

# 가시오갈피, 타우린 및 카르니틴 보충식이가 흰쥐의 지구력운동 수행능력에 미치는 영향

송영주 · 한대석\* · 오세욱\* · 백일영\*\* · 박태선<sup>§</sup>

연세대학교 식품영양학과, 한국식품개발연구원,\* 연세대학교 체육교육학과\*\*

## Effect of Dietary Supplementation of *Eleutherococcus Senticosus*, Taurine and Carnitine on Endurance Exercise Performance in Rats

Song, Youngju · Han, Dae Suk\* · Oh, Se-Wook\* · Paik, Il Young\*\* · Park, Taesun<sup>§</sup>

Department of Food and Nutrition, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

Korea Food Research Institute,\* Kyunggi-do 463-420, Korea

Department of Physical Education,\*\* Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

### ABSTRACT

The effects of dietary supplementation of *Eleutherococcus senticosus*, taurine and carnitine on maximal endurance exercise performance along with other related parameters were evaluated in rats that underwent aerobic exercise training for 6 weeks. Thirty-two male rats (4 weeks old) were randomly divided into 4 groups, and fed experimental diets and/or aerobic exercise trained according to the protocol: SC (sedentary control group), EC (exercise-trained control group), EE (exercise-trained *Eleutherococcus senticosus*-supplemented group), and EETC (exercise-trained *Eleutherococcus senticosus*, taurine and carnitine-supplemented group). The food efficiency ratio of EC rats was significantly lower than the value for SC rats ( $p < 0.01$ ). Exercise-trained control animals ( $92 \pm 8.8$  min) could run significantly longer until exhausted on the treadmill than sedentary control rats ( $11 \pm 0.8$  min) ( $p < 0.001$ ). Animals fed an *Eleutherococcus senticosus*-supplemented diet, and an *Eleutherococcus senticosus*, taurine and carnitine-supplemented diet while undergoing aerobic exercise training for 6 weeks exhibited, respectively, 8 and 5 minutes longer running performance until exhausted than the rats fed the control diet. The gastrocnemius muscle glycogen concentration of the rats, measured at 48 hours post maximal exercise performance test, was 43% higher in EC rats than the value for SC rats ( $p < 0.05$ ), but was not different among EC, EE, and EETC rats. The mitochondrial citrate synthase activity of the soleus muscle was significantly higher in EC rats compared to the value for SC rats ( $p < 0.01$ ), and showed a tendency to increase, without statistical significance, in EE or EETC rats compared to the value for EC rats. These results indicate that aerobic exercise training for 6 weeks significantly improved maximal exercise performance, muscle glycogen content along with citrate synthase activity, which are important in the energy metabolism of muscle under aerobic exercise. Dietary supplementation of *Eleutherococcus senticosus* in rats while undergoing aerobic exercise training improved maximal endurance exercise performance without significantly affecting muscle glycogen content and enzyme activities involved in energy metabolism during exercise. Taurine and carnitine supplementation failed to show an additive effect on maximal endurance exercise performance when consumed along with *Eleutherococcus senticosus*. (*Korean J Nutrition* 35(8) : 825~833, 2002)

KEY WORDS: rat, endurance exercise performance, *Eleutherococcus senticosus*, carnitine, taurine.

### 서 론

기능성 식품소재로 이용되는 다양한 식물 또는 천연물 중 운동수행 능력을 향상시키는 효과가 있는 것으로 보고된 물

질들이 있는데, 그 대표적인 예로 인삼과 홍삼 등을 들 수 있다. 인삼이 지구력운동 수행능력을 향상시키는 작용기전으로는 혈액 헤모글로빈농도<sup>1)</sup>와 근육 미토콘드리아의 대사활성<sup>2)</sup>을 증가시키며, 혈관을 확장시키고,<sup>3)</sup> 심근의 대사를 활성화시킨다<sup>4)</sup>는 점 등이 보고되고 있다. 기능성 식품소재들이 생리활성과 운동수행능력에 긍정적인 효과가 있는 것으로 알려지면서, 각 국의 스포츠 선수들은 경기력 향상을 위하여 이러한 기능성식품의 복용에 많은 관심을 기울이고

접수일: 2002년 8월 9일

채택일: 2002년 9월 26일

<sup>§</sup>To whom correspondence should be addressed.

있다. 그러나, 이러한 기능성 식품이 운동생리학적인 관점에서 일괄적으로 긍정적인 효과를 미친다고 볼 수는 없다. 즉, 동물실험과 임상실험의 결과가 서로 다르게 나타날 수 있으며, 기능성 식품의 섭취량 및 추출물의 종류, 트레이닝 시의 운동강도와 빈도, 그리고 운동훈련의 기간 등에 따라 상이한 연구 결과가 제시되고 있다.

본 연구팀은 최근 남자 운동선수를 대상으로 한 선행 연구<sup>5,6)</sup>에서 타우린 또는 카르니틴의 보충섭취가 지구력운동 수행능력을 향상시켰음을 보고한 바 있다. 즉, 최대산소소모량 ( $VO_2 \max$ )이 47.5~63.5 ml/kg/min 범위내에 있는 남자 운동선수 15명을 대상으로 타우린 또는 카르니틴을 2주간 복용시키고, 트레드밀에서 최대산소소모량의 75% 강도로 탈진 시까지 운동부하실험을 실시한 결과, 타우린 또는 카르니틴 복용군의 경우 운동 지속시간이 복용 전에 비해 각기 약 7분 또는 9분 증가하였음을 관찰하였다.

인삼과에 속하는 가시오갈피는 일명 Russian/Siberian ginseng으로 알려져 있으며, 학명은 *Eleutherococcus senticosus*이다. 가시오갈피는 saponin 성분에 의한 혈당강화 작용<sup>7)</sup>이 보고되었으며, superoxide anion과 hydrogen peroxide의 생성을 억제함으로써 면역기능을 강화하는 효과<sup>8)</sup>가 있음이 발표되었다. 또한, 간경화증이 유도된 흰쥐를 대상으로 한 실험<sup>9)</sup>에서 가시오갈피는 혈청의 GOT 및 GPT 활성을 낮추고 간 기능을 강화시키는 효과가 있는 것으로 밝혀졌으며, 운동 수행능력을 향상시킬 뿐만 아니라 운동 후에 일어나는 피로현상을 억제함이 임상 및 동물실험<sup>10)</sup>에서 보고되었다. 이러한 가시오갈피의 유산소성 운동수행능력 증가효과는 가시오갈피에 함유된 (+)-syringaresinoldi-O-beta-D-glucoside 성분 때문일 것으로 추측되고 있다.

