Journal of Life Science 2009 Vol. 19. No. 11. 1623~1628 ⓒJLS / ISSN 1225-9918

복합 기능성보조제 투여가 지구성 운동수행력과 에너지 기질 및 혈중피로요소에 미치는 영향

강서영 · 백일영 · 곽이섭[1] · 조수연 · 김희은[2] · 진화은*

연세대학교 체육교육학과, [1]동의대학교 체육학과, [2]동의대학교 특수체육학과

Received August 31, 2009 / Accepted October 26, 2009

The Effects of Complex Ergogenic aid Supplementation on Endurance Performance, Energy Substrates Utilization and Blood Fatigue Factors. Seo-Young Kang, Il-Young Paik, Yi-Sub Kwak[1], Su-Youn Cho, Hee-Eun Kim[2] and Hwa-Eun Jin*. *Department of Physical Education, Yonsei University, 262 Seongsanno Seodaemnn Gu, Seoul, Korea, [1]Department of Physical Education, Dong-Eui University, 995 Eomgwangno, Busanjin-gu, Busan, Korea, [2]Department of Special Physical Education, Dong-Eui University, 995 Eomgwangno, Busanjin-gu, Busan, Korea* - The purpose of this study was to investigate the effects of complex ergogenic aid supplementation on endurance performance, energy substrate utilization (glucose, FFA) and blood fatigue factors (ammonia, lactate, phosphorous, pH, 5-HT) in endurance exercise. Subjects (male=10) took in complex ergogenic aid (180 ml/day) for 4 weeks and were tested after pre-test. Endurance performance times increased after supplementation compared to before supplementation. However, there was no additional accumulation of the fatigue materials. Thus the complex ergogenic aid supplementation caused the delay of the fatigue material accumulation during endurance exercise.

Key words : Complex ergogenic aid, endurance performance, energy substrates, fatigue factors

서 론

엘리트 선수들의 운동 수행 능력을 향상시키기 위한 방법으로 과학적 트레이닝뿐만 아니라, 식이요법과 기술, 장비 등을 모두 포함한 운동 능력 향상 보조제(ergogenic aid)를 이용하고 있다. 이 중 운동 능력 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.

기능성 보조제의 투여에 관한 선행 연구는 다양하게 보고되어 왔으며, 그 중 MCT (medium chain tri-glycerides) [6], 옥타코사놀[8], 홍삼[3], 가시오갈피[5] 등이 운동수행력의 증진에 효과가 있는 것으로 알려져 오고 있다.

MCT는 6-12개의 탄소골격을 가지고 있으며 LCT에 비해 분자의 크기가 작기 때문에 세포에서 더 쉽게 산화될 수 있으며, 지방산화에 중요한 효소인 카르니틴(carnitine) 과는 독립적으로 마이토콘드리아(mitochondria) 에서 산화되기 때문에, 더 쉽게 에너지를 생성할 수 있어 운동수행력에 효과가 있는 것으로 보고되었다[4]. 그리고 옥타코사놀은 에너지의 저장량을 증가시키고, 근육의 지방 이용률을 증가시켜 근지구력 향상에 도움이 된다고 알려져 있다[8].

Gaffney 등[5]은 가시오갈피 섭취가 운동시 소모된 에너지원인 CP (creatine phosphate) 를 빠르게 재합성시키고, 합성된 CP가 ATP 교환비율을 증가시켜 체내 피로유발 물질 제거에 도움을 줌으로써 장시간 지구력 증강에 도움을 준다고 하였고, Takekura 등[13]은 타우린 투여를 한 흰 쥐를 대상으로 지구력 운동을 실시한 실험에서 타우린 섭취가 glycolysis와 관련된 효소활성 및 TCA cycle 활성을 증가시키고, 운동 후 근육의 글리코겐 합성에 긍정적인 효과를 보였다고 보고하였다. 그리고 지구력 운동선수들에게 카르니틴 투여가 간과 근육의 글리코겐을 절약하고 지방을 에너지원으로 빠르게 동원시켜 절약된 글리코겐을 운동의 마지막에 사용할 수 있게 함으로써 운동시간의 증가를 유도할 수 있기 때문에 피로 없이 장시간 운동을 수행할 수 있는 가능성을 제기하였다.

