

매실을 첨가한 한방스포츠음료가 흰쥐의 혈중지질 및 운동수행력 증강에 미치는 영향

김영제¹ · 정운주¹ · 이기동² · 최명숙^{1*}

¹경북대학교 생활과학대학 식품영양학과

²중부대학교 관광보건대학 식품생명과학과

Effects of Herbal Sports Drinks Containing *Prunus mume* Fruit Extract on the Plasma Lipid Profile and Endurance of Rats

Young Je Kim¹, Un Ju Jung¹, Gee Dong Lee², and Myung-Sook Choi^{1*}

¹Dept. of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

²Dept. of Food Science and Biotechnology, Joongbu University, Chungnam 312-702, Korea

Abstract

This study examined the effects of four herbal sports drinks containing *Prunus mume*, *Liriope platyphylla*, and *Acanthopanax senticosus* fruit extracts on body fat and endurance of rats trained by a progressive loaded exercise program. Forty male Sprague-Dawley rats (6 weeks old) were divided into five groups and fed experimental diets for 6 weeks according to the following protocol: C, exercise-trained control group (n=8); A, exercise group with *Acanthopanax senticosus* extract (n=8); L, exercise group with *Liriope platyphylla* extract (n=8); PA, exercise group with *Prunus mume* fruit extract plus *Acanthopanax senticosus* extract (n=8); PL, exercise group with *Prunus mume* fruit extract plus *Liriope platyphylla* extract (n=8). Endurance was measured by a progressive loaded exercise test using a treadmill. PA and PL supplementation significantly extended time to exhaustion compared to the control group (p<0.05). Further, the four herbal sports drinks all significantly reduced epididymal and interscapular white adipose tissue weights compared to the control group (p<0.05). Plasma triglyceride concentration was significantly lower in the A group compared to the control group. Plasma free fatty acid concentration was higher in the A group compared to the control group. On the other hand, *Acanthopanax senticosus* fruit extract supplementation tended to reduce the plasma glucose concentration compared to the control group. PA and PL supplementation significantly increased gastrocnemius muscle LDH activities compared to the control group (p<0.05). These results show that sports drink containing *Acanthopanax senticosus* improved endurance capacity, plasma lipids, and glucose concentrations. Sports drink with *Prunus mume* and *Liriope platyphylla* or *Acanthopanax senticosus* was synergistically improved endurance.

Key words: *Prunus mume*, *Liriope platyphylla*, *Acanthopanax senticosus*, endurance, exercise

서 론

운동 수행과정 중 체액의 손실과 더불어 산성화 및 전해질 손실이 동시에 발생되는데, 이때 체액균형은 신체기능의 효율적 발휘를 위한 필수적인 요소이다. 지금까지는 인체의 적절한 수분대사 조절을 위해 다양한 청량음료 제품이 개발되었으나 이러한 음료의 주성분은 백설탕, 액상과당, 그레이프 후르츠 과즙, 구연산 및 향료 등으로 높은 열량으로 인한 비만유도 등의 문제점을 가지고 있으며 운동과정에서 발생하는 체액균형에 도움이 되지 않고 더 갈증을 야기할 수 있다. 따라서 앞으로는 신체기능 활성화에 주된 초점을 맞춘 목적지향형의 기능성 음료의 개발이 필요하다. 음료 성분으로 사용되는 한방 소재들인 인삼, 벌꿀, 로얄제리, 영지버섯,

각종 비타민, 녹용, 우황은 착향 혼합음료의 성분으로 사용되고 있다. 그러나 최근에는 우리나라 민간요법 및 한방요법 등을 비롯한 전래의학의 관점에서 생약 및 자연식품으로부터 추출된 물질을 포함한 음료섭취를 통한 수분 및 전해질 공급, 피로회복 등의 기능성이 제시되고 있으며, 전래의학과 관련된 정보를 바탕으로 매실, 맥문동, 인삼, 가시오가피, 구기자 등의 운동수행 능력 개선 기능성이 최근 거론되고 있다. 그러나 이들의 실제적인 효과와 관련된 연구결과는 여전히 미흡한 실정이므로 운동수행력 증진을 위한 기능성 물질의 관련 작용 규명 및 제품개발이 요구되고 있다.

맥문동(*Liriope platyphylla*)은 백합과에 속하는 다년생 상록 초본식물로 한국, 중국, 일본 등에서 약용으로 재배되고 있으며, 가늘고 긴 수염뿌리 끝의 짧은 방추형 덩이뿌리

*Corresponding author. E-mail: mschoi@knu.ac.kr
Phone: 82-53-950-6232, Fax: 82-53-950-6229

를 약용으로 사용하고 있다. 맥문동의 껍질에는 steroid계 saponin인 spicatoside A, B, ophiophogonin A, isoflavonoid, β -sitosterol, stigmasterol, steroidal glycosides, oligo-saccharides 및 polysaccharides 등의 성분이 함유되어 있는 것으로 보고되어 있다(1). 맥문동의 steroid saponin은 항암 효과가 있는 것으로 알려져 있으며(2), 혈당강하(3), 항당뇨(4), 항염증작용(5) 등의 효능이 보고되었다.

인삼과에 속하는 가시오가피(*Acanthopanax senticosus*)는 예로부터 다양한 건강증진 효과가 보고되어 왔으며, Brekhman과 Dardymov(6)에 의하여 오가피 뿌리에서 lignan계 배당체의 분리 및 면역 기능이 보고된 이후 각광 받는 연구 대상 중 하나가 되었다. 지금까지 가시오가피 saponin 성분에 의한 혈당강하(7), hydrogen peroxide 생성억제를 통한 면역기능 강화(8), 오가피추출액에 의한 항비만 효과(9) 등이 알려져 있으며, 운동 후에 일어나는 피로현상을 억제하고, 운동 수행능력을 향상시키는 것으로 보고되었다(10,11).

