

## 목질진흙(상황)버섯과 동충하초 투여가 운동 시 혈중 피로요인 변화와 항산화체계에 미치는 영향

백일영 · 한대석<sup>1</sup> · 박태선<sup>2</sup> · 광이섭<sup>3</sup> · 서상훈 · 진화은 · 김영일 · 우진희<sup>4\*</sup>

연세대학교 체육교육과, <sup>1</sup>한국식품개발연구원, <sup>2</sup>연세대학교 식품영양학과, <sup>3</sup>동의대학교 레저스포츠학과, <sup>4</sup>동아대학교 스포츠과학부

Received July 20, 2006 / Accepted August 11, 2006

**The Effect of *Phellinus linteus* and *Cordyceps militaris* Supplementation on Blood Fatigue Element Changes and Antioxidant System During Exercise.** Paik, Il-Young, Han, Dae-Seok<sup>1</sup>, Park, Tae-Sun<sup>2</sup>, Kwak, Yi-Sub<sup>3</sup>, Suh, Sang-Hoon, Jin, Hwa-Eun, Kim, Young-Il and Woo, Jin-Hee<sup>4\*</sup>. Department of Physical Education, Yonsei University, Seoul, 120-749, Korea, <sup>1</sup>Korea Food Research Institute, Sungnam, 463-746, Korea, <sup>2</sup>Department of Food and Nutrition, Yonsei University, Seoul, 120-749, Korea, <sup>3</sup>Department of Leisure and Sport Science, Dong-Eui University, Busan, 614-714, Korea, <sup>4</sup>Division of Sports Science, Dong-A University, Busan, 604-714, Korea – The purpose of this study was to investigate the effects of *P. linteus* and *C. militaris* supplement on lactate, phosphorous, ammonia, MDA(malondialdehyde), GPX(glutathione peroxidase) and TAS(total antioxidant status) following VO<sub>2</sub>max, and 85% VO<sub>2</sub>max exercise. The 15 male college students were divided into three groups: 5 *P. linteus* supplied(PL), 5 *C. militaris* supplied(CM), and 5 placebos supplied(PB) and compared the differences between supplement before and after. Obtained results were as follows: In the exercise performance time, there were no differences in PL, CM and PB groups. Regular supplement of *P. linteus* or *C. militaris* partially reduces fatigue induction factors. Also, *P. linteus* or *C. militaris* supplement decreases MDA, increases GPX and TAS. Therefore, it can be concluded that *P. linteus* or *C. militaris* supplement not only have a pharmacological effect for clinical treatment, but also have a maintenance effects on the tissue oxidant-antioxidant system after exercise.

**Key words** – *P. linteus*, *C. militaris*, lactate, phosphorous, ammonia, MDA, GPX, TAS and exercise

### 서론

운동에 참여함으로써 얻을 수 있는 이점은 건강에 국한된 것이 아니라, 삶의 모든 영역에 걸쳐 많은 이점을 제공하고 있다. 그러나, 최근 들어 운동이 건강에 꼭 이로울 수만은 없다는 문제점이 제기되고 있으며, 이러한 문제제기의 내면에는 부적절한 운동시 생성되는 활성산소가 세포의 손상 및 노화의 원인이 되며, 심지어는 운동선수들에게 있어서도 건강과 경기력에 결정적인 영향을 미칠 수 있다는 연구결과들이 발표되고 있다. 하지만, 규칙적인 운동과 항산화 영양물질의 인위적인 투여로 항산화 방어체계의 기능을 향상시킴으로써 활성산소 생성을 억제시킬 수 있었으며[21], 조직의 손상을 유의하게 감소시킬 수 있다는 연구가 보고되고 있고[23], 경기력 향상에도 긍정적으로 작용한다는 연구결과가 발표되어 항산화 영양물질에 대한 관심이 높아지고 있다.

버섯은 오래 전부터 특유의 맛과 향으로 특별한 음식으로 취급되어 왔고, 탄수화물, 단백질, 비타민, 무기질과 같은 인체에 필요한 영양소를 골고루 함유하고 있으며, 항암활성, 면역증강 효과 및 항산화 효과 등의 약리적 효과 때문에 최근 건강식품 및 의약품 소재로 많이 이용되고 있다.

담자균류의 약리활성에 대한 연구는 1957년 Lucas등에 의해 최초로 그 약리적 효능이 밝혀졌으며, 특히 17종의 담자균 중에 목질진흙버섯(*Phellinus linteus*)은 우리가 일반적으로 부르는 상황버섯으로 소화기 계통의 압인 위암, 식도암, 십이지장암, 직장암을 비롯해 간암에 대한 항암효과가 탁월하며, 면역기능을 향진시키는 것으로 알려져 있다[9]. 담자균류의 자실체와 균사체의 구성성분 중 다당류는 glucose가 주를 이루며, 이외 galactose, mannose, arabinose, 그리고  $\beta$ -glucan등으로 이루어져 물질성분간의 특징적 차이는 목질진흙버섯과 없었으나, 분자량 차이에서 나타나는 구조적 중합도 및 주쇄의 결합양식에 따라 약리활성이 상이하게 나타나는 것으로 보고된다[16].