가시오갈피 성분이 지구력운동 수행능력과 피로회복에 미치는 효과에 대한 연구결과를 살펴보면, Nishibe 등<sup>9)</sup>은 가시오갈피 물추출물을 흰쥐에게 투여하면서 수영운동을 시킨 결과, 탈진상태까지의 수영 지속시간이 유의하게 증가하였음을 관찰한 바 있다. 또한, Voces 등<sup>10)</sup>은 3개월 동안 가시오갈피를 섭취한 흰쥐를 대상으로 트레드밀에서 탈진 시까지 운동을 시킨 결과 대조군에 비해 간조직의 지질과산화물 농도가 감소하고, glutathione peroxidase 및 superoxide dismutase 활성이 유의하게 증가하였음을 관찰하여, 가시오갈피가 운동 후 개체의 항산화시스템을 강화하는 효과가 있음을 보고하였다. 한편, Ferrado 등<sup>11)</sup>은 가시오갈피 성분을 매일 50 mg/kg씩 흰쥐에게 투여하면서 12주간 운동을 실시한 결과, 비복적근 (red gastrocnemius muscle)의 모세혈관 밀도와 미토콘드리아 수가 증가하였으나, 근육의 citrate synthase 활성은 가시오갈피 투여

에 의해 영향을 받지 않은 것으로 보고하였다. 반면, Martinez 등<sup>7)</sup>은 홍삼에 함유되어 있는 diol- 및 triol-ginsenoside 성분이 가시오갈피에는 함유되어 있지 않은 점을 지적하면서, 가시오갈피 복용이 지구성 수영시간을 연장시키는 효과가 없는 것으로 보고하였다. 인체를 대상으로 가시오갈피 투여가 운동능력에 미치는 효과를 평가한 연구결과에서도 연구자에 따라 상반된 결과가 제시되고 있으며, 가시오갈피 복용이 운동 수행능력에 긍정적인 영향을 미치지 않았다는 보고<sup>12)</sup>도 있다.

운동수행능력 향상에 관한 작용기전을 과학적으로 평가하기 위해서는 근육내의 글리코겐 함량과 혈중 피로요소들의 농도뿐 아니라, TCA 회로 및 전자전달계에 관여하는 효소의 활성 등이 함께 측정되어야 할 것이며, 실제로 규칙적인 지구력 운동훈련에 의하여 유산소성 운동대사에 관련되는 효소계의 활성이 증가되었음이 거듭 보고되고 있다. 본 연구의 목적은 장기간 규칙적으로 유산소성 운동훈련을 받는 흰쥐를 대상으로 가시오갈피의 섭취가 지구력운동 수행능력에 미치는 영향을 평가하고 그 작용기전을 규명하기 위함이며, 아울러 가시오갈피외에 타우린 및 카르니틴의 병용섭취가 지구력운동 수행능력을 향상시키는 데 있어서 시너지효과를 나타낼 수 있는지를 규명하는 것이다.

## 실험 재료 및 방법

### 1. 실험동물 및 식이

4주령의 수컷 Sprague-Dawley (SD) 흰쥐 32마리 (132 ± 1.8 g)를 구입하여 1주일간 고형배합사료 (주, 삼양유지사료)로 예비사육시킨 후에 운동훈련 유무와 식이조성에 따라 다음의 네 군 (n=8)으로 분류하였다: 비운동대조군 (sedentary control group, SC), 운동대조군 (exercised control group, EC), 운동가시오갈피섭취군 (exercised *Eleutherococcus senticosus*-supplemented group, EE), 운동가시오갈피, 타우린, 카르니틴섭취군 (exercised *Eleutherococcus senticosus*, taurine and carnitine-supplemented group, EETC).

실험에 이용된 식이는 모두 정제식이로서 SC군과 EC군은 대조식이를 EE군은 가시오갈피보충식이를, 그리고 EETC군은 가시오갈피, 타우린, 카르니틴보충식이를 실험사육 기간동안 자유급식시켰다. 대조식이는 AIN-93M을 기준으로 하였으며, 가시오갈피는 (주)그린케어에서 수입한 북한산 가시오갈피 농축액 (80% 물추출물)을 사용하였다. 가시오갈피보충식이는 대조식이와 동일하되 가시오갈피 농축액 25 g/kg을, 그리고 가시오갈피, 타우린, 카르니

**Table 1.** Composition of experimental diets

	Control diet	<i>Eleutherococcus senticosus</i> -supplemented diet	<i>Eleutherococcus senticosus</i> , taurine and carnitine-supplemented diet
	g/kg diet		
Carbohydrate	650	625	605
Casein	180	180	180
Corn oil	100	100	100
Mineral mix (AIN-93)	40	40	40
Vitamin mix (AIN-93)	10	10	10
Carboxymethyl cellulose	20	20	20
<i>Eleutherococcus senticosus</i>	-	25	25
Taurine	-	-	15
Carnitine	-	-	5

틴보충식이는 대조식이에 가시오갈피 농축액 25 g/kg diet, 타우린 15 g/kg diet, 카르니틴 5 g/kg diet을 각기 첨가하였다. 식이의 총중량은 전분의 양에서 조정하였으며, 기타 실험식이의 자세한 조성은 Table 1에 나타난 바와 같다.

동물사육실의 환경은 온도 23 ± 1°C, 습도 50 ± 5%로 조정하였고, 12시간 명암주기를 유지하였다. 식이섭취량은 매일, 그리고 체중은 1주일에 1회 일정한 시간에 측정하였다.