또한, 기능성보조제의 단일 투여뿐만 아니라 복합 투여에 대한 연구도 보고되었는데, Lee 등[11]은 운동선수를 대상으로 타우린, 카르니틴의 복합 투여를 실시한 실험 결과 운동선수의 지구력 운동수행 능력을 향상시키고, 혈중 피로를 지연시킨다고 보고하였다. Lancha [10]는 카르니틴과 oxaloacetate를 쥐에게 복합 투여시켜 탈진 시 까지 운동을 실시한 실험에서 쥐의 근육에서 유리지방산 이용이 증가되고 근 글리코겐이 절약됨으로써 투여군이 통제군보다 운동지속시간이 평균 40% 정도 증가되었다고 보고하였다.

이와 같이, 기능성보조제의 투여에 대한 지금까지의 연구는 단일 물질의 투여에 대한 것이 대부분이었으며, 기능성보조제의 복합 투여에 대한 연구는 미비한 실정이다. 운동수행력을 증가시키고 피로물질의 축적을 지연시키며 제거를 촉진시키기 위해서 기능성 보조제를 이용할 때 복합투여를 통해 각각

*Corresponding author
Tel : +82-2-2123-3199, Fax : +82-2-2123-3199
E-mail : jhwaeun@hotmail.com

Table 1. Physique characteristics of subjects

N	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Body fat (%)	$\dot{V}O_2$max (ml/kg/min)	85% $\dot{V}O_2$max (ml/kg/min)
10	20.0±1.2	176.1±5.4	69.3±6.2	12.4±2.9	55.9±3.2	47.4±2.8

Values are mean±standard deviation.

의 물질이 가진 효과를 높이는 것은 운동수행력 증진과 피로의 지연에 대한 더 큰 효과를 기대할 수 있을 것이다. 이에 본 연구는 단일 투여의 효과가 있는 것으로 보고된 물질들을 복합하여 개발한 기능성보조제의 투여가 운동수행력과 피로물질에 미치는 효능을 검증하고자 한다.

재료 및 방법

연구 대상

본 연구의 실험대상자는 고혈압, 심장기능이상 등의 의학적 소견이 없는 체육학 전공 남자 대학생 10명으로 하였다. 피험자들의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

실험 절차

본 실험의 절차는 Table 2와 같다.

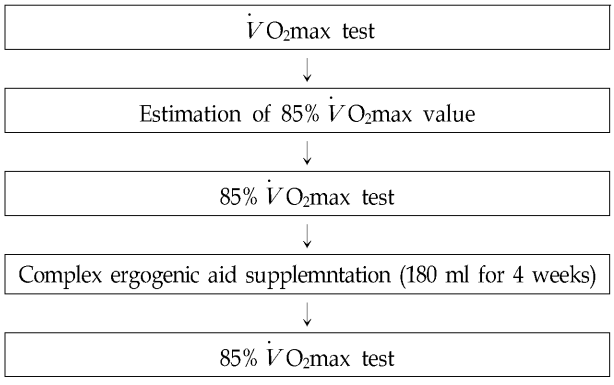
투여 물질 및 투여 방법

본 실험에 투여한 복합 기능성보조제는 한국식품연구원(Korea Food Research Institute)에서 제조한 것으로 구성 성분과 함유량은 Table 3과 같다. 투여량 및 투여 방법은 복합 기능성보조제 투여사전 실험이 끝난 후 일일 180 ml을 4주간(180 ml × 7 일 × 4 주 = 5,040 ml) 투여하였다.

혈액채취 및 분석 방법

혈액 채취는 두 가지 실험조건(투여 전, 투여 후) 에서 각 개인당 3회(안정 시, 종료 시, 회복 30분), 총 6회를 실시하였다. 채취된 혈액은 채취 후 즉시 원심 분리하여 혈청 성분을 분리해 내었으며, 분리된 혈청 성분은 건식 생화학 분석기(Kodak社 (美), EKTACHEM DT60 II)를 사용하여 젖산, 무기인산, 암모니아를, pH 분석기(Corning社 (스위스), pH/ion analyzer 355) 를 이용하여 pH 측정하였다.