매실의 효능은 수천 년을 내려오면서 경험적으로 인정되어 한방과 민간에서 덜 익은 열매를 껍관, 각기병, 건위, 살균, 거담, 구역질, 주독, 해열, 진토, 발한, 지이, 피로회복, 살균, 구충 등의 목적으로 복용되어 왔으나 효능은 현대 의학적인 측면에서 부정적인 평가를 받기도 한다. 그러나 일본에서는 매실에 관한 각종 연구가 활발하게 진행되었으며 그 성분으로는 줄기에 kaempferid-7-glucoside, naringenin, leucoanthocyanidin, catechin, 꽃에 benzaldehyde, benzoic acid 등 정유, 청매에 호박산, 구연산, 사과산 등 유기산 그리고 종자에 amygdalin 등이 보고되고 있다(12). 매실에 많이 함유된 구연산이나 사과산은 운동수행 시 체내 신진대사의 활성화, 노폐물 제거, 젖산생성 억제, 헤모글로빈과 산소의 친화력 향상 등에 높은 효과가 있는 것으로 보고되고 있어(13), 이들이 풍부한 매실을 주성분으로 한 음료는 기존 음료보다 산소운반 기능을 비롯한 각종 대사기능의 촉진 및 피로회복에 상당한 효과를 줄 수 있으리라 생각된다.

따라서 본 연구에서는 기존의 한방소재 추출물을 일부 첨가한 단순 가공음료를 탈피하여 운동선수들의 스테미너 증강에 직접적으로 기여하는 한방스포츠음료를 제안하고 운동수행력 증강 및 피로회복에 미치는 영향을 과학적 근거에 기반하여 분석하고자 하였다.

재료 및 방법

실험대상 및 사육방법

6주령의 수컷 Sprague-Dawley rat 40마리를 (주)오리엔트사(Sungnam, Korea)를 통해 구입하여 처음 1주간 pellet 형태의 lab-chow 식이를 제공하면서 사육환경에 적응시킨 후, 난피범(randomized block design)에 따라 각 군당 8마리씩 5개의 식이군으로 나누었다. 모든 식이군에게 AIN-76 semisynthetic diet를 급여 하였으며, 4개의 시험군에게 한방

스포츠음료 formula, 즉 가시오가피 추출물(A, *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group), 맥문동 추출물(L, *Liriope platyphylla* extract-supplemented group), 매실과 가시오가피 추출물 혼합음료(PA, *Prunus mune* fruit extract, *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group), 매실과 맥문동 추출물 혼합음료(PL, *Prunus mune* fruit extract, *Liriope platyphylla* extract-supplemented group)를 각각 6주간 제공하였다.

대조군(C; control)은 물을 자유롭게 섭취하도록 하였으며, 4개의 시험군은 12 mL의 한방스포츠음료 formula를 모두 음용시킨 후 추가로 물을 제공하였다. 동물실험실의 사육 환경은 항온(25%), 항습(50%), 12시간 간격의 dark-light cycle로 일정한 조건을 유지하였으며,식이섭취량은 매일 기록하였고 체중은 1주일 간격으로 측정하였다.

음료의 조성 및 제공방법

본 실험에서 사용된 가시오가피(*Acanthopanax senticosus*) 추출물, 맥문동(*Liriope platyphylla*) 추출물 및 매실(*Prunus mune*) 추출물은 (재)대구경북한방산업진흥원(Daegu, Korea)에서 제공받았다. 실험에 적용된 한방스포츠음료에 포함된 각 소재의 최종농도가 2%(w/w) 매실 추출물, 0.258%(w/w) 맥문동 추출물, 0.13%(w/w) 가시오가피 추출물이 되도록 Table 1과 같이 취한 후, 각각의 스포츠음료 조성물에 증류수를 가하여 최종 용량이 12 mL가 되도록 제조하였다.

트레이닝 방법

모든 시험군은 실험식으로 사육하면서 주 5회 18:00시에 소동물용 트레드밀(Dual-treadmill, Muromachi Kikai, Tokyo, Japan)을 이용하여 지구력운동 훈련을 6주간 실시하였다. 첫 주에는 15 m/min의 속도로 20분간 운동을 실시하였고, 점차 속도와 시간을 증가시켜 나가는 점진운동부하법을 사용하여 실험 마지막 주에는 30 m/min의 속도로 1,500 m를 완주할 수 있도록 하였다(14).

Table 1. Formulas of various sport drinks composed of *Prunus mune* fruit extract, *Acanthopanax senticosus* and *Liriope platyphylla*

Types of sports drink formula ¹⁾	<i>Prunus mune</i> fruit extract (yield: 68%)	<i>Liriope platyphylla</i> extract (yield: 50%)	<i>Acanthopanax senticosus</i> extract (yield: 50%)
A			0.064 g
L		0.129 g	
PA	0.735 g		0.064 g
PL	0.735 g	0.129 g	

¹⁾ A: *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group, L: *Liriope platyphylla* extract-supplemented group, PA: *Prunus mune* fruit extract plus *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group, PL: *Prunus mune* fruit extract plus *Liriope platyphylla* extract-supplemented group.

H₂O was added to each sports drink formula to adjust its volume to 12 mL.

육체적 피로 유발

희생 전 12시간 동안 절식시킨 다음 모든 실험군의 지구력 증강 및 피로개선 기능성 평가를 위해 실험동물을 탈진시점까지 강제 주행시키고 탈진시점까지의 주행시간을 기록하였다. 운동 방법은 12 m/min에서 3분간 운동을 시작한 후 매 3분마다 3 m/min의 속도로 운동강도를 증가시켰으며, 최종 30 m/min의 속도를 유지하도록 하였다.

시료수집 및 혈중 바이오마커의 분석

사육 종료 시점에서 실험동물을 희생 전 12시간(PM 9:00 ~ AM 9:00) 동안 절식시킨 후 탈진 시점까지 주행을 실시하였으며, 탈진상태에서 즉시 에테르를 흡입시켜 1차 마취시키고 다시 ketamin-HCl(Yuhan, Seoul, Korea, 75 mg/kg body weight)을 근육 주사하여 2차 마취시킨 다음 복부 하대정맥(inferior vena cava)을 통하여 혈액을 채취하였다. 채취된 혈액을 heparin 처리된 시험관에 수집하여 1,000×g, 4°C에서 15분간 원심분리 한 다음 혈장을 분리하였고, 시료 분석 시까지 -70°C에 보관하였다. 각 실험동물의 장기조직(간, 심장, 신장, 근육, 부고환지방, 신주위지방, 후복강지방, 장간막지방, 피하지방, 견갑골간 백색지방 및 견갑골간 갈색지방)은 PBS(phosphate buffered saline) 용액에 수차례 헹군 후 표면의 수분을 제거하여 칭량하였다. 하지 골격근 중에서 지근(근지구력에 관계하는 근육)에 해당되는 가자미근(soleus muscle), 그리고 지근과 속근(근력에 관계하는 근육)을 모두 포함하는 비복근(gastrocnemius muscle)을 각각 적출하였으며, 글리코겐 농도와 효소활성도 분석을 위해 -80°C에 보관하였다.