**2. 유산소성 운동훈련의 실시**

EC, EE 및 EETC의 경우 각 실험식이로 사육하면서 매일 아침 일정한 시각 (오전 10시)에 소동물용 트레드밀 (Dual-treadmill, 대중기기)을 이용하여 유산소성 운동부하 훈련을 6주간 실시하였다. 유산소성 운동훈련을 시작하는 첫 주에는 실험동물을 운동부하훈련에 적응시키기 위하여 15 m/min의 속도로 20분간 주행운동을 실시케 하였고, 점차로 주행속도와 시간을 증가시켜 최종적으로 25 m/min의 속도에서 60분씩 주당 5회의 빈도로 실험동물에게 주행 운동훈련을 실시하였다. SD 흰쥐에 있어서 25 m/min의 운동강도는 최대산소 섭취량의 약 70%에 해당하는 운동강도인 것으로 알려져 있다.<sup>13)</sup>

**3. 지구력운동 수행능력 테스트 및 시료의 채취**

실험식이 사육과 함께 유산소성 운동훈련을 6주간 실시한 후, 또는 비운동대조군의 경우 실험식이로 6주간 사육시킨 후 지구력운동 수행능력을 평가하기 위하여 트레드밀 상에서 탈진 (all-out) 시까지의 주행시간을 측정하였다. 분속 12 m의 운동강도에서 3분간 운동을 시작하게 한 후, 매 3분마다 3 m/min의 속도로 운동강도를 증가시켜 나가면서 최종 30 m/min의 속도에서 탈진 시까지의 운동 지속시

간을 측정하였다. 탈진상태는 흰쥐가 주행 중에 트레드밀의 후미부분으로 쳐진 상태에서 10초 이상 달릴 수 없는 시점으로 판정였으며, 실험군에 대하여 blinded 된 상태에서 지구력 운동수행능력을 측정하였다.

지구력운동 수행능력 테스트를 실시하고 48시간이 경과한 후, 공복상태에서 에테르 마취하에 실험동물을 도살하였다. 해부 48시간 전에 모든 운동을 종료함으로써 일시적인 운동에서 오는 영향을 배제하였다. 복부대정맥을 통하여 혈액을 채취하였으며, 2,000 × g에서 10분간 원심분리 후 혈청을 분리하여 분석 시까지 -70°C에 보관하였다.

하지의 골격근중에서 가자미근 (soleus muscle), 족저근 (plantarius muscle), 비복근 (gastrocnemius muscle)과 장지신근 (extensor digitorum longus muscle)을 각기 적출하였으며, 액체질소를 이용하여 급속 동결시킨 후 글리코겐 농도와 효소 활성을 분석할 때까지 -70°C에 냉동보관하였다.

**5. 생화학적 분석**

혈청 creatine kinase (CK) 활성 (BSC Auto CPK kit, Bio Clinical System Co., Korea), 암모니아 농도 (Ammonia test, Wako, Japan), 무기인산염 농도 (BSC inorganic phosphorus kit, Bio Clinical System Co., Korea), 젖산농도 (Lactate Pro., Akray, Japan) 및 혈당 농도 (BCS glucose kit, Bio Clinical System Co., Korea)는 상업용 분석 kit를 이용하여 각기 분석하였다. 근육의 글리코겐 농도는 비복근 (0.3~0.5 g)을 이용하여 Anthrone 법<sup>14)</sup>에 의하여 측정하였다. 30% KOH 용액에 근육을 용해시키고 끓는 물에서 20분간 중탕한 후, 실온에서 20분간 방치하였다. 여기에 95% 에탄올을 가하여 끓는 물에서 중탕하고 2,000 × g에서 10분간 원심분리한 후 침전물에 phenol red 시약을 첨가하였다. 6N HCl을 첨가하여 중화시킨 시료를 증류수로 희석하고, anthrone 시약과 반응시킨 후 620 nm에서 비색정량 하였다.

**6. 골격근의 효소활성**

골격근의 hexokinase 및 lactate dehydrogenase (LDH) 활성은 장지신근에서 측정하였으며, citrate synthase (CS) 활성은 가자미근에서 각기 측정하였다. Polytron homogenizer를 이용하여 일정량의 장지신근을 100 mM KHPO<sub>4</sub> 완충용액에 균질화한 후 hexokinase 활성의 경우 Joshi 등<sup>15)</sup>의 방법에 의하여, 그리고 LDH 활성은 Pesce 등<sup>16)</sup>의 방법에 준하여 각기 측정하였다. 100 mM KHPO<sub>4</sub> 0.1 ml, 1.3 mM NADP 0.1 ml, 0.2M MgCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O 0.1 ml, 1.3 mM EDTA 0.1 ml과 2U/ml Glucose-6-phosphate

dehydrogenase 0.1 ml를 혼합한 튜브에 증류수 333  $\mu$ l, 근육 균질액 33  $\mu$ l, 0.3M ATP 33  $\mu$ l를 첨가하고 30, 340 nm에서 hexokinase 활성을 측정하였다. LDH 활성을 측정하기 위해서는 100 mM KHPO<sub>4</sub> 0.84 ml, 3.3 mM Na $\cdot$ pyruvate 0.1 ml, 근육 효소액 0.02 ml를 섞은 후에 3.6 mM DPNH 0.04 ml를 넣어 반응시키고, 30 $^{\circ}$ C, 340 nm에서 흡광도를 측정하였다.

한편, CS 활성의 측정을 위해 일정량의 가자미근을 100 mM KHPO<sub>4</sub> 완충용액에 균질화한 후 미토콘드리아막을 파괴하기 위하여 동결 용해를 3회 반복하고, Srere<sup>17)</sup>의 방법에 준하여 효소 활성을 측정하였다. 즉, 0.1 M KHPO<sub>4</sub> 0.6 ml, 3 mM acetyl Co A 0.1 ml, 1 mM DTNB 0.1 ml, 근육 효소액 0.1 ml를 각기 혼합한 후 30 $^{\circ}$ C, 340 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 여기에 다시 5 mM oxaloacetate 0.1 ml를 반응시켜 흡광도의 변화를 측정하였다. 각 효소의 활성은  $\mu$ mol/g tissue로 나타내었다.

## 7. 통계처리

모든 분석수치는 SPSS/PC 10.0 프로그램을 이용하여

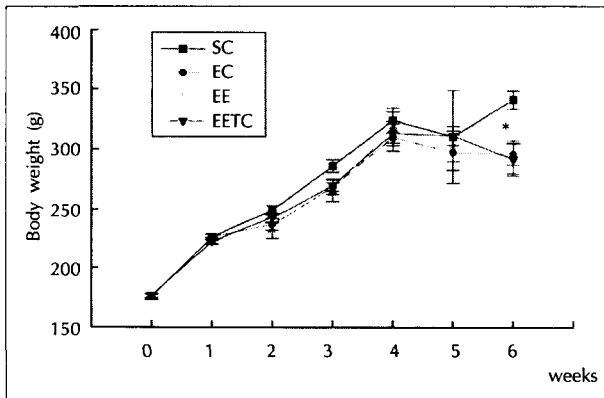


Fig. 1. Changes in body weight of rats fed experimental diets and/or aerobic exercise-trained. Values are mean  $\pm$  SEM of 8 rats. : Significantly different compared to the value for SC rats at  $p < 0.05$ . SC: sedentary control group, EC: exercised control group, EE: exercised and *Eleutherococcus senticosus*-supplemented group, EETC: exercised and *Eleutherococcus senticosus*, taurine and carnitine-supplemented group.