Table 2. Procedure of experiment



FFA는 enzymatic 검사법으로 섬유소원을 침전시키기 위한 glot activcator가 포함된 vaccumtube를 이용하여 혈액을 채취한 후, 2,500~3,000 rpm에서 10분간 원심 분리한 다음, 0.5 ml 추출된 혈청에 증류수와 STD 용액을 각각 50 µl 넣고, SICDIA NEFAZYME 검사 시약을 혼합한 후, 5분간 찬물에 보관한 뒤 자동생화학 분석기(Hitachi社 (日), Hitachi 7150)를 이용하여 분석하였다.

Glucose는 채취한 혈액을 2,500~3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여, 상층액을 면역분석기(Bayer社 (美), ADVIA 1650)을 이용하여 enzymatic 검사법으로 분석하였다.

5-HT(serotonin)는 단백질을 제거하기 위하여 8%의 $HClO_4$, 1%의 EDTA에 1%의 Ascorbic acid와 pH 3.5인 인산 buffer가 첨가된 EDTA-2Na 전용 용기를 이용하여 혈액을 채취한 다음 3,000 rpm의 속도로 10분간 원심 분리하여 검사에 필요한 부분만을 표본관에 옮겨 L-8200 형식인 HPLC (High Performance Liquid Chromatography) 방법을 이용하여 측정하였다.

자료 처리

본 실험의 결과는 SPSS 통계 package (v. 11.0)를 이용하여,

Table 3. Component of complex ergogeni aid

	Material	Amount
1	octacosanol	200 mg
2	Red Ginseng	3.0 g
3	Rubus coreanus Miquel	2.0 g
4	root bark	2.0 g
5	MCT	18 g
6	taurine	1.0 g
7	L-carnitine	1.0 g
8	L-arginine	0.5 g
9	glutamine	1.0 g
10	Koku kola	1.0 g
11	choline	0.2 g
12	citric acid	pH 3.2
13	high fructose corn syrup	pH 3.2
14	odoriferous substance	
15	water	
Total		180 g (=180 ml)

기술통계량을 산출하였다. 투여조건(투여전, 투여후)에 따른 운동수행 시간 비교를 위해 대응표본 t 검증(paired t-test) 를 실시하였다. 또한, 혈중 피로요인의 변화형태 비교는 투여 조건과 시기를 독립변인으로 하는 2(투여조건; 투여전, 투여후) × 3(시기; 운동전, 종료, 회복30분) 요인설계하에 이루어졌으며, 투여조건과 시기를 반복 측정하는 이원 분산분석법(two-way ANOVA)을 이용하여 분석하였고, 유의수준은 0.05로 설정하였다.

결 과

운동수행력 시간의 변화

투여 전·후 운동수행시간 차이는 Table 4와 같으며, 유의한 차가 나타났다. 이는 복합기능성 보조제 투여가 운동수행시간을 향상시키는데 효과적이었음을 반영하는 것이다.

Ammonia

이원변량분석 결과, 전후와 시기의 상호작용효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 전후에 대한 주 효과 분석은 유의하게 나타났고[$F(1, 6)=23.646$, $p<0.01$], 이에 대한 t-test 결과, 투여 후가 투여 전보다 더 높은 암모니아 농도를 나타냈다($t=-5.464$, $p=0.000$). 또한, 시기에 대한 주 효과도 유의하게 나타났으며[$F(2, 12)=38.737$, $p<0.01$], 이에 대한 사후검증 결과, 안정 시와 종료 시, 종료 시와 회복 시, 안정 시와 회복 시간에 유의한 차이가 나타났다($p<0.001$) (Table 5).

Table 4. Exercise performance time

	Exercise performance time (min)	t-value
Before supplementation	30.03±4.25	-3.230*
After supplementation	33.25±5.84	

Values are mean±standard deviation.
* $p<0.05$

Lactate

이원변량분석 결과, 전후와 시기의 상호작용효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 전후에 대한 주 효과는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 시기에 대한 주 효과 분석은 유의한 차이가 있었고[$F(2, 8)=56.629$, $p<0.01$], 이에 대한 사후검증 결과, 안정 시와 종료 시, 종료 시와 회복 시, 안정 시와 회복 시간에 유의한 차가 나타났다($p=0.000$) (Table 5).