혈장 총콜레스테롤(Asan, Seoul, Korea), HDL-콜레스테롤(Asan), 중성지질(Asan), 유리지방산(NEFA kit, Wako, Osaka, Japan), 포도당(Glucose kit, Asan), 젖산(BioAssay Systems, Hayward, CA, USA), 암모니아(Asan), 무기인산염(Asan) 농도 및 creatine kinase(BCS Auto CPK kit, Bio-Assay Systems), lactate dehydrogenase(BioAssay Systems) 활성도는 상업용 kit를 이용하여 분석하였다.

글리코겐 농도 측정

간 및 근육의 글리코겐 농도는 비복근을 이용하여 Anthrone법에 따라 측정하였다. 30% KOH 용액에 근육을 넣어 용해시키고 100°C의 끓는 물 속에서 20분간 중탕시킨 후 실온에서 20분간 방치하였다. 여기에 95% 에탄올을 첨가하여 2,000×g에서 10분간 원심분리 하였다. 침전물을 증류수로 세척한 후 증류수와 Anthrone 시약을 넣고 100°C에서 20분간 반응시킨 후 620 nm에서 흡광도를 측정하여 glucose 표준액과 비교하여 정량하였다.

근육의 효소활성도 측정

젖탈산수소효소(lactate dehydrogenase; LDH)는 lactate dehydrogenase kit(BioAssay Systems)를 사용하여 측정하였다. 비복근을 100 mM KPB(potassium phosphate buffer,

pH 7.0)와 1:50으로 균질화하여 10,000×g, 4°C에서 15분간 원심분리한 후 상층액을 취하여 실험에 사용하였다. 젖산을 탈수소 시켜 피루브산을 생성시키고, 이때 조효소 NAD⁺는 환원되어 NADH로 된다. 생성된 NADH는 1-methoxy PMS 존재 하에서 NTB(nitrotetrazolium blue)를 환원시켜 di-formazan을 생성하는데 이때 생성된 diformazan을 565 nm에서 비색정량 하였다.

Creatine kinase(CK)는 creatine kinase assay kit(Bio-Assay Systems)를 사용하여 측정하였다. 분석시료는 비복근을 사용하였으며, 3-9-1과 동일한 방법으로 전처리 하였다. Creatine kinase는 인산 크레아틴과 ADP를 creatine과 ATP로 전환시키는 반응을 촉매하며, 생산된 ATP는 hexokinase와 반응하며 glucose를 glucose-6-phosphate로 전환시킨다. 이것은 NADP⁺ 존재 하에 glucose-6-phosphate dehydrogenase에 의해 산화되며 NADPH를 생산하는데, 이것을 340 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계분석

본 시험의 모든 결과는 컴퓨터 통계 프로그램 중의 하나인 SPSS package program(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 산출되었다. 각 군간의 평균차이에 대한 유의성 검정은 one-way ANOVA(analysis of variance)를 실시하였고 군간의 차이는 Duncan's multiple range test에 의해 p<0.05 수준에서 사후검정을 실시하였으며, 그 결과를 mean±SE(standard error)로 표시하였다.

결과 및 고찰

체중 및 식이효율

실험기간 동안의 체중증가 및 식이효율은 Table 2와 같다. 체중증가량(body weight gain, g/day)은 복합음료군인 PA, PL군에서 C군에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며, 그 중 PA군의 체중증가가 유의적으로 가장 낮게 나타났다

Table 2. Effects of sport drinks on body weight gain and food efficiency ratio (FER) in exercising rats¹⁾

Group ²⁾	Body weight gain (g/day)	Food intake (g/day)	FER ³⁾
C	5.45±0.20 ^a	23.58±0.60 ^a	0.23±0.01 ^a
A	4.84±0.21 ^{abc}	22.69±0.40 ^{ab}	0.21±0.01 ^{ab}
L	5.15±0.27 ^{ab}	23.76±0.37 ^a	0.22±0.01 ^{ab}
PA	4.36±0.20 ^c	21.58±0.66 ^b	0.20±0.01 ^b
PL	4.68±0.20 ^{bc}	22.02±0.32 ^b	0.21±0.01 ^{ab}

¹⁾ Mean±SE. ^{a-c} Means in the same column not sharing a common superscript are significantly different between groups at p<0.05.

²⁾ C: Control group, A: *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group, L: *Liriope platyphylla* extract-supplemented group, PA: *Prunus mune* fruit extract plus *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group, PL: *Prunus mune* fruit extract plus *Liriope platyphylla* extract-supplemented group.

³⁾ Food efficiency ratio=body weight gain/ food intake.

Table 3. Effects of sport drinks on organ weights in exercising rats¹⁾

Group ²⁾	Gastrocnemius muscle	Soleus muscle	Epididymal WAT	Perirenal WAT	Interscapular WAT ³⁾
	(g/body weight 100 g)				
C	1.111±0.038 ^b	0.083±0.003 ^{ab}	1.823±0.037 ^a	0.691±0.081 ^a	0.888±0.116 ^a
A	1.224±0.031 ^a	0.086±0.002 ^a	1.488±0.097 ^b	0.511±0.048 ^{ab}	0.545±0.064 ^b
L	1.190±0.037 ^{ab}	0.077±0.002 ^b	1.567±0.044 ^b	0.565±0.048 ^{ab}	0.660±0.028 ^b
PA	1.199±0.022 ^{ab}	0.076±0.002 ^b	1.513±0.102 ^b	0.490±0.049 ^{ab}	0.586±0.028 ^b
PL	1.192±0.024 ^{ab}	0.080±0.003 ^{ab}	1.491±0.075 ^b	0.472±0.056 ^b	0.680±0.074 ^b

¹⁾Mean±SE. ^{a,b}Means in the same column not sharing a common superscript are significantly different between groups at p<0.05.