Table 2. Daily food intake and food efficiency ratio of rats fed experimental diets and/or aerobic exercise-trained

	SC	EC	EE	EETC
Food intake (g/day)	17.3 $\pm$ 0.49	16.2 $\pm$ 0.25	16.7 $\pm$ 0.34	16.0 $\pm$ 0.42
FER	0.19 $\pm$ 0.007	0.13 $\pm$ 0.007*	0.14 $\pm$ 0.007	0.14 $\pm$ 0.006
Weight gain (g/6 wks)	116 $\pm$ 7.35	79.8 $\pm$ 1.18**	86.7 $\pm$ 5.00	82.1 $\pm$ 2.74

Values are mean  $\pm$  SEM of 8 rats.

\*, \*\*: Significantly different compared to the value for SC rats at \* $p < 0.05$ , and \*\* $p < 0.01$ , respectively.

SC: sedentary control group, EC: exercised control group, EE: exercised and *Eleutherococcus senticosus*-supplemented group, EETC: exercised and *Eleutherococcus senticosus*, taurine and carnitine-supplemented group

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

mean  $\pm$  SEM으로 표시하였다. SC군과 EC군 간의 평균값의 차이에 대한 유의성은 unpaired Student's t-test를 이용하여 검증하였다. 운동훈련을 받은 동물들 (EC군, EE군 및 EETC군)의 경우 실험식이 각 실험값에 미치는 효과의 유의성은 one-way ANOVA test에 의해  $p < 0.05$  수준에서 검증하였고, 각군의 평균값의 차이에 대한 유의성은 Scheffe test를 이용하여  $p < 0.05$  또는  $p < 0.01$  수준에서 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 체중, 식이효율 및 근육중량의 변화

실험기간동안 각 군별 체중의 변화는 Fig. 1에 나타난 바와 같다. EC군의 경우 운동훈련을 시작한 2주째부터 SC군에 비해 체중이 감소하기 시작하였으며, 6주째에는 규칙적인 운동훈련에 의한 유의적인 체중 감량효과가 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 한편, 동일한 운동 프로토콜로 유산소성 운동훈련을 받으면서 식이섭취를 달리한 EC군, EE군 및 EETC군 간에는 유의적인 체중의 차이가 관찰되지 않았다.

실험기간동안 측정된 식이섭취량 및 식이효율에 대한 결과가 Table 2에 제시되어 있다. 일일 식이섭취량은 SC, EC, EE 및 EETC군에서 각기 17.3  $\pm$  0.49, 16.2  $\pm$  0.28, 16.7  $\pm$  0.34 및 16.0  $\pm$  0.42 g/day으로 실험군간에 유의적인 차이가 없었다. 한편, 실험기간 동안의 총 식이섭취량을 총 누적체중증가량으로 나누어 준 식이효율은 EC군이 0.13  $\pm$  0.004로 SC군의 0.19  $\pm$  0.007에 비하여 유의하게 낮았다 ( $p < 0.05$ ). 따라서 규칙적인 유산소성 운동훈련을 실시한 EC군의 경우 체지방을 연소하여 에너지로 소비함으로써 비운동대조군에 비해 체중 및 식이효율이 더 낮게 나타난 것으로 생각된다. 한편, EC군과 비교 시 EE군 (0.14  $\pm$  0.007) 또는 EETC군 (0.14  $\pm$  0.006)의 식이효율은 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

체중 100 g당 하지 골격근의 무게를 측정된 결과가 Table 3에 나타나 있다. 모든 군에서 체중대 비복근의 무게는 545~

**Table 3.** Relative weights of various types of skeletal muscles in rats fed experimental diets and/or aerobic exercise-trained

	SC	EC	EE	EETC
	(mg/100 g BW)			
Soleus m.	41 ± 1.2	44 ± 1.2	46 ± 1.0	43 ± 1.7
Extensor digitorum longus m.	43 ± 0.6	46 ± 1.6	46 ± 1.6	45 ± 1.6
Plantarius m.	111 ± 2.9	113 ± 4.7	126 ± 4.7	122 ± 4.6
Gastrocnemius m.	545 ± 28.0	609 ± 21.0	574 ± 20.0	599 ± 15.8

Values are mean ± SEM of 8 rats.

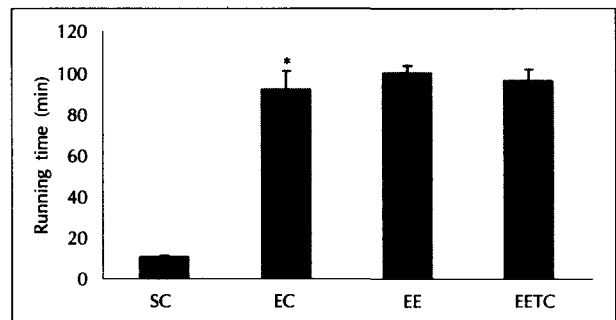
SC: sedentary control group, EC: exercised control group, EE: exercised and *Eleutherococcus senticosus*-supplemented group, EETC: exercised and *Eleutherococcus senticosus*, taurine and carnitine-supplemented group

609 mg/100 g BW로 나타나 다른 종류의 근육에 비해 현저히 그 양이 많았으며, 그 다음으로 족적근 (111~126 mg/100 g BW)이 많은 양을 차지했다. 장지신근과 가자미근의 무게는 서로 비슷하게 41~46 mg/100 g BW의 범위를 나타냈다. 실험군에 따른 각 근육별 무게의 차이를 살펴보면, 체중대 가자미근 또는 장지신근의 무게는 EE, EC, EETC 그리고 SC군의 순으로 높게 나타났으나, 군간에 유의한 차이는 관찰되지 않았다. 체중대 족적근의 무게는 EE, EETC, EC 그리고 SC군의 순으로, 그리고 비복근의 무게는 EC, EETC, EE 그리고 SC의 순으로 높았으나, 역시 군간에 유의한 차이는 없었다. 비록 통계적으로 유의한 수준은 아니었으나, 비운동대조군 (SC)의 경우 유산소성 운동훈련을 6주간 실시한 EC, EE 또는 EETC군에 비해 네가지 종류 하지근육의 체중대 무게가 모두 더 낮은 경향을 나타냈음은 주목할 만하다. 즉, 규칙적인 유산소성 운동훈련에 의해 하지 골격 근육량의 증가가 일어났음을 짐작할 수 있다.

