

# 補中益氣湯 투여가 장거리 달리기 선수의 에너지 및 전해질 대사에 미치는 영향

송순기 · 금동호 · 오재근 · 이명중

東國大學校 韓醫科大學 再活醫學科教室

**【초록】** 스포츠 과학 분야에서는 운동 선수들의 경기력 향상과 운동 피로의 신속한 회복을 도모하기 위하여 한약을 복용하고 그 효과와 유의성에 대하여 연구가 활발히 이루어지고 있다. 격심한 운동을 수행할 때 나타나는 Glucose 등 에너지원의 고갈, Lactate 등 대사 산물의 축적, 전해질의 불균형 등의 여러 제반 증상이 氣虛로 인하여 나타나는 전신의 증후와 유사하다고 생각하여 補中益氣湯을 투여한 후 인체의 대사 변화를 관찰함으로써 운동수행능력에 미치는 영향과 유의성을 평가하고자 하였다.

본 연구는 장거리 달리기 선수를 대상으로 2주간의 補中益氣湯의 투여가 에너지 대사 및 전해질 대사에 미치는 영향을 규명하기 위하여 최대심박수의 70% 강도의 운동을 실시한 후 운동전 안정시, 운동 직후, 휴식 후 10분, 휴식 후 30분, 휴식 후 1시간으로 나누어 혈액검사를 하였을 때 나타나는 각종 변인의 반응 양상을 비교 분석하여 유의한 결과를 얻었다.

혈중 에너지 대사에서는 Free fatty acid와 Lactate 반응에서 유의성 있는 차이가 나타났고, 전해질 대사에서도 Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>와 K<sup>+</sup> 반응에서 모두 유의성 있는 차이를 나타냈다. 그러므로 補中益氣湯은 에너지 및 전해질 대사에서 유의성있는 변화를 나타내었으며 운동수행능력의 향상에 유효하였다.

**중심내용:** 보중익기탕, 장거리 달리기 선수

## I. 緒 論

최근 스포츠 과학 분야에서는 운동 선수들의 경기력 향상과 운동피로의 신속한 회복을 도모하기 위하여 한약을 복용하고 그 효과와 유의성에 대하여 연구가 활발히 이루어지고 있다.

경기력 향상을 목적으로 특수한 물질을 섭취하는 도핑의 행위와는 다르게 한약물의 섭취는 부작용과 위험성을 피하면서 동일한 효과를 나타내므로 운동수행능력 향상의 보조 수단으로서 한약의 선택과 복용에 관한 연구가 활발히

이루어지고 있는 것이다(1). 인삼(2-5), 가시오가피(6,7), 매실(8,9) 등 단일 한약재를 운동 선수에게 투여한 후 결과를 측정하는 실험 연구는 계속해서 보고되고 있으며 처방 약물의 경우에도 경기력 향상(1)과 근피로 회복(10-12)을 위한 두가지 측면에서 연구가 이어지고 있다.

한편 補中益氣湯(13)은 補氣劑의 대표적 처방중의 하나로 氣血에 미치는 영향(14,15), 권역 반응(16,17), 항 알러지(18), 항 스트레스(19) 등 그 효능에 관하여 많은 실험적 연구가 보고되어 있고 특히 운동부하후 근피로 회복(10,20)과

筋力 및 호흡순환 기능(21)에 관한 논문은 경기력 향상에도 補中益氣湯이 유의성이 있음을 보고하였다. 그러나 補中益氣湯과 운동수행능력 향상에 관한 여러편의 논문중에서 筋力 및 호흡순환기능에 관한 徐의 연구(21)는 다른 논문과는 차별성을 두고 인체를 대상으로 하여 실험의 유의성을 높였지만 운동 수행시 나타나는 대사적 변화 요인들의 분석 연구는 부족하였다.

이에 著者는 격심한 운동을 수행할 때 나타나는 Glucose 등 에너지원의 고갈, Lactate 등 대사 산물의 축적, 전해질의 불균형 등의 여러 제반 증상이 氣虛로 인하여 나타나는 전신의 증후와 유사하다고 생각하여 補中益氣湯을 투여한 후 인체의 대사 변화를 관찰함으로써 운동수행능력에 미치는 영향과 유의성을 평가하고자 하였다.

본 연구는 장거리 달리기 선수를 대상으로 補中益氣湯을 투여한 후 최대 운동을 시행하였을 때, 에너지 대사 및 전해질 대사에 관여하는 요인들의 변화 양상을 관찰한 실험으로 유의한 결과를 얻었기에 보고한다.