²⁾C: Control group, A: *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group, L: *Liriope platyphylla* extract-supplemented group, PA: *Prunus mune* fruit extract plus *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group, PL: *Prunus mune* fruit extract plus *Liriope platyphylla* extract-supplemented group.

³⁾WAT: white adipose tissue.

(p<0.05). 실험기간 중의 식이섭취량은 PA와 PL군이 C군에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며 특히 가장 낮은 체중증가율을 보였던 PA군의 식이효율(FER)이 C군에 비해 유의적으로 낮은 결과를 보였다(p<0.05). 단일음료군인 A, L군의 식이섭취량 및 체중증가량은 C군과 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나, 매실을 함유한 복합음료군(PA, PL)에서 관찰된 식이섭취량 및 체중증가량 감소효과는 매실 보충에 의해 나타나는 것으로 사료된다(p<0.05).

장기무게

체중 100 g당 장기무게는 Table 3과 같다. 하지 골격근 중 속근에 해당하는 비복근(gastrocnemius muscle)의 경우 C군에 비해 A군에서 유의적으로 높게 나타났으며(p<0.05). 지근에 해당하는 가자미근(soleus muscle)의 경우 A군이 L, PA군에 비해 유의적으로 높게 나타났으나 C군과의 유의성은 없었다(p<0.05). 비록 모든 한방스포츠음료 음용군의 비복근 중량이 통계적으로 유의적이진 않았으나 C군에 비해 전반적으로 높은 경향을 나타내어 규칙적인 지구력 운동과 함께한 음료 음용이 골격근육량 증가에 영향을 주었음을 짐작해 볼 수 있다(p<0.05).

백색지방조직 무게 비교에서 부고환지방(epididymal WAT)과 견갑골 백색지방(interscapular WAT) 무게는 모든 한방스포츠음료 음용군이 C군에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며, 신주위지방(perirenal WAT) 무게는 PL군이 C군에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며(p<0.05). 또한 A, L, PA군의 신주위 지방 무게도 유의적이진 않지만 C군에 비해 감소한 것으로 나타나 스포츠음료 음용에 의해 체지방 감량이 유도된 것을 확인할 수 있었다.

운동수행시간

점증 운동부하법에 의한 지구력 운동수행시간을 측정된 결과, 한방스포츠음료 음용군 중 PA와 PL군의 주행시간이 대조군인 C군에 비해 57%, 44% 증가하여 유의적인 차이를 보였으며 A군은 주행시간을 증가시키는 경향을 보였다(p<0.05). 즉, 가시오가피 단일 추출물이 맥문동 단일 추출물에 비해 주행시간의 증가를 보였으며 매실을 함유한 혼합음료군의 주행시간이 더 증가한 것으로 나타나 매실첨가에 의한

시너지 효과를 확인하였다(Fig. 1).

혈중지질 농도

혈장 총콜레스테롤 농도는 군간 유의적인 차이가 없었던 반면, 혈장의 중성지방 농도는 A군이 C군에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며 L, PA, PL군에서도 혈장 중성지방 감소 경향을 나타내었다(p<0.05). HDL 콜레스테롤 농도는 음료군과 대조군간의 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났으며, 총콜레스테롤에 대한 HDL 콜레스테롤 비율인 HTR과 동맥 경화지수인 AI는 군 간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다(p<0.05). 비록 A군을 제외한 스포츠음료 음용군의 혈중 중성지방 감소 효능이 통계적으로 유의적이진 않았으나 4종 스포츠음료 음용군의 혈장 중성지방이 C군에 비해 전반적으로 낮게 나타나 한방스포츠음료에 의한 지질개선효과를 예측할 수 있었다(Table 4).

혈중 에너지기질 농도

운동 시 ATP를 생성하는 두 가지 에너지기질은 지방과 근육에 글리코겐으로 저장되어 있는 당이다. 일반적으로 운동 시에는 이들 에너지기질이 동시에 이용되며 두 가지 에너

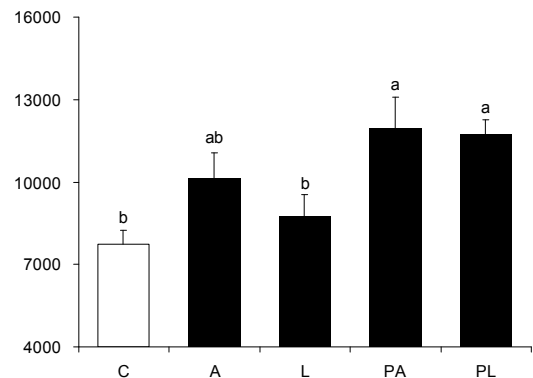


Fig. 1. Effects of sport drinks on running endurance time in rats with exhaustive exercise¹⁾. ¹⁾Mean±SE. Means not sharing a common superscript (a,b) are significantly different between groups at p<0.05. C: Control group, A: *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group, L: *Liriope platyphylla* extract-supplemented group, PA: *Prunus mune* fruit extract plus *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group, PL: *Prunus mune* fruit extract plus *Liriope platyphylla* extract-supplemented group.

Table 4. Effect of sport drinks on plasma lipids profile in exercising rats¹⁾

Group ²⁾	Total-C ³⁾	Triglyceride	HDL-C ⁴⁾	HTR ⁵⁾ (%)	AI ⁶⁾
	(mg/dL)				
C	71.12±8.59	60.48±7.36 ^a	26.74±4.11	31.97±8.41	1.46±0.26
A	64.42±3.45	41.83±4.52 ^b	22.97±2.55	35.97±2.32	1.84±0.14
L	81.13±3.11	54.83±3.63 ^{ab}	33.67±3.72	41.71±3.22	1.39±0.22
PA	74.54±9.93	48.86±4.96 ^{ab}	32.43±5.56	42.55±3.13	1.48±0.16
PL	82.26±8.00	49.91±3.83 ^{ab}	36.01±3.78	42.73±4.20	1.41±0.22

¹⁾Mean±SE. ^{a,b}Means in the same column not sharing a common superscript are significantly different between groups at p<0.05.

