1000.00 \pm 96.60 ^a	13.17 \pm 4.96 ^a
MCT	70.00 \pm 16.96	1024.00 \pm 325.13 ^a	19.33 \pm 5.28 ^{ab}

Values are mean \pm SD. Values with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 8. Comparison of plasma level of lactate, creatine kinase, and inorganic phosphate in the all-out swimming subgroup rats

Group	Lactate (mg/dL)	Inorganic phosphate(mg/dL)	Creatine kinase (U/L)	Ammonia (μ g/dL)
Control	24.00 \pm 11.73	13.82 \pm 2.91	378.60 \pm 92.58	246.20 \pm 246.14
Squalene	43.32 \pm 29.32	15.75 \pm 2.81	404.83 \pm 131.63	473.00 \pm 282.82
Octacosanol	31.52 \pm 27.97	13.10 \pm 1.85	394.67 \pm 107.13	216.50 \pm 176.40
MCT	25.54 \pm 12.11	12.81 \pm 2.10	328.71 \pm 82.43	229.00 \pm 208.60

Values are mean \pm SD.

5. 간과 근육의 글리코겐 함량 비교

90분간 수영한 subgroups의 간과 다리 근육의 무게 및 글리코겐 함량은 Table 9와 10에 제시하였다. 간 무게는 네 군간에 유의한 차이가 있었고, 중쇄지방군의 간 무게가 다른 세 군에 비해 유의하게 적었다($p < 0.05$). 가자미근과 비복근의 무게는 군간에 유의한 차이를 관찰할 수 없었다. 한편, 간의 글리코겐 함량은 네 군간에 유의한 차이가 없었으나, 가자미근의 글리코겐 함량은 옥타코사놀군에서 대조군에 비해 유의하게 높았다($p < 0.05$). 골격근의 글리코겐 함량은 네 군간에 유의한 차이가 없었다.

Table 9. Comparison of the weights of liver, soleus, and gastrocnemius muscle in the 90-min swimming subgroup rats

Group	Liver(g)	Muscle(g)	
		Soleus	Gastrocnemius
Control	10.02±0.45 ^b	0.11±0.02	2.10±0.22
Squalene	10.36±1.16 ^b	0.11±0.02	2.00±0.33
Octacosanol	9.78±0.55 ^b	0.10±0.01	2.08±0.26
MCT	8.96±0.40 ^a	0.09±0.01	1.92±0.24

Values are mean±SD. Values with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 10. Comparison of glycogen amounts of liver, soleus, and gastrocnemius muscle in the 90-min swimming subgroup rats

Group	Liver(g)	Muscle(g)	
		Soleus	Gastrocnemius
Control	0.61±0.11	0.27±0.08 ^a	0.17±0.04
Squalene	0.63±0.06	0.25±0.10 ^a	0.32±0.28
Octacosanol	0.57±0.04	0.43±0.19 ^b	0.19±0.04
MCT	0.54±0.05	0.29±0.07 ^{ab}	0.19±0.04

Values are mean±SD. Values with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

탈진 때까지 수영한 subgroup의 간과 다리 근육의 무게 및 글리코겐 함량은 Table 11과 12에 제시하였다. 간과 가자미근 및 비복근의 무게 모두 네 군간에 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 한편 간의 글리코겐 함량은 스쿠알렌군이 다른 세 군에 비해 유의하게 낮았다($p < 0.05$). 그러나, 가자미근과 비복근의 글리코겐 함량은 네 군간에 유의한 차이가 없었다.

Table 11. Comparison of the weights of liver, soleus, and gastrocnemius muscle in the 90-min swimming subgroup rats

Group	Liver(g)	Muscle(g)	
		Soleus	Gastrocnemius
Control	9.96±2.22	0.11±0.01	1.88±0.35
Squalene	9.48±1.02	0.11±0.01	1.84±0.16
Octacosanol	9.70±1.92	0.11±0.02	2.00±0.17
MCT	8.49±0.66	0.11±0.02	1.77±0.33

Values are mean±SD. Values with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 12. Comparison of glycogen amounts of liver, soleus, and gastrocnemius muscle in the 90-min swimming subgroup rats

Group	Liver(g)	Muscle(g)	
		Soleus	Gastrocnemius
Control	0.50±0.04 ^a	0.29±0.05	0.20±0.10
Squalene	0.61±0.08 ^b	0.33±0.08	0.26±0.08
Octacosanol	0.52±0.05 ^a	0.36±0.10	0.22±0.08
MCT	0.51±0.06 ^a	0.29±0.11	0.22±0.08

Values are mean±SD. Values with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

제4절 참고문헌

- 1) Don B., Winner drinks. *IFI*, 3,20-23, 1996.
- 2) 백일영, 김정규, 전유섭, 오홍진. 절대강도 운동 시 혈중 피로요소의 변화에 의한 피로기전의 타당성 검증. *한국체육학회지* 36(1): 281-233, 1998.
- 3) MacLaren DPM, Gibson H, Parry-Billings M, Edward RHT. Exercise and sport science review: A review of metabolism and physiological factors in fatigue. Vol. 7: 29-66, 1989.
- 4) Banister EW, Cameron BJC. Exercise-induced hyperammonemia: peripheral and central effects. *Int J Sports Med* 11(Suppl 2): S129-S142, 1990.
- 5) Kabir Y, Kimura S. Distribution of radioactive octacosanol in response to exercise in rats. *Nahrung* 38(4): 373-377 (1994)
- 6) Geliebter A, Torbay N, Bracco EF, Hanshim SA, Van Itallie TB. Overfeeding with medium-chain triglyceride diet results in diminished deposition of fat. *Am J Clin Nutr* 37(1): 1-4 (1983)
- 7) Baba N, Bracco EF, Hanshim SA. Enduranced thermogenesis and diminished deposition of fat in response to overfeeding with diet containing medium chain triglyceride. *Am J Clin Nutr* 35(4): 678-682 (1982)
- 8) Matsumoto K, Ishihara K, Tanaka K, Inoue K & Fushiki T. An adjustable-current swimming pool for the evaluation of endurance capacity of mice. *J Appl Physiol* 81(4), 1843-1849, 1996.
- 9) Chun Y and Yin ZD. Glycogen assay for diagnosis of female genital chlamydia trachomatis infection. *J Clin Microbiol* 36: 1981-1082, 1998.
- 10) Berning TR. The role of medium-chain triglyceride in exercise. *Int J Sport Nutr* 6(2): 121-133, 1996.
- 11) Kabir Y and Kimura S. Distribution of radioactive octacosanol in response to exercise in rats. *Nahrung* 38(4): 373-377, 1994.
- 12) Hickson RC, Rennie MJ, Conlee RK, Winder WW & Holloszy JO. Effects of increased plasma fatty acids on glycogen utilization and

- endurance. *J Appl Physiol* 43, R829–R833, 1977.
- 13) Essig DA, Costill DL, and Van handel PJ. Effects of caffeine ingestion on utilization of muscle glycogen and lipid during leg ergometer cycling, *Int J Sports Med* 1, 86–90, 1980.
- 14) MacLaren DPM, Gibson H, Parry–Billings M, Edward RHT. Exercise and sport science review: A review of metabolism and physiological factors in fatigue. Vol. 7: 29–66, 1989.
- 15) Christie GS, Judah JD. Intracellular distribution of enzymes. *Proc Royal Soc B141*: 420–433, 1953.
- 16) Mitchell JH. Neural control of the circulation during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 22: 141–154, 1990.
- 17) Kato S, Karino K, Hasegawa, Nagasawa J, Nagasaki A, Eguchi M, Ichinose T, Tago K, Okumori H and Hamatani K. Octacosanol affects lipid metabolism in rats fed on a high-fat diet. *Br J Nutr* 73(3): 433–441, 1995.
- 18) Fushiki T, Matsumoto K, Inoue K, Kawada T, Ugimoto E. Swimming endurance capacity of mice is increased by chronic consumption of MCT. *J Nutr* 125(3): 531–539, 1995.

제4장 용봉 및 생사 추출물 보충식이가 흰쥐의 운동수행능력에 미치는 영향

제1절 서론

복잡한 현대사회에서 활동량이 부족하고, 환경오염에 의한 생활환경 악화, 정신적인 스트레스가 가중되는 현대인들이 가장 원하는 사항은 건강 증진이라고 생각된다. 운동이 가장 경제적이고 효율적인 성인병 및 노화의 예방책으로 판단되지만, 바쁜 일상생활, 피곤함 또는 무기력감, 게으른 습관 등 여하한 이유로 건강관리를 못하는 현대인은 운동의 대안으로 자양강장제(tonics)를 복용하는 경향이 높다. 자양강장제란 건강의 유지 또는 개선에 관계되는 모든 요소를 뭉뚱그려 표현한 포괄적인 개념이기 때문에 건강과 관련이 있는 모든 먹거리가 자양강장제 범주에 포함될 수 있으나, 사실 과학적으로는 자양강장제의 구체적인 실체는 없는 실정이다. 이 이유로 수없이 많은 자양강장제가 전세계 국가에서 이용되고 있지만, 그 효과는 주로 고문서에 의존하거나, 간단한 *in vitro* 실험 또는 부분적인 동물실험에 근거하고 있으며 아직 체계적인 임상시험을 통해 과학적인 검증을 거친 제품은 없다고 판단된다.

한편, 국내에서 자양강장제로는 인삼과 녹용 류의 한약재, 비타민과 미네랄 제재류의 영양보충식품, 스쿠알렌과 자라 같은 건강보조식품 등으로 매우 다양하며, 국외에서는 비타민 C등 식이보조식품, Rosemary oil 등 허브류, 에페드라와 마황 등 식물체를 섭취하고 있다. 그런데 이들의 과학적인 근거가 없거나 미약하다는 문제가 있고 특히, 한국인은 뱀, 犬肉, 곰쓸개, 사슴피, 심지어 지네에 이르기 이를 정도로 보신식품 중 혐오식품이 많아 전세계적으로 문화적 마찰이 발생하기도 하고, 동남아시아에서는 보신 관광객이 물의를 빚는 경우도 있다. 따라서 이제라도 과학적인 자양강장식의 개발로 口傳에 의존하거나 야만적인 보신식품을 대체할 필요성이 시급하다고 판단된다.

과거에 대체의학(1)은 비과학적이며 비의학적인 민간요법의 하나로 치부되는 것이 현실이었으나, 현재는 정규 의학이 해결하지 못하는 영역을 탐구하는 새로

운 분야로 발전하고 있는 미래 지향적인 산업으로 발전 속도가 빠를 것으로 예측된다. 최근 국제적으로 대체의학에 관한 관심이 고조되면서 미국에서는 National Institute of Health 산하에 National Center for Complementary & Alternative Medicine을 설립하고 대체의약품에 대한 임상시험(clinical trial)을 통해 기존의 의학 범주와 별도로 질병의 예방과 치유에 대한 연구를 본격화하고 있다. 현재는 주로 암, 당뇨, 심장질환 등 질병에 초점을 두고 연구를 수행하고 있으며, 국내에서도 대체의약이 도입되어 homeopathy(2), aromatherapy(3) 등 다양한 연구가 이루어지고 있고 다루는 영역도 확대 추세에 있다. 본 과제에서는 지구력을 요구하는 운동수행능력을 평가기준으로 자양강장 효과가 있는 대체의약 소재에 대하여 연구하였다.

Ergogenic aids(4) 중 약물보조제(스테로이드, 카페인, erythropoietic 등)나 생리물질등(sodium bicarbonate, sodium citrate, 수혈 등)을 일정량 이상 복용하면 운동 수행능력을 현저히 증가시킬 수 있고 일상생활에서도 활기찬 생활을 할 수 있겠지만, 이는 일시적인 현상에 불과하고 이들 약물은 건강에 서서히, 그러나 치명적인 부작용을 수반하여 궁극적으로 건강을 해치는 행위이다. 반면, 식품가공 원료로 사용될 수 있는 식물체는 부작용 없이 안전하게 모든 인류가 섭취할 수 있다는 점에서 운동수행능력을 기준으로 한 자양강장제 개발 원료로 요긴하게 활용될 수 있다. 동양의학서(5) 및 과거의 연구결과(6,7)에 따르면 우리 민족이 보신식품으로 섭취해 온 용봉탕 또는 생사탕이 항피로작용이나 자양강장 효과가 있다고 인식되고 있어 본 과제의 연구 대상 시료로 선정하였다. 본 연구는 흰쥐에게 이들 보신식품을 섭취시킨 후 강제수영시간을 측정하고, 혈액과 근육의 피로요소를 분석하여 해당 식품이 운동수행능력에 미치는 영향을 분석한 결과이다.

제2절 재료 및 방법

1. 용봉탕, 생사탕, 개소주(인체시험용) 제조법

가. 용봉탕

시중에서 판매하는 제조법대로 배합하여 제조하였다.

나. 사탕

살모사 20 마리(무게 1.9 kg)와 花蛇 60 마리(무게 4.8 kg)에 음용수 7.3 L(= kg)를 첨가하고 4 시간 끓이면서 추출하였다. 추출물은 2.88 kg의 수율로 얻었으며 추출박의 무게는 1.89 kg이었다.

2. 시료의 일반성분 분석

개소주, 용봉탕, 사탕의 일반성분 등을 분석한 결과는 아래와 같았다. 동물시험에는 용봉탕과 생사탕만 사용하였고 개소주는 인체시험에 사용하였다.

분석항목	개소주	용봉탕	생사탕	분석방법
수분(g/100g)	85.6	84.5	91.3	상압건조법(식품공전)
지방(g/100g)	0.2	0.2	0.5	Soxhlet법(식품공전)
단백질(g/100g)	5.0	3.4	5.7	Kjeldahl법(식품공전)
탄수화물(g/100g)	8.3	10.0	1.9	계산법
회분(g/100g)	0.9	0.9	0.6	회화법(식품공전)
나트륨(mg/100g)	61.7	50.4	101.3	ICP법(식품공전)
열량(Kcal/100g)	55.0	55.4	34.9	계산법(식품공전)

3. 실험식이

실험에 이용된 식이는 AIN-93을 기준으로 하였으며, 용봉탕과 생사탕 보충 식이는 대조 식이와 동일하되 용봉탕과 사탕 추출물 건조분말을 각각 50 g/kg diet (총 식이 중량의 5%)과 10 g/kg diet (총 식이 중량의 1%) 첨가하였다. 식이의 총 중량은 전분의 양에서 조정하였으며 실험식이의 자세한 조성은 Table 1에 제시하였다.

Table 1. Experimental diet composition by AIN-93

Ingredient	AIN-93(g/kg)	EC ¹⁾	ET	ES
Corn starch	367.486	3,674.86	3,294.86	3,639.00
Dextrinized cornstarch	132	1,320.00	1,320.00	1,320.00
Sucrose	100	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Casein	200	2,000.00	1,880.00	1,935.00
L-Cystine	3	30.00	30.00	30.00
Corn oil	100	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Mineral Mix	35	350.00	350.00	350.00
Vitamin Mix	10	100.00	100.00	100.00
Cellulose powder	50	500.00	500.00	500.00
Choline bitartrate	2.5	25.00	25.00	25.00
Tert-butylhydroquinone	0.014	0.14	0.14	0.14
Terrapin extract *			500.00	-
Snake extract *			-	100.00
Total	1,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00

¹⁾EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

4. 실험동물의 사육

5주령의 수컷 Sprague-Dawley(SD) rat를 1주일간 적응시키기 위해 예비사육한 후 18 마리씩 무작위로 3 군 즉, EC(exercise-trained control group), ET(exercise-trained and terrapin extract supplemented group), ES(exercise-trained and snake extract supplemented group)로 분류하였다. 고형사료 및 식수는 자유롭게 섭취하도록 공급하였다. 동물 사육실의 환경은 온도 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 50 ± 5 , 12-hour light-dark cycle을 유지하였으며, 식이 섭취량과 체중 증가량은 1주일에 1회 일정한 시간에 측정하였다.

5. 수영 적응 훈련 및 최대 수영 능력 측정

모든 군은 일주일에 2회 수영 적응 훈련을 실시하였다. 수영 적응 훈련 방법은 수조 크기 $90 \times 45 \times 45$ cm, 물높이 50 cm, 물 온도 $33 \sim 35^\circ\text{C}$ 의 수조 (swimming pool)에서(8) 1주차에는 10분, 2주차에는 15분, 3주차에는 20분, 그리고 4주차에는 25분간 수영 훈련을 실시하는 점증운동부하법을 사용하였다.

4주간의 식이 급여가 끝난 후 각 군을 강제 수영 형태에 따라 다시 두 하부군(subgroup)으로 분류하였다. 한 군은 90분간 강제 수영시킨 후(90-min swimming subgroups) 해부하였으며, 다른 한 군은 탈진 때까지 강제 수영시킨 후(all-out swimming subgroups) 해부하여 각각 채혈하였다. 최대 수영 능력은 탈진 때까지 수영시킨 군(all-out subgroups)에서 측정하였고, rat가 수면에서 바닥 쪽으로 가라앉아 10초 이내에 다시 수면으로 떠오르지 못하는 때를 'all-out'으로 판정하여 그 때까지의 시간을 최대 수영 능력으로 기록하였다.

6. 시료 채취 및 혈중 피로요소의 분석

혈액은 심장에서 채혈하였으며 EDTA를 첨가하여 응고를 방지한 후 3,000 rpm에서 10 min 동안 원심 분리한 후에 혈장을 취하여 분석 시까지 -70°C 에서 보관하였다. 혈액 내 피로 요소의 분석을 위해 triglyceride 농도(Sigma 336-10), glucose 농도(Sigma 510-DA), free fatty acid 농도, inorganic phosphate 농도, creatine kinase 활성, lactate 농도(Sigma 735-10), ammonia 농도(Sigma 171-B)는 상업용 kit를 이용하여 분석하였다.

7. 간과 근육 내 glycogen 농도 분석

간(liver)과 하지의 골격근 중 비복근(gastrocnemius muscle)과 가자미근(soleus muscle)을 적출하여 액체 질소로 급속 동결시킨 후 glycogen 농도 분석 시까지 -70°C 에서 보관하였다. Glycogen함량은 Anthrone법(9)을 이용하고 spectrophotometer를 사용하여 분석하였다.

일정량의 근육을 취하여 30% KOH 용액에 넣어 용해시키고, 100°C 의 끓는물 속에서 20분간 중탕 후, 실온에서 20분간 방치하였다. 여기에 95% 에탄올을 첨가하여 2,000×g에서 10분간 원심분리 하였다. 침전물을 증류수로 세척한 후, 증류수와 anthrone 시약을 넣고 끓는물에서 20분간 반응시켰다. 표준 포도당용액을 이용하여 620 nm에서 비색정량을 실시하고, 표준곡선으로부터 glycogen 농도를 산출하였다.

8. 근육 내 효소 활성 측정

근육의 LDH(lactate dehydrogenase) 활성은 Pesce(10)의 방법을 수정하여 비복근(gastrocnemius muscle)에서 측정하였다. 즉, 100 mM KHPO_4 buffer에 비복근을 가하여, polytron homogenizer를 이용하여 균질화 하였다. 100 mM KHPO_4 0.84 mL, 3.3 mM Na·pyruvate 0.1 mL, 근육 효소액 0.02 mL을 넣은 후에 3.6 mM DPNH 0.04 mL를 넣어 반응시키고, 30°C 를 유지하는 spectrophotometer에서 340 nm의 흡광도 변화를 기록하였으며, 효소 활성은 $\mu\text{mol/g tissue/min}$ 로 나타내었다.

근육의 CS(citrate synthase) 활성은 Srere(11)의 방법을 수정하여 가자미근(soleus muscle)에서 측정하였다. 즉, 0.175 M KCl buffer에 가자미근을 가하고, polytron homogenizer를 이용하여 균질화 한 후 mitochondria 막을 파괴하기 위하여 동결과 용해를 3회 반복하여 시료로 사용하였다. 효소 활성을 측정하기 위하여 100 mM Tris-base buffer 0.33 mL, 1 mM DTNB 0.05 mL, 3 mM acetyl CoA 0.08 mL, 근육 효소액 0.01 mL을 첨가한 후에 10 mM oxaloacetate 0.03 mL을 가하여 반응시키고, 30°C 를 유지하는 spectrophotometer에서 412 nm의 흡광도 변화를 기록하였으며, 효소의 활성은 $\mu\text{mol/g tissue/min}$ 로 나타내었다.

9. 통계처리

모든 데이터는 SPSS/PC 10.0 프로그램을 이용하여 평균±표준편차로 나타내었다. 그룹간의 유의적인 통계차를 분석하기 위하여 $p < 0.05$ 의 유의 수준에서 One-way ANOVA test를 실시한 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 사후검정을 하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 체중변화

가. 체중변화 및 체중 증가량

실험기간 동안 각 군별 체중 변화와 체중 증가량은 Fig. 1과 Table 2에 나타난 바와 같다. 실험 시작 시 체중과 실험 종료 시 체중은 각 군간에 유의적인 차이가 없었으며, 체중 증가량 또한 유의적인 차이가 없었다. 운동 시작 1 주차와 2 주차에 EC군과 ET군의 체중 증가양상이 비슷하였으나, 이후 체중이 증가하지 않거나 오히려 약간 감소했던 경향은 운동 강도가 지속적으로 높아지면서 운동이 체중 증가폭의 감소를 초래한 것으로 사료된다.

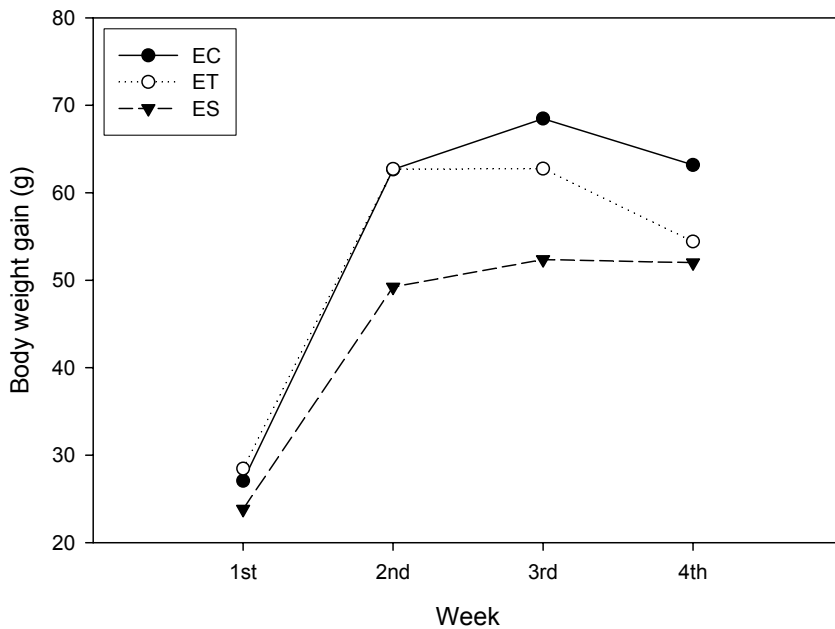


Fig. 1. Body weight gain of rats fed experimental diets for 4 weeks.

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

Table 2. Initial body weight, final body weight and body weight gain of rats fed experimental diets for 4 weeks

Group ¹⁾	Body weight (g)		Body weight gain
	Initial	Final	(g/day)
EC	210.06±13.68	273.23±28.67	2.34±1.11
ET	208.22±12.37	262.64±29.89	2.02±1.07
ES	207.80± 9.93	259.80±29.24	1.93±1.08

Values are mean±SD. Means with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

¹⁾EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

나. 식이섭취량 및 식이효율

실험기간 동안 각 군의 식이 섭취량과 식이효율은 Table 3과 4에 제시한 바와 같다. 식이효율은 일정기간 동안의 식이 섭취량을 같은 기간 동안의 체중 증가량으로 나누어 계산한 값이다. 실험기간 동안 식이 섭취량은 EC군이 15.20±1.13 g/day, ET군이 14.57±1.08 g/day 그리고, ES군이 13.94±1.20 g/day로 유의적인 차이가 있었으며($p < 0.05$), 이는 EC군과 ET군에 비해 ES군의 체중 증가폭이 낮아지는 결과를 초래한 것으로 사료된다. 그러나, 처리군 간에 증체량의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 식이 효율 역시 유의적인 차이가 없었으며, 이는 ES군에 비해 식이 섭취량이 높아 체중증가폭이 높았던 EC군과 ET군이 4 주간의 운동수행을 통해 체중증가 폭이 감소되는 결과와 관련된 것으로 보인다.

Table 3. Diet intake, body weight gain and food efficiency ratio of rats fed experimental diets for 4 weeks

Group ¹⁾	Diet intake(g/day)	Body weight gain(g/day)	FER ²⁾
EC	15.20±1.13 ^b	2.34±1.11	0.15±0.07
ET	14.57±1.08 ^{ab}	2.02±1.07	0.13±0.07
ES	13.94±1.20 ^a	1.93±1.08	0.14±0.07

Values are Mean±SD. Means with the different letter within a column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

¹⁾EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

$$^2)\text{FER(Food efficiency ratio)} = \frac{\text{Body weight gain for experimental period}}{\text{Diet intake for experimental period}}$$

Table 4. Food efficiency ratio of rats fed experimental diets for 4 weeks

Group ¹⁾	Food Efficiency Ratio ²⁾				
	1st week	2nd week	3rd week	4th week	Total
EC	0.30±0.17	0.28±0.08	0.05±0.27	-0.07±0.29	0.15±0.07
ET	0.33±0.04	0.28±0.06	-0.02±0.19	-0.16±0.35	0.13±0.07
ES	0.26±0.25	0.23±0.19	0.03±0.20	-0.03±0.24	0.14±0.07

Values are mean±SD. Means with the different letter within a column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

¹⁾EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

$$^2)\text{FER(Food efficiency ratio)} = \frac{\text{Body weight gain for experimental period}}{\text{Diet intake for experimental period}}$$

2. 운동 수행 능력

실험 종료시 탈진 때까지 수영시킨 군(all-out subgroups)에서 강제 수영 능력을 측정한 결과는 Table 5와 Fig. 2에 제시하였다. 본 연구에서는 EC군이 9.76±0.86시간, ET군이 9.24±0.91시간, ES군이 9.04±1.24시간으로, EC군의 평균 수영시간이 약간 긴 경향이 있었으나, 유의적인 차이는 아니었다. 우리나라에서 보신식품으로 일부 사람들이 섭취하고 있는 용봉탕과 생사탕은 적어도 실험동물을 이용한 지구력 운동 수행능력을 기준으로 판단하면 일반적인 믿음과는 다르게 이들이 자양강장식으로 유용하지는 않다고 판단된다(12).

Table 5. Swimming time of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets

Group ¹⁾	Swimming time(hour)
EC	9.76±0.86
ET	9.24±0.91
ES	9.04±1.24

Values are mean±SD. Means with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

¹⁾EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

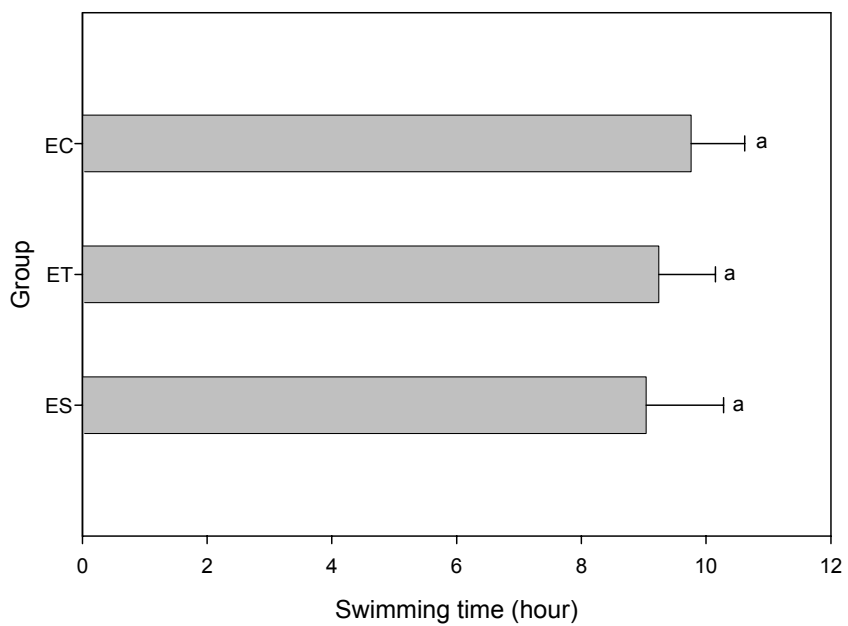


Fig. 2. Swimming time of rats control, terrapin extract or snake extract supplemented diets.

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

3. 간의 무게 및 glycogen 함량 비교

군간의 간 무게 및 glycogen 함량은 Table 6과 7 및 Fig. 3과 4에 제시하였다. 간 무게는 세 군간에 유의적인 차이가 없었다. 간의 glycogen 함량은 90분간 수영한 subgroup과 탈진 때까지 수영한 all-out subgroup에서 ET군의 간 glycogen 함량이 높은 경향이 있으나 유의적인 차이는 아니었다. 즉, 용봉탕과 생사탕의 투여가 외관상 간에 미치는 영향은 없으며, 근육 내 glycogen 축적에도 미치는 영향은 없는 것으로 나타났다(13,14).

Table 6. Liver weight of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets

Group ¹⁾	Liver weight(g/100 g BW)
EC	2.29±0.12
ET	2.24±0.19
ES	2.30±0.21

Values are mean±SD. Means with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

¹⁾EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

Table 7. Liver glycogen concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets

Group ¹⁾	Liver glycogen concentration(g/g tissue)	
	90-min subgroup	all-out subgroup
EC	0.58±0.16	0.41±0.13
ET	0.71±0.20	0.55±0.20
ES	0.57±0.16	0.47±0.14

Values are mean±SD. Means with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

¹⁾EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

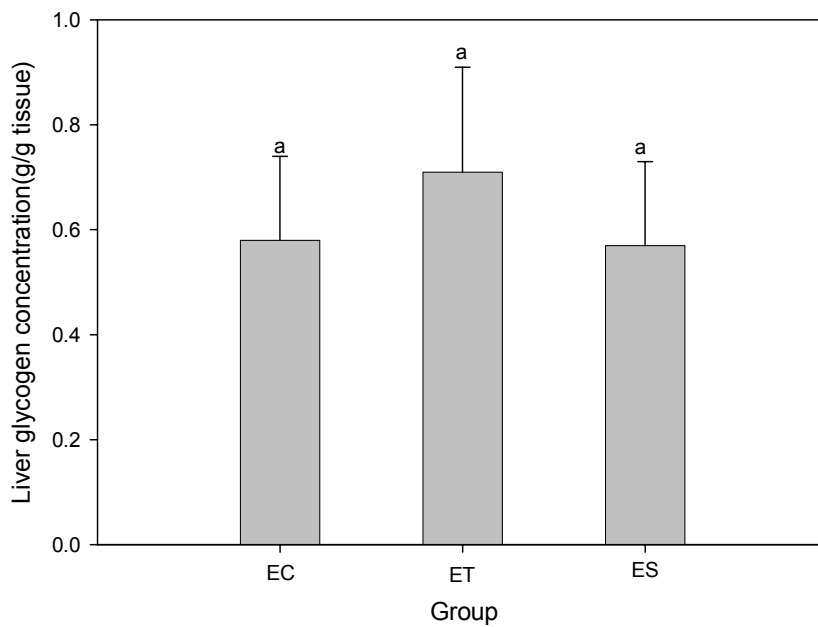


Fig. 3. Liver glycogen concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(90-min subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

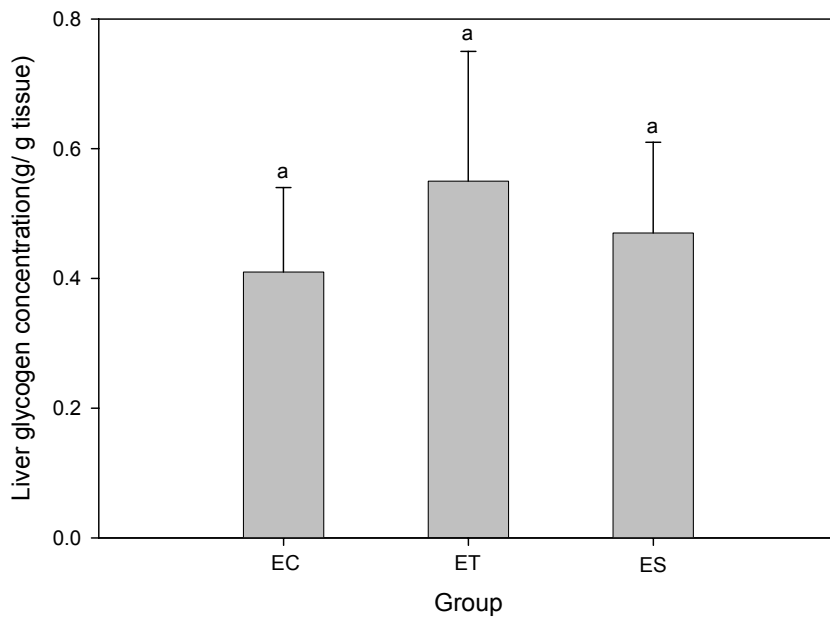


Fig. 4. Liver glycogen concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(all-out subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

4. 근육의 무게 및 glycogen 함량 비교

각 군의 근육 무게 및 glycogen 함량은 Tables 8-11 및 Figs. 5-8에 제시한 바와 같다. 근육내 저장 glycogen은 고강도의 지구력 운동 시 가장 주요한 에너지원이 된다(15). 또한 운동 후 회복기 동안 근육과 glycogen을 빠르게 재충전시키는 것은 다음 번 경기력의 향상을 위해 중요한 요인으로 여겨지고 있다(16). 비복근(gastrocnemius muscle)과 가자미근(soleus muscle)의 무게는 세 군간의 유의적 차이는 나타나지 않았다. 90분간 수영한 subgroup 내의 세 군간의 비복근과 가자미근의 glycogen 농도 역시 유의적인 차이는 보이지 않았다. 반면, 탈진 때까지 수영한 all-out subgroup 내의 세 군에서는 EC군이 0.12 ± 0.02 g/g tissue, ET군이 0.14 ± 0.05 g/g tissue, ES군이 0.20 ± 0.08 g/g tissue로 ES군의 근육 glycogen 함량이 다른 두 군 보다 유의적으로 높았다.($p < 0.05$)

Table 8. Muscle weight of rats fed control, terrapin extract or snake extract-supplemented diets

Group ¹⁾	Muscle weight(g/100 g BW)	
	Gastrocnemius	Soleus
EC	0.66 ± 0.03	0.03 ± 0.01
ET	0.66 ± 0.04	0.03 ± 0.00
ES	0.66 ± 0.04	0.03 ± 0.00

Values are mean \pm SD. Means with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

¹⁾EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

Table 9. Muscle glycogen concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(90-min swimming subgroups)

Group ¹⁾	Muscle glycogen concentration(g/g tissue)	
	Gastrocnemius	Soleus
EC	0.17±0.04	0.59±0.13
ET	0.15±0.06	0.59±0.15
ES	0.15±0.05	0.66±0.13

Values are mean±SD. Means with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

¹⁾EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

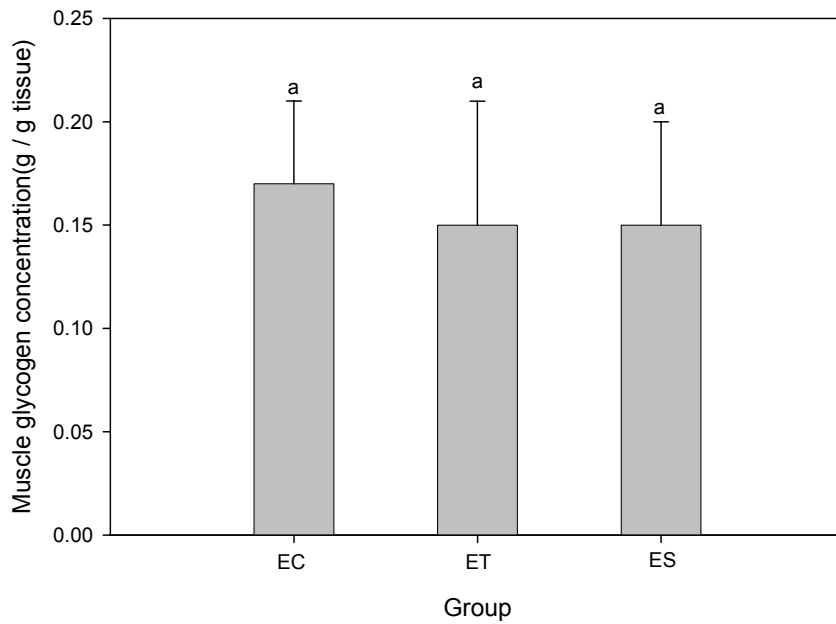


Fig. 5. Skeletal muscle(gastrocnemius) glycogen concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(90-min swimming subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

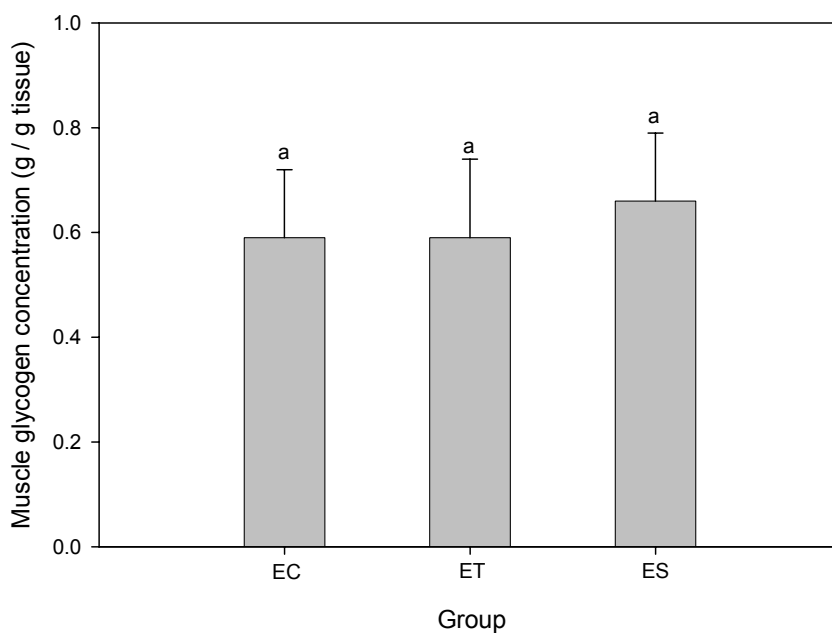


Fig. 6. Skeletal muscle(soleus) glycogen concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(90-min swimming subgroups)

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

Table 10. Muscle glycogen concentration rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(all-out subgroups)

Group ¹⁾	Muscle glycogen concentration (g/g tissue)	
	Gastrocnemius	Soleus
EC	0.12±0.02 ^a	0.63±0.08
ET	0.14±0.05 ^a	0.63±0.13
ES	0.20±0.08 ^b	0.60±0.16

Values are mean±SD. Means with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

¹⁾EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

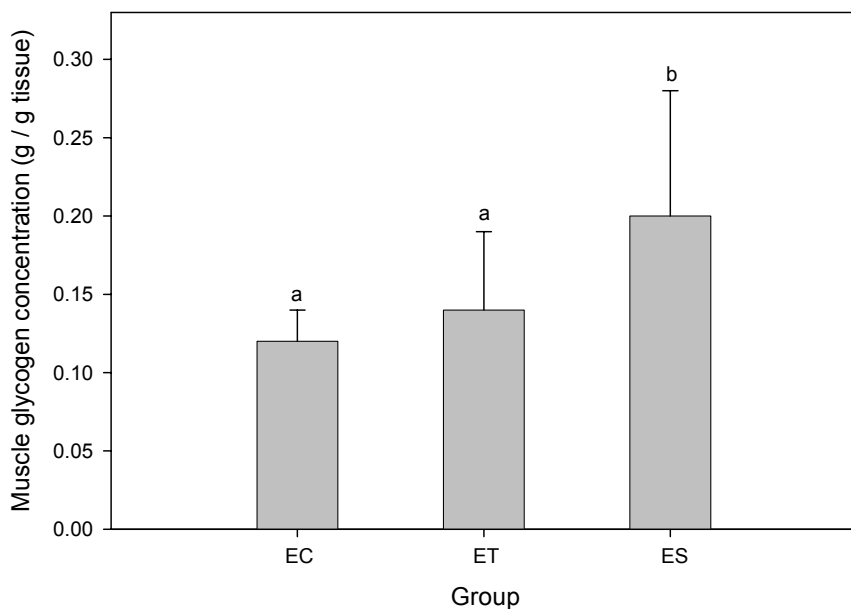


Fig. 7. Skeletal muscle(gastrocnemius) glycogen concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(all-out subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

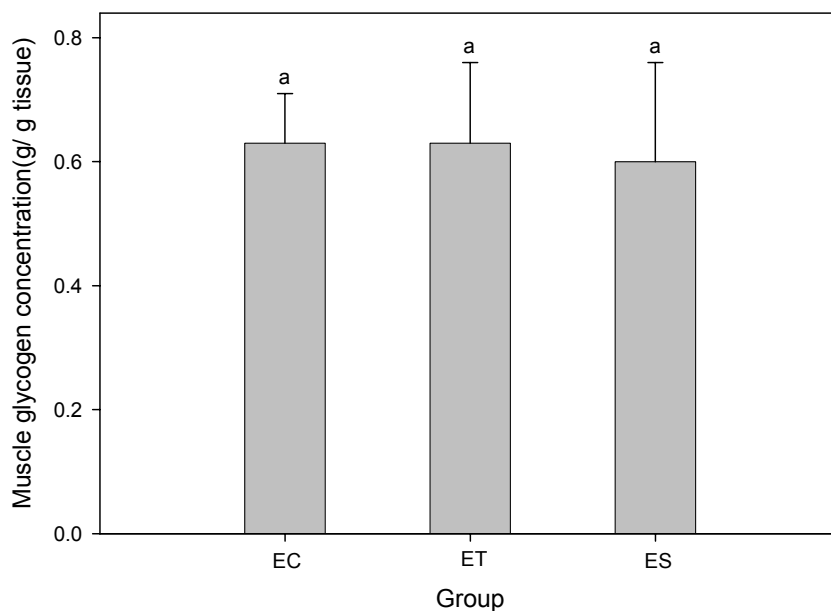


Fig. 8. Skeletal muscle(soleus) glycogen concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(all-out subgroups). EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

5. 혈중 피로 요소 분석

90분간 수영시킨 subgroups의 혈중 피로 요소 분석 결과는 Tables 11과 12 및 Figs. 9-15에 제시한 바와 같다. 일반적으로, 운동수행 중 혈중 glucose 농도의 감소와 free fatty acid의 증가는 에너지 소비를 반영하는데(17) 90분간 수영한 subgroup에서의 glucose 농도는 EC군이 108.89 ± 33.52 mg/dL, ET군이 99.86 ± 10.33 mg/dL, 그리고 ES군이 105.44 ± 25.60 mg/dL로 ET군의 glucose 농도가 EC군과 ES군에 비해 낮았으나 유의적 차이는 아니었으며, free fatty acid의 농도는 EC군이 636.38 ± 210.98 meq/L, ET군이 696.71 ± 148.03 meq/L, 그리고 ES군이 615.88 ± 123.33 meq/L로 ET군이 다른 군들에 비해 높은 농도를 보였으나 유의적인 차이는 아니었다.

Glucose와 free fatty acid의 상관관계로 보아 ES군의 혈중 에너지 대사과정이 원활한 에너지 공급을 통해 정상적인 대사가 진행되었다고 사료된다. 또한 triglyceride 농도는 EC군이 28.44 ± 9.82 mg/dL, ET군이 30.13 ± 11.51 mg/dL, 그리고 ES군이 33.78 ± 14.20 mg/dL로 ES군이 EC군과 ET군에 비해 혈중 triglyceride 농도가 높았으나 유의적 차이는 아니었다.

90분간 수영한 후 피로한 상태를 반영하는 혈장 lactate 농도는 EC군이 31.10 ± 4.49 mg/dL, ET군이 30.88 ± 4.27 mg/dL, 그리고 ES군이 35.19 ± 8.78 mg/dL로 ES군이 EC군과 ET군보다 높은 농도를 나타냈으나, 세 군간의 유의적 차이는 아니었다(18).

운동 수행 시에 반복되는 근육수축에 의해 myosin과 actin의 친화력을 높이는 단계에서 ATP가 가수분해 되면서 혈중 inorganic phosphate의 농도가 급격히 증가하게 된다. 따라서 일반적으로 운동 중에 혈중 inorganic phosphate 농도가 급격히 증가하면 근섬유의 cross-bridge가 약화되면서 힘 생성이 저하되는 것으로 알려져 있다(19). 본 연구에서는 EC군의 inorganic phosphate 농도가 7.38 ± 1.42 mg/dL, ET군이 7.68 ± 0.47 mg/dL, 그리고 ES군이 7.09 ± 1.04 mg/dL로 ET군의 inorganic phosphate 농도가 EC군과 ES군에 비해 높았으나, 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 무산소 운동 중인 근육세포에서 ATP 재합성에 필요한 creatine phosphate 합성을 촉매하는 효소인 혈장 creatine kinase의 활성은(20) EC군이 140.63 ± 46.99 U/L, ET군이 139.71 ± 30.11 U/L, 그리고 ES군이 $145.38 \pm$

48.63 U/L로 ES군이 다른 두 군에 비해 높았으나, 유의적인 차이는 보이지 않았다. 한편, ammonia 농도는 EC군이 $135.63 \pm 38.00 \mu\text{g/dL}$, ET군이 $111.86 \pm 35.08 \mu\text{g/dL}$, 그리고 ES군이 $124.78 \pm 32.67 \mu\text{g/dL}$ 였으며, 이 역시 유의적인 차이는 보이지 않았다.

Table 11. Serum fatigue factors of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(90-min swimming subgroups)

Group ¹⁾	Glucose(mg/dL)	Free fatty acid(meq/L)	Triglyceride(mg/dL)
EC	108.89±33.52	636.38±210.98	28.44± 9.82
ET	99.86±10.33	696.71±148.03	30.13±11.51
ES	105.44±25.60	615.88±123.33	33.78±14.20

Values are mean±SD. Means with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

¹⁾EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

Table 12. Serum fatigue factors of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(90-min swimming subgroups)

Group ¹⁾	Lactate(mg/dL)	Inorganic phosphate(mg/dL)	Creatine kinase(U/L)	Ammonia(μ g/dL)
EC	31.10 \pm 4.49	7.38 \pm 1.42	140.63 \pm 46.99	135.63 \pm 38.00
ET	30.88 \pm 4.27	7.68 \pm 0.47	139.71 \pm 30.11	111.86 \pm 35.08
ES	35.19 \pm 8.78	7.09 \pm 1.04	145.38 \pm 48.63	124.78 \pm 32.67

Values are mean \pm SD. Means with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

¹⁾EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

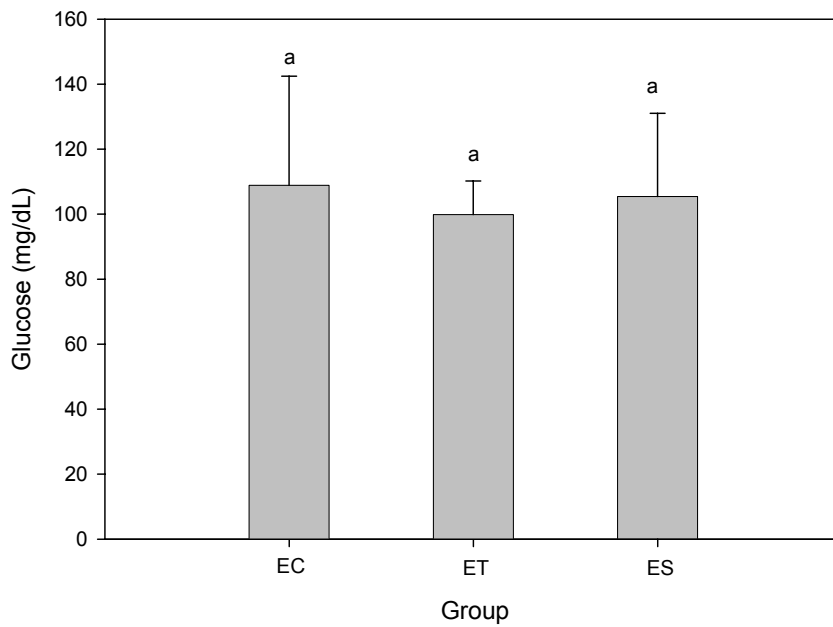


Fig. 9. Serum glucose concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(90-min swimming subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

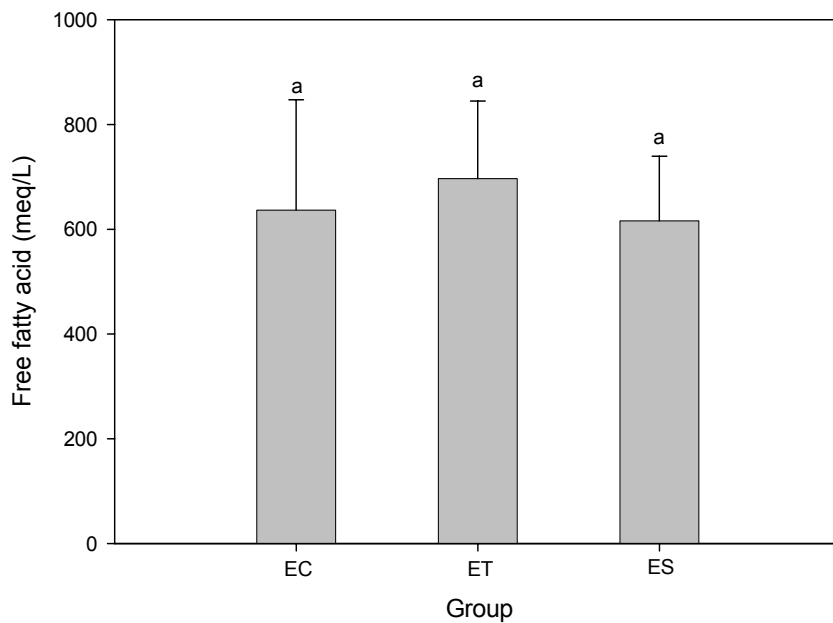


Fig. 10. Serum free fatty acid concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(90-min swimming subgroups). EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

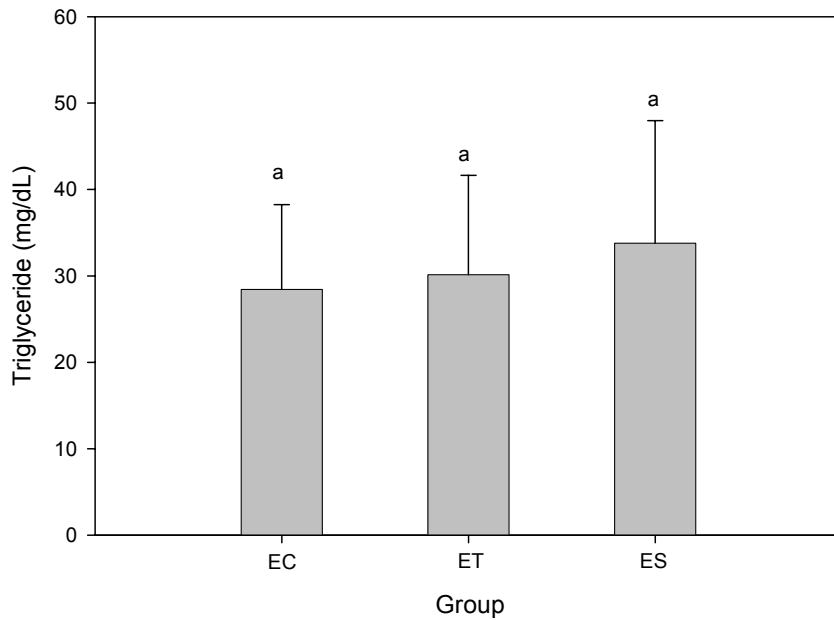


Fig. 11. Serum triglyceride concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(90-min swimming subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

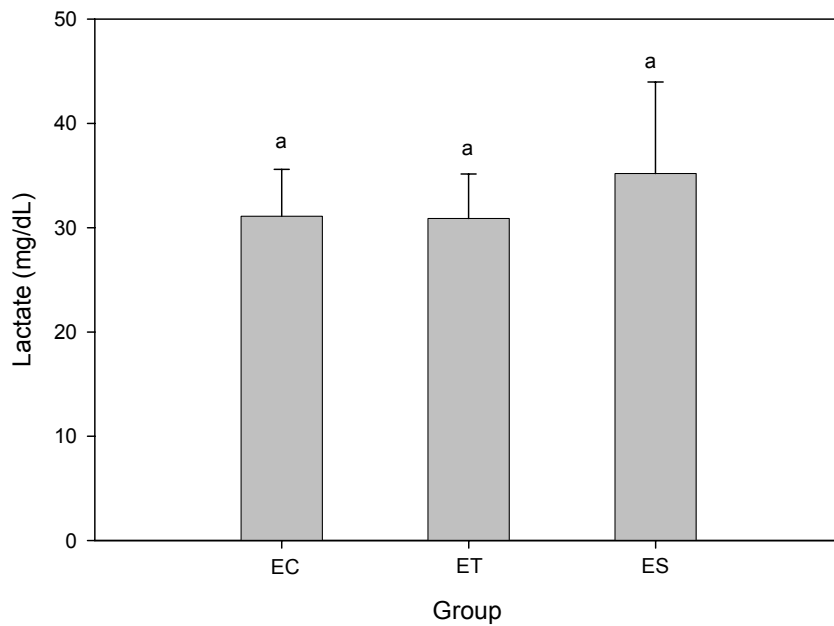


Fig. 12. Serum lactate concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(90-min swimming subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

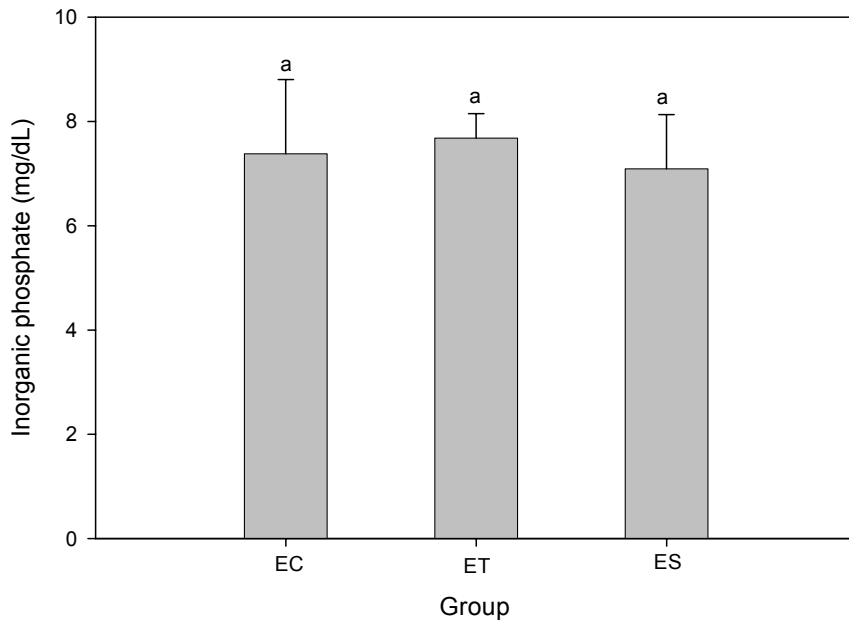


Fig. 13. Serum inorganic phosphate concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(90-min swimming subgroups). EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

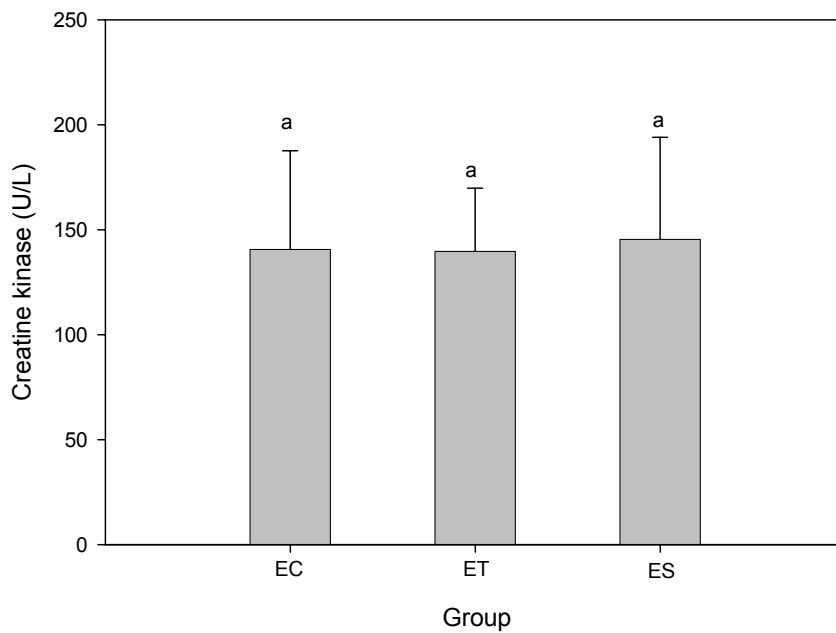


Fig. 14. Activity of serum creatine kinase of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(90-min swimming subgroups). EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

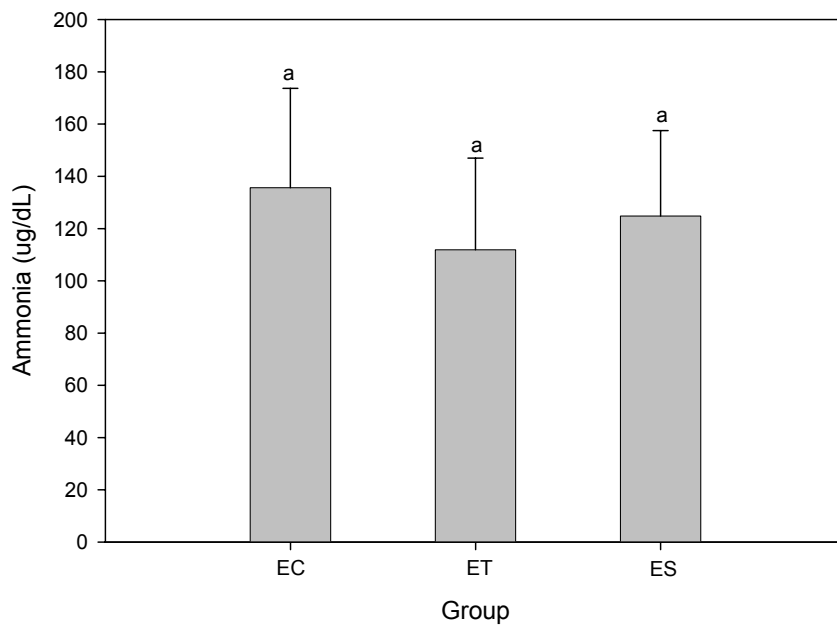


Fig. 15. Serum ammonia concentration of rats fed control , terrapin extract or snake extract supplemented diets(90-min swimming subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

탈진 때까지 수영을 한 all-out subgroups에서의 혈중 피로 요소 분석결과는 Table 13과 14 및 Figs. 16-22에 제시한 바와 같다. 혈중 glucose 농도가 감소하면 피로감을 느끼게 되고, 지구력 운동 수행 능력을 저해하는 결과가 초래된다. 즉, 운동 후반부에 근육의 glycogen 함량이 감소하면, 혈중 glucose가 근육으로 유입되는 양이 증가하게 되며 이때, 혈중 glucose가 고갈되어 가면 근육으로 유입되어 glycogen을 재합성 할 수 없기 때문에 피로감을 느끼게 된다(21). 탈진 때까지 수영한 all-out subgroup의 혈중 glucose 농도는 EC군이 64.43 ± 32.06 mg/dL, ET군이 59.89 ± 20.84 mg/dL, 그리고 ES군이 45.44 ± 11.17 mg/dL로 EC군의 혈중 glucose 농도가 다른 군들에 비해 높았으나 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 또한, free fatty acid의 농도는 ES군이 다른 군에 비해 낮았으나 이 역시 유의적인 차이를 보이지는 않았다. Triglyceride 농도는 EC군이 7.75 ± 3.41 mg/dL, ET군이 5.11 ± 1.83 mg/dL, 그리고 ES군이 5.50 ± 3.63 mg/dL로 EC군이 세 군 가운데 가장 높은 수치를 보였으나, 유의적 차이는 나타나지 않았다.