담자균류의 항산화 효과는 큰비단그물버섯의 아세톤 추출물 중 에탄올 분획인 *bolegrevilol*, 영지버섯의 n-핵산 추출물과 메탄올 추출물, 느타리버섯의 자실체 및 균사체 추출물의 에탄올 분획 등에서 강한 항산화 기능을 보였다고 보고하고 있다[14]. 이러한 항산화 작용을 일으키는 생리적 반응은 목질진흙버섯의 자실체와 균사체로부터 유래된 다당류 물질들이 활성산소에 의해 야기되는 지질과산화물을 억제시킴으로써 항산화 방어기능을 수행한다고 최근 보고되고 있다[15].

목질진흙버섯과 더불어, 천연식품으로서 최근 동충하초에 대한 관심이 높아지고 있다. 동충하초는 겨울에는 곤충이지만 여름에는 식물체가 된다는 이름에서 유래되었고, 우리 나

\*Corresponding author

Tel : 51-200-7815, Fax : +82-51-200-7805

E-mail : sports@dau.ac.kr

라에서 동충하초의 효능에 관심을 갖기 시작한 것은 1994년 중국의 육상 감독 마준론편이 지도한 육상선수들이 히로시마 올림픽 경기에서 세계기록을 경신하면서, 그 기록의 내면에는 동충하초 복용의 효능이 있었다는 소식이 전해지면서부터라고 할 수 있다.

고대 중국에서는 동충하초가 녹용, 인삼과 함께 3대 한방 약재로 여겨져 오기는 했으나, 구하기 힘들기 때문에 대중적인 한방 약재가 되지는 못하였고, 황실과 귀족층에서 일부 이용되었기 때문에 효능이 널리 알려지지 않고 있었다. 그러나 최근 중국, 일본, 한국 등에서 동충하초의 약효에 대한 관심의 증가로 효능성분의 분류에 대한 연구가 다수 진행되고 있으며, 다종의 가능 효능성분들에 대한 제시가 이루어지고 있다. 우선 동충하초는 일반적인 5대 영양성분을 모두 포함하고 있으며, 특히 cordycepin, cordycepic acid, ophiocordin, ergosteryl-β-D glucopyranoside, 22-dihydroergosteolry-β-D glucopyranoside, N6-(2-hydroxyethyl) adenosine, glucan 및 복합 다당류 등이 함유되어 있는 것으로 알려져 있다. 그리고 여러 연구에 따르면 이러한 유용 성분들이 갖는 효능은 자양강장[17], 간 과신장 기능의 강화[3], 면역 기능의 증가[12], 항균성 및 항 종양 작용[11], 생체 산화 방지[18], 혈당강하, 콜레스테롤과 중성지방 저하[10]등 다양한 효능들을 제시하고 있다.

그러나, 보고된 여러 임상적인 효능에 대한 연구에도 불구하고 목질진흙버섯과 동충하초가 운동수행에 미치는 직접적인 영향을 과학적으로 연구 분석한 자료는 아직 없는 상태이고, 특히 이들 천연식품들의 항산화 효능이 운동수행에 미치는 영향에 대한 연구는 없는 실정에 있다.

따라서, 본 연구는 목질진흙버섯과 동충하초 투여가 최대 및 최대하부하의 유산소 운동 수행력에 미치는 영향을 관찰하고, 피로물질의 생성과 항산화 방어 능력향상에 미치는 영향을 조사하는데 그 목적이 있다.

## 재료 및 방법

### 연구 대상자

본 연구에 참여한 피험자들은 체육을 전공하고 있는 남자 대학생 15명을 선발하였으며, 15명의 피험자들은 무작위로 목질진흙버섯 투여군 5명, 동충하초 투여군 5명, 그리고 위약(placebo)군 5명으로 나누어 배정하였다. 피험자들의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

### 최대산소섭취량과 최대산소섭취량 85% 측정

최대산소섭취량(VO<sub>2</sub>max)은 MedGraphics社(USA)의 CPX (Cardio Pulmonary Exercise Test) System과 Quinton社(USA)의 Q65 트레드밀을 사용하여, Bruce protocol 방식으로 측정되었으며, 각 호흡시마다 1회 환기량, 산소섭취량, 이산화탄소 배출량, 호흡교환비율(RER), 분당 호흡수 등이 자동으로 측정되었다.

Table 1. Characteristics of the subjects (Mean±SD)

GR	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	%fat (%)	VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	
					Before	After
PB	21.2	175.0	72.1	14.5	50.3	51.0
	±1.48	±3.15	±4.64	±3.90	±4.40	±3.52
PL	20.4	173.5	69.0	11.8	57.6	56.9
	±1.34	±4.34	±8.36	±3.50	±6.15	±6.26
CM	20.8	174.5	71.5	13.0	55.7	55.0
	±1.54	±4.88	±6.55	±4.00	±5.35	±5.66

PB; placebo PL; phelinus linteus CM; cordyceps militaris

각 피험자들의 VO<sub>2</sub>max를 바탕으로 그에 따른 최대산소섭취량의 85%(VO<sub>2</sub>max 85%)를 산정하였고, 정확한 강도 추정을 위해 최대심박수의 85% 수치도 함께 산정 하였다.

### 체구성비의 측정

체구성비의 측정은 전기 저항법에 의해서 측정되는 Biodynamics社(USA) Model 310의 Body Composition Analyzer를 이용하여 체지방율(%), 체지방량(kg), 체지방량(kg), 그리고 수분의 양(liter)을 측정하였다.

### 혈액 채취

혈액은 21 gage needle을 이용하여 전완정맥(antecubital vein)에서 채혈하였으며, 투여 전과 투여 후 각각 두 가지 실험조건(VO<sub>2</sub>max, VO<sub>2</sub>max 85%)에서 안정시, 운동종료시, 회복 30분 등 각 개인당 총 12회 채취하였다.