²⁾C: Control group, A: *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group, L: *Liriope platyphylla* extract-supplemented group, PA: *Prunus mune* fruit extract plus *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group, PL: *Prunus mune* fruit extract plus *Liriope platyphylla* extract-supplemented group.

³⁾Total-C: total cholesterol.

⁴⁾HDL-C: high density lipoprotein cholesterol.

⁵⁾HTR: HDL-C/ Total-C ratio=(HDL-C/ Total-C)×100.

⁶⁾AI: atherogenic index=[Total-C-HDL-C]/ HDL-C.

지기질의 이용 비율은 운동 강도 및 지속시간에 따라 달라진다. 지속적으로 수분 간 고강도의 운동을 할 때는 근육의 글리코겐과 혈중 당을 가장 주된 에너지기질로 사용하고 중간강도의 운동에는 지방과 당이 거의 비슷한 비율로 이용된다. 한편 운동이 지속되면 근육의 당 에너지 의존도가 증가하며 근육 내 저장된 글리코겐이 점진적으로 고갈되어 혈액에서 근육으로의 당 유입이 증가하며, 이때 혈중 당 농도를 유지하기 위해 간에서 혈액으로의 당 방출이 증가한다(15). 그러나 운동이 지속되면 간에서의 당 생성도 점차 감소하여 운동 후반기에 동원되는 에너지기질의 대부분은 지방의 분해로부터 얻게 된다. 최대산소섭취량(VO₂max) 75% 이상의 고강도 운동에서 근육 내 저장된 글리코겐은 점진적으로 고갈되며, 지방이 주 에너지기질로서 작용하여 장시간 운동에 중요한 역할을 한다(16). 즉 운동의 진행과 함께 에너지 대사체계가 당 대사에서 지방대사로 전환되는 것이다. 지속적인 장시간 운동 시 피로가 증가하는 원인 중 하나는 체내에 저장되어 있는 당이 고갈되기 때문이다. 따라서 운동으로 인한 피로를 감소시키기 위해서는 체내에 저장된 지방에너지의 이용은 증가시키는 반면 근육과 간에 저장된 당의 이용을 줄임으로써 장시간의 운동수행이 가능해진다(17). 특히 혈중 유리지방산은 근육에 저장된 중성지방만큼 지구력 운동 시에 중요한 에너지기질이며 증가된 혈중 유리지방산은 글리코겐 고갈을 지연시킬 수 있다(18,19).

본 연구에서 한방스포츠음료 음용군과 운동대조군 간의 혈장 유리지방산과 당 농도 차이가 유의적이지는 않았으나 한방스포츠음료 음용군 중 A군은 혈장 유리지방산 농도를 C군에 비해 증가시키는 반면, 혈장 당 농도를 낮추는 경향을 나타내었다(p<0.05). 근육의 글리코겐 함량은 A군을 비롯한 3가지 한방스포츠음료 음용군에서 14~23% 정도 높았으나 통계적 유의성은 없었다(p<0.05)(Table 5). 본 연구에서 가시오가피 추출물 음용군의 혈당농도가 대조군에 비해 감소한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 에너지기질로써의 지방산 이용이 증가함으로써 근육 글리코겐 분해와 간조직의 당 신생이 억제되어 나타난 것으로 사료된다.

혈중 피로관련 바이오마커

운동강도가 증가함에 따라 나타나는 근육피로의 주된 원인은 무산소성 해당과정 시 생성되는 부산물인 젖산의 과다 생성 및 축적으로 인한 수소이온의 증가로 알려져 왔다. 수소이온 농도의 증가는 세포 내 pH를 정상수준 이하로 감소시키며, 이는 myosin ATPase의 활성도를 떨어뜨린다(20,21). 이와 같은 현상은 근수축력을 감소시키는 직접적인 원인이 되며 결국 지속적으로 근수축을 요하는 활동 시에 근육피로를 유발시키게 된다.

본 연구에서 혈장 젖산 농도와 혈장 암모니아 농도는 군간의 유의적인 차이가 없었다(p<0.05). 운동 시 암모니아는 생체 내 독성효과를 나타내는 것으로 알려져 있으며, 심한

Table 5. Energy substrate level in plasma and tissues from exercised rats given various sport drinks¹⁾

Group ²⁾	FFA	Glucose	Glycogen (mg/g tissue)	
	(mmol/L)			Muscle
C	0.39±0.04 ^{ab}	2.13±0.19 ^{ab}	22.57±5.09	0.49±0.03
A	0.56±0.12 ^a	1.91±0.27 ^b	26.80±1.72	0.54±0.03
L	0.29±0.05 ^b	2.97±0.26 ^a	26.74±1.88	0.48±0.03
PA	0.44±0.04 ^{ab}	2.13±0.11 ^{ab}	27.71±2.30	0.50±0.02
PL	0.40±0.05 ^{ab}	2.23±0.22 ^{ab}	25.67±1.92	0.52±0.02

¹⁾Mean±SE. ^{a,b}Means in the same column not sharing a common superscript are significantly different between groups at p<0.05.

²⁾C: Control group, A: *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group, L: *Liriope platyphylla* extract-supplemented group, PA: *Prunus mune* fruit extract plus *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group, PL: *Prunus mune* fruit extract plus *Liriope platyphylla* extract-supplemented group.

Table 6. Concentration of plasma fatigue-related biomarkers in the exercised rats given various sport drinks¹⁾

Group ²⁾	Ammonia (µg/mL)	Lactate (mM/mL)	Inorganic phosphate (mg/dL)
C	425±70	8.31±0.54	3.78±0.27
A	399±30	8.04±0.79	3.75±0.16
L	337±28	7.93±0.67	3.64±0.20
PA	388±57	7.78±0.75	3.48±0.21
PL	415±51	8.94±0.74	3.97±0.15

¹⁾Mean±SE. There were no significant difference between the groups.