## II. 研究 對象 및 方法

### 1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 H대학에 재학중인 남자 육상선수 8명을 대상으로 하였고 최근 몇 개월간 약물 복용의 경험이 없는 학생으로 선발하여 실험군(한약투여군 : n=4)과 대조군(비투여군 : n=4)으로 나누었으며, 두 집단의 신체적 특성은 다음과 같다.

#### 두 집단의 신체적 특징

항목	비투여군	한약 투여군
피험자수	4	4
경 력	8	8
신 장	174.00±2.45	175.00±5.68
체 중	63.00±2.45	64.50±6.03

비 흉 위	35.70±0.94	36.65±2.52
체표면적	1.78±0.05	1.79±0.11
% Fat	16.80±0.86	17.06±2.01

### 2. 연구 방법

#### 1) 실험 방법

본 연구는 예비 실험과 본 실험으로 나누어 실시하였으며, 예비 실험은 본 실험 1주일 전에 한약 투여로 인한 부작용 여부를 검사한 다음, 4일 동안에 걸쳐 400m 트랙에서 최대한의 속도로 한바퀴 뛰게 한 후 시간 기록과 심박수를 측정하여 최대심박수의 70% 수준으로 약 15분 정도 뛰게하는 적응 훈련을 실시하였다.

본 실험 전날 강도 높은 훈련을 피하도록 하였고 본 실험 당일 1시간 30분전에 실험 장소에 도착한 후 30분간 안정을 취하도록 한 다음 피험자들에게 본 실험의 중요성에 대하여 설명을 하고 체중, 심박수 측정 및 안정시 채혈을 실시하였다. 그리고 실험 시작 1시간 전에 실험군은 한약을, 대조군은 물을 각각 150ml씩 섭취하게 한 후 약 20분 정도 준비 운동을 한 다음 최대 심박수의 70% 수준으로 1시간 동안 400m 트랙을 계속 달리게 하였다. 이때 긴팔 런닝 상의와 하의를 입도록 하여 땀을 흘릴수 있도록 유도하였으며 되도록 옷을 벗지 않도록 하였다.

#### 2) 채혈 및 측정항목

채혈은 운동전 안정시, 운동직후, 휴식후 10분, 30분, 1시간에 실시하였으며, 측정항목은 에너지대사 관련 항목으로 glucose, free fatty acid, lactate, LDH를, 전해질대사 관련 항목으로 eletrolyte(Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>)를 분석하였다.

#### 3) 한약의 조제 및 복용

補中益氣湯 조제에 필요한 약물은 시중에서 매입한 정선된 것을 사용하였으며, 실험군에 투여할 약물은 補中益氣湯 1회 복용 처방에 의하여 조제하였다.

투여 한약은 14일 분량의 약재를 한약 추출기에 넣고 정량의 물을 넣은 후 온도는 100 °C,

압력은 0.7kg/cm<sup>2</sup> 로 하여 3시간 동안 가열 추출하고 탱액을 3,000ml 추출하였다. 물의 양은 한약 무게 × 1.3 + 3000ml 로 하였다.

한약 투여군의 한약 복용은 실험 기간 동안 (14일) 1일 3회 식후 1시간에 100ml를 1회 분량으로 따뜻하게 하여 지도자의 감독하에 복용하게 하였다.

방제는 《東醫寶鑑》 13)에 기재된 補中益氣湯의 본방으로 1첩의 내용과 분량은 다음과 같으며 1錢당 g수는 3.75g으로 하였다.

### 3. 혈액 분석 방법

피험자들의 혈액은 헤파린 처리된 1회용 주사기를 이용하여 전완 정맥(antecubital vein)에서 5ml를 채혈 하였다. 채혈된 혈액 중 전혈 200 $\mu$ l은 lactate를 분석하는데 사용하였고 나머지 혈액은 3000xg에서 15분간 원심분리하였으며, 분리된 혈장은 분석을 하기 전까지는 -70℃에 보관하여 사용하였다.

혈액의 생화학적 분석은 glucose, free fatty acid 및 LDH 등은 Kit시약(아산제약 제품)으로 UV-spectrophotometer(Gilford 2600, U.S.A)를 이용하여 분석하였고 Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>는 Flam photometer(Becman, U.S.A)을 사용하여 분석하였다.