### 혈액 분석

#### 혈중 피로물질 측정

혈중 젖산은 spectrophotometer를 사용하여 효소법으로 분석하였고, 혈중 무기인산은 Hitachi社(JAPAN)의 Hitachi 747을 이용하여 U.V 방법으로 분석하였으며, 혈중 암모니아는 spectrophotometer를 사용하여 berthlot 반응을 알아보는 방법으로 분석을 시행하였다.

#### 혈중 산화-항산화 물질

혈중 MDA는 Oxis社(USA)의 BIOXYTECH LPO-586 kit를 사용하여, spectrophotometer를 이용한 비색법으로 분석하였다. GPX 활성은 Randox社(UK)의 RAN-CELL 시약을 사용하여, Roche社(Switzerland)의 cobas MIRA를 이용한 UV법으로 분석하였다. TAS는 Randox(UK)의 Total Antioxidant Status 시약을 사용하여, Hitachi社(JAPAN)의 Hitachi 7150 생화학 분석기에서 분석하였다.

### 목질진흙버섯, 동충하초 그리고 위약 투여방법

목질진흙버섯 투여군, 동충하초 투여군, 그리고 위약 투여군 등 모든 그룹의 피험자들은 투여 전 VO<sub>2</sub>max와 VO<sub>2</sub>max

85% 측정을 실시하였다. 투여 전 테스트가 끝난 후, 모든 피험자들은 매일 실험실로 방문하여 6주간 해당음료(목질진흙버섯, 동충하초, 그리고 위약) 100ml를 구강으로 섭취하였으며, 주말(일요일)에만 각자의 집에서 섭취하도록 하였다. 6주간 투여 후 투여 전과 동일한 테스트( $VO_{2max}$ ,  $VO_{2max}$  85%)를 실시하여 목질진흙버섯, 동충하초와 위약의 6주간 투여 효능을 변인에 따라 분석하였다.

**자료 처리 방법**

본 연구에서 얻은 자료는 SPSS 통계 package(v. 12.0)를 이용하여 기술 통계량으로 평균과 표준편차를 산출하였고, MDA와 GPX, TAS, 그리고 피로 물질들 등 종속변수들의 운동형태간, 운동시점간, 그리고 위약과 목질진흙버섯, 동충하초 투여방법간에 따른 차이를 비교하기 위해 반복측정자료의 다원배치 분산분석법(repeated measurement Multiway ANOVA)을 적용하여 분석하였으며, 사후검정은 Scheffe를 통하여 유의한 차이를 고찰하였다( $p<.05$ ).

**결 과**

**실험 조건에 따른 운동 수행력 변화**

운동 수행력의 변화는 Table 2에 나타난 것과 같이  $VO_{2max}$  테스트의 경우, 위약군(PB)과 목질진흙버섯 투여군(PL), 동충

하초 투여군(CM) 모두 투여 전과 후의 차이가 거의 나타나지 않았으며,  $VO_{2max}$  85% 테스트시 CM군은 거의 차이가 없었으며, PB군의 경우, 투여 전에 비해 1분52초 연장되었고, PL군도 1분 21초 연장되었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다( $p>.05$ ). 따라서, 목질진흙버섯이나 동충하초 투여에 따라 최대와 최대하부하 운동 수행력 향상은 두드러지게 나타나지 않았다고 본다.

**실험 조건에 따른 젖산 농도 변화**

투여 전·후 비교에서 운동종료와 회복 시 CM 투여군의 수치가 감소되었으나, 통계적인 차이는 없었다. 투여 후 그룹간 차이를 비교한 결과, 운동종료 시 CM 투여군이 가장 낮았으며,  $VO_{2max}$  85% 테스트에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ )(Table 3).

Table 2. Exercise performance time (Mean±SD)

Ex. type	GR	Before(B)	After(A)
$VO_{2max}$	PB	14'17"±0.48	14'24"±0.45
	PL	14'52"±2.11	14'52"±1.54
	CM	15'16"±0.51	15'09"±0.56
$VO_{2max}$ 85%	PB	30'21"±5.18	32'13"±5.19
	PL	27'20"±4.60	27'23"±5.21
	CM	28'49"±4.20	30'10"±4.29

Table 3. Fatigue material concentration changes (Mean±SD)