²⁾C: Control group, A: *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group, L: *Liriope platyphylla* extract-supplemented group, PA: *Prunus mune* fruit extract plus *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group, PL: *Prunus mune* fruit extract plus *Liriope platyphylla* extract-supplemented group.

경우 순환을 통해 뇌조직에 직접적으로 전달되어 중추신경계에 치명적인 독성을 일으킬 수 있으며(22), 그 외 PFK 활성 자극, 시트르산 회로와 당신생반응의 억제, 미토콘드리아의 산화 감소를 유발한다(23). 이는 결국 젖산의 생성을 증가시켜 혈액 pH를 감소시키며 글리코젠을 빠르게 감소시켜 피로를 유발시키게 된다(24).

반복되는 근수축 운동에서 myosin과 actin의 결합으로 ATP가 가수분해되며, 그 결과 세포 내 무기인산 축적이 증가하게 된다. 무기인산의 축적은 cross-bridge의 결합비율을 감소시키며 이로 인해 근력의 저하를 가져오게 된다(25). 본 연구에서 혈중 무기인산 농도는 다른 피로관련지표와 같은 경향을 보였으며, 군 간 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다($p<0.05$)(Table 6).

혈장 효소활성도

CK 및 LDH는 비 혈장 특이적 효소로 조직에서 활성도가 높은 반면 혈중에서는 그 농도가 낮게 유지된다. 세포 내 ATP 및 대사물질의 감소는 근 섬유막 손상 및 세포막 투과성 변화를 일으키며 이로 인해 근육세포의 효소가 혈중으로 유출되는 것으로 알려져 있다. 때문에 이러한 효소들의 혈중 활성도 증가는 근육 손상의 지표로 사용된다(26,27). Noakes (28)는 CK 활성도 변화가 운동강도, 운동지속시간, 운동형태에 의하여 영향을 받으며, 고강도 운동에 의해 초래되는 부상정도를 나타내는 지표로 활용될 수 있다고 보고하였다. 장기간의 근육활동으로 인한 골격근 효소활성도의 증가양상은 세포에 인접해 있는 조직의 상해 및 산소결핍에 인한 세포막 투과성의 변화 결과로 알려져 있다(29). Choi와 Jung (30)은 장기간의 트레이닝 시 조직으로부터 유출된 혈청 CK 활성도는 근조직 세포막의 상해, 저산소 상태에 의한 세포막 투과성의 증가, 에너지 결핍의 결과로서 증가된 것으로 보고하였으며, 트레이닝이 골격근 발달과 에너지기질 저장능력을 증가시켜 세포막의 투과성을 감소시킨다고 보고하였다. King 등(31)은 혈청효소(LDH, CPK) 활성도는 장기간의 트레이닝에 의해 변화되고 고도로 단련된 운동선수인 경우 근육세포막 손상과 효소의 유출이 감소된다고 보고한 바 있다.

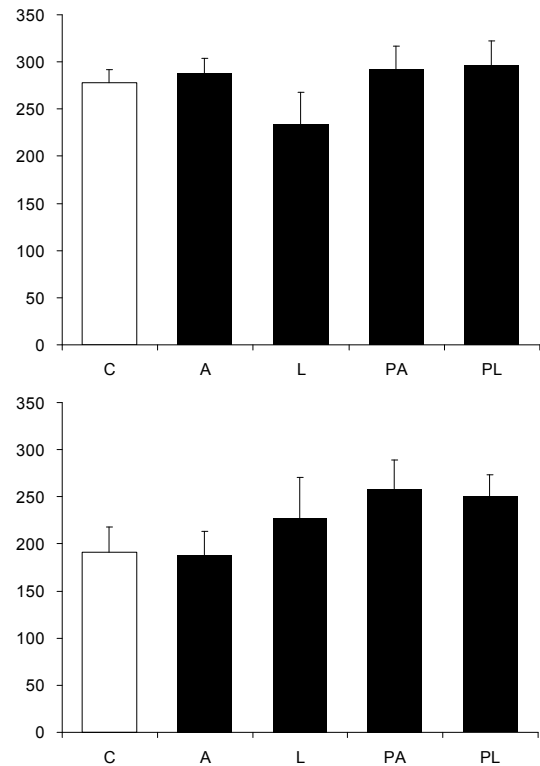


Fig. 2. Effects of sport drinks on plasma enzyme activity of LDH, CK in exercising rats¹⁾. ¹⁾Mean±SE. There were no significant difference between the groups. LDH: lactate dehydrogenase, CK: creatine kinase. C: Control group, A: *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group, L: *Liriope platyphylla* extract-supplemented group, PA: *Prunus mune* fruit extract plus *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group, PL: *Prunus mune* fruit extract plus *Liriope platyphylla* extract-supplemented group.

본 연구에서 6주간의 지구력 훈련을 통한 혈장 LDH 활성도와 CK 활성도는 군 간의 유의적 차이가 없는 것으로 나타나 한방스포츠음료 음용에 의한 근육조직 보호효과는 관찰되지 않았다($p<0.05$)(Fig. 2).

근육 효소활성도

운동 시 변화하는 다양한 요소 중 LDH는 심근 및 골격근 대사산물로서 체내 변화를 관찰할 수 있는 지표로 알려져 있다. LDH는 무산소 해당계에 의해 ATP를 생성하는 필수 효소로서 무산소성 해당의 최종단계에서 pyruvate를 이용하여 NADH를 산화하고 NAD를 생산하는 즉, 당질의 이화 및 동화작용의 평형을 이루는 효소로서 어느 조직이나 분포되어 있다. LDH isozymes 중 H-subunit는 lactate를 pyruvate로 산화시키며, 미토콘드리아에 분포한다. M-subunit는 pyruvate를 lactate로 전환시키며 이는 근장막상체에 주로 위치하고 있다(32). 따라서 운동강도가 증가함에 따라 조직 내 저산소 상태가 초래되면 미토콘드리아에서는 lactate를 에너지기질로 이용하게 된다. Ohkuwa 등(33)은 CK와 LDH 활성도는 무산소성대사 정도를 예측하는 지표로 이용된다고 보고하였으며, Roit 등(34)은 운동 시에 나타나는