다음은 혈중 젖산 농도를 분석하기 위하여 0.3M Perchloric acid 1000 $\mu$ l에 전혈 200 $\mu$ l를 첨가하여 30초간 전탕한 후 원심 분리(3000 xg/100min)하여 제단백하였으며 상층액은 혈중

젖산 분석때까지 냉동 보관 하였다. 시약은 (Buffer ; Hydrazinsulfat (52.05g), Glycin (75.07g), EDTA-TritriplexIII (1.96g), Natriumhydroxid (40.80g), D.W (1000ml add) : Standard-1-Lactate 1.0ml/l : Precinorms S : LDH(100ml) : NAD)를 혼합한 액 1120 $\mu$ l에 제단백시킨 상층액 50 $\mu$ l를 섞어 사용하였으며 실온에서 60분간 방치한후 파장 340m에서 UV-Spectrophotometer(Gilford 2600, U.S.A)를 이용하여 Time scan법으로 측정 하였다.

### 4. 자료처리

자료 처리는 SPSS package를 이용하여 각 특정 변인별로 Mean $\pm$ SD를 산출 하였고, 집단 간 및 시간대별 변인 차이를 알아보기 위하여 MANOVA를 실시 하였다. 본 연구의  $\alpha$  수준은 0.05와 0.01 이었다.

## Ⅲ. 研究 結果

### 1. 혈중 에너지 대사

본 연구에서 2주간 補中益氣湯을 복용하고 최대 심박수의 70% 수준으로 1시간동안 400m 트랙을 달리는 운동을 실시하였을 때 나타나는 혈중 에너지 대사 반응을 분석하기 위하여 운동 시작전 안정시, 운동 직후, 휴식후 10분, 30분, 1시간으로 나누어 혈액 검사를 실시하였다. 에너지 대사에 관련하는 항목으로 glucose, free fatty acid, lactate, LDH의 농도 변화를 측정하였고 그 결과는 다음과 같다.

補中益氣湯의 구성

藥物名	生藥名	重量(g)
人蔘	Ginseng Radix	3.75
白朮	Atractylodis Macrocephalae Rhizoma	3.75
當歸身	Angelicae Gigantis Radix	1.875
陳皮	Citri Pericarpium	1.875
柴胡	Bupleuri Radix	1.12
升麻	Cimicifugae Rhizoma	1.12
甘草	Glycyrrhizae Radix	3.75
黃芪	Astragali Radix	5.62
總量		22.860

#### 1) glucose

補中益氣湯 투여군과 비투여군의 운동전 안 정시 혈중 glucose농도는 각각 79.25 $\pm$ 5.44mg/dl 와 80.00 $\pm$ 2.45mg/dl이었다. 투여군과 비투여군은 모두 운동과 함께 증가하여 운동직후에는 각각 86.75 $\pm$ 20.11mg/dl 와 128.00 $\pm$ 34.29mg/dl 수준이 되었고 회복후 10분에는 한약 투여군이

128.50±44.88mg/dl로 증가하였으나 비투여군은 125.75±5.32mg/dl로 감소하였다. 회복후 30분에 두 집단 모두 각각 110.25±19.94mg/dl와 99.75±5.31mg/dl로 감소하였으나, 회복후 1시간에 각각 118.00±25.35mg/dl와 111.00±29.39mg/dl로 소량 증가하였다. 그러나 유의성은 인정되지 않았다 (표 1, 그림 1).

2) free fatty acid

한약 투여군과 비투여군의 운동전 안정시 혈중 free fatty acid 농도는 각각 346.25±46.95mg/dl와 358.00±27.76mg/dl이었으나 운동직후 각각 919.25±331.16mg/dl와 597.75±42.05mg/dl로 증가하였다. 회복후 10분에는 각각 1142.00±250.33mg/dl와 612.75±11.84mg/dl, 회복후 30분에는 982.50±254.11mg/dl와 735.00±55.46mg/dl, 회복후 1시간에는 각각 798.25±26.62mg/dl와 614.25±82.77mg/dl로 운동직후 증가하였다가 감

소하는 경향을 나타내었다 (표 2, 그림 2). 특히 회복후 10분에 한약 투여군과 비투여군 사이에 유의성있는 차이가 나타났다 (p<.05).

3) lactate

한약 투여군과 비투여군의 운동전 안정시 혈중 lactate농도는 각각 3.10±0.58mg/dl와 3.46±0.33mg/dl이었으나 운동직후에 각각 5.09±0.05mg/dl와 6.40±0.30mg/dl로 증가하였다. 회복후 10분에 각각 4.15±0.11mg/dl와 5.32±0.10mg/dl, 회복후 30분에 3.39±0.27mg/dl와 4.64±0.11mg/dl, 회복후 1시간에 3.03±0.63mg/dl와 3.39±0.21mg/dl로 감소하는 경향을 나타내었다 (표 3, 그림 3). 특히 운동직후에 한약 투여군과 비투여군 사이에 유의한 차이가 나타났으며 (p<.01) 회복후 30분, 회복후 1시간에도 유의성 있는 변화가 있었다 (각각 p<.001, p<.001).