젖산은 해당작용과 TCA cycle의 대사적 연계가 당량비로 진행되지 못하고, 해당 작용이 부족한 상황에서 생성된다. 고강도 운동시 산소공급량이 근육의 산소 소모량에 미치지 못하는 경우 근육조직의 젖산 농도가 증가되고, 이때 생성된 젖산은 혈액으로 확산되어 심장 및 간에서 처리된다(22). 또한 젖산은 무산소 운동중에 근세포질에 축적되는 피로물질로써, 운동에 의해 젖산 축적이 일어나게 되면 체내의 산성화를 야기하며, 운동 중 glycogen대사에 관여하는 phosphorylase의 활성을 저하시켜 혐기상태의 운동에너지의 급원이 되는 포도당 신생이 억제된다고 알려져 있다(23). 본 연구에서는 탈진 때까지 수영한 all-out subgroup의 혈중 lactate 농도가 EC군이 39.71 ± 18.17 mg/dL, ET군이 28.45 ± 18.00 mg/dL, 그리고 ES군이 61.93 ± 22.52 mg/dL로 ES군의 혈중 lactate 농도가 유의적으로 높았다. 근육 내 glycogen 농도가 가장 높았던 ES군이 lactate 함량이 높은 것은 ES군의 운동 수행 시 에너지 공급 측면에서 그 이용률이 매우 낮은 것으로 사료된다. Inorganic phosphate의 농도는 EC군이 9.75 ± 2.33 mg/dL, ET군이 9.10 ± 1.88 mg/dL, 그리고 EC군이 11.21 ± 2.69 mg/dL로 ES군의 혈중 inorganic phosphate 농도가 세 군 중 수치 상 가장 높았으나, 유의적인 차이는 보이지 않았다. Creatine kinase의 활성은 EC군이 506.57 ± 175.63 U/L, ET군이 358.38 ± 161.19 U/L, 그리

고 ES군이 425.14±153.65 U/L였으며, 유의적인 차이를 보이지 않았다.

운동시 아미노산 분해로 인해 생성된 ammonia가 피로요소로 인정받는 부분은 중추적 작용과 말초적 작용으로 구분된다. Ammonia의 중추적 피로작용 기전은 운동시 갑자기 증가되는 ammonia 자체가 급성독성을 나타내 혼수상태, 경련, 운동실조 등을 일으킨다는 것이다. 한편, ammonia의 말초적 피로요소 기전을 살펴보면, 근육세포 에 축적된 암모니아가 근육의 통증감지와 관련이 있는 구심성 신경을 자극하고, TCA cycle 및 당신생작용을 저해하며 lactic acid 생성을 초래함으로써 근육의 피로를 유발시킨다는 이론이다(24). 본 연구에서 탈진 때까지 수영을 한 all-out subgroup의 혈중 ammonia 농도는 EC군이 434.38±287.53 $\mu\text{g}/\text{dL}$, ET군이 366.50±251.95 $\mu\text{g}/\text{dL}$, 그리고 ES군이 652.25±122.64 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 ES군의 혈중 ammonia농도가 가장 높았으나, 유의적인 차이는 없었다.

Table 13. Serum fatigue factors of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(all-out subgroups)

Group ¹⁾	Glucose(mg/dL)	Free fatty acid(meq/L)	Triglyceride(mg/dL)
EC	64.43±32.06	755.43±198.75	7.75±3.41
ET	59.89±20.84	792.57±368.30	5.11±1.83
ES	45.44±11.17	687.63±195.44	5.50±3.63

Values are mean±SD. Means with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

¹⁾EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

Table 14. Serum fatigue factors of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(all-out subgroups)

Group ¹⁾	Lactate(mg/dL)	Inorganic phosphate(mg/dL)	Creatine kinase(U/L)	Ammonia(μ g/dL)
EC	39.71 \pm 18.17 ^a	9.75 \pm 2.33	506.57 \pm 175.63	434.38 \pm 287.53
ET	28.45 \pm 18.00 ^a	9.10 \pm 1.88	358.38 \pm 161.19	366.50 \pm 251.95
ES	61.93 \pm 22.52 ^b	11.21 \pm 2.69	425.14 \pm 153.65	652.25 \pm 122.64

Values are mean \pm SD. Means with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

¹⁾EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

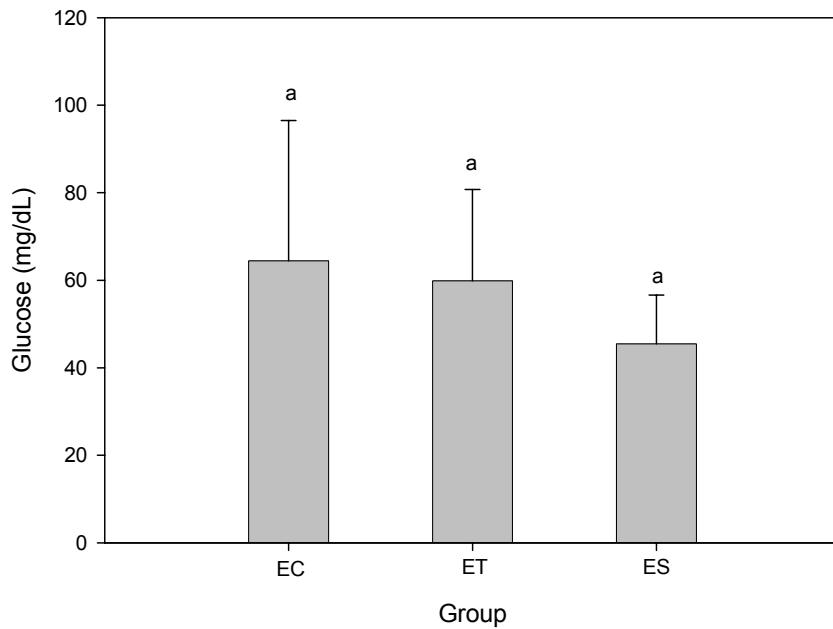


Fig. 16. Serum glucose concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(all-out subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

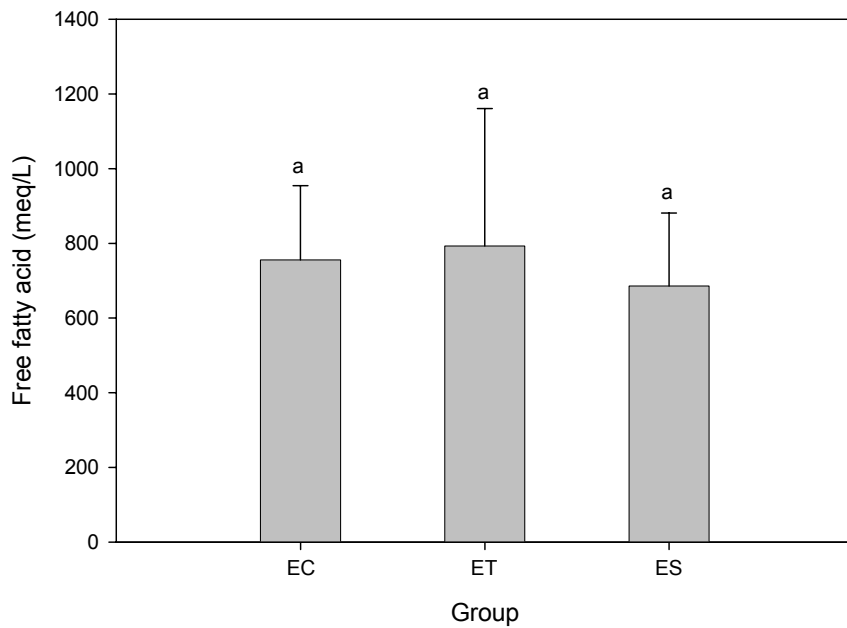


Fig. 17. Serum free fatty acid concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(all-out subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

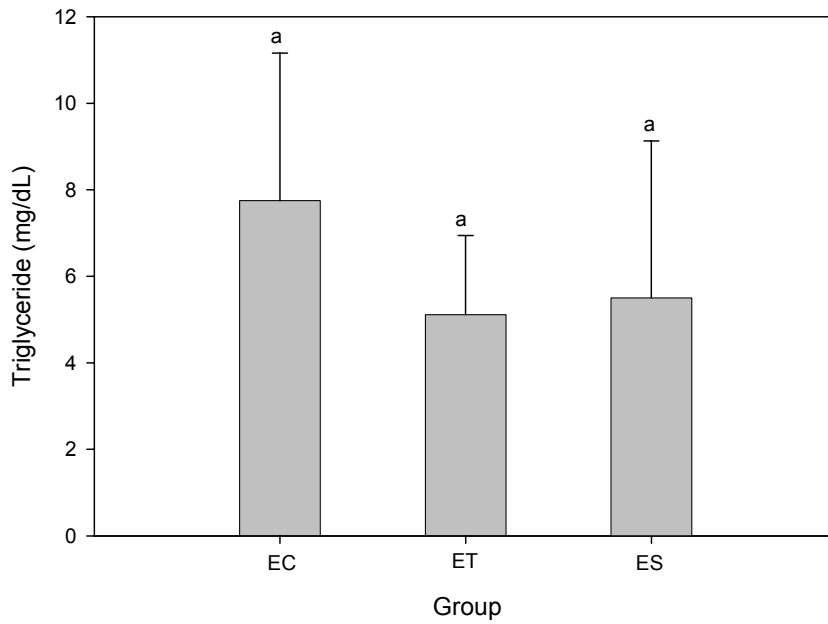


Fig. 18. Serum triglyceride concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(all-out subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

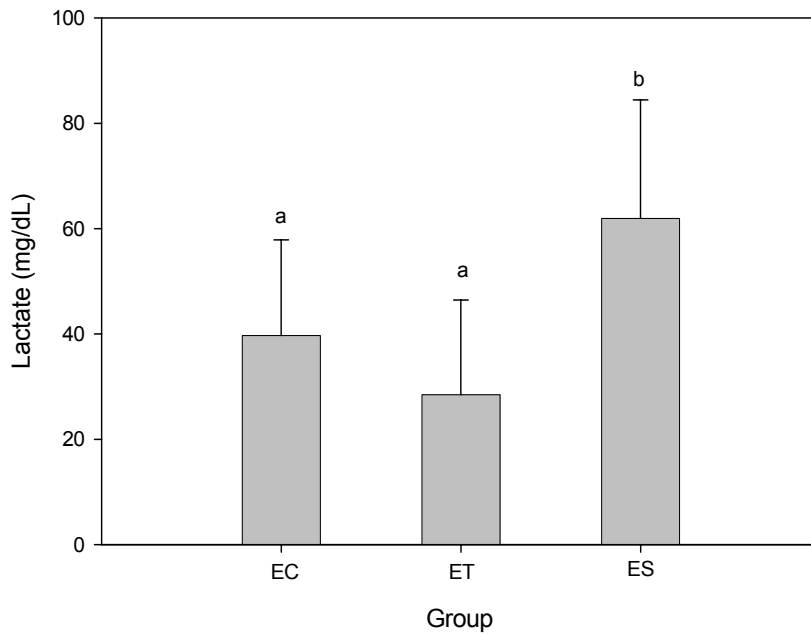


Fig. 19. Serum lactate concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(all-out subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

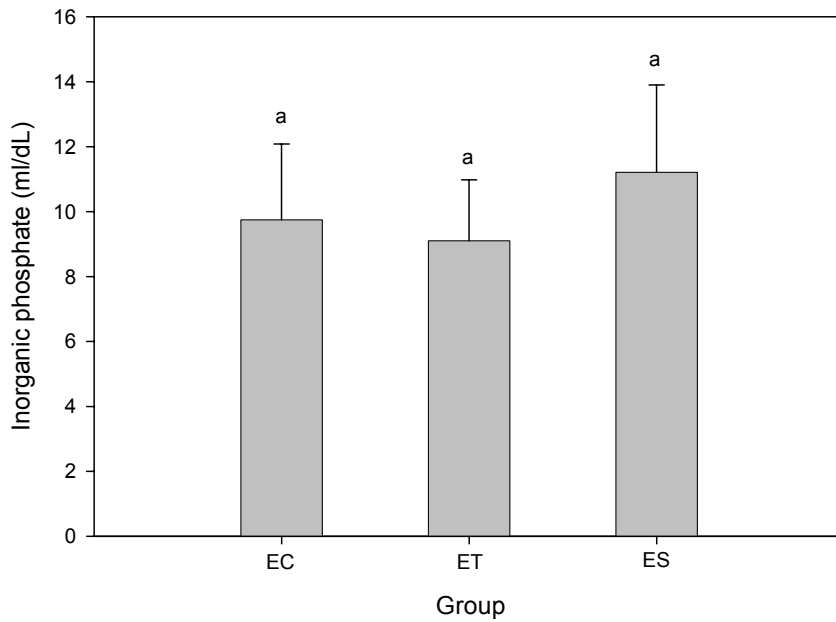


Fig .

20. Serum inorganic phosphate concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(all-out subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

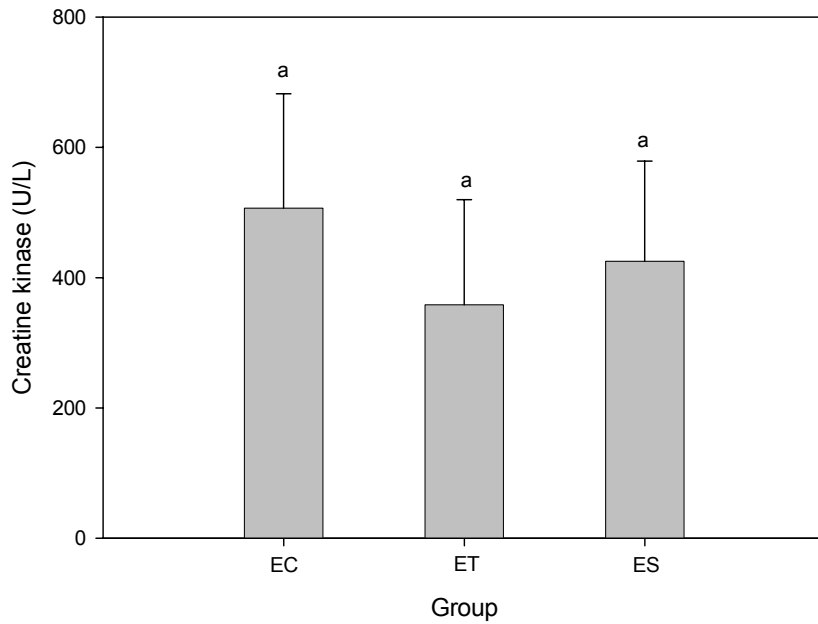


Fig. 21. Activity of serum creatine kinase of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(all-out subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

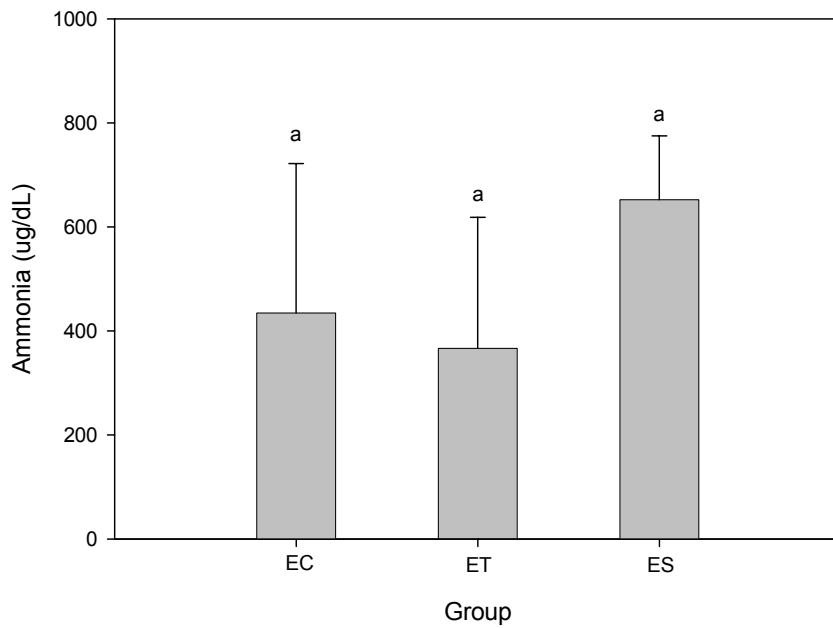


Fig. 22. Serum ammonia concentration of rats fed control, terrapin extract or snake extract supplemented diets(all-out subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

6. 근육내 효소활성 측정

90분간 수영한 subgroups의 근육 효소 활성 측정은 Table 15와 Figs. 23과 24에 제시한 바와 같다. LDH(Lactate dehydrogenase)는 무산소 상태에서 pyruvate로부터 lactate의 형성을 촉매하는 효소로서, 고강도 운동시 그 활성이 증가되며, 근육 피로에 있어서 중요한 인자로 알려져 있다(10). 과격한 운동을 할 경우 과량의 pyruvate가 형성됨에 따라 젖산의 형성이 촉진되고 pyruvate를 젖산으로 전환시키는 과정에서 LDH의 활성도가 증가하게 된다(25). 또한, 혈중 LDH 활성의 증가는 다양한 간질환, 악성빈혈 등과 같은 여러 가지 병인 요소와 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 또한, Citrate synthase는 TCA 회로의 첫 단계에서 citrate를 합성하는 과정을 촉매하는 효소이며, 일반적으로 유산소 운동에 의해 증가하는 것으로 알려져 있다(11).

90분간 수영한 subgroups의 LDH활성 측정 결과, EC군 $17.15 \pm 1.77 \mu\text{mol/g tissue/min}$, ET군 $17.92 \pm 2.12 \mu\text{mol/g tissue/min}$ 그리고, ES군 $18.04 \pm 1.78 \mu\text{mol/g tissue/min}$ 으로 EC군에 비해 ET군과 ES군의 LDH 활성이 높았으나, 유의적인 차이는 보이지 않았다. 한편, CS(citrate synthase)의 활성 측정 결과 EC군 $25.85 \pm 3.81 \mu\text{mol/g tissue/min}$, ET군 $27.75 \pm 4.87 \mu\text{mol/g tissue/min}$ 그리고, ES군 $33.28 \pm 4.21 \mu\text{mol/g tissue/min}$ 로 ES군의 CS 활성이 유의적으로 높았다. 이는 운동으로 인한 빠른 근육 내 glycogen 고갈과, 혈중 lactate 함량이 높은 ES군이 효소의 활성도를 높이며, 스스로의 피로 누적을 감소시키려는 기전으로 사료된다.

Table 15. Activity of skeletal muscle enzyme in the 90-min swimming subgroups

Group ¹⁾	Activity of skeletal muscle enzyme ($\mu\text{mol/g tissue/min}$)	
	LDH	Citrate synthase
EC	17.15 \pm 1.77	25.85 \pm 3.81 ^a
ET	17.92 \pm 2.12	27.75 \pm 4.87 ^a
ES	18.04 \pm 1.78	33.28 \pm 4.21 ^b

Values are mean \pm SD. Means with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

¹⁾EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

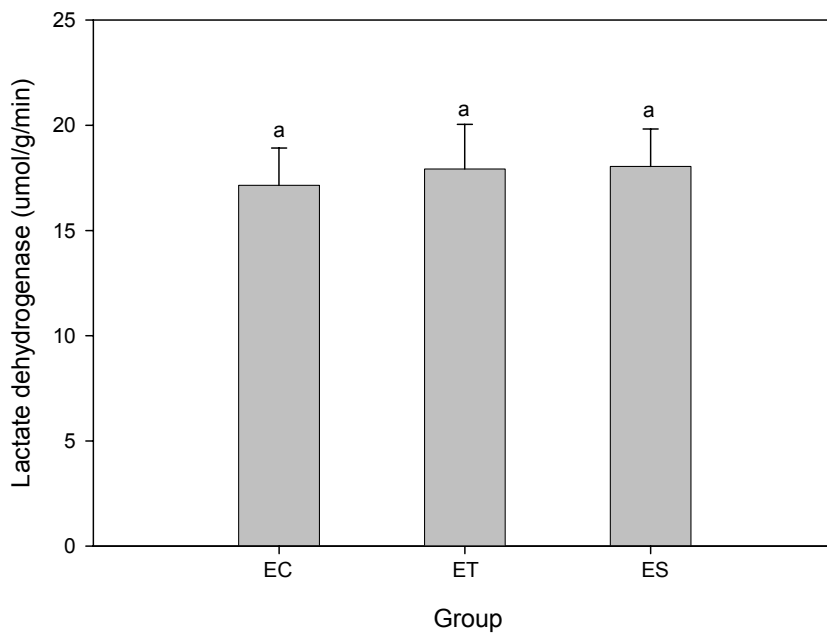


Fig. 23. Activity of skeletal muscle lactate dehydrogenase of rats(90-min swimming subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

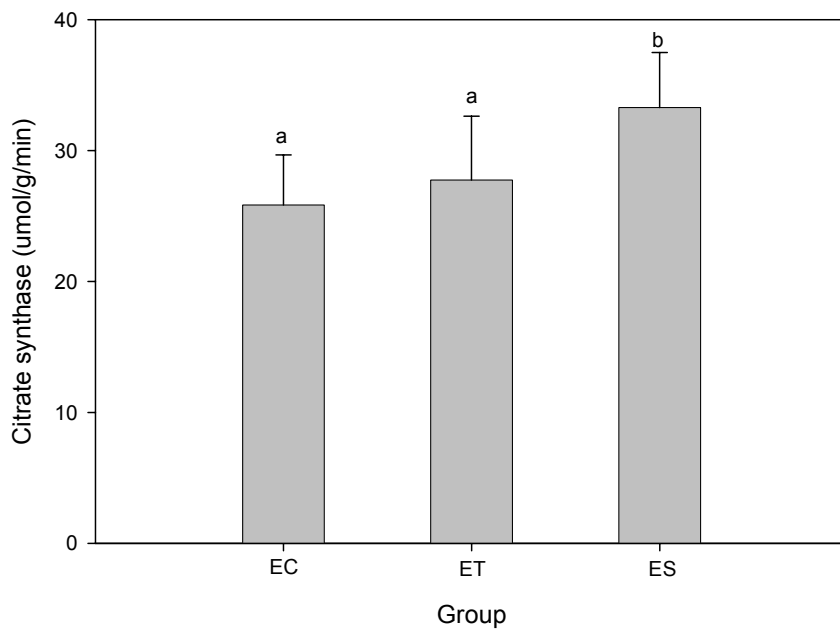


Fig. 24. Activity of skeletal muscle citrate synthase of rats(90-min subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

탈진 때까지 수영한 all-out subgroup의 근육 효소 활성은 Table 16 및 Fig. 25-26에 제시한 바와 같다. 운동 중에 무산소성 대사가 활발히 이루어지게 되면 LDH 활성이 증가하게 된다. 즉, glycogen 또는 glucose가 분해 되어 ATP를 형성하는 과정에서 세포 내에 충분한 양의 산소가 공급되지 못하면, 무산소성 에너지 대사가 진행되어 근세포질에 젖산이 축적되고 LDH활성이 증가하게 된다. 충분한 산소 공급이 이루어지는 상태에서 운동을 수행할 경우, 당질과 지방은 mitochondria내에서 TCA 회로와 전자 전달계를 거쳐서 ATP를 형성하게 된다. 따라서 규칙적인 유산소 운동은 mitochondria 내의 에너지 대사에 관련된 효소의 활성을 증가시킴으로써 ATP 형성을 효율적으로 수행할 수 있도록 도와준다(26).

탈진 때까지 수영을 한 all-out subgroup의 LDH 활성도는 EC군이 $15.76 \pm 3.12 \mu\text{mol/g tissue/min}$, ET군이 $17.85 \pm 4.21 \mu\text{mol/g tissue/min}$, 그리고 ES군이 $15.44 \pm 3.69 \mu\text{mol/g tissue/min}$ 였으며, 유의적인 차이는 보이지 않았다. 또한 CS 활성도는 EC군이 $27.28 \pm 5.08 \mu\text{mol/g tissue/min}$, ET군이 $28.54 \pm 6.42 \mu\text{mol/g tissue/min}$, 그리고 ES군이 $26.60 \pm 4.44 \mu\text{mol/g tissue/min}$ 로 유의적인 차이는 보이지 않았다.

이상의 결과를 요약하면, 용봉탕과 생사탕 투여는 실험동물의 지구력 운동 수행 능력에 영향을 미치지 않는다고 결론지을 수 있다. 강제수영시간에 영향을 미치지 않았기 때문인지 전반적으로 간과 운동 관련 근육의 중량에도 영향이 없었으며 피로와 관련된 젖산 및 ammonia 등 혈중 생화학적 피로 요소에도 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이를 역으로 해석하면 용봉탕과 생사탕은 좋은 영향도 없지만 운동 중 나쁜 영향도 없어 생체에 해로운 면도 없다고 판단된다. 따라서 본 연구에 따르면 지구력 운동 능력 향상 또는 일반적인 용어로 자양강장 효과를 위해서는 섭취가 필요 없는 식품이라 판단된다.

Table 16. Activity of skeletal muscle enzyme in the all-out subgroups

Group ¹⁾	Activity of skeletal muscle enzyme ($\mu\text{mol/g tissue/min}$)	
	LDH	Citrate synthase
EC	15.76 \pm 3.12	27.28 \pm 5.08
ET	17.85 \pm 4.21	28.54 \pm 6.42
ES	15.44 \pm 3.69	26.60 \pm 4.44

Values are mean \pm SD. Means with the different letter within a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

¹⁾EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

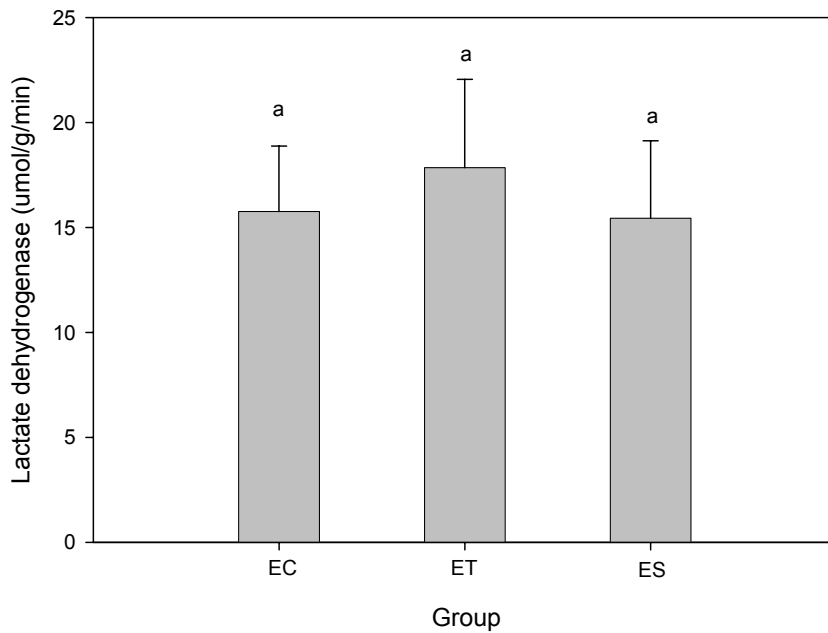


Fig. 25. Activity of skeletal muscle lactate dehydrogenase of rats(all-out subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

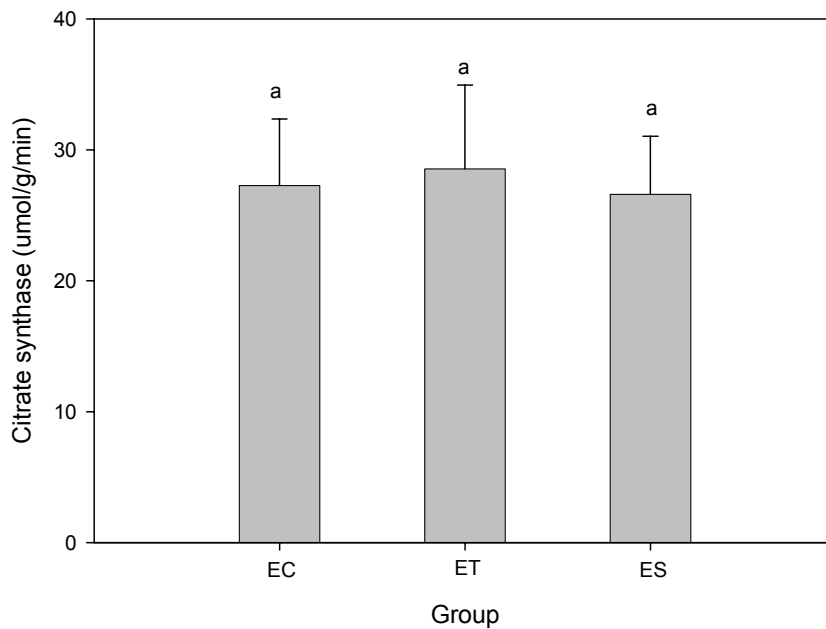


Fig. 26. Activity of skeletal muscle citrate synthase of rats(all-out subgroups).

EC, Exercise-trained control group; ET, Exercise-trained and terrapin extract supplemented group; ES, Exercise-trained and snake extract supplemented group

제4절 참고문헌

- 1) Don B. Winner drinks. *IFI*, 3,20-23, 1996.
- 2) 백일영, 김정규, 전유섭, 오홍진. 절대강도 운동 시 혈중 피로요소의 변화에 의한 피로기전의 타당성 검증. *한국체육학회지* 36(1): 281-233, 1998.
- 3) MacLaren DPM, Gibson H, Parry-Billings M, Edward RHT. Exercise and sport science review: A review of metabolism and physiological factors in fatigue. Vol. 7: 29-66, 1989.
- 4) Banister EW, Cameron BJC. Exercise-induced hyperammonemia: peripheral and central effects. *Int J Sports Med* 11(Suppl 2): S129-S142, 1990.
- 5) Iles JF, Jack JJB. Ammonia: assessment of its action on postsynaptic inhibition as a cause of convulsion. *Brain* 103: 555-578, 1980.
- 6) Mitchell JH. Neural control of the circulation during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 22: 141-154, 1990.
- 7) Koyuncuoclu H, Keyer M, Simsek S, Sagduyu H. Ammonia intoxication: changes of brain levels of putative neurotransmitter and related compounds and its relevance to hepatic coma. *Pharmacol Res Commun* 10: 787-807, 1978.
- 8) Matsumoto K, Ishihara K, Tanaka K, Inoue K & Fushiki T. An adjustable-current swimming pool for the evaluation of endurance capacity of mice. *J Appl Physiol* 81(4), 1843-1849, 1996.
- 9) Chun Y and Yin ZD. Glycogen assay for diagnosis of female genital chlamydia trachomatis infection. *J Clin Microbiol* 36: 1981-1082, 1998.
- 10) Pesce A, Mckay RH, Stolzenbach F, Ccahn RD, Kaplan NO. Comparative enzymology of LDH. *J Biol Chem* 239: 1753-1761, 1964.
- 11) Srere PA. Citrate synthase. *Method Enzymol* 13: 3-11, 1969.
- 12) 윤혜숙 장일무 편집. 전통약물로부터 신약개발 연구법. 서울대학교 천연물과학연구소. p. 11, 1993.
- 13) Nuttall FQ, Mary CG. An improved assay for hepatic glycogen synthase in liver extracts with emphasis on synthase R. *Anal Biochem* 178: 311-319,

1989.

14) MacLaren DPM, Gibson H, Parry-Billings M, Edward RHT. Exercise and sport science review: A review of metabolism and physiological factors in fatigue. Vol. 7: 29-66, 1989.

15) Coyle EF, Hagberg JM, Hurley BF, Martin WH, Ehsani AA, Holloszy JO. Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue. *J Appl Physiol* 55: 230-235, 1983.

16) Varnier M, Leese GP, Thompson J, Rennie MJ. Stimulatory effect of glutamine on glycogen accumulation in human skeletal muscle. *Am J Physiol* 269: E309-E315, 1995.

17) Hickson RC, Rennie MJ, Conlee RK, Winder WW & Holloszy JO. Effects of increased plasma fatty acids on glycogen utilization and endurance. *J Appl Physiol* 43, R829-R833, 1977.

18) Messonnier L, Freund H, Feasson L, Prieur F, Castells J, Denis C, Linossier MT, Geysant A and Lacour JR. Blood lactate exchange and removal abilities after relative high-intensity exercise: effects of training in normoxia and hypoxia. *Eur J Appl Physiol* 84(5): 403-412, 2001.

19) MacLaren DPM, Gibson H, Parry-Billings M, Edward RHT. Exercise and sport science review: A review of metabolism and physiological factors in fatigue. Vol. 7: 29-66, 1989.

21) Meneguello MO, Mendoca JR, Lancha Jr AH, Costa Rosa LFBP. Effect of arginine, ornithine and citrulline supplementation upon performance and metabolism of trained rats. *Cell Biochem Funct* 21: 85-91, 2003.

22) 김세중, 백영호, 염원상. 고교 농구선수의 비타민 B 복합체 및 C 섭취시 혈중 젖산농도, LDH, CPK, 전해질 및 면역체계의 변화. *운동영양학회지* 4(1): 61-70, 2000.

23) Mosso A. Fatigue. Charles C. Thomas Publishers, Rome, Italy, 1997.

24) Buono MJ, Clancy TR & Cook JR. Blood lactate and ammonium ion accumulation during graded exercise in humans. *J Appl Physiol* 57(1),

135-139, 1984.

25) Halonen PI, Kontinen A. Serum alpha-hydroxybutyric dehydrogenase (HBD) in myocardial infarction. Comparison with glutamic oxalacetic transaminase (GOT) and lactic dehydrogenase (LDH). *Am J Cardiol* 10: 525-531, 1962.

26) Jones NL. Muscle performance and fatigue: overview. Hypoxia, Exercise, and Altitude: Proceedings of the third Banff International hypoxia symposium, pp. 237-242, 1983.

제5장 두 종류의 자양강장용 기능성 식품이 흰쥐의 강제수영 능력에 미치는 영향

제1절 서론

복잡한 현대사회에서 활동량이 부족하고, 환경오염에 의한 생활환경 악화, 정신적인 스트레스가 가중되는 현대인들이 가장 원하는 사항은 건강 증진이라고 생각된다. 운동이 가장 경제적이고 효율적인 성인병 및 노화의 예방책으로 판단되지만, 바쁜 일상생활, 피곤함 또는 무기력감, 게으른 습관 등 여하한 이유로 건강관리를 못하는 현대인은 운동의 대안으로 자양강장제(tonics)를 복용하는 경향이 높다. 자양강장제란 건강의 유지 또는 개선에 관계되는 모든 요소를 뭉뚱그려 표현한 포괄적인 개념이기 때문에 건강과 관련이 있는 모든 먹거리가 자양강장제 범주에 포함될 수 있으나, 사실 과학적으로는 자양강장제의 구체적인 실체는 없는 실정이다. 이 이유로 수없이 많은 자양강장제가 전세계 국가에서 이용되고 있지만, 그 효과는 주로 고문서에 의존하거나, 간단한 *in vitro* 실험 또는 부분적인 동물실험에 근거하고 있으며 아직 체계적인 임상시험을 통해 과학적인 검증을 거친 제품은 없다고 판단된다.

한편, 국내에서 자양강장제로는 인삼과 녹용 류의 한약재, 비타민과 미네랄 제재류의 영양보충식품, 스쿠알렌과 자라 같은 건강보조식품 등으로 매우 다양하며, 국외에서는 비타민 C등 식이보조식품, Rosemary oil 등 허브류, 에페드라와 마황 등 식물체를 섭취하고 있다. 그런데 이들의 과학적인 근거가 없거나 미약하다는 문제가 있고 특히, 한국인은 뱀, 犬肉, 곰쓸개, 사슴피, 심지어 지네에 이르기 이를 정도로 보신식품 중 혐오식품이 많아 전세계적으로 문화적 마찰이 발생하기도 하고, 동남아시아에서는 보신 관광객이 물의를 빚는 경우도 있다. 따라서 이제라도 과학적인 자양강장식의 개발로 口傳에 의존하거나 야만적인 보신식품을 대체할 필요성이 시급하다고 판단된다.

과거에 대체의학(1)은 비과학적이며 비의학적인 민간요법의 하나로 치부되는 것이 현실이었으나, 현재는 정규 의학이 해결하지 못하는 영역을 탐구하는 새로

운 분야로 발전하고 있는 미래 지향적인 산업으로 발전 속도가 빠를 것으로 예측된다. 최근 국제적으로 대체의학에 관한 관심이 고조되면서 미국에서는 National Institute of Health 산하에 National Center for Complementary & Alternative Medicine을 설립하고 대체의약품에 대한 임상시험(clinical trial)을 통해 기존의 의학 범주와 별도로 질병의 예방과 치유에 대한 연구를 본격화하고 있다. 현재는 주로 암, 당뇨, 심장질환 등 질병에 초점을 두고 연구를 수행하고 있으며, 국내에서도 대체의약이 도입되어 homeopathy(2), aromatherapy(3) 등 다양한 연구가 이루어지고 있고 다루는 영역도 확대 추세에 있다. 본 과제에서는 지구력을 요구하는 운동수행능력을 평가기준으로 자양강장 효과가 있는 대체의약 소재에 대하여 연구하였다.

Ergogenic aids(4) 중 약물보조제(스테로이드, 카페인, erythropoietic 등)나 생리물질등(sodium bicarbonate, sodium citrate, 수혈 등)을 일정량 이상 복용하면 운동 수행능력을 현저히 증가시킬 수 있고 일상생활에서도 활기찬 생활을 할 수 있겠지만, 이는 일시적인 현상에 불과하고 이들 약물은 건강에 서서히, 그러나 치명적인 부작용을 수반하여 궁극적으로 건강을 해치는 행위이다. 반면, 식품가공 원료로 사용될 수 있는 식물체는 부작용 없이 안전하게 모든 인류가 섭취할 수 있다는 점에서 운동수행능력을 기준으로 한 자양강장제 개발 원료로 요긴하게 활용될 수 있다. 과거의 연구결과(5-7)에 따르면 홍삼, 옥타코사놀을 비롯한 몇몇 식물체 추출물과 식품첨가물이 운동 수행 능력에 좋은 효과를 나타낸다고 알려져 있어 본 과제에서 개발한 제품의 원료로 사용하였다. 본 연구는 흰쥐에게 산업화 할 수 있는 자양강장용 기능성식품 배합물 2종을 섭취시킨 후 강제수영 시간을 측정하고, 혈액과 근육의 피로요소를 분석하여 해당 식물체가 운동수행능력에 미치는 영향을 분석한 결과이다.

제2절 재료 및 방법

1. 실험식이

실험에 이용된 식이는 AIN-93을 기준으로 하였으며, 두 종의 자양강장용 식품내 첨가한 스쿠알렌과 MCT등은 총 식이 지방량에서 조정하였으며, 기타 실험 식이의 자세한 조성은 Table 1-3에 제시한 바와 같다.

Table 1. Experimental diet composition by AIN-93

Ingredient	AIN-93 (g/kg)	Group ¹⁾			
		SC	EC	EFA	EFB
Corn starch	367.486	367.486	367.486	361.006	383.852
Dextrinized cornstarch	132	132	132	132	132
Sucrose	100	100	100	100	100
Casein	200	200	200	200	200
L-Cystine	3	3	3	3	3
Soybean oil	100	100	100	60.88	38.034
Mineral Mix	35	35	35	35	35
Vitamin Mix	10	10	10	10	10
Cellulose powder	50	50	50	50	50
Choline bitartate	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Tert-butylhydroquinone	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
Formula A	-	-	-	45.6	-
Formula B	-	-	-	-	45.6
Total	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00

¹⁾SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

Table 2. Diet composition for exercised formula A group

Sample	Composition(%)	Amount(g/kg)
Squalene	20	9.12
<i>Saururus chinensis</i> Baili extract	15	6.84
<i>Eleutherococcus senticosus</i> extract	15	6.84
Tochukaso extract	15	6.84
Kotu kola	10	4.56
Taurine	10	4.56
Phosphatidylcholine	2	0.91
Glutamine	4	1.82
L-Arginine	4	1.82
L-Carnitine	5	2.28
합계	100	45.6

Table 3. Diet composition for exercised formula B group

Sample	Composition(%)	Amount(g/kg)
MCT	69.44	31.67
Octacosanol	0.69	0.32
Red ginseng extract	10.42	4.75
<i>Rubus coreanus</i> extract	3.47	1.58
<i>Eleutherococcus senticosus</i> extract	3.47	1.58
Kotu kola	3.47	1.58
Taurine	3.47	1.58
Phosphatidylcholine	0.35	0.16
Glutamine	1.74	0.79
L-Arginine	1.74	0.79
L-Carnitine	1.74	0.79
합계	100	45.6

2. 실험 동물의 사육

5주령의 수컷 Sprague-Dawley (SD) rat를 1주일간 예비 사육 한 후 20 마리씩 무작위로 4 군 즉, SC(Sedentary control group), EC(exercised control group), EFA(exercised formula A group), EFB(exercised formula B group)로 분류하였다. 고형사료 및 식수는 자유롭게 섭취하도록 공급하였다. 동물 사육실의 환경은 온도 $23\pm 1^{\circ}\text{C}$, 습도 $50\pm 5\%$, 12-hour light-dark cycle을 유지하였으며, 식이 섭취량과 체중 증가량은 주당 1회 일정한 시간에 측정하였다.

3. 수영 적응 훈련 및 최대수영능력 측정

모든 군은 주당 2회 수영 적응 훈련을 실시하였다. 수영 적응 훈련 방법은 수조 크기 $90\times 45\times 45$ cm, 물높이 50 cm, 물 온도 $33\sim 35^{\circ}\text{C}$ 의 수조(swimming pool)에서(8) 1주차에는 10분, 2주차에는 15분, 3주차에는 20분, 그리고 4주차에는 25분간 수영 훈련을 실시하는 점증운동부하법을 사용하였다.

4주간의 식이 급여가 끝난 후 각 군을 강제 수영 형태에 따라 다시 두 하부군(subgroups)으로 분류하였다. 한 군은 90분간 강제 수영시킨 후(90-min subgroups) 해부하였으며, 다른 한 군은 탈진 때까지 강제 수영시킨 후(all-out subgroups) 해부하여 각각 채혈하였다. 최대 수영 능력은 탈진 때까지 수영하는 군(all-out sub-group)에서 측정하였고, rat가 수면에서 바닥으로 가라앉아 10초 이내에 다시 수면으로 떠오르지 못하는 때를 'all-out'으로 판정하여 그 때까지의 시간을 최대수영능력으로 기록하였다.

4. 시료 채취 및 혈중 피로요소의 분석

혈액은 심장에서 채혈하였으며, EDTA를 첨가하여 응고를 방지한 후 3,000 rpm에서 10 min 동안 원심분리한 후에 혈장을 취하여 분석 시까지 -70°C 에서 보관하였다. 혈액 내 성분으로 triglyceride 농도(Sigma 336-10), glucose 농도(Sigma 510-DA), free fatty acids 농도, inorganic phosphate 농도, creatine kinase 활성, lactate 농도(Sigma 735-10), lactate dehydrogenase 활성(Sigma 228-10), ammonia 농도(Sigma 171-B)를 상업용 kit를 이용하여 분석하였다.

5. 간과 근육 내 글리코겐 농도 분석

간(liver)과 하지의 골격근 중 비복근(gastrocnemius muscle)과 가자미근(soleus muscle)을 적출하여 액체 질소로 급속동결 시킨 후 glycogen 농도를 분석시까지 -70°C 에서 보관하였다. Glycogen 함량은 glucose oxidase method(9)에 따라서 분광광도계로 분석하였다. 요약하면, 일정량의 간과 근육을 30% KOH로 100°C 에서 30분간 가수분해한 후, 1.5 mL의 anhydrous ethanol을 첨가하였다. $4,000\times\text{g}$ 에서 15분 동안 원심분리하여 상층액을 버리고, 0.5 mL의 증류수와 0.2% anthrone 1 mL을 첨가하여 끓는물에서 20분간 반응시켰다. 방냉한 후 표준 포도당용액을 이용하여 620 nm에서 비색정량을 실시하고, 표준곡선으로부터 glycogen 농도를 산출하였다.

6. 근육 내 효소 활성 측정

근육의 LDH(lactate dehydrogenase) 활성은 Pesce(10)의 방법을 수정하여 비복근(gastrocnemius muscle)에서 측정하였다. 즉, 100 mM KHPO_4 buffer에 비복근을 가하여, polytron homogenizer를 이용하여 균질화 하였다. 100 mM KHPO_4 0.84 mL, 3.3 mM Na·pyruvate 0.1 mL, 근육 효소액 0.02 mL을 넣은 후에 3.6 mM DPNH 0.04 mL를 넣어 반응시키고, 30°C 를 유지하는 spectrophotometer에서 340 nm의 흡광도 변화를 기록하였으며, 효소 활성은 $\mu\text{mol/g tissue/min}$ 으로 나타내었다.

근육의 CS(citrate synthase) 활성은 Srere(11)의 방법을 수정하여 가자미근(soleus muscle)에서 측정하였다. 즉, 0.175 M KCl buffer에 가자미근을 가하고, polytron homogenizer를 이용하여 균질화 한 후 mitochondria 막을 파괴하기 위하여 동결과 용해를 3회 반복하여 시료로 사용하였다. 효소 활성을 측정하기 위하여 100 mM Tris-base buffer 0.33 mL, 1 mM DTNB 0.05 mL, 3 mM acetyl CoA 0.08 mL, 근육 효소액 0.01 mL을 첨가한 후에 10 mM oxaloacetate 0.03 mL을 가하여 반응시키고, 30°C 를 유지하는 spectrophotometer에서 412 nm의 흡광도 변화를 기록하였으며, 효소의 활성은 $\mu\text{mol/g tissue/min}$ 으로 나타내었다.

7. 통계처리

모든 데이터는 SPSS/PC 9.0 프로그램을 이용하여 평균±표준편차로 나타내었다. 그룹간의 유의적인 통계차를 분석하기 위하여 $p < 0.05$ 의 유의수준에서 One-way ANOVA test를 실시한 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 사후검증을 하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 체중변화 및 식이효율

본 연구에 사용된 실험동물의 4주간의 체중 변화 및 식이 효율은 Fig. 1과 Table 4에 제시한 바와 같다. 실험 시작 시 체중과 실험 종료 시 체중은 SC군과 EC군간에 유의적인 차이는 보이지 않았으나, EC군과 EFB군간에 실험 종료시의 체중이 376.21 ± 25.96 g과 348.71 ± 40.64 g로 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 이는 product의 조성물 중 체중 감량 효과를 나타내는 MCT에 기인한 것으로 보인다(12). 실험 종료 시 식이효율은 군간에 차이가 없었다.

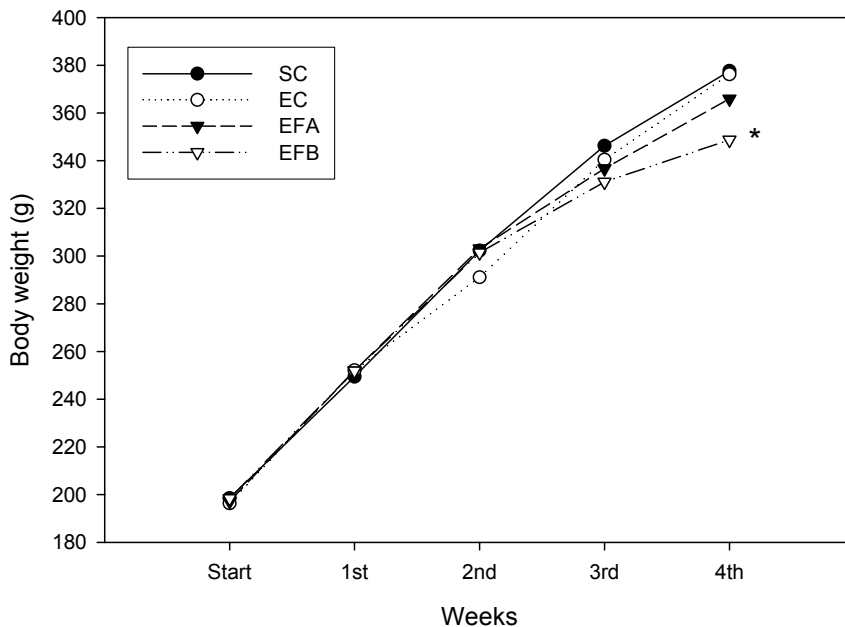


Fig. 1. Body weight gain of rats fed experimental diets for 4 weeks.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at $*p < 0.05$

SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

Table 4. Initial body weight, final body weight, body weight gain and food efficiency ratio of rats fed experimental diets for 4 weeks

Group ¹⁾	Body weight(g)		Body weight gain (g/4 weeks)	FER ²⁾
	Initial	Final		
SC	198.51±8.71	377.61±24.98	179.11±23.51	0.28±0.03
EC	196.30±6.37	376.21±25.96	179.93±25.08	0.26±0.08
EFA	197.20±8.24	365.87±27.54	168.69±24.89	0.25±0.03
EFB	198.39±6.93	348.71±40.64*	150.34±43.19*	0.24±0.06

Values are mean±SD.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at *p<0.05

¹⁾SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

$$^2)\text{FER(Food efficiency ratio)} = \frac{\text{Body weight gain for experimental period}}{\text{Food intake for experimental period}}$$

2. 운동 수행 능력

실험 종료 시 탈진 때까지 수영한 군(all-out subgroups)에서 강제 수영 능력을 측정된 결과는 Table 5와 Fig. 2에 제시하였다. 본 연구에서는 SC군과 EC군이 154.29±19.21분과 192.71±48.73분으로 두 군간의 유의차는 보이지 않았으나, EC군과 EFA군이 192.71±48.73분과 273.71±76.31분, EC군과 EFB군이 192.71±48.73분과 267.57±48.46분으로 각각 군간 비교에서 유의적인 차이를 보였다(p<0.05). 이는 formula A와 B가 운동 수행 능력을 향상시키는 효과가 있음을 의미한다고 할 수 있겠다. 따라서 이들은 자양강장용 기능성식품으로 매우 유망한 배합의 제품이라고 생각된다.

Table 5. Swimming time to exhaustion in rats fed control, EFA or EFB supplemented diets

Group ¹⁾	Swimming time(min)
SC	154.29±19.21
EC	192.71±48.73
EFA	273.71±76.31*
EFB	267.57±48.46*

Values are mean±SD.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at *p<0.05.

¹⁾SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

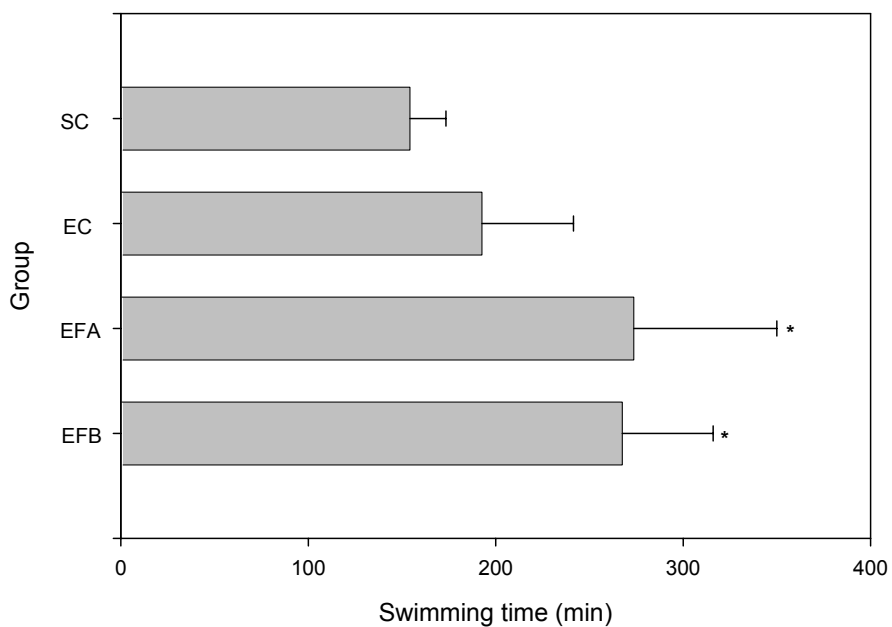


Fig. 2. Swimming time to exhaustion in rats fed control, EFA or EFB supplemented diets.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at $p < 0.05$.

SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

3. 간의 무게 및 glycogen 함량 비교

각 군간의 간 무게 및 glycogen 함량은 Table 6과 7 및 Fig. 3에 제시한 바와 같다. 간 무게는 4 군간의 유의적인 차이가 없었으며 이는 본 실험에 사용한 diet formula의 농도 및 배합비가 실험동물의 체내에 독성을 유발하지 않는 적합한 농도임을 간접적으로 시사한다고 생각된다.

에너지원으로 사용되는 glucose는 glycogen 형태로 간과 근육에 저장되는데 (13), 90분간 수영한 90-min subgroups에서 EC군이 18.64±1.07 mg/g tissue, EFB군이 20.97±2.98 mg/g tissue로 EC군에 비해 EFB군의 glycogen 농도가 높은 경향은 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다.

Table 6. Liver weight of rats fed control, EFA or EFB supplemented diets

Group ¹⁾	Liver weight(g/100 g BW)
SC	2.73±0.50
EC	2.62±0.18
EFA	2.63±0.25
EFB	2.54±0.17

Values are mean±SD.

¹⁾SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

Table 7. Liver glycogen concentration of rats fed control, EFA or EFB supplemented diets

Group ¹⁾	Liver glycogen concentration(mg/g tissue)	
	90-min subgroup	all-out subgroup
SC	19.43±1.43	16.73±0.84
EC	18.64±1.07	16.91±0.99
EFA	19.64±1.33	17.73±1.55
EFB	20.97±2.98	19.37±3.08

Values are mean±SD.

¹⁾SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

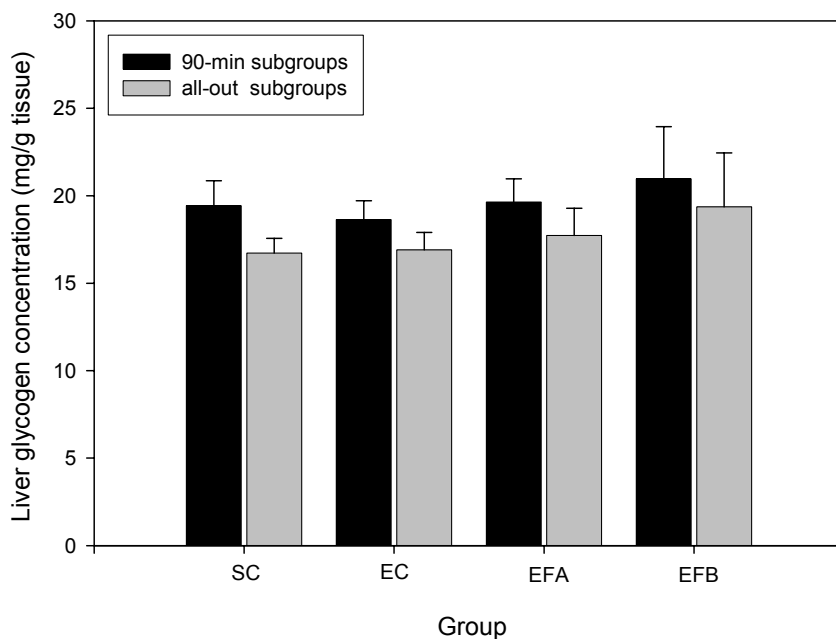


Fig. 3. Liver glycogen concentration of rats fed control, EFA or EFB supplemented diets.

SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

4. 근육의 무게 및 glycogen 함량 비교

각 군의 근육 무게 및 glycogen 함량은 Table 8과 9 그리고 Fig. 4에 제시하였다. 비복근(gastrocnemius muscle)의 무게를 각 군과 비교한 결과 SC군과 EC군간의 유의적인 차이는 보이지 않았으나, EC군과 EFB군의 비복근의 무게가 0.60 ± 0.04 (g/100 g bw)과 0.63 ± 0.04 (g/100 g BW)으로 유의적인 차이를 보였다 ($p < 0.05$). EFB군이 EC군과 유의적으로 낮은 체중 차이를 보임에도 불구하고 근육무게가 유의적으로 높은 것으로 보아 muscle glycogen의 저장량을 증가시키는 octacosanol의 영향인 것으로 사료된다(14).

또한 가자미근의 무게를 각각 비교해본 결과 SC군과 EC군의 가자미근의 무게가 0.04 ± 0.01 (g/100 g BW)과 0.05 ± 0.01 (g/100 g BW)으로 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$).

Table 8. Muscle weight of rats fed control, EFA or EFB supplemented diets

Group ¹⁾	Muscle weight (g/100 g BW)	
	Gastrocnemius muscle	Soleus muscle
SC	0.61 ± 0.05	0.04 ± 0.01
EC	0.60 ± 0.04	$0.05 \pm 0.01^+$
EFA	0.61 ± 0.04	0.04 ± 0.01
EFB	$0.63 \pm 0.04^*$	0.05 ± 0.01

Values are mean \pm SD.

+ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at ⁺ $p < 0.05$.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at ^{*} $p < 0.05$.

¹⁾SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

Table 9. Skeletal muscle glycogen concentration of rats fed control, EFA or EFB supplemented diets

Group ¹⁾	Skeletal muscle glycogen concentration (mg/g tissue)	
	90-min subgroup	all-out subgroup
SC	0.32±0.04	0.30±0.05
EC	0.32±0.02	0.31±0.04
EFA	0.35±0.04	0.34±0.03
EFB	0.34±0.04	0.29±0.06

Values are mean±SD.