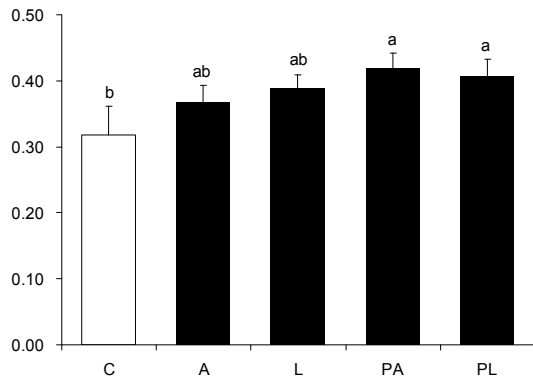


Fig. 3. Effects of sport drinks on muscle LDH activity in exercising rats¹⁾. ¹⁾Mean±SE. Means not sharing a common superscript (a,b) are significantly different between groups at p<0.05. LDH: lactate dehydrogenase. C: Control group, A: *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group, L: *Liriope platyphylla* extract-supplemented group, PA: *Prunus mune* fruit extract plus *Acanthopanax senticosus* extract-supplemented group, PL: *Prunus mune* fruit extract plus *Liriope platyphylla* extract-supplemented group.

LDH 활성도의 변화를 체력평가의 생화학적 지표로 제안하였다. 본 연구에서 비복근 조직의 LDH 활성도는 한방스포츠음료 음용군 중 PA군과 PL군이 C군에 비해 유의적으로 높게 나타났는데, 이는 한방스포츠음료의 음용이 근육 내 LDH 활성에 영향을 미쳤으며, 이에 따라 저장소 상태에서 증가된 lactate를 에너지기질로 더 많이 사용했음을 알 수 있다(p<0.05)(Fig. 3). 따라서 이러한 무산소성 대사효소인 LDH의 활성 증가는 PA, PL군의 운동수행시간 증가에 기여한 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 한방소재인 가시오가피와 맥문동을 단일음료 형태 또는 매실을 첨가한 혼합음료 형태로 음용하였을 때 이들 한방스포츠음료가 운동 시의 지구력 및 체지방 변화에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고자 하였다. 이를 위해 대조군(C)과 가시오가피(A), 맥문동(L) 추출물 음료 급여군, 매실과 가시오가피 추출물 혼합음료(PA), 매실과 맥문동 추출물 혼합음료(PL) 급여군으로 나누어 6주간 점증부하 운동을 실시한 후, 실험 마지막 날 최대 운동수행시간을 측정하였다. 한방스포츠음료의 음용은 식이효율뿐만 아니라 체중증가량과 신주위 백색지방 무게를 낮추는 경향을 나타내었으며 부고환 지방과 견갑골 백색지방 무게도 유의적으로 감소시켰다(p<0.05). 특히 매실 혼합추출물인 PA와 PL군의 식이섭취량 및 체중증가량이 대조군에 비해 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05). 반면 비복근의 무게는 대조군에 비해 모든 한방스포츠음료 음용군에서 증가하는 경향을 보였으며 그중 A군에서 유의적인 차이가 났다(p<0.05). 또한 A의 음용으로 가자미근의 무게가 대조군에 비해 증가하는 경향을 나타내었다. 혈장 유리지방산과 당 농도는 한방스포츠음

료 음용군과 대조군 간의 유의적인 차이는 없었으나 음료군 중 A군이 혈장 유리지방산 농도를 대조군에 비해 증가시킨 반면, 혈장 당 농도를 낮추는 경향을 보였다. 또한 혈장 중성지질 농도가 C군에 비해 A군에서 유의적으로 감소하여 가시오가피 추출물을 함유한 음료군은 지방을 주에너지원으로 이용하고 탄수화물을 절약시키는 것으로 사료된다(p<0.05). 운동수행시간이 맥문동을 제외한 3종 한방스포츠음료 음용군에서 증가하는 것으로 나타났으며, 이러한 경향은 가시오가피와 맥문동을 매실과 혼합하여 공급한 혼합음료군에서 가장 두드러지게 나타났다. 한편, 혈장 피로물질인 암모니아, 젖산, 무기인산 농도와 혈장 근육효소 활성도는 군간 유의적인 차이가 없었으나, 비복근조직의 LDH 효소 활성도는 PA군과 PL군이 C군에 비해 유의적으로 높게 나타났으며, 이러한 경향은 최대 운동수행시간과도 일치하였다. 이상의 실험결과에서 지구력운동과 함께 급여한 4종 한방스포츠음료는 체지방과 체중 감소 및 혈장 중성지질개선에 전반적으로 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 한방스포츠음료섭취에 의한 식이효율 감소와도 연관이 있을 것으로 사료된다. 가시오가피 추출물은 맥문동 추출물에 비해 근육량, 운동수행시간, 혈장 유리지방산 농도를 증가시키고 혈장 중성지질과 당 농도를 낮추는 경향을 보였으며, 매실 추출물 첨가에 의해 이러한 변화가 증가(운동수행시간)하거나 감소(근육량, 혈장 중성지질, 유리지방산 및 당 농도)하였다. 본 연구에서 확인된 매실, 가시오가피, 맥문동 혼합음료의 지구력 증강 효능이 피로물질 변화, 체내 에너지기질 이용도 증가 및 비복근 LDH 활성도 증가와 관련이 있는 것으로 추정되나 추후 더 구체적이고 체계적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부(200803940100)의 연구 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

- Tomoda M, Kato S. 1996. Water-soluble carbohydrates of *Ophiopogon tuber*. I. isolation and determination of monosaccharides and oligosaccharides. *Syoyakugaku Zasshi* 20: 12-14.
- Back NI, Cho SJ, Bang MH, Lee LZ, Park CG, Kim MS, Kim KS, Sung JD. 1998. Cytotoxicity of steroid-saponins from the tuber of *Liriope platyphylla* W.T. *Agric Chem Biotechnol* 41: 390-384.
- Rhee IJ. 1997. Effect of *Liriope tuber* extract on the decrease of blood glucose. *Hoysung Bull Pharm Sci* 2: 49-56.
- Tomoda M, Gonda R, Shimizu A, Kanari M. 1990. Areticuloendothelial system activating glycan from the barks of *Eucommis ulmosdes*. *Phytochemistry* 29: 3091-3094.
- Shibata M, Noguchi R, Suzuki M, Iwase H, Soeda K, Niwayama K, Kataoka E, Kusuda K, Hamano M. 1971.