**2. 지구력운동 수행능력의 변화**

점증 운동부하법에 의한 지구력운동 수행능력 테스트를 실시한 결과 (Fig. 2), 6주간 운동훈련을 받은 EC군의 경우 탈진 시까지의 운동 지속시간이 비운동대조군보다 81분 이상 유의하게 연장되었다 (p < 0.01). 따라서 본 연구에서 흰쥐를 대상으로 실시한 운동 프로토콜은 흰쥐의 유산소성 주행능력을 현저히 향상시키는 효과가 있었음이 입증되었다. 한편, 규칙적인 운동훈련을 받는 동물을 대상으로 식이에 의한 운동 수행능력의 차이를 평가한 결과, 통계적인 유의성은 나타나지 않았으나, EC군에 비하여 EE군 또는 EETC군에서 각각 약 8분 또는 5분 정도 탈진 시까지의 주행시간이 더 길게 나타났다 (Fig. 2).

본 연구가 운동선수에 버금가는 운동능력을 지닌 동물모델을 대상으로 실시된 것이고, 실제로 엘리트운동선수의 경우 기록에 의해 경기력이 평가된다는 점을 감안한다면 통계적인 유의성보다는 주행시간의 연장, 그 자체에 더 큰 의미가 있을 것으로 사료된다. 결과적으로 흰쥐를 대상으로 한



**Fig. 2.** Running time until 'all-out' state of rats fed experimental diets and/or aerobic exercise-trained. 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, EE: exercised and *Eleutherococcus senticosus*-supplemented group, EETC: exercised and *Eleutherococcus senticosus*, taurine and carnitine-supplemented group.

가시오갈피의 보충섭취는 탈진 시까지의 주행능력을 향상시켰으며, 가시오갈피에 타우린 및 카르니틴을 병용하여 보충시킨 경우 이들 식품소재에 의한 지구력운동 수행능력의 시너지효과 (synergic effect)는 관찰되지 않았다.

**3. 혈중 피로요소 농도의 변화**

흰쥐를 대상으로 6주간 유산소성 운동훈련과 함께 실험 식이를 섭취시킨 후 안정 상태에서 공복 시 혈청을 채취하여 젖산, 글루코스, 무기인산염 및 암모니아 농도를 분석한 결과가 Table 4에 나타나 있다. 퓨린 뉴클레오티드회로의 주요 구성분인 아스파르트산 (aspartate)은 심한 고강도 운동 중인 근육에서 ATP를 재생시켜 근육에 에너지를 제공하는 역할을 하며, 이 과정에서 유리 암모니아를 형성하게 된다. 본 연구의 결과 실험군간에 혈청 암모니아농도에 유의적인 차이가 관찰되지 않았는데, 이는 실시된 운동 프로토콜의 강도가 단백질이 소모될 정도의 고강도 운동이 아닐 뿐 아니라 안정상태에서 혈중 암모니아 농도를 측정하였기 때문일 것으로 사료된다.

CK는 무산소 운동 중인 근육세포에서 ATP를 재합성하는데 필요한 creatine phosphate의 합성을 촉매하는 효

**Table 4.** Serum levels of inorganic phosphate, glucose, ammonia, lactate, and creatine kinase activity of rats fed experimental diets and/or aerobic exercise-trained

	SC	EC	EE	EETC
Ammonia (mg/dl)	167 ± 12.8	154 ± 17.0	168 ± 15.0	186 ± 15.7
Creatine kinase (IU/L)	37.7 ± 3.3	41.5 ± 4.8	52.0 ± 21.4	52.9 ± 13.4
Inorganic phosphate (mg/dl)	6.3 ± 0.25	6.1 ± 0.25	6.3 ± 0.4	6.2 ± 0.14
Glucose (mg/dl)	140 ± 3.4	108 ± 6.2**	113 ± 2.1*	101 ± 4.7**
Lactate (mmole/l)	2.1 ± 0.17	1.8 ± 0.13	1.8 ± 0.16	1.9 ± 0.16

Values are mean ± SEM of 8 rats.

\*, \*\*: Significantly different compared to the value for SC rats at \*:  $p < 0.05$ , and \*\*:  $p < 0.01$ , respectively.

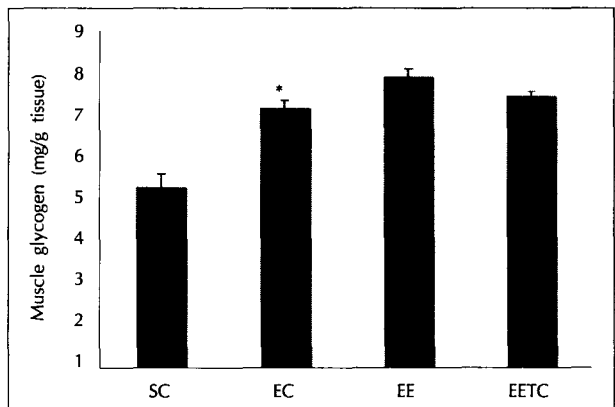
SC: sedentary control group, EC: exercised control group, EE: exercised and *Eleutherococcus senticosus*-supplemented group, EETC: exercised and *Eleutherococcus senticosus*, taurine and carnitine-supplemented group

소이다. 본 실험에서 흰쥐를 대상으로 유산소성 운동훈련을 장기간 실시한 결과 비운동군에 비해 혈중 CK 활성에 유의한 변화가 없었으며, 식이에 따른 CK 활성의 차이도 관찰되지 않았다.