표 1. 한약 투여군과 비투여군의 혈중 glucose 농도 변화

처리시간	집단	비투여군(A)		한약 투여군(B)	
		$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
안정시		80.00	2.45	79.25	5.44
운동직후		128.00	34.29	86.75	20.11
회복후 10분		125.75	5.32	128.50	44.88
회복후 30분		99.75	5.31	110.25	19.94
회복후 1시간		111.00	29.39	118.00	25.35

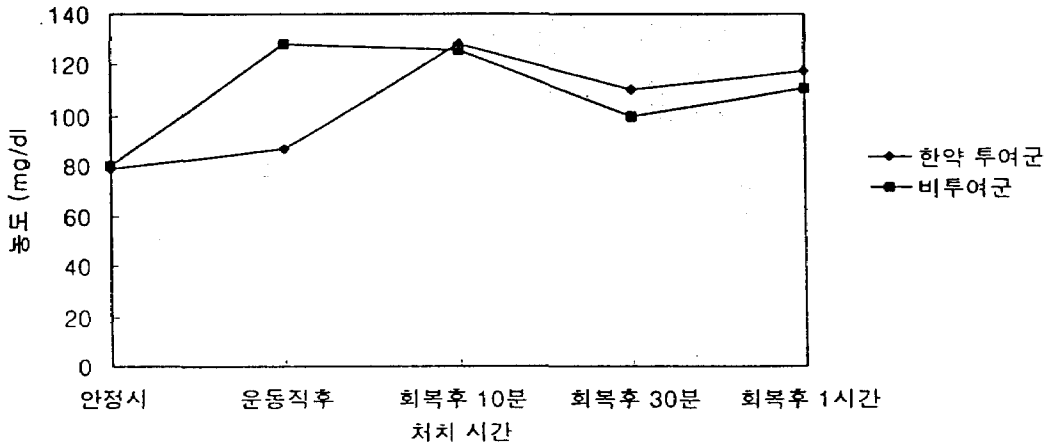


그림 1. 한약 투여군과 비투여군의 혈중 glucose 농도 변화 (각 점은 평균값을 의미함)

표 2. 한약 투여군과 비투여군의 혈중 free fatty acid 농도 변화

처치시간	비투여군(A)		한약 투여군(B)	
	x	SD	x	SD
안정시	358.00	27.76	346.25	46.95
운동직후	597.75	42.05	919.25	331.16
회복후 10분	612.75	11.84	1142.00	250.33
회복후 30분	735.00	55.46	982.50	254.11
회복후 1시간	614.25	82.77	798.25	26.62

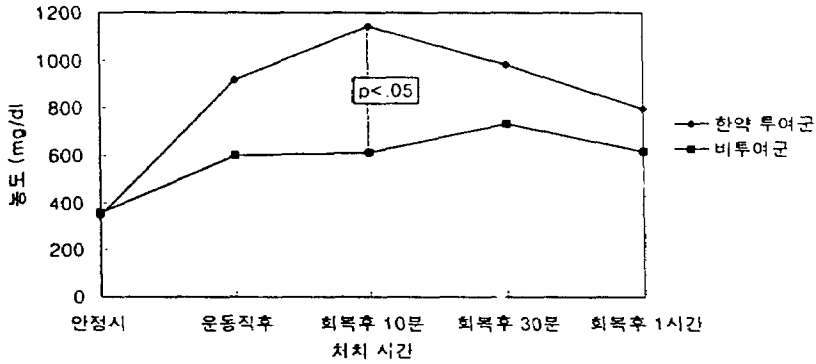


그림 2. 한약 투여군과 비투여군의 혈중 free fatty acid 농도 변화(각 점은 평균값을 의미함)

표 3. 한약 투여군과 비투여군의 혈중 lactate 농도 변화

처치시간	비투여군(A)		한약 투여군(B)	
	x	SD	x	SD
안정시	3.46	0.33	3.10	0.58
운동직후	6.40	0.30	5.09	0.05
회복후 10분	5.32	0.11	4.15	0.11
회복후 30분	4.64	0.11	3.39	0.27
회복후 1시간	3.39	0.21	3.03	0.63