- Parmacological studies on medicinal plant components on the extracts of Ophiopogon and some folk medicines. *Proc Joshi Pharm* 13: 66-76.
6. Brekhman II, Dardymov IV. 1969. Pharmacological investigation of glycosides from ginseng and Eleutherococcus. *Lloydia* 32: 46-51.
 7. Martinez B, Staba EJ. 1984. The physiological effects of *Aralia*, *Panax* and *Eleutherococcus* on exercised rats. *Jpn J Phamacol* 35: 79-85.
 8. Kang HS, Kim YH, Lee CS, Lee JJ, Choi I, Pyun KH. 1996. Suppression of interleukin-1 and tumor necrosis factor- α production by acanthoic acid, (-)-pimara-9(11), 15-dien-19-oic acid and its antifibrotic effects *in vivo*. *Cell Immunol* 170: 212-221.
 9. Jeong HW, Rho YH, Lee GS, Kim GJ, Jeon BG. 2005. Experimental effects of *Acanthopanax Cortex* extract on the immunity, anti-cancer and obesity in mice. *Korean J Oriental Physiology & Pathology* 19: 389-397.
 10. Baranov AI. 1982. Medicinal use of ginseng and related plants in the Soviet Union: recent trends in the Soviet literature. *J Ethnopharmacol* 6: 339-353.
 11. Nishibe S, Kinoshita H, Takeda H, Okano G. 1990. Phenolic compounds from stem bark of *Acanthopanax senticosus* and their pharmacological effect in chronic swimming stressed rats. *Chem Pharm Bull* 38: 1763-1765.
 12. Park SG. 1990. Effect of maesil extracts on the blood components of women badminton players. *J Korean Sports Med* 8: 40-43.
 13. Murray R. 1988. Fluid replacement, gastrointestinal function, and exercise. *Athletic Training* 23: 215-219.
 14. Song YJ, Han DS, Oh SW, Paik IY, Park TS. 2002. Effect of dietary supplementation of *Eleutherococcus Senticosus*, taurine and carnitine on endurance exercise performance in rats. *Korean J Nutr* 35: 825-833.
 15. Pilkis SJ, El-Maghrabi MR, Claus TH. 1988. Hormonal regulation of hepatic gluconeogenesis and glycolysis. *Annu Rev Biochem* 57: 755-783.
 16. Astrand PO. 1986. Disposal of lactate during and after strenuous exercise in humans. *J Appl Physiol* 61: 338-343.
 17. Paik IY. 2006. *Exercise and energy metabolism*. Deahan media, Seoul, Korea p 143-162.
 18. Berning JR. 1996. The role of medium-change triglycerides in exercise. *Int J Sports Nutr* 6: 121-133.
 19. Holloszy JO, Kohrt WM. 1996 Regulation of carbohydrate and fat metabolism during and after exercise. *Annu Rev Nutr* 16: 121-138.
 20. Sahlin K. 1978. Intracellular pH and energy metabolism in skeletal muscle of man, with special reference to exercise. *Acta Physiol Scnd Suppl* 455: 1-56.
 21. Schwane JA, Johnson CB, Vandenakker RB. 1983. Delayed-onset muscular soreness and plasma CPK and LDH activities after downhill running. *Med Sci Sports Exer* 15: 15-56.
 22. Barmes RH, Labadan BA, Siyamohlu B, Bradfield RB. 1964. Effects of exercise and administration of aspartic acid on blood ammonia in the rat. *Am J Physiol* 207: 1242-1246.
 23. Mutch BJ, Banister EW. 1983. Ammonia metabolism in exercise and fatigue: a review. *Med Sci Sports Exerc* 15: 41-50.
 24. Koyuncuoğlu H, Keyer M, Simşek S, Sağduyu H. 1978. Ammonia intoxication: change of brain levels of putative neurotransmitter and related compounds and its relevance of hepatic coma, *Pharmacol Res Commun* 10: 787-807.
 25. Millar NC, Homsher E. 1990. The effect of phosphate and calcium on force generation in glycerinated rabbit skeletal muscle fibers. A steady-state and transient kinetic study. *J Biol Chem* 265: 20234-20240.
 26. Jenkins RR. 1988. Free radical chemistry: relationship to exercise. *Sports Med* 5: 156-170.
 27. Karamizrak SO, Ergen E, Tore IR, Akqun N. 1994. Changes in serum creatine kinase, lactate dehydrogenase and aldolase activities following supramaximal exercise in athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 34: 141-146.
 28. Noakes TD. 1998. Fluid and electrolyte disturbances in heat illness. *Int J Sports med* 19: 146-149.
 29. Altland PD, Highman B. 1961. Effects of exercise on serum enzyme values and tissues of rats. *Am J Physiol* 201: 393-395.
 30. Choi DW, Jung SH. 2000. The effect of 12 weeks training method on serum LDH and CPK activity in rats. *Korean J Phys* 39: 542-555.
 31. King SW, Statland BE, Savory J. 1976. The effect of a short burst of exercise on activity values of enzymes in sera of healthy young man. *Clinical Chim Acta* 72: 211-218.
 32. Sund H. 1968. The pyridine nucleotide coenzymes. In *Biological oxidations*. Singer TP, ed. Interscience Publication, New York, NY, USA. p 603-632.
 33. Ohkuwa H, Ohishi N, Yagi K. 1979. Assay for lipid peroxide of animal tissue by thiobarbituric acid reaction. *Ann Biochem* 95: 351-358.
 34. Roti S, Iori E, Guiducci U, Emanuele R, Robuschi G, Bandini P, Gnudi A, Roti E. 1981. Serum concentrations of myoglobin, creatine phosphokinase and lactic dehydrogenase after exercise in trained and untrained athletics. *J Sports Med Phys Fitness* 21: 113-118.

(2012년 6월 12일 접수; 2012년 7월 19일 채택)