Item	Ex. type	GR	Before			After		
			Rest	Finish	Recovery	Rest	Finish	Recovery
lactate (mmol/L)	$VO_{2max}$	PB	1.20±0.28	16.63±1.55*	8.43±2.17* <sup>+</sup>	0.98±0.09	14.28±2.47*	5.08±2.32 <sup>+</sup>
		PL	1.11±0.30	12.55±0.94*	6.99±1.77*	1.28±0.34	15.39±2.38*	6.22±1.72* <sup>+</sup>
		CM	1.18±0.19	15.96±2.05*	6.61±0.95 <sup>+</sup>	1.01±0.011	11.99±1.68*	4.57±2.13 <sup>+</sup>
	$VO_{2max}$ 85%	PB	1.36±0.12	11.94±2.16*	3.42±1.06 <sup>+</sup>	1.37±0.52	12.36±2.86*	3.13±1.31 <sup>+</sup>
		PL	1.20±0.60	13.85±1.79*	4.06±1.60 <sup>+</sup>	1.28±0.41	12.71±2.61*	3.74±1.20 <sup>+</sup>
		CM	1.13±0.08	16.86±1.02* <sup>##</sup>	4.81±0.72 <sup>+</sup>	1.04±0.32	10.79±0.32* <sup>##</sup>	2.88±0.96 <sup>+</sup>
Pi (mg/dL)	$VO_{2max}$	PB	3.70±0.37	4.82±0.61	4.00±0.62	3.26±0.38	4.72±0.62*	3.52±0.61 <sup>+</sup>
		PL	3.90±0.28	4.80±0.60	4.02±0.54	4.02±0.71	4.62±0.37	4.10±0.72
		CM	3.66±0.38	4.78±0.43 <sup>*</sup>	3.50±0.53 <sup>*</sup>	3.78±0.46	4.62±0.61	3.64±0.66 <sup>*</sup>
	$VO_{2max}$ 85%	PB	4.06±0.43	5.32±0.77*	4.00±0.63 <sup>+</sup>	3.60±0.07	4.56±0.33	3.20±0.24 <sup>+</sup>
		PL	3.70±0.24	4.84±0.34*	3.64±0.29 <sup>+</sup>	3.16±0.23	4.52±0.44*	3.32±0.48 <sup>+</sup>
		CM	3.12±0.49	4.54±0.17*	3.00±0.35 <sup>+</sup>	3.50±0.50	4.60±0.43	3.36±0.36 <sup>+</sup>
ammonia (µg/dL)	$VO_{2max}$	PB	43.6±13.94	128.6±31.25	62.4±14.98	65.2±18.36	111.4±23.22	52.4±14.92
		PL	31.4±12.52	73.4±33.19	62.6±23.33	44.6±14.93	81.8±34.63	54.0±17.54
		CM	34.2±6.87	111.0±32.87* <sup>**</sup>	50.4±19.13	46.6±19.14	116.6±30.92* <sup>**</sup>	47.8±10.49 <sup>+</sup>
	$VO_{2max}$ 85%	PB	38.8±10.31	107.4±17.36	46.4±9.61	45.8±5.07	103.4±22.97	52.6±8.11
		PL	38.6±9.38	127.4±25.67	45.0±20.69 <sup>+</sup>	53.2±9.31	106.0±16.55	57.8±7.89
		CM	36.4±8.08	121.2±25.52*	46.4±13.13 <sup>+</sup>	45.2±10.72	165.8±30.34* <sup>**#</sup>	48.2±7.85 <sup>+</sup>

\*significantly different from rest( $P<.05$ )  
<sup>+</sup>significantly different from finish( $P<.05$ )  
<sup>\*</sup>significantly different from before( $p<.05$ )  
<sup>\*\*</sup>significantly different from ex. type( $P<.05$ )  
<sup>#</sup>significantly different from PB( $P<.05$ )

Table 4. Oxidant-antioxidant concentration changes

(Mean±SD)

Item	Ex. type	GR	Before			After		
			Rest	Finish	Recovery	Rest	Finish	Recovery
MDA ( $\mu\text{mol}$ )	VO <sub>2</sub> max	PB	1.62±0.30	2.10±0.73	1.46±0.45	1.52±0.33	2.23±0.80	1.79±0.65
		PL	1.42±0.51	2.14±0.58	1.46±0.90	1.30±0.50	1.88±0.68	2.27±0.92
		CM	1.33±0.50	1.32±0.33	0.97±0.14	1.69±0.73	1.90±0.62	1.65±0.55
	VO <sub>2</sub> max 85%	PB	1.82±0.90	2.88±0.82	1.58±0.48	1.76±0.20	2.58±0.62	1.86±0.18
		PL	1.70±0.35	2.22±0.47	1.70±0.50	1.66±0.23	2.18±0.44	1.67±0.36
		CM	1.38±0.33	1.36±0.14 <sup>‡</sup>	1.20±0.31	1.73±0.36	1.81±0.22	1.82±0.27
GPX (U/g Hb)	VO <sub>2</sub> max	PB	81.5±6.62	80.2±4.65	80.0±8.46	92.0±10.36	80.8±16.27	92.6±18.88
		PL	93.7±7.34	86.4±10.84	87.7±8.56	103.4±23.73	86.8±12.15	96.0±19.43
		CM	96.4±14.62	84.0±7.60	99.0±11.47	91.2±8.11	82.6±5.86	88.8±15.55
	VO <sub>2</sub> max 85%	PB	93.2±2.14	89.9±4.78	93.2±4.84	93.4±14.04	86.6±12.36	97.6±14.97
		PL	94.6±2.49	90.2±1.77	93.0±2.78	103.6±17.90	96.4±19.11	106.4±19.57
		CM	94.2±13.26	83.0±11.07	94.6±18.76	96.0±4.95	88.8±10.50	92.6±5.50
TAS (mmol/L)	VO <sub>2</sub> max	PB	1.32±0.08	1.15±0.07	1.23±0.13	1.27±0.12	1.39±0.07	1.34±0.07
		PL	1.23±0.06	1.13±0.04	1.18±0.04	1.31±0.08	1.40±0.06	1.34±0.06
		CM	1.13±0.05	1.16±0.08	1.18±0.06	1.23±0.09	1.32±0.09	1.29±0.12
	VO <sub>2</sub> max 85%	PB	1.24±0.10	1.07±0.17	1.19±0.11	1.35±0.11	1.40±0.10	1.34±0.12
		PL	1.28±0.06	1.14±0.04	1.20±0.05	1.32±0.09	1.37±0.08	1.36±0.05
		CM	1.05±0.09	1.18±0.05	1.14±0.10	1.19±0.04	1.31±0.09	1.23±0.08

\*significantly different from rest(P&lt;.05)

†significantly different from finish(P&lt;.05)

‡significantly different from before(p&lt;.05)

\*significantly different from ex. type(P&lt;.05)

‡significantly different from PB(P&lt;.05)

**실험 조건에 따른 무기인산 변화**

투여 전·후 비교에서 운동종료와 회복 시 VO<sub>2</sub>max 테스트에서 PL과 CM 투여군의 수치가 감소했으나, 통계적인 차이는 없었다. 투여 후 그룹간 차이를 비교한 결과, 운동종료 시 VO<sub>2</sub>max 테스트에서 PL과 CM 투여군이 PB 투여군에 비해 낮은 수치를 보였으나, 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다(Table 3).