Phosphorous

이원변량분석 결과, 전후와 시기의 상호작용효과는 유의하지 않은 것으로 나타났으며, 전후에 대한 주 효과도 유의한 차이가 나타나지 않았다. 시기에 대한 주 효과 분석은 유의하게 나타났고[$F(2, 12)=42.350$, $p<0.01$], 안정 시와 종료 시, 종료 시와 회복 시 간에 유의한 차를 보였다($p=0.000$) (Table 5).

5-HT

이원변량분석 결과, 전후와 시기의 상호작용효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 전후에 대한 주 효과 분석은 유의한 차가 나타났으며[$F(1, 6)=12.380$, $p<0.01$], 투여 후가 투여 전보다 더 높은 5-HT 농도를 보였다($p<0.01$). 시기에 대한 주

Table 5. Comparison of fatigue factors

	Resting	End of exercise	Recovery 30mins
		Ammonia (μmol/l)	
Before supplementation	77.71±36.04	188.00±57.00	95.85±20.78
After supplementation	74.57±30.27	205.42±62.41	108.42±26.63
		Lactate (mmol/l)	
Before supplementation	1.37±0.24	8.05±2.52	2.94±0.93
After supplementation	1.35±0.24	7.21±2.94	2.34±0.56
		Phorphorous (mg/dl)	
Before supplementation	3.42±0.56	4.91±0.63	3.48±0.58
After supplementation	3.50±0.41	5.02±0.81	3.77±0.52
		5-HT (ng/ml)	
Before supplementation	14.55±2.10	17.29±2.53	14.01±2.81
After supplementation	14.03±2.44	18.35±2.83	15.07±2.95
		pH	
Before supplementation	7.31±0.12	7.04±0.23	7.26±0.18
After supplementation	7.34±0.21	7.07±0.31	7.30±0.27

Values are mean±standard deviation.

효과 분석은 유의한 차가 나타났고[F(2, 12)=31.022, $p<0.01$], 안정 시와 종료 시, 종료 시와 회복 시 간에 유의한 차를 보였다(p=0.000) (Table 5).

pH

전후와 시기의 상호작용효과는 유의하게 나타났다[F(2, 12)=4.499, $p<0.05$]. 이에 대한 사후검증으로 첫 번째, 각 시기에 대한 투여 전과 후 간의 차이 분석을 위해 대응표본 t 검증을 실시하였다. 그 결과, 회복시 투여 후가 투여 전 보다 유의하게 더 높은 pH 수치를 나타냈다($p<0.05$). 안정시와 종료시에는 투여 전과 후 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 두 번째 사후검증으로 투여 전과 후에서의 시기별 차이 분석을 위해 일원 변량분석을 실시하였다. 투여 전에서 종료 시가 안정 시에 비해 유의하게 낮은 pH 수치를 보였지만($p<0.05$), 투여 후에서는 시기 간 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 5).

Glucose

이원변량분석 결과, 전후와 시기의 상호작용효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 시기에 대한 주 효과 분석은 유의하게 나타났으며[F(2, 12)=38.737, $p<0.01$], 이에 대한 사후검증 결과, 안정 시와 종료 시, 종료 시와 회복 시 간에 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$). 그러나, 전후에 대한 주 효과는 유의한 차이가 없었다(Table 6).

FFA

이원변량분석 결과, 전후와 시기의 상호작용효과는 유의하지 않은 것으로 나타났으며, 전후와 시기에 대한 주 효과에도 유의한 차이가 없었다(Table 5).

고 찰

본 연구의 목적은 복합 기능성보조제 투여가 지구성 운동수행력과 에너지기질 동원(Glycose, FFA) 및 혈중피로요소(5-HT, Ammonia, Lactate, Phosphorous, pH) 의 농도 변화에 미치는 영향을 규명하는데 있었다. 지구성 운동수행 시 복합 기능성보조제 투여에 따라 나타난 결과들을 토대로 지구성 운동수행력과 혈중 피로물질인 암모니아, 젖산, 무기인산, 5-HT, pH 그리고 에너지기질인 Glucose, FFA 순으로 논의하고자 한다.