¹⁾SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

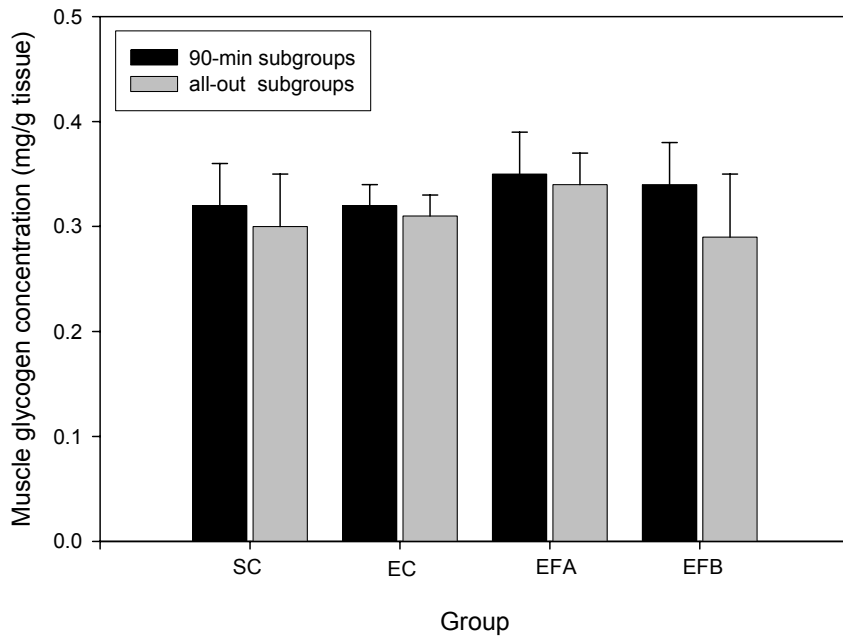


Fig. 4. Skeletal muscle glycogen concentration of rats fed control, EFA or EFB supplemented diets

SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

5. 혈중 피로 요소 분석

실험동물의 혈중 피로 요소 분석 결과는 Table 10-13 및 Figs. 5-11에 제시한 바와 같다. 지방은 체 조직에 triglyceride 형태로 축적되었다가 에너지 소비에 의해 free fatty acid 형태로 혈중에 유입되며(15) 또한, 혈중 glucose 농도와 free fatty acid의 농도는 에너지 소비를 반영하게 된다(16,17). 또한 혈중의 free fatty acid는 지방분해 작용을 통해 알부민과 결합하여 혈액을 따라 순환하며 조직세포에 흡수되어 이용된다(18). 본 연구에서 90분간 수영한 SC군과 EC군간의 glucose, free fatty acid 그리고 triglyceride 농도에 대한 유의적인 차이는 나타나지 않았으며, EC군과 EFA, EFB군의 glucose 농도에 대한 유의적인 차이는 보이지 않았다. 그러나, EC군과 EFA군의 free fatty acid 농도 비교에서 EC군이 1249.71 ± 193.02 meq/L, EFA군이 991.00 ± 106.70 meq/L로 통계적으로 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 이는 EFA군의 triglyceride 농도가 EC군에 비해 낮은 것으로 보아 EFA군이 90분간 수영을 하면서 체내 축적된 triglyceride를 빠르게 분해하여 에너지원으로 동원한 것으로 보여지며(19), 90-min subgroups의 triglyceride 농도 비교 결과 EC군이 159.86 ± 14.83 mg/dL, EFB군이 126.49 ± 14.10 mg/dL로 EFB군이 EC군에 비해 유의적으로 낮은 결과를 보였다($p < 0.05$).

한편, all-out subgroups내의 각 군의 glucose 농도 측정 결과 SC군이 41.71 ± 16.54 mg/dL, EC군이 40.43 ± 11.15 mg/dL, EFA군이 46.71 ± 19.11 mg/dL, 그리고 EFB군이 36.57 ± 10.10 mg/dL로 군간의 유의적인 차이는 보이지 않았으며, 낮은 혈당 수준으로 미루어보아 각 군의 실험동물이 에너지원으로써의 glucose가 고갈된 것으로 사료된다. All-out subgroups의 SC군과 EC군의 free fatty acid 농도는 800.86 ± 86.64 meq/L와 844.29 ± 179.08 meq/L로 서로 유의적인 차이를 보이지 않았으나, EC군에 비해 EFA군 546.86 ± 71.63 meq/L, EFB군 599.14 ± 62.81 meq/L로 각각 EC군에 비해 유의적으로 낮은 농도를 보였다($p < 0.05$). Triglyceride가 에너지원으로 이용되려면 사전에 free fatty acid로 전환되어야 하는데(20), EFA군과 EFB군의 EC군에 비해 낮은 triglyceride 농도는 EFA군과 EFB군이 신속한 지방분해 작용을 통해 triglyceride에서 빠른 free fatty acid로의 전환을 촉진, free fatty acid가 glycogen sparing action에 관여하여 SC군과 EC군에 비해 더욱 효율적인 에너지 공급을 야기하여 운동시간이 유의적으로 길어

지는 결과를 야기한 것으로 사료된다.

Lactate는 운동 중에 근육 세포질에 축적되는 피로물질이며(21) 운동에 의해 lactic acid 축적이 일어나게 되면 체내의 산성화를 야기하게 되고, 산성화로 인한 체내 pH의 저하는 에너지 대사에 관여하는 효소의 활성화에 영향을 주어 더욱 피로한 상태를 야기한다(22). 피로한 상태를 반영하는 혈중 lactate 농도 분석 결과, 90-min subgroups에서는 SC군이 53.07 ± 26.30 mg/dL, EC군이 57.67 ± 17.71 mg/dL, EFA군이 55.30 ± 22.48 mg/dL, 그리고 EFB군이 61.90 ± 23.15 mg/dL로 각 군 간의 유의적인 차이는 보이지 않았으며, all-out subgroups 간의 lactate 농도는 SC군이 87.83 ± 38.24 mg/dL, EC군이 81.20 ± 20.50 mg/dL, EFA군이 82.00 ± 24.55 mg/dL, 그리고 EFB군이 94.76 ± 27.77 mg/dL로 각 군 간의 유의차이는 보이지 않았다. EC군에 비해 유의적으로 오랜 시간 수영을 한 EFA군, EFB군이 EC군과 lactate 함량에 유의차가 없다는 것은 EFA군과 EFB군을 섭취한 실험동물이 운동을 수행함에 있어 긍정적인 영향을 끼친다고 여겨진다.

운동 수행 시 반복되는 근육수축에 의해 myosin과 actin의 친화력을 높이는 단계에서 ATP가 가수분해되면서 혈중 inorganic phosphate(IP)의 농도가 급격히 증가하게 되는데 일반적으로 운동 중에 혈중 inorganic phosphate 농도가 급격히 증가하면 근섬유의 cross-bridge가 약화되면서 힘 생성능이 저하되게 된다(23). 90분간 수영을 한 90-min subgroups의 경우 SC군이 10.71 ± 2.61 mg/dL, EC군이 8.69 ± 2.28 mg/dL로 비운동 대조군에 비해 낮은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 보이지 않았으며, EFA군이 8.89 ± 0.75 mg/dL EFB군이 8.17 ± 0.52 mg/dL로 EC군에 비해 EFA군, EFB군 모두 유의적인 차이를 보이지 않았다. 탈진 때까지 수영을 한 all-out subgroups 역시 SC군이 13.67 ± 1.56 mg/dL, EC군이 12.54 ± 1.14 mg/dL로 SC군에 비해 EC군이 낮은 경향을 보였으나 통계적으로 유의적인 차이는 보이지 않았으며, EFA군이 11.64 ± 1.56 mg/dL, EFB군이 12.86 ± 1.42 mg/dL로 EC군에 비해 EFA군과 EFB군 모두 유의적인 차이를 보이지 않았다. Creatine kinase는 운동 중 근육세포에서 무산소 상태 시 ATP 재합성에 관여하는 creatine phosphate의 합성을 촉매하는 효소로 알려져 있다(24,25). 본 연구에서 90-min subgroups의 creatine kinase 활성은 SC군이 140.30 ± 40.06 U/L, EC군이 108.69 ± 38.07 U/L로 유의적인 차이를 보이지 않았으며, EFA군이 $90.11 \pm$

9.52U/L, EFB군이 112.24±19.64U/L로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이는 90분간의 운동 수행이 각 군에 있어 유의적인 차이가 없는 효소활성을 나타냈다고 여겨진다. 한편, 탈진 때까지 수영한 all-out subgroups의 creatine kinase 활성은 SC군이 326.00±84.13 U/L, EC군이 179.54±31.47 U/L로 EC군에서 SC군에 비해 유의적으로 낮은 활성을 보였다($p < 0.05$). 이는 SC군이 90분을 지나 'all-out'이 되는 동안 원활한 에너지 공급이 어려워져 부족한 ATP를 체내로 공급하려는 기작으로 사료된다. EFA군은 226.71±107.93 U/L로 EC군과 유의적인 차이를 보이지 않았고, EFB군은 236.43±22.45 U/L로 EC군에 비해 유의적으로 높은 효소 활성도를 나타내었다($p < 0.05$). 이 역시 EC군에 비해 유의적으로 오랜 시간 운동을 한 EFB군의 ATP의 원활한 공급을 위한 체내 보상 기작으로 생각된다(26).

운동 시 아미노산 분해로 인해 생성된 ammonia가 피로요소로 인정받는 부분은 중추적 작용과 말초적 작용으로 구분된다. Ammonia의 중추적 피로작용 기전은 운동 시 갑자기 증가되는 ammonia 자체가 독성을 나타내 혼수상태, 경련, 운동실조 등을 일으킨다는 것이며, ammonia의 말초적 피로요소 기전을 살펴보면, 근육세포 내에 축적된 ammonia가 근육의 통증감지와 관련이 있는 구심성 신경을 자극하고, TCA cycle 및 당신생작용을 저해하며 lactic acid 생성을 초래함으로써 근육의 피로를 유발시킨다는 것이다(27,28). 90분간 수영을 한 90-min subgroups에서 SC군이 159.56±32.23 $\mu\text{g/dL}$, EC군이 160.51±26.30 $\mu\text{g/dL}$ 로 서로 유의한 차이는 보이지 않았다. EFA군은 162.47±8.52 $\mu\text{g/dL}$ 로 EC군과는 통계적으로 유의한 차이를 나타나지 않았으나, EFB군은 112.71±26.45 $\mu\text{g/dL}$ 으로 EC군에 비해 유의적으로 낮은 ammonia 농도를 보였다($p < 0.05$). 이는 EFB군이 EC군에 비해 신속한 체지방 분해로 인해 원활한 에너지 공급으로 아미노산 분해가 적게 일어난 것으로 사료되며, 낮은 혈중 ammonia 수치가 운동수행에 있어 항피로 효과를 가져온 것으로 생각된다(29-31). 탈진 때까지 수영한 all-out subgroups의 ammonia 농도는 SC군이 360.26±59.71 $\mu\text{g/dL}$, EC군이 287.24±44.69 $\mu\text{g/dL}$ 로 SC군이 EC군에 비해 ammonia 농도가 유의하게 높았다($p < 0.05$). 한편, EFA군은 252.11±39.09 $\mu\text{g/dL}$, EFB군은 302.19±47.90 $\mu\text{g/dL}$ 로 EC군에 비해 각각 유의적인 차이는 보이지 않았다.

Table 10. Serum fatigue factors of rats fed control, EFA or EFB supplemented diets (90-min subgroups)

Group ¹⁾	Glucose (mg/dL)	Free fatty acid (meq/L)	Triglyceride (mg/dL)
SC	87.14±12.28	1241.43±111.88	156.96±20.89
EC	76.00±10.44	1249.71±193.02	159.86±14.83
EFA	81.86±10.46	991.00±106.70*	147.01±17.99
EFB	83.57±20.33	1110.86±273.30	126.49±14.10*

Values are mean±SD.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at *p<0.05.

¹⁾SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

Table 11. Serum fatigue factors of rats fed control, EFA, and EFB supplemented diets (90-min subgroups)

Group ¹⁾	Lactate (mg/dL)	Inorganic phosphate(mg/dL)	Creatine kinase (U/L)	Ammonia (µg/dL)
SC	53.07±26.30	10.71±2.61	140.30±40.06	159.56±32.23
EC	57.67±17.71	8.69±2.28	108.69±38.07	160.51±26.30
EFA	55.30±22.48	8.89±0.75	90.11± 9.52	162.47± 8.52
EFB	61.90±23.15	8.17±0.52	112.24±19.64	112.71±26.45*

Values are mean±SD.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at *p<0.05.

¹⁾SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

Table 12. Serum fatigue factors of rats fed control, EFA or EFB supplemented diets (all-out subgroups)

Group ¹⁾	Glucose (mg/dL)	Free fatty acid (meq/L)	Triglyceride (mg/dL)
SC	41.71±16.54	800.86± 86.64	137.10±31.02
EC	40.43±11.15	844.29±179.08	100.03± 9.83 ⁺
EFA	46.71±19.11	546.86± 71.63 [*]	89.68± 8.11
EFB	36.57±10.10	599.14± 62.81 [*]	93.79±17.62

Values are mean±SD.

+ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at ⁺p<0.05.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at ^{*}p<0.05.

¹⁾SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

Table 13. Serum fatigue factors of rats fed control, EFA or EFB supplemented diets (all-out subgroups)

Group ¹⁾	Lactate (mg/dL)	Inorganic phosphate(mg/dL)	Creatine kinase (U/L)	Ammonia (μ g/dL)
SC	87.83 \pm 38.24	13.67 \pm 1.56	326.00 \pm 84.13	360.26 \pm 59.71
EC	81.20 \pm 20.50	12.54 \pm 1.14	179.54 \pm 31.47 ⁺	287.24 \pm 44.69 ⁺
EFA	82.00 \pm 24.55	11.64 \pm 1.56	226.71 \pm 107.93	252.11 \pm 39.09
EFB	94.76 \pm 27.77	12.86 \pm 1.42	236.43 \pm 22.45 [*]	302.19 \pm 47.90

Values are mean \pm SD.

+ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at ⁺p<0.05.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at ^{*}p<0.05.

¹⁾SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

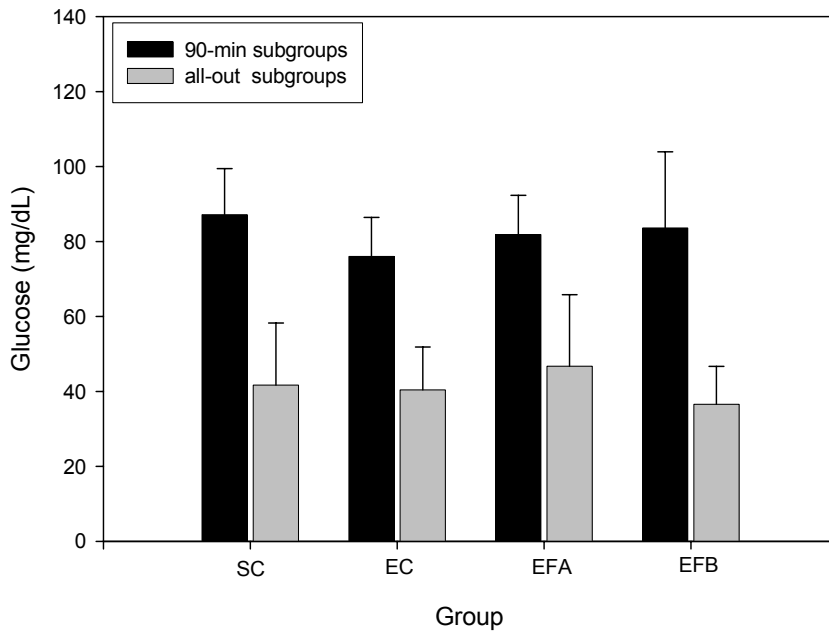


Fig. 5. Serum glucose concentration of rats fed control, EFA or EFB supplemented diets

SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

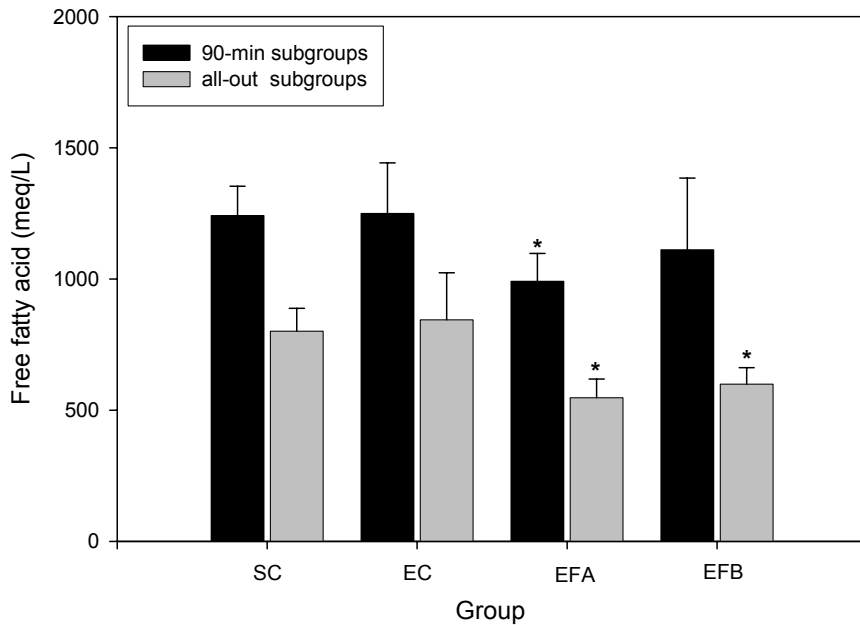


Fig. 6. Serum free fatty acid concentration of rats fed control, EFA or EFB supplemented diets

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at * $p < 0.05$.

SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

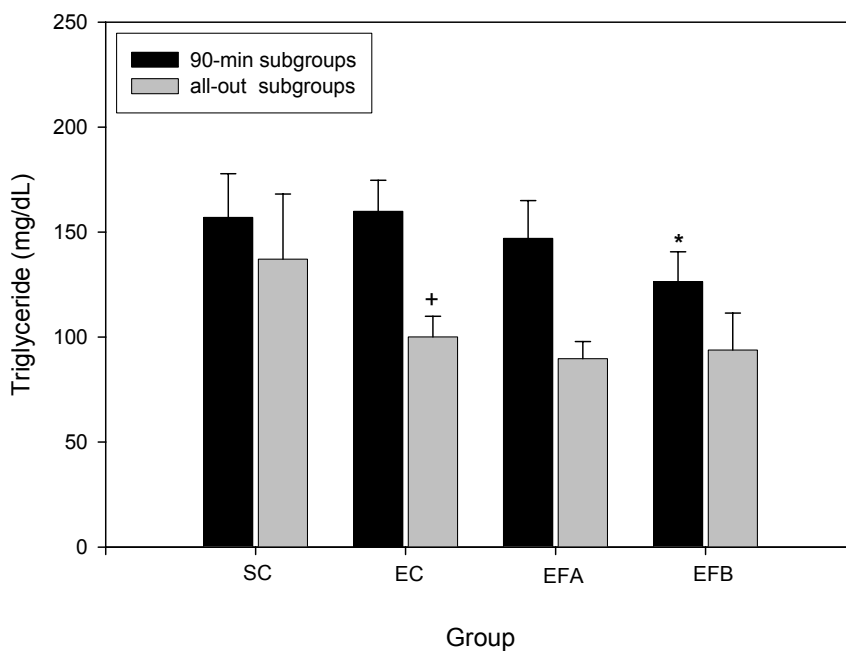


Fig. 7. Serum triglyceride concentration of rats fed control, EFA or EFB supplemented diets

+ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at ⁺p<0.05.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at ^{*}p<0.05.

SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

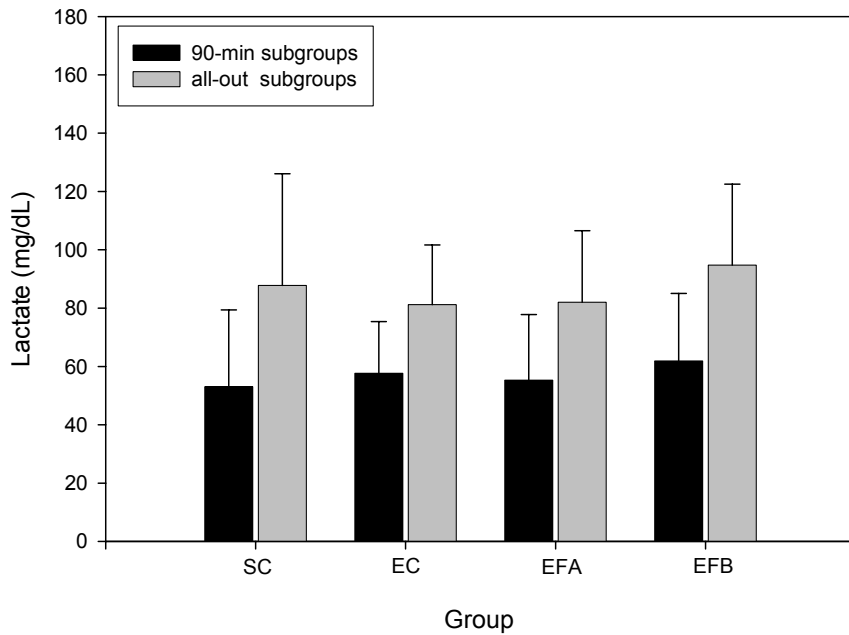


Fig. 8. Serum lactate concentration of rats fed control, EFA or EFB supplemented diets

SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

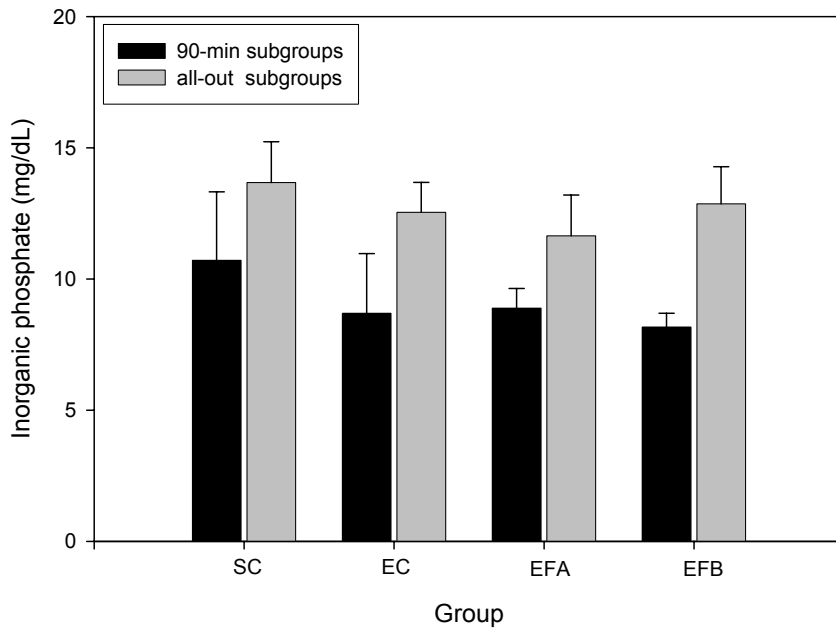


Fig. 9. Serum inorganic phosphate concentration of rats fed control, EFA or EFB supplemented diets

SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EFA: Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

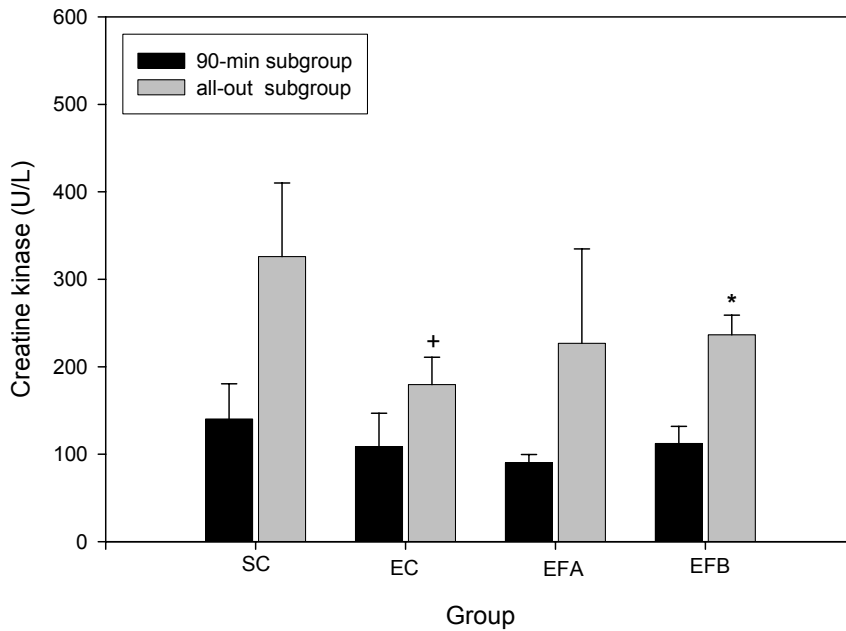


Fig. 10. Serum creatine kinase concentration of rats fed control, EFA or EFB supplemented diets

+ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at ⁺p<0.05.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at ^{*}p<0.05.

SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

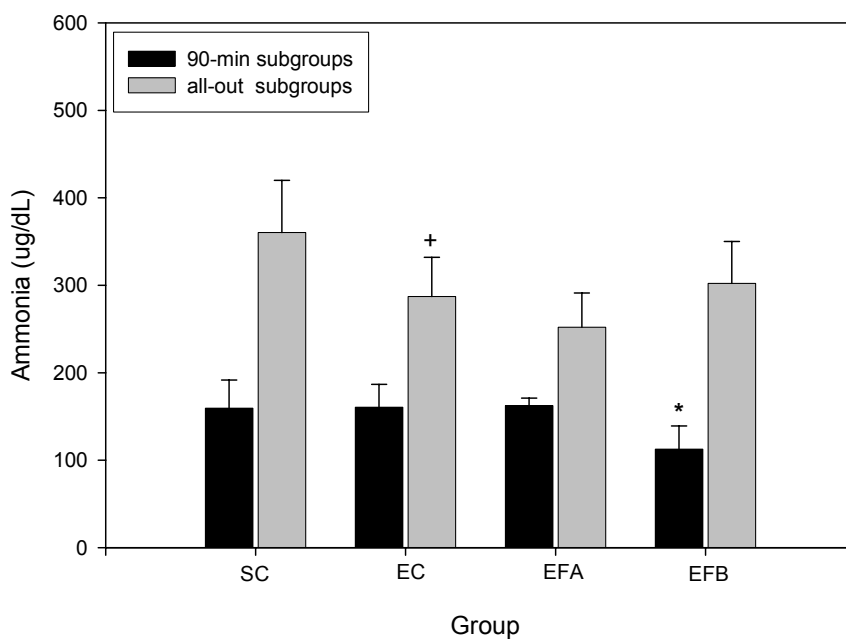


Fig. 11. Serum ammonia concentration of rats fed control, EFA or EFB supplemented diets

+ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at ⁺p<0.05.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at ^{*}p<0.05.

SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

6. 근육 효소활성 측정

90분간 수영한 90-min subgroups의 근육 효소 활성과 탈진 때까지 수영한 all-out subgroups의 근육 효소 활성 측정은 Table 14와 15 및 Figs. 12-15에 제시하였다. Lactate dehydrogenase(LDH)는 무산소 상태에서 pyruvate로부터 lactate의 형성을 촉매하는 효소로써(2), 고강도 운동시 그 활성이 증가되며, 근육 피로에 있어서 중요한 인자로 알려져 있다(10,32). 과격한 운동을 할 경우 과량의 pyruvate가 형성됨에 따라 lactic acid의 형성이 촉진되고 pyruvate를 lactic acid로 전환시키는 과정에서 LDH의 활성이 증가하게 된다(33). 또한, citrate synthase(CS)는 TCA 회로의 첫 단계에서 citrate의 합성을 촉매하는 효소이며, 일반적으로 유산소 운동에 의해 증가하는 것으로 알려져 있다(34).

90-min subgroups의 LDH 활성도는 SC군이 $16.72 \pm 0.83 \mu\text{mol/g tissue/min}$, EC군이 $15.66 \pm 0.90 \mu\text{mol/g tissue/min}$ 으로 SC군이 EC군에 비해 유의적으로 높은 활성도를 보였다($p < 0.05$). 이는 SC군이 원활한 에너지 수급을 위하여 lactic acid를 pyruvate로 전환하여 glucose를 생성하려는 기전으로 여겨진다. 한편, EFA군은 $13.50 \pm 1.19 \mu\text{mol/g tissue/min}$, EFB군은 $14.15 \pm 0.92 \mu\text{mol/g tissue/min}$ 로 각각 EC군에 비해 유의적으로 낮은 수준의 LDH 활성도를 나타내었다($p < 0.05$). 이는 EC군에 비해 EFA군과 EFB군 모두 에너지 공급 상황이 원활하여, LDH 활성을 증가시켜 에너지를 공급받는 생화학 경로의 활성화가 상대적으로 불필요했을 것으로 사료된다.

90-min subgroups의 CS의 활성도는 SC군이 $21.27 \pm 1.65 \mu\text{mol/g tissue/min}$, EC군이 $17.91 \pm 1.40 \mu\text{mol/g tissue/min}$ 로 SC군의 활성도가 EC군에 비해 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($p < 0.05$), EFA군은 $16.40 \pm 1.51 \mu\text{mol/g tissue/min}$ 으로 EC군에 비해 유의적인 차이를 보이지 않았고, EFB군은 $13.92 \pm 2.58 \mu\text{mol/g tissue/min}$ 로 EC군에 비해 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 동일한 90분의 운동수행에도 불구하고 CS의 활성도의 차이는 SC군의 경우 EC군에 비해 상대적으로 운동량이 많은 것으로 생각되며, EFB군의 경우 또한 같은 시간 동안 EC군에 비해 원활한 에너지 대사로 인해 운동을 더 적게 한 것과 같은 효과를 보인 것으로 사료된다.

탈진 때까지 수영을 한 all-out subgroups의 LDH 활성도는 SC군이 13.00 ± 0.84

$\mu\text{mol/g tissue/min}$, EC군이 $13.23 \pm 1.25 \mu\text{mol/g tissue/min}$ 으로 SC군에 비해 EC군이 유의적으로 높은 활성도를 나타내었다($p < 0.05$). EFA군은 $12.67 \pm 1.48 \mu\text{mol/g tissue/min}$, EFB군은 $13.63 \pm 1.21 \mu\text{mol/g tissue/min}$ 으로 EC군에 비해 각 군에서 유의적인 차이는 보이지 않았다. All-out subgroups의 CS 활성도는 SC군이 $28.02 \pm 2.62 \mu\text{mol/g tissue/min}$, EC군이 $22.77 \pm 2.52 \mu\text{mol/g tissue/min}$ 으로 SC군이 EC군에 비해 유의적인 차이를 나타내었으며($p < 0.05$), EFA군이 $21.32 \pm 1.44 \mu\text{mol/g tissue/min}$, EFB군이 $23.81 \pm 1.04 \mu\text{mol/g tissue/min}$ 로 EC군에 비해 각 군에서 유의적인 차이는 나타나지 않았다. EFA군과 EFB군이 각각 EC군에 비해 유의적으로 긴 수영시간을 나타냄에도 불구하고 LDH와 CS의 활성도에 대한 유의적인 차이가 없다는 것은 EFA군과 EFB군의 diet formula가 지구력 운동 수행에 있어 긍정적인 영향을 준다는 실험결과에 부합된다고 사료된다.

Table 14. Activity of skeletal muscle enzyme in the 90-min subgroups

Group ¹⁾	Activity of skeletal muscle enzyme ($\mu\text{mol/g tissue/min}$)	
	Lactate dehydrogenase	Citrate synthase
SC	16.72 ± 0.83	21.27 ± 1.65
EC	$15.66 \pm 0.90^+$	$17.91 \pm 1.40^+$
EFA	$13.50 \pm 1.19^*$	16.40 ± 1.51
EFB	$14.15 \pm 0.92^*$	$13.92 \pm 2.58^*$

Values are mean \pm SD.

+ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at $^+p < 0.05$.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at $^*p < 0.05$.

¹⁾SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

Table 15. Activity of skeletal muscle enzyme in the all-out subgroups

Group ¹⁾	Activity of skeletal muscle enzyme ($\mu\text{mol/g tissue/min}$)	
	Lactate dehydrogenase	Citrate synthase
SC	13.00 \pm 0.84	28.02 \pm 2.62
EC	13.23 \pm 1.25 ⁺	22.77 \pm 2.52 ⁺
EFA	14.67 \pm 1.48	21.32 \pm 1.44
EFB	13.63 \pm 1.21	23.81 \pm 1.04

Values are mean \pm SD.

+ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at ⁺p<0.05.

¹⁾SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

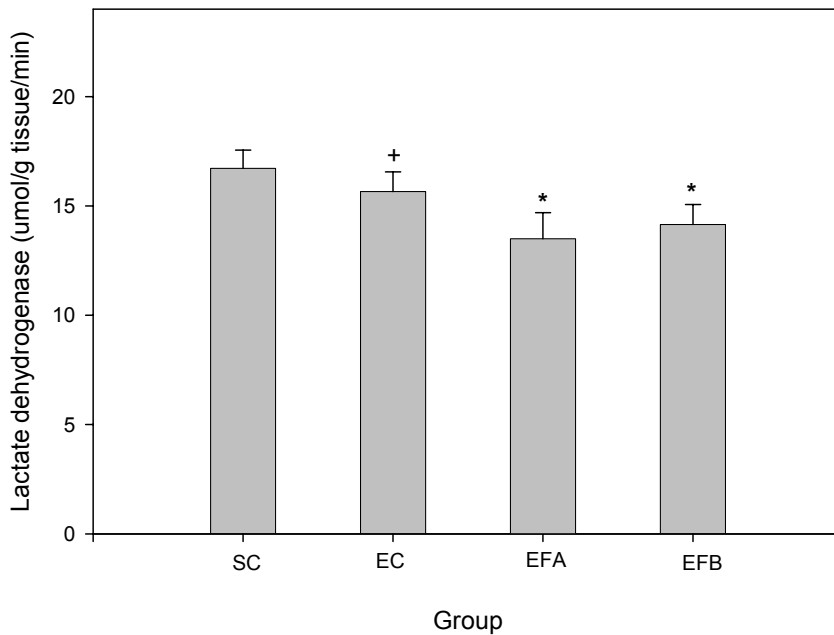


Fig. 12. Activity of Lactate dehydrogenase in gastrocnemius muscle (90-min subgroups)

+ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at $^+p < 0.05$.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at $^*p < 0.05$.

SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

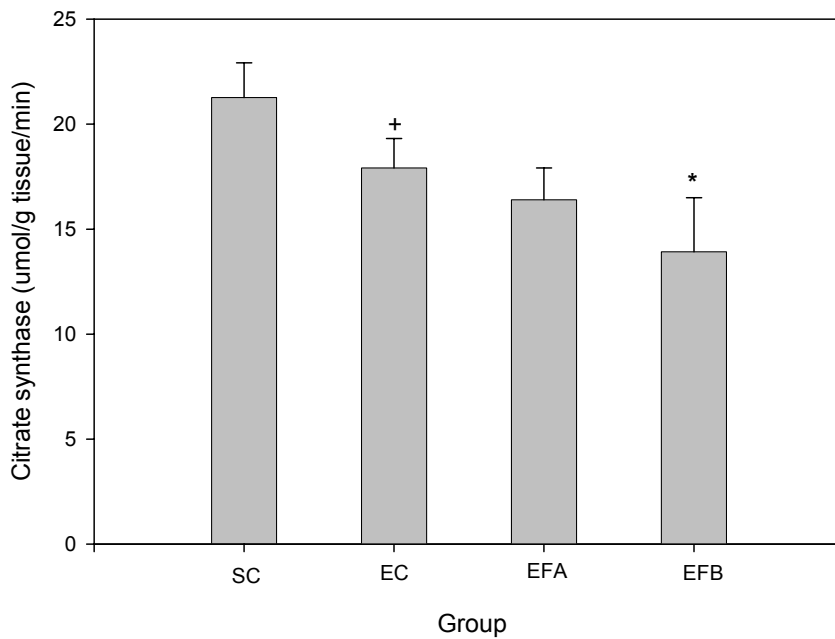


Fig. 13. Activity of citrate synthase in soleus muscle (90-min subgroups)

+ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at $^+p < 0.05$.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at $^*p < 0.05$.

SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

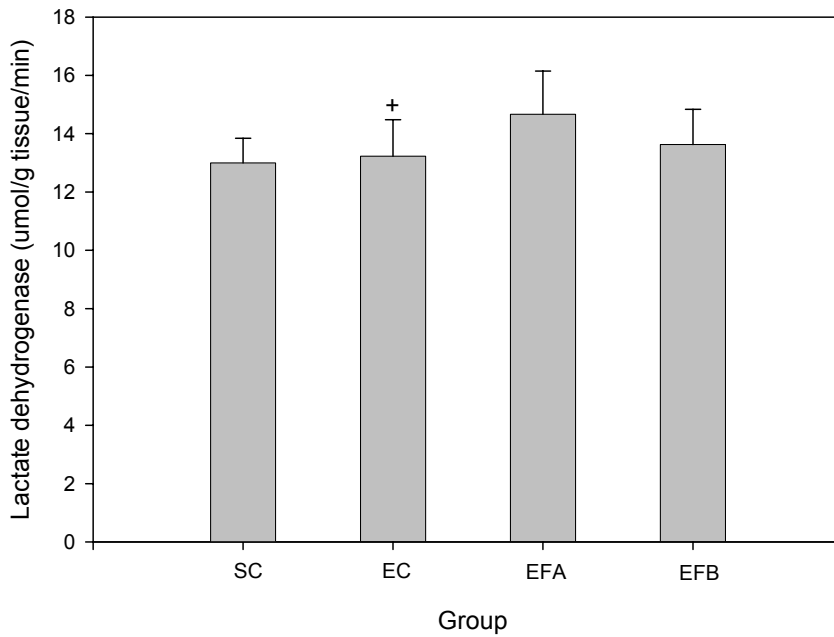


Fig. 14. Activity of Lactate dehydrogenase in gastrocnemius muscle (all-out subgroups)

+ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at ⁺p<0.05.

SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

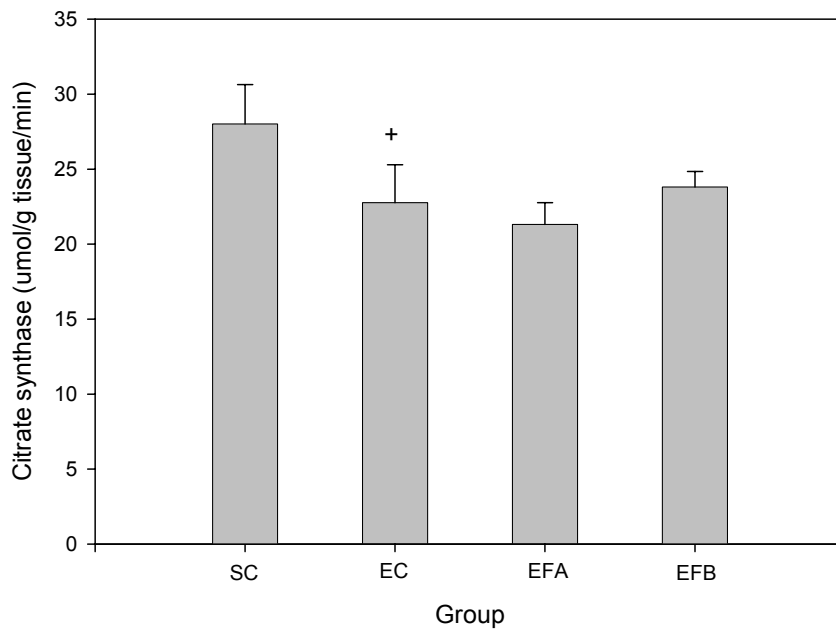


Fig. 15. Activity of citrate synthase in soleus muscle(all-out subgroups)

+ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at ⁺p<0.05.

SC, Sedentary control group; EC, Exercised control group; EFA, Exercised formula A group; EFB, Exercised formula B group

제4절 참고문헌

- 1) Don B. Winner drinks. *IFI*. 3: 20-23, 1996.
- 2) 백일영, 김정규, 전유섭, 오홍진. 절대강도 운동 시 혈중 피로요소의 변화에 의한 피로기전의 타당성 검증. *한국체육학회지* 36(1): 281-233, 1998.
- 3) MacLaren DPM, Gibson H, Parry-Billings M, Edward RHT. Exercise and sport science review: A review of metabolism and physiological factors in fatigue. Vol. 7: 29-66, 1989.
- 4) Banister EW, Cameron BJC. Exercise-induced hyperammonemia: peripheral and central effects. *Int J Sports Med* 11(Suppl 2): S129-S142, 1990.
- 5) Iles JF, Jack JJB. Ammonia: assessment of its action on postsynaptic inhibition as a cause of convulsion. *Brain* 103: 555-578, 1980.
- 6) Mitchell JH. Neural control of the circulation during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 22: 141-154, 1990.
- 7) Koyuncuoclu H, Keyer M, Simsek S, Sagduyu H. Ammonia intoxication: changes of brain levels of putative neurotransmitter and related compounds and its relevance to hepatic coma. *Pharmacol Res Commun* 10: 787-807, 1978.
- 8) Matsumoto K, Ishihara K, Tanaka K, Inoue K & Fushiki T. An adjustable-current swimming pool for the evaluation of endurance capacity of mice. *J Appl Physiol* 81(4), 1843-1849, 1996.
- 9) Chun Y, Yin ZD. Glycogen assay for diagnosis of female genital chlamydia trachomatis infection. *J Clin Microbiol* 36: 1981-1082, 1998.
- 10) Pesce A, Mckay R.H, Stolzenbach F, Ccahn RD, Kaplan NO. Comparative enzymology of LDH. *J. Biol. Chem.* 239: 1753-1761, 1964.
- 11) Srere PA. Citrate synthase. *Method Enzymol* 13: 3-11, 1969.
- 12) Crozier G, Bois-joyeux B, Chanez M, Girad J, Peret J. Metabolic effects induced by long-term feeding of medium-chain triglycerides in the rat. *Metabolism*. Aug 36(8), 807-814, 1987.
- 13) Nuttall FQ, Mary CG. An improved assay for hepatic glycogen synthase in liver extracts with emphasis on synthase R. *Anal Biochem* 178: 311-319,

1989.

14) Kato S, Karino K, Hasegawa S, Nagasawa J, Nagasaki A, Eguchi M, Ichinose T, Tago K, Okumori H, Hamatani K. Octacosanol affects lipid metabolism in rats fed on a high-fat diet. *Br J Nutr* Mar; 73(3), 433-441, 1995.

15) Jones NL, Havel RJ. Metabolism of free fatty acids and chylomicron triglycerides during exercise in rats. *Am J Physiol* 213(4), 824-828, 1967.

16) Hickson RC, Rennie MJ, Conlee RK, Winder WW, Holloszy JO. Effects of increased plasma fatty acids on glycogen utilization and endurance. *J Appl Physiol* 43, R829-R833, 1977.

17) Rennie MJ, Winder WW, Holloszy JO. A sparing effect of increased plasma fatty acids on muscle and liver glycogen content in the exercising rat. *Biochem J* 156, 647-655, 1976.

18) Essig DA, Costill DL, Van handel PJ. Effects of caffeine ingestion on utilization of muscle glycogen and lipid during leg ergometer cycling, *Int J Sports Med* 1, 86-90, 1980.

19) Jones NL, Havel RJ. Metabolism of free fatty acids and chylomicron triglycerides during exercise in rats. *Am J Physiol* 213(4), 824-828, 1967.

20) Costill DL, Coyle E, Dalsky G, Evans W, Fink W, Hoopes D. Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise. *J Appl Physiol* 43 : 695-699, 1977.

21) Jones NL. Muscle performance and fatigue: overview. Hypoxia, Exercise, and Altitude: Proceedings of the third Banff International hypoxia symposium, pp. 237-242, 1983.

22) Mosso A. Fatigue. Charles C. Thomas Publishers, Rome, Italy, 1997.

23) MacLaren DPM, Gibson H, Parry-Billings M, Edward RHT. Exercise and sport science review: A review of metabolism and physiological factors in fatigue. Vol. 7: 29-66, 1989.

24) Christie GS, Judah JD. Intracellular distribution of enzymes. *Proc Royal*

Soc B141: 420-433, 1953.

25) Jung K, Pergrande M, Rej R, Schreiber G, Schimmelpfenniig W. Mitochondrial enzymes in human serum: comparative determinations of glutamate dehydrogenase and mitochondrial aspartate aminotransferase in healthy persons and patients with chronic liver disease. *Clin Chem* 31: 239-243, 1985.

26) Mitchell JH. Neural control of the circulation during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 22: 141-154, 1990.

27) Buono MJ, Clancy TR, Cook JR. Blood lactate and ammonium ion accumulation during graded exercise in humans. *J Appl Physiol* 57(1), 135-139, 1984.

28) Eriksson LS, Broberg S, Bjorkman O, Wahren J. Ammonia metabolism during exercise in man. *Clin Physiol* 5, 325-336, 1985.

29) Cureton TK. The physiological effects of wheat germ oil on human in exercise, Charles C. Thomas Phblisher, 1972.

30) Sansei H, Hidehiro K, Hidekatsu T, Goroh O. Phenolic compounds from stem bark of *Acanthopanax senticosus* and their pharmacological effect in chronic swimming stresses rats. *Chem Pharm Bull*(in Japanese) 38: 1763-1765, 1990.

31) Avakian EV, Evonuk E. Effect of Panax ginseng extract on tissue glycogen and adrenal cholesterol depletion during prolonged exercise. *J Med Plant Res* 36, 43-48, 1979.

32) Medina R, Aragon JJ, Sols A. Effect of polyethylene glycol on the kinetic behaviour of pyruvate kinase and other potentially regulatory liver enzymes. *FEBS* 180(1): 77-80, 1985.

33) Guynn RW, Veech RL. Enzymatic determination of acetate. In: *Methods in Enzymology* vol. 35(Loenstein JM, ed. pp. 302-7, Academic Press, New York, NY, 1975.

34) Mellandy J and Williamson D. Acetate In: *Methods of enzymatic analysis*

(Bergmeyer HU ed.) Vol. 4, pp. 1840-1843, *Verlag Chemie Intl Deerfield Beach, FL*, 1974.

제6장 삼백초, 오가피 및 향부자 추출물의 지구력 운동 수행능력 향상효과 및 작용기작 규명

제1절 서론

체력 및 경기력 향상을 위한 다양한 운동보조물(ergogenic aids)들이 개발되어 스포츠 현장에 긍정적으로 적용되어 온 바 있다. 예를 들어 지구력운동 전의 글루코스 섭취는 운동수행 능력을 개선시키는 효과가 있는 것⁽¹⁾으로 알려져 있으며, 체내에 축적되는 glycogen의 함량을 증가시킴으로서 지구력운동 수행능력이 증가됨이 보고되었다⁽²⁻⁴⁾. 지구력운동 수행능력 향상과 관련하여 현재 국내외에서는 다양한 형태의 에너지식품 또는 스포츠음료가 판매되고 있으며, 다양한 약리효과를 지니는 것으로 보고된 천연 식물체 중에 지구력운동 수행능력을 향상시키는 효과가 있는 성분이 존재할 것으로 추측된다. 그 대표적인 예로 오가피과에 속하는 인삼은(*Panax ginseng*)은 운동 수행능력 향상⁽⁵⁾, 혈압강하 작용, 체중감량 효과⁽⁶⁾, 심박수 회복 및 산소섭취능력에 미치는 효과가 보고된 바 있다. 특히 최근 인삼의 항 피로효과가 보고된 이래 운동수행에 따른 피로회복 효과 및 운동 수행능력 향상 효과에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다⁽⁷⁾.

오가피는 스테미나 증진, 항스트레스 및 항피로작용이 있는 것으로 알려져 있다⁽⁸⁾. Martinez 등⁽³⁾과 Hikino 등⁽⁹⁾은 흰쥐를 대상으로 오가피의 주성분을 섭취시킨 결과 혈당을 감소시키는 작용이 있음을 보고하였고, 권⁽¹⁰⁾은 오가피 섭취가 운동선수의 산소섭취량을 증가시키고 중장거리 선수의 기록을 단축시키는 것으로 보고하였다.

음양곽은 강장, 음위, 강심 등의 목적으로 사용되는 중요한 생약이며, 우리나라에서는 삼지구엽초[*Epimedium koreanum*] N.(Berberidaceae)의 지상부위를 사용하고 있다. 지금까지 보고된 *Epimedium*속 식물의 성분에 관해서는 flavonoid, alkaloid, lignan, phenylethanoid glycoside, ionone 유도체 및 sesquiterpene glycoside 등이 보고되어 있다. 한방과 민간에서는 음양곽의 잎과 줄기가 강장, 이뇨, 창종, 생목, 장근골, 건망증, 음위 및 강정 등의 효능을 지니

며, 말초혈관을 확장시켜 혈압 강하작용을 나타내고, 이외에도 혈당 강하작용 및 항이노작용 등이 있는 것으로 알려져 있다⁽¹¹⁾.

삼백초[*Saururus chinensis* (Lour.) Baili]는 삼백초과에 속하며, 천성초 또는 즈제라 불리는 다년생 초본이다. 삼백초는 급만성요도염, 전립선염, 방광염, 임질 및 이질을 치료하는 효과가 있으며, 과중한 노동으로 인한 피로, 타박상으로 인한 후유증, 근육통, 골격 및 골수의 염증에 의한 통증을 치료하는 효과가 있는 것으로 한방에서 알려져 있다⁽¹²⁾.

어성초는 삼백초과에 속하는 다년생 초본으로서 해독 및 이노효과가 있으며, 백일해, 기관지염, 간염 등의 증상을 완화하는 것으로 알려져 있다. 어성초의 주요 생리활성물질인 quercetin은 강심작용, 지속적 혈관 수축작용, 각종 장내세균 및 사상균에 대한 항균작용, 항바이러스 작용, 자연살해세포의 활성화, 폐렴 유발에 대한 면역기능 증강효과 및 항종양효과 등이 있다는 것으로 알려져 있다⁽¹³⁾.

본 과제에서는 지구력운동 수행능력 향상효과를 지니는 식물체를 선별하고, 그 효능 및 작용 기전을 규명함으로써 의약품 대체식품 개발에 이용하고자 하였다. 이와 같은 대체식품은 운동수행 중 중추 피로감을 최소화하고, 탈진 시까지의 주행시간을 연장시키며, 운동 종료 후 회복 속도를 단축시킴으로서 다음 번 경기에 우수한 경기력을 나타내는 효과 등이 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서는 treadmill을 이용하여 장기간의 규칙적인 운동훈련에 적용된 흰쥐를 대상으로 다양한 식물체의 섭취가 운동수행능력 및 중추 피로감, 그리고 운동 종료 후 회복속도에 미치는 효과를 평가하였다.

제2절 재료 및 방법

1. 실험식이 사육

6주령의 Sprague-Dawley계 흰쥐 48 마리를 구입하여 1주간 일반고형식으로 예비사육 시킨 후 각 군에 6 마리씩 배치하여 다음의 여덟 군으로 분류하였다: 비운동대조군(Sedentary control group; SC), 운동 대조군(Exercised control group; EC), 운동 복분자식이군(EB), 운동 삼백초식이군(ES), 운동 어성초식이군(EE), 운동 오가피식이군(EO), 운동 음양곽식이군(EU), 운동 향부자식이군(EH).

대조식은 AIN-93을 기준으로 하였으며, 각 실험식은 식물체의 에탄올 추출물 30 g/kg을 일반식이에 보충하여 제조되었고, 식이의 총중량은 전분의 양에서 조정하였다. 기타 식이의 자세한 조성은 Table 1에 나타난 바와 같다. 동물사육실의 환경은 온도 23±1℃, 습도 50±5%로 조정하였고, 12시간 명암주기를 유지하였다.

Table 1. Composition of experimental diets (g/kg diet)

	CD	BD	SD	ED	OD	UD	HD
Carbohydrate	650	620	620	620	620	620	620
Casein	180	180	180	180	180	180	180
Corn oil	100	100	100	100	100	100	100
Mineral mix	40	40	40	40	40	40	40
Vitamin mix	10	10	10	10	10	10	10
Carboxymethyl cellulose	20	20	20	20	20	20	20
Plant extract	-	30	30	30	30	30	30

CD: Control diet, **BD:** Bobbunja supplemented diet, **SD:** Sambaekcho supplemented diet, **ED:** Eursungcho supplemented diet, **OD:** Orgapi supplemented diet, **UD:** Umyangkak supplemented diet, **HD:** Hyangbuja supplemented diet

2. 운동훈련 실시

식이급여 개시와 함께 소동물용 트레드밀(Dual-treadmill, 대중기기)을 이용하여 강제 지구력 운동부하 훈련을 4주간 실시하였다. 지구력 운동훈련을 실시하기 위해 첫주에는 15 m/min의 속도로 20분간 운동을 실시하였고, 점차로 속도와 시간을 증가시켜 나가는 점증운동부하법을 사용하였으며, 자세한 운동프로토콜은 Table 2에 제시된 바와 같다. Sprague-Dawley 흰쥐에 있어서 분속 25 m/min의 운동속도는 최대산소섭취량의 70%에 해당하는 운동강도로서 과도하지 않은 적당한 운동강도(moderate exercise intensity)라고 할 수 있다⁽¹⁴⁾.

Table 2. Exercise protocol

Duration(Week)	Intensity(m/min)	Time(min)
1	15	20
2	20	30
3	25	40
4	25	60

3. 탈진시까지의 지구력 운동수행 능력 실험

지구력 운동훈련을 시작하고 20일이 경과한 후 안정시 흰쥐의 꼬리정맥을 통하여 혈액을 채취하였으며, 안정시의 혈중 젖산농도를 분석하였다. 운동 훈련 실시 26일째 되던 날 지구력운동 수행능력을 평가하기 위하여 12 m/min에서 3분간 운동을 시작하게 한 후, 매 3분마다 3 m/min의 속도로 운동강도를 증가시켜 나가면서 최종 30 m/min의 속도에서 탈진 시까지의 운동 지속시간을 측정하였다. ‘탈진상태(all-out)’는 흰쥐가 주행 중에 트레드밀의 후미 부분으로 처진 상태에서 10초 이상 달릴 수 없는 시점으로 판정하였다.

탈진 시까지의 지구력 운동부하 실험이 종료된 후, 실험동물은 운동부하 실험 전에 실시하던 동일한 운동프로토콜로 운동훈련을 이틀 간 더 실시하면서 회복기간을 갖도록 하였다.

4. 시료의 채취 및 혈중 중추피로 요소의 분석

28일간의 식이 급여가 종료된 후 18시간의 공복상태에서 실험동물을 도살하였다. 운동군의 경우, 해부 48시간 전에 운동을 종료함으로써 일시적인 운동에서 오는 영향을 배제하였다. 복부대정맥을 통하여 혈액을 채취하였으며, 2,000×g에서 10분간 원심분리 후 혈청을 분리하여 -80℃에 보관하였다. 혈중 creatine kinase(BSC Auto CPK kit, Bio Clinical System Corporation, Korea) 활성, 암모니아 농도(Ammonia test, Wako, Japan), 젖산 농도(Sigma Chemical Co.), 무기인산염 농도(BSC inorganic phosphate kit, Bio Clinical System Corporation, Korea) 및 혈당치(BCS glucose kit, Bio Clinical System Corporation, Korea)는 상업용 kit를 이용하여 분석하였다.

하지의 골격근중에서 지근에 해당되는 가자미근(soleus muscle), 그리고 지근과 속근을 모두 포함하는 비복근(gastrocnemius muscle)을 각기 적출 하였으며, 액체질소를 이용하여 급속 동결시킨 후 글리코겐 농도와 효소 활성 분석 시까지 -80℃에 보관하였다.

5. 근육의 글리코겐 농도

근육의 글리코겐 농도는 비복근을 이용하여 Anthrone 법⁽¹⁵⁾에 의하여 측정하였다. 30% KOH 용액에 근육을 넣어 용해시키고 100℃의 끓는물 속에서 20분간 증탕 후, 실온에서 20 분간 방치하였다. 여기에 95% 에탄올을 첨가하여 2,000×g에서 10분간 원심분리하였다. 침전물을 증류수로 세척한 후, 증류수와 anthrone 시약을 넣고 비등수에서 20분간 반응시켰다. 표준포도당용액을 이용하여 620 nm에서 비색정량을 실시하고, 글리코겐 농도를 산출하였다.

6. 근육의 lactate dehydrogenase(LDH) 활성

근육의 LDH 활성을 측정⁽¹⁶⁾하기 위해 100 mM KHPO₄ 완충용액에 비복근을 넣고 polytron homogenizer를 이용하여 균질화 하였다. 100 mM KHPO₄ 0.84 ml, 3.3 mM Na · pyruvate 0.1 ml, 근육효소액 0.02 ml를 섞은 후에 3.6 mM DPNH 0.04 ml를 넣어 반응시키고, 30℃, 340 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였으며, 효소 활성은 $\mu\text{mol/mg/min}$ 로 나타내었다.

7. 근육의 citrate synthase(CS) 활성

근육의 CS활성은 가자미근을 이용하여 측정하였다⁽¹⁷⁾. 100 mM KHPO₄ 완충 용액에 근육을 넣고 polytron homogenizer를 이용하여 균질화한 후 미토콘드리아막을 파괴하기 위하여 동결 용해를 3회 반복한 후 시료로 이용하였다. 효소 활성을 측정하기 위해 0.1 M KHPO₄ 0.6 ml, 3 mM acetyl CoA 0.1 ml, 1 mM DTNB 0.1 ml, 근육 효소액 0.1 ml를 각기 혼합한 후 30°C, 340 nm의 파장에서 Δ OD를 기록하였으며, 여기에 다시 5 mM oxaloacetate 0.1 ml를 반응시켜 흡광도를 측정하였다. 효소의 활성은 $\mu\text{mol} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 로 나타내었다.

8. 통계처리

모든 데이터는 SAS 프로그램을 이용하여 mean \pm SEM으로 나타내었다. 비운동대조군(SC)과 운동대조군(EC), 또는 EC군과 각 식물체추출물 급여군 간의 평균값의 차이는 unpaired Student's t-test를 이용하여 p<0.05 또는 p<0.01 수준에서 유의성을 검증하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 체중의 변화

실험식이 사육기간 동안 각 군별 체중의 변화는 Fig. 1에 제시된 바와 같다. 운동대조군(EC)의 경우 비운동대조군(SC)에 비해 운동훈련 1주 후부터 체중 증가량이 더 적었으며, 4주 쯤까지 체중 증가폭이 지속적으로 더 낮은 경향을 나타냈으나, 통계적으로 유의한 수준은 아니었다. 한편, 동일한 조건에서 지구력 운동 훈련을 받으면서 삼백초추출물이 보강된 식이를 섭취한 군(ES)은 EC군과 비교하여 1주 후부터 체중 증가량이 현저히 낮았으며, 4주 후 총 체중 증가량이 15.5 ± 11.0 g로 EC군(96.9 ± 10.6 g)보다 유의적으로 더 적었다($p < 0.01$)(Table 1).

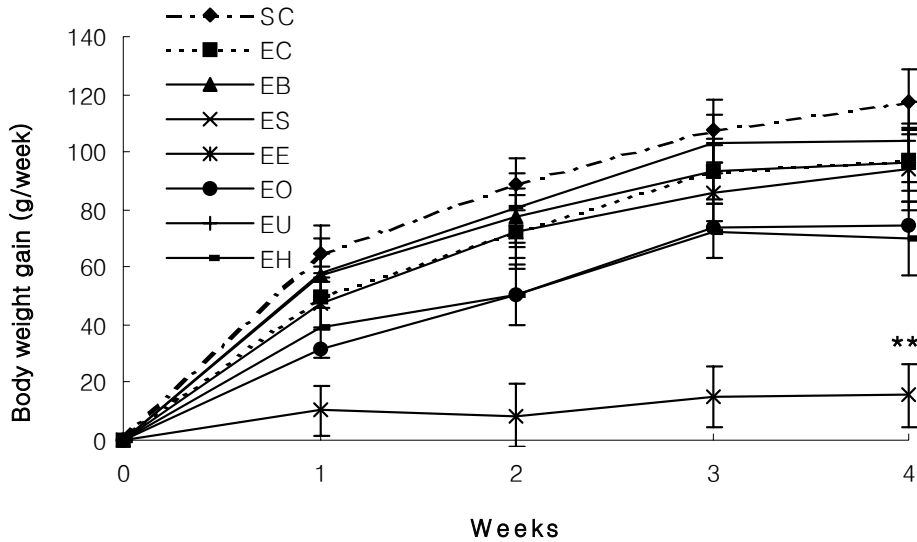


Fig. 1. Changes in cumulative body weight gain.