**실험 조건에 따른 암모니아 변화**

투여 전·후 비교에서 운동종료와 회복 시 VO<sub>2</sub>max 테스트에서 PL과 CM 투여군의 수치가 증가하였으나 통계적인 차이는 없었으며, VO<sub>2</sub>max 85% 테스트에서 PL 투여군은 감소된 반면, CM 투여군은 증가하였으나 역시 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 투여 후 운동종료 시 그룹간 차이는 PL 투여군의 수치가 가장 낮게 나타났고, 회복 시에는 CM 투여군의 수치가 가장 낮게 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다(Table 3).

**실험 조건에 따른 MDA 변화**

투여 전·후 비교에서 운동종료 시 두 가지 테스트에서 PL 투여군의 수치가 감소되었으나 통계적인 차이는 나타나지 않았다. 투여 후 운동종료 시 그룹간 차이는 VO<sub>2</sub>max 테

스트에서는 PL 투여군이, VO<sub>2</sub>max 85% 테스트에서는 CM 투여군이 가장 낮게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 4).

**실험 조건에 따른 GPX 변화**

투여 전·후 비교에서 운동종료 시 VO<sub>2</sub>max 테스트에서 PL과 CM 투여군 수치의 차이는 거의 나타나지 않았으나, VO<sub>2</sub>max 85% 테스트에서 PL과 CM 투여군 모두 약간 증가되었지만 통계적인 차이는 없었다. 회복 시 두 가지 테스트에서 PL 투여군 수치가 모두 증가되었으나 통계적인 유의한 차이는 나타나지 않았다. 투여 후 운동종료 시와 회복 시 두 가지 테스트 모두에서 PL 투여군의 수치가 가장 높게 나타났지만 통계적인 차이는 보이지 않았다(Table 4).

**실험 조건에 따른 TAS의 변화**

투여 전·후 비교에서 운동종료 시와 회복 시 두 가지 테스트 모두에서 PL과 CM 투여로 TAS 함량이 증가되었지만 통계적으로 유의한 차이는 발견할 수 없었다(Table 4).

**고 찰**

본 연구는 인체를 대상으로 목질진흙버섯과 동충하초 투

여 후 운동과 회복 중 피로유발 지연과 항산화 방어 효과를 규명하는데 목적이 있었다.

운동 수행시간은 모든 운동형태( $VO_{2max}$ ,  $VO_{2max}$  85%)에서 목질진흠버섯과 동충하초 투여 전보다 투여 후 유의한 증가는 나타나지 않아, 목질진흠버섯이나 동충하초 투여가 운동수행에 긍정적인 도움을 실제로 주진 못하였다. 즉, 목질진흠버섯이 생체 전 반의 생리작용을 활성화 시킨다는 연구 [15]와 목질진흠버섯이 함유된 풍부한 탄수화물(다당류)이 에너지 동원에 기여함으로써 운동 수행력을 증진시킬 수 있을 것이라는 연구가설을 실험할 결과를 얻을 수는 없었다. 또한, 동충하초가 약리적 특성면에서 생체기관 전반의 기능을 증대시켜주는 촉진작용에 기인하여, 지구력과 근력의 향상에 도움을 준다는 연구 [20], 그리고 동충하초에 함유된 풍부한 탄수화물이 지방대사의 전자역할로 지방산화를 촉진시켜 지구성 운동수행의 증진을 보였다는 연구들과 일치하지 않았다. 물론, 본 연구결과 만으로 운동 수행력 향상에 있어 목질진흠버섯이나 동충하초 투여 효과 여부를 단정 지을 수 없으며, 확실한 운동수행에 대한 효과를 입증하기 위해서는 목질진흠버섯과 동충하초 추출성분의 투여량과 운동의 형태, 피험자의 훈련정도, 그리고 투여시 다른 음식물이나 신체 활동 등을 고려한 다양한 차원에서의 연구가 요구된다고 할 수 있다.

피로요인 중 혈중 젖산은  $VO_{2max}$  85% 실험조건과 비교해서  $VO_{2max}$  실험조건이 운동종료와 회복시 혈중 젖산 농도가 높았는데, 이것은  $VO_{2max}$  운동형태가  $VO_{2max}$  85% 운동보다 더 많은 에너지를 필요로 하고, 강한 강도의 운동이기 때문에 탄수화물을 에너지로 더 많이 사용한 결과로 일어난 젖산 축적의 증가라고 할 수 있다 [8]. 투여 전과 투여 후 운동종료 시  $VO_{2max}$  85% 테스트 조건에서 CM군의 수치가 유의하게 감소되었는데, 이것은 동충하초의 젖산 축적 감소와 관련된 효능이라고 할 수 있다. 즉, 투여된 동충하초의 신진대사 촉진 효과가 운동과 휴식시 빠른 CP(creatine phosphate)의 재합성 과정을 가속화시키고, 합성된 CP가 ATP를 재합성하는 과정에서 수소이온의 고정 효과를 가져와 체내의 산성화를 막고 운동과 회복시 젖산과 같은 피로물질 제거에 긍정적인 역할을 한다고 볼 수 있다 [22].