지구성 운동수행력은 복합 기능성보조제 투여 후의 운동수행 시간이 투여 전에 비해 증가됨으로써, 복합 기능성보조제의 투여가 지구성 운동수행력 향상에 긍정적인 효과를 보인 것으로 나타났다. MCT (medium chain triglyceride) 는 인슐린 호르몬의 분비를 적게 하면서 탄수화물과 비교해서 더 많은 에너지를 생성한다. 또한 지방산화에 중요한 전달자인 카르니틴과는 독립적으로 미토콘드리아에서 산화되기 때문에, 더 쉽게 에너지를 생성할 수 있고, TCA cycle 효소 활성을 증가시킴으로서 지구성 운동수행력을 효율적으로 높인 것이라 할 수 있다.

중추 피로물질 중 하나인 암모니아의 혈중 농도는 복합 기능성보조제 투여 후의 운동 수행 시간이 투여 전과 비교하여 증가된 운동수행을 하였음에도 불구하고, 운동 종료 시와 회복 30분에서 투여 전, 투여 후의 운동수행 시 혈중 암모니아 축적이 유의한 차이가 없게 나타난 것은, 복합 기능성보조제 투여가 최대하 운동강도에서 혈중 암모니아 축적을 저하시키는 효과가 있었다고 볼 수 있다. 타우린 또는 카르니틴은 creatine phosphate의 재합성을 증가시켜 ADP와 AMP의 축적을 감소시킴으로서 결과적으로 PNC를 통한 암모니아의 생성을 저하시켰을 가능성을 생각해 볼 수 있다. 그 외 지구성 운동수행능력 향상과 관련하여 MCT [4], 타우린[13], 가시오갈피[5], 홍삼[5]이 지방산화를 활성화 하여 지구성 운동 시 에너지를 지방에너지의 비율 증가에 따른 단백질에너지 비율의 상대적 감소가 혈중 암모니아 농도가 감소시켰다는 보고가 있으며 본 연구와 일치되는 결과이다.

젖산은 피로를 나타내는 인자로서, 복합 기능성보조제 투여 후의 운동 수행 시간이 투여 전과 비교하여 10.7% 증가된 운동수행력이 향상되었음에도 불구하고, 혈중 젖산 축적이 유의한 차이가 없게 나타난 것은, 복합 기능성보조제 투여가 최대하 운동 강도에서 혈중 젖산 축적을 저하시키는 효과가 있었다고

Table 6. Comparison of energy substrates

	Resting	End of exercise	Recovery 30 mins
		Glucose(mg/dl)	
Before supplementation	91.28±6.52	136.57±21.93	95.57±5.79
After supplementation	94.71±7.52	127.85±22.69	96.57±14.17
		FFA (uEq/l)	
Before supplementation	458.25±271.18	530.75±286.57	468.25±240.34
After supplementation	348.75±168.47	594.00±173.72	581.00±299.23

Values are mean±standard deviation.

볼 수 있다. 체내 보충된 복합 기능성보조제가 지방의 에너지원 기여를 증진시켜 상대적으로 탄수화물 분해가 줄어들어 젖산의 축적을 감소시킨다는 것을 생각해 볼 수 있다. Krotkiewski [9]의 MCT 투여가 체내 보충된 유리지방산의 활성 증가로 인하여 지방의 에너지원 기여를 증진시켜 상대적으로 탄수화물 분해가 줄어들어 젖산 축적이 감소되었다는 연구와 일치되는 결과이다. 또한, Choi와 An [2]이 카르니틴 투여 후 자전거 에르고미터 운동을 탈진 시까지 실시한 결과 운동 중 혈중 젖산이 감소되었음을 보고한 연구결과와 일치하였다.

또 다른 말초피로요소인 무기인산의 경우, 복합 기능성보조제 투여 전과 비교하여 10.7%가 증가된 운동수행력이 향상되었음에도 불구하고 혈중 무기인산의 축적이 유의한 차이가 없게 나타난 것은 복합 기능성보조제 투여의 효과가 있었다고 사료된다. 이는 복합 기능성보조제의 성분 중 하나인 가시오갈피가 무기인산 농도를 감소시켰다는 연구와 일치하는 결과[12]라 할 수 있다.