Values are mean±SEM of 6 rats.

** Significantly different compared to the value for EC rats at $p < 0.01$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EB:** Exercised Bokbunja supplemented group, **ES:** Exercised Sambaekcho supplemented group, **EE:** Exercised Eursungcho supplemented group, **EO:** Exercised Orgapi supplemented group, **EU:** Exercised Umyangkak supplemented group, **EH:** Exercised Hyangbuja supplemented group

Table 1. Cumulative body weight gain of rats fed experimental diets

Group	Body weight gain(g/4 weeks)
SC	118±11.3
EC	96.9±10.6
EB	96.3±13.2
ES	15.5±11.0**
EE	94.1±14.4
EO	74.2±13.8
EU	104±13.9
EH	69.8±12.9

Values are mean±SEM of 6 rats.

** Significantly different compared to the value for EC rats at $p < 0.01$.

SC: Sedentary control group, **EC**: Exercised control group, **EB**: Exercised Bokbunja supplemented group, **ES**: Exercised Sambaekcho supplemented group, **EE**: Exercised Eursungcho supplemented group, **EO**: Exercised Orgapi supplemented group, **EU**: Exercised Umyangkak supplemented group, **EH**: Exercised Hyangbuja supplemented group

2. 식이섭취량

실험식이 사육기간 동안 각 실험군의 평균 일일 식이섭취량이 Fig. 2에 나타나 있다. 장기간 규칙적인 운동훈련을 받은 EC군과 비운동대조군(SC) 간에 식이섭취량의 차이는 관찰되지 않았다. 운동대조군(EC)과 동일한 프로토콜에서 지구력운동 훈련을 실시한 삼백초식이군(ES)과 오가피식이군(EO)의 경우 평균 식이섭취량은 각각 21.2 ± 0.51 g/d와 22.6 ± 0.22 g/d로 운동대조군(EC, 24.2 ± 0.20 g/d)에 비해 유의하게 더 낮았다($p < 0.01$).

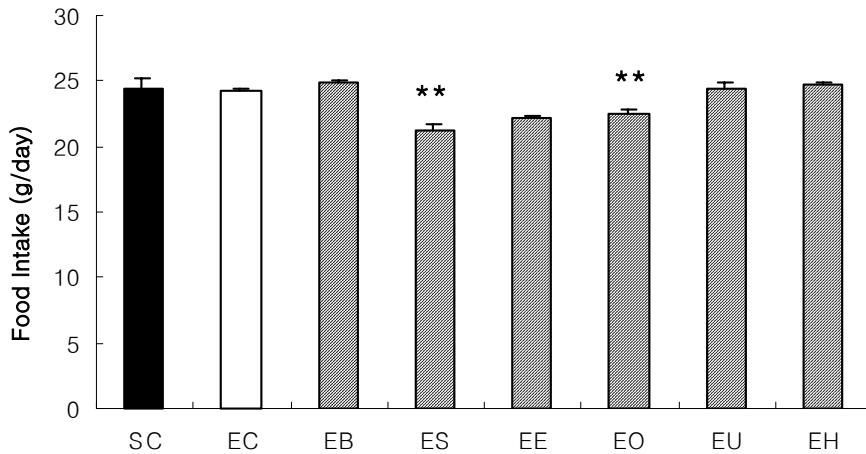


Fig. 2. Daily food intakes of rats fed experimental diets and on exercise-training protocol.

Values are mean±SEM of 6 rats.

** Significantly different compared to the value for EC rats at $p < 0.01$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EB:** Exercised Bokbunja supplemented group, **ES:** Exercised Sambaekcho supplemented group, **EE:** Exercised Eursungcho supplemented group, **EO:** Exercised Orgapi supplemented group, **EU:** Exercised Umyangkak supplemented group, **EH:** Exercised Hyangbuja supplemented group

3. 식이효율(Food Efficiency Ratio; FER)

4주간의 실험식이 사육기간 동안 얻어진 식이섭취량과 체중증가량 자료를 토대로 식이효율을 계산한 결과가 Table 2에 제시되어 있다. 운동대조군(EC군)의 식이효율은 0.14 ± 0.04 로 비운동대조군(SC, 0.17 ± 0.02)군보다 낮았으나, 통계적인 유의성은 관찰되지 않았다. 이와 같이 EC군의 식이효율이 더 낮게 나타난 것은 장기간의 지구력 운동훈련에 따른 운동에너지 소모량이 더 많았기 때문인 것으로 사료된다. 또한 삼백초식이군(ES)은 EC군과 비교하여 식이섭취량이 유의하게 낮았지만, 체중 증가량의 감소 폭이 식이섭취량의 감소보다 더욱 현저하였고, 따

라서 식이효율이 0.03 ± 0.03 으로 EC군(0.14 ± 0.04)에 비해 유의적으로 더 낮게 나타났다($p < 0.01$). 즉, 삼백초추출물의 경우 가장 탁월한 체중조절 효과가 있는 것으로 사료된다.

Table 2. Food efficiency ratio of rats fed experimental diets and on exercise training protocol

Group	Food intake (g/day)	Body weight gain (g/day)	FER ^{a)}
SC	24.4±0.74	4.20±0.85	0.17±0.02
EC	24.2±0.20	3.46±0.38	0.14±0.04
EB	24.9±0.22	3.44±0.47	0.14±0.02
ES	21.2±0.51**	0.55±0.39**	0.03±0.03**
EE	22.2±0.15	3.36±0.51	0.15±0.02
EO	22.6±0.22**	2.65±0.49	0.12±0.02
EU	24.5±0.47	3.70±0.50	0.15±0.03
EH	24.8±0.20	2.49±0.46	0.10±0.02

Values are mean±SEM of 6 rats.

^{a)}FER = Body weight gain(g/day)/Food intake(g/day)

** Significantly different compared to the value for EC rats at $p < 0.01$.

SC: Sedentary control group, **EC**: Exercised control group, **EB**: Exercised Bokbunja supplemented group, **ES**: Exercised Sambaekcho supplemented group, **EE**: Exercised Eursungcho supplemented group, **EO**: Exercised Orgapi supplemented group, **EU**: Exercised Umyangkak supplemented group, **EH**: Exercised Hyangbuja supplemented group

4. 안정시 혈청 젖산농도

본 운동훈련을 실시한 지 20일째 되던 날 운동훈련을 종료하고 24시간이 경과한 상태에서 꼬리정맥으로부터 채혈을 하였으며, 혈청 젖산농도를 분석한 결과가 Fig. 3에 제시되어 있다. SC군과 EC군간에는 안정 시 혈청 젖산농도에 유의한 차이가 없었고, EC군과 비교하여 각 식물체추출물 섭취군 간의 혈중 젖산농도 역시 유의적인 차이가 없었다.

세포에 산소가 충분히 공급되는 상황에서는 TCA 회로가 원활히 진행되어 혈중 젖산농도가 0.56~2.00 mmol/L의 범위를 유지하게 되고, 체내에 축적되지 않는다⁽¹⁸⁾. 젖산은 해당작용과 TCA 회로의 대사적 연계가 당량비로 진행되지 못하고 해당작용이 상대적으로 활발한 상황에서, 또는 세포에서 요구되는 산소량보다 산소공급이 부족한 상황에서 생성된다. 고강도 운동시 산소공급량이 근육의 산소소모량에 미치지 못하는 경우 근육조직의 젖산 농도가 증가하게 되고, 이때 생성된 젖산은 혈액으로 확산되어 심장 및 간에서 처리된다⁽¹⁹⁾.

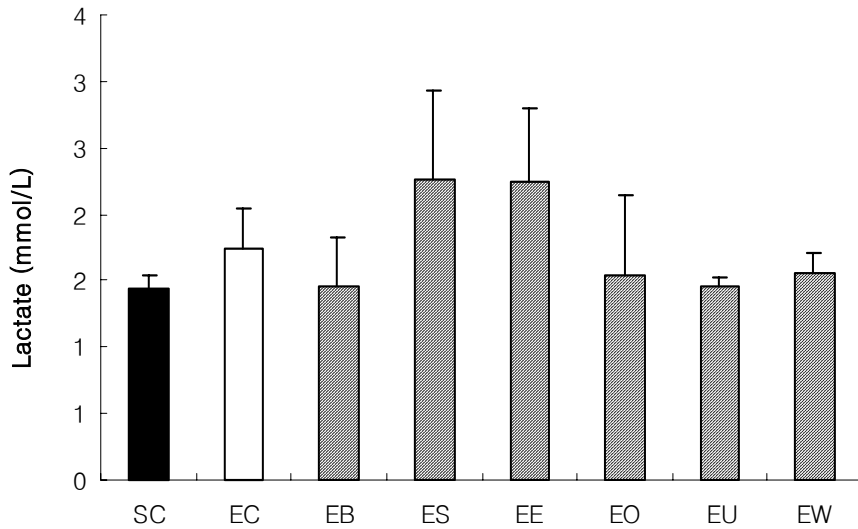


Fig. 3. Resting levels of serum lactate concentration of rats fed experimental diets.

Values are mean±SEM of 6 rats.

** Significantly different compared to the value for EC rats at $p < 0.01$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EB:** Exercised Bokbunja supplemented group, **ES:** Exercised Sambaekcho supplemented group, **EE:** Exercised Eursungcho supplemented group, **EO:** Exercised Orgapi supplemented group, **EU:** Exercised Umyangkak supplemented group, **EH:** Exercised Hyangbuja supplemented group

5. 근육 중량

실험식이 사육이 종료된 후 체중 100 g당 부위별 근육의 무게를 측정한 결과가 Table 3에 나타나 있다. 가자미근(soleus muscle)의 중량은 비운동대조군과 비교하여 운동대조군에서 더 높게 나타났으나 통계적인 유의성은 관찰되지 않았으며, 각 식물체추출물 섭취군과 EC군 간의 유의적인 차이도 관찰되지 않았다. 비복근(gastrocnemius muscle)의 중량은 운동대조군(EC)에 비해 각 식물체 에탄올추출물 섭취군에서 더 높은 경향을 보였으나, 역시 통계적으로 유의한 수준은 아니었다.

지근에 속하는 가자미근은 비복근에 비해 지구력 운동시 더 중요한 역할을 담당하는 것으로 알려져 있고, 따라서 규칙적인 운동 훈련에 의해 단위체중당 가자미근 중량이 더 높게 나타난 것은 의미있는 결과로 사료된다. 아울러 본 연구에서는 4주간 운동훈련을 실시하였는데, 운동훈련을 6주 이상 연장할 경우 가자미근 중량의 증가가 통계적 유의성을 나타낼 것으로 나타날 것으로 사료된다.

Table 3. Relative weights of skeletal muscles from rats fed experimental diets and on exercise training protocol

Group	Soleus muscle	Gastrocnemius muscle
	(mg /100 g body weight)	
SC	30 ± 2.5	702 ± 25.7
EC	36 ± 2.2	649 ± 28.9
EB	38 ± 2.5	668 ± 29.4
ES	40 ± 2.3	696 ± 26.9
EE	37 ± 1.2	698 ± 31.7
EO	39 ± 0.9	675 ± 31.7
EU	43 ± 2.1	728 ± 23.4
EH	34 ± 1.3	697 ± 11.2

Values are mean±SEM of 6 rats.

SC: Sedentary control group, **EC**: Exercised control group, **EB**: Exercised Bokbunja supplemented group, **ES**: Exercised Sambaekcho supplemented group, **EE**: Exercised Eursungcho supplemented group, **EO**: Exercised Orgapi supplemented group, **EU**: Exercised Umyangkak supplemented group, **EH**: Exercised Hyangbuja diet group

6. 탈진 시까지의 주행시간

점증운동부하법에 의해 탈진 시까지 주행시간을 측정한 결과(Fig. 4), 약 4주간 운동 훈련을 실시한 운동대조군(EC)의 경우 탈진 시까지의 운동 지속시간이 76 ± 2 분으로 나타나 SC군(23 ± 1 분)보다 2.3 배 유의하게 더 길었다($p < 0.01$). 한편, 식물체추출물 섭취에 의한 지구력 운동수행능력 향상효과를 평가한 결과, 삼백초식이군(ES)의 경우 탈진 시까지의 주행시간이 222 ± 31 분으로 가장 높았으며, 이는 운동대조식이군(EC)에 비해 무려 1.9 배 더 높은 수치이다($p < 0.01$). 한편, 오가피식이군(EO)의 탈진 시까지 주행시간은 119 ± 11 분으로, 그리고 향부자식이군(EH)의 주행시간은 122 ± 22 분으로 나타나, EC군에 비해 46~50분 정도 유의하게 더 길게 나타났다($p < 0.05$).

이상에서와 같이 ES, EO 및 EH군에서 탈진 시까지의 주행시간이 EC군에 비해 유의적으로 더 길게 나타난 것은 이들 실험군의 누적 체중증가량이 각기 15.5 ± 11.0 (ES), 74.2 ± 13.8 (EO) 및 69.8 ± 12.9 (EH) g/4 weeks로 운동대조군(96.9 ± 10.6 g/4 weeks)보다 유의하게 낮은 것과 연관이 있을 것으로 생각된다.

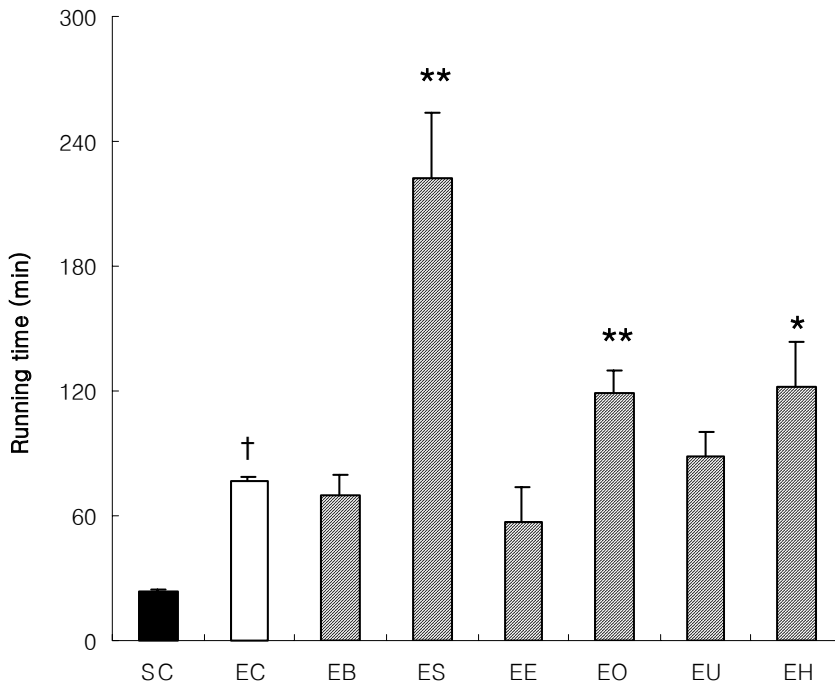


Fig. 4. Running time until 'all-out' state of rats fed experimental diets

Values are mean±SEM of 6 rats.

† Significantly different compared to the value for SC rats at $p < 0.01$.

* Significantly different compared to the value for EC rats at $p < 0.05$.

** Significantly different compared to the value for EC rats at $p < 0.01$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EB:** Exercised Bokbunja supplemented group, **ES:** Exercised Sambaekcho supplemented group, **EE:** Exercised Eursungcho supplemented group, **EO:** Exercised Orgapi supplemented group, **EU:** Exercised Umyangkak supplemented group, **EH:** Exercised Hyangbunja supplemented group

7. 혈청 암모니아 농도

아스파르트산은 근육내에서 purine nucleotide 회로의 주요 구성분으로서 극심한 고강도 운동 중에 ATP풀을 재생시켜 근육에 에너지를 제공하고, 이 과정에서 유리 암모니아를 형성하게 된다. 즉, 암모니아는 운동 중 근육으로부터 방출되고, 혈중 암모니아 농도가 상승하면 뇌로 전달되어 중추피로가 증가하는 것으로 알려져 있다⁽²⁰⁾.

탈진 시까지의 운동부하 실험을 종료하고 48시간이 경과한 후 채취한 혈청의 암모니아 농도가 Fig. 5에 제시되어 있다. 운동대조군(EC)은 비운동대조군(SC)에 비해 운동 종료 48시간 후 혈청 암모니아 농도가 다소 낮아지는 경향을 보였으나, 유의한 차이는 아니었다. 각 식물체추출물 섭취군의 경우 식물체의 종류에 따라 EC군에 비해 회복기 혈청 암모니아 농도가 다소 낮거나 높은 경향을 나타냈으나 역시 통계적으로 유의한 차이는 아니었으며, 따라서 운동부하 실험이 종료되고 48시간이 경과한 시점에서 혈청 암모니아 농도는 안정상태로 돌아온 것으로 사료된다.

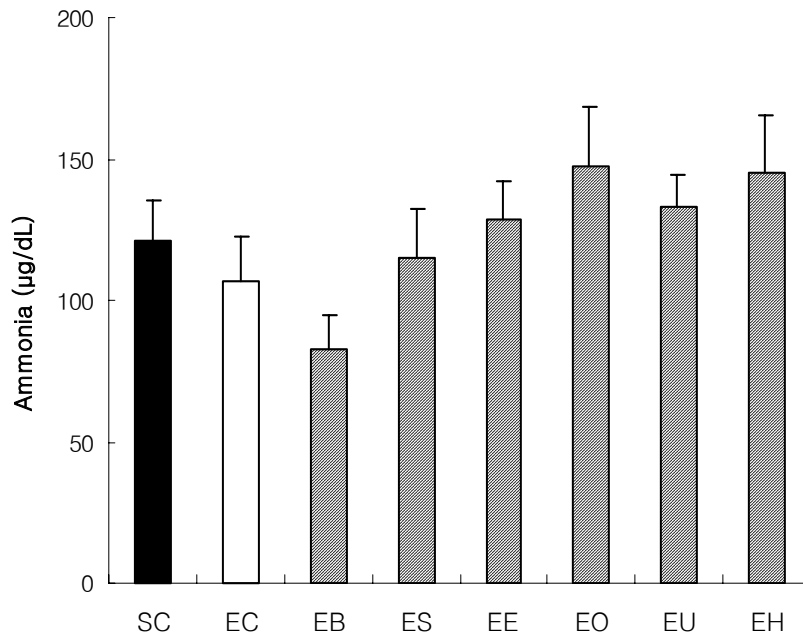


Fig. 5. Serum ammonia concentration of rats fed experimental diets measured 48 h post endurance exercise loading test.

Values are mean±SEM of 6 rats.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EB:** Exercised Bokbunja supplemented group, **ES:** Exercised Sambaekcho supplemented group, **EE:** Exercised Eursungcho supplemented group, **EO:** Exercised Orgapi supplemented group, **EU:** Exercised Umyangkak supplemented group, **EH:** Exercised Hyangbuja supplemented group

8. 혈청 creatine kinase(CK) 활성

CK는 운동 중인 근육세포에서 무산소시 ATP 재합성에 필요한 creatine phosphate의 합성을 촉매하는 효소이다. 본 연구에서 흰쥐를 대상으로 유산소성 운동훈련을 장기간 실시한 결과, 혈청 CK 활성은 운동대조군(EC)에서 비운동군 대조군(SC)과 비교하여 유의한 차이가 없었으며(Fig. 6), 이와 같은 결과는 본 연구에 이용된 운동 프로토콜이 유산소성 주행운동이었기 때문으로 사료된다. 운동 훈련과 병행한 식물체추출물의 섭취가 CK 활성에 미치는 영향을 평가한 결과 모든 군에서 EC군에 비해 더 높은 결과를 나타냈으며, 특히 어성초식이군(EE)에서 가장 높은 CK 활성을 나타냈고($p < 0.01$), 그 외 복분자식이군(EB), 오가피식이군(EO), 그리고 향부자식이군(EH)에서도 EC군에 비해 CK 활성이 유의적으로 더 높았다($p < 0.05$). 이와 같이 식물체추출 섭취군에서 운동대조군에 비해 혈청 CK 활성이 유의적으로 더 높게 나타난 결과로 미루어 볼 때, 이들 식물체들은 단시간의 고강도 운동에서 경기력을 향상시키는 효과가 있을 것으로 기대된다.

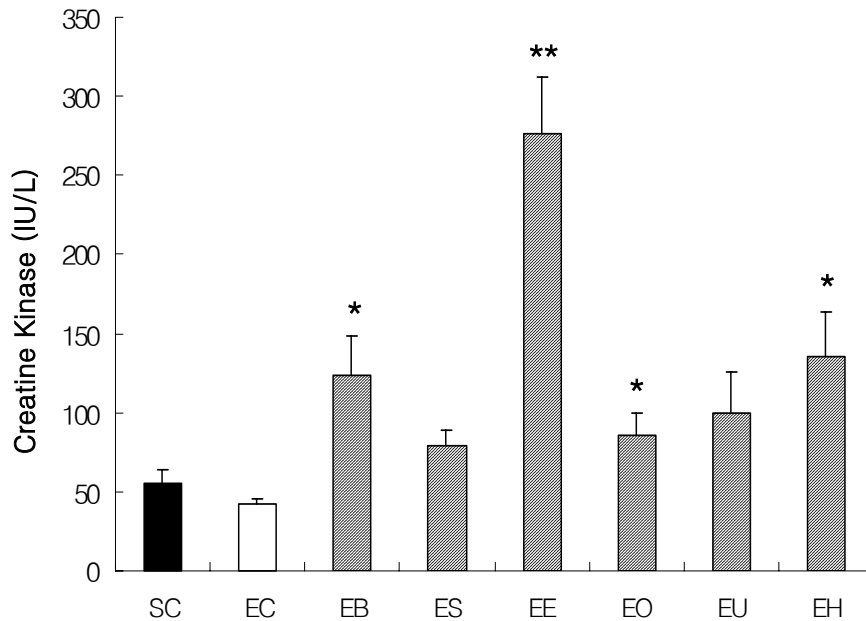


Fig. 6. Serum creatine kinase activity of rats fed experimental diets measured 48 h post endurance exercise loading test.

Values are mean±SEM of 6 rats.

* Significantly different compared to the value for EC rats at $p < 0.05$.

** Significantly different compared to the value for EC rats at $p < 0.01$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EB:** Exercised Bokbunja supplemented group, **ES:** Exercised Sambaekcho supplemented group, **EE:** Exercised Eursungcho supplemented group, **EO:** Exercised Orgapi supplemented group, **EU:** Exercised Umyangkak supplemented group, **EH:** Exercised Hyangbuja supplemented group

9. 혈청 무기인산염 농도

본 연구에서 지구력 운동부하실험을 실시하고 48시간이 경과한 후 혈청 무기인산염 농도를 측정된 결과(Fig. 7), 운동대조군(EC)군과 비운동대조군(SC) 간에 유의한 차이가 없었다. 운동훈련 중인 흰쥐를 대상으로 다양한 식물체추출물을 섭취시킨 결과, 음양곽식이군(EU)($p < 0.05$)를 제외하고는 운동부하실험 실시 후 48시간이 경과한 시점에서 측정된 혈청 무기인산염 농도에 유의한 차이가 없었다.

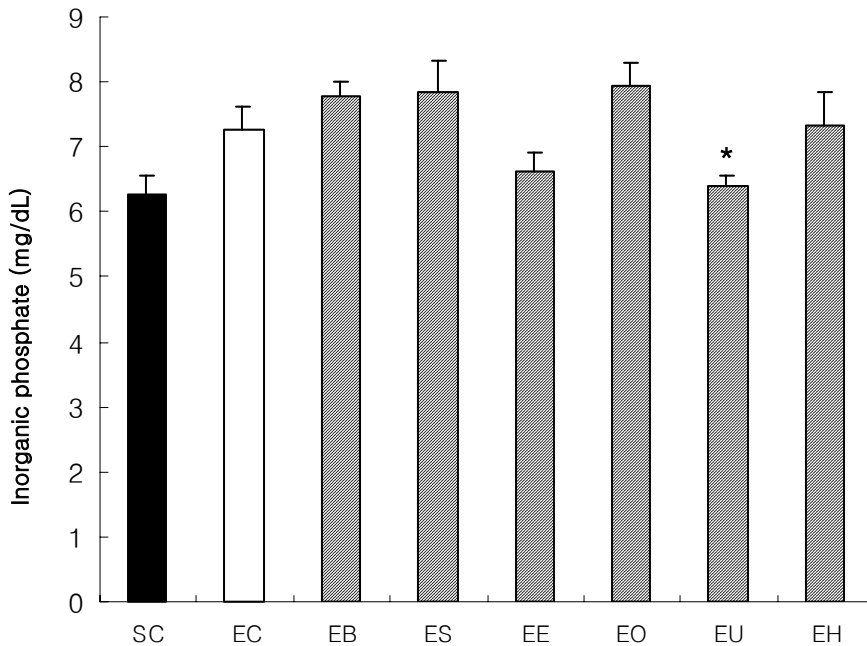


Fig. 7. Serum inorganic phosphate concentration of rats fed experimental diets measured 48 h post endurance exercise loading rest
Values are mean±SEM of 6 rats.

* Significantly different compared to the value for EC rats at $p < 0.05$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EB:** Exercised Bokbunja supplemented group, **ES:** Exercised Sambaekcho supplemented group, **EE:** Exercised Eursungcho supplemented group, **EO:** Exercised Orgapi supplemented group, **EU:** Exercised Umyangkak supplemented group, **EH:** Exercised Hyangbuja supplemented group

운동 중인 근육에서는 반복되는 근육수축에 의해 myosin과 actin의 친화력을 높이는 단계에서 ATP가 가수분해되고, 이로 인해 혈 중 무기인산농도가 급격히 증가하게 된다. 아울러, 일반적으로 운동 중에 혈청 무기인산농도가 급격히 증가하면 근섬유의 cross-bridge가 약화되면서 힘 생성이 저하되는 것으로 알려져 있다.

10. 혈청 glucose 농도

혈중 glucose 농도가 감소하면 피로감을 느끼게 되고, 지구성운동 수행능력을 저해하는 결과가 초래된다⁽²¹⁾. 즉, 운동 후반부에 근육의 글리코겐 함량이 감소하면 혈중 glucose가 근육으로 유입되는 양이 증가하는데, 이로 인해 혈중 glucose가 고갈되면 근육으로 유입되어 글리코겐을 재합성할 수 없기 때문에 피로감을 느끼게 된다⁽²²⁾.

지구력 운동부하 실험을 실시하고 48시간이 경과한 상태에서 공복 시 혈청 glucose 농도를 측정된 결과(Fig. 8), 비운동대조군(SC)과 운동대조군(EC) 간에 유의적인 차이가 없다. 한편, 지구력운동 부하실험에서 회복된 후 측정된 공복 시 혈청 글루코스농도는 삼백초식이군(ES)에서 EC군에 비해 유의하게 더 높은 것으로 나타났다($p < 0.05$).

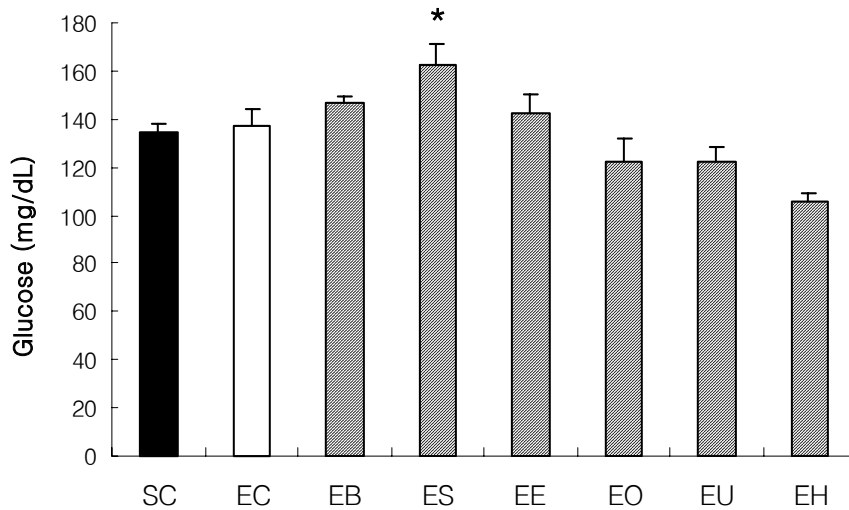


Fig. 8. Serum glucose concentration of rats fed experimental diets measured 48 h post endurance exercise loading test.

Values are mean±SEM of 6 rats.

* Significantly different compared to the value for EC rats at $p < 0.05$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EB:** Exercised Bokbunja supplemented group, **ES:** Exercised Sambaekcho supplemented group, **EE:** Exercised Eursungcho supplemented group, **EO:** Exercised Orgapi supplemented group, **EU:** Exercised Umyangkak supplemented group, **EH:** Exercised Hyangbuja supplemented group

11. 근육 글리코겐 함량

근육내에 저장된 글리코겐은 고강도의 지구력 운동시 가장 주요한 에너지원이 되며, 따라서 운동후 회복기동안 근육내에 글리코겐을 효율적으로 재충전시키는 것은 다음 번 경기력의 향상을 위해 중요한 요인이 되고 있다.

탈진 시까지 운동부하실험을 실시하고 48시간이 경과한 후, 비복근의 글리코겐 농도를 측정된 결과가 Fig. 9에 제시되어 있다. 운동 후 회복기동안 측정된 비복근 글리코겐 농도는 운동대조군(EC)에서 비운동대조군(SC)에 비해 더 낮게 나타났다. 이는 회복기 동안에 실시된 운동훈련에 의해 EC군의 근육 글리코겐이 비운동군에 비해 더 많이 고갈되었기 때문인 것으로 사료된다. 한편, 운동훈련과 병행한 식물체추출물 섭취가 운동부하실험 후 회복기에 근육 글리코겐에 미치는 효과를 측정된 결과, 삼백초식이군(ES)에서 EC군에 비해 유의하게 더 높게 나타났다($p < 0.05$). 이와 같은 결과는 탈진 시까지의 주행시간이 삼백초식이군에서 EC군에 비해 230% 더 높게 나타난 결과와 일치하는 것이며, 같은 맥락에서 EC군에 비해 탈진 시까지 더 오래 달린 오가피식이군(EO) 및 향부자식이군(EH)에서 48시간의 회복기를 거친 후 측정된 근육 글리코겐 함량이 EC군에 비해 더 높게 나타났다.

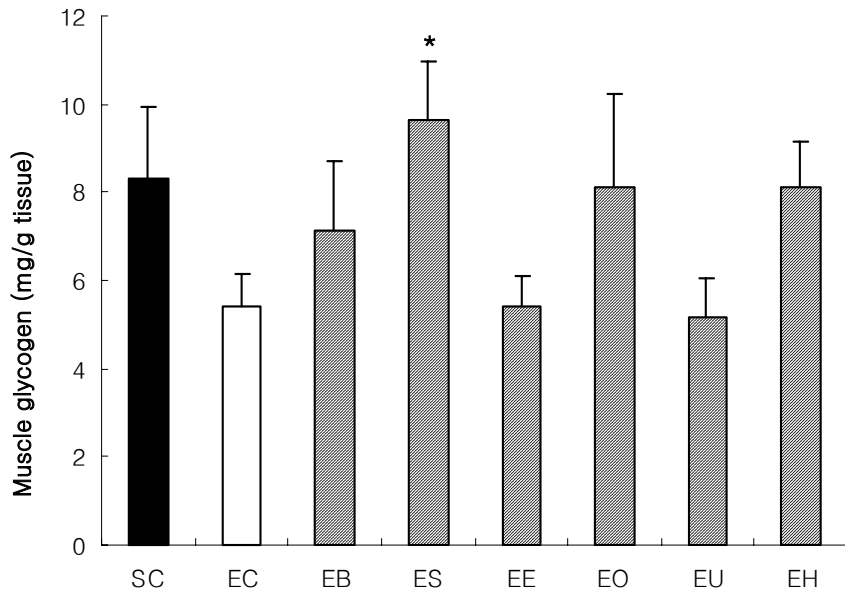


Fig. 9. Muscle glycogen concentration of rats fed experimental diets measured 48 h post endurance exercise loading test.

Values are mean±SEM of 6 rats.

* Significantly different compared to the value for EC rats at $p < 0.05$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EB:** Exercised Bokbunja supplemented group, **ES:** Exercised Sambaekcho supplemented group, **EE:** Exercised Eursungcho supplemented group, **EO:** Exercised Orgapi supplemented group, **EU:** Exercised Umyangkak supplemented group, **EH:** Exercised Hyangbuja supplemented group

12. 근육 lactate dehydrogenase 활성

Lactate dehydrogenase(LDH)는 무산소 상태에서 pyruvate로부터 lactate의 형성을 촉매하는 효소로서, 고강도운동 시 그 활성이 증가되며, 근육 피로에 있어서 중요한 인자로 알려져 있다⁽²³⁾. 과격한 운동을 할 경우 과량의 pyruvate가 생성되어 젖산 형성이 촉진되고, pyruvate를 젖산으로 전환시키는 과정을 촉매하는 LDH 활성이 증가하게 된다⁽²⁴⁾.

탈진 시까지의 지구력운동 부하실험을 실시하고 48시간이 경과한 후 비복근의 LDH 활성을 측정한 결과(Fig. 10), 실험군 간에 유의적인 차이가 관찰되지 않았다. 이는 운동부하실험 종료 후 48시간의 회복기를 거친 상태에서 젖산 형성에 관여하는 LDH 활성이 이미 정상수준으로 환원되었기 때문으로 사료된다.

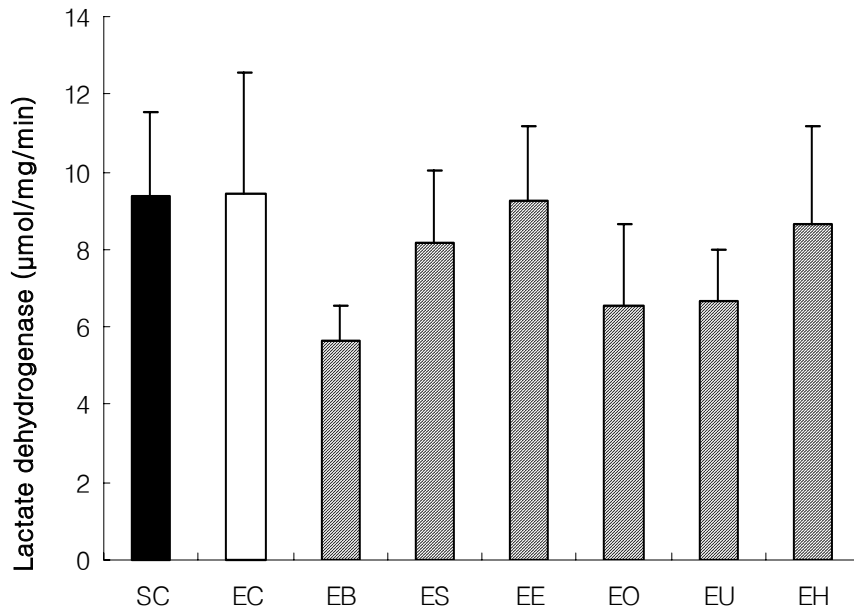


Fig. 10. Muscle lactate dehydrogenase activity of rats fed experimental diets measured 48 h post endurance exercise loading test.

Values are mean±SEM of 6 rats.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EB:** Exercised Bokbunja supplemented group, **ES:** Exercised Sambaekcho supplemented group, **EE:** Exercised Eursungcho supplemented group, **EO:** Exercised Orgapi supplemented group, **EU:** Exercised Umyangkak supplemented group, **EH:** Exercised Hyangbuja supplemented group

13. 근육 citrate synthase 활성

Citrate synthase (CS)는 TCA(Tricarboxylic acid) 회로의 첫 단계에서 citrate를 합성하는 과정을 촉매하는 효소이며, 일반적으로 유산소성 운동에 의해 증가하는 것으로 알려져 있다.

탈진 시까지의 운동부하 실험을 종료하고 48시간이 경과한 후 가자미근을 채취하여 CS 활성을 측정된 결과(Fig. 11), 운동대조군(EC)의 CS 활성이 비운동대조군(SC)보다 유의적으로 더 낮았다($p < 0.05$). 이와 같이 비운동군에서 운동부하 실험 후 회복기동안 가자미근의 CS 활성이 규칙적인 운동훈련을 받은 동물에 비해 더 높게 나타난 것은 운동부하 실험에 의한 CS 활성 증가폭이 비운동군에서 운동군보다 더 현저하기 때문일 것으로 사료된다. 한편, 운동부하 실험 후 회복기동안 식이에 따른 가자미근의 CS 활성의 차이를 살펴보면 EC군에 비해 항부자식이군(EH)에서 유의하게 증가하였으며($p < 0.01$), 통계적으로 유의한 수준은 아니나 삼백초식이군(ES)과 오가피식이군(EO)에서도 EC군에 비해 더 높은 경향을 보였다. 따라서 탈진 시까지의 주행시간과 유산소 운동에 관여하는 가자미근의 CS 활성 간에 밀접한 양의 상관성이 있을 것으로 사료된다.

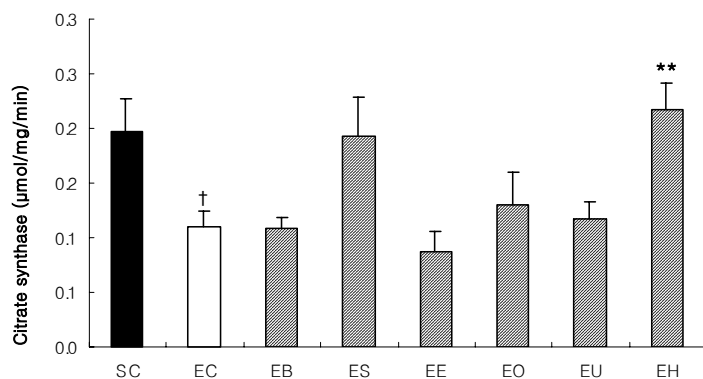


Fig. 11. Muscle citrate synthase activity of rats fed experimental diets measured 48 h post endurance exercise loading test.

Values are mean±SEM of 6 rats.

† Significantly different compared to the value for SC rats at $p < 0.01$.

** Significantly different compared to the value for EC rats at $p < 0.01$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EB:** Exercised Bokbunja supplemented group, **ES:** Exercised Sambaekcho supplemented group, **EU:** Exercised Umyangkak supplemented group, **EH:** Exercised Hyangbuja supplemented group

제4절 참고문헌

1. Ramires, P.R., Forjaz, C.L., Strunz, C.M., Silva, M.E., Diament, J., Nicolau, W., Liberman, B. and Negrao, C.E. Oral glucose ingestion increases endurance capacity in normal and diabetic (type I) humans. *J. Appl. Physiol.* 83(2): 608-614 (1997)
2. Bergstrom, J., Hermansen, L., Hultman, E. and Saltin, B. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta. Physiol. Scand.* 71(2): 140-150 (1967)
3. Martinez, B. and Staba, E.J. The physiological effects of *Aralia*, *Panax* and *Eleutherococcus* on exercised rats. *Jpn. J. Pharmacol.* 35(2): 79-85 (1984)
4. Hikino, H., Konno, C., Takahashi, M., Murakami, M., Kato, Y., Karikura, M. and Hayashi, T. Isolation and hypoglycemic activity of dioscorans A, B, C, D, E, and F; glycans of *Dioscorea japonica* rhizophors. *Planta. Med.* 3: 168-171 (1986)
5. 이명복, 김창규, 김귀봉, 박성순, 김현덕, 이상구. 인삼투여가 체력 및 체중감량에 미치는 영향. *국민대학교 스포츠과학연구소논문총* 4: 99-111 (1985)
6. 이정국, 유승희, 김종열. 인삼복용이 운동선수의 운동수행능력 및 생화학적 변화에 관한 연구. *한국체육학회지* 27(1): 1265-1285 (1988)
7. 박승하, 홍승길. 인삼이 운동을 부하한 근 조직의 대사활동에 미치는 영향. *대한정형외과학회지.* 17(3): 397-403 (1982)
8. Brekhman II and Dardymov IV. Pharmacological investigation of glycosides from Ginseng and *Eleutherococcus*. *Lloydia.* 32(1): 46-51 (1969)
9. Hikino, H., Takahashi, M., Otake, K. and Konno, C. Isolation and hypoglycemic activity of eleutherans A, B, C, D, E, F, and G: glycans of *Eleutherococcus senticosus* roots. *J. Nat. Prod.* 49(2): 293-297 (1986)
10. 권오극. 오가피를 주성분으로 한 “엘로드”가 운동선수의 심폐 적성 및 운동능력에 미치는 효과. *경북대학교 박사학위 논문* (1989)
11. 정진섭, 신민규. 도해 향약(생약) 대사전. p461 (1992)

12. 이인선. 삼백초 [*Saururus Chinesis (Lour.) Bail*] 열수추출물의 항암 및 세포 독성 저해 효과. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 8(2): 213-216 (2001)
13. Yoo, H.T., Noh, S.T. and Lim, Y.D. Hyangyak Jipsungbang. Haenglim Publishing Co., Seoul, p.717 (1977). Kangsung Shinuihakwon, Great Chinese medical dictionary. Shanghai Science and Technology Publisher, Shanghai, p. 1439 (1978)
14. Dudley, G.A., William, M.A. and Ronald, L.T. Influence of exercise intensity and duration on biochemical adaptations in skeletal muscle. J. Appl. Physiol: Respirat Environ Exercise Physiol. 53: 844-850 (1982)
15. Chun, Y. and Yin, Z.D. Glycogen assay for diagnosis of female genital chlamydia trachomatis infection. J. Clin. Microbiol. 36(4): 1081-1082 (1998)
16. Pesce, A. and Mckay, R.H. Stolzenbach, F., Ccahn, R.D. and Kaplan, N.O. Comparative enzymology of LDH. J. Biol. Chem. 239: 1753-1761 (1964)
17. Srere, P.A. Citrate synthase. Methods in enzymology. 13: 3-11 (1969)
18. Farrell, P.A., Wilmore, J.H., Coyle, E.F., Billing, J.E. and Costill, D.L. Plasma lactate accumulation and distance running performance. Med. Sci. Sports. 11(4): 338-344 (1979)
19. 백영호, 염원상, 김세종. 고교 농구선수의 비타민 4(1): 61-70 (2000)
20. Barnes, R.H., Labadan, B.A., Siyamoglu, B. and Bradfield, R.B. Effects of exercise and administration of aspartic acid on blood ammonia in the rat, Am. J. Physiol. 207: 1242-1246 (1964)
21. 류승필, 장응찬, 이상직, 권태동, 정관우, 이수천. 글루코스 투여가 운동중 에너지 기질 이용에 미치는 영향. 운동영양학회 4(1): 49-60 (2000)
22. Coyle, E.F., Coggan, A.R., Hemmert, M.K. and Ivy, J.L. Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. Appl. Physiol. 61(1): 165-172 (1986)
23. Granholm, L. and Siesjo, B.K. Signs of cerebral hypoxia in hyperventilation. Experientia. 24(4): 337-338 (1968)
24. Halonen, P.I. and Konttinen, A. Serum alpha-hydroxybutyric

dehydrogenase (HBD) in myocardial infarction. Comparison with glutamic oxalacetic transaminase (GOT) and lactic dehydrogenase (LDH). *Am. J. Cardiol.* 10: 525-531 (1962)

제7장 홍삼, 동충하초 및 기능성 버섯의 지구력 운동 수행능력 향상효과 및 작용기작 규명

제1절 서론

다양한 약리활성을 지니는 식용 식물체들이 기능성 식품소재로서 건강보조식품 또는 대체의학적 수단으로 이용되고 있으며, 이러한 식물소재 중에는 운동수행능력 향상 효과를 나타내는 것들도 보고되고 있다. 장시간의 지구력 운동시 운동수행능력을 향상시키고자 투여되는 영양보조물의 기능은 저장성 지방의 동원과 이용을 촉진시키거나, 탄수화물 산화를 지속시켜 경기종반부의 피로를 방지하는 효과를 나타내는 것으로 설명되고 있다⁽¹⁾.

대표적인 강장제로 알려진 인삼(*Panax ginseng*)은 운동수행능력 향상 효과가 있음이 보고되어, 세계적으로 많은 운동선수들에게 애용되어져 왔다⁽²⁾. 인삼성분의 섭취가 지구성 운동수행능력을 향상시키는 기전으로 혈액 헤모글로빈 농도의 증가⁽³⁾, 근육 미토콘드리아의 대사활성 증가⁽⁴⁾와 함께 혈관을 확장시키고⁽⁵⁾ 심근의 대사를 활성화⁽⁶⁾시킨다는 내용이 보고된 바 있다. 그러나 홍삼(*Panax red ginseng*)의 생리활성에 대한 구체적인 연구보고는 아직까지 미흡한 실정이며, 더욱이 지구성 운동수행능력과 관련된 연구보고는 드물다.

동충하초는 그동안 자양강장, 성기능 개선, 항균성, 항종양, 면역기능 증진, 혈당강하 및 염증성 질병 등의 다양한 생리적 활성이 중국 고문서 등에 보고되어 온 바, 건강기능식품 소재로 개발할 가치가 있음이 제기된 바 있다⁽⁷⁾. 하지만, 동충하초과(*Cordiceps*)의 생리활성에 관한 체계적 연구는 최근 들어 연구가 되기 시작하고 있다. 고콜레스테롤혈증을 유발한 흰쥐를 대상으로 동충하초 밀리타리스(*Cordiceps militaris*)의 자실체와 균사체 분말을 3% 수준으로 식이에 첨가하여 급여한 결과, 혈청 중성지방, 콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 농도, 그리고 동맥경화지수를 낮추는 효과가 있음이 보고되었다⁽⁸⁾. 아울러 누에번데기에 불완전 균주의 일종인 *Paecilomyces japonica*를 접종하여 생성한 눈꽃동충하초 역시 다

양한 생리활성을 나타냄이 보고된 바 있다⁽⁹⁾.

상황버섯(*Phellinus linteus*)은 그 특징, 약효, 분류, 형태 등에 대해 중국과 일본에서 많은 연구가 이루어졌으며(www.dr-health), 항암·면역활성, 항산화활성 및 항돌연변이활성 등이 보고된 바 있다⁽¹⁰⁾. 잎새버섯(*Grifola frondosa*)은 항고혈압 활성이 보고된 바 있으며⁽¹¹⁾, 불로초과에 속하는 영지버섯(*Ganoderma lucidum*) 자실체는 예로부터 귀중한 민간약재로 사용되어져 왔을 뿐 아니라, 항응고활성, 항고혈압 활성 및 항암활성이 있는 것으로 알려져 있다⁽¹²⁾.

본 과제에서는 지구력운동 수행능력 향상효과를 지니는 식물체를 선별하고, 그 효능 및 작용 기전을 규명함으로써 의약품 대체식품 개발에 이용하고자 하였다. 이러한 식품소재들은 운동수행 중 중추 피로감을 최소화하고, 탈진 시까지의 주행시간을 연장시킴으로서 지구력 운동수행능력을 향상시키며, 아울러 운동 종료 후 회복 속도를 단축시킴으로서 다음 번 경기에 우수한 경기력을 나타내는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서는 트레드밀을 이용하여 장기간의 규칙적인 운동 훈련에 적응된 흰쥐를 대상으로 다양한 식물체를 장기간 섭취시킨 후 운동수행능력, 중추 피로감, 그리고 운동 종료 후 회복에 미치는 효과를 평가하였다.

제2절 재료 및 방법

1. 실험식이 및 동물의 사육

본 실험을 위해 생후 6주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐(대한바이오링크 주식회사) 48 마리를 사용하였다. 구입시 체중은 258~285 g이었고, 일반 고형사료로 1주일간 사육실 환경에 적응시킨 후, 다음의 여덟 군으로 임의 배치하였다 (n=6): 비운동대조군(Sedentary control group; SC), 운동대조군(Exercised control group; EC), 밀리타리스군(Exercised *Cordyceps militaris* supplemented group; EM), 상황버섯군(Exercised *Phellinus linteus* supplemented group; ES), 영지버섯군(Exercised *Ganoderma lucidum* supplemented group; EY), 잎새버섯군(Exercised *Grifola frondosa* supplemented group; EI), 자포니카군(Exercised *Paecilomyces japonica* supplemented group; EJ), 홍삼군(Exercised *Panax red ginseng* supplemented group; EH).

실험식이의 조성은 Table 1에 제시된 바와 같으며, 총 6종의 기능성식품소재 첨가식이는 각 식물체의 에탄올추출물을 30 g/kg 수준으로 일반식이에 첨가하여 제조하였고, 식이의 총 중량은 전분의 양에서 조정하였다. 실험식이는 자유급식 방법으로 매일 일정한 시간 오전 10시~11시 사이에 물과 함께 공급하였으며, 식이 섭취량과 체중은 식이를 공급할 때마다 측정하였다. 동물 사육실의 환경은 온도 23±1℃, 습도 50±5%로 조정하였고, 12시간 명암주기를 유지하였다.

Table 1. Composition of experimental diets(g/kg diet)

Ingredients	Experimental diets ¹⁾							
	SC	EC	EM	ES	EY	EI	EJ	EH
Carbohydrate	650	650	620	620	620	620	620	620
Casein	180	180	180	180	180	180	180	180
Corn oil	100	100	100	100	100	100	100	100
Mineral mix	40	40	40	40	40	40	40	40
Vitamin mix	10	10	10	10	10	10	10	10
CM ²⁾ cellulose	20	20	20	20	20	20	20	20
Plant extract	-	-	30	30	30	30	30	30

¹⁾**SC**: Sedentary control group, **EC**: Exercised control group, **EM**: Exercised *Cordyceps militaris* supplemented group, **ES**: Exercised *Phellinus linteus* supplemented group, **EY**: Exercised *Ganoderma lucidum* supplemented group, **EI**: Exercised *Grifola frondosa* supplemented group, **EJ**: Exercised *Paecilomyces japonica* supplemented group, **EH**: Exercised *Panax red ginseng* supplemented group.

²⁾**CM**: carboxyl methyl

2. 운동훈련 실시

실험식이를 섭취하는 동안 소동물용 트레드밀(Dual-treadmill, 대종기기)을 이용하여 강제 지구력 운동부하 훈련을 4주간 실시하였다. 지구력 운동훈련을 실시하기 위해 첫 주에는 15 m/min의 속도로 20분간 운동을 실시하였고, 점차로 속도와 시간을 증가시켜 나가는 점증운동부하법을 사용하였으며, 자세한 운동 운동 프로토콜은 Table 2에 제시된 바와 같다. Sprague Dawley계 흰쥐에 있어서 분속 25 m/min의 운동속도는 최대산소섭취량의 70%에 해당하는 중강도 운동(moderate exercise intensity)에 해당된다⁽¹³⁾.

Table 2. Exercise protocol for rats

Duration(week)	Intensity(m/min)	Time(min)
1	15	20
2	20	30
3	25	40
4	25	60

3. 탈진시까지의 지구력운동 수행능력 실험

운동훈련 실시 28일째 되던 날 지구력운동 수행능력을 평가하기 위하여 12 m/min에서 3분간 운동을 시작하게 한 후, 매 3분마다 3 m/min의 속도로 운동강도를 증가시켜 나가면서 최종 30 m/min의 속도에서 탈진 시까지의 운동 지속시간을 측정하였다. '탈진상태(all-out)'는 흰쥐가 주행 중에 트레드밀의 후미 부분으로 처진 상태에서 10초 이상 달릴 수 없는 시점으로 판정하였다.

4. 시료의 채취 및 혈중 피로요소의 분석

최종 운동부하실험을 수행시키기 30분전 사료통을 사육장에서 제거하였으며, 운동부하실험을 실시하여 탈진된 상태에서 실험동물을 희생시켰다. 복부대정맥을 통하여 혈액을 채취하였으며, 2,000×g에서 10분간 원심분리 후 혈청을 분리하여 -80℃에 보관하였다. 하지 골격근 중에서 지근에 해당되는 가자미근(soleus muscle), 그리고 지근과 속근을 모두 포함하는 비복근(gastrocnemius muscle)을 각기 적출하였으며, 액체질소를 이용하여 급속 동결시킨 후 글리코젠 농도와 효소 활성 분석을 위해 -80℃에 보관하였다.

혈청 creatine kinase(BSC Auto CPK kit, Bio Clinical System Corporation, Korea) 활성, 혈청 암모니아(Ammonia test wako, Wako, Japan), 젖산(Sigma Chemical Co.) 및 무기인산농도(BCS inorganic phosphate kit, Bio Clinical System Corporation, Korea)는 상업용 kit를 이용하여 분석하였다.

5. 근육의 글리코겐 농도 측정

근육 내 글리코겐 농도는 비복근을 이용하여 Anthrone법⁽¹⁴⁾에 의하여 측정하였다. 30% KOH 용액에 근육을 넣어 용해시키고 100℃의 끓는물 속에서 20분간 중탕 후, 실온에서 20분간 방치하였다. 여기에 95% 에탄올을 첨가하여 2,000×g에서 10분간 원심분리하였다. 침전물을 증류수로 세척한 후, 증류수와 anthrone 시약을 넣고 비등수에서 20분간 반응시켰다. 표준 포도당용액을 이용하여 620 nm에서 비색정량을 실시하고, 글리코겐 농도를 산출하였다.

6. 근육의 효소활성 측정

근육의 LDH 활성은 Pesce 등⁽¹⁵⁾의 방법을 수정하여 측정하였다. 100 mM KHPO₄ 완충용액에 비복근을 넣고 polytron homogenizer를 이용하여 균질화하였다. 100 mM KHPO₄ 0.84 ml, 3.3 mM Na·pyruvate 0.1 ml, 근육효소액 0.02 ml를 섞은 후에 3.6 mM DPNH 0.04 ml를 넣어 반응시키고, 30℃, 340 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였으며, 효소 활성은 $\mu\text{mol/g tissue/min}$ 로 나타내었다.

근육의 CS 활성은 Srere⁽⁶⁾의 방법을 수정하여 가자미근에서 측정하였다. 100 mM KHPO₄ 완충용액에 근육을 넣고 polytron homogenizer를 이용하여 균질화한 후 미토콘드리아막을 파괴하기 위하여 동결 용해를 3회 반복하여 시료로 이용하였다. 효소 활성을 측정하기 위해 0.1 M KHPO₄ 0.6 ml, 3 mM acetyl CoA 0.1 ml, 1 mM DTNE 0.1 ml, 근육 효소액 0.1 ml를 각기 혼합한 후, 30℃, 340 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였으며, 여기에 다시 5 mM oxaloacetate 0.1 ml를 반응시켜 흡광도의 변화를 측정하였다. 효소 활성은 $\mu\text{mol} \cdot \text{g tissue}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 로 나타내었다.

7. 혈중 지질농도 측정

혈청 총콜레스테롤(영동 BC 108-E), HDL-콜레스테롤(영동 A 308-HDL) 및 중성지방 농도(영동 BC 118)는 상업용 kit를 이용하여 분석하였다. 혈청의 LDL+VLDL 콜레스테롤 농도는 총콜레스테롤 농도에서 HDL 콜레스테롤 농도를 감하여 산출하였다.

8. 통계처리

모든 데이터는 SPSS 11.0 프로그램을 이용하여 Mean±SEM으로 나타내었다. 비운동대조군(SC)과 운동대조군(EC), 또는 EC군과 각 식물체추출물 급여군 간의 평균값의 차이는 independent samples t-test를 이용하여 $p < 0.05$ 또는 $p < 0.01$ 수준에서 유의성을 검증하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 체중증가량 및 근육무게

실험 사육기간동안 측정된 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율 결과는 Table 3에 제시된 바와 같다. 운동대조군(EC)의 식이섭취량은 비운동대조군(SC)에 비해 유의적으로 더 낮았으며($p < 0.01$), 홍삼군(EH)과 영지버섯군(EY)을 제외한 다른 기능성소재 섭취군의 식이섭취량은 EC군에 비해서 유의적으로 낮았다($p < 0.01$). 영지버섯군(EY)의 식이섭취량은 28.7 ± 0.6 g/day로 다른 군에 비해 가장 높았으며, 홍삼군(EH)의 식이섭취량은 운동대조군(EC)과 유의적인 차이가 없었다($p > 0.05$).

운동대조군(EC)의 누적체중증가량은 비운동대조군(SC)에 비해 유의적으로 낮았으며($p < 0.01$), 본 실험에 이용된 기능성식품소재 섭취군의 누적체중증가량은 운동대조군(EC)에 비해 유의적 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$). 운동대조군(EC)의 식이효율은 비운동대조군(SC)에 비해서 유의적으로 낮았고($p < 0.05$), 다양한 종류의 기능성식품소재 섭취군과 운동대조군(EC)간의 식이효율에는 유의적 차이가 관찰되지 않았다($p > 0.05$).

Table 3. Food intake, body weight gain and food efficiency ratio of rats fed experimental diets for 4 weeks

Group ¹⁾	Food intake	Body weight gain	FER ²⁾
	(g/day)	(g/4 weeks)	
SC	24.7±0.4	97.8±3.6	0.14±0.01
EC	20.8±0.1 ⁺⁺	64.1±6.0 ⁺⁺	0.11±0.01 ⁺
EM	19.5±0.3 ^{**}	55.9±0.5	0.10±0.01
ES	21.8±0.0 ^{**}	76.8±0.9	0.13±0.01
EY	28.7±0.6 ^{**}	68.6±0.9	0.09±0.01
EI	19.8±0.1 ^{**}	73.2±7.3	0.13±0.01
EJ	18.3±0.7 ^{**}	45.1±1.1	0.09±0.02
EH	21.9±0.4	63.1±1.1	0.10±0.01

Values are Mean±SEM of 6 rats.

+, ++ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at *p<0.05 and ++p<0.01, respectively.

** Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at **p<0.01.

¹⁾SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EM: Exercised *Cordyceps militaris* supplemented group, ES: Exercised *Phellinus linteus* supplemented group, EY: Exercised *Ganoderma lucidum* supplemented group, EI: Exercised *Grifola frondosa* supplemented group, EJ: Exercised *Paecilomyces japonica* supplemented group, EH: Exercised *Panax red ginseng* supplemented group.

²⁾FER(Food efficiency ratio)=Body weight gain for experimental period (g/day) / Food intake for experimental period (g/day)

운동수행능력 평가 직후 탈진상태에서 흰쥐의 비복근(gastrocnemius)과 가자미근(soleus)을 적출하여 무게를 측정된 결과는 Table 4에 제시된 바와 같다. 체중 당 비복근의 무게는 운동대조군(EC)에서 비운동대조군(SC)에 비해 유의적으로 더 높았으며($p < 0.01$), 이는 운동훈련을 받은 흰쥐에서 대조군에 비해 비복근의 무게가 증가한다는 선행연구결과⁽¹⁶⁾와도 일치하는 것이다. 홍삼군(EH)을 제외한 기타 기능성식품소재 섭취군의 경우 체중 당 비복근의 무게가 운동대조군(EC)에 비해서 유의적으로 감소하였다($p < 0.01$). EC군의 비복근 무게가 SC군에 비해 증가한 것은 4주간의 운동훈련에 의한 것으로 생각되며, 기능성식품소재 섭취군의 비복근 무게가 EC군의 비복근 무게에 비해 감소한 것은 운동수행시간이 더 연장됨에 따라 근육 무게에 손실이 생긴 것으로 풀이된다. 그러나 홍삼군의 경우 탈진 시까지의 주행시간이 EC군에 비해 훨씬 더 길었음에도 불구하고 근육 무게가 EC군에 비해 유의적으로 감소하지 않았는데, 이는 4주간의 운동훈련효과와 홍삼의 효과가 복합적으로 작용하였기 때문으로 생각된다. 즉, 홍삼 섭취는 운동부하에 따른 근육 중량의 손실을 최소화하는 효과가 있으며, 이는 홍삼섭취군에서 근육 글리코겐의 손실이 적게 나타난 결과(Table 5)와도 관련이 있을 것으로 생각된다. 한편, 체중 당 가자미근의 무게는 각 군간에 유의적인 차이가 없었다($p > 0.05$).