세포내 무기인산 축적의 증가는 에너지 수준의 저하를 의미하고, 마이오신(myosin)과 액틴(actin)의 친화력을 높이는 단계에서 ATP가 가수분해되어 방출되는 것이라고 볼 수 있다. 그러나 과도한 무기인산의 축적은 근 수축력을 위한 cross-bridge의 비율 감소와 칼슘에 대한 민감성을 감소시키게 되고, 결과적으로 근수축에 의한 힘의 발현을 감소시키는 결과를 초래하게 되는 생리적 기전을 가지고 있다. 본 연구결과, 운동종료와 회복시  $VO_{2max}$  실험조건에서의 무기인산 수치가  $VO_{2max}$  85%보다 높은 수치를 보였는데, 이러한 결과는 최대강도 운동시 단시간에 에너지 발현을 위한 ATP와

CP의 가수분해가 왕성하게 일어났기 때문이라고 할 수 있다. 목질진흠버섯과 동충하초 투여에 따른 무기인산 축적 감소의 효과를 입증하기 위한 분석에서, 세 그룹 모두에서 통계적인 유의한 차이가 나타나지 않았던 사실을 근거로 무기인산 축적 감소에 동충하초 투여의 효과적인 영향은 없었던 것으로 사료된다.

일반적으로 강한 강도의 운동시 골격근에서의 암모니아 생성은 PNC(purine nucleotide cycle)를 통해서 생성되고, 최대하부의 장기간의 운동시 암모니아의 생성은 단백질의 이화작용에 의해 생성된다고 보고 있다 [5]. 그리고 이러한 과정에 의해서 생성된 암모니아는 독성을 가지고 있으며, 운동시 피로 유발 요인으로 작용한다고 알려져 있지만, 암모니아 그 자체가 피로를 유발하는 요인으로서의 타당성 검증에 대해서는 아직도 불분명한 상태이다. 본 연구에서는 목질진흠버섯과 동충하초 투여가 운동시 암모니아 축적의 변화에 영향을 미쳤다고 할 수 있는 일관된 근거를 찾기가 힘들었다. 우선, 목질진흠버섯 투여군에서 투여 전과 투여 후, 두 가지 운동형태 모두에서 운동종료와 회복시 암모니아 축적의 형태가 일정하게 나타나지 않아 강한 강도의 운동과 최대하부에서의 운동 중에 암모니아 축적의 생성근원을 분리하기가 힘들었고, 축적 수치도 서로 교차되는 양상을 보여 목질진흠버섯 투여 효과에 대한 근거가 되지 않는다고 할 수 있었다.

하지만, 투여 후 회복시 CM군 수치가 운동종료에 비해 통계적으로 유의한 차이를 보이며 감소된 결과를 보였다. 이러한 결과는 운동 후 회복시 동충하초 투여로 암모니아 생성경로인 AMP에서 IMP로 전환 과정에서 동충하초의 신진대사 촉진 효과는 CP의 재합성을 증가시켜 ATP 교환비율을 증가 시킴으로써, ADP와 AMP의 축적을 감소시킬 수 있는 세포 환경 조건을 만들어, PNC를 통한 암모니아 생성이 감소될 수 있는 잠재적 역할을 부가할 수 있다고 보며, 따라서, 동충하초 투여는 운동시 과도하게 축적된 암모니아를 회복시에 효과적으로 제거해줌으로써 휴식시 피로회복에 긍정적인 효과를 줄 수 있다고 사료된다.

지질과산화의 생체지표인 혈중 MDA(malondialdehyde)는 조직손상의 지표로 사용되는 산화물로서, 격렬한 운동에 의해 급격하게 증가된 산소공급에 따라 산화적 스트레스는 심화되고, 지질과산화도 증가된다는 것이 지배적인 의견으로 제시되고 있다. 즉, 지질-라디칼 상호작용으로 형성된 과산화물(peroxides)은 불안정하고 활성적이고, 자가촉매적 연쇄반응을 연속적으로 발생시킴으로써 막과 세포의 광범위한 손상을 일으킬 수 있다 [6].

본 연구결과, 그룹간 투여 후 MDA 생성 차이 비교에서  $VO_{2max}$ 와  $VO_{2max}$  85% 실험조건에서 운동종료시 통계적인 차이는 없었지만, PB군에 비해 PL과 CM군이 낮은 수치를 나타내었다. 이러한 결과는 목질진흠버섯 내  $\beta$ -glucan이

함유된 풍부한 다당류가 지질과산화 생성을 효과적으로 억제시킬 수 있었다는 선행연구[13]와 일치되는 것이다. 이와 같이 목질진흠버섯 자실체 및 균사체로부터 추출된 물질들이 나타내는 지질과산화 억제효과는 외부의 자극이나 독성 물질의 생체 내 대사과정 중에 생성된 유해산소들에 의해 야기되는 DNA, RNA, 단백질 및 세포 손상 등을 보호 또는 치유하는 기능을 수행할 것으로 본다는 연구[15]와 같이 목질진흠버섯 복용으로 인한 프리라디칼의 생성 감소와 항산화 방어체계가 향상된 결과라고 추론해 볼 수 있으며, 동충하초 투여 또한 위약군에 비해 조직 손상이 최소화되면서 체내 항산화 유지에 크게 기여한 것으로 보인다.