5-HT는 암모니아와 함께 중추피로요소 중 하나이며 복합 기능성보조제 투여 후의 운동 수행 시간이 투여 전과 비교하여 10.7% 증가된 운동수행을 하였음에도 불구하고, 운동 종료 시와 회복 30분에서 투여 전, 투여 후의 운동수행 시 혈중 5-HT 축적이 유의한 차이가 없게 나타난 것은, 복합 기능성보조제 투여가 최대하 운동강도에서 혈중 5-HT 축적을 저하시키는 효과가 있었다고 볼 수 있다. 복합 기능성보조제 투여에 따른 FFA의 증가에 의해 알부민과 결합되는 비율이 상대적으로 증가됨으로써 free tryptophan이 증가되는 것을 억제시켜 5-HT의 농도를 억제시켰다고 보여진다. 또한 본 연구는 BCAA 투여가 뇌로 유입되는 free tryptophan을 감소시켜 5-HT 생성을 억제시키는데 효과적이라는 선행연구들을 지지하는 결과라 할 수 있다.

혈중 피로물질 중의 pH는 말초피로요소 중 하나이다. 본 연구결과에서 복합 기능성보조제의 투여가 에너지기질로서 지방산을 많이 이용함으로써 지방산 산화를 원활히 하고 TCA cycle 효소 활성의 증가로 인한 keton bodies의 생성이 억제되고, 따라서 혈중 pH의 농도 또한 감소한 것이라고 생각된다.

본 연구에서 지구성 운동 시 에너지 동원 형태와 관련하여 살펴본 에너지기질 중 하나인 혈중 글루코스는 운동 전에 최저치를 나타냈으며, 운동 종료 시에 최고치를 보인 후, 회복 30분에 감소하는 경향을 보였다. 지구성 운동 시 카르니틴을 섭취한 그룹의 글루코스가 위약 섭취에 비해 유의한 차이가 없게 나타난 Choi와 An [2]의 연구와 운동 시 MCT 투여가 증가된 유리지방산 활용으로 근육의 glycogen 사용을 감소시켰다는 Berning 등[1]의 연구와 일치되는 결과이다. 이는 복합 기능성보조제 투여가 간과 근육의 글리코겐을 절약하고, 지방을 에너지원으로 빠르게 동원시켜 절약된 글리코겐을 운동의 마지막에 사용할 수 있게 함으로써 지구성 운동시간의 증가를 유도하여 피로 없이 지구성 운동수행력을 향상시킬 수 있었다고 사료된다.

유리지방산(FFA)은 투여 전에 비해 투여 후의 혈중 유리지방산 농도는 운동이 진행됨에 따라 회복 30분 시는 안정 시 수준으로 감소하지 않는 경향이 나타났다. 이는 지구성 운동 시 MCT 섭취가 유리지방산의 농도를 증가시켰다고 보고한 Berning [1]과 카르니틴과 oxaloacetate를 쥐에게 투여시켜 탈진 시까지 운동을 실시한 결과 근육에서 유리지방산 농도가 증가했다고 보고한 Lancha [10]와 옥타코사놀 섭취결과 에너지원으로 유리지방산 농도를 증가시켰다고 보고한 Kabir 등[7]의 선행연구와 일치하는 결과이다.

이상의 연구를 종합해 보면 암모니아, 젖산, 무기인산, pH, 5-TH 등에 투여 전, 투여 후의 통계적으로 유의한 차가 나타나지 않았으므로, 지구성 운동 시 복합 기능성보조제의 투여가 피로를 지연시킴으로써 지구성 운동 시 운동수행능력에 도움을 줄 수 있다고 사료된다.

요 약

본 연구는 지구성 운동 시 복합 기능성보조제 투여가 운동수행력과 에너지기질인 글루코스(Glucose), 유리지방산(FFA) 동원과 중추 피로물질인 암모니아(Ammonia), 5-HT, 말초피로요소인 젖산(Lactate), 무기인산(Phosphorus), pH에 어떠한 영향을 미치는지를 비교분석함으로써, 복합 기능성보조제 투여가 운동수행에 미치는 효과를 규명하는데 그 목적이 있었으며 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 지구성 운동수행시간은 투여 전과 비교하여 투여 후에 10.7% 증가하였으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p<0.05$).
2. 혈중 피로물질 농도(Ammonia, Lactate, Phosphorus, pH, 5-HT) 의 변화는 실험의 모든 시기에서 투여 전, 후 간에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.
3. 혈중 에너지기질 농도(Glucose, FFA) 의 농도 변화는 실험의 모든 시기에서 투여 전, 후 간에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

결론적으로, 복합 기능성보조제 투여는 운동수행력을 10.7% 향상시켰으며, 향상된 운동수행력에도 불구하고 혈중 피로물질의 추가적인 축적은 없었다. 따라서, 복합 기능성보조제 투여는 지구성 운동수행 시 피로물질 축적의 지연을 초래함으로써 운동수행력 증진에 긍정적인 영향을 미쳤다.