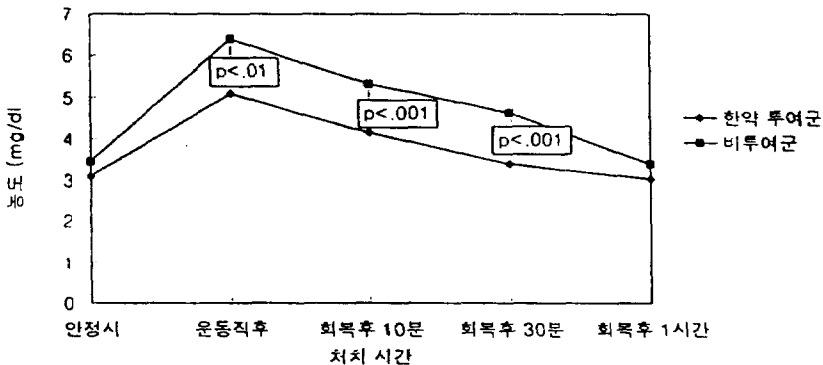


그림 3. 한약 투여군과 비투여군의 혈중 lactate 농도 변화(각 점은 평균값을 의미함)

4) LDH

한약 투여군과 비투여군의 운동전 안정시 혈중 LDH 농도는 각각  $532.25 \pm 104.18 \text{mg/dl}$ 와  $538.75 \pm 58.38 \text{mg/dl}$ 로 운동직후에 각각  $655.50 \pm 216.42 \text{mg/dl}$ 와  $1155.00 \pm 371.51 \text{mg/dl}$ , 회복후 10분에 각각  $1241.75 \pm 341.31 \text{mg/dl}$ 와  $1313.00 \pm 242.09 \text{mg/dl}$ 로 증가하였다가 회복후 30분에 각각  $743.50 \pm 341.31 \text{mg/dl}$ 와  $1025.00 \pm 304.55 \text{mg/dl}$ , 회복후 1시간에 각각  $668.00 \pm 203.73 \text{mg/dl}$ 와  $668.00 \pm 30.21 \text{mg/dl}$ 로 감소하였다 (표 4, 그림 4) 그러나 두 집단간에 유의성있는 차이는 나타나지 않았다.

2. 전해질 대사

본 연구에서 장거리 달리기 선수에게 補中益氣湯을 2주간 복용시킨후 나타나는 전해질 대사에 미치는 영향을 규명하기 위하여  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ 의 농도 변화를 측정하였고 그 결과는 다음과 같다.

1)  $\text{Na}^+$

한약 투여군과 비투여군의 운동전 안정시 혈중  $\text{Na}^+$  농도는 각각  $137.00 \pm 0.82 \text{mg/dl}$ 와  $140.00 \pm 1.63 \text{mg/dl}$ 로 유의성있는 차이를 나타내었다 ( $p < .05$ ). 운동직후에는 각각  $141.25 \pm 2.06 \text{mg/dl}$ 와  $139.00 \pm 0.82 \text{mg/dl}$ , 회복후 10분에 각각  $137.50 \pm 0.58 \text{mg/dl}$ 와  $138.00 \pm 0.00 \text{mg/dl}$ , 회복후 30분에 각각  $139.50 \pm 1.73 \text{mg/dl}$ 와  $141.00 \pm 2.45 \text{mg/dl}$ 로 변화하였고 회복후 1시간에 각각  $138.25 \pm 2.98 \text{mg/dl}$ 와  $140.75 \pm 1.26 \text{mg/dl}$ 로 나타났다 (표 5, 그림 5).

2)  $\text{Cl}^-$

한약 투여군과 비투여군의 운동전 안정시 혈중  $\text{Cl}^-$  농도는 각각  $110.25 \pm 1.26 \text{mg/dl}$ 와  $106.00 \pm 0.82 \text{mg/dl}$ 이고 운동직후에는 각각  $113.75 \pm 1.50 \text{mg/dl}$ 와  $109.75 \pm 1.26 \text{mg/dl}$ 으로 증가하였다. 회복후 10분에 각각  $108.75 \pm 1.71 \text{mg/dl}$ 와  $108.00 \pm 1.63 \text{mg/dl}$ , 회복후 30분에 각각  $109.75 \pm 0.96 \text{mg/dl}$