Table 4. Gastrocnemius and soleus muscle weights of rats

Group ¹⁾	Gastrocnemius	Soleus
	g/kg BW	
SC	6.53 ± 0.15	0.38 ± 0.02
EC	7.36 ± 0.12 ⁺⁺	0.38 ± 0.01
EM	6.72 ± 0.11 ^{**}	0.38 ± 0.02
ES	6.73 ± 0.18 [*]	0.38 ± 0.01
EY	6.69 ± 0.12 ^{**}	0.39 ± 0.01
EI	6.78 ± 0.10 ^{**}	0.40 ± 0.01
EJ	6.83 ± 0.08 ^{**}	0.39 ± 0.01
EH	7.06 ± 0.13	0.39 ± 0.02

Values are Mean±SEM of 6 rats.

++ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at ⁺⁺p<0.01.

*, ** Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at ^{*}p<0.05 and ^{**}p<0.01, respectively.

¹⁾SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EM: Exercised *Cordyceps militaris* supplemented group, ES: Exercised *Phellinus linteus* supplemented group, EY: Exercised *Ganoderma lucidum* supplemented group, EI: Exercised *Grifola frondosa* supplemented group, EJ: Exercised *Paecilomyces japonica* supplemented group, EH: Exercised *Panax red ginseng* supplemented group.

2. 지구력운동 수행능력 평가

4주간 지구력운동 훈련을 받은 흰쥐를 대상으로 트레드밀에서 탈진 시까지의 운동지속시간을 측정한 결과가 Fig. 3에 제시되어 있다. 탈진 시까지의 주행시간은 비운동대조군(SC)에서 27 ± 2 분으로 나타나 다른 군에 비해 가장 짧았으며, 운동대조군(EC)의 경우 83 ± 7 분으로 SC군에 비해 66분 더 길게 나타났다($p < 0.01$). 한편, 기능성식품소재 섭취군의 주행시간은 밀리타리스군(EM)이 77 ± 16 분, 그리고 상황버섯군(ES)의 경우 79 ± 8 분으로 나타나 EC군과 유의적인 차이가 없는 한편($p > 0.05$), 영지버섯군(EY), 잎새버섯군(EI) 및 자포니카군(EJ)의 경우 각각 108 ± 4 분, 115 ± 12 분 및 135 ± 16 분으로 나타나 EC군에 비해서 유의적으로 더 오래 달렸다($p < 0.05$). 가장 오랜시간 운동을 지속했던 홍삼군(EH)의 탈진 시까지의 주행시간은 150 ± 16 분으로 나타나, EC군에 비해서 무려 67분 더 오래 달렸다($p < 0.01$).

이는 영지버섯, 잎새버섯, 자포니카 및 홍삼의 섭취가 운동수행능력을 향상시키는 효과가 있음을 제시하는 결과로 생각되며, 특히 홍삼 첨가식이의 경우는 운동수행능력 향상에 가장 긍정적인 영향을 미친 것으로 여겨진다.

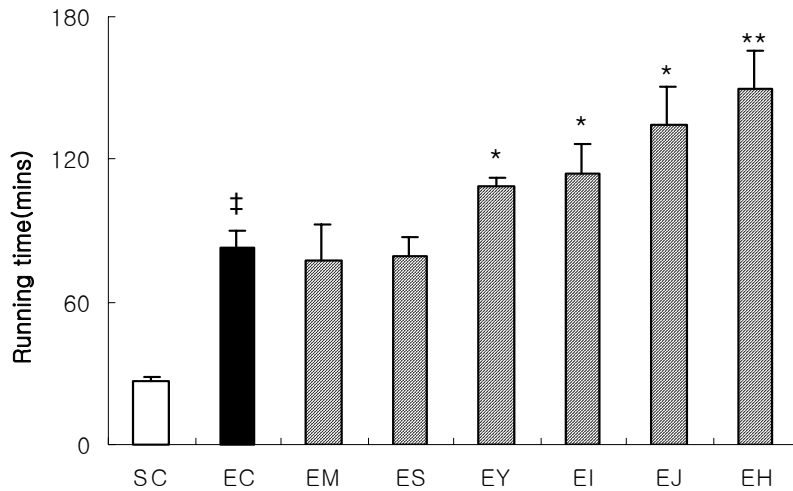


Fig. 1. Running time of rats fed control or red ginseng or some medicinal mushrooms supplemented diets.

++ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at $^{++}p < 0.01$.

*, ** Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at $^{*}p < 0.05$ and $^{**}p < 0.01$, respectively.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EM:** Exercised *Cordyceps Militaris* supplemented group, **ES:** Exercised *Phellinus linteus* supplemented group, **EY:** Exercised *Ganoderma lucidum* supplemented group, **EI:** Exercised *Grifola frondosa* supplemented group, **EJ:** Exercised *Paecilomyces japonica* supplemented group, **EH:** Exercised *Panax red ginseng* supplemented group

3. 혈청 creatine kinase 활성

Creatine kinase는 운동 중인 무산소 상태의 근육세포에서 ADP와 phosphocreatine으로부터 ATP를 합성하는 반응을 촉매하는 효소이다⁽¹⁷⁻¹⁸⁾. 본 실험에서 흰쥐를 대상으로 규칙적인 유산소성 지구력 운동훈련을 지속한 결과, 운동대조군(EC)의 혈청 CK 활성이 비운동대조군(SC; 54.4±8.2 IU/L)에 비해 감소하는 경향을 보였으나 유의성은 관찰되지 않았으며($p>0.05$), 기능성식품소재 섭취에 따른 차이도 관찰되지 않았다(Fig. 2).

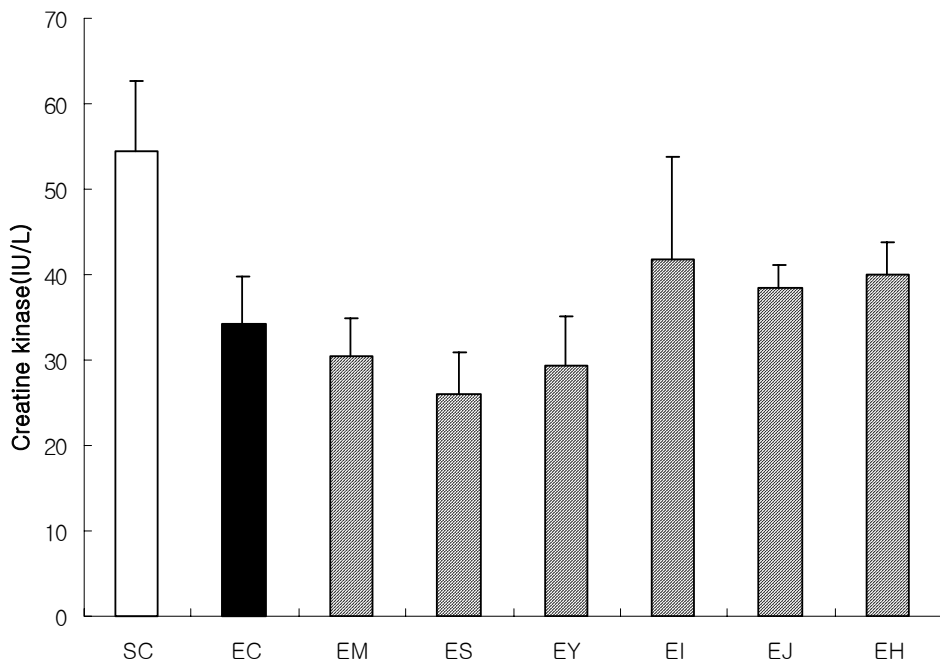


Fig. 2. Activity of serum creatine kinase of rats fed control or red ginseng or some medicinal mushrooms supplemented diets.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EM:** Exercised *Cordyceps Militaris* supplemented group, **ES:** Exercised *Phellinus linteus* supplemented group, **EY:** Exercised *Ganoderma lucidum* supplemented group, **EI:** Exercised *Grifola frondosa* supplemented group, **EJ:** Exercised *Paecilomyces japonica* supplemented group, **EH:** Exercised *Panax red ginseng* supplemented group.

4. 혈청 암모니아 농도

운동 시 아미노산의 분해 결과 생성된 암모니아가 피로요소로 인정받는 부분은 중추적 작용과 말초적 작용으로 구분된다. 암모니아의 중추적 피로작용 기전은 운동 시 갑자기 증가되는 암모니아 자체가 독성을 나타내 혼수상태, 경련, 운동실조 등을 일으킨다는 것이다⁽¹⁹⁾. 한편 암모니아의 말초적 피로요소 기전을 살펴보면, 근육세포 내에 축적된 암모니아가 근육의 통증감지와 관련이 있는 구심성 신경을 자극하고⁽²⁰⁾, TCA cycle 및 당신생작용을 저해하며, 젖산생성을 초래함으로써 근육의 피로를 유발시킨다는 이론이다⁽²¹⁾.

본 실험에서 EC군의 혈중 암모니아 농도는 $114 \pm 25 \mu\text{g/dL}$ 로 SC군($95 \pm 17 \mu\text{g/dL}$)에 비해 증가하는 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 아니었다($p > 0.05$). 밀리타리스군(EM) 및 잎새버섯군(EI)의 혈중 암모니아 농도 역시 각각 $486 \pm 108 \mu\text{g/dL}$ 와 $430 \pm 97 \mu\text{g/dL}$ 로 운동대조군(EC)에 비해서 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$) (Fig. 5). 아울러 상황버섯군(ES), 자포니카군(EJ), 홍삼군(EH)의 혈중 암모니아 농도 역시 각각 $599 \pm 110 \mu\text{g/dL}$, $644 \pm 38 \mu\text{g/dL}$, $738 \pm 111 \mu\text{g/dL}$ 로 운동대조군(EC)에 비해서 유의적으로 더 높았다($p < 0.01$). 이와 같은 결과는 탈진 시까지 장시간의 운동수행으로 인해 혈중 피로물질이 축적되었음을 시사한다. 여기서 괄목할 만한 것은 다른 기능성식품소재와는 달리 영지버섯군(EY)의 경우 EC군과 비교 시 탈진 시까지의 운동 지속시간이 25분 이상 더 길었음에도 불구하고 혈중 암모니아 농도는 $166 \pm 42 \mu\text{g/dL}$ 로 운동대조군(EC)군과 유의적인 차이가 없었다는 점인데($p > 0.05$), 이와 같은 결과는 영지버섯이 운동수행 중 피로물질의 축적을 저해시키는 효과가 탁월하여 피로회복에 긍정적인 영향을 미친 것으로 해석된다.

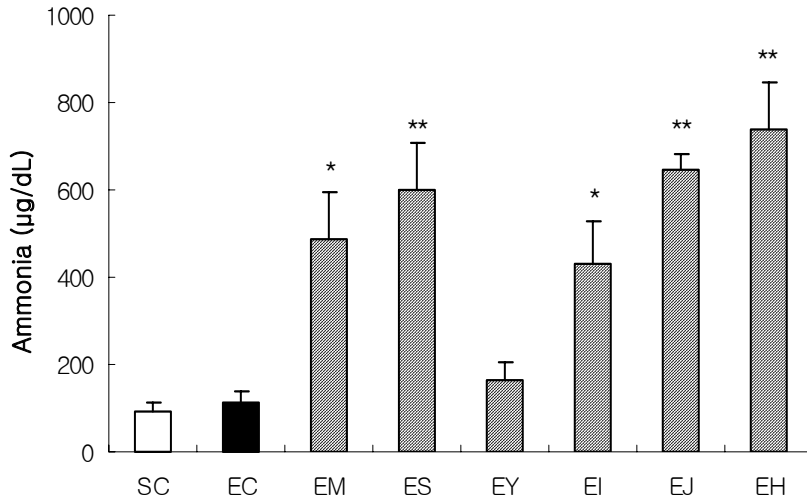


Fig. 3. Serum ammonia concentration of rats fed control or red ginseng or some medicinal mushrooms supplemented diets.

*, ** Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at * $p < 0.05$ and ** $p < 0.01$, respectively.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EM:** Exercised *Cordyceps Militaris* supplemented group, **ES:** Exercised *Phellinus linteus* supplemented group, **EY:** Exercised *Ganoderma lucidum* supplemented group, **EI:** Exercised *Grifola frondosa* supplemented group, **EJ:** Exercised *Paecilomyces japonica* supplemented group, **EH:** Exercised *Panax red ginseng* supplemented group.

5. 혈청 젖산 농도

젖산은 무산소운동 중에 근세포질에 축적되는 피로물질의 일종이다. 운동으로 인해 젖산이 축적되면 체내 산성화가 초래되어 운동 중 당질대사에 관여하는 phosphorylase 활성이 저해되고, 결과적으로 무산소 상태에서 운동에너지의 급원이 되는 glucose 신생이 억제된다⁽²²⁾. 본 실험에서 EC군의 젖산농도는 41.2 ± 0.5 mg/dL로 나타나 SC군(43.9 ± 1.7)에 비해서 낮은 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 없었다($p > 0.05$) (Fig. 6). 홍삼군(EH)을 제외한 다른 기능성소재 섭취군의 젖산농도는 EC군에 비해서 높은 경향을 나타냈는데, 이는 이들 식품소재 섭취군에서 탈진 시까지의 운동지속시간이 EC군에 비해 더 길었기 때문으로 풀이된다. EY군의 젖산농도는 55.8 ± 9.3 mg/dL로 나타나 EC군에 비해 유의적으로 높았고($p < 0.05$), EJ군의 혈청 젖산농도 역시 68.4 ± 7.3 mg/dL으로 EC군에 비해 유의적으로 더 높은 값을 보였다($p < 0.01$). 이에 반해, 홍삼군의 경우 다른 기능성소재 섭취군에 비해 운동지속시간(150 ± 16 분)이 가장 길었음에도 불구하고(Fig. 3) 혈청 젖산농도가 운동대조군(EC)에 비해 오히려 더 낮은 경향을 보였는데($p > 0.05$), 이는 홍삼이 운동수행 중의 젖산축적을 억제하는 효과가 탁월하기 때문인 것으로 추측된다.

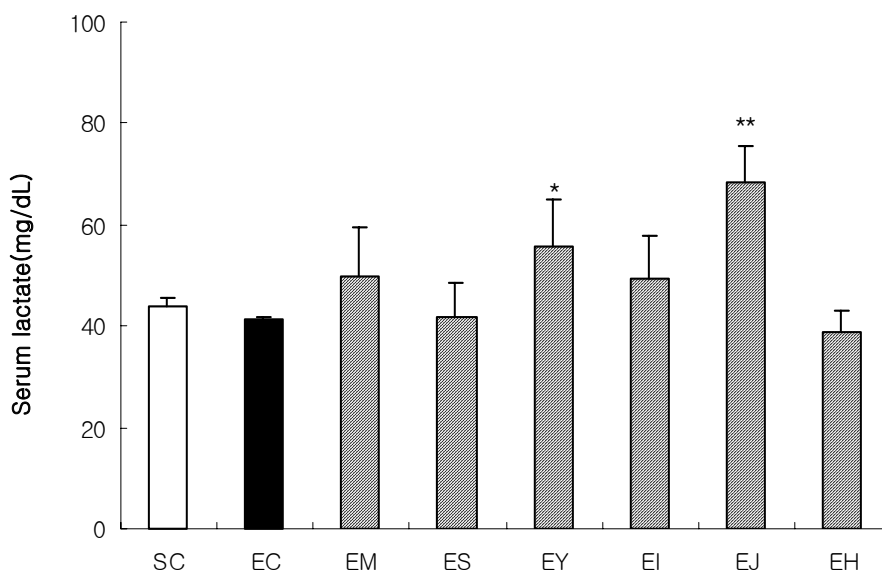


Fig. 6. Serum lactate concentration of rats fed control or red ginseng or some medicinal mushrooms supplemented diets.

*, ** Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at * $p < 0.05$ and ** $p < 0.01$, respectively.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EM:** Exercised *Cordyceps Militaris* supplemented group, **ES:** Exercised *Phellinus linteus* supplemented group, **EY:** Exercised *Ganoderma lucidum* supplemented group, **EI:** Exercised *Grifola frondosa* supplemented group, **EJ:** Exercised *Paecilomyces japonica* supplemented group, **EH:** Exercised *Panax red ginseng* supplemented group.

6. 근육의 글리코겐 농도 및 효소 활성

탈진 시까지 주행운동을 수행한 직후 희생시킨 흰쥐로부터 적출한 근육을 대상으로 글리코겐 농도 및 효소활성을 측정된 결과는 Table 7에 제시된 바와 같다. 비복근으로부터 글리코겐 농도 및 lactate dehydrogenase(LDH) 활성을 측정하였으며, citrate synthase(CS) 활성은 가자미근에서 측정하였다. EC군의 근육 글리코겐 농도는 14.5 ± 1.9 mg/g tissue로 SC군(30.2 ± 4.0 mg/g tissue)에 비해 유의적으로 더 낮았다($p < 0.01$). 본 실험에서는 탈진 상태까지 운동을 수행한 직후 실험동물을 희생시켰으므로 운동지속시간이 근육의 글리코겐 함량에 영향을 미쳤을 것으로 추측된다. 운동 후 근육 글리코겐의 저장상태는 탈진 시까지의 운동 시간에 영향을 받는다는 최근 연구결과에서도 이와 같은 가설을 뒷받침해 준다⁽²³⁾. 즉, EC군의 경우는 운동수행시간의 증가로 인해 근육 글리코겐의 소모가 많았을 것으로 생각되며, 운동수행시간이 상대적으로 짧은 SC군의 경우 근육 글리코겐의 고갈이 최소화되었을 것으로 판단된다. EH군을 제외한 다른 기능성식품 소재 섭취군의 근육 글리코겐 농도는 EC군과 비교시 유의적인 차이가 없었으며 ($p > 0.05$), EH군의 근육 글리코겐 농도는 22.4 ± 2.5 mg/g tissue로 EC군에 비해서 54% 유의적으로 더 높았다($p < 0.05$). 이와 같은 결과는 운동 후 홍삼 섭취가 근육의 글리코겐 농도를 높여준다는 흰쥐를 대상으로 한 선행연구 결과와도 일치하는 것이다⁽²⁴⁾.

운동수행능력 평가 후 탈진 상태에서 적출된 가자미근에서 측정된 citrate synthase 활성은 EC군의 경우 17.1 ± 1.6 $\mu\text{mol/g tissue/min}$ 으로 나타나 SC군 (14.7 ± 1.1)에 비해 더 높은 경향을 보였고($p > 0.05$), 이는 선행연구 결과⁽²⁵⁾와 일치하고 있다. 또한 EI군 및 ES군의 citrate synthase 활성 역시 EC군에 비해 더 높은 경향을 보였으나, 통계적 유의성은 관찰되지 않았다($p > 0.05$). 충분한 산소 공급이 이루어지는 상태에서 운동을 수행할 경우, 당질과 지방은 미토콘드리아내에서 TCA 회로와 전자전달계를 거쳐서 ATP를 형성하게 된다. 따라서, 규칙적인 유산소 운동은 미토콘드리아 내의 에너지대사에 관련된 효소의 활성을 증가시킴으로써 ATP 형성을 효율적으로 수행할 수 있도록 도와준다. Citrate synthase는 TCA(tricarboxylic acid) 회로의 첫 단계에서 citrate를 합성하는 과정을 촉매하는 효소로서 일반적으로 유산소성 운동에 의하여 증가하는 것으로 알려져 있다⁽²⁶⁾.

운동 중에 무산소성 대사가 활발히 이루어지게 되면 lactate dehydrogenase 활성이 증가하게 된다⁽²⁷⁾. 즉, 글리코겐 또는 글루코스가 분해되어 ATP를 형성하는 과정에서 세포 내에 산소가 충분히 공급되지 못하면, 무산소성 에너지 대사가 진행되어 근세포질에 젖산이 축적되고 LDH 활성이 증가하게 된다. 본 실험에서 비복근의 LDH 활성을 측정한 결과, 각 군간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다 ($p>0.05$). 따라서 흰쥐에서 분속 25 m, 주 5회의 빈도로 4주간 실시한 지구성 운동 트레이닝은 근육의 LDH 효소 활성에는 유의한 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 아울러 각 식품소재 첨가에 따른 LDH 활성의 유의한 차이 역시 관찰되지 않았다($p>0.05$).

Table 5. Glycogen concentration and activities of citrate synthase and lactate dehydrogenase in the skeletal muscle of rat

Group ¹⁾	Glycogen (mg/g tissue)	CS	LDH
		μmol/g tissue/min	
SC	30.2±4.0	14.7±1.1	18.4±1.2
EC	14.5±1.9 ⁺⁺	17.1±1.6	18.1±1.3
EM	11.5±0.7	16.0±1.5	17.8±2.3
ES	14.7±1.4	18.5±1.2	17.4±1.7
EY	12.7±0.9	17.1±1.1	18.2±1.5
EI	12.1±0.4	21.4±1.5	16.7±1.6
EJ	16.2±2.2	16.6±1.4	17.6±1.2
EH	22.4±2.5*	17.8±1.1	17.6±1.5

Values are Mean±SEM of 6 rats.

++ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at ⁺⁺p<0.01.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at *p<0.05.

¹⁾SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EM: Exercised *Cordyceps militaris* supplemented group, ES: Exercised *Phellinus linteus* supplemented group, EY: Exercised *Ganoderma lucidum* supplemented group, EI: Exercised *Grifola frondosa* supplemented group, EJ: Exercised *Paecilomyces japonica* supplemented group, EH: Exercised *Panax red ginseng* supplemented group.

8. 혈중 지질 농도

지구력 운동수행능력 평가 후 탈진된 상태에서 채취한 혈청 중성지방 농도, 혈청 총콜레스테롤 농도 및 혈청 HDL 콜레스테롤 농도가 Table 6에 나타나 있다. EC군의 혈청 중성지방 농도는 88.7 ± 10.4 mg/dL로 나타나 SC군(126.5 ± 7.3 mg/dL)에 비해 30% 정도 유의적으로 감소하였으며($p < 0.01$), 기능성식품소재 섭취군의 혈청 중성지방 농도는 EC군과 유의적 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$). EC군의 혈청 총콜레스테롤 농도는 122.8 ± 3.2 mg/dL로 나타나 SC군(147 ± 4.9)에 비하여 20% 정도 더 낮았다($p < 0.01$). 또한 EI군의 혈청 총콜레스테롤 농도는 101 ± 5.6 mg/dL로 나타나 EC군에 비해 21% 정도 유의적으로 더 낮았다($p < 0.01$). 다른 기능성소재 섭취군은 EC군과 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$). EC군(53.9 ± 3.8)의 혈청 HDL-콜레스테롤 농도는 SC군(55.7 ± 4.9)에 비해 유의적인 차이가 없었으며($p > 0.05$), 기능성식품소재 섭취군의 혈청 HDL-콜레스테롤 농도 역시 EC군에 비해 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$). EC군의 혈청 LDL+VLDL-콜레스테롤 농도는 69.0 ± 3.5 mg/dL로 나타나 SC군(91.5 ± 5.2 mg/dL)에 비해 25% 정도 유의적으로 더 낮았다($p < 0.01$). 또한 EI군의 혈청 HDL-콜레스테롤 농도는 45.4 ± 6.4 mg/dL로 나타나 EC군에 비해 34% 정도 유의적으로 더 낮았으며($p < 0.01$), 다른 기능성소재 섭취군의 혈청 HDL-콜레스테롤 농도는 EC군과 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$).

이상의 혈중 지질농도 결과를 종합해보면, EC군의 혈청 중성지방($p < 0.05$), 총콜레스테롤 및 LDL+VLDL-콜레스테롤 농도는 SC군에 비해서 각각 30%, 20% 및 25% 유의적으로 감소하였다($p < 0.01$). 특히, 주목할만한 것은 EI군의 혈청 총콜레스테롤 및 LDL+VLDL-콜레스테롤 농도가 EC군에 비해서 21% 및 34%로 유의적으로 감소되었다는 점이다($p < 0.01$). 따라서 본 실험에서 이용된 다양한 기능성 식품소재 가운데 잎새버섯(*Grifola frondosa*)은 혈중 콜레스테롤 저하효과가 가장 높은 것으로 나타났다.

Table 6. Serum lipid concentrations of rats

Group ¹⁾	TG	Total-C	HDL-C	(LDL+VLDL)-C
	mg/dL			
SC	126.5±7.3	147.2±4.9	55.7±4.9	91.5±5.2
EC	88.7±10.4 ⁺	122.9±3.2 ⁺⁺	53.9±3.8	69.0±3.5 ⁺⁺
EM	108.2±10.6	129.5±2.3	51.8±2.6	77.7±3.5
ES	119.8±11.9	125.5±6.4	69.0±6.4	56.4±7.7
EY	93.9±6.3	125.1±7.9	66.4±7.4	58.7±11.1
EI	116.8±9.9	101.1±5.6 ^{**}	55.6±1.8	45.4±6.4 ^{**}
EJ	79.2±9.7	107.5±8.5	54.3±1.5	53.2±7.7
EH	108.7±5.9	118.5±6.9	59.9±4.9	58.6±5.3

Values are Mean±SEM of 6 rats.

+, ++ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at ⁺p<0.05 and ⁺⁺p<0.01, respectively.

** Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at ^{**}p<0.01.

¹⁾SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EM: Exercised *Cordyceps militaris* supplemented group, ES: Exercised *Phellinus linteus* supplemented group, EY: Exercised *Ganoderma lucidum* supplemented group, EI: Exercised *Grifola frondosa* supplemented group, EJ: Exercised *Paecilomyces japonica* supplemented group, EH: Exercised *Panax red ginseng* supplemented group.

제4절 참고문헌

1. 임기원, 최성근. 글루코스 섭취가 장시간의 지구성 운동시 에너지 대사 및 운동수행능력에 미치는 영향. 한국체육교육학회지. 38(3): 592-602 (1999)
2. 김성수, 이재현, 오봉석, 신말순, 김영표, 이삼준, 권순욱, 오창석. 홍삼 및 홍삼·마늘 투여가 지구성 운동 후 피로회복에 미치는 영향. 한국체육학회 34회 발표논문집. (1996)
3. Baranov, AI. Medicinal use of ginseng and related plants in the Soviet Union: recent trends in the Soviet literature. J. Ethnopharm. 6(3): 339-353 (1982)
4. Asano, K., Takahashi, T., Kugo, H. and Kuboyama, M. Effects of *Eleutherococcus senticosus* Maxim on physical performance and resources in maximal and submaximal work. In: New Data on *Eleutherococcus* M. Vladivostock: Far East Science Center, USSR Academy of science, pp. 229-239 (1986)
5. Carr, C.J. Natural plants products that enhance performance and endurance. In: Enhancers of performance and Endurance, C.J. Carr and E. Jokl(Eds.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 139-192 (1986)
6. Srere, P.A. Citrate synthase. Methods in Enzymology. 13: 3-11 (1969)
7. 한대석, 송효남, 김상희. 새로운 기능성식품 소재: 동충하초. 식품과학과 산업. 32(3): 56-63 (1999)
8. Koh, J.B. and Choi, M.A. Effect of *Cordyceps militaris* in lipid metabolism in rats fed cholesterol diets. Korean. J. Nutrition. 34(3): 265-270 (2001)
9. Shin, K. H. Screening and evaluation of pharmacologically active principles from cultivated fungus of *Cordyceps* sp. growing on the silkworm, *Bombyxmori* L. in The Final Report of the Collaborative Research of National Sericulture and Entomology Research Institute, Rural Development Administration. pp. 69-171 (1998)
10. 이준우, 방광웅. 상항버섯의 생리활성. 식품산업과 영양. 6(1): 25-33 (2001)

11. 최현선, 박찬정, 서형주, 성하진, 양한철. 잎새버섯으로부터의 항고혈압 활성. 한국식품과학회 96년 학술발표. (1996)
12. 김병각. 영지의 효능. 생약학회지, 18(1): 58-61 (1987)
13. Dudley, G.A., William, M.A. and Ronald, L.T. Influence of exercise intensity and duration on biochemical adaptation in skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise. Physiol.* 53: 844-850 (1982)
14. Chun, Y. and Yin, Z.D. Glycogen assay for diagnosis of female genital chlamydia trachomatis infection. *J. Clin. Microbiol.* 36(4): 1081-1082 (1998)
15. Pesce, A. and Mckay, R.H. Stolzenbach, F., Ccahn, R.D. and Kaplan, N.O. Comparative enzymology of LDH. *J. Biol. Chem.* 239: 1753-1761 (1964)
16. 오학수. 웨이트 트레이닝 모델에 의한 운동부하가 흰쥐의 가자미근과 장단지근의 핵소체 형성부위 활성화에 미치는 효과. 한국체육학회지. 33(3): 409-417 (1994)
17. Haas, R.C. and Strauss, A.W. Separate nuclear genes encode sarcomere-specific and ubiquitous human mitochondrial creatine kinase isoenzymes. *J. Biol. Chem.* 265: 6921-6927 (1990)
18. Wallimann, T., Wyss, M., Brdiczka, D., Nicolay, K. and Eppenberger, H.K. Intracellular compartmentation, structure and function of creatine kinase isoenzymes in tissues with high and fluctuating energy demands: the phosphocreatine circuit for cellular energy homeostasis. *Biochem. J.* 281: 21-40 (1992)
19. Banister, E.W. and Cameron, B.J.C. Exercise-induced hyperammonia: peripheral and central effects. *Int. J. Sports. Med.* 11.(Suppl 2): S129-S142 (1990)
20. Mitchell, J.H. Neural control of the circulation during exercise. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 22: 141-154 (1990)
21. Koyuncuoclu, H., Keyer, M., Simsek, S. and Sagduyu, H. Ammonia intoxication: change of brain level of putative neurotransmitter and related compounds and its relevance to hepatic coma. *Pharmacol. Res. Commun.*

- 10: 787-807 (1978)
22. MacLaren, D.P.M., Gibson, H., Parry-Billings, M. and Edward, R.H.T. Exercise and sport science review: A review of metabolism and physiological factors in fatigue. Vol. 7: 29-66 (1989)
 23. Meneguello, M. O., Mendoca, J. R., Lancha Jr, A. H. and Costa Rosa, L. F. B. P. Effect of arginine, ornithine and citrulline supplementation upon performance and metabolism of trained rats. Cell. Biochem. Funct. 21: 85-91 (2003)
 24. Wang, L.C. and Lee, T.F. Effect of ginseng sapopnin on exercise performance in nontrained rats. Planata. Med. 64(2): 130-133 (1998)
 25. Ferrando, A., Vila, L., Voces, J.A., Cabral, A.C., Alvarez, A.I. and Prieto, J.G. Effects of ginseng extract on various haematological parameters during aerobic exercise in the rats. Planta. Med. 65: 288-290 (1999)
 26. Howlett, R.A., Gonzalez, N.C., Wagner, H.E., Fu, Z., Britton, S.L., Koch L.G. and Wagner, P.D. Skeletal muscle capillarity and enzyme activity in rats selectively bred for running endurance. J. Appl. Physiol. 94(4): 1682-1688 (2002)
 27. Messonnier, L., Freund, H., Feasson, L., Prieur, F., Castells, J., Denis, C., Linossier, M.T., Geysant, A. and Lacou,r J.R. Blood lactate exchange and removal abilitites after relative high-intensity exercise: effects of training in normoxia and hypoxia. Eur. J. Appl. Physiol. 84(5): 403-412 (2001)

제8장 스쿠알렌, 중쇄지방, 옥타코사놀의 지구력 운동 수행능력 향상효과 및 작용기작 규명

제1절 서론

운동수행능력은 신체의 저장된 에너지 전달력과 보유량, 회복능력 및 영양상태에 의해 좌우될 수 있다⁽¹⁾. 즉, 운동선수들에게 있어 적절한 영양분의 섭취는 선수들의 건강유지 및 운동수행 시 에너지 동원의 중요한 요소로 작용하게 된다. 이러한 이유로 운동선수 및 코치들은 ergogenic aids의 사용에 따른 운동수행능력 증진에 많은 관심을 가지고 있다⁽²⁾.

본 연구에 사용한 식품소재는 스쿠알렌, 중쇄지방(medium-chain triglyceride), 옥타코사놀로서 스쿠알렌은 (주)세모의 제품을 구매하였으며, 옥타코사놀은 성균바이오텍이, 중쇄지방은 (주)웰가에서 제공한 것을 사용하였다. 소맥배아 등 각종 곡물의 배아 또는 과일 껍질에 함유되어 있는 옥타코사놀은 체력 증강 및 스테미너 향상을 위한 식품소재로서 많은 연구가 진행되고 있고⁽³⁾, 현재 미국 및 일본에서는 이를 주원료로 하는 제품들이 수 백 여종에 이른다. 옥타코사놀의 운동수행능력 증진효과에 관한 선행연구 결과들을 살펴보면, 에너지 저장량을 증가시키고, 반응시간을 단축시켜 순발력을 향상시킨다는 보고⁽⁴⁾, 그리고 근육의 지방 이용률을 증가시킨다는 연구보고가 있다⁽⁵⁻⁶⁾. 또한 옥타코사놀의 섭취는 심폐지구력 및 운동지속능력을 향상시키며, 운동 후 회복시간을 단축시켜서 운동 중의 피로감을 감소시킨다는 보고 등⁽³⁾이 있다.

중쇄지방(MCT)은 글리세롤에 6~12개의 탄소골격을 지니는 지방산이 치환되어 있으며⁽⁷⁾, 장쇄지방에 비해 장에서 빠르게 흡수되고, 섭취 시 인슐린 대사에 영향을 미치지 않고 에너지를 생산한다는 특성이 있다⁽⁸⁾. 또한 섭취한 총지방의 1~2%만이 체지방으로 저장됨으로서 체내 지방 축적을 감소시키는 장점을 가지고 있다⁽⁹⁻¹⁰⁾. 쥐에게 같은 칼로리의 MCT를 섭취시킨 결과 LCT(long-chain triglyceride) 섭취군에 비해 체중 증가폭이 감소하였고⁽¹⁰⁾, 체지방축적이 감소되었으며⁽¹¹⁾, 안정시 대사율을 증가시켰다는 연구결과⁽⁹⁾ 등이 보고된 바 있다. 또한

장기간의 MCT 투여는 크렙스회로(Krebs cycle)에 관여하는 효소의 활성을 증가시키므로서 mice의 수영능력을 향상시켰고⁽¹²⁾, 운동수행시간을 현저히 증가시켰음이 보고되었다⁽¹³⁾.

제2절 재료 및 방법

1. 실험식이 및 동물의 사육

본 실험을 위해 생후 6주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐(대한바이오링크 주식회사) 40 마리를 사용하였다. 구입시 체중은 200~210 g이었고, 일반 고형사료로 1주일간 사육실 환경에 적응시킨 후, 다음의 다섯 군으로 임의배치 하였다 (n=8): 비운동대조군(Sedentary control group; SC), 운동대조군(Exercised control group; EC), 옥타코사놀군(Exercised octacosanol supplemented group; EO), 스쿠알렌군(Exercised squalene supplemented group; ES), 중쇄지방군(Exercised medium-chain triglyceride supplemented group; EM).

실험식이의 조성은 Table 1에 제시된 바와 같다. EO군과 ES군의 식이조성은 일반식이에 octacosanol 또는 squalene을 총 식이량의 0.75% 수준으로 첨가하여 제조하였고, 식이의 총 중량은 전분의 양에서 조정하였다. EM식은 대조식이와 동일하되 MCT를 6% 수준으로 보충하고, 식이의 총 중량은 corn oil에서 조정하여 제조하였다.

2. 운동훈련 실시

실험식이를 섭취하는 동안 소동물용 트레드밀(Dual-treadmill, 대종기기)을 이용하여 강제 지구력 운동부하 훈련을 4주간 실시하였다. 지구력 운동훈련을 실시하기 위해 첫 주에는 15 m/min의 속도로 20분간 운동을 실시하였고, 점차로 속도와 시간을 증가시켜 나가는 점증운동부하법을 사용하였으며, 자세한 운동 운동 프로토콜은 Table 2에 제시된 바와 같다. Sprague Dawley계 흰쥐에 있어서 분속 25 m/min의 운동속도는 최대산소섭취량의 70%에 해당하는 중강도 운동(moderate exercise intensity)에 해당된다⁽¹⁴⁾.

Table 1. Composition of experimental diets(g/kg diet)

Ingredients	Experimental diets ¹⁾				
	SC	EC	EO	ES	EM
Corn starch	367.486	367.486	359.986	359.986	367.486
Casein	200	200	200	200	200
Dextrinized cornstarch	132	132	132	132	132
Sucrose	100	100	100	100	100
Corn oil	100	100	100	100	40
Cellulose	50	50	50	50	50
Mineral mix	35	35	35	35	35
Vitamin mix	10	10	10	10	10
L-Cystine	3	3	3	3	3
Choline bitartate	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Tert-butylhydroquinon	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
Octacosanol	-	-	7.5	-	-
Squalene	-	-	-	7.5	-
MCT	-	-	-	-	60

¹⁾**SC**: Sedentary control group, **EC**: Exercised control group, **EO**: Exercised octacosanol supplemented group, **ES**: Exercised squalene supplemented group, **EM**: Exercised MCT supplemented group.

Table 2. Exercise protocol for rats

Duration(week)	Intensity(m/min)	Time(min)
1	15	20
2	20	30
3	25	40
4	25	60

3. 탈진시까지의 지구력운동 수행능력 실험

운동훈련 실시 28일째 되던 날 지구력운동 수행능력을 평가하기 위하여 12 m/min에서 3분간 운동을 시작하게 한 후, 매 3분마다 3 m/min의 속도로 운동강도를 증가시켜 나가면서 최종 30 m/min의 속도에서 탈진 시까지의 운동 지속시간을 측정하였다. ‘탈진상태(all-out)’는 흰쥐가 주행 중에 트레드밀의 후미 부분으로 처진 상태에서 10초 이상 달릴 수 없는 시점으로 판정하였다.

4. 시료의 채취 및 혈중 피로요소의 분석

최종 운동부하실험을 수행시키기 30분 전 사육장에서 사료통을 제거하였으며, 운동부하실험을 실시하여 탈진된 상태에서 실험동물을 희생시켰다. 복부대정맥을 통하여 혈액을 채취하였으며, 2,000×g에서 10분간 원심분리 후 혈청을 분리하여 -80℃에 보관하였다. 하지 골격근 중에서 지근에 해당되는 가자미근(soleus muscle), 그리고 지근과 속근을 모두 포함하는 비복근(gastrocnemius muscle)을 각기 적출하였으며, 액체질소를 이용하여 급속 동결시킨 후 글리코젠 농도와 효소활성 분석을 위해 -80℃에 보관하였다.

혈청 creatine kinase(BSC Auto CPK kit, Bio Clinical System Corporation, Korea) 활성, 혈청 암모니아(Ammonia test wako, Wako, Japan), 젖산(Sigma Chemical Co.) 및 무기인산농도(BCS inorganic phosphate kit, Bio Clinical System Corporation, Korea)는 상업용 kit를 이용하여 분석하였다.

5. 근육의 글리코젠 농도 측정

근육 내 글리코젠 농도는 비복근을 이용하여 Anthrone법⁽¹⁵⁾에 의하여 측정하였다. 30% KOH 용액에 근육을 넣어 용해시키고 100℃의 끓는물 속에서 20분간 증탕 후, 실온에서 20분간 방치하였다. 여기에 95% 에탄올을 첨가하여 2,000×g에서 10분간 원심분리 하였다. 침전물을 증류수로 세척한 후, 증류수와 anthrone 시약을 넣고 비등수에서 20분간 반응시켰다. 표준 포도당용액을 이용하여 620 nm에서 비색정량을 실시하고, 글리코젠 농도를 산출하였다.

6. 근육의 효소활성 측정

근육의 LDH 활성은 Pesce 등⁽¹⁶⁾의 방법을 수정하여 측정하였다. 100 mM KHPO₄ 완충용액에 비복근을 넣고 polytron homogenizer를 이용하여 균질화하였다. 100 mM KHPO₄ 0.84 ml, 3.3 mM Na · pyruvate 0.1 ml, 근육효소액 0.02 ml를 섞은 후에 3.6 mM DPNH 0.04 ml를 넣어 반응시키고, 30°C, 340 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였으며, 효소 활성은 $\mu\text{mol/g tissue/min}$ 로 나타내었다.

근육의 CS 활성은 Srere⁽¹⁷⁾의 방법을 수정하여 가자미근에서 측정하였다. 100 mM KHPO₄ 완충용액에 근육을 넣고 polytron homogenizer를 이용하여 균질화한 후 미토콘드리아막을 파괴하기 위하여 동결 용해를 3회 반복하여 시료로 이용하였다. 효소 활성을 측정하기 위해 0.1 M KHPO₄ 0.6 ml, 3 mM acetyl CoA 0.1 ml, 1 mM DTNE 0.1 ml, 근육 효소액 0.1 ml를 각기 혼합한 후, 30°C, 340 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였으며, 여기에 다시 5 mM oxaloacetate 0.1 ml를 반응시켜 흡광도의 변화를 측정하였다. 효소 활성은 $\mu\text{mol/g tissue/min}$ 로 나타내었다.

7. 통계처리

모든 데이터는 SPSS 11.0 프로그램을 이용하여 Mean \pm SEM으로 나타내었다. 비운동대조군(SC)과 운동대조군(EC), 또는 EC군과 각 식물체추출물 급여군 간의 평균값의 차이는 independent samples t-test를 이용하여 $p < 0.05$ 또는 $p < 0.01$ 수준에서 유의성을 검증하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 체중증가량 및 식이효율

4주간의 실험사육기간동안 측정된 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율 결과는 Table 3에 제시된 바와 같다. 운동대조군(EC)의 식이섭취량은 비운동대조군(SC)에 비해 유의적으로 더 낮았다($p < 0.01$). 옥타코사놀 섭취군(EO)과 스쿠알렌 섭취군(ES)의 경우 식이섭취량이 각각 15.8 ± 3.7 g/day 및 15.7 ± 4.0 g/day로 나타나 EC군에 비해 유의적으로 더 높았으며($p < 0.01$), MCT 섭취군(EM)의 식이섭취량은 운동대조군(EC)과 유의적인 차이가 없었다. 누적체중증가량은 EC군이 SC군에 비하여 더 낮았으나, 유의적인 차이는 아니었다. EO군, ES군 또는 EM군의 누적체중증가량은 EC군과 비교 시 유의한 차이를 나타내지 않았다. 식이효율 역시 모든 실험군에서 유의적인 차이가 관찰되지 않았다.

Table 3. Food intake, body weight gain and food efficiency ratio of rats fed experimental diets for 4 weeks

Group ¹⁾	Food intake	Body weight gain	FER ²⁾
	(g/day)	(g/4 weeks)	
SC	16.9±4.6	125.3±5.5	0.27±0.01
EC	15.0±4.0 ⁺⁺	107.7±7.1	0.27±0.02
EO	15.8±3.7 ^{**}	100.1±3.7	0.23±0.01
ES	15.7±4.0 ^{**}	108.0±2.4	0.26±0.00
EM	15.3±3.8	99.9±3.1	0.24±0.01

Values are Mean±SEM of 8 rats.

++ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at ⁺⁺p<0.01, respectively.

** Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at ^{**}p<0.01.

¹⁾SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EO: Exercised octacosanol supplemented group, ES: Exercised squalene supplemented group, EM: Exercised MCT supplemented group.

²⁾FER (Food efficiency ratio)=Body weight gain for experimental period (g/day) / Food intake for experimental period (g/day)

2. 탈진 시까지의 주행시간

점증운동부하법에 의해 탈진시까지의 주행시간을 측정한 결과(Fig. 1), 4주간 운동 훈련을 실시한 EC군의 경우 운동지속시간이 84±6분으로 나타나 SC군(33±3분)에 비해 유의하게 더 연장되었다($p<0.01$). 한편, 실험식이 섭취에 의한 지구력 운동수행능력 향상효과를 평가한 결과, ES군 또는 EM군의 경우 탈진시까지의 주행시간이 265±28분 또는 239±33분으로 나타나, 두군 모두 EC군보다 유의하게 더 연장되었다($p<0.01$). 옥타코사놀 섭취군(EO)의 탈진 시까지 주행시간 역시 110±22분으로 EC군에 비해 약 26분 더 길게 나타났다($p<0.05$). 이는 옥타코사놀, 스쿠알렌 및 MCT 섭취가 운동수행능력을 향상시키는 효과가 있음을 제시하는 결과이다.

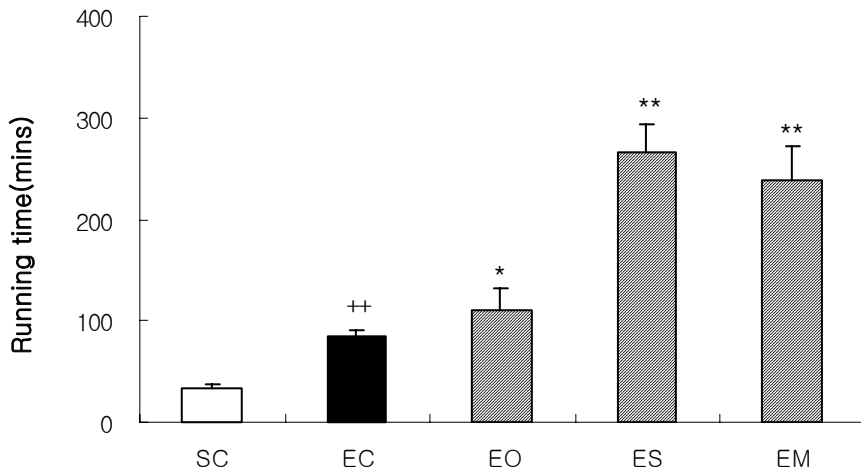


Fig. 1. Running time of rats fed control or octacosanol, squalene, or MCT supplemented diets.

++ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at $^{++}p<0.01$.

*, ** Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at $^{*}p<0.05$ and $^{**}p<0.01$, respectively.

¹⁾SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EO: Exercised octacosanol supplemented group, ES: Exercised squalene supplemented group, EM: Exercised MCT supplemented group.

3. 근육 무게

지구력운동 수행능력 평가 직후 탈진상태에서 흰쥐의 비복근(gastrocnemius muscle)과 가자미근(soleus muscle)을 적출하여 무게를 측정된 결과(Table 4), 비복근의 중량은 SC군에 비해 EC군에서 유의으로 더 높았다($p<0.05$). EC군과 비교시 EM군의 비복근 무게는 유의하게 감소한 반면($p<0.01$), EO군 또는 ES군의 비복근 무게는 유의적인 변화를 나타내지 않았다. 이와 같이 EC군에 비해 ES 및 EM군에서 비복근의 무게가 감소한 것은 ES 및 EM군에서 탈진 시까지의 주행시간이 더 길었던 것과 관련이 있을 것으로 생각된다. 가자미근(soleus muscle)의 중량은 SC군과 비교하여 EC군에서 더 높게 나타났으나 유의적인 수준은 아니었으며, 각 실험식이 섭취군과 EC군간에도 유의적인 차이가 관찰되지 않았다.

Table 4. Gastrocnemius and soleus muscle weights of rats

Group ¹⁾	Gastrocnemius	Soleus
	g/kg BW	
SC	6.46±0.11	0.36±0.01
EC	6.75±0.08 ⁺	0.38±0.01
EO	6.77±0.10	0.39±0.02
ES	6.57±0.07	0.39±0.01
EM	6.36±0.08 ^{**}	0.38±0.01

Values are Mean±SEM of 8 rats.

+ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at ⁺ $p<0.05$.

** Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at ^{**} $p<0.01$, respectively.

¹⁾SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EO: Exercised octacosanol supplemented group, ES: Exercised squalene supplemented group, EM: Exercised MCT supplemented group.

4. 혈청 젖산농도

해당작용과 TCA 회로의 대사적 연계가 당량비로 진행되지 못하고, 해당작용이 상대적으로 활발한 상황 또는 세포에서 요구되는 산소량보다 산소공급이 부족한 상황에 처하게 되면 근육세포 내에 젖산이 생성된다. 고강도 운동시 산소공급량이 근육의 산소소모량에 미치지 못하는 경우 근육조직의 젖산 농도가 증가되고, 이때 생성된 젖산은 혈액으로 확산되어 심장 및 간에서 처리된다⁽¹⁸⁾.

탈진 시까지 지구력운동을 수행한 직후 채취한 혈청을 대상으로 젖산농도를 분석한 결과(Fig. 2), EC군의 젖산 농도는 22.1 ± 1.5 mg/dL로 SC군(26.6 ± 2.1 mg/dL)에 비해 낮은 경향을 보였다($p > 0.05$). 옥타코사놀 섭취군(EO)은 EC군에 비해 혈중 젖산농도가 유의적으로 증가하였는데($p < 0.05$), 이는 EO군이 EC군에 비해 운동지속시간이 유의적으로 길었기 때문인 것으로 사료된다. 반면, ES군과 EM군은 운동지속시간이 EC군에 비해 유의적으로 길었음에도 불구하고 혈중 젖산농도는 EC군에 비해 유의한 차이가 없었는데, 이는 스쿠알렌 및 MCT가 운동수행 중의 젖산 축적을 억제하는 효과가 탁월하기 때문인 것으로 추측된다.

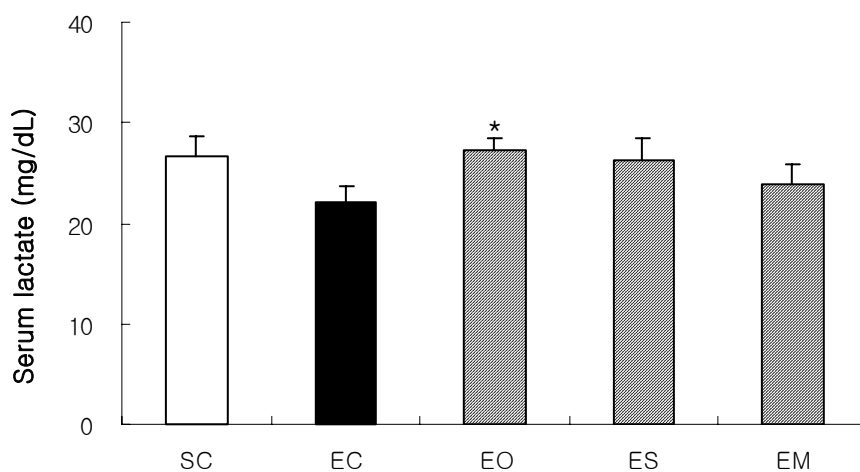


Fig. 2. Serum lactate concentration of rats fed control or octacosanol, squalene, or MCT supplemented diets.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at $p < 0.05$ respectively.

¹⁾ **SC**: Sedentary control group, **EC**: Exercised control group, **EO**: Exercised octacosanol supplemented group, **ES**: Exercised squalene supplemented group, **EM**: Exercised MCT supplemented group.

5. 혈청 암모니아 농도

아스파르트산은 근육내에서 purine nucleotide 회로의 주요 구성분으로서 고강도 운동 중에 ATP풀을 재생시켜 근육에 에너지를 제공하며, 이 과정에서 유리 암모니아가 형성된다. 즉 암모니아는 운동 중인 근육으로부터 방출되고, 혈중 암모니아 농도가 상승하면 뇌로 전달되어 중추피로가 증가하는 것으로 알려져 있다⁽¹⁹⁾.

탈진 시까지 운동부하실험을 실시한 직후 채취한 혈청의 암모니아 농도가 Fig. 4에 제시되어 있다. 운동대조군(EC)은 비운동대조군(SC)에 비해 혈청 암모니아 농도가 다소 낮은 경향을 보였으나, 통계적 유의성은 관찰되지 않았다. 운동훈련과 함께 옥타코사놀, squalene 또는 MCT를 식이에 보충시킨 군의 경우 운동대조군에 비해 혈청 암모니아 농도가 더 높았고, 특히 EO군 및 EM군의 경우 혈청 암모니아 농도의 유의적 증가가 관찰되었다. 이와 같은 혈청 암모니아 농도의 증가 현상은 탈진 시까지의 운동 지속시간과 관련이 있는 것으로 풀이되며, 장시간의 운동수행으로 인해 혈중 피로물질이 축적되었음을 시사하는 것이다. 여기서 괄목할 만한 것은 다른 기능성 식품소재와는 달리 스쿠알렌 섭취군(ES)의 경우 주행시간이 EC군에 비하여 무려 181분이나 더 길었음에도 불구하고, 혈중 암모니아 농도는 $230 \pm 13 \mu\text{g/dL}$ 로 나타나 EC군($193 \pm 17 \mu\text{g/dL}$)과 유의적인 차이가 없었다는 점이다. 즉 스쿠알렌의 보충 섭취가 운동수행에 따른 암모니아 축적을 최소화하여 탈진 시까지의 주행시간을 연장시키는 효과를 초래한 것으로 풀이된다.

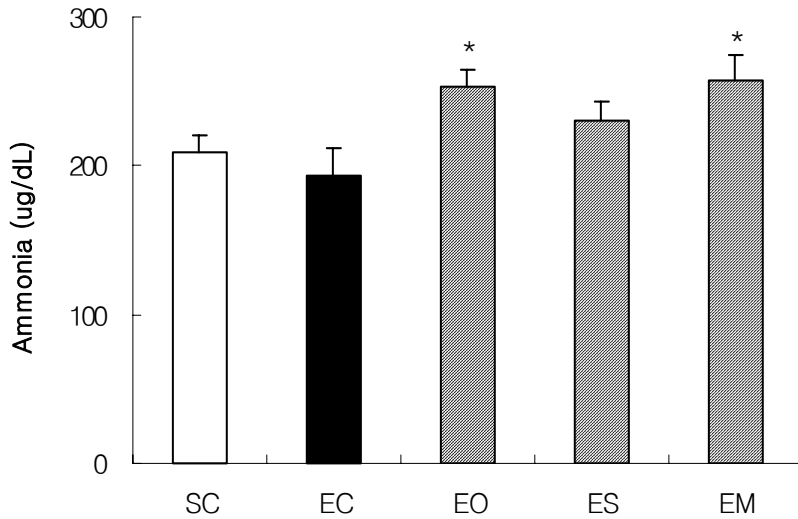


Fig. 3. Serum ammonia concentration of rats fed control or octacosanol, squalene, or MCT supplemented diets.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at * $p < 0.05$.

¹⁾SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EO: Exercised octacosanol supplemented group, ES: Exercised squalene supplemented group, EM: Exercised MCT supplemented group.

6. 혈청 무기인산염 농도

지구력운동 부하실험을 실시한 후 혈청 무기인산염농도를 측정한 결과(Fig. 4), EC군과 SC군간에 유의한 차이가 없었다. EO군의 혈청 무기인산염의 농도는 EC군과 비교시 유의적인 변화를 보이지 않은 반면, ES군 및 EM군의 혈청 무기인산염 농도는 EC군에 비해 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). ES군과 EM군의 경우 혈중 피로요소인 무기인산 농도가 증가하였음에도 불구하고 운동지속시간이 EC군에 비해 유의적으로 더 길게 나타난 결과($p < 0.01$)(Fig. 1)로 미루어 볼때, 스쿠알렌 또는 MCT의 섭취는 지구력운동 수행능력에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.

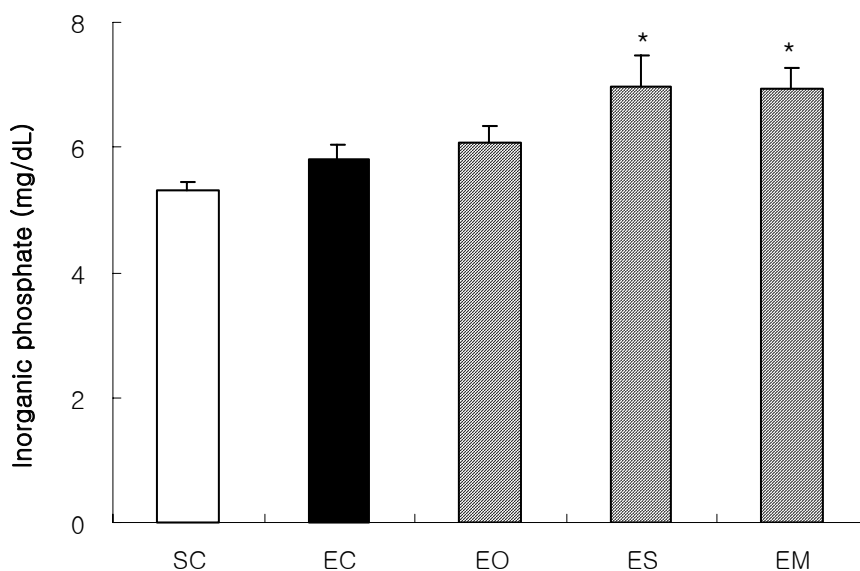


Fig. 4. Serum inorganic phosphate concentration of rats fed control or octacosanol, squalene, or MCT supplemented diets.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at $*p < 0.05$.

¹⁾**SC**: Sedentary control group, **EC**: Exercised control group, **EO**: Exercised octacosanol supplemented group, **ES**: Exercised squalene supplemented group, **EM**: Exercised MCT supplemented group.

7. 혈청 glucose 농도

지구력 운동부하 실험을 실시한 후 혈청 glucose 농도를 측정된 결과(Fig. 5), EC군의 혈청 glucose농도는 SC군에 비하여 유의적으로 감소하였다. EO군과 EM군의 혈청 glucose농도는 EC군과 비교시 유의적인 변화를 보이지 않은 반면, ES군의 혈청 glucose농도는 EC군에 비해 유의적으로 감소하였다($p < 0.01$). EO군과 EM군의 운동지속시간이 EC군에 비해 유의적으로 증가하였음에도 불구하고 혈청 glucose농도가 EC군에 비교하여 유의적으로 감소하지 않은 것은 옥타코사놀과 MCT가 지구력운동 수행 시 혈청 glucose를 절약하는 효과를 가지기 때문인 것으로 사료된다.

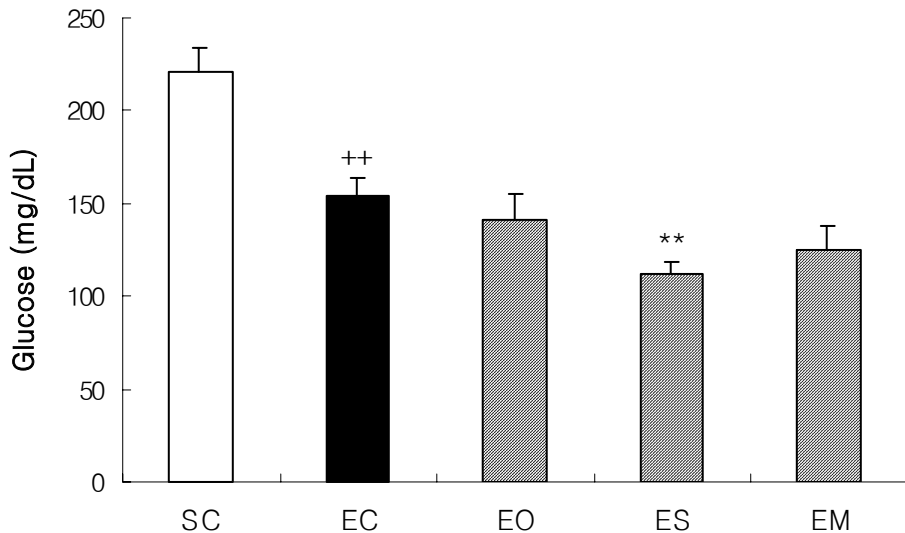


Fig. 5. Plasma glucose concentration of rats fed control or octacosanol, squalene, or MCT supplemented diets.