그러나, 단일 물질 투여에 의한 선행연구와 본 연구 결과를 비교할 때, 복합 투여가 단일투여보다 운동수행력 증진에 효과적이라고 판단하기는 어렵다. 따라서, 운동수행력 증진 측면에서 단일투여와 복합 투여 효과의 차이를 규명하기 위해서는 추후 다양한 피험자를 대상으로 복합투여물질의 구성 물질 및 비율, 다양한 운동의 형태에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

References

1. Berning, J. R. 1996. The role of medium-chain triglyceride in exercise. *International Journal of Sport Nutrition* **6**, 121-133.
2. Choi, S. K. and E. N. An. 1996. The Effects of Carnitine Administration on Energy Substrate Utilization and All Out Time During Exercise. *The Korean Journal of Physical Education* **35**, 218-229.
3. Fulder, S., C. Hallstrom, and M. Caruthers. 1980. The effect of ginseng on the performance of nurses on night duty. *Korea Ginseng Research Institute* pp. 81-85.
4. Fushiki, T., K. Matsumoto, K. Inoue, T. Kawada, and E. Sugimoto. 1995. Swimming endurance capacity of mice is increased by chronic consumption of medium-chain triglycerides. *Journal of Nutrition* **125**, 531-539.
5. Gaffney, B. T., H. M. Hugel, and P. A. Rich. 2001. The effects of Eleutherococcus senticosus and Panax ginseng on steroidal hormone indices of stress and lymphocyte subset numbers in endurance athletes. *Life Sciences* **17**, 431-442.
6. Jeukendrup, A. E. and S. Aldred. 2004. Fat supplementation, health, and endurance performance. *Nutrition* **20**, 678-688.
7. Kabir, Y. and S. Kimura. 1995. Tissue distribution of (8-14C)-octacosanol in liver and muscle of rats after serial administration. *Annals of Nutrition and Metabolism* **39**, 279-284.
8. Kato, S., K. Karino, S. Hasegawa, J. Nagasawa, A. Nagasaki, M. Eguchi, T. Ichinose, K. Tago, H. Okumori, and K. Hamatani. 1995. Octacosanol affects lipid metabolism in rats fed on a high-fat diet. *British Journal of Nutrition* **73**, 433-441.
9. Krotkiewski, M. 2001. Value of VLDL with medium chain triglycerides. *International journal of obesity and Related Metabolic Disorders* **25**, 1393-400.
10. Lancha, A. H. and M. B. Recco. 1995. Effect of aspartate, asparagine, and carnitine supplementation in the diet on metabolism of skeletal muscle during a mederate exercise. *Physiology and Behavior* **57**, 367-371.
11. Lee, H. M., I. Y. Paik, and T. S. Park. 2003. Effects of Dietary Supplementation of Taurine, Carnitine or Glutamine on Endurance Exercise Performance and Fatigue Parameters in Athletes. *The Korean Journal of Nutrition* **36**, 711-719.
12. Rossiter, H. B., E. R. Cannell, and P. M. Jakeman. 1996. The effect of oral creatine supplementation on the 1000-m performance of competitive rowers. *Journal of Sports Science* **14**, 175-179.
13. Takekura, H., H. Tanaka, M. Watanabe, T. Yoshioka, and M. Ono. 1986. Effects of taurine on glycolytic and oxidative enzyme activities of rat skeletal muscles. *Sulfur Amino Acids* **9**, 125-132.
14. Wei, R., C. Chen, J. Dong, S. Qiu, and Z. Cao. 1992. Effect of radix Astragali and radix ginseng in enhancing the metabolism of human myocardial cells in vitro. *China journal of Chinese materia medica* **17**, 173-175.