운동수행 시 반복되는 근육수축에 의해 ATP가 가수분해되면서 혈중 무기인산염농도가 급격히 증가하게 된다. 따라서, 일반적으로 운동 중에 무기인산염농도가 급격히 증가하면 근섬유의 cross-linkage가 약화되면서 힘 생성이 저하되는 것으로 알려져 있다.<sup>18,19)</sup> 본 연구에서는 안정상태에서 혈중 무기인산염농도를 측정하였고, 그 결과 네 군간에 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

지구력 운동에 따른 혈당 농도의 감소는 인슐린 감수성의 개선이라는 의미에서 당뇨병자뿐만 아니라 비만환자, 건강한 사람과 동물실험에서도 널리 보고되고 있다. 본 연구에서도 6주간 규칙적인 유산소성 운동훈련을 실시한 EC군의 경우 공복 시 혈당농도가 운동훈련을 받지 않은 SC군에 비하여 유의하게 감소하였고 ( $p < 0.01$ ), 따라서 규칙적인 유산소성 운동훈련은 인슐린 감수성을 증가시키고 혈당을 낮추는 효과가 있음이 재입증되었다. EE군 또는 EETC군의 공복 시 혈당농도 역시 SC군에 비해 유의적으로 감소하였으나, 운동대조군인 EC군과는 차이가 없었고, 따라서 운동훈련을 받는 기간동안 섭취한 식이의 종류는 혈당농도에 유의적인 영향을 미치지 않은 것으로 생각된다.

젖산은 무산소 운동 중에 근세포질에 축적되는 피로물질의 일종이다.<sup>20)</sup> 운동에 의해 체내에 젖산이 축적되면 체내 환경의 산성화가 야기되며, 후자는 phosphorylase의 활성을 저하시키므로서 무산소 상태에서 운동에너지의 급원이 되는 포도당의 신생을 억제하는 것으로 알려져 있다.<sup>21)</sup> 본 실험의 결과, EC, EE 또는 EETC군의 혈중 젖산농도가 SC군에 비하여 다소 낮은 경향을 내기는 했으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었는데, 이는 운동을 종료하고 48시간이 경과한 상태에서 혈액시료를 채취하였기 때문으로 사료된다.



**Fig. 3.** Muscle glycogen concentration of rats fed experimental diets and/or aerobic exercise trained. 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, EE: exercised and *Eleutherococcus senticosus*-supplemented group, EETC: exercised and *Eleutherococcus senticosus*, taurine and carnitine-supplemented group.

#### 4. 근육의 글리코겐농도

규칙적인 지구력 운동훈련과 함께 식이보충제를 섭취시킨 흰쥐의 하지 비복근을 대상으로 글리코겐농도를 측정할 결과가 Fig. 3에 제시되어 있다. 비복근의 근섬유 조성을 살펴보면 37%의 fast-twitch oxidative-glycolytic fiber, 58%의 fast-twitch glycolytic fiber, 그리고 5%의 slow-twitch oxidative fiber로 구성되어 있다.<sup>22)</sup> 비복근의 글리코겐농도는 규칙적인 운동훈련을 실시한 EC군에서  $7.0 \pm 0.22$  mg/g로 나타나, 비운동대조군인 SC군 ( $4.9 \pm 0.36$  mg/g tissue)에 비하여 43% 정도 유의하게 더 높았다 ( $p < 0.05$ ). 따라서 장기간의 규칙적인 유산소성 운동훈련은 하지 비복근의 글리코겐 함량을 증가시키는 효과가 있었음을 알 수 있다. 한편, 식이에 따른 글리코겐 함량의 차이를 평가할 결과, 대조식이를 섭취한 EC군과 비교시 EE군 ( $7.8 \pm 0.21$  mg/g tissue) 또는 EETC군 ( $7.3 \pm 0.14$  mg/g tissue)에서 다소 높은 경향을 나타냈으나 유의한 차이는 아니었으며, 타우린 및 카르니틴의 병용섭취에 의한 시너지효과 역

시 관찰되지 않았다.

일반적으로 근육의 글리코겐농도는 지구력 운동수행능력에 영향을 미치는 요인으로 알려져 있다. 본 연구의 결과 EC군에 비해 EE군 및 EETC군에서 탈진 시까지의 지구력운동 수행시간이 더 길었음에도 불구하고, 근육의 글리코겐 함량에 유의적인 차이가 관찰되지 않은 것은 18시간의 공복상태에서 근육을 채취하였고, 따라서 근육의 글리코겐 함량이 상당히 고갈되어 있는 상태에서 농도를 측정할 것이 부분적인 원인이 있는 것으로 사료된다.

**5. 당질대사 효소의 활성**

규칙적인 지구력 운동훈련과 함께 6주간 식이보충제를 섭취시킨 흰쥐의 장지신근과 가자미근을 채취하여 hexokinase, LDH 및 CS와 같은 당질대사 관련 효소의 활성을 측정하였다 (Table 5). 근섬유의 80% 이상이 지근 (slow-twitch oxidative fiber)으로 구성되어 있는 가자미근은 유산소 운동 시 가장 많이 동원되는 근육으로서 TCA 회로에 관여하는 효소의 활성이 속근 (fast-twitch oxidative-glycolytic fiber)에 비해 월등히 높다.<sup>22)</sup> 한편, 속근에 속하는 장지신근의 경우에는 유산소 운동 시 동원되는 근육의 비율이 낮고, 해당과정에 관여하는 효소의 활성이 지근섬유에 비해 더 높다.<sup>23)</sup> 따라서 본 실험에서는 해당과정에 관여하는 hexokinase와 LDH 활성은 속근섬유의 비율이 높은 장지신근에서, 그리고 TCA 회로에 관여하는 CS 활성은 지근섬유의 비율이 높은 가자미근에서 각기 측정하였다.

근육 세포질에서 해당과정의 초기단계에 작용하는 hexokinase 활성을 측정한 결과, SC군 (5.35 ± 0.38 μmole/g tissue), EC군 (5.58 ± 0.47 μmole/g tissue), EE군 (5.39 ± 0.39 μmole/g tissue), 그리고 EETC군 (5.99 ± 0.19 μmole/g tissue) 간에 유의적인 차이가 없었다. 글리코겐 또는 포도당이 분해되어 ATP를 형성하는 과정에서 세포내에 충분한 양의 산소가 공급되지 못하면 무산소성 에너지대사가 진행되어 근육에 젖산이 축적되고, LDH 활성이 증가하게 된다. 본 연구의 결과, LDH 활성 역시 hex-

okinase와 마찬가지로 실험군간에 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 따라서, 지구력 운동훈련 또는 오갈피, 카르니틴 및 타우린 등의 섭취는 근육의 해당과정에 관여하는 hexokinase 또는 LDH 활성에 영향을 미치지 않은 것으로 생각된다.