Values are mean \pm SEM of 8 rats.

++ Significantly different compared to the value for SC rats at $^{++}p < 0.01$.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at $^{*}p < 0.05$.

¹⁾SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EO: Exercised octacosanol supplemented group, ES: Exercised squalene supplemented group, EM: Exercised MCT supplemented group.

8. 근육 glycogen 농도

탈진 시까지의 운동부하실험을 실시한 후 비복근의 글리코겐 농도를 측정한 결과가 Fig. 6에 제시되어 있다. 탈진 후 측정된 비복근 글리코겐 농도는 운동대조군(EC)에서 비운동대조군(SC)에 비해 유의적으로 더 낮게 나타났다($p < 0.05$). 이는 EC군의 경우 SC군에 비해 주행시간이 유의하게 더 길어서 운동 시의 에너지원인 glycogen이 EC군에서 더 많이 고갈된 때문으로 사료된다. 한편, EO군 및 ES군의 경우, 그리고 EM군의 경우에는 EC군에 비해 주행시간이 유의하게 더 길었음에도 불구하고, 근육 glycogen 농도가 EC군과 비교해서 유의적인 차이가 없거나, 또는 오히려 더 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 이와 같은 결과로부터 옥타코사놀, 스쿠알렌 및 MCT의 경우 모두 지구력운동 수행 시 근육의 glycogen을 절약하는 효과가 있음을 알 수 있다.

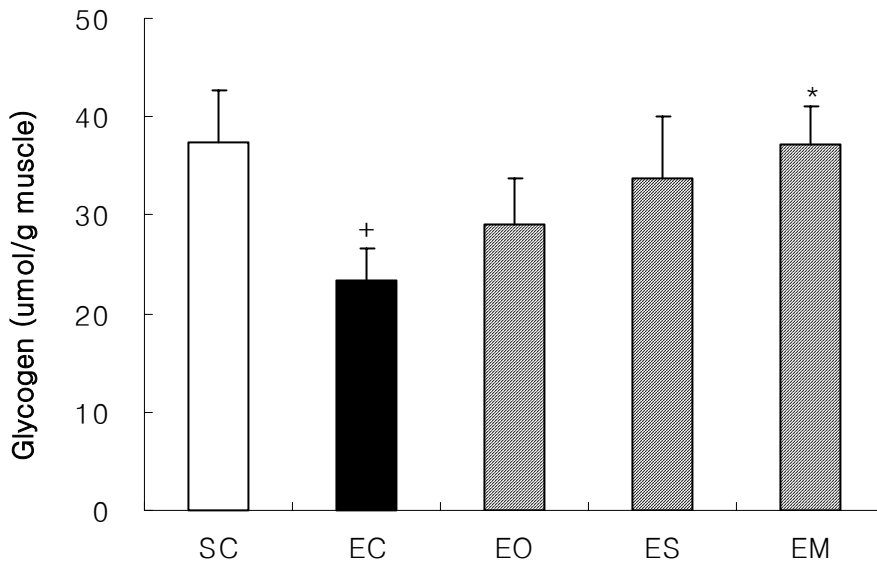


Fig. 6. Muscle glycogen concentration of rats fed control or octacosanol, squalene, or MCT supplemented diets.

Values are mean±SEM of 8 rats.

+ Significantly different compared to the value for SC rats at ⁺p<0.05.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at *p<0.05.

¹⁾**SC**: Sedentary control group, **EC**: Exercised control group, **EO**: Exercised octacosanol supplemented group, **ES**: Exercised squalene supplemented group, **EM**: Exercised MCT supplemented group.

9. 혈청 creatine kinase(CK) 활성

CK는 정상적으로는 근육세포 내에 존재하는 효소이고, 따라서 혈청 CK 활성은 근육 손상의 척도로 사용된다⁽²⁰⁾. 탈진 시까지의 운동부하실험을 실시한 후 혈청 CK 활성을 측정된 결과(Fig. 7), 운동대조군(EC)에서 비운동군대조군(SC)에 비해 혈청 CK 활성이 유의적으로 높았으며($p<0.01$), EO군, ES군, EM군 모두에서 EC군에 비해 혈청 CK 활성이 유의적으로 높았다($p<0.01$). 이와 같은 결과 EC군이 SC군에 비해, 그리고 EO군, ES군, EM군은 EC군에 비해 운동 지속시간이 유의적으로 길었기 때문인 것으로 사료된다.

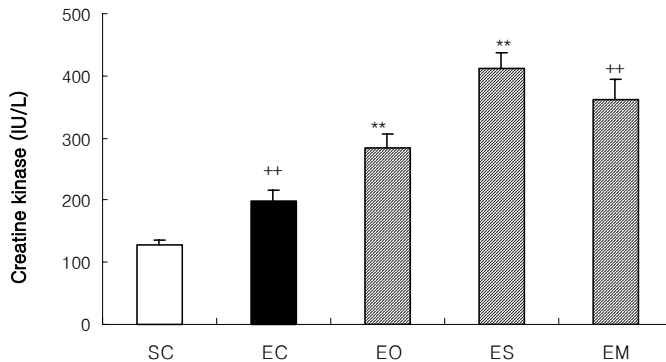


Fig. 7. Serum creatine kinase activity of rats fed control or octacosanol, squalene, or MCT supplemented diets.

Values are mean \pm SEM of 8 rats.

++ Significantly different compared to the value for SC rats at $^{++}p<0.01$.

** Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at $^{**}p<0.01$.

¹⁾SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EO: Exercised octacosanol supplemented group, ES: Exercised squalene supplemented group, EM: Exercised MCT supplemented group.

10. 근육 citrate synthase 활성

Citrate synthase (CS)는 TCA(Tricarboxylic acid) 회로의 첫 단계에서 citrate를 합성하는 과정을 촉매하는 효소이며, 일반적으로 유산소성 운동에 의해 증가하는 것으로 알려져 있다. 탈진 시까지의 운동부하 실험을 실시한 직후 가자 미근을 채취하여 CS 활성을 측정된 결과(Fig. 8), 운동대조군(EC)에서 비운동대조군(SC)보다 유의적으로 더 높았으며($p < 0.05$), 아울러 EO군, ES군 및 EM군에서 EC군에 비해 유의적으로 더 높았는데($p < 0.01$) 이는 운동지속시간과 밀접한 양의 상관성을 가지는 것으로 사료된다.

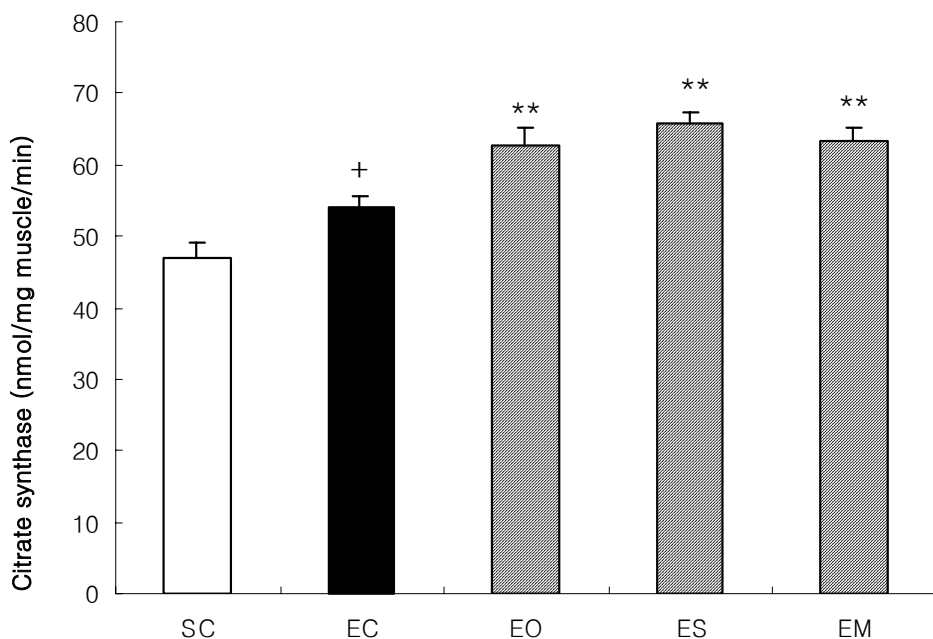


Fig. 8. Muscle citrate synthase activity of rats fed control or octacosanol, squalene, or MCT supplemented diets.

Values are mean \pm SEM of 8 rats.

+ Significantly different compared to the value for SC rats at $^{++}p < 0.05$.

** Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at $^{*}p < 0.01$.

$^{1)}$ **SC**: Sedentary control group, **EC**: Exercised control group, **EO**: Exercised Octacosanol supplemented group, **ES**: Exercised Squalene supplemented group, **EM**: Exercised MCT supplemented group

11. 근육 lactate dehydrogenase 활성

Lactate dehydrogenase(LDH)는 무산소 상태에서 pyruvate로부터 lactate의 형성을 촉매하는 효소로서, 고강도운동 시 그 활성이 증가되며, 근육 피로에 있어서 중요한 인자로 알려져 있다⁽²¹⁾. 과격한 운동을 할 경우 과량의 pyruvate가 생성되어 젖산 형성이 촉진되고, pyruvate를 젖산으로 전환시키는 과정을 촉매하는 LDH 활성이 증가하게 된다⁽²²⁾.

탈진 시까지의 지구력 운동부하 실험을 실시한 직후 비복근의 LDH 활성을 측정한 결과(Fig. 9), SC군과 EC군, 그리고 EC군과 EO군간에 유의적인 차이가 관찰되지 않았다. 한편, ES군 또는 EM군의 경우 EC군에 비해 근육 LDH 활성이 유의적으로 더 높았는데($p < 0.01$), 이는 ES군과 EM군의 탈진 시까지의 주행시간이 EC군에 비해 유의적으로 더 길었기 때문에 과량의 pyruvate가 생성되어 젖산 형성이 촉진되고, pyruvate를 젖산으로 전환시키는 과정을 촉매하는 LDH 활성이 증가하게 된 것으로 사료된다.

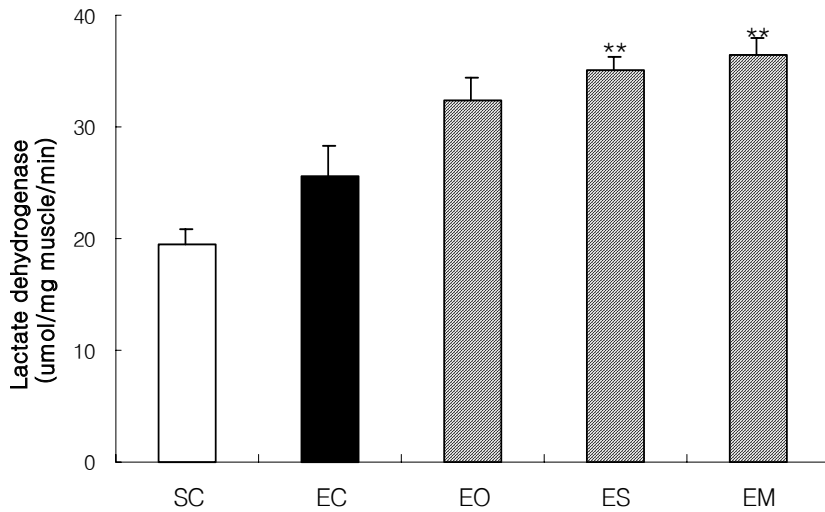


Fig. 9. Muscle lactate dehydrogenase activity of rats fed control or octacosanol, squalene, or MCT supplemented diets.

Values are mean±SEM of 8 rats.

** Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at * $p < 0.01$.

¹⁾**SC**: Sedentary control group, **EC**: Exercised control group, **EO**: Exercised octacosanol supplemented group, **ES**: Exercised squalene supplemented group, **EM**: Exercised MCT supplemented group.

제4절 참고문헌

1. Berning, T.R. The role of medium-chain triglyceride in exercise. *Int. J. Sport Nutr.* 6(2): 121-133 (1996)
2. 지용석, 엄상용, 김성수. 유산소 훈련과 MCT 및 LCT의 복합투여가 흰쥐의 운동수행능력 및 에너지기질 변화에 미치는 영향. *대한스포츠의학회지.* 20(1): 57-64 (2002)
3. 안의수, 안병철, 김완수, 이환, 제세영, 박기문, 이수원. Octacosanol 섭취가 지구성 운동능력에 미치는 효과. *운동영양학회지.* 3(2): 85-94 (1999)
4. Kabir, Y. and Kimura, S. Tissue distribution of (8-14C)-octacosanol in liver and muscle of rats after serial administration. *Ann. Nutr. Metab.* 39(5): 279-284 (1995)
5. Kabir, Y. and Kimura, S. Distribution of radioactive octacosanol in response to exercise in rats. *Nahrung.* 38(4): 373-377 (1994)
6. Kato, S., Karino, K., Hasegawa, Nagasawa, J., Nagasaki, A., Eguchi, M., Ichinose, T., Tago, K., Okumori, H. and Hamatani, K. Octacosanol affects lipid metabolism in rats fed on a high-fat diet. *Br. J. Nutr.* 73(3): 433-441 (1995)
7. Bach, A., Debrt, G. and Metais, P. Hepatic metabolism of medium-chain triglyceride. *Bibl. Nutr. Diet.* 25: 24-35 (1977)
8. Bremer, J. Carnitine and its role in fatty acid metabolism. *Trends. Biochem. Sci.* 2: 207-209 (1980)
9. Geliebter, A., Torbay, N., Bracco, E.F., Hanshim, S.A. and Van Itallie, T.B. Overfeeding with medium-chain triglyceride diet results in diminished deposition of fat. *Am. J. Clin. Nutr.* 37(1): 1-4 (1983)
10. Baba, N., Bracco, E.F. and Hanshim, S.A. Enduranced thermogenesis and diminished deposition of fat in response to overfeeding with diet containing medium chain triglyceride. *Am. J. Clin. Nutr.* 35(4): 678-682 (1982)
11. Bray, G.A., Lee, M. and Bray, T.L. Weight gain of rats fed medium-chain

- triglyceride is less than rats fed long-chain triglyceride. *Int. J. Obes.* 4(1): 27-32 (1980)
12. Fushiki, T., Matsumoto, K., Inoue, K., Kawada, T. and ugimoto, E. Swimming endurance capacity of mice is increased by chronic consumption of MCT. *J. Nutr.* 125(3): 531-539 (1995)
 13. 김덕중. MCT의 투여에 따른 지구성 훈련이 FFA와 Lipase에 미치는 영향. *운동과학회지.* 9(2): 319-324 (2000)
 14. Dudley, G.A., William, M.A. and Ronald, L.T. Influence of exercise intensity and duration on biochemical adaptation in skeletal muscle. *J. Appl. Physiol: Respirat Environ Exercise Physiol.* 53(4): 844-850 (1982)
 15. Chun, Y. and Yin, Z.D. Glycogen assay for diagnosis of female genital chlamydia trachomatis infection. *J. Clin. Microbiol.* 36(4): 1081-1082 (1998)
 16. Pesce, A. and Mckay, R.H. Stolzenbach, F., Ccahn, R.D. and Kaplan, N.O. Comparative enzymology of LDH. *J. Biol. Chem.* 239: 1753-1761 (1964)
 17. Srere, P.A. Citrate synthase. *Methods in enzymology.* 13: 3-11 (1969)
 18. 김세중, 백영호, 염원상. 고교 농구선수의 비타민 B 복합체 및 C 섭취시 혈중 젖산농도, LDH, CPK, 전해질 및 면역체계의 변화. *운동영양학회지.* 4(1): 61-70 (2000)
 19. Barnes, R.H., Labadan, B.A., Siyamoglu, B. and Bradfield, R.B. Effects of exercise and administration of aspartic acid on blood ammonia in the rat, *Am. J. Physiol.* 207: 1242-1246 (1964)
 20. Armstrong, R.B., Ogilvie, R.W. and Schwane, J.A. Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.* 54(1): 80-93 (1983)
 21. Granholm, L. and Siesjo, B.K. Signs of cerebral hypoxia in hyperventilation. *Experientia.* 24(4): 337-338 (1968)
 22. Halonen, P.I. and Konttinen, A. Serum alpha-hydroxybutyric dehydrogenase (HBD) in myocardial infarction. Comparison with glutamic oxalacetic transaminase (GOT) and lactic dehydrogenase (LDH). *Am. J. Cardiol.* 10: 525-531 (1962)

제9장 생사탕 및 용봉탕의 지구력운동 수행능력 향상효과 및 작용기작 규명

제1절 서론

자양강장제란 건강의 유지 또는 개선에 관계되는 모든 요소들을 종합적으로 표현한 포괄적인 개념이기 때문에 건강과 관련되는 모든 먹거리가 자양강장제 범주에 포함될 수 있다. 국내에서는 주로 생사탕, 보신탕, 곰솔개, 사슴 피, 지네 등과 같은 소위 보양식품, 인삼과 녹용류 등의 한약재, 비타민, 미네랄, 스쿠알렌 및 자라 가공품을 포함하는 건강기능식품 등이 자양강장제로 사용되고 있다. 한편 국외에서는 비타민 C 등의 영양제, rosemary oil 등의 허브제품과 마황 등과 같이 환각작용이 있는 식물체 등이 주로 복용되고 있다. 이와 같이 세계 각국에서 다양한 형태의 자양강장제가 이용되고 있지만, 그 효과는 주로 구전과 고문서에 의존하거나 간단한 in vitro 실험 또는 단편적인 동물실험에 근거하고 있으며, 아직 체계적인 동물 및 인체시험을 통해 과학적으로 검증된 제품은 거의 없다.

자라(*Trionyx sinensis*)는 매우 생명력이 강한 동물로 전 세계에 7속 25종이 온대 및 열대지방에 널리 분포하고 있으나, 한국에는 1종만이 분포하고 있다. 일본 ‘협동의학 다가와 임상검사센터’에 의하면 자라는 보혈제로서 심장병, 위장병, 식욕부진, 빈혈, 소화불량 및 혈당감소 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 특히 용봉탕(자라탕)은 양기부족과 허약한 사람의 보양식품으로 정상세포의 생명력을 활성화시키는 것으로 알려져 있으나, 그 효능에 대한 과학적 평가는 실시된 바 없다.

이에 본 연구에서는 고대로부터 구전(口傳)에 의해서 건강 보양식으로서의 효과가 거론되어 온 뱀과 자라를 사용하여 운동수행능력 향상효과 및 작용기전을 규명하므로서 의약품 대체식품 개발에 이용 가능한 원료로서의 가능성을 평가하고자 한다.

제2절 재료 및 방법

1. 실험식이 및 동물의 사육

6주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐 32마리를 구입하여 일반 고형사료 (rat chow)로 1주일간 사육실 환경에 적응시킨 후, 다음의 4 군으로 임의배치하였다 (n=8): 비운동대조군(Sedentary control group; SC), 운동대조군(Exercised control group; EC), 생사탕군(Exercised powdered *snake* supplemented group; ES) 및 용봉탕군(Exercised powdered *Trionyx sinensis* supplemented group; ET).

대조식은 AIN-93을 기준으로 하였으며, 각 실험식은 첨가물의 성분과 인체섭취량을 고려하여 생사탕 (10 g/kg) 또는 용봉탕 (50 g/kg)을 일반식이에 보충하여 제조하였다. 첨가물은 동결건조하여 분말형태로 일반식이에 첨가하여 제조하였고, 식이의 총 중량은 casein과 corn starch의 양에서 조정하였다. 식이의 자세한 조성은 Table 1에 나타난 바와 같다. 실험식은 자유급식방법으로 매일 일정한 시간 (오전 10시~11시 사이)에 물과 함께 공급하였으며, 식이 섭취량은 식이를 공급할 때마다 측정하였고, 체중은 1주일마다 측정하였다. 동물 사육실의 환경은 온도 $23\pm 1^{\circ}\text{C}$, 습도 $50\pm 5\%$ 로 조정하였고, 12시간 명암주기를 유지하였다.

Table 1. Composition of experimental diets(g/kg diet)

Ingredients	Experimental diets ¹⁾			
	SC	EC	ES	ET
Corn starch	367.486	367.486	363.986	329.486
Casein	200	200	193.5	188
Dextrinized cornstarch	132	132	132	132
Sucrose	100	100	100	100
Soybean oil	100	100	100	100
Cellulose	50	50	50	50
Mineral mix	35	35	35	35
Vitamin mix	10	10	10	10
L-Cystine	3	3	3	3
Choline bitartate	2.5	2.5	2.5	2.5
Tert-butylhydroquinon	0.014	0.014	0.014	0.014
powdered <i>snake</i> soup.	-	-	10	-
powdered <i>Trionyx sinensis</i> soup	-	-	-	50

¹⁾**SC**: Sedentary control group, **EC**: Exercised control group, **ES**: Exercised powdered snake soup supplemented group, **ET**: Exercised powdered *Trionyx sinensis* soup supplemented group.

2. 운동훈련 실시

실험식이를 섭취하는 동안 소동물용 트레드밀(Dual-treadmill, 대종기기)을 이용하여 강제 지구력 운동부하 훈련을 4주간 실시하였다. 지구력 운동훈련을 실시하기 위해 첫 주에는 15 m/min의 속도로 20분간 운동을 실시하였고, 점차로 속도와 시간을 증가시켜 나가는 점증운동부하법을 사용하였으며, 자세한 운동 운동 프로토콜은 Table 2에 제시된 바와 같다. Sprague Dawley계 흰쥐에 있어서 분속 25 m/min의 운동속도는 최대산소섭취량의 70%에 해당하는 중강도 운동(moderate exercise intensity)에 해당된다⁽¹⁾.

Table 2. Exercise protocol for rats

Duration(week)	Intensity(m/min)	Time(min)
1	15	20
2	20	30
3	25	40
4	25	60

3. 탈진 시까지의 지구력운동 수행능력 실험

운동훈련 실시 28일째 되던 날 지구력운동 수행능력을 평가하기 위하여 12 m/min에서 3분간 운동을 시작하게 한 후, 매 3분마다 3 m/min의 속도로 운동강도를 증가시켜 나가면서 최종 30 m/min의 속도에서 탈진 시까지의 운동 지속시간을 측정하였다. '탈진상태(all-out)'는 흰쥐가 주행 중에 트레드밀의 후미 부분으로 처진 상태에서 10초 이상 달릴 수 없는 시점으로 판정하였다.

4. 시료의 채취 및 혈중 피로요소의 분석

최종 운동부하실험을 수행시키기 30분 전 사료통을 사육장에서 제거하였으며, 운동부하실험을 실시하여 탈진된 상태에서 실험동물을 희생시켰다. 복부대정맥을 통하여 혈액을 채취하였으며, 2,000×g에서 10분간 원심분리 후 혈청을 분리하여 -80℃에 보관하였다. 하지 골격근 중에서 지근에 해당되는 가자미근(soleus muscle), 그리고 지근과 속근을 모두 포함하는 비복근(gastrocnemius muscle)을 각기 적출하였으며, 액체질소를 이용하여 급속 동결시킨 후 글리코젠 농도와 효소 활성 분석을 위해 -80℃에 보관하였다.

혈청 creatine kinase(BSC Auto CPK kit, Bio Clinical System Corporation, Korea) 활성, 혈청 암모니아(Ammonia test wako, Wako, Japan), 젓산(Sigma Chemical Co.) 및 무기인산 농도(BCS inorganic phosphate kit, Bio Clinical System Corporation, Korea)는 상업용 kit를 이용하여 분석하였다.

5. 근육의 글리코겐 농도 측정

근육 내 글리코겐 농도는 비복근을 이용하여 Anthrone법⁽²⁾에 의하여 측정하였다. 30% KOH 용액에 근육을 넣어 용해시키고 100°C의 끓는물 속에서 20분간 중탕 후, 실온에서 20분간 방치하였다. 여기에 95% 에탄올을 첨가하여 2,000×g에서 10분간 원심분리하였다. 침전물을 증류수로 세척한 후, 증류수와 anthrone 시약을 넣고 비등수에서 20분간 반응시켰다. 표준 포도당용액을 이용하여 620 nm에서 비색정량을 실시하고, 글리코겐 농도를 산출하였다.

6. 근육의 효소활성 측정

근육의 LDH 활성은 Pesce 등⁽³⁾의 방법을 수정하여 측정하였다. 100 mM KHPO₄ 완충용액에 비복근을 넣고 polytron homogenizer를 이용하여 균질화하였다. 100 mM KHPO₄ 0.84 ml, 3.3 mM Na·pyruvate 0.1 ml, 근육효소액 0.02 ml를 섞은 후에 3.6 mM DPNH 0.04 ml를 넣어 반응시키고, 30°C, 340 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였으며, 효소 활성은 $\mu\text{mol}/\text{mg tissue}/\text{min}$ 로 나타내었다.

근육의 CS 활성은 Srere⁽³⁾의 방법을 수정하여 가자미근에서 측정하였다. 175 mM의 KCl과 2 mM의 EDTA을 혼합한 완충용액에 근육을 넣고 polytron homogenizer를 이용하여 균질화한 후 미토콘드리아막을 파괴하기 위하여 동결용해를 3회 반복하여 시료로 이용하였다. 효소 활성을 측정하기 위해 100 mM Tris base buffer 0.33 ml, 1 mM DTNB 0.05 ml, 3 mM acetyl CoA 0.08 ml, 근육 효소액 0.01 ml를 각기 혼합한 후, 여기에 다시 10 mM oxaloacetate 0.03 ml를 반응시켜 37°C, 412 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였으며, 효소의 활성은 $\text{nmol}/\text{mg tissue}/\text{min}$ 로 나타내었다.

7. 통계처리

모든 데이터는 SPSS 11.0 프로그램을 이용하여 Mean±SEM으로 나타내었다. 비운동대조군(SC)과 운동대조군(EC), 또는 EC군과 각 실험물질 급여군 간의 평균값의 차이는 independent samples t-test를 이용하여 $p<0.05$ 또는 $p<0.01$ 수준에서 유의성을 검증하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 체중증가량 및 근육무게

실험 사육기간동안 측정된 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율 결과는 Table 3에 제시된 바와 같다. 운동대조군(EC)의 식이섭취량은 비운동대조군(SC)에 비해 유의적으로 더 낮았으며 ($p<0.05$), 생사탕군(ES) 또는 용봉탕(ET)군의 식이섭취량은 운동대조군(EC)에 비해 유의적으로 높았다($p<0.01$).

운동대조군(EC)의 누적 체중증가량은 비운동대조군(SC)에 비해 유의적으로 더 낮았다($p<0.05$). ES의 누적 체중증가량은 EC군에 비해 유의적으로 높은 한편 ($p<0.05$), ET군의 누적체중증가량은 운동대조군(EC)에 비해 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 운동대조군(EC)의 식이효율은 비운동대조군(SC)에 비해서 낮은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 아니었고, 실험식이 섭취군과 운동대조군(EC)간의 식이효율에는 유의적인 차이가 관찰되지 않았다($p>0.05$).

Table 3. Food intake, body weight gain and food efficiency ratio of rats fed experimental diets along with exercise training for 4 weeks

Group ¹⁾	Food intake	Body weight gain	FER ²⁾
	(g/day)	(g/4 weeks)	
SC	17.5 ± 0.73	141 ± 13.5	0.28 ± 0.02
EC	15.1 ± 0.35 ⁺	90.1 ± 15.4 ⁺	0.21 ± 0.03
ES	17.0 ± 0.45 ^{**}	137 ± 8.97 [*]	0.28 ± 0.02
ET	17.8 ± 0.19 ^{**}	122 ± 11.1	0.24 ± 0.02

Values are Mean±SEM of 8 rats.

+ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at +p<0.05.

*, ** Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at *p<0.05 and **p<0.01, respectively.

¹⁾SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, ES: Exercised powdered *snake* soup supplemented group, ET: Exercised powdered *Trionyx sinensis* soup supplemented group.

²⁾FER(Food efficiency ratio)=Body weight gain for experimental period (g/day) / Food intake for experimental period (g/day)

운동수행능력 평가 직후 탈진상태에서 흰쥐의 비복근(gastrocnemius)과 가자미근(soleus)을 적출하여 무게를 측정된 결과는 Table 4에 제시된 바와 같다. 체중 당 비복근의 무게는 운동대조군(EC)에서 비운동대조군(SC)에 비해 유의적으로 더 높았으며($p < 0.01$), 이는 운동훈련을 받은 흰쥐에서 대조군에 비해 비복근의 무게가 증가한다는 선행연구결과⁽⁵⁾와도 일치하는 것이다. 생사탕군(ES) 및 용봉탕군(ET)의 경우 비복근과 가자미근의 무게는 운동대조군(EC)과 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

Table 4. Gastrocnemius and soleus muscle weights of rats along with exercise training

Group	Gastrocnemius	Soleus
	g/kg BW	
SC	5.70 ± 0.25	0.39 ± 0.01
EC	5.65 ± 0.22	0.45 ± 0.02**
ES	6.14 ± 0.18	0.42 ± 0.01
ET	5.69 ± 0.14	0.45 ± 0.02

Values are Mean±SEM of 8 rats.

** Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at ** $p < 0.01$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **ES:** Exercised powdered *snake* soup supplemented group, **ET:** Exercised powdered *Trionyx sinesis* soup supplemented group.

2. 지구력운동 수행능력 평가

4주간 지구력운동 훈련을 받은 흰쥐를 대상으로 트레드밀에서 탈진 시까지의 운동 지속시간을 측정한 결과가 Fig. 1에 제시되어 있다. 탈진 시까지의 주행시간은 운동대조군(EC)의 경우, 164±31분으로 나타나 SC군(33±6분)에 비해 131분 유의적으로 더 길게 나타났다($p < 0.01$). 한편, 실험식이 섭취군의 탈진 시까지 주행시간은 생사탕군(ES)이 158±23분, 그리고 용봉탕군(ET)의 경우 125±11분으로 나타나 EC군과 유의적인 차이가 없었다. 이와 같은 결과는 일반인들에게 자양강장식품 또는 보신식품으로 알려진 생사탕이나 용봉탕이 지구력운동 수행능력을 향상시키는데에는 효과가 없음을 시사하는 것이다.

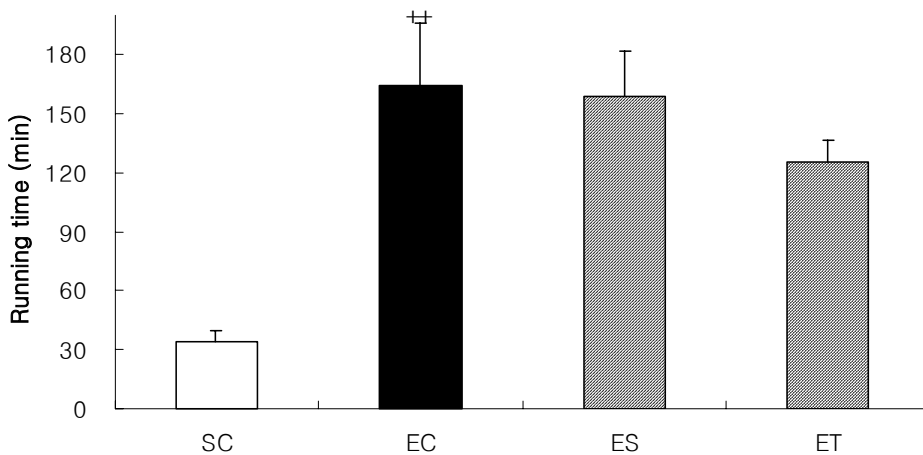


Fig. 1. Running time until 'all-out' state of rats fed experimental diets along with exercise training.

Values are mean±SEM of 8 rats.

++ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at $^{++}p < 0.01$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **ES:** Exercised powdered *snake* soup supplemented group, **ET:** Exercised powdered *Trionyx sinensis* soup supplemented group.

3. 혈청 무기인산염 농도

본 연구에서 지구력 운동부하실험을 실시한 직후 혈청 무기인산염농도를 측정 한 결과(Fig. 2), 운동대조군(EC)군과 비운동대조군(SC) 간에 유의한 차이가 없었다. 운동훈련 중인 흰쥐를 대상으로 생사탕 또는 용봉탕을 섭취시킨 결과, 탈진 상태에서 측정된 혈청 무기인산염 농도에 유의한 차이가 없었다($p>0.05$)

운동 중인 근육에서는 반복되는 근육수축에 의해 myosin과 actin의 친화력을 높이는 단계에서 ATP가 가수분해되고, 이로 인해 혈 중 무기인산농도가 급격히 증가하게 된다. 아울러, 일반적으로 운동 중에 혈청 무기인산농도가 급격히 증가하면 근섬유의 cross-bridge가 약화되면서 힘 생성이 저하되는 것으로 알려져 있다.

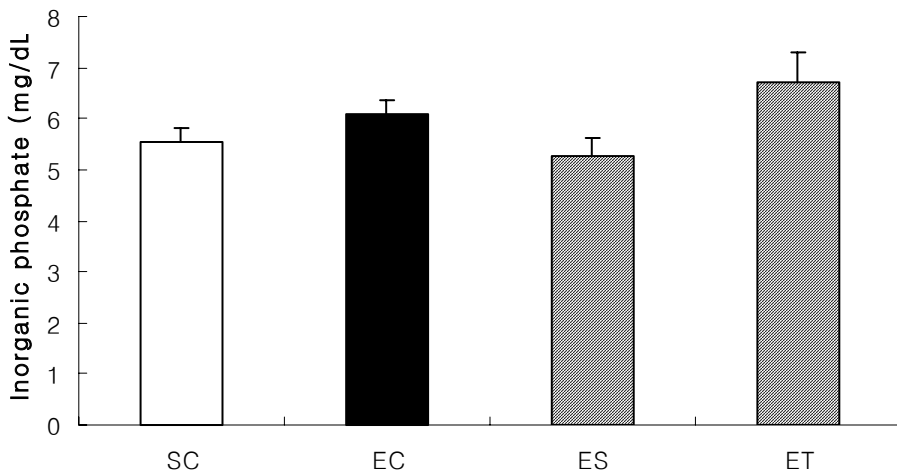


Fig. 2. Serum inorganic phosphate concentration of rats fed experimental diets along with exercise training.

Values are Mean \pm SEM of 8 rats.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **ES:** Exercised powdered *snake* soup supplemented group, **ET:** Exercised powdered *Trionyx sinesis* soup supplemented group.

4. 혈청 glucose 농도

혈중 glucose 농도가 감소하면 피로감을 느끼게 되고, 지구력운동 수행능력을 저해하는 결과가 초래된다⁽⁶⁾. 즉, 운동 후반부에 근육의 글리코겐 함량이 감소하면 혈중 glucose가 근육으로 유입되는 양이 증가하는데, 이로 인해 혈중 glucose가 고갈되면 근육으로 유입되어 글리코겐을 재합성할 수 없기 때문에 피로감을 느끼게 된다⁽⁷⁾.

지구력 운동부하실험을 실시한 후 탈진상태에서 혈청 glucose 농도를 측정된 결과(Fig. 3), 운동대조군(EC)의 경우(77.0 ± 11.7 mg/dL) 비운동대조군(SC, 128 ± 9.62 mg/이)에 비해 유의적으로 낮게 나타났는데($p < 0.01$), 이는 탈진 시까지의 주행시간이 운동대조군에서 비운동대조군에 비해 131분 더 길었기 때문으로 해석된다. 한편, 탈진상태에서 측정된 생사탕군(ES)와 용봉탕군(ET)의 혈청 glucose 농도는 운동대조군과 유의적인 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$).

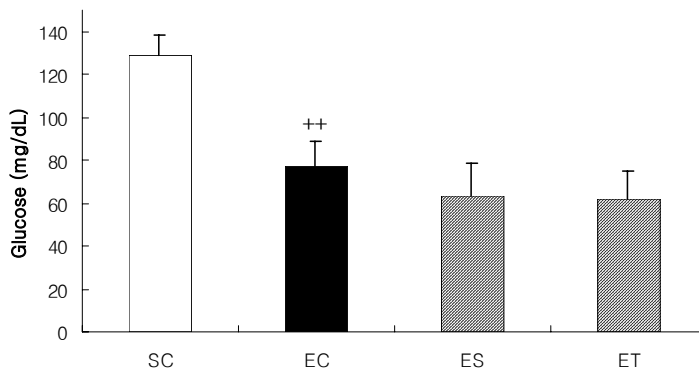


Fig. 3. Serum glucose concentration of rats fed experimental diets along with exercise training.

Values are mean ± SEM of 8 rats.

++ Significantly different compared to the value for SC rats at $^{++}p < 0.01$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **ES:** Exercised powdered *snake* soup supplemented group, **ET:** Exercised powdered *Trionyx sinensis* soup supplemented group.

5. 혈청 creatine kinase 활성

Creatine kinase는 운동 중인 무산소 상태의 근육세포에서 ADP와 phosphocreatine으로부터 ATP를 합성하는 반응을 촉매하는 효소이다⁽⁸⁻⁹⁾.

본 실험에서 흰쥐를 대상으로 규칙적인 유산소성 지구력 운동훈련을 지속한 결과, 운동대조군(EC)의 혈청 CK 활성이 773 ± 60.6 IU/L로 비운동대조군(SC; 451 ± 67.3 IU/L)에 비해 유의적으로 더 높았다($p < 0.01$). 생사탕군(ES) 또는 용봉탕군(ET)의 CK 활성은 운동대조군(EC)에 비해 유의적으로 감소하였다($p < 0.01$)(Fig 4).

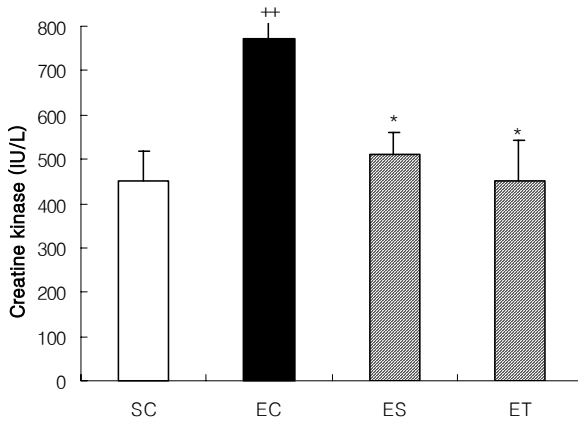


Fig. 4. Serum creatine kinase activity of rats fed experimental diets along with exercise training.

Values are mean±SEM of 8 rats.

++ Significantly different compared to the value for SC rats at $^{++}p < 0.01$.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at $^{*}p < 0.05$.

¹⁾SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, ES: Exercised powdered *snake* soup supplemented group, ET: Exercised powdered *Trionyx sinensis* soup supplemented group.

6. 혈청 암모니아 농도

운동 시 아미노산 분해로 인해 생성된 암모니아가 피로요소로 인정받는 부분은 중추적 작용과 말초적 작용으로 구분된다. 암모니아의 중추적 피로작용 기전은 운동 시 갑자기 증가되는 암모니아 자체가 독성을 나타내 혼수상태, 경련, 운동실조 등을 일으킨다는 것이다⁽¹⁰⁾. 한편 암모니아의 말초적 피로요소 기전을 살펴보면, 근육세포 내에 축적된 암모니아가 근육의 통증감지와 관련이 있는 구심성 신경을 자극하고⁽¹¹⁾, TCA cycle 및 당신생작용을 저해하며 젖산생성을 초래함으로써 근육의 피로를 유발시킨다는 이론이다⁽¹²⁾.

본 실험에서 EC군의 혈중 암모니아 농도는 $509 \pm 70 \mu\text{g/dL}$ 로 SC군($405 \pm 15 \mu\text{g/dL}$)에 비해 증가하는 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 아니었다($p > 0.05$). 생사탕군(ES) 및 용봉탕군(ET)의 혈중 암모니아 농도는 각각 $596 \pm 45 \mu\text{g/dL}$ 와 $530 \pm 39 \mu\text{g/dL}$ 로 운동대조군(EC)에 비해서 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p < 0.05$) (Fig. 5). 이는 탈진 시까지 장시간의 운동수행으로 인해 혈중 피로물질이 축적되었고, 실험식이 운동부하실험에 따른 혈중 피로물질 축적을 저해시키는 효과를 나타내지 못하였음을 의미한다.

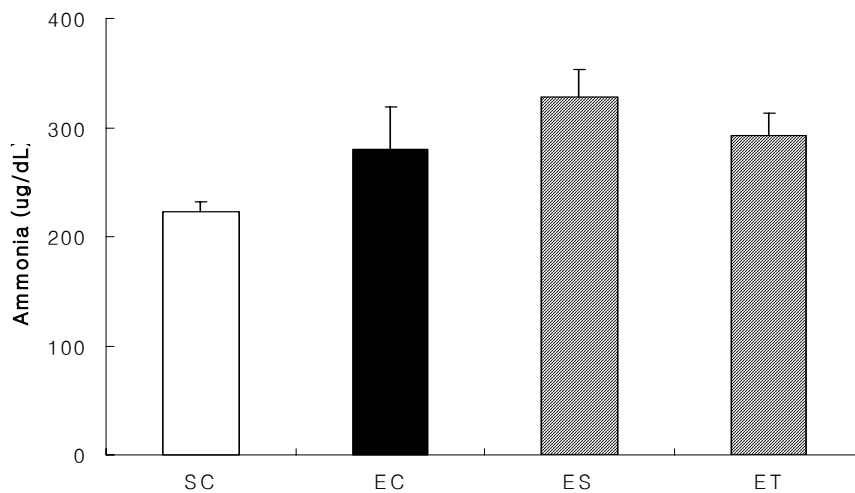


Fig. 5. Serum ammonia concentration of rats fed experimental diets along with exercise training.

Values are Mean±SEM of 8 rats.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **ES:** Exercised powdered *snake* soup supplemented group, **ET:** Exercised powdered *Trionyx sinesis* soup supplemented group.

7. 혈청 젖산 농도

젖산은 무산소운동 중에 근세포질에 축적되는 피로물질의 일종이다. 운동으로 인해 젖산이 축적되면 체내 산성화가 초래되어 운동 중 당질대사에 관여하는 phosphorylase 활성이 저해되고, 결과적으로 무산소 상태에서 운동에너지의 급원이 되는 glucose 신생이 억제된다⁽¹³⁾.

본 실험에서 EC군의 젖산농도는 56.4 ± 5.31 mg/dL로 SC군(55.4 ± 8.8 mg/이)에 비해서 유의적인 차이는 없었다($p > 0.05$) (Fig. 6). 생사탕군(ES)과 용봉탕군(ET)의 젖산농도 역시 각각 58.8 ± 3.62 mg/dL, 63.4 ± 5.63 mg/dL로 운동대조군(EC)에 비해 유의적인 차이를 나타내지 않았는데 이는 운동 지속시간에서 유의적인 차이를 보이지 않았기 때문으로 해석되며, 따라서, 생사탕 또는 용봉탕은 근육 피로물질 축적을 억제하는 효과가 없는 것으로 추측된다.

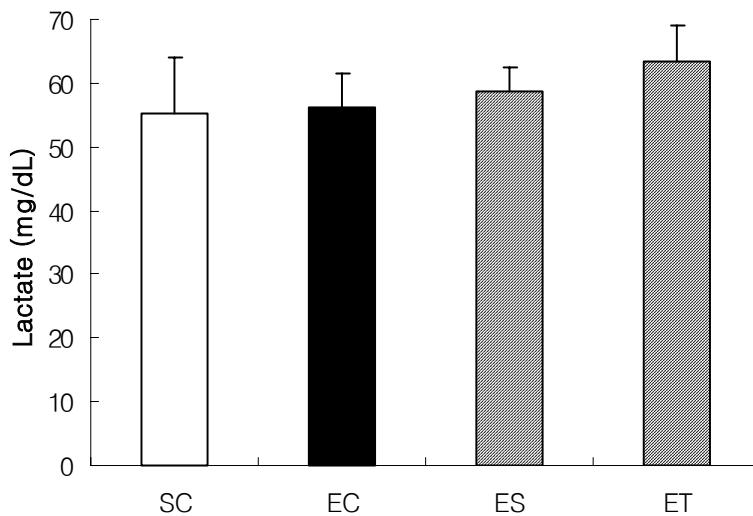


Fig. 6. Serum lactate concentration of rats fed experimental diets along with exercise training.

Values are Mean \pm SEM of 8 rats.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **ES:** Exercised powdered *snake* soup supplemented group, **ET:** Exercised powdered *Trionyx sinensis* soup supplemented group.

8. 근육의 글리코겐 농도 및 효소 활성

탈진 시까지 주행운동을 수행한 직후 희생시킨 흰쥐로부터 적출한 근육을 대상으로 글리코겐 농도 및 효소활성을 측정된 결과는 Table 5에 제시된 바와 같다. 글리코겐 농도 및 lactate dehydrogenase(LDH) 활성은 비복근에서, 그리고 citrate synthase(CS) 활성은 가자미근에서 각기 측정하였다. EC군의 근육 글리코겐 농도는 4.8 ± 0.8 mg/g tissue로 SC군(6.9 ± 0.9 mg/g tissue)에 비해 낮았으나, 유의적인 차이는 아니었다($p > 0.05$). EC군의 경우 주행시간의 증가로 인해 근육 글리코겐의 소모가 많았을 것으로 생각된다. 운동 후 근육 글리코겐의 저장상태는 탈진 시까지의 운동시간에 영향을 받는다는 최근 연구 결과에서도 이와 같은 가설을 뒷받침 해준다⁽¹⁴⁾. 생사탕군(ES)의 근육 글리코겐 함량은 5.2 ± 0.6 mg/g으로 운동대조군(EC)군과 유의적인 차이를 나타내지 않았으며($p > 0.05$), 용봉탕군(ET) 역시 운동대조군(EC)에 비해 유의적인 차이가 없었다(4.8 ± 1.5 mg/g, $p > 0.05$). 이와같은 결과는 자양강장 및 보신식품으로 알려진 생사탕 또는 용봉탕이 운동수행에 따른 글리코겐 고갈을 억제하는 효능이 없음을 시사하는 것이다.

운동수행능력 평가 후 탈진 상태에서 적출된 가자미근에서 측정된 citrate synthase 활성은 EC군의 경우 38.5 ± 2.4 $\mu\text{mol/g tissue/min}$ 으로 나타나 SC군(40.4 ± 3.0)에 비해 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$). 생사탕군(ES)의 근육 citrate synthase 활성은 45.3 ± 1.9 $\mu\text{mol/g tissue/min}$ 으로 운동대조군(ES)에 비해 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$). 용봉탕군(ET)의 경우 운동대조군(ES)보다는 높은 경향을 보였으나, 유의적인 수준은 아니었다.

운동 중에 무산소성 대사가 활발히 이루어지면 lactate dehydrogenase 활성이 증가하게 된다⁽¹⁵⁾. 즉, 글리코겐 또는 글루코스가 분해되어 ATP를 형성하는 과정에서 세포 내에 충분한 량의 산소가 공급되지 못하면, 무산소성 에너지 대사가 진행되어 근세포질에 젖산이 축적되고 LDH 활성이 증가하게 된다. 본 실험에서 비복근의 LDH 활성을 측정된 결과, 각 군간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 따라서 흰 쥐에서 분속 25 m, 주 5회의 빈도로 4주간 실시한 지구력운동 트레이닝은 근육의 LDH 효소 활성에 유의한 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 아울러 생사탕 또는 용봉탕 첨가에 따른 LDH 활성 역시 유의한 차이가 관찰되지 않았다($p > 0.05$).

Table 5. Muscle glycogen concentration and enzyme activities in the skeletal muscle of rats fed experimental diets along with exercise training

Group	Glycogen (mg/g tissue)	CS	LDH
		umol/mg/min	
SC	6.95 ± 0.88	40.4 ± 3.02	2.60 ± 0.29
EC	4.83 ± 0.82	38.5 ± 0.82	2.54 ± 0.36
ES	5.22 ± 0.57	45.3 ± 1.85*	2.77 ± 0.23
ET	4.81 ± 1.47	41.9 ± 2.94	3.28 ± 0.60

Values are Mean±SEM of 8 rats.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at *p<0.05.

SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, ES: Exercised powdered *snake* soup supplemented group, ET: Exercised powdered *Trionyx sinesis* soup supplemented group.

제4절 참고문헌

1. Dudley, G.A., William, M.A. and Ronald, L.T. Influence of exercise intensity and duration on biochemical adaptation in skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise. Physiol.* 53: 844-850 (1982)
2. Chun, Y. and Yin, Z.D. Glycogen assay for diagnosis of female genital chlamydia trachomatis infection. *J. Clin. Microbiol.* 36(4): 1081-1082 (1998)
3. Pesce, A. and Mckay, R.H. Stolzenbach, F., Ccahn, R.D. and Kaplan, N.O. Comparative enzymology of LDH. *J. Biol. Chem.* 239: 1753-1761 (1964)
4. Srere, P.A. Citrate synthase. *Methods in Enzymology.* 13: 3-11 (1969)
5. 오학수. 웨이트 트레이닝 모델에 의한 운동부하가 흰쥐의 가자미근과 장단지근의 핵소체 형성부위 활성화에 미치는 효과. *한국체육학회지.* 33(3): 409-417 (1994)
6. Koyuncuoclu, H., Keyer, M., Simsek, S. and Sagduyu, H. Ammonia intoxication: change of brain level of putative neurotransmitter and related compounds and its relevance to hepatic coma. *Pharmacol. Res. Commun.* 10: 787-807 (1978)
7. MacLaren, D.P.M., Gibson, H., Parry-Billings, M. and Edward, R.H.T. Exercise and sport science review: A review of metabolism and physiological factors in fatigue. *Vol. 7: 29-66* (1989)
8. Haas, R.C. and Strauss, A.W. Separate nuclear genes encode sarcomere-specific and ubiquitous human mitochondrial creatine kinase isoenzymes. *J. Biol. Chem.* 265: 6921-6927 (1990)
9. Wallimann, T., Wyss, M., Brdiczka, D., Nicolay, K. and Eppenberger, H.K. Intracellular compartmentation, structure and function of creatine kinase isoenzymes in tissues with high and fluctuating energy demands: the phosphocreatine circuit for cellular energy homeostasis. *Biochem. J.* 281: 21-40 (1992)
10. Banister, E.W. and Cameron, B.J.C. Exercise-induced hyperammonia:

- peripheral and central effects. *Int. J. Sports Med.* 11.(Suppl 2): S129-S142 (1990)
11. Mitchell, J.H. Neural control of the circulation during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22: 141-154 (1990)
 12. Koyuncuoclu, H., Keyer, M., Simsek, S. and Sagduyu, H. Ammonia intoxication: change of brain level of putative neurotransmitter and related compounds and its relevance to hepatic coma. *Pharmacol. Res. Commun.* 10: 787-807 (1978)
 13. MacLaren, D.P.M., Gibson, H., Parry-Billings, M. and Edward, R.H.T. Exercise and sport science review: A review of metabolism and physiological factors in fatigue. Vol. 7: 29-66 (1989)
 14. Meneguello, M. O., Mendoca, J. R., Lancha Jr, A. H. and Costa Rosa, L. F. B. P. Effect of arginine, ornithine and citrulline supplementation upon performance and metabolism of trained rats. *Cell. Biochem. Funct.* 21: 85-91 (2003)
 15. Messonnier, L., Freund, H., Feasson, L., Prieur, F., Castells, J., Denis, C., Linossier, M.T., Geysant, A. and Lacour J.R. Blood lactate exchange and removal abilities after relative high-intensity exercise: effects of training in normoxia and hypoxia. *Eur. J. Appl. Physiol.* 84(5): 403-412 (2001)

제10장 최종 formula의 지구력운동 수행능력 향상효과 및 작용기작 규명

제1절 서론

장시간 운동을 수행함에 따라 간 및 근육에 저장된 글리코겐이 고갈되면 피로가 유발되기 때문에, 체내에 축적된 글리코겐을 최대한 절약하는 것은 운동능력을 향상시키는 필수적인 요소가 된다.^(1,2) 운동 에너지는 또한 글리코겐 뿐 아니라 체지방을 산화시킴으로서 공급 가능하다. 특히 유산소성 지구력 훈련을 하는 경우 체내에서 지방을 에너지원으로 사용하는 능력이 증가하게 된다. 즉, 장시간의 규칙적인 운동은 지질대사 및 유리지방산 산화를 촉진시킴으로서, 조직에 저장된 글리코겐을 절약하고 피로를 지연시킴으로서 운동지속시간을 향상시키는 효과가 있는 것으로 알려져 있다⁽³⁾. 대부분의 조직은 적은 양이라도 지방을 포함하기 때문에 운동에 따른 지방 이용률을 극대화시킬 수 있다면, 훈련 또는 시합 현장에서 운동수행능력 향상효과를 기대할 수 있을 것이다.

운동 중 혈중 유리지방산의 이용을 증가시키는 물질로 L-carnitine이 거론되고 있다. L-carnitine은 간과 신장에서 필수 아미노산인 lysine과 methionine으로부터 합성된다. 안정 시에는 내인성 carnitine으로 충분하지만, 영양상태가 불충분하거나 지구성운동 시에는 L-carnitine 대사량이 증가하므로 유리지방산의 산화를 원활히 하기 위해 식이로부터 carnitine을 섭취할 필요성이 제기된 바 있으나, 이에 대한 과학적 합의는 이루어져 있지 않다. 크레아틴은 근육의 힘을 증가시키고, 단시간의 고강도운동 또는 단속적인 운동 (intermittent exercise) 수행능력을 증가시키며, 운동과 운동사이의 에너지 회복을 빠르게 하는 효과가 있음이 전해지면서 운동선수들 사이에서 중요한 영양보조물로 인식되고 있다⁽⁴⁻⁶⁾.

오가피과에 속하는 인삼(*Panax Ginseng*)은 운동수행능력 향상⁽⁷⁾, 혈압강화 작용, 체중감량 효과⁽⁸⁾, 심박수 회복 및 산소섭취능력 증대효과가 보고된 바 있다. 특히 최근 인삼의 항피로효과가 보고된 이래 운동수행에 따른 피로회복 및 운동수행능력 향상효과에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다⁽⁹⁾. 오가피는 스테미나 증진, 항스트레스 및 항피로작용이 있는 것으로 알려져 있다⁽¹⁰⁾. Martinez 등

(11)과, Hikino 등⁽¹²⁾은 흰쥐를 대상으로 오가피의 주성분을 섭취시킨 결과 혈당을 감소시키는 작용이 있음을 보고하였고, 권⁽¹³⁾은 오가피 섭취가 운동선수의 산소섭취량을 증가시키고 중장거리 선수의 기록을 단축시키는 것으로 보고하였다. 한방에서 삼백초는 급만성요도염, 전립선염, 방광염, 임질, 이질을 치료하는 효과가 있으며, 과중한 노동으로 인한 피로, 타박상으로 인한 후유증, 근육통, 골격 및 골수 염증에 의한 통증을 치료하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다⁽¹⁴⁾. 동충하초는 중국 고문서 등에 자양강장, 성기능 개선, 항균성, 항종양, 면역능 증가 및 혈당강하 등의 다양한 생리 활성이 보고되어 온 바, 건강기능식품 소재로 개발할 가치가 있음이 제기된 바 있다⁽¹⁵⁾. 하지만, 동충하초과(*Cordiceps*)의 생리활성에 관한 체계적 연구는 최근 들어서야 활발히 보고되기 시작하고 있다.

중쇄지방(MCT)은 글리세롤에 6~12개의 탄소골격을 지니는 지방산이 치환되어 있으며⁽¹⁶⁾, 장쇄지방에 비해 장에서 빠르게 흡수되고, 섭취 시 인슐린 대사에 영향을 미치지 않고 에너지를 생산한다는 특성이 있다⁽¹⁷⁾. 또한 섭취한 총지방의 1~2%만이 체지방으로 저장됨으로서 체내 지방 축적을 감소시키는 장점을 가지고 있다⁽¹⁸⁻¹⁹⁾. 쥐에게 같은 칼로리의 MCT를 섭취시킨 결과 LCT(long-chain triglyceride) 섭취군에 비해 체중 증가폭이 감소하였고⁽¹⁹⁾, 체지방축적이 감소되었으며⁽²⁰⁾, 안정시 대사율을 증가시켰다는 연구결과⁽¹⁸⁾ 등이 보고된 바 있다. 또한 장기간의 MCT 투여는 크랩스회로(Krebs cycle)에 관여하는 효소의 활성을 증가시킴으로서 mice의 수영능력을 향상시켰고⁽²¹⁾, 운동수행시간을 현저히 증가시켰음이 보고되었다⁽²²⁾. 옥타코사놀의 운동수행능력 증진효과에 관한 선행연구 결과들을 살펴보면, 에너지 저장량을 증가시키고, 반응시간을 단축시켜 순발력을 향상시키고⁽²³⁾, 근육의 지방 이용률을 증가시킨다는 연구보고⁽²⁴⁻²⁵⁾가 있다. 또한 옥타코사놀의 섭취는 심폐지구력 및 운동지속능력을 향상시키며, 운동 후 회복시간을 단축시켜서 운동 수행에 따른 피로감을 감소시킨다는 보고 등⁽²⁶⁾이 있다.

3차년도 연구에서는 1, 2차년도 연구결과 지구력운동 수행능력 향상효과가 탁월한 식품소재, 그리고 체력 및 경기력 향상을 위해 널리 사용되고 있는 다양한 운동보조물들을 배합하여, 그 효능을 평가하고 작용 기전을 규명함으로써 의약품 대체식품 개발에 이용하고자 하였다. 운동수행에 따른 중추 피로감을 최소화하고, 탈진 시까지의 주행시간을 연장시킴으로서 지구력 운동수행능력을 향상시킬

수 있으며, 아울러 운동 종료 후 회복 속도를 단축시킴으로서 다음 번 경기에 우수한 경기력을 나타낼 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 treadmill을 이용하여 장기간의 규칙적인 운동 훈련에 적응된 흰쥐를 대상으로 최종 제품개발을 위해 디자인된 최적의 formula을 섭취시킨 후, 운동수행능력, 중추 피로감, 그리고 운동 종료 후 회복에 미치는 효과를 평가하였다.

제2절 재료 및 방법

1. 실험식이 및 동물의 사육

6주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐 64 마리를 구입하여 일반 고형사료 (rat chow)로 1주일간 사육실 환경에 적응시킨 후, 다음의 4 군으로 임의 배치하였다(n=16): 비운동대조군(Sedentary control group; SC), 운동대조군(Exercised control group; EC), 복합물 A군(Exercised formula A supplemented group; EA), 복합물 B군(Exercised formula B supplemented group; EB).

본 과제의 1, 2차년도 연구결과에서 운동능력 향상에 우수한 효과를 나타냈던 식물성 및 동물성 원료를 선정하여 두가지 종류의 복합물을 조성하였으며, 복합물의 자세한 조성은 Table 1에 제시된 바와 같다. 본 실험에 이용된 대조식은 AIN-93을 기준으로 하였으며, 복합물A 또는 B 식이는 대조식에 45.6 g/kg의 수준으로 복합물A 또는 B를 보충하여 제조하였다. 식이의 총중량은 대두유 및 전분의 양에서 조정하였으며, 실험식이의 자세한 조성은 Table 2에 나타난 바와 같다.