GPX (glutathione peroxidase)는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 물과 산소로 분해하는 역할을 촉매하는 효소로 SOD 그리고 catalase 함께 항산화 역할을 담당하는 대표적인 효소라고 할 수 있다[7]. 본 연구의 실험결과, 통계적인 차이는 없었지만, 두 가지 운동형태 모두 운동종료시 GPX 활성수준은 안정시에 비해서 낮은 수치를 보였는데, 이러한 결과는 운동에 의해 GPX 활성이 변화되지 않거나, 혹은 감소했다는 선행연구들[4,19]의 보고와 일치되는 것이지만, GPX 활성은 강한 강도의 운동시 증가한다는 연구들[2]과는 서로 상반된 결과를 나타내었다.

GPX 활성에 대한 목질진흠버섯과 동충하초 투여 효과를 알아보기 위한 분석에서, 두 가지 운동형태 모두에서 혈중 GPX 활성은 목질진흠버섯과 동충하초 투여 후 운동종료시, 위약투여보다 높은 수준을 보인 것으로 나타났으며, 투여 전 후 비교에서 PL군이 운동종료와 회복시 모두 감소되었다. 이러한 결과는 운동시 GPX 활성이 마이토콘드리아와 세포질로부터 유해산소로 인한 지질과산화를 제거하여 조직손상을 방어하는데 유용할 것이라는 점이다. GPX 활성이 증가되는 기전에는 항산화 방어 단백질 발현 유도 기전에 의한 원인[1]과 cellular guanylate cyclase 자극에 의한 cGMP 농도 상승의 결과[24]라는 이론들이 제시되고 있지만, 목질진흠버섯과 연관된 생화학적 기전 제시는 연구되어야할 과제로 본다.

항산화 효소중 하나인 GPX 이외에, 비효소적 항산화 물질의 함유 상태를 알아보기 위하여 TAS (total antioxidant status) 수준을 분석하였다. VO<sub>2</sub>max와 VO<sub>2</sub>max 85% 실험조건에서 안정시 운동종료시, 그리고 회복시 등 모든 운동시기에서 목질진흠버섯과 동충하초 투여 전에 비해 투여 후 TAS 수준이 증가하였는데, 이러한 결과들은 목질진흠버섯이나 동충하초 투여로 인하여 운동에 따라 혈중 TAS 수준이 상승됨으로써 운동시 산화에 의한 조직손상의 방어체계가 강화될 수 있음을 의미한다고 할 수 있고, 회복시 높은 수준은 손상된 조직의 복구에 긍정적인 도움이 될 수 있음을 뜻한다고 본다.

결과를 종합하면, 6주간의 목질진흠버섯과 동충하초 투여로 운동 중 일부 실험조건에서 젖산, 무기인산, 그리고 암모니아 등 피로물질들의 과다한 축적을 방지할 수 있었으며,

운동 후 회복시 축적된 피로물질들을 효과적으로 감소시켜 줌으로써 최대하부하 이상의 운동강도로 운동하는 동안 피로물질의 제거와 운동수행 향상에 일부 긍정적인 효과가 있었고, 운동 후 회복기 동안 피로회복에 효능을 지닌 식품이라는 결과도 얻었다. 그리고, 목질진흠버섯과 동충하초 투여는 운동에 따른 GPX 활성과 TAS 수준의 상승과 MDA 생성의 감소를 일으키면서 운동 중 조직의 산화적 변형을 억제시킬 수 있는 탁월한 항산화 방어능력을 보였다.

따라서, 목질진흠버섯과 동충하초는 임상적인 처치 목적의 약리적 효과 이외에, 에너지 동원과 피로물질 제거 측면에서 효과적이라고 볼 수 있으며, 조직의 산화와 항산화 체계의 항산화 유지에 효력을 지니는 생약이라 결론 내릴 수 있다.

## 요 약

본 연구는 인체를 대상으로 목질진흠버섯과 동충하초 투여 후 운동과 회복 중 피로유발 지연과 항산화 방어 효과를 규명하는데 목적이 있었으며, 남자 대학생 15명을 대상으로 목질진흠버섯 투여군(PL), 동충하초 투여군(CM), 그리고 위약 투여군(PB) 등 세 그룹으로 나누어 6주간 해당음료 100ml/day를 구강으로 투여하였고, 투여 전과 후 운동수행에 따른 차이를 비교하였다. 분석결과 운동수행시간에는 차이가 없었지만, 운동수행에 따른 PL군과 CM군의 피로물질 축적이 부분적으로 감소됨을 보였으며, 지질과산화 생성량은 감소되었고, 항산화효소 활성은 향상됨을 나타냈다. 따라서, 목질진흠버섯과 동충하초는 임상치료 목적의 약리작용뿐만 아니라, 운동 시 에너지 동원과 피로물질 제거, 그리고 조직의 항산화 방어 역량 향상에 효과가 있다고 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. Abbas, A. K., A. H. Lichtman & J. S. Pober. 1997. Cellular and molecular immunology. W.B. Saunders. Co. Philadelphia. pp. 89-95.
2. Aguilo, A., P. Tauler, I. Gimeno, E. Fuentespina & A. Pons. 2000. Changes in erythrocyte antioxidant enzymes during prolonged submaximal exercise. *Biofactors* **11**, 27-30
3. Bao, Z. D., Z. G. Wu & F. Zheng. 1994. Amelioration of aminoglycoside nephrotoxicity by *Cordyceps sinensis* in old patient. *Chin. J. Integr. Med.* **14**, 271
4. Bejma, J., P. Ramires & L. L. Ji. 2000. Free radical generation and oxidative stress with ageing and exercise: differential effects in the myocardium and liver. *Acta Physiol. Scand.* **169**, 343-351.
5. Blomstrand, E. E & E. A. Newsholme. 1996. Glucose-Fatty acid cycle & fatigue involving 5-hydroxytryptamine: Maughan, R. J., and Shirreffs, S. M. eds. In: *Biochemistry*