규칙적인 유산소 운동은 유산소성 에너지대사에 관련된 미토콘드리아 효소의 활성을 증가시키므로서 ATP 형성을 효율적으로 수행할 수 있도록 해 준다. CS는 TCA 회로의 첫 단계에서 citrate를 합성하는 과정을 촉매하는 효소로서, 규칙적인 유산소성 운동에 의하여 증가하는 것으로 알려져 있다.<sup>24)</sup> 본 연구의 결과에서도 운동대조군인 EC군의 가자미근 CS 활성이 56.8 ± 3.98 μmole/g tissue로 SC군 (42.9 ± 1.89 μmole/g tissue)에 비해 유의적으로 높게 나타나 (p < 0.01), 선행 연구결과<sup>11,24)</sup>와 일치하고 있다. 한편, 식이에 따른 CS 활성의 차이를 살펴보면, EC군에 비해 EE군 (59.5 ± 3.09 μmole/g tissue) 또는 EETC군 (62.0 ± 3.54 μmole/g tissue)에서 유의한 차이는 아니었으나, 다소 높은 경향을 나타냈다.

결론적으로 해당과정에 관여하는 hexokinase와 LDH의 활성은 유산소성 운동훈련에 의해 영향을 받지 않은 한편, 유산소성 에너지 발생을 위해 중요한 역할을 담당하는 CS의 활성은 규칙적인 유산소성 운동훈련에 의해 유의하게 증가하였음을 알 수 있다. 운동훈련과 함께 병행한 가시오갈피의 섭취는 위의 세가지 효소의 활성에 영향을 미치지 못하였다. 아울러 가시오갈피, 타우린 및 카르니틴의 병용섭취는 가시오갈피 단독섭취 시에 비해 이들 세가지 당질대사 효소들의 활성을 모두 증가시키는 경향을 보였으나, 통계적으로 유의한 시너지효과는 관찰되지 않았다.

**요약 및 결론**

가시오갈피, 타우린 및 카르니틴의 보충섭취가 지구력운동 수행능력에 미치는 영향 및 작용기전을 규명하기 위하여, 흰쥐를 비운동대조군 (sedentary control group, SC),

**Table 5.** Enzyme activities in skeletal muscles of rats fed experimental diets and/or aerobic exercise-trained

	SC	EC	EE	EETC
	μmole / g tissue			
Hexokinase	5.35 ± 0.38	5.58 ± 0.47	5.39 ± 0.39	5.99 ± 0.19
Lacate dehydrogase	84.9 ± 9.9	80.0 ± 12.0	77.7 ± 9.5	91.0 ± 16.0
Citrate synthase	42.9 ± 1.89	56.8 ± 3.98*	59.5 ± 3.09*	62.0 ± 3.54*

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, EE: exercised and *Eleutherococcus senticosus*-supplemented group, EETC: exercised and *Eleutherococcus senticosus*, taurine and carnitine-supplemented group

운동대조군 (exercised control group, EC), 운동가시오갈피섭취군 (exercised *Eleutherococcus senticosus*-supplemented group, EE), 그리고 운동가시오갈피, 타우린, 카르니틴섭취군 (exercised *Eleutherococcus senticosus*, taurine and carnitine-supplemented group, EETC)의 네 군으로 나누고 6주간 사육한 후 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 규칙적인 유산소성 운동훈련을 실시한 EC군 ( $0.13 \pm 0.004$ )의 식이효율은 SC군 ( $0.19 \pm 0.007$ )에 비하여 유의하게 낮았으며 ( $p < 0.01$ ), EE군 ( $0.14 \pm 0.007$ ) 또는 EETC군 ( $0.14 \pm 0.006$ )의 식이효율은 EC군과 비교 시 유의한 차이가 없었다.

2) 비록 통계적으로 유의한 수준은 아니었으나, 비운동대조군 (SC)의 경우 유산소성 운동훈련을 6주간 실시한 EC, EE 또는 EETC군에 비해 하지 비복근, 족저근, 가자미근 및 장지신근의 체중대 무게가 모두 더 낮은 경향을 나타냈다.

3) 지구력운동 수행능력테스트 결과 EC군의 경우 탈진 시까지의 운동 지속시간이  $92 \pm 8.8$ 분으로 비운동대조군 ( $11 \pm 0.8$ 분)보다 81분 이상 유의적으로 더 연장되었다 ( $p < 0.001$ ). 한편, 규칙적인 운동훈련을 받는 동물을 대상으로 식이보충에 의한 운동 수행능력의 차이를 평가한 결과 통계적인 유의성은 나타나지 않았으나, EC군에 비하여 EE군 ( $101 \pm 3.5$ 분) 또는 EETC군 ( $97 \pm 4.8$ 분)에서 탈진 시까지의 주행시간이 더 길게 나타났다. 결론적으로 유산소성 운동훈련을 받는 흰쥐에게 가시오갈피를 섭취시킨 결과 탈진 시까지의 주행능력을 향상시켰으며, 가시오갈피에 타우린 및 카르니틴을 병용하여 보충시킨 경우 이들 식품소재에 의한 지구력운동 수행능력의 시너지효과는 관찰되지 않았다.

4) 혈중 피로요소의 농도를 분석한 결과, 암모니아, creatine kinase 활성, 무기인산염 및 젖산 농도는 규칙적인 유산소 운동훈련 및 식이 보충에 의해 유의한 영향을 받지 않았다. 한편, EC군의 혈당농도는 SC군보다 유의적으로 더 낮았으며 ( $p < 0.01$ ), EC, EE 및 EETC군의 혈당 농도는 군간에 차이가 없었다.