실험식이는 자유급식방법으로 매일 일정한 시간 (오전 10시~11시 사이에) 물과 함께 공급하였으며, 식이 섭취량은 식이를 공급할 때마다, 그리고 체중은 1주일마다 측정하였다. 동물 사육실의 환경은 온도 $23\pm 1^{\circ}\text{C}$, 습도 $50\pm 5\%$ 로 조정하였고, 12시간 명암주기를 유지하였다.

Table 1. Composition of experimental materials

Formula A		Formula B	
Ingredients	%	Ingredients	%
Squalene	20	MCT	69.4
Saururus Chinesis	15	Octacosanol	0.7
Ogapi	15	Panax red ginseng	10.5
Paecilomyces Japonica	15	Bokbunja	3.5
Kotu Kola	10	Ogapi	3.5
Taurine	10	Kotu Kola	3.5
Choline	2	Taurine	3.5
Glutamine	4	Choline	0.4
L-Arginine	4	Glutamine	1.7
L-Cartinine	5	L-Arginine	1.7
		L-Cartinine	1.7
	100		100

Table 2. Composition of experimental diets(g/kg diet)

Ingredients	Experimental diets ¹⁾			
	SC	EC	EA	EB
Corn starch	397.486	397.486	361.006	383.852
Casein	200	200	200	200
Dextrinized cornstarch	132	132	132	132
Sucrose	100	100	100	100
Soybean oil	70	70	60.88	38.034
Cellulose	50	50	50	50
Mineral mix	35	35	35	35
Vitamin mix	10	10	10	10
L-Cystine	3	3	3	3
Choline bitartate	2.5	2.5	2.5	2.5
Tert-butylhydroquinon	0.014	0.014	0.014	0.014
Formula A	-	-	45.6	-
Formula B	-	-	-	45.6

¹⁾**SC**: Sedentary control group, **EC**: Exercised control group, **EA**: Exercised formula supplemented A group, **EB**: Exercised formula B supplemented group.

2. 운동훈련 실시

실험식이를 섭취하는 동안 소동물용 트레드밀(Dual-treadmill, 대종기기)을 이용하여 지구력운동 훈련을 4주간 실시하였다. 첫 주에는 15 m/min의 속도로 20분간 운동을 실시하였고, 점차로 속도와 시간을 증가시켜 나가는 점증운동부하법을 사용하였으며, 자세한 운동 운동프로토콜은 Table 3에 제시된 바와 같다. Sprague Dawley계 흰쥐에 있어서 분속 25 m/min의 운동속도는 최대산소섭취량의 70%에 해당하는 중강도 운동(moderate exercise intensity)에 해당된다⁽²⁷⁾.

Table 3. Exercise protocol for rats

Duration(week)	Intensity(m/min)	Time(min)
1	15	20
2	20	30
3	25	40
4	25	60

3. 운동부하실험

28일간 운동훈련을 받은 흰쥐를 대상으로 지구력 운동 수행능력을 평가하기 위하여 시킨 후 희생 당일에 실험동물을 탈진상태까지 강제주행을 시키는 군, 그리고 1시간 동안만 강제주행시키는 군의 두 군으로 임의 배치하였다(n=8).

탈진 시까지의 운동부하실험을 위해 12 m/min에서 3분간 운동을 시작하게 한 후, 매 3분마다 3 m/min의 속도로 운동강도를 증가시켜 나가면서 최종 30 m/min 속도에서 탈진 시까지의 운동 지속시간을 측정하였다. ‘탈진상태(all-out)’는 흰쥐가 주행 중에 트레드밀의 후미 부분으로 처진 상태에서 10초 이상 달릴 수 없는 시점으로 판정하여 바로 희생하였다.

1시간 동안 강제주행시키는 군은 12 m/min에서 3분 간 운동을 시작한 후, 매 3분마다 3m/min의 속도로 운동강도를 증가시켰으며, 최종 25 m/min의 속도에 1시간 주행시킨 후 곧바로 희생하였다. 비운동대조군(SC)의 경우 강제주행 운동부하실험을 실시하지 않고 바로 희생하였다.

4. 시료의 채취 및 혈중 피로요소의 분석

운동부하실험을 수행시키기 30분 전 사료통을 사육장에서 제거하였으며, 운동부하실험 후 실험동물은 바로 희생시켰다. 복부대정맥을 통하여 혈액을 채취하였으며, 2,000×g에서 10분간 원심분리 후 혈청을 분리하여 -80℃에 보관하였다. 하지 골격근 중에서 지근에 해당되는 가자미근(soleus muscle), 그리고 지근과 속근을 모두 포함하는 비복근(gastrocnemius muscle)을 각기 적출하였으며, 액체질소를 이용하여 급속 동결시킨 후 글리코젠 농도와 효소활성 분석을 위해 -80℃에 보관하였다.

혈청 creatine kinase(BSC Auto CPK kit, Bio Clinical System Corporation, Korea) 활성, 혈청 암모니아(Ammonia test wako, Wako, Japan), 젖산(Sigma Chemical Co.) 및 무기인산 농도(BCS inorganic phosphate kit, Bio Clinical System Corporation, Korea)는 상업용 kit를 이용하여 각기 분석하였다.

5. 근육의 글리코젠 농도 측정

근육의 글리코젠 농도는 비복근을 이용하여 Anthrone법⁽²⁸⁾에 의하여 측정하였다. 30% KOH 용액에 근육을 넣어 용해시키고 100℃의 끓는물 속에서 20분간 중탕 후, 실온에서 20분 간 방치하였다. 여기에 95% 에탄올을 첨가하여 2,000×g에서 10분 간 원심분리하였다. 침전물을 증류수로 세척한 후, 증류수와 anthrone 시약을 넣고 비등수에서 20분 간 반응시켰다. 표준 포도당용액을 이용하여 620 nm에서 비색정량을 실시하고, 글리코젠 농도를 산출하였다.

6. 근육의 효소활성 측정

근육의 LDH 활성은 Pesce 등⁽²⁹⁾의 방법을 수정하여 측정하였다. 100 mM KHPO₄ 완충용액에 비복근을 넣고 polytron homogenizer를 이용하여 균질화하였다. 100 mM KHPO₄ 0.84 ml, 3.3 mM Na·pyruvate 0.1 ml, 근육효소액 0.02 ml를 섞은 후에 3.6 mM DPNH 0.04 ml를 넣어 반응시키고, 30℃, 340 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였으며, 효소 활성은 $\mu\text{mol}/\text{mg tissue}/\text{min}$ 로 나타내었다.

근육의 CS 활성은 Srere⁽³⁰⁾의 방법을 수정하여 가자미근에서 측정하였다. 175 mM의 KCl과 2 mM의 EDTA을 혼합한 완충용액에 근육을 넣고 polytron

homogenizer를 이용하여 균질화한 후 미토콘드리아막을 파괴하기 위하여 동결 용해를 3회 반복하여 시료로 이용하였다. 효소 활성을 측정하기 위해 100 mM Tris base buffer 0.33 ml, 1 mM DTNB 0.05 ml, 3 mM acetyl CoA 0.08 ml, 근육 효소액 0.01 ml를 각기 혼합한 후, 여기에 다시 10 mM oxaloacetate 0.03 ml를 반응시켜 37°C, 412 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였으며, 효소 활성은 nmol/mg tissue/min로 나타내었다.

7. 통계처리

모든 데이터는 SPSS 11.0 프로그램을 이용하여 Mean±SEM으로 나타내었다. 비운동대조군(SC)과 운동대조군(EC), 또는 EC군과 각 복합물 급여군 간의 평균 값의 차이는 independent sample's t-test를 이용하여 $p < 0.05$ 또는 $p < 0.01$ 수준에서 유의성을 검증하였다.

제3절 결과 및 고찰

Part I : 탈진상태까지 운동부하를 실시한 실험디자인

1. 체중증가량 및 근육무게

실험 사육기간동안 측정된 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율 결과는 Table 4에 제시된 바와 같다. 장기간 규칙적인 운동훈련을 받은 운동대조군(EC)의 식이섭취량은 비운동대조군(SC)에 비해 유의적으로 더 낮았으며($p<0.01$), 복합물 A군(EA)과 복합물 B군(EB)의 식이섭취량은 운동대조군(EC)에 비해 유의적으로 더 높았다($p<0.01$).

운동대조군의 누적체중증가량은 비운동대조군에 비해 유의적으로 더 낮았고($p<0.01$), 복합물 A군 및 복합물 B군의 누적체중증가량은 운동대조군과 유의한 차이를 나타내지 않았다. 4주간의 실험식이 사육기간 동안 측정된 식이섭취량 및 체중증가량 자료를 토대로 식이효율을 계산한 결과, 운동대조군의 식이효율은 0.25 ± 0.01 로 비운동대조군(0.28 ± 0.01)보다 낮은 경향을 보였으나, 통계적으로 유의한 수준은 아니었다. 아울러, 복합물 A군 또는 B군의 식이효율은 운동대조군과 유의한 차이가 없었다.

Table 4. Food intake, body weight gain and food efficiency ratio of rats fed experimental diets along with exercise training for 4 weeks

Group	Food intake	Body weight gain	FER ¹⁾
	(g/day)	(g/4 weeks)	
SC	22.4 ± 0.14	185 ± 6.91	0.28 ± 0.01
EC	20.8 ± 0.12 ⁺⁺	154 ± 5.78 ⁺⁺	0.25 ± 0.01
A	21.9 ± 0.27 ^{**}	168 ± 8.26	0.27 ± 0.01
B	21.3 ± 0.05 ^{**}	161 ± 5.59	0.26 ± 0.01

Values are Mean±SEM of 8 rats.

⁺⁺ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at ⁺⁺p<0.01.

^{**} Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at ^{**}p<0.01.

¹⁾SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EA: Exercised formula A supplemented group, EB: Exercised formula B supplemented group.

²⁾FER(Food efficiency ratio)=Body weight gain for experimental period (g/day) / Food intake for experimental period (g/day)

운동수행능력 평가 직후 탈진상태에서 흰쥐의 비복근(gastrocnemius)과 가자미근(soleus)을 적출하여 무게를 측정된 결과는 Table 5에 제시된 바와 같다. 체중 당 비복근의 무게는 운동대조군이 5.97 ± 0.10 g/kg BW으로 비운동대조군 (5.81 ± 0.16 g/kg BW)에 비해 유의한 차이가 없었다. 선행 연구결과⁽³¹⁾에 의하면 훈련을 받은 흰쥐는 대조군에 비해 비복근의 무게가 증가하는 경향이 있다. 그러나 본 연구에서는 희생 직전에 탈진 시까지 강제 주행운동을 실시하였고, 따라서 주행시간이 더 길었던 운동대조군에서 SC군에 비해 근육 글리코겐의 이용이 더 많아 근육무게에 차이가 나타나지 않은 것으로 사료된다. EA군 또는 EB군의 체중당 비복근 무게는 EC군과 유의한 차이를 나타내지 않았는데, 이는 EC군에 비해 EA 및 EB군의 주행시간이 더 연장됨에 따라 근육 무게에 손실이 생긴 때문으로 사료된다. 한편, 체중 당 가자미근의 무게는 모든 실험군 간에 유의한 차이를 나타내지 않았다.

Table 5. Gastrocnemius and soleus muscle weights of rats fed experimental diets along with exercise training

Group ¹⁾	Gastrocnemius	Soleus
	g/kg BW	
SC	5.97 ± 0.10	0.55 ± 0.16
EC	5.81 ± 0.16	0.41 ± 0.32
EA	5.90 ± 0.14	0.37 ± 0.14
EB	5.50 ± 0.35	0.39 ± 0.35

Values are Mean \pm SEM of 8 rats.

¹⁾SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EA: Exercised formula A supplemented group, EB: Exercised formula B supplemented group.

2. 지구력운동 수행능력 평가

4주간 지구력 운동훈련을 받은 흰쥐를 대상으로 트레드밀에서 탈진 시까지의 운동지속시간을 측정된 결과가 Fig. 1에 제시되어 있다. 탈진 시까지의 주행시간은 운동대조군(108±8분)의 경우 비운동대조군(39±5분)에 비해 69분 유의적으로 더 길게 나타났다($p<0.01$). 한편, 실험식이 섭취군의 주행시간은 복합물 A군이 129±8분, 그리고 복합물 B군이 130±15분으로 나타나, EC군보다 각기 11분 및 12분 더 길었다.

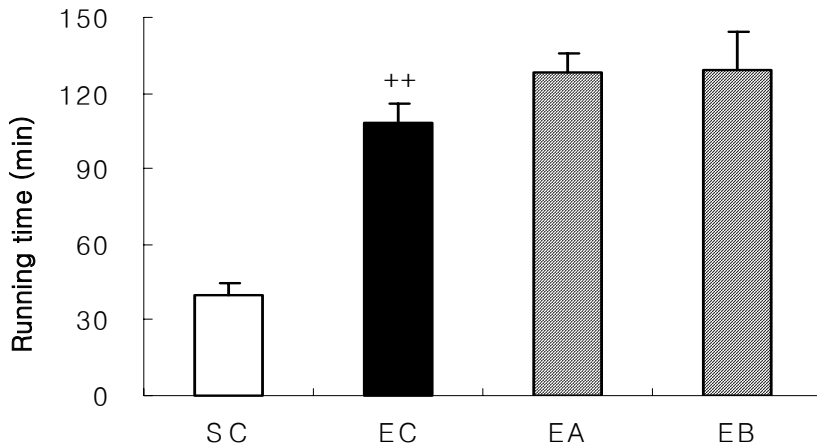


Fig 1. Running time of rats fed experimental diets along with exercise training.

** Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at $^{**}p<0.01$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EA:** Exercised formula A supplemented group, **EB:** Exercised formula B supplemented group.

3. 혈청 무기인산염 농도

희생 당일에 지구력 운동부하 실험을 실시하고 혈청 무기인산염농도를 측정된 결과(Fig. 2), 운동대조군의 경우 6.6 ± 0.2 mg/dL로 비운동대조군(5.9 ± 0.1 mg/dL)에 비해 유의적으로 더 낮았다($p < 0.05$). 운동훈련 중인 흰쥐를 대상으로 복합물A 또는 복합물B를 섭취시킨 결과, 탈진상태에서 측정된 혈청 무기인산염 농도에 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$)

운동 중인 근육에서는 반복되는 근육수축에 의해 myosin과 actin의 친화력을 높이는 단계에서 ATP가 가수분해되고, 이로 인해 혈중 무기인산농도가 급격히 증가하게 된다. 아울러, 일반적으로 운동 중에 혈청 무기인산농도가 급격히 증가하면 근섬유의 cross-bridge가 약화되면서 힘 생성이 저하되는 것으로 알려져 있다.

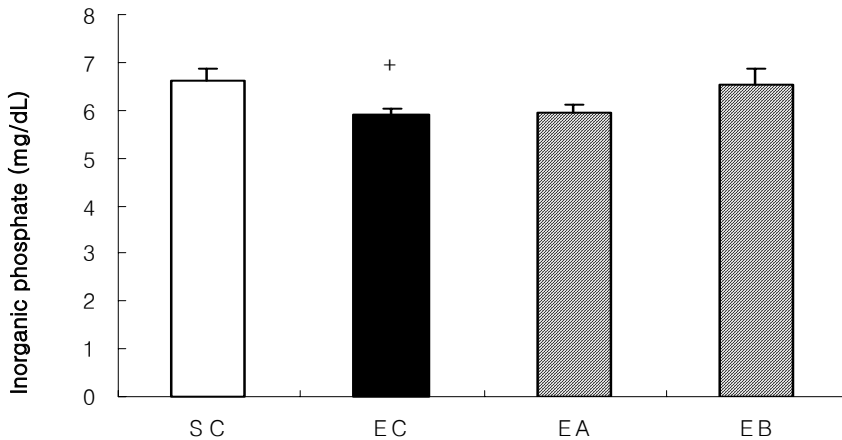


Fig. 2. Serum inorganic phosphate concentration of rats fed experimental diets along with exercise training.

Values are Mean \pm SEM of 8 rats.

+ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at * $p < 0.05$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EA:** Exercised formula A supplemented group, **EB:** Exercised formula B supplemented group.

4. 혈청 glucose 농도

혈중 glucose 농도가 저하되면 피로감을 느끼게 되고, 지구력운동 수행능력이 저해되는 결과가 초래된다⁽³²⁾. 즉, 운동 후반부에 근육 글리코겐 함량이 감소하면 혈중 glucose가 근육으로 유입되는 양이 증가하여 혈중 glucose가 고갈되고 피로감을 느끼게 된다⁽³³⁾.

탈진 시까지 지구력운동 부하실험을 실시한 후 혈청 glucose 농도를 측정한 결과(Fig. 3), 운동대조군의 경우 72.8 ± 12.7 mg/dL로 비운동대조군(62 ± 13.6 mg/dL)에 비해 유의적으로 낮게 나타났는데($p < 0.01$), 이는 탈진 시까지의 운동 주행시간의 차이에 기인한 것으로 추측된다. 한편, 복합물 A군 또는 복합물 B군의 혈청 glucose 농도는 운동대조군과 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$).

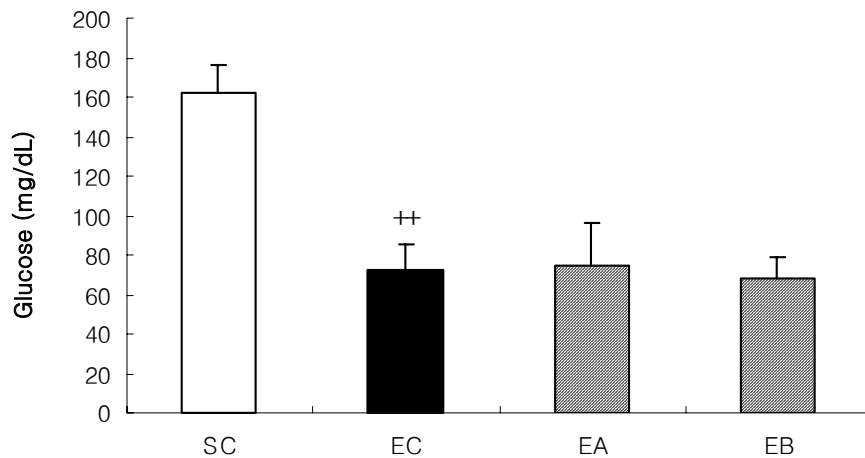


Fig. 3. Serum glucose concentration of rats fed experimental diets along with exercise training.

Values are mean \pm SEM of 8 rats.

++ Significantly different compared to the value for SC rats at ⁺⁺ $p < 0.01$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EA:** Exercised formula A supplemented group, **EB:** Exercised formula B supplemented group.

3. 혈청 creatine kinase 활성

Creatine kinase는 운동 중인 무산소 상태의 근육세포에서 ADP와 phosphocreatine으로부터 ATP를 합성하는 반응을 촉매하는 효소이다⁽³⁴⁻³⁵⁾. 본 실험에서 흰쥐를 대상으로 규칙적인 유산소성 지구력 운동훈련을 지속한 결과, 운동대조군의 혈청 creatine kinase 활성은 비운동대조군과 유의한 차이를 나타내지 않았다. 복합물 A군의 creatine kinase 활성은 512 ± 47.9 IU/L로 운동대조군에 비해 유의하게 더 높았고($p < 0.05$), 따라서 복합물 A는 지구력운동 수행능력 향상효과뿐 아니라 단시간의 고강도 운동에서 경기력을 향상시키는 효과가 있을 것으로 기대된다.

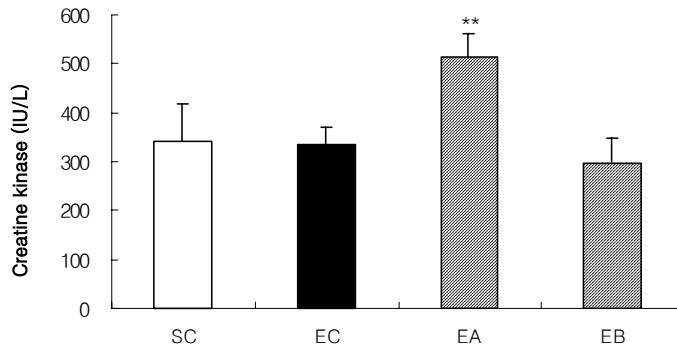


Fig. 4. Serum creatine kinase activity of rats fed experimental diets along with exercise training.

** Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at $**p < 0.01$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EA:** Exercised formula A supplemented group, **EB:** Exercised formula B supplemented group.

4. 혈청 암모니아 농도

운동 시 아미노산 분해로 인해 생성된 암모니아가 피로요소로 인정받는 부분은 중추적 작용과 말초적 작용으로 구분된다. 암모니아의 중추적 피로 작용기전은 운동 시 갑자기 증가되는 암모니아 자체가 독성을 나타내 혼수상태, 경련, 운동실조 등을 일으킨다는 것이다⁽³⁶⁾. 한편 암모니아의 말초적 피로요소 작용기전을 살펴보면 근육세포 내에 축적된 암모니아가 근육의 통증감지와 관련이 있는 구심성 신경을 자극하고⁽³⁷⁾, TCA cycle 및 당신생작용을 저해하며, 젖산생성을 초래함으로써 근육의 피로를 유발시킨다는 이론이다⁽³⁸⁾.

본 실험에서 EC군의 혈중 암모니아 농도는 $310 \pm 29.3 \mu\text{g/dL}$ 로 SC군($283 \pm 37.9 \mu\text{g/dL}$)에 비해 증가하는 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 아니었다($p > 0.05$). 복합물 A군 및 복합물 B군의 혈중 암모니아 농도는 각각 $260 \pm 27.6 \mu\text{g/dL}$ 와 $233 \pm 11.0 \mu\text{g/dL}$ 로 운동대조군에 비해서 감소하는 경향을 보였다(Fig. 5). 이와같이 복합물 B 섭취군에서 혈청 암모니아 농도가 운동대조군에 비해 더 낮게 나타난 것은 복합물 B가 운동수행에 따른 암모니아의 축적을 저해하는 효과를 나타낸 것으로 사료된다.

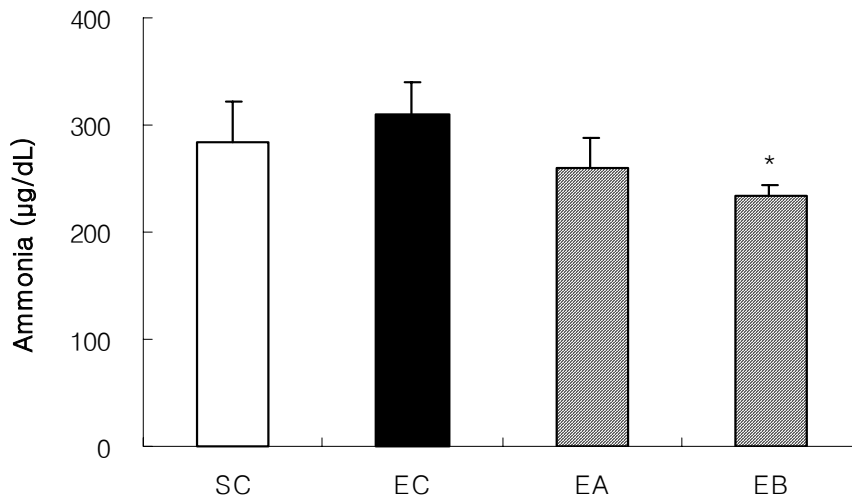


Fig. 5. Serum ammonia concentration of rats fed experimental diets along with exercise training.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at * $p < 0.05$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EA:** Exercised formula A supplemented group, **EB:** Exercised formula B supplemented group.

5. 혈청 젖산 농도

젖산은 무산소운동 중에 근세포질에 축적되는 피로물질의 일종이다. 운동으로 인해 젖산이 축적되면 체내 산성화가 초래되어 운동 중 당질대사에 관여하는 phosphorylase 활성이 저해되고, 결과적으로 무산소 상태에서 운동에너지의 급원이 되는 glucose 신생이 억제된다⁽³⁹⁾.

본 실험에서 운동대조군의 젖산농도는 65.2 ± 1.32 mg/dL로 나타나 비운동대조군(46.0 ± 3.61 mg/dL)에 비해 유의적으로 더 높았다($p < 0.01$) (Fig. 6). 이는 운동대조군의 지구력운동 수행시간이 비운동대조군보다 유의적으로 더 길었기 때문으로 풀이된다. 복합물 A군과 복합물 B군의 혈청 젖산 농도는 76.3 ± 7.51 mg/dL와 67.8 ± 6.94 mg/dL로 운동대조군과 차이가 없었다. 그러나 복합물 B군의 경우 탈진 시까지의 운동 지속시간이 운동대조군보다 더 길었던 것을 감안하면, 복합물 B는 젖산 축적을 억제하는 효과가 있을 것으로 사료된다. 본 과제의 1차년도 선형연구 결과에 의하면 홍삼섭취군에서 젖산축적 억제효과가 탁월한 것으로 나타났고, 따라서 복합물 B의 이러한 효과는 부분적으로 홍삼의 효능 때문일 것으로 추측된다.

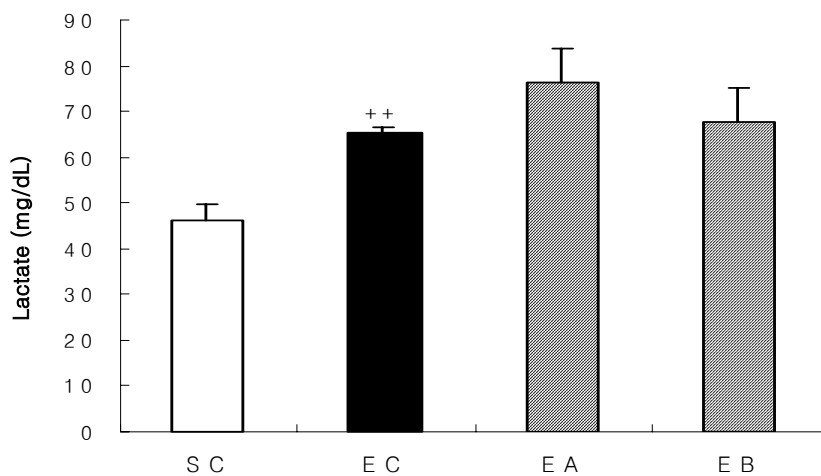


Fig. 6. Serum lactate concentration of rats fed experimental diets along with exercise training.

⁺⁺ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at ⁺⁺p<0.01.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EA:** Exercised formula A supplemented group, **EB:** Exercised formula B supplemented group.

6. 근육의 글리코겐 농도 및 효소 활성

탈진 시까지 주행운동을 수행한 직후 희생시킨 흰쥐로부터 적출한 근육을 대상으로 글리코겐 농도 및 효소활성을 측정된 결과는 Table 6에 제시된 바와 같다. 글리코겐 농도 및 lactate dehydrogenase(LDH) 활성은 비복근에서 측정하였으며, citrate synthase(CS) 활성은 가자미근에서 측정하였다. EC군의 근육 글리코겐 농도는 3.25 ± 0.52 mg/g tissue로 SC군(3.80 ± 0.70 mg/g tissue)에 비해 낮은 경향을 보였으나, 유의적이지는 않았다. EC군의 경우 주행시간의 증가로 인해 근육 글리코겐의 소모가 증대되었을 것으로 생각되며, 주행시간이 상대적으로 짧았던 SC군의 경우 근육 글리코겐 고갈이 덜 진행되었을 것으로 판단된다. 운동 후 근육 글리코겐의 저장상태는 탈진 시까지의 운동시간에 영향을 받는다는 최근 연구 결과에서도 이와 같은 가설을 뒷받침 해준다⁽⁴⁰⁾. 복합물 B군의 근육 글리코겐 농도는 3.93 ± 0.66 mg/g tissue로 운동대조군(3.25 ± 0.52 mg/g tissue)에 비해 높은 경향을 보였다. 복합물 B는 홍삼을 포함하고 있다는 점을 감안할 때, 본 연구 결과는 홍삼 섭취가 운동 후 근육의 글리코겐 농도를 증가시킨 것으로 나타난 선행연구 결과⁽⁴¹⁾, 그리고 본 과제외의 1차년도 연구결과와 일치하는 것이다. 따라서 복합물 B는 글리코겐 고갈을 저해시킴으로서 지구력운동 수행능력에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다.

운동수행능력 평가 후 탈진 상태에서 적출된 가자미근에서 측정된 citrate synthase 활성은 모든 실험군 간에 유의한 차이가 없었다. 운동 중에 무산소성 대사가 활발히 이루어지게 되면, lactate dehydrogenase 활성이 증가하게 된다⁽⁴²⁾. 즉, 글리코겐 또는 글루코스가 분해되어 ATP를 형성하는 과정에서 세포 내에 충분한 량의 산소가 공급되지 못하면, 무산소성 에너지 대사가 진행되어 근세포 질에 젖산이 축적되고 LDH 활성이 증가하게 된다. 본 실험에서 비복근의 LDH 활성을 측정된 결과, 운동대조군과 비운동대조군간에 유의한 차이가 없었다. 한편, 복합물 A군 또는 복합물 B군의 LDH 활성은 각각 9.14 ± 1.27 $\mu\text{mol/g tissue/min}$ 및 9.58 ± 0.82 $\mu\text{mol/g tissue/min}$ 로 운동대조군(4.29 ± 0.52 $\mu\text{mol/g tissue/min}$)에 비해 유의하게 더 높았다($p < 0.01$).

Table 6. Glycogen concentration and enzyme activities in the skeletal muscle of rats fed experimental diets along with exercise training

Group ¹⁾	Glycogen (mg/g tissue)	CS	LDH
		μmol/g tissue/min	
SC	3.25 ± 0.52	50.2 ± 2.42	3.95 ± 0.46
EC	3.80 ± 0.70	52.3 ± 1.53	4.29 ± 0.52
EA	3.11 ± 0.71	55.9 ± 3.41	9.14 ± 1.27**
EB	3.93 ± 0.66	53.3 ± 3.13	9.58 ± 0.82**

Values are Mean±SEM of 8 rats.

** Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at **p<0.01.

¹⁾SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EA: Exercised formula A supplemented group, EB: Exercised formula B supplemented group.

Part II: 일정시간(1시간) 운동부하를 실시한 실험 디자인

1. 체중증가량 및 근육무게

실험사육 기간동안 측정된 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율 결과는 Table 7에 제시된 바와 같다. 장기간 규칙적인 운동훈련을 받은 운동대조군(EC)의 식이섭취량은 비운동대조군(SC)에 비해 유의적으로 더 낮았다($p < 0.01$). 복합물 A군(EA)의 식이섭취량은 운동대조군에 비해 유의적으로 높았으며($p < 0.05$), 복합물 B군(EB)의 식이섭취량은 운동대조군보다 높은 경향을 보였으나, 통계적 유의성은 없었다($p > 0.05$).

운동대조군의 누적체중증가량은 비운동대조군에 비해 유의적으로 낮았으며($p < 0.01$), 복합물 A군 또는 복합물 B군의 누적 체중증가량은 운동대조군과 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$). 4 주간의 사육기간 동안 얻어진 식이섭취량과 체중증가량 자료를 토대로 식이효율을 계산한 결과, 운동대조군의 식이효율은 0.25 ± 0.02 로 비운동대조군(0.31 ± 0.02)보다 낮은 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었다($p > 0.05$). 이와같이 EC군의 식이효율이 SC군에 비해 더 낮게 나타난 것은 장기간의 지구력 운동훈련에 의해 에너지 소모량이 더 많았기 때문인 것으로 사료된다. 복합물 A군 또는 복합물 B군과 운동대조군 간에는 식이효율에 유의적 차이가 관찰되지 않았다($p > 0.05$).

Table 7. Food intake, body weight gain and food efficiency ratio of rats fed experimental diets along with exercise training for 4 weeks

Group	Food intake	Body weight gain	FER ¹⁾
	(g/day)	(g/4 weeks)	
SC	24.0 ± 0.09	215 ± 11.7	0.31 ± 0.02
EC	21.0 ± 0.09 ⁺⁺	153 ± 9.52 ⁺⁺	0.25 ± 0.02 ⁺
EA	21.2 ± 0.01 [*]	161 ± 5.80	0.26 ± 0.01
EB	21.2 ± 0.25	156 ± 7.15	0.25 ± 0.01

Values are Mean±SEM of 8 rats.

^{+,++} Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at ^{*}p<0.05 and ⁺⁺p<0.01, respectively.

^{**} Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at ^{**}p<0.01.

¹⁾SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EA: Exercised formula A supplemented group, EB: Exercised formula B supplemented group.

²⁾FER(Food efficiency ratio)=Body weight gain for experimental period (g/day) / Food intake for experimental period (g/day)

운동수행능력 평가 직후 탈진상태에서 비복근(gastrocnemius)과 가자미근(soleus)을 적출하여 무게를 측정 한 결과는 Table 8에 제시된 바와 같다. 체중 당 비복근의 및 가자미근 무게는 실험군간에 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

Table 8. Gastrocnemius and soleus muscle weights of rats fed experimental diets along with exercise training

Group ¹⁾	Gastrocnemius	Soleus
	g/kg BW	
SC	5.41 ± 0.09	0.37 ± 0.13
EC	5.60 ± 0.15	0.39 ± 0.01
EA	5.74 ± 0.06	0.38 ± 0.01
EB	5.77 ± 0.10	0.41 ± 0.01

Values are Mean±SEM of 8 rats.

¹⁾SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EA: Exercised formula A supplemented group, EB: Exercised formula B supplemented group.

2. 혈청 무기인산염 농도

1시간의 주행운동을 실시하고 혈청 무기인산염농도를 측정한 결과(Fig. 7), 운동대조군(EC)군은 5.9 ± 0.1 mg/dL 로 비운동대조군(SC, 6.6 ± 0.2 mg/dL)에 비해 유의적으로 더 낮았다($p < 0.05$). 훈련기간동안 복합물 A 또는 복합물 B를 섭취시킨 결과, 1시간의 주행운동 후 측정된 혈청 무기인산염 농도에 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$)

운동 중인 근육에서는 반복되는 근육수축에 의해 myosin과 actin의 친화력을 높이는 단계에서 ATP가 가수분해되고, 이로 인해 혈 중 무기인산농도가 급격히 증가하게 된다. 아울러, 일반적으로 운동 중에 혈청 무기인산농도가 급격히 증가하면 근섬유의 cross-bridge가 약화되면서 힘 생성이 저하되는 것으로 알려져 있다.

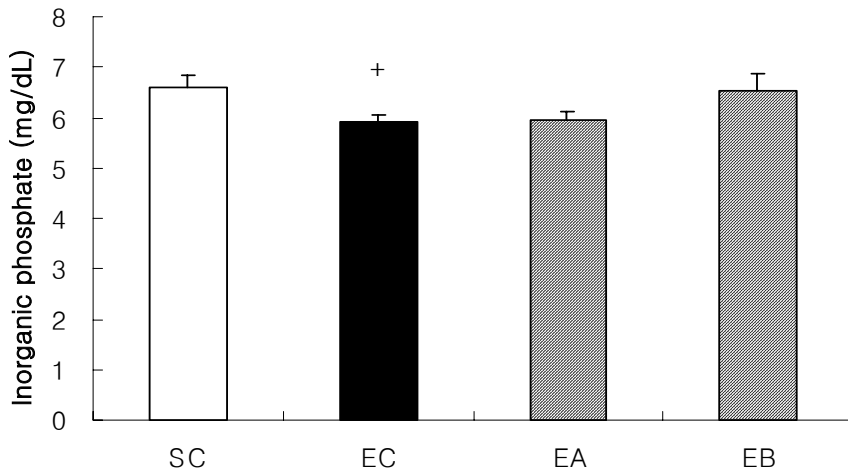


Fig. 7. Serum inorganic phosphate concentration of rats fed experimental diets along with exercise training.

Values are Mean \pm SEM of 8 rats.

+ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at $^+p < 0.05$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EA:** Exercised formula A supplemented group, **EB:** Exercised formula B supplemented group.

3. 혈청 glucose 농도

혈중 glucose 농도가 감소하면 피로감을 느끼게 되고, 지구력운동 수행능력을 저해하는 결과가 초래된다⁽³²⁾. 즉, 운동 후반부에 근육의 글리코겐 함량이 감소하면 혈중 glucose가 근육으로 유입되는 양이 증가하여 혈 중 glucose가 고갈되고 피로감을 느끼게 된다⁽³³⁾. 1시간의 운동부하실험 후 혈청 glucose 농도를 측정 한 결과(Fig. 8), 운동대조군은 131±8.19 mg/dL로 비운동대조군(168±5.63 mg/dL)에 비해 유의적으로 더 낮았는데($p<0.01$), 이는 비운동대조군의 경우 운동부하실험을 실시하지 않은 상태에서 희생하였기 때문으로 생각된다. 한편, 복합물 A군과 복합물 B군의 혈청 glucose 농도는 각각 164±8.76 mg/dL 및 173±6.88 mg/dL로 운동대조군에 비하여 유의하게 더 높았다($p<0.05$, $p<0.01$). 동일한 protocol의 운동부하실험을 실시한 상태에서 운동대조군과 실험식이군 간에 혈청 glucose 농도에 유의적인 차이가 나타나는 것은 복합물 A 또는 복합물 B가 혈청 glucose를 절약하는 효과가 있음을 시사하는 결과이다.

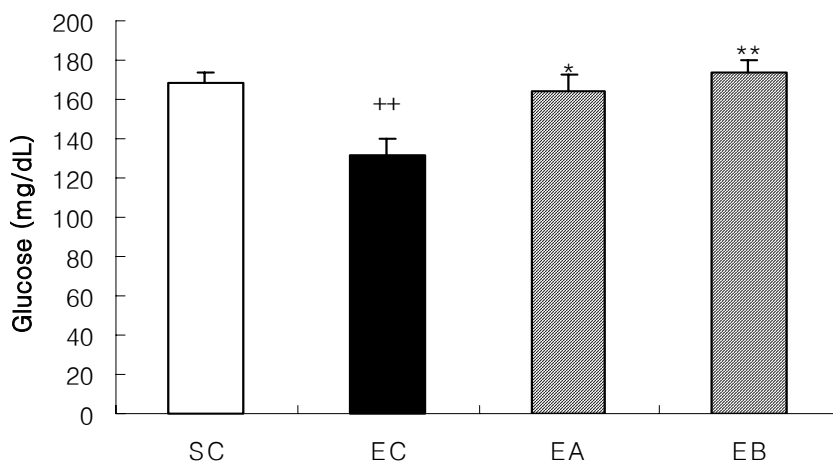


Fig. 8. Serum glucose concentration of rats fed experimental diets along with exercise training.

Values are mean±SEM of 8 rats.

++ Significantly different compared to the value for SC rats at $^{++}p<0.01$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EA:** Exercised formula A supplemented group, **EB:** Exercised formula B supplemented group.

4. 혈청 creatine kinase

Creatine kinase는 운동 중인 무산소 상태의 근육세포에서 ADP와 phosphocreatine으로부터 ATP를 합성하는 반응을 촉매하는 효소이다⁽³⁴⁻³⁵⁾. 본 실험에서 흰쥐를 대상으로 규칙적인 유산소성 지구력 운동훈련을 지속한 결과, 운동대조군의 혈청 CK 활성은 230 ± 17.2 IU/L로 비운동대조군(129 ± 6.71 IU/L)에 비해 유의하게 더 높았다($p < 0.01$). 복합물 A군의 creatine kinase 활성은 175 ± 12.7 IU/L, 그리고 복합물 B군은 192 ± 9.29 IU/L로 운동대조군보다 낮게 나타났으나, 통계적 유의성은 없었다($p > 0.05$).

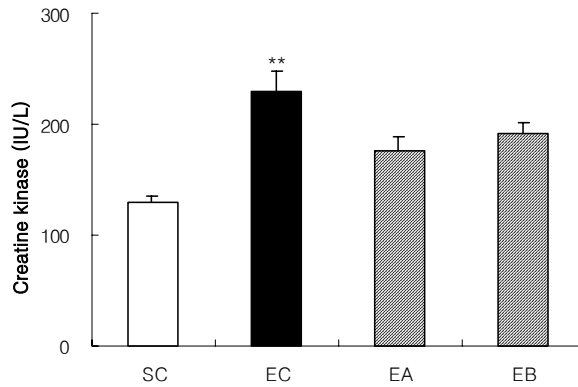


Fig. 9. Serum creatine kinase activity of rats fed experimental diets along with exercise training.

SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EA: Exercised formula A supplemented group, EB: Exercised formula B supplemented group.

5. 혈청 암모니아 농도

운동 시 아미노산 분해로 인해 생성된 암모니아가 피로요소로 인정받는 부분은 중추적 작용과 말초적 작용으로 구분된다. 암모니아의 중추적 피로작용 기전은 운동 시 갑자기 증가되는 암모니아 자체가 독성을 나타내 혼수상태, 경련, 운동실조 등을 일으킨다는 것이다⁽³⁶⁾. 한편 암모니아의 말초적 피로요소 기전을 살펴보면 근육세포 내에 축적된 암모니아가 근육의 통증감지와 관련이 있는 구심성 신경을 자극하고⁽³⁷⁾, TCA cycle 및 당신생작용을 저해하며 젖산생성을 초래함으로써 근육의 피로를 유발시킨다는 이론이다⁽³⁸⁾.

본 실험에서 운동대조군의 혈청 암모니아 농도는 $315 \pm 14.3 \mu\text{g/dL}$ 로 비운동대조군($266 \pm 9.25 \mu\text{g/dL}$)에 비해 유의하게 더 높았다($p < 0.05$). 비운동대조군은 1시간의 강제주행을 실시하지 않은 상태에서 희생하였기 때문에 혈청 암모니아 농도가 낮게 나타난 것으로 사료된다. 복합물 A군의 혈청 암모니아 농도는 $374 \pm 8.83 \mu\text{g/dL}$ 로 운동대조군에 비해서 유의하게 더 높은 한편($p < 0.01$), 복합물 B군의 혈청 암모니아 농도는 $300 \pm 11.8 \mu\text{g/dL}$ 로 운동대조군과 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$, Fig. 10).

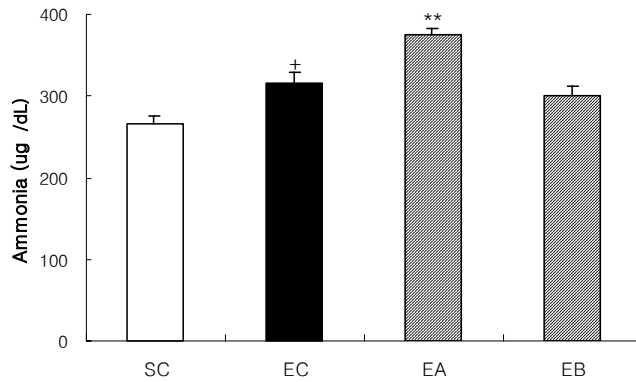


Fig. 10. Serum ammonia concentration of rats fed experimental diets along with exercise training.

+ Significantly different compared to the value for SC by independent samples t-test at $^+p < 0.05$.

** Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at $^{**}p < 0.01$.

SC: Sedentary control group, **EC:** Exercised control group, **EA:** Exercised formula A supplemented group, **EB:** Exercised formula B supplemented group.

6. 혈청 젖산 농도

젖산은 무산소운동 중에 근세포질에 축적되는 피로물질의 일종이다. 운동으로 인해 젖산이 축적되면 체내 산성화가 초래되어 운동 중 당질대사에 관여하는 phosphorylase 활성이 저해되고, 결과적으로 무산소 상태에서 운동에너지의 급원이 되는 glucose 신생이 억제된다⁽³⁹⁾.

본 실험에서 운동대조군의 젖산농도는 69.6 ± 8.71 mg/dL로 나타나 비운동대조군(62.7 ± 6.61 mg/dL)과 유의한 차이가 없었고, 복합물 A군 또는 B군의 혈청 젖산농도 역시 각각 57.4 ± 3.59 mg/dL, 51.7 ± 3.71 mg/dL로 운동대조군에 비해 낮게 나타났으나, 통계적 유의성은 없었다($p > 0.05$)(Fig. 11).

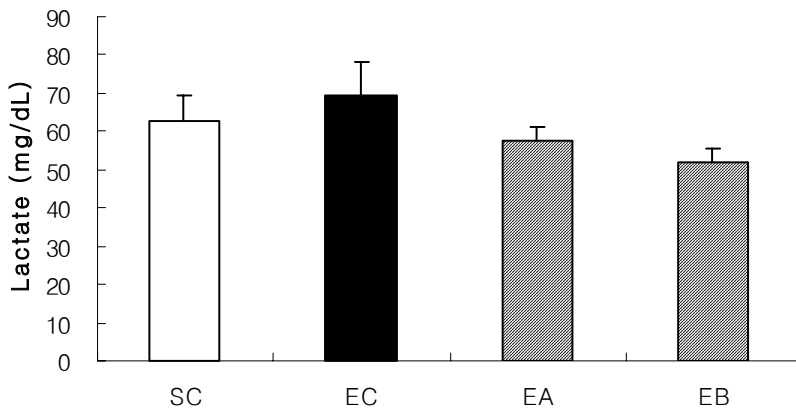


Fig. 11. Serum lactate concentration of rats fed experimental diets along with exercise training.

SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EA: Exercised formula A supplemented group, EB: Exercised formula B supplemented group.

7. 근육의 글리코겐 농도 및 효소 활성

탈진 시까지 주행운동을 수행한 직후 희생시킨 흰쥐로부터 적출한 근육을 대상으로 글리코겐 농도 및 효소활성을 측정된 결과는 Table 9에 제시된 바와 같다. 글리코겐 농도 및 lactate dehydrogenase(LDH) 활성은 비복근에서 측정하였으며, citrate synthase(CS) 활성은 가자미근에서 측정하였다. EC군의 근육 글리코겐 농도는 3.15 ± 0.48 mg/g tissue로 SC군(3.87 ± 0.70 mg/g tissue)에 비해 낮은 경향을 보였으나, 통계적 유의성은 없었다($p > 0.05$). 즉, 운동대조군의 경우는 운동수행에 의해 근육 글리코겐의 소모가 비운동대조군보다 더 증대되었을 것으로 생각된다. 복합물 B군의 근육 글리코겐농도는 3.96 ± 0.66 mg/g tissue로 운동대조군(3.15 ± 0.48 mg/g tissue)에 비해 높은 경향을 보였다. 복합물 B는 홍삼을 포함하고, 따라서 이와 같은 결과는 운동 후 홍삼 섭취가 근육의 글리코겐 농도를 높여준다는 선행연구 결과⁽⁴¹⁾, 그리고 본 과제의 1차년도 연구결과와 일치하는 것이다.

운동수행능력 평가 후 탈진 상태에서 적출된 가자미근에서 측정된 citrate synthase 활성은 EC군의 경우 46.7 ± 2.17 $\mu\text{mol/g tissue/min}$ 으로 나타나 SC군(42.2 ± 2.09 $\mu\text{mol/g tissue/min}$)에 비해 더 높은 경향을 보였고($p > 0.05$), 이는 선행연구 결과⁽⁴³⁾와 일치하고 있다. 복합물 A군의 citrate synthase 활성은 EC군에 비해 유의하게 더 높았다($p < 0.05$). 충분한 산소 공급이 이루어지는 상태에서 운동을 수행할 경우, 당질과 지방은 미토콘드리아내에서 TCA 회로 및 전자전달계를 거쳐서 ATP를 형성하게 된다. 따라서, 규칙적인 유산소 운동은 미토콘드리아내의 에너지대사에 관련된 효소의 활성을 증가시킴으로써 ATP 형성을 효율적으로 수행할 수 있도록 도와준다. Citrate synthase는 TCA (tricarboxylic acid) 회로의 첫 단계에서 citrate를 합성과정을 촉매하는 효소로서 일반적으로 유산소성 운동에 의하여 증가하는 것으로 알려져 있다⁽⁴⁴⁾.

운동 중에 무산소성 대사가 활발히 이루어지게 되면 lactate dehydrogenase 활성이 증가하게 된다⁽⁴²⁾. 즉, 글리코겐 또는 글루코스가 분해되어 ATP를 형성하는 과정에서 세포 내에 충분한 량의 산소가 공급되지 못하면, 무산소성 에너지 대사가 진행되어 근세포질에 젖산이 축적되고 LDH 활성이 증가하게 된다. 본 실험에서 비복근의 LDH 활성을 측정된 결과, 각 군간에 유의적인 차이를 나타내

지 않았다($p>0.05$). 따라서 흰 쥐에서 분속 25 m, 주 5회의 빈도로 4주간 실시한 지구력운동 훈련은 근육의 LDH 활성에 유의한 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 아울러 각 실험식이 첨가에 따른 LDH 활성 역시 유의한 차이가 관찰되지 않았다($p>0.05$).

Table 9. Glycogen concentration and enzyme activities in the skeletal muscle of rats fed experimental diets along with exercise training

Group ¹⁾	Glycogen (mg/g tissue)	CS	LDH
		μmol/g tissue/min	
SC	3.87 ± 0.70	42.2 ± 2.09	2.32 ± 0.39
EC	3.15 ± 0.48	46.7 ± 2.17	4.53 ± 0.87
EA	3.02 ± 0.64	53.2 ± 2.44*	3.49 ± 3.74
EB	3.96 ± 0.66	49.8 ± 2.14	5.25 ± 0.34

Values are Mean±SEM of 8 rats.

* Significantly different compared to the value for EC by independent samples t-test at * $p<0.05$.

¹⁾SC: Sedentary control group, EC: Exercised control group, EA: Exercised formula A supplemented group, EB: Exercised formula B supplemented group.

제4절 참고문헌

1. Holloszy, J.O. Muscle metabolism during exercise. Arch. Phys. Med. Rehabil. 63(5): 231-234. 1982
2. Saitoh, S., Tasaki, Y., Tagami, K. and Suzuki, M. Muscle glycogen repletion and pre-exercise glycogen content: effect of carbohydrate loading in rats previously fed a high fat diet. Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol. 68(6): 483-488. (1994)
3. Essig D.A., Costill, D. L. and Van Handel, P. J. Effects of caffeine ingestion on utilization of muscle glycogen and lipid during leg ergometer cycling. Int. J. Sports Med. 1: 86-90 (1980)
4. Greenhaff, P.L. Creatine and its application as an ergogenic aid. Int. J. Sport Nut. 5 Suppl: S100-S110 1995
5. Ekblom, B. Effects of creatine supplementation on performance. Am. J. Sports Med. 24(6 Suppl): S38-939 (1996)
6. Toler SM. Creatine is an ergogen for anaerobic exercise. Nutr. Rev. 55(1 Pt 1): 21-23 (1997)
7. 이명복, 김창규, 김귀봉, 박성순, 김현덕, 이상구. 인삼투여가 체력 및 체중감량에 미치는 영향. 국민대학교 스포츠과학연구소논문총 4: 99-111 (1985)
8. 이정국, 유승희, 김종열. 인삼복용이 운동선수의 운동수행능력 및 생화학적 변화에 관한 연구. 한국체육학회지 27(1): 1265-1285 (1988)
9. 박승하, 홍승길. 인삼이 운동을 부하한 근 조직의 대사활동에 미치는 영향. 대한정형외과학회지. 17(3): 397-403 (1982)
10. Brekhman II and Dardymov IV. Pharmacological investigation of glycosides from Ginseng and Eleutherococcus. Lloydia. 32(1): 46-51 (1969)
11. Martinez, B. and Staba, E.J. The physiological effects of Aralia, Panax and Eleutherococcus on exercised rats. Jpn. J. Pharmacol. 35(2): 79-85 (1984)
12. Hikino, H., Takahashi, M., Otake, K. and Konno, C. Isolation and

- hypoglycemic activity of eleutherans A, B, C, D, E, F, and G: glycans of *Eleutherococcus senticosus* roots. *J. Nat. Prod.* 49(2): 293-297 (1986)
13. 권오극. 오가피를 주성분으로 한 “엘로드”가 운동선수의 심폐 적성 및 운동능력에 미치는 효과. 경북대학교 박사학위 논문 (1989)
 14. 이인선. 삼백초[Saururus Chinesis (Lour.) Bail] 열수추출물의 항암 및 세포독성 저해 효과. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 8(2): 213-216 (2001)
 15. 한대석, 송효남, 김상희. 새로운 기능성식품 소재: 동충하초. *식품과학과 산업.* 32(3): 56-63 (1999)
 16. Bach, A., Debrt, G. and Metais, P. Hepatic metabolism of medium-chain triglyceride. *Bibl. Nutr. Diet.* 25: 24-35 (1977)
 17. Bremer, J. Carnitine and its role in fatty acid metabolism. *Trends. Biochem. Sci.* 2: 207-209 (1980)
 18. Geliebter, A., Torbay, N., Bracco, E.F., Hanshim, S.A. and Van Itallie, T.B. Overfeeding with medium-chain triglyceride diet results in diminished deposition of fat. *Am. J. Clin. Nutr.* 37(1): 1-4 (1983)
 19. Baba, N., Bracco, E.F. and Hanshim, S.A. Enduranced thermogenesis and diminished deposition of fat in response to overfeeding with diet containing medium chain triglyceride. *Am. J. Clin. Nutr.* 35(4): 678-682 (1982)
 20. Bray, G.A., Lee, M. and Bray, T.L. Weight gain of rats fed medium-chain triglyceride is less than rats fed long-chain triglyceride. *Int. J. Obes.* 4(1): 27-32 (1980)
 21. Fushiki, T., Matsumoto, K., Inoue, K., Kawada, T. and ugimoto, E. Swimming endurance capacity of mice is increased by chronic consumption of MCT. *J. Nutr.* 125(3): 531-539 (1995)
 22. 김덕중. MCT의 투여에 따른 지구성 훈련이 FFA와 Lipase에 미치는 영향. *운동과학회지.* 9(2): 319-324 (2000)
 23. Kabir, Y. and Kimura, S. Tissue distribution of (8-14C)-octacosanol in liver and muscle of rats after serial administration. *Ann. Nutr. Metab.* 39(5): 279-284 (1995)

24. Kabir, Y. and Kimura, S. Distribution of radioactive octacosanol in response to exercise in rats. *Nahrung*. 38(4): 373-377 (1994)
25. Kato, S., Karino, K., Hasegawa, Nagasawa, J., Nagasaki, A., Eguchi, M., Ichinose, T., Tago, K., Okumori, H. and Hamatani, K. Octacosanol affects lipid metabolism in rats fed on a high-fat diet. *Br. J. Nutr.* 73(3): 433-441 (1995)
26. 안의수, 안병철, 김완수, 이한, 제세영, 박기문, 이수원. Octacosanol 섭취가 지구성 운동능력에 미치는 효과. *운동영양학회지*. 3(2): 85-94 (1999)
27. Dudley, G.A., William, M.A. and Ronald, L.T. Influence of exercise intensity and duration on biochemical adaptation in skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise. Physiol.* 53: 844-850 (1982)
28. Chun, Y. and Yin, Z.D. Glycogen assay for diagnosis of female genital chlamydia trachomatis infection. *J. Clin. Microbiol.* 36(4): 1081-1082 (1998)
29. Pesce, A. and Mckay, R.H. Stolzenbach, F., Ccahn, R.D. and Kaplan, N.O. Comparative enzymology of LDH. *J. Biol. Chem.* 239: 1753-1761 (1964)
30. Srere, P.A. Citrate synthase. *Methods in enzymology*. 13: 3-11 (1969)
31. 오학수. 웨이트 트레이닝 모델에 의한 운동부하가 흰쥐의 가자미근과 장단지근의 핵소체 형성부위 활성화에 미치는 효과. *한국체육학회지*. 33(3): 409-417 (1994)
32. Koyuncuoclu, H., Keyer, M., Simsek, S. and Sagduyu, H. Ammonia intoxication: change of brain level of putative neurotransmitter and related compounds and its relevance to hepatic coma. *Pharmacol. Res. Commun.* 10: 787-807 (1978)
33. MacLaren, D.P.M., Gibson, H., Parry-Billings, M. and Edward, R.H.T. Exercise and sport science review: A review of metabolism and physiological factors in fatigue. Vol. 7: 29-66 (1989)
34. Haas, R.C. and Strauss, A.W. Separate nuclear genes encode sarcomere-specific and ubiquitous human mitochondrial creatine kinase isoenzymes. *J. Biol. Chem.* 265: 6921-6927 (1990)

35. Wallimann, T., Wyss, M., Brdiczka, D., Nicolay, K. and Eppenberger, H.K. Intracellular compartmentation, structure and function of creatine kinase isoenzymes in tissues with high and fluctuating energy demands: the phosphocreatine circuit for cellular energy homeostasis. *Biochem. J.* 281: 21-40 (1992)
36. Banister, E.W. and Cameron, B.J.C. Exercise-induced hyperammonia: peripheral and central effects. *Int. J. Sports. Med.* 11.(Suppl 2): S129-S142 (1990)
37. Mitchell, J.H. Neural control of the circulation during exercise. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 22: 141-154 (1990)
38. Koyuncuoclu, H., Keyer, M., Simsek, S. and Sagduyu, H. Ammonia intoxication: change of brain level of putative neurotransmitter and related compounds and its relevance to hepatic coma. *Pharmacol. Res. Commun.* 10: 787-807 (1978)
39. MacLaren, D.P.M., Gibson, H., Parry-Billings, M. and Edward, R.H.T. Exercise and sport science review: A review of metabolism and physiological factors in fatigue. Vol. 7: 29-66 (1989)
40. Meneguello, M. O., Mendoca, J.R., Lancha Jr, A.H and Costa Rosa, L.F.B.P. Effect of arginine, ornithine and citrulline supplementation upon performance and metabolism of trained rats. *Cell. Biochem. Funct.* 21: 85-91 (2003)
41. Wang, L.C. and Lee, T.F. Effect of ginseng saponin on exercise performance in nontrained rats. *Planata. Med.* 64(2): 130-133 (1988)
42. Messonnier, L., Freund, H., Feasson, L., Prieur, F., Castells, J., Denis, C., Linossier, M.T., Geysant, A. and Lacou,r J.R. Blood lactate exchange and removal abilities after relative high-intensity exercise: effects of training in normoxia and hypoxia. *Eur. J. Appl. Physiol.* 84(5): 403-412 (2001)
43. Ferrando, A., Vila, L., Voces, J.A., Cabral, A.C., Alvarez, A.I. and Prieto, J.G. Effects of ginseng extract on various haematological parameters

- during aerobic exercise in the rats. *Planta. Med.* 65: 288-290 (1990)
44. Howlett, R.A., Gonzalez, N.C., Wagner, H.E., Fu, Z. and Britton, S.L. Koch LG, Wagner PD. Skeletal muscle capillarity and enzyme activity in rats selectively bred for running endurance. *J. Appl. Physiol* 94: 1682-1688 (2003)

제11장 개소주가 운동수행능력과 혈중 피로요소에 미치는 효과에 관한 인체실험

제1절 서론

과학문명의 발달과 급변하는 사회에서 살아야하는 현대인들은 절대적으로 부족한 신체적 활동량과 환경오염에 의한 생활 환경의 악화, 그리고 정신적인 스트레스에 노출되어 건강한 삶을 영위하는데 많은 어려움을 겪고 있다. 이에 대한 대안으로 규칙적인 운동이 가장 경제적이고 효율적인 극복기제로 제시되고 있지만, 현대인들은 대부분의 좌업생활과 바쁜 일상생활에 의한 피곤함, 무기력감, 물질문명의 발달로 인하여 신체활동의 감소, 그리고 여가시간 부족 등의 이유로 운동보다는 자양강장제(tonics)의 복용을 선호한다.