표 4. 한약 투여군과 비투여군의 혈중 LDH 농도 변화

처치시간	비투여군(A)		한약 투여군(B)	
	x	SD	x	SD
안정시	538.75	58.38	532.25	104.18
운동직후	1150.00	371.51	655.50	216.42
회복후 10분	1313.00	242.09	1241.75	341.31
회복후 30분	1025.00	304.55	743.50	341.31
회복후 1시간	668.00	30.21	668.00	203.73

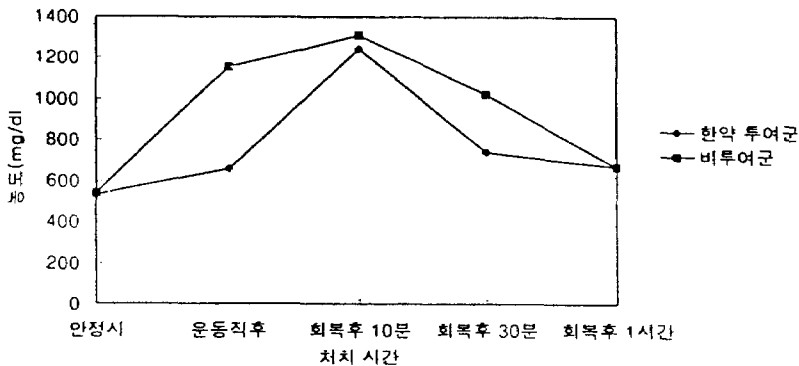


그림 4. 한약 투여군과 비투여군의 혈중 LDH 농도 변화(각 점은 평균값을 의미함)

표 5. 한약 투여군과 비투여군의 혈중 Na<sup>+</sup> 농도 변화

처리시간	비투여군(A)		한약 투여군(B)		A×B p<.05
	x	SD	x	SD	
안정시	140.00	1.63	137.00	0.82	
운동직후	139.00	0.82	141.25	2.06	
회복후 10분	138.00	0.00	137.50	0.58	
회복후 30분	141.00	2.45	139.50	1.73	
회복후 1시간	140.75	1.26	138.25	2.98	

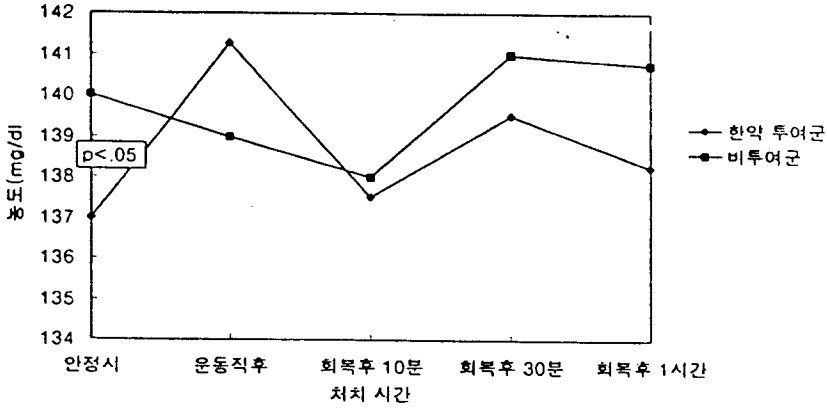


그림 5. 한약 투여군과 비투여군의 혈중 Na<sup>+</sup> 농도 변화(각 점은 평균값을 의미함)

표 6. 한약 투여군과 비투여군의 혈중 Cl<sup>-</sup> 농도 변화

처리시간	비투여군(A)		한약 투여군(B)		A×B p<.01
	x	SD	x	SD	
안정시	106.00	0.82	110.25	1.26	A×B p<.01
운동직후	109.75	1.26	113.75	1.50	
회복후 10분	108.00	1.63	108.75	1.71	
회복후 30분	109.00	1.63	109.75	0.96	
회복후 1시간	108.75	2.06	110.00	0.82	

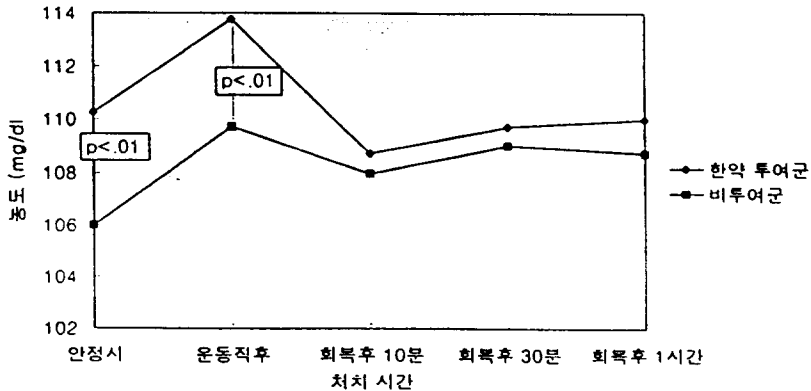


그림 6. 한약 투여군과 비투여군의 혈중 Cl<sup>-</sup> 농도 변화(각 점은 평균값을 의미함)