- of exercise IX. *Human Kinetics Publishers, Inc.* pp185-195.
6. Cotran, R. S., V. Kumar & Collins, Tucker. 1999. Pathologic Basis of Disease. 6th ed. W.B. Saunders Co. Philadelphia. pp494-541.
  7. Demling, R., C. La Londe, P. Saldinge & J. Knox. 1990. Multiple-organ dysfunction in the surgical patient : Pathophysiology, prevention, and treatment. *Current Problems of Surgery*. **30**, 345-351.
  8. Febbraio, M.A & J. Dancy. 1999. Skeletal muscle energy metabolism during prolonged, fatigue exercise. *J. Appl. Physiol.* **87**, 2341-7.
  9. Ikekawa, T., M. Nakanish, N. Uehara & G. Chihara. 1968. Antitumor action of some basidiomycetes, especially *Phellinus linteus*. *Gann* **59**, 155-157
  10. Kiho, T., A. Yamane, J. Hui, S. Usui and S. Ukai. 1996. Polysaccharide (CS-F30) from the cultural mycelium of *Cordyceps sinensis* and its effect on glucose metabolism in mouse liver. *Biol. Pharm. Bull.* **19**, 294
  11. Kuo, Y. C., C. Y. Lin, W. J. Tsai, C. L. Wu, C. F. Chen & M. S. Shiao. 1994. Growth inhibitors against tumor cells in *Cordyceps sinensis* other than cordycepin and polysaccharides. *Cancer Invest.* **12**, 611
  12. Kuo, Y. C., W. J. Tsai, M. S. Shiao, C. F. Chen & C. Y. Lin. 1996. *Cordyceps sinensis* as an immunomodulatory agent. *Am. J. Chin. Med.* **24**, 111
  13. Kubo, M., H. Matsuda, M. Tanaka, Y. Kimura, T. Tani, S. Arichi, H. Okuda & M. Kirigiya. 1980. *Ganoderma lucidum*, fruit body study. *Base and Clinic* **14**, 2455
  14. Lee, G. D., H. K. Chang & H. K. Kimj. 1997. Antioxidative and nitrite-scavenging activities of edible mushrooms. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **29**, 432-436
  15. Lee, J. W., S. J. Baek, K. W. Bang, S. W. Kang, S. M. Kang, B. Y. Kim & I. S. Ha. 2000. Biological activities of polysaccharide extracted from the fruit body and cultured mycelia of *Phellinus linteus* IY001. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **32**, 726-735
  16. Lee, J. W., S. J. Baek, K. W. Bang, Y. S. Kim, M. D. Han & I. S. Ha. 1999. Characteristics of polysaccharide isolated from the fruit body and cultured mycelia of *Phellinus linteus* IY001. *Kor. J. Mycol.* **27**, 424-429
  17. Liang, Y. L., Y. Liu, J. W. Yang & C. X. Liu. 1997. Studies on pharmacological activities of cultivated *Cordyceps sinensis*. *Phytotherapy Res.* **11**, 237
  18. Liu, Y., C. Wu & C. Li. 1991. Antioxidation of *Paecilomyces sinensis* (S. pnov.). *Chin. Med. J.* **16**, 240
  19. Lui, J., H. C. Yeo, E. Overvik-Douki, T. Hagen, S. T. Doniger, D. W. Chu, G. A. Brooks & B. N. Ames. 2000. Chronically and acutely exercised rats: biomarkers of oxidative stress and endogenous antioxidants. *J. Appl. Physiol.* **89**, 21-28.
  20. McGuffin M., C. Hobbs, R. Upton, A. Goldberg eds. 1997. Botanical safety handbook. BocaRaton. FL: CRC Press
  21. McMurray, R. G., B. E. Ainsworth, J. S. Harrell, T. R. Griggs & O. D. Williams. 1998. Is physical activity or aerobic power more influential on reducing cardiovascular disease risk factors? *Medicine and Science in Sports and Exercise* **30**, 1521-1529
  22. Rossiter, H. B., E. R. Cannell & P. M. Jakeman. 1996. The effect of oral creatine supplementation on the 1000-m performance of competitive rowers. *J. Sports. Sci.* **14**, 175-179.
  23. Vincent, H. K., S. K. Powers, D. J. Stewart, H. A. Demirel, R. A. Shanely & H. Naito, 2000. Short-term exercise training improves diaphragm antioxidant capacity and endurance. *Eur. J. Appl. Physiol.* **81**, 67-74.
  24. Yates, M. T., L. E. Lambert, J. P. Whitten, I. McDonald, M. Mano, G. Ku & S. J. T. Mao. 1992. A protective role for nitric oxide in the oxidative modification of low density lipoproteins by mouse macrophages. *Federation of European Biochemical Societies* **309**, 135-138.