국내에서 자양강장제로 사용되는 것은 뱀탕, 보신탕과 같은 보양식품, 인삼과 녹용 류의 한약제, 비타민과 미네랄 등의 영양보충식품 그리고 스쿠알렌과 자라 등의 건강보조식품 등으로 매우 다양하며, 국외에서는 비타민 C 등의 영양제, rosemary oil 등의 허브제품, 에페드라와 마황 등 환각작용이 있는 식물체 등을 복용하고 있다. 자양강장제란 건강의 유지 또는 개선에 관계되는 모든 요소들을 종합적으로 표현한 포괄적인 개념이기 때문에 건강과 관련된 모든 먹거리가 자양강장제 범주에 포함될 수 있으며, 세계 각국에서 다양하게 이용되고 있지만, 그 효과는 주로 구전과 고문서에 의존하거나, 간단한 in vitro 실험 또는 부분적인 동물실험에 근거하고 있으며, 아직 체계적인 임상실험을 통해 과학적으로 검증된 제품은 거의 없다고 보아도 무방하다. 따라서 임상실험에 의해 이의 효용성이 필요하고, 더 나아가 운동수행에 있어 지구력을 향상시킬 수 있는 대체의학 제품의 개발은 현대인의 건강증진의 측면에서 충분히 의미 있는 일일 것이다.

최근 국제적으로 대체의학에 관한 관심이 고조되면서 미국에서는 National Institute of Health 산하에 National Center for Complementary & Alternative Medicine을 설립하고, 연간 약 700만 달러의 예산을 들여, 대체의약품에 대한 임

상실험을 실시함으로써 기존의 의학 범주와 별도로 질병(암, 당뇨, 심장질환)의 예방과 치유에 대한 연구를 본격화하고 있다. 물론, 국내에서도 대체의학이 점차적으로 의학의 한 분야로 인정되어 발전하고 있으며, 건강증진을 위한 제품 개발의 필요성이 대두되고 있다. 과거 대체의학은 비과학적인 민간요법의 하나로 치부되었으나 그 효용성이 과학적으로 점차 검증됨에 따라 국내에서도 homeopathy, aroma-therapy, 침술 등 다양한 각도에서 연구되어지고 있으며, 그 영역 또한 확대되고 있다. 그러나 부작용이 거의 없는 식품의 공급측면에서 자양강장제의 임상실험은 국내 뿐 아니라 국외에서도 아직 다양한 연구가 이루어지지 않고 있다.

운동능력 향상과 관련하여 현재 국외에서는 에너지 식품 또는 스포츠 음료라 하여 시판되고 있는 제품이 있으며, 이들은 주로 글루타민산, 타우린, 카르니틴 또는 글리코겐 등을 공급하는 제품들이다. 그러나 이러한 제품들도 임상적인 효능의 평가 하에 개발된 제품은 아니며, 국내에서도 건강 보양식으로, 뱀, 곰솔개, 사슴 피, 지네 등이 일부 계층의 국민이 선호하여 이용하고 있지만, 그에 대한 효능은 검증된 바 없다.

이에 본 연구는 최근 몇몇 국가의 동물 애호가로부터 비난을 받기도 했지만, 고대로부터 구전(口傳)에 의해서 건강 보양식으로서 효과가 제기된 개고기를 사용하여, 각종 한약재를 첨가한 열수추출 증탕액인 개소주의 효능을 운동수행능력의 측면에서 살펴보고자 하였다. 운동수행능력의 향상을 위해 ergogenic acids 중 약물보조제(스테로이드, 카페인, erythropoietic)나 생리물질(sodium bicarbonate, sodium citrate, 수혈 등)을 일정량 이상 복용하는 것은 단기간 내에 운동수행능력을 현저히 증가시키는 효력을 나타낼 수 있으나, 이를 지속적으로 복용할 경우 치명적인 부작용으로 인해 궁극적으로 건강을 해치게 된다고 알려져 있다. 이 때문에 IOC에서도 이의 복용을 금지시키고 있다. 그러나 본 연구에서 사용하고자 하는 개소주는 식품으로서 부작용 없이 안전하게 섭취할 수 있으며, 한국의 전통적인 식품에서 추출된 자양강장제로 인정받을 수 있는 제품이 될 가능성은 농후하다.

그러나 이에 대한 식품, 영양학적인 분석은 물론이거니와 그에 대한 건강의 효능성은 과학적인 검증이 거의 이루어지지 않았다. 따라서, 본 연구는 건강보조식

품이나 영양보충식품으로서 널리 알려진 개소주의 복용이 운동수행에 대한 효능 및 피로요인에 미치는 영향을 검증하는데 그 목적이 있다.

제2절 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구의 대상자는 고혈압, 심장기능 이상, 위장병 등과 같은 질병이 없고, 주당 7시간 이상 정기적인 신체활동에 참가하는 현재 체육학을 전공하는 남자 대학생 12명을 대상으로 하였으며, 12명의 대상자들은 무작위로 개소주군 6명, 위약군 6명으로 나누어 배정하였다.

2. 절대 운동강도와 운동시간

운동강도는 제품의 섭취전 실험과 섭취후 실험, 총 2회의 실험을 실시하는 동안 모두 4%의 경사도와 7 mph (188 m/min)의 속도인 절대강도로 대상자가 더 이상 운동을 지속하지 못하는 all-out 시점까지 실시하였고, 운동 종료후 30분의 회복기를 가졌다.

3. 체구성비의 측정

체구성비의 측정은 전기 저항법에 의해서 측정되는 Biodynamics社(U.S.A) Model 310의 Body Composition Analyzer를 이용하여 체지방율(%), 체지방량(kg), 체지방량(kg), 그리고 수분의 양(liter)을 측정하였다.

4. 개소주와 위약의 구성성분 및 섭취방법

위약과 개소주의 구성성분은 다르나, 그 맛을 동일하게 함으로써 대상자들이 인식하지 못하도록 한국식품개발연구원에서 제조하였다. 제품의 섭취는 섭취 전 실험이 끝난 후 1일 4회, 4주 동안 섭취하도록 하였으며, 개소주와 위약 섭취후 실험은 섭취전과 동일한 형태의 실험을 실시하여 위약과 개소주의 섭취 효능을 변인에 따라 분석하였다. 제품은 14 kg(액상) 정도의 수율로 얻고, 1회 117g의 파우치로 포장하여 1일 478g을 섭취하도록 하였다.

5. 채혈

혈액 채취는 투여전과 투여후 각 테스트에서 안정시, 운동 종료, 회복 30분 후에 실시하였고, 2회의 실험동안 총 6회의 채혈을 실시하였다. 혈액은 각각의 시기마다 5, 10 mL vaccumtube(진공채혈관)과 22 gage needle을 이용하여 전완 정맥(antecubital vein)에서 채혈하였다.

6. 혈액 분석

채취한 혈액으로 젖산, 암모니아, 무기인산, 요산, pH를 분석하였다.

7. 실험절차

본 실험은 연세대학교 운동생리실험실에서 실시하였으며, 본 실험에 참여한 12명의 피험자들은 무작위로 개소주군 6명, 위약 투여군 6명으로 나누어 배정하여, 투여전과 투여 후 총 2회의 실험에 참여하였다.

실험을 실시하기 전 실험에 참여한 모든 대상자에게 연구의 목적 및 진행절차, 그리고 실험 중 발생할 수 있는 위험 요소에 대해서 충분히 설명하였으며, 실험기구에 대한 전반적인 적응 훈련을 실시하였다. 대상자들에게는 본인이 실험 참가를 원하지 않는 경우에는 언제라도 자유롭게 본 실험의 참가를 그만 둘 수 있다는 사항들을 포함한 실험 동의서를 받았다. 실험에 참여하는 모든 피험자들은 실험이 진행되는 동안 타당성 있는 결과를 얻기 위하여 심한 운동이나 흡연, 음주, 그리고 평상시와 다른 식이요법이나 약물 복용 및 주입을 금하도록 하였다.

모든 실험이 최대한 안정된 상태에서 측정이 이루어지도록 하기 위하여, 피험자들은 실험전과 당일 무리한 신체활동을 삼가도록 하였고, 실험 전날 충분한 수면을 취하도록 하였으며, 혈액 성분의 평형을 유지할 수 있도록 실험 6시간 전에는 물 이외의 음식을 금하고, 실험 시간을 동일하게 맞추도록 하여 일관성을 유지할 수 있도록 노력하였다.

피험자가 실험실에 도착하면, 우선 신장과 체중을 측정하였으며, 체지방을 측정하고 충분한 휴식을 취하도록 하였다. 휴식 후 약간의 준비운동으로 몸을 풀도

록 한 뒤, 피험자를 의자에 앉게 하여 MDE社(美) ESCORT 100 Monitor의 케이블과 연결하는 전극(electrode)을 신체에 정해진 다섯 부위에 부착한 후, 정확한 심박수를 측정하기 위해 Polar 社(美)의 Heart Rate Monitor를 연결하였다.

심박수가 분당 70회 이하의 안정상태가 확인되면 안정시 채혈을 실시한 후 테스트에 들어갔으며, 테스트는 모두 Quinton 社(美)의 Q65 트레드밀을 이용하였다.

피험자들은 모두 절대강도인 7 mph의 속도와 4%의 경사도에서 테스트를 실시하였으며, 처음 운동이 시작되면 무리한 과부하를 주지 않기 위하여, 0%의 경사도와 1.2 mph의 속도에서 시작하여 1분에서 2분까지는 매 분마다 경사도 1%, 속도 1 mph를 증가시키고 3분과 4분에는 경사도 1%, 속도 2 mph를 증가시켰으며, 경사도 4%, 속도 7 mph가 되면 일정하게 유지시켜 주었다. 운동시간은 대상자들이 더 이상 운동을 수행할 수 없는 all-out 시점으로 측정하였고, 테스트시 5분 간격으로 피험자가 운동을 수행함에 있어서 어느 정도의 피로를 느끼고 있는지를 조사하기 위해 Borg의 15 RPE Scale을 확인하고 기록하였다. 운동이 종료되면 종료시 채혈을 하였고, 30분간 편안한 자세로 회복기에 들어갔다. 운동종료 후 30분(회복)에 채혈한 후 테스트를 종료하였다.

섭취전 실험을 마친후, 피험자들이 그 특성을 인식하지 못하도록 제조한 위약과 개소주를 1일 4회, 4주 동안 섭취하도록 하였다. 섭취 후 모든 피험자들은 섭취전과 같은 실험을 실시하였다.

8. 자료처리방법

본 연구에서 얻은 자료는 SPSS/+PC+ v11.0 프로그램을 이용하여 기술통계량으로 평균과 표준편차를 산출하였고, 섭취(섭취전과 후)간, 그룹(개소주와 위약)간, 시점(안정시, 운동종료시, 회복 30분후)간의 운동수행 시간 및 피로요소들의 변화의 차이를 알아보기 위해 두 개의 반복요인이 있는 반복측정자료의 다원배치 분산분석법(Multiway Repeated Measures of ANOVA)을 적용하여 분석하였다. 또한 Scheffe의 사후 검증법을 이용하였으며, 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 이하로 하였다.

제3절 연구 결과

1. 운동수행력 변화

개소주와 위약 섭취에 따른 운동수행력의 변화는 <표 1>에 나타나 있으며, 모든 조건에서 운동수행력은 통계적으로 유의한 차가 나타나지 않았다($p>0.05$).

개소주군의 경우, 섭취전과 섭취후 통계적으로 유의한 차는 나타나지 않았으나($p>0.05$), 섭취전에 비해 섭취후에 운동시간이 1분 22초 연장되었다.

위약군의 경우, 섭취전과 섭취후 거의 동일한 운동 시간을 기록하였으며, 유의한 차이는 나타나지 않았다($p>0.05$).

표 1. 운동시간의 변화(min)

SB	32.22 ± 10.13*
PB	28.04 ± 8.54
SA	33.44 ± 10.24
PA	28.68 ± 9.26

* (Mean±SD)

SB, 개소주군 섭취전; PB, 위약군 섭취전; SA, 개소주군 섭취후; PA, 위약군 섭취후

2. 젖산 농도의 변화

개소주와 위약 섭취에 따른 혈중 젖산 농도의 변화는 <표 2>에 나타나 있다. 모든 조건에서 안정시 혈중 젖산 농도는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나($p>0.05$), 모든 조건에서 혈중 젖산 농도는 운동이 진행됨에 따라 증가되었으며, 운동종료 후 회복 30분 후에 안정 시 수준으로 감소되는 경향을 보였다.

개소주군의 경우, 섭취전 안정시와 운동 종료 시, 회복 30분에서 각각 $6.42\pm 4.42 \mu\text{mol/L}$, $55.96\pm 28.32 \mu\text{mol/L}$, $15.76\pm 7.45 \mu\text{mol/L}$ 로 통계적으로 유의한 차가 나타나지 않았으며($p>0.05$), 섭취후에도 안정 시와 운동 종료 시, 회복 30분에서 각각 $8.22\pm 3.60 \mu\text{mol/L}$, $59.22\pm 38.56 \mu\text{mol/L}$, $18.12\pm 13.18 \mu\text{mol/L}$ 로

나타나 통계적으로 유의한 차가 나타나지 않았다($p>0.05$).

위약군의 경우, 섭취전 안정 시와 운동 종료 시, 회복 30분에서 각각 $5.30\pm 2.13 \mu\text{mol/L}$, $58.77\pm 18.34 \mu\text{mol/L}$, $15.58\pm 6.23 \mu\text{mol/L}$ 로 통계적으로 유의한 차가 나타나지 않았으며($p>0.05$), 섭취후에도 안정 시와 운동 종료 시, 회복 30분에서 각각 $7.25\pm 0.82 \mu\text{mol/L}$, $46.18\pm 23.75 \mu\text{mol/L}$, $25.05\pm 21.01 \mu\text{mol/L}$ 로 나타나 통계적으로 유의한 차가 나타나지 않았다($p>0.05$).

개소주와 위약 섭취에 따른 혈중 젖산 농도의 변화는, 개소주 섭취후 운동 종료시 가장 낮은 젖산수치를 보였으나, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다($p>0.05$).

표 2. 젖산 농도의 변화(mg/dL)

	안 정	종 료	회 복 30분
SB	$6.42 \pm 4.42^*$	55.96 ± 28.32	15.76 ± 7.45
PB	5.30 ± 2.13	58.77 ± 18.34	15.58 ± 6.23
SA	8.22 ± 3.60	59.22 ± 38.56	18.12 ± 13.18
PA	7.25 ± 0.82	46.18 ± 23.75	25.05 ± 21.01

* (Mean \pm SD)

SB, 개소주군 섭취전; PB, 위약군 섭취전; SA, 개소주군 섭취후; PA, 위약군 섭취후

3. 암모니아 농도의 변화

개소주와 위약 섭취에 따른 혈중 암모니아 농도의 변화는 <표 3>에 나타나 있다. 모든 조건에서 안정시 혈중 암모니아 농도는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나($p>0.05$), 모든 조건에서 혈중 암모니아 농도는 운동이 진행됨에 따라 증가되었으며, 운동종료 후 회복 30분 후에 안정시 수준으로 감소되는 경향을 보였다.

개소주군의 경우, 섭취전 안정 시와 운동 종료 시 각각 $27.60\pm 4.22 \mu\text{mol/L}$, $101.20\pm 13.29 \mu\text{mol/L}$, 그리고 운동 종료 시와 회복 30분에서 각각 101.20 ± 13.29

μmol/L, 42.40±10.78 μmo/L로 나타나 통계적으로 유의한 차를 보였으며 (p<0.05), 섭취후에는 안정 시와 운동 종료 시 각각 29.40±7.50 μmol/L, 98.00±17.07 μmol/L, 그리고 운동 종료 시와 회복 30분에서 각각 98.00±17.07 μmol/L, 32.00±7.87 μmol/L로 나타나 통계적으로 유의한 차가 나타났다(p<0.05). 그러나, 섭취전과 섭취후 시점 간에서는 유의한 차가 나타나지 않았다(p>0.05).

위약군의 경우, 섭취전 안정 시와 운동 종료 시 각각 28.17±12.86 μmol/L, 96.83±11.91 μmol/L, 그리고 운동 종료 시와 회복 30분에서 각각 96.83±11.91 μmol/L, 37.83±8.57 μmo/L로 통계적으로 유의한 차가 나타났으며(p<0.05), 섭취 후에는 안정 시와 운동 종료 시 각각 29.50±11.57 μmol/L, 97.00±22.69 μmol/L를 보여 통계적으로 유의한 차가 나타났다(p<0.05).

개소주와 위약 섭취에 따른 혈중 암모니아 농도의 변화는 개소주 섭취후 운동 종료 시 개소주군이 위약군보다 낮은 수치를 보였으나, 통계적으로 유의한 차이가 없었고(p>0.05), 회복 30분 후에도 개소주군이 위약군보다 낮은 수치를 보였으나, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(p>0.05).

표 3. 암모니아 농도의 변화(μmol/L)

	안 정	종 료	회 복 30분
SB	27.60 ± 4.22 ^A	101.20 ± 13.29*	42.40 ± 10.78**
PB	28.17 ± 12.86	96.83 ± 11.91*	37.83 ± 8.57**
SA	29.40 ± 7.50	98.00 ± 17.07*	32.00 ± 7.87**
PA	29.50 ± 11.57	97.00 ± 22.69*	64.00 ± 37.27

^A : (Mean±SD)

SB, 개소주군 섭취전; PB, 위약군 섭취전; SA, 개소주군 섭취후; PA, 위약군 섭취후

* : 안정시와 운동종료시의 유의한 차이

** : 운동종료시와 회복30분의 유의한 차이

4. 무기인산 농도의 변화

개소주와 위약 섭취에 따른 혈중 무기인산 농도의 변화는 <표 4>에 나타나 있다. 모든 조건에서 안정시 혈중 무기인산의 농도는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나($p>0.05$), 운동이 진행됨에 따라 증가되었으며, 운동 종료 후 회복 30분 후 안정시 수준으로 감소되는 형태를 보였다.

개소주군의 경우, 섭취전 안정시와 운동종료 시, 회복 30분에서 각각 4.98 ± 1.12 mg/dL, 5.66 ± 1.66 mg/dL, 4.50 ± 0.82 mg/dL로 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으며($p>0.05$), 섭취 후에도 안정시, 운동종료 시, 회복 30분에서 각각 4.82 ± 0.24 mg/dL, 6.24 ± 0.70 mg/dL, 4.98 ± 0.40 mg/dL로 나타나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다($p>0.05$).

위약군의 경우, 섭취전 안정시, 운동종료 시, 회복 30분에서 각각 4.95 ± 0.68 mg/dL, 5.75 ± 0.78 mg/dL, 4.87 ± 1.01 mg/dL로 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으며($p>0.05$), 섭취 후에도 안정시, 운동종료 시, 회복 30분에서 각각 4.92 ± 0.80 mg/dL, 5.52 ± 0.34 mg/dL, 4.78 ± 0.88 mg/dL로 나타나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다($p>0.05$).

개소주와 위약 섭취에 따른 혈중 무기인산 농도의 변화는 운동종료 시와 회복 30분 후 섭취전에 비해 섭취후 높은 수치를 나타냈으나, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다($p>0.05$).

표 4. 무기인산 농도의 변화(mg/dL)

	안 정	종 료	회 복 30분
SB	$4.98 \pm 1.12^*$	5.66 ± 1.66	4.50 ± 0.82
PB	4.95 ± 0.68	5.75 ± 0.78	4.87 ± 1.01
SA	5.82 ± 0.24	6.98 ± 0.40	8.24 ± 0.70
PA	5.10 ± 0.79	6.78 ± 0.88	7.52 ± 0.34

* (Mean±SD)

SB, 개소주군 섭취전; PB, 위약군 섭취전; SA, 개소주군 섭취후; PA, 위약군 섭취후

5. 요산 농도의 변화

개소주와 위약 섭취에 따른 혈중 요산 농도의 변화는 <표 5>에 나타나 있다. 모든 조건에서 안정시 혈중 요산 농도는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나 ($p>0.05$), 운동이 진행됨에 따라 증가되었으며, 회복 30분까지 계속적으로 증가하는 경향을 보였다.

개소주군의 경우, 섭취전 안정시, 운동종료시, 회복 30분에서 각각 7.20 ± 3.00 mg/dL, 7.44 ± 2.30 mg/dL, 8.02 ± 1.62 mg/dL로 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으며($p>0.05$), 섭취 후에도 안정시, 운동종료시, 회복 30분에서 각각 5.22 ± 0.74 mg/dL, 5.82 ± 0.67 mg/dL, 6.42 ± 0.79 mg/dL로 나타나 통계적으로 유의한 차이는 없었으나($p>0.05$), 섭취전보다 낮은 수치를 나타내었다.

위약군의 경우, 섭취전 안정시, 운동종료시, 회복 30분에서 각각 5.37 ± 2.30 mg/dL, 5.96 ± 2.39 mg/dL, 6.80 ± 2.50 mg/dL로 통계적으로 유의한 차이는 없었으며($p>0.05$), 섭취 후에도 안정시, 운동종료시, 회복 30분에서 각각 4.30 ± 1.18 mg/dL, 4.70 ± 0.97 mg/dL, 6.42 ± 0.79 mg/dL로 나타나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$).

개소주와 위약 섭취에 따른 혈중 요산 농도의 변화는 개소주군과 위약군 모두 섭취전보다 섭취후 낮은 수치를 나타냈으나 통계적으로 유의한 차이는 없었고 ($p>0.05$), 개소주군이 위약군보다 더 큰 감소폭을 나타냈으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$).

표 5. 요산 농도의 변화(mg/dL)

	안 정	종 료	회 복 30분
SB	$7.20 \pm 3.00^*$	7.44 ± 2.30	8.02 ± 1.62
PB	5.37 ± 1.98	5.97 ± 2.39	6.80 ± 2.50
SA	5.22 ± 0.74	5.82 ± 0.67	6.42 ± 0.79
PA	4.30 ± 1.18	4.70 ± 0.97	4.88 ± 1.30

* (Mean±SD)

SB, 개소주군 섭취전; PB, 위약군 섭취전; SA, 개소주군 섭취후; PA, 위약군 섭취후

6. pH 농도의 변화

개소주와 위약 섭취에 따른 혈중 pH 변화는 <표 6>에 나타나 있다. 모든 조건에서 안정시 혈중 pH 변화는 통계적으로는 유의한 차이가 없었으나($p>0.05$), 운동이 진행됨에 따라 증가되었으며, 운동종료 후 회복 30분에 따라 안정시 수준에 가깝게 감소되는 형태를 보였다.

개소주군의 경우, 섭취전 안정시, 운동종료시, 회복 30분에서 각각 7.66 ± 0.15 , 7.60 ± 0.12 , 7.74 ± 0.06 로 통계적으로 유의한 차이는 없었으며($p>0.05$), 섭취 후에도 안정시, 운동종료시, 회복 30분에서 각각 7.66 ± 0.21 , 7.46 ± 0.24 , 7.57 ± 0.37 로 나타나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$).

위약군의 경우, 섭취전 안정시, 운동종료시, 회복 30분에서 각각 7.53 ± 0.11 , 7.46 ± 0.16 , 7.53 ± 0.11 로 통계적으로 유의한 차이는 없었으며($p>0.05$), 섭취 후에도 안정시, 운동종료시, 회복 30분에서 각각 7.64 ± 0.15 , 7.52 ± 0.21 , 7.54 ± 0.14 로 나타나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$).

표 6. pH의 변화

	안 정	종 료	회 복 30분
SB	$7.66 \pm 0.15^*$	7.60 ± 0.12	7.74 ± 0.06
PB	7.53 ± 0.11	7.46 ± 0.16	7.53 ± 0.11
SA	7.66 ± 0.21	7.46 ± 0.24	7.57 ± 0.37
PA	7.64 ± 0.15	7.52 ± 0.21	7.54 ± 0.14

* (Mean±SD)

SB, 개소주군 섭취전; PB, 위약군 섭취전; SA, 개소주군 섭취후; PA, 위약군 섭취후

제4절 결론

이상의 결과들을 종합해보면, 개소주군과 위약군에서의 섭취전과 섭취후 암모니아 농도에서만 안정시와 운동종료시, 운동종료시와 회복 30분 후에서 유의한 차이가 나타났을 뿐($p < 0.05$), 운동수행력, 젓산, 무기인산, 요산, pH에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$). 따라서, 개소주의 복용으로 인한 운동수행에 대한 효능 및 피로요인에 미치는 영향은 미비하다고 할 수 있다.

제5절 참고문헌

- Asano, K, Takahashi, T., Miyashita, M, Matsuzaka, A., Muramatsu, S., Kuboyama, M., Kugo, H, Imai, J. (1986). Effect of Eleutherococcus senticosus extract on human physical working capacity. *Planta Med.* Tun;(3):175-7.
- Cureton, T. K. (1972). The physiological effects of wheat germ oil on human in exercise. Charles C. Thomas Publisher.
- Frits, I, B. (1995) The effects of muscle extracts on the oxidation of palmitic acid by liver slice and homogenates. *Physiol. Scand.*, 34, 367-385.
- Friedman, S., and Fraenkel, G. (1995). Reversible enzymatic acetylation of carnitine. *Arch. Biochem. Biophys.*, 59, 491-501.
- Fulder S, Hallstrom C, Caruthers M. (1980). The effect of ginseng on the performance of nurses on night duty. *Proc 3rd Int'l Ginseng Symp.* Korea Ginseng Research Institute. p81-85.
- Fushiki, T., Matsumoto, K, Inoue, K., Kawada, T., & sugimoto, E. (1995). Swimming endurance of mice is increased by chronic consumption of medium-chain triglycerides. *J. Nutr. Mar*:125(3):531-539.
- Gaffney, B. T., Hugel, H. M., & Rich, P. A. (2001). The effects of Eleutherococcus senticosus and Panax ginseng on steroidal hormone indices of stress and lymphocyte subset numbers in endurance athletes.

Life sci. Dec 14;17(4):431-42.

- Hill, J.O., Peter, J.C, Swift, L.L., Yang, D., Sharp, T., Abumrad, N. Greene, H.L. (1990). Changes in blood lipids during six days of overfeeding with medium or long chain triglycerides. *J. Lipids Res.* Mar:31(3):407-416.
- Jeukendrup, A.E., Saris, W.H., Brouns, F., Halliday, D., Wagenmakers, J.M (1996). Effects of carbohydrate(CHO) and fat supplementation on CHO metabolism during prolonged exercise. *Metabolism.* Jul:45(7):915-021.
- Kabir, Y. & Kimura, S. (1994). Distribution of radioaction octacosamol in response to exercise in rats. *Nahrung*, 38(4):373-377.
- Kaku, T., Miyata, T., Uruno, T., Sako, I & Kinoshita, A. (1975). Chemicopharmacological studies on saponins of panax Ginseng. *C.A. Meyer. Arznein-Forch/Drug. Res.*, 25(4), 539.
- Kato, S., Karino, K., Hasegawa, S., Nagasawa, J., Nagasaki, A., Eguchi,M., Ichinose, T., Tago, K., Okumori, H., Hamatani, K. (1995). Octacosanol affects lipid metabolism in rats fed on a high-fat diet. *Br. J. Nurt.* Mar., 73(3):433-441.
- Massicotte D, Peronnet F, Brisson GB, Hillaire C. (1992). Oxidation of exogenous medium-chain free faty acids during prolonged exercise; Comparison with glucose. *J Appl Physiol* 73(4):1334-1339.
- McArdle, W.C., Katch, F.I., & Datch, V.L. (1999). *Essential of Exercise Physiology.* 2th Ed. Meryland. Williams & Wilkins.
- Nishibe S, Kinoshita H, Takeda H, Okano G. (1990). Phenolic com-pounds fromstem bark of *Eleutherococcus senticosus* and their pharmacological effect in chronic swimming stressd rats. *Chem Pham Bull(Tokyo)* 38: 1763-1765.
- Rossiter, H, B., Cannell, E, R, & Jakdman, P.M (1996). The effect of oral creatine supplementation on the 1000-m performance of compertitive rowers. *J. Sports. Sci.* 14:175-179.

- Saito, H, Yoshida, Y. & Takagi. K. (1974). Effect of Panax Ginseng root on exhaustive exercise in mice. Japanese J. Pharmacol, 24, 119.
- Takagi, K. (1974). Pharmacological studies on Ginseng(Proc. 1st). Int. Ginseng Symp., 119.
- Talbert, L & Pauly, M. (1991). Eleutherococcus: King of ginseng Adaptogens. American Institute of Health and Nutrition. pp. 1-16.
- Van Zyl, C.G., Lambert, E.V., Hawley, J.A., Noakes, T.D., & Dennis, S.C.(1996). Effects of medium-chain triglyceride ingestion on fuel metabolism and cycling performance. J. Appl. Physiol Jun:80(6):2217-2225.
- Wolfram, G. (1989). Medium-chain triglycerides-useful energy carriers in parenteral nutrition. Wien. Klin. Wochenschr. Apr;14:101(8):300-303.

제12장 복합 기능성보조제 섭취가 지구성 운동수행력과 혈중 피로요소에 미치는 효과에 관한 인체실험

제1절 서론

인류는 끊임없이 인간의 능력 한계에 도전하고 극복하여 왔다. 그 결과 올림픽과 세계선수권대회와 같은 대규모의 국제 대회가 개최될 때마다 새로운 기록이 갱신되고 있다. 지난 20세기에는 각종 운동경기에서 괄목할 만한 성과가 있었으며, 새로운 세기가 시작되었어도 인류는 지속적으로 한계에 도전하고 극복해 나갈 것이다.

인간의 신체적 능력 한계를 극복하고 운동 경기에서 좋은 기록을 달성하기 위해서는 유전적으로 우수한 선수를 발굴하여 과학적 트레이닝을 실시하여야 한다. 특히, 엘리트 선수들의 운동 수행 능력을 향상시키기 위한 방법으로 과학적 트레이닝, 식이요법, 기술·장비의 개선뿐만 아니라 운동능력 향상 보조제(ergogenic aids) 등을 이용하고 있다. 이 중 운동능력 향상 보조제는 운동수행능력의 향상뿐만 아니라, 신체 활동 시 체내에 축적되어 피로를 발생시키는 피로 물질의 제거에도 효과가 있기 때문에, 엘리트 선수들뿐만 아니라 일반인들도 흔히 사용하고 있으며 이에 대한 관심도는 날로 증가되고 있다. 그 이유는 운동선수들과 일반인들이 트레이닝이나 경기 현장 또는 일상생활에서도 다양한 보조제(ergogenic aids)의 섭취가 생리적 기능을 개선시키고 기계적 효율(mechanical efficiency)을 증대시킬 뿐만 아니라, 피로물질의 축적을 지연시키고 제거를 촉진함으로써 운동수행 능력을 증진시킬 수 있는 이점이 있기 때문이다.

운동능력 향상을 위하여 기능성 보조제의 효능을 검증하기 위한 연구들은 동서양을 막론하고 활발하게 보고되어 왔으며, 한국, 중국, 일본 등 동양에서는 생약성분과 같은 식물 추출물에 많은 관심을 가지고 있다. 기능성 보조제(ergogenic aids)의 섭취에 관한 선행 연구는 다양하게 보고되어 왔다. 그 중

MCT(medium chain triglycerides, McArdle et al., 1999; Hill et al., 1990; Massicotte et al., 1992; Van Zyl et al., 1996; Jeukendrup et al., 1996; Fushiki T, et al., 1995), 옥사코사놀(고정재 등, 1999; Cureton, 1972, Kabir, et al., 1994; Kato et al., 1995), 홍삼(Fulder 등 1980; Kaku, 1975; Saito, 1974; Takagi, 1974), 가시오갈피(Talbert, 1991; Gaffney et al., 2001; Asano et al., 1986; Nishibe S et al., 1990)등은 운동수행력의 증진에 효과가 있는 것으로 보고되었다.

MCT는 6-12개의 탄소골격을 가지고 있으며 LCT(long chain triglycerides)에 비해 분자의 크기가 작기 때문에 세포에서 더 쉽게 산화될 수 있으며, 칼로리는 적지만 섭취 후 더 많은 열량을 내고(Hill et al., 1990), 탄수화물보다 더 많은 에너지를 생성하면서 인슐린 호르몬과의 반응을 적게 일으키며 산화되기 때문에 ergogenic aids로써 운동생리학자들에게 주된 관심사였다. 즉 운동 수행 시 에르고제닉 에이드로서 MCT의 장점은 인슐린 호르몬의 분비를 적게 하면서 탄수화물 보다 더 많은 에너지를 생성하고, LCT에 비해 지방산화에 중요한 효소인 카르니틴(carnitine)과는 독립적으로 미토콘드리아에서 산화되기 때문에(Wolfram, 1989), 더 쉽게 에너지를 생성할 수 있어 운동수행력에 효과가 많은 것으로 보고되었다. Fushiki T, Matsumoto K, Inoue K, Kawada T, Sugimoto D(1995)는 장기간의 MCT 섭취가 크랩스 회로(krebs cycle)의 효소활성화를 일으켜 수영능력을 향상 시켰다고 보고하였다.

옥타코사놀은 에너지의 저장량을 증가시키는 것은 물론 소비시간을 신속하게 함으로써 반응시간을 단축시켜 순발력을 향상시키며(Cureton, 1972), 근육의 지방 이용률을 증가시킨다(Kabir, et. al., 1994; Kato, et. al., 1995). 현재, 미국이나 일본 등지에서 옥타코사놀을 성분으로 한 여러 제품들이 나오고 있다. Kabir 등(1994)은 체력 증강 및 피로 회복 촉진에 효과가 있으며, Kato 등(1995)도 옥타코사놀 섭취가 운동 시 근지구력 향상에 도움이 된다고 보고하였다.

홍삼은 운동부하에 따른 피로의 억제 및 회복에 있어 뛰어난 효과가 있는 것으로 보고되었다(Koku, 1975 ; Saito, 1974; Takagi, 1974). 복분자는 식용, 약용 및 밀원 등으로 이용되며, 한방에서는 강장, 명안, 지산, 음위, 양모 등에 약재로 많이 이용되고 있다(이미경 등, 2003). 복분자의 영양성분으로는 무기질인 인과 철, 칼륨이 많이 함유하고 있고, 특히 유기산과 비타민 C가 더 많이 포함되어 있

으며, phenol 화합물들로 aempferol, quercetin, sanguin H-5, ellagic acid, 3-O-β-D-glucuronide등이 보고되었다(lee, 1995).

가시오갈피는 신체기관들의 기능을 활성화시키고 젖산, 무기인산, 암모니아의 축적을 효율적으로 제거시킨다(Talbert, 1991). Gaffney 등(2001)은 가시오갈피 섭취가 운동 시 소모된 에너지원인 CP(creatine phosphate)를 빠르게 재합성시키고, 합성된 CP가 ATP 교환비율을 증가시켜 체내 피로유발 물질 제거에 도움을 줌으로써 장시간 지구력 증강에 도움을 준다고 하였다(Rossiter et al, 1996). Tallbert(1991)와 Asano 등(1986)도 가시오갈피의 섭취가 지구력 증강에 효과가 있으며 피로의 지연으로 지구성 운동 시 운동 수행력의 향상을 도모할 수 있다고 하였다. 또한, Nishibe S, Kinoshita H, Takeda H Okano G.(1990)는 가시오갈피 추출물을 흰쥐에게 섭취한 후 수영운동을 시킨 결과 탈진상태까지의 수영 지속시간이 유의하게 증가 하였다고 보고하였다.

기능성보조제의 단일 섭취뿐만 아니라 복합 섭취에 대한 연구도 보고되었다. 이해미, 백일영, 박태선(2003)은 운동선수를 대상으로 타우린, 카르니틴의 복합 섭취를 실시한 실험 결과 운동선수의 지구력 운동수행 능력을 향상시키고, 혈중 피로를 지연시킨다고 보고하였다. 또한, Lancha(1995)는 카르니틴과 oxaloacetate 를 쥐에게 복합 섭취시켜 탈진 시 까지 운동을 실시한 실험에서 쥐의 근육에서 유리지방산 이용이 증가되고 근 글리코겐이 절약됨으로써 섭취군이 통제군보다 운동지속시간이 평균 40%정도 증가되었다고 보고하였다. 이는 카르니틴이 운동 시 지방산의 산화를 촉진한다는 것을 의미하며, 인체 내의 카르니틴은 acetyl CoA에 의해 아세틸화되고(Friedman, 1995) 지방산의 산화를 촉진(Fritz, 1955)하기 때문이다.

기능성보조제의 섭취에 대한 지금까지의 연구는 단일 물질의 섭취에 대한 것이 대부분이었으며 많은 연구에 의해서 그 효과가 보고되었다. 그러나, 기능성보조제의 복합 섭취에 대한 연구는 활발하게 진행되지 못한 실정이다. 운동수행력을 증가시키고 피로물질의 축적을 지연시키며 제거를 촉진시키기 위해서 기능성보조제를 이용할 때 복합섭취를 통해 각각의 물질이 가진 효과를 높이는 것은 운동수행력 증진과 피로의 지연에 대한 더 큰 효과를 기대할 수 있다고 사료된다. 이에 본 연구는 한국식품개발연구원에서 단일 섭취의 효과가 있는 것으로 보

고된 물질들을 복합하여 개발한 기능성보조제의 섭취가 운동수행력과 피로물질에 미치는 효능을 검증하고자 한다. 따라서 본 연구의 목적은 복합 기능성보조제 섭취가 지구성 운동수행력과 혈중피로요소(lactate, ammonia, phosphate, pH, 5-HT)의 농도 변화에 미치는 영향을 검증하는데 있다.

제2절 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 실험대상자는 고혈압, 심장기능 이상 등의 의학적 소견이 없는 Y대학교 체육학 전공 남자 대학생 10명으로 하였다. 피험자들은 연구의 목적 및 취지를 충분히 이해하였으며, 본 실험에서 제시되는 운동을 끝까지 수행할 수 있는 신체 능력을 갖춘 자로 선정하였다. 실험대상자들은 섭취 전 실험을 한 후, 복합 기능성보조제를 4주간 복용하였으며, 4주 후에 섭취후 실험에 참가하였다.

<표 1> 연구대상자들의 신체적 특징

					Mean(SD)	
피험자	나이(yr)	신장(cm)	체중(kg)	체지방(%)	$\dot{V}O_2\text{max}$ (ml/kg/min)	85% $\dot{V}O_2\text{max}$ (ml/kg/min)
10	20.0	176.1	69.3	12.4	55.9	47.4
	(1.2)	(5.4)	(6.2)	(2.9)	(3.2)	(2.8)

2. 운동강도 설정

운동 테스트는 트레드밀을 이용하였으며, 운동강도는 총 2회의 실험 모두 각 피험자에 대한 $\dot{V}O_2\text{max}$ 의 85%로 설정하였다. 운동의 시작은 Bruce protocol을 이용하였으며 3분마다 경사도와 스피드가 자동으로 증가되었다. 운동 강도가 증가되어 각 피험자들의 산소섭취량이 미리 산정해 놓은 85% $\dot{V}O_2\text{max}$ 수준에 도달하게 되면 목표 강도를 유지시키기 위하여 트레드밀의 경사도와 속도를 수동으로 조절하여 항정상태를 유지하였다. 운동강도 조절은 우선적으로 경사도를 조절

하면서 산소섭취량의 항정상태를 유지시켰으며, 이후 경사도를 6%로 고정하고 속도를 조절하며 all out 시점까지 테스트를 실시하였다. 운동 테스트를 하는 동안 5분 간격으로 심박수와 Borg의 20 RPE scale을 측정하였다. 테스트 종료 후 30분 간 회복을 하였다.

3. 복합 기능성보조제 섭취 방법

10명의 실험대상자들은 사전 실험이 끝난 후 4주간 복합 기능성보조제를 섭취하도록하였다. 일일 섭취 용량은 180 ml이며, 4주간 총 5,040 ml를 섭취하도록 하였다.

4. 채혈

혈액 채취는 두 가지 실험조건(섭취 전, 섭취 후)에서 안정 시, 운동종료 후, 회복 30분에 실시하였고, 2회의 실험 동안 총 6회를 실시하였다. 혈액은 각 시기마다 21 gage needle을 이용하여 전완정맥(actecubital vein)에서 채혈하였다. phosphate, pH, 5-HT 분석을 위해 5 ml plain vacuumtube를 사용하였고, Lactate 분석을 위해 Lactate 전용 tube를 사용하였으며, ammonia 분석을 위하여 FDTA tube를 사용하였다.

5. 혈액분석

채취한 혈액으로 lactate, ammonia, phosphate, pH, 5-HT 농도를 분석하였다. Lactate와 pH 농도는 Y대학교 운동생리실험실에서 분석하였으며, ammonia, phosphate, 5-HT 농도는 녹십자에 의뢰하여 분석하였다.

6. 실험절차

가. 최대산소섭취량 측정

최대산소섭취량(VO_2max)은 Quinton社(美)의 Q65트레드밀에서 Bruce protocol을 이용하여 측정하였다. 측정시 가스분석은 MedGraphics社(美)의 CPX system (cardio pulmonary exercise test system)을 이용하였으며, breath by breath 방식으로 측정하였다. 각 호흡시마다 1회 환기량, 산소섭취량, 이산화탄소 배출량,

호흡교환비율(RER), 분당 호흡수 등의 가스 분석과 여러 호흡 및 대사 지수에 관한 자료들을 자동으로 측정하였다.

테스트 동안 매 3분마다 심박수와 Borg의 20 RPE scale을 이용하여 피험자들의 운동자각도를 측정하였다. 심박수는 Polar社(핀란드)의 heart check system을 이용하였다.

나. 복합 기능성보조제 섭취 전 실험

피험자가 실험실에 도착하면, 우선 신장과 체중을 측정하고, 정확한 체지방의 변화를 측정하기 위해 침대에 눕도록 하여 Biodynamics社(美) Model 310의 body composition analyzer를 이용하여 체지방을 측정하였다. 심박수가 분당 70회 이하인 안정 상태가 되면, 안정 시 채혈을 실시한 후 5분 동안 준비운동을 한 다음 테스트를 시작하였다. all-out 시점에서 즉시 채혈을 실시하였고, 운동 종료 후 30분간 의자에 앉아 편안한 자세로서 회복을 하였다. 5분 간격으로 심박수와 Borg의 20 RPE scale을 기록하였다. 회복 30분에 채혈 한 후 테스트를 종료하였다.

다. 복합 기능성보조제 섭취 후 실험

섭취 후 테스트는 액상형태의 복합 기능성보조제를 4주 동안 섭취토록 한 후 실시하였으며, 섭취 전 실험과 동일하게 실험을 진행하였다.

7. 자료처리방법

본 연구 결과에 대한 자료는 SPSS/PC+ window 11.0 통계패키지를 이용하여 기술통계량으로 평균(Mean)과 표준편차(SD)를 산출하였다. 복합 기능성보조제 섭취의 효과를 검증하기 위하여, 측정 시기간에 측정한 섭취 전·후의 자료를 one-way ANOVA를 이용하여 분석하였으며, 통계적으로 유의한 결과에 대해서는 tukey의 사후검증법을 이용하였다. 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 이하로 하였다.

제3절 연구 결과 및 고찰

1. 운동수행력의 변화

복합 기능성보조제 섭취가 운동수행력에 미치는 효과를 검증하기 위하여, 복합 기능성보조제 섭취 전·후 85%VO₂max 강도에서 트레드밀 달리기 운동수행 시간을 측정된 결과는 <표 1>에 나타난 바와 같다.

<표 1> 섭취 전·후 운동수행 시간의 변화

측정 시기	운동수행 시간(분)
섭취 전	30.03±4.25 ^a
섭취 후	33.25±5.84 ^b

Values are given as mean and standard deviation(SD).

a, b : 서로 다른 문자끼리 차이가 남(p<0.05)

<표 1>에서 보는 바와 같이 운동수행 시간은 섭취 전 30.03±4.25분, 섭취 후 33.25±5.84분으로 나타나 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p<0.05). 따라서, 복합 기능성보조제 섭취 후의 운동수행 시간이 섭취 전에 비해 10.7% 증가됨으로써, 복합 기능성보조제의 섭취가 지구성 운동수행력 증진에 긍정적인 효과를 보인 것으로 나타났다.

2. 혈중 피로물질의 농도 변화

혈중 피로물질의 농도 변화는 lactate, ammonia, phosphate, pH, 5-HT를 분석하였으며, 결과는 다음과 같다.

가. Lactate 농도의 변화

복합 기능성보조제 섭취가 혈중 젖산 축적에 미치는 효과를 검증하기 위하여, 복합 기능성보조제 섭취 전·후의 지구성 운동수행(운동 전, 운동 종료 후, 회복 30분)에 따른 혈중 젖산 농도 변화를 측정된 결과는 <표 2>에 나타난 바와 같다.

<표 2> 섭취 전·후 혈중 Lactate(mmol/L) 농도의 변화

측정 시기	운동 전	운동 종료 후	회복 30분
섭취 전	1.37±0.24	8.05±2.52	2.94±0.93
섭취 후	1.35±0.24	7.21±2.94	2.34±0.56

Values are given as mean and standard deviation(SD).

<표 2>에서 보는 바와 같이 혈중 젖산 농도는 섭취 전·후 모두 운동 전에 최저치를 나타냈으며, 운동 종료 후에 최고치를 보인 후, 회복 30분에 감소하는 경향을 보였으나, 안정 시 수준으로 회복되지는 않았다. 통계 분석 결과, 복합 기능성보조제 섭취 전·후의 혈중 젖산 농도는 섭취 후가 섭취 전과 비교하여 운동 종료 후에 10.4%, 회복 30분에 20.4% 낮은 농도를 보였으나, 모든 시기에서 유의한 차이가 나타나지 않았다.

이러한 결과로 볼 때, 복합 기능성 보조제 섭취 후 운동 수행 시간이 섭취 전과 비교하여 10.7% 증가된 운동수행을 하였음에도 불구하고, 운동 종료 시와 회복 30분에서 섭취 후 운동수행 시 혈중 젖산 농도가 비록 유의한 차는 없었지만 낮게 나타난 것은, 복합 기능성보조제 섭취가 최대하 운동 강도에서 혈중 젖산 축적을 저하시켰기 때문이다.

나. Ammonia

복합 기능성보조제 섭취가 혈중 암모니아 축적에 미치는 효과를 검증하기 위하여, 복합 기능성보조제 섭취 전·후의 지구성 운동수행에 따른 혈중 암모니아 농도 변화를 측정된 결과는 <표 3>에 나타난 바와 같다. <표 3>에서 보는 바와 같이 혈중 암모니아 농도는 섭취 전·후 모두 운동 전에 최저치를 나타냈으며, 운동 종료 시에 최고치를 보인 후, 회복 30분에 감소하는 경향을 보였으나, 안정 시 수준으로 회복되지는 않았다.

통계 분석 결과, 복합 기능성보조제 섭취 전·후의 혈중 암모니아 농도는 모든 시기에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 섭취 후와 섭취 전을 비교

하여 볼 때, 운동 종료 후와 회복 30분에서 통계적인 유의한 차이는 없지만, 섭취 후가 높은 혈중 암모니아 농도를 보였다. 이것은 섭취 후의 운동수행 시간이 증가하였기 때문에 나타난 결과이다.

이러한 결과로 볼 때, 복합 기능성 보조제 섭취 후에 운동 수행 시간이 섭취 전과 비교하여 10.7% 증가된 운동수행을 하였음에도 불구하고, 운동 종료 시와 회복 30분에서 섭취 전·후의 운동수행 시 혈중 암모니아 축적이 유의한 차이가 없게 나타난 것은, 복합 기능성보조제 섭취가 최대하 운동 강도에서 혈중 암모니아 축적을 저하시키는 효과가 있었기 때문이다.

<표 3> 섭취 전·후 혈중 ammonia($\mu\text{mol/L}$) 농도의 변화

측정시기	운동 전	운동 종료 후	회복 30분
섭취 전	77.71 \pm 36.04	188.00 \pm 57.00	95.85 \pm 20.78
섭취 후	74.57 \pm 30.27	205.42 \pm 62.41	108.42 \pm 26.63

Values are given as mean and standard deviation(SD).

다. Phosphate

복합 기능성보조제 섭취가 혈중 무기인산 축적에 미치는 효과를 검증하기 위하여, 복합 기능성보조제 섭취 전·후의 지구성 운동수행에 따른 혈중 무기인산 농도 변화를 측정한 결과는 <표 4>에 나타난 바와 같다.

<표 4> 섭취 전·후 혈중 phosphate 농도(mg/dL)의 변화

측정 시기	운동 전	운동 종료 후	회복 30분
섭취 전	3.42 \pm 0.56	4.91 \pm 0.63	3.48 \pm 0.58
섭취 후	3.50 \pm 0.41	5.02 \pm 0.81	3.77 \pm 0.52

Values are given as mean and standard deviation(SD).

<표 4>에서 보는 바와 같이 혈중 무기인산 농도는 섭취 전·후 모두 운동 전에 최저치를 나타냈으며, 운동 종료 시에 최고치를 보인 후, 회복 30분에 감소하여 거의 안정 시 수준으로 회복되는 경향을 보였다.

통계 분석 결과, 복합 기능성보조제 섭취 전·후의 혈중 무기인산 농도는 모든 시기에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이것은 섭취 후의 운동수행 시간이 증가하였기 때문에 나타난 결과라고 사료된다.

이러한 결과로 볼 때, 복합 기능성 보조제 섭취 후 운동 수행 시간이 섭취 전과 비교하여 10.7% 증가된 운동수행을 하였음에도 불구하고, 운동 종료 시와 회복 30분에서 섭취 전·후의 운동수행 시 혈중 무기인산 축적이 유의한 차이가 없게 나타난 것은, 복합 기능성보조제 섭취가 최대하 운동 강도에서 혈중 무기인산 축적을 저하시키는 효과가 있었기 때문이다.

라. pH

복합 기능성보조제 섭취가 혈중 pH에 미치는 효과를 검증하기 위하여, 복합 기능성보조제 섭취 전·후의 지구성 운동수행에 따른 혈중 pH 변화를 측정된 결과는 <표 5>에 나타난 바와 같다.

<표 5> 섭취 전·후 혈중 pH의 변화

측정 시기	운동 전	운동 종료 후	회복 30분
섭취 전	7.31±0.12	7.04±0.23	7.26±0.18
섭취 후	7.34±0.21	7.07±0.31	7.30±0.27

Values are given as mean and standard deviation(SD)

<표 5>에서 보는 바와 같이 혈중 pH는 섭취 전·후 모두 운동 시간이 증가함에 따라 점차 감소하여, 운동 종료 후에 최저치를 나타냈으며, 회복 30분에는 증가하여 거의 안정 시 수준으로 회복되는 경향을 보였다. 통계 분석 결과, 섭취 전·후의 혈중 pH는 모든 시기에서 유의한 차이가 나타나지 않았다.

이러한 결과로 볼 때, 복합 기능성 보조제 섭취 후 운동 수행 시간이 섭취 전

과 비교하여 10.7% 증가된 운동수행을 하였음에도 불구하고, 섭취 전·후의 운동 수행 시 모든 시기에서 혈중 pH 변화에 유의한 차이가 없게 나타난 것은, 복합 기능성보조제 섭취가 최대하 운동 강도에서 혈중 pH 저하를 막는 효과가 있었기 때문이다.

마. 5-HT

복합 기능성보조제 섭취가 혈중 5-HT 축적에 미치는 효과를 검증하기 위하여, 복합 기능성보조제 섭취 전·후의 지구성 운동수행에 따른 혈중 5-HT 농도 변화를 측정된 결과는 <표 6>에 나타난 바와 같다.

<표 6> 섭취 전·후 혈중 5-HT 농도(ng/mL)의 변화

측정 시기	운동 전	운동 종료 후	회복 30분
섭취 전	14.55±2.10	17.29±2.53	14.01±2.81
섭취 후	14.03±2.44	18.35±2.83	15.07±2.95

Values are given as mean and standard deviation(SD).

<표 6>에서 보는 바와 같이 혈중 5-HT 농도는 섭취 전·후 모두 운동 시간이 증가함에 따라 점차 증가하여, 운동 종료 후에 최고치를 나타냈으며, 회복 30분에는 감소하여 거의 안정 시 수준으로 회복되는 경향을 보였다. 통계 분석 결과, 섭취 전·후의 혈중 5-HT 농도는 운동 종료 후와 회복 30분에서 섭취 후가 섭취 전보다 다소 높은 결과를 보였으나, 모든 시기에서 유의한 차이가 나타나지 않았다.

이러한 결과로 볼 때, 복합 기능성보조제 섭취 후 운동 수행 시간이 섭취 전과 비교하여 10.7% 증가된 운동수행을 하였음에도 불구하고, 섭취 전·후의 운동수행 시 모든 시기에서 혈중 5-HT 축적이 유의한 차이가 없게 나타난 것은, 복합 기능성보조제 섭취가 최대하 운동 강도에서 혈중 5-HT 축적을 저하시켰기 때문이다.

제4절 결론

본 연구의 목적은 한국식품개발연구원에서 개발한 복합 기능성보조제의 인체 섭취가 지구성 운동수행력과 혈중피로요소(lactate, ammonia, phosphate, pH, 5-HT)의 농도 변화에 미치는 효과를 검증하는 것이었다. 연구 목적을 달성하기 위하여 복합 기능성 보조제의 섭취 전·후 운동수행력과 혈중피로요소의 농도 차이를 비교분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, 지구성 운동수행시간은 섭취 전·후에 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$). 복합 기능성보조제 섭취 후 운동수행시간이 섭취 전에 비해 10.7% 증가되었다. 둘째, 혈중 피로요소(lactate, ammonia, phosphate, pH, 5-HT)의 농도 변화는 섭취 전·후에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과로 볼 때, 복합 기능성 보조제 섭취 후 운동 수행 시간이 섭취 전과 비교하여 10.7% 증가된 운동수행을 하였음에도 불구하고, 섭취 전·후의 운동수행 시 모든 시기에서 혈중 피로물질 축적이 유의한 차이가 없게 나타난 것은, 복합 기능성보조제 섭취가 최대하 운동강도에서 혈중 피로물질의 축적을 저하시켰기 때문이다. 따라서, 인체실험 결과 한국식품개발연구원에서 개발한 복합 기능성보조제 섭취는 지구성 운동수행력 증진과 최대하 운동강도에서 인체의 피로를 지연시키는 효과가 있는 것으로 나타났다.

제5절 참고문헌

- 고정재, 심호섭, 임청목, 정형빈, 박기문, 이수원 (1999). 옥타코사놀 급여에 따른 력 및 지구력 증강 효과. 한국 축산 식품학회지. 21(3).
- 이미경, 이현수, 최근표, 오덕환, 김종대, 유창연, 이현용 (2003). 복분자 열매 추출물의 유용 생리활성 탐색. 약학회지. 11(1):5-12.
- 이민원 (1995). 복분자 딸기 잎의 폐놀성 물질. 약학회지 39(2):200-204.
- 이해미, 백일영, 박태선 (2003). 타우린, 카르니틴 또는 글루타민 섭취가 운동선수의 지구력운동 수행능력 및 혈중 피로요소에 미치는 영향 한국체육학회지 36(7):711~719.

- Asano, K, Takahashi, T., Miyashita, M, Matsuzaka, A., Muramatsu, S., Kuboyama, M., Kugo, H, Imai, J. (1986). Effect of *Eleutherococcus senticosus* extract on human physical working capacity. *Planta Med.* Tun;(3):175-7.
- Cureton, T. K. (1972). The physiological effects of wheat germ oil on human in exercise. Charles C. Thomas Publisher.
- Frits, I, B. (1995) The effects of muscle extracts on the oxidation of palmitic acid by liver slice and homogenates. *Physiol. Scand.*, 34, 367-385.
- Friedman, S., and Fraenkel, G. (1995). Reversible enzymatic acetylation of carnitine. *Arch. Biochem. Biophys.*, 59, 491-501.
- Fulder S, Hallstrom C, Caruthers M. (1980). The effect of ginseng on the performance of nurses on night duty. *Proc 3rd Int'l Ginseng Symp.* Korea Ginseng Research Institute. p81-85.
- Fushiki, T., Matsumoto, K, Inoue, K., Kawada, T., & Sugimoto, E. (1995). Swimming endurance of mice is increased by chronic consumption of medium-chain triglycerides. *J. Nutr. Mar:*125(3):531-539.
- Gaffney, B. T., Hugel, H. M., & Rich, P. A. (2001). The effects of *Eleutherococcus senticosus* and *Panax ginseng* on steroidal hormone indices of stress and lymphocyte subset numbers in endurance athletes. *Life sci.* Dec 14;17(4):431-42.
- Hill, J.O., Peter, J.C, Swift, L.L., Yang, D., Sharp, T., Abumrad, N. Greene, H.L. (1990). Changes in blood lipids during six days of overfeeding with medium or long chain triglycerides. *J. Lipids Res.* Mar:31(3):407-416.
- Jeukendrup, A.E., Saris, W.H., Brouns, F., Halliday, D., Wagenmakers, J.M (1996). Effects of carbohydrate(CHO) and fat supplementation on CHO metabolism during prolonged exercise. *Metabolism.* Jul:45(7):915-921.
- Kabir, Y. & Kimura, S. (1994). Distribution of radioaction octacosamol in response to exercise in rats. *Nahrung*, 38(4):373-377.

- Kaku, T., Miyata, T., Uruno, T., Sako, I & Kinoshita, A. (1975). Chemicopharmacological studies on saponins of panax Ginseng. C.A. Meyer. *Arznein-Forch/Drug. Res.*, 25(4), 539.
- Kato, S., Karino, K., Hasegawa, S., Nagasawa, J., Nagasaki, A., Eguchi, M., Ichinose, T., Tago, K., Okumori, H., Hamatani, K. (1995). Octacosanol affects lipid metabolism in rats fed on a high-fat diet. *Br. J. Nurt. Mar.*, 73(3):433-441.
- Massicotte D, Peronnet F, Brisson GB, Hillaire C. (1992). Oxidation of exogenous medium-chain free fatty acids during prolonged exercise: Comparison with glucose. *J Appl Physiol* 73(4):1334-1339.
- McArdle, W.C., Katch, F.I., & Datch, V.L. (1999). *Essential of Exercise Physiology*. 2th Ed. Meryland. Williams & Wilkins.
- Nishibe S, Kinoshita H, Takeda H, Okano G. (1990). Phenolic compounds from stem bark of *Eleutherococcus senticosus* and their pharmacological effect in chronic swimming stressed rats. *Chem Pharm Bull(Tokyo)* 38: 1763-1765.
- Rossiter, H, B., Cannell, E, R, & Jakdman, P.M (1996). The effect of oral creatine supplementation on the 1000-m performance of competitive rowers. *J. Sports. Sci.* 14:175-179.
- Saito, H, Yoshida, Y. & Takagi. K. (1974). Effect of *Panax Ginseng* root on exhaustive exercise in mice. *Japanese J. Pharmacol*, 24, 119.
- Takagi, K. (1974). Pharmacological studies on *Ginseng*(Proc. 1st). *Int. Ginseng Symp.*, 119.
- Talbert, L & Pauly, M. (1991). *Eleutherococcus: King of the Adaptogens*. American Institute of Health and Nutrition. pp. 1-16.
- Van Zyl, C.G., Lambert, E.V., Hawley, J.A., Noakes, T.D., & Dennis, S.C. (1996). Effects of medium-chain triglyceride ingestion on fuel metabolism and cycling performance. *J. Appl. Physiol* Jun:80(6):2217-2225.
- Wolfram, G. (1989). Medium-chain triglycerides—useful energy carriers in parenteral nutrition. *Wien. Klin. Wochenschr.* Apr:14:101(8):300-303.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.