표 7. 한약 투여군과 비투여군의 혈중 K<sup>+</sup> 농도 변화

처치시간	비투여군(A)		한약 투여군(B)		
	x	SD	x	SD	
안정시	4.88	0.50	5.40	0.71	A×B p<.05
운동직후	5.90	0.82	5.55	1.31	
회복후 10분	6.16	0.37	7.50	0.50	
회복후 30분	5.48	0.37	6.05	1.75	
회복후 1시간	4.78	0.20	5.78	1.80	

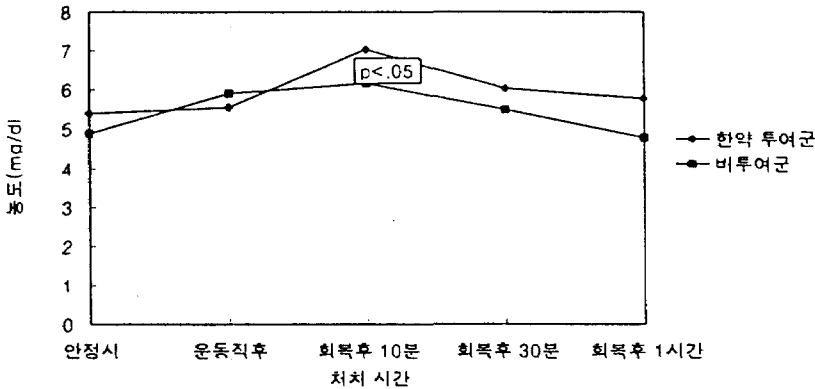


그림 6. 한약 투여군과 비투여군의 혈중 K<sup>+</sup> 농도 변화(각 점은 평균값을 의미함)

/dl와 109.00±1.63mg/dl, 회복후 1시간에 각각 110.00±0.82mg/dl와 108.75±2.06mg/dl로 변화하였다 (표 6, 그림 6). 특히 안정시와 운동직후에 두 집단간에 유의성있는 차이가 나타났다 (각각 p<.01, p<.01).

### 3) K<sup>+</sup>

한약 투여군과 비투여군의 운동전 안정시 혈중 K<sup>+</sup> 농도는 각각 5.40±0.71mg/dl와 4.88±0.50mg/dl로 운동직후에 각각 5.55±1.31mg/dl와 5.90±0.82mg/dl, 회복후 10분에 각각 7.05±0.50mg/dl와 6.16±0.37mg/dl로 증가하는 경향을 나타내었다. 회복후 30분에 각각 6.05±1.57mg/dl와 5.48±0.37mg/dl로 회복후 1시간에 각각 5.78±1.80mg/dl와 4.78±0.20mg/dl로 감소하는 변화를 나타내었다 (표 7, 그림 7). 특히 회복후 10분에는 한약 투여군과 비투여군 사이에 유의성 있는 차이가 나타났다 (p<.05).

## IV. 考 察

한의학에서는 인체를 구성하는 기본 물질을 氣라고 보며 氣의 운동과 변화에 의해서 생명 활동이 발현되는 것이라고 보고 있다. <素問. 寶命全形論>(22)에서는 “人以天地之氣生”, “天地合氣, 命之曰人” 이라고 하여 인간은 천지의 기운에 의해 生養되어짐을 말하고 있으며, <素問. 六節藏象論>(22)에서는 “氣和而生, 津液相成, 神乃自生”이라고 하여 인간의 생명 활동 역시 氣가 기초가 됨을 설명하고 있다. 氣는 인체 생명 활동의 원천이며 동력이고 또한 臟腑 기능의 반영과 활동의 산물이다(23). 그러므로 氣와 인체 병리 변화는 매우 밀접한 관계가 있다.

李東垣은 인체 내부의 氣不足이 內傷病의 원인이 되며 氣不足은 脾胃가 손상을 받아서 온 결과로써, 인체의 모든 氣는 脾胃가 근본이 되므로 脾胃의 손상이 諸病의 원인이 된다(24)고



하였다. 이에 의거하여 그는 補中益氣湯을 창제하였고 임상에 있어서 특히 補土를 중시하였다.