5) 비복근의 글리코겐농도는 규칙적인 운동훈련을 실시한 EC군 ( $7.0 \pm 0.22$  mg/g)에서, 비운동대조군인 SC군 ( $4.9 \pm 0.36$  mg/g tissue)에 비하여 43% 정도 유의하게 더 높았고 ( $p < 0.05$ ), 따라서 유산소성 운동훈련의 효과가 입증되었다. 한편, 대조식을 섭취한 EC군과 비교시 EE군 ( $7.8 \pm 0.21$  mg/g tissue) 또는 EETC군 ( $7.3 \pm 0.14$  mg/g tissue)의 근육 글리코겐 농도는 유의한 차이가 없었다.

6) 근육의 hexokinase 및 LDH 활성은 장기간의 유산소 운동훈련과 식이에 의해 영향을 받지 않았으나, 유산소성 에

너지 발생을 위해 중요한 역할을 담당하는 CS의 활성은 EC군의 경우 SC군에 비하여 유의하게 증가하였다 ( $p < 0.01$ ). 한편, EE 또는 EETC군의 경우 EC군에 비해 가자미근의 CS 활성이 더 높은 경향을 보였으나 통계적인 유의성은 관찰되지 않았다.

#### Literature cited

- 1) Baranov AI. Medicinal use of ginseng and related plants in the Soviet Union: Recent trends in the Soviet literature. *J Ethnopharm* 6: 339-353, 1982
- 2) Asano K, Takahashi T, Kugo H, Kuboyama M. Effects of *Eleutherococcus senticosus* Maxim on physical performance and resources in maximal and submaximal work. In: New Data on *Eleutherococcus*: Proceedings of the second international symposium on *Eleutherococcus M.*, pp.229-239, Vladivostok: Far East Science Center, USSR Academy of sciences, 1986
- 3) Carr CJ. Natural plant products that enhance performance and endurance. In: Carr CJ, Jokl E, eds. Enhancers of Performance and Endurance, pp.139-192, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 1986
- 4) Wei R, Chen C, Dong J, Qiu S, Cao Z. Effect of *Radix astragali* and *Radix ginseng* in enhancing the metabolism of human myocardial cells in vitro. *Chung Kuo Chung Yao Tsa Chih* 17: 173-175, 1992
- 5) Park T, Park SY, Lee HY, Paik IY. Effect of taurine supplementation on maximal physical performance and blood fatigue parameters in male athletes. Fall conference of the Korean Society of Food Science and Nutrition, Nov. 27, 1999
- 6) Jung HN, Paik IY, Park T. Effect of taurine, carnitine, or glutamine supplementation on maximal physical performance and plasma trace elements concentrations in male athletes. Spring conference of the Korean Nutrition Society, June 3, 2000
- 7) Martinez B, Staba EJ. The physiological effects of *Aralia*, *Panax* and *Eleutherococcus* on exercised rats. *Jpn J Pharmacol* 35: 79-85, 1984
- 8) Kang HS, Kim YH, Lee CS, Lee JJ, Choi I, Pyun KH. Suppression of interleukin-1 and tumor necrosis factor-alpha production by acanthoic acid, (-)-pimara-9 (11), 15-dien-19-oic acid and its antifibrotic effects in vivo. *Cell Immunol* 170: 212-221, 1996
- 9) Nishibe S, Kinoshita H, Takeda H, Okano G. Phenolic compounds from stem bark of *Eleutherococcus senticosus* and their pharmacological effect in chronic swimming stressed rats. *Chem Pharm Bull (Tokyo)* 38: 1763-1765, 1990
- 10) Voces J, Alvarez AI, Vila L, Ferrando A, Cabral de Oliveria C, Prieto JG. Effects of administration of the standardized *Panax ginseng* extract G115 on hepatic antioxidant function after exhaustive exercise. *Comp Biochem Physiol Comp Pharmacol Toxicol Endocrinol* 123: 175-184, 1999
- 11) Ferrando A, Vila L, Voces JA, Cabral AC, Alvarez AI, Prieto JG. Effects of ginseng extract on various haematological parameters during aerobic exercise in the rat. *Planta Med* 65: 288-290, 1999
- 12) Dowling EA, Redondo DR, Branch JD, Jones S, McNabb G, Williams MH. Effect of *Eleutherococcus senticosus* on submaximal and maximal exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 28: 482-489, 1996
- 13) Dudley GA, William MA, Ronald LT. Influence of exercise in-



- tensity and duration on biochemical adaptations in skeletal muscle. *J Appl Physiol: Respirat Environ Exercise Physiol* 53: 844-850, 1982
- 14) Chun Y, Yin ZD. Glycogen assay for diagnosis of female genital chlamydia trachomatis infection. *J Clin Microbiol* 36: 1081-1082, 1998
  - 15) Joshi MD, Jagannathan V. Hexokinase. *Methods in Enzymology* 13: 371-381, 1969
  - 16) Pesce A, Fondy TP, Stolzenbach F, Castillo F, Kaplan NO. Comparative enzymology of lactate dehydrogenase. 3. Properties of the H4 and M4 enzymes from a number of vertebrates. *J Biol Chem* 242: 2151-2167, 1967
  - 17) Srere PA. Citrate synthase. *Methods in Enzymology* 13: 3-11, 1969
  - 18) Millar NC, Homsher E. The effects of phosphate and calcium on force generation in glycerinated rabbit skeletal muscle fibers. *J Biol Chem* 265: 20234-20240, 1990
  - 19) Walker JW, Lu Z, Swartz D, Moss RL. Thin filament modulation of cross-bridge transition measured by photogeneration of Pi in skeletal muscle fibers. *Biophys J* 59: 418a, 1991
  - 20) Paik IY, Kim JK, Chun YS, Oho HJ. Verifying the validity of fatigue elements changes following absolute exercise intensities. *Kor J Physical Edu* 36: 218-223, 1997
  - 21) Ronzoni E, Kerly M. The effects of pH on carbohydrate changes in isolated anaerobic frog muscle. *J Biol Chem* 103: 175-181, 1993
  - 22) Arino MA, Armstrong RB, Edgerton VR. Hindlimb muscle fiber population of five mammals. *J Histochem Cytochem* 21: 51-55, 1973
  - 23) Bobinac D, Malnar-Dragojevic D, Bajek S, Soic-Vranic T, Jerkovic R. Muscle fiber type composition and morphometric properties of denervated rat extensor digitorum longus muscle. *Croat Med J* 41: 294-297, 2000
  - 24) Jansson E, Kaijser L. Substrate utilization and enzymes in skeletal muscle of extremely endurance-trained men. *J Appl Physiol* 62: 999-1005, 1987