東垣十書(24)에서 각 약물의 구성이 黃芪, 炙甘草 각 5分, 人蔘 白朮 각 3分, 當歸身 1分, 陳皮 升麻 柴胡 각 2分 或 3分으로 구성되어 있으나 醫宗金鑒(25)에는 人蔘 黃芪 각 2錢, 白朮 當歸 각 1錢 5分, 升麻 柴胡 각 5分, 陳皮 8分, 甘草 3分으로 기재되어 있고 東醫寶鑑(13)에는 黃芪 1錢 5分, 人蔘 白朮 甘草 각 1錢, 當歸身 陳皮 각 5分, 升麻 柴胡 각 3分으로 나타나 있다. 본 실험에 사용한 補中益氣湯의 구성 약재와 약량은 東醫寶鑑에 기재되어 있는 약량을 기준으로 하였다.

補中益氣湯은 東垣十書(24)중 <脾胃論>에 수록된 처방으로 調補脾胃 升陽益氣의 효과를 가지고 있어 脾胃氣虛로 인한 身熱自汗, 渴喜熱飲, 頭痛, 惡寒, 少氣, 懶言, 飲食無味, 四肢乏力, 舌嫩色淡, 脈虛大, 氣虛下陷으로 인한 脫肛, 子宮脫垂久痢, 久瘧 등에 광범위하게 활용되고 있다. 이 처방의 구성은 補氣升陽, 固表止汗하는 黃芪와 大補元氣, 補脾益氣하는 人蔘과 補脾益氣, 固表止汗하는 白朮, 補血和血하는 當歸, 燥濕化痰하는 陳皮, 補脾益氣, 調和諸藥하는 甘草와 升舉陽氣하는 升麻와 柴胡로 되어 있다(26).

약리학적으로 黃芪는 중추 신경계의 흥분과 強心, 性호르몬樣 작용을 하며 人蔘은 뇌의 흥분성을 높이고 소화 흡수 촉진과 전신의 기능을 강화시키는 효능이 있다. 人蔘, 黃芪, 白朮은 중추성의 흥분이나 대사의 촉진에 의해 골격근이나 평활근의 흥분성을 강화시키며 升麻와 柴胡는 자율 신경계를 통하여 근긴장을 높인다. 當歸는 순환 촉진 작용으로 혈액의 소모를 막으며 陳皮는 위액의 분비와 蠕動 항진을 촉진시킨다(27).

이러한 약물들의 조화에 의하여 본 처방은 李의 東垣十書(24)에 脾胃虛弱 元氣不足 등을 다스린다고 한 이후 勞役過度, 四肢倦怠 등의 일체 中氣不足과 胃無力 子宮下垂 등의 일체 虛證, 慢性 질환 등에 활용되었다.

한편 洪(3)은 人蔘이 간 조직내의 호기성 LDH의 활성도를 감소시키고 lactate의 생성을 억제시킨다고 하였으며 鄭(5)은 12주간의 人蔘 투여가 최대하 운동시 심박수 및 젖산 축적을 유의하게 낮추었다고 보고하였다. 金(10)은 운동 부하후의 피로 회복에 미치는 四象 처방인 補中益氣湯과 六味地黃湯의 효과를 시사하면서 격심한 운동후의 피로 회복 과정에서는 精血의 보충보다 氣의 활성화가 선행되고 있다고 보고하였고 李(11)는 四君子湯, 四物湯 및 八物湯이 근육 피로의 회복 과정중 補氣, 補血 및 補氣血劑의 투여는 유의성이 있으며 補氣, 補血의 단독 운동보다는 氣의 활성화가 선행된 補血劑의 응용을 지적하였다. 이것은 補氣, 補血 및 補氣血의 한의학적 사고가 체내 항상성 유지에 관여함을 간접적으로 추론할 수 있는 것이었다(11).

한편, 인체가 근육 활동을 하고 이로 인하여 정해진 형태의 운동을 수행하게 될 때에는 생체내의 여러 대사 산물의 형성과 분해시 발생하는 에너지를 이용하게 된다. 에너지를 발생하고 사용하는 일련의 화학 반응을 에너지 대사라고 하며 여기에는 3가지 에너지 체계가 존재한다. 아데노신 3인산 포스포 크레아틴 체계, 무산소 해당체계, 유산소 체계가 해당되니 각각의 대사체계가 작용하는 시기와 정도에 따라 운동의 강도와 지속 시간이 결정된다(28). 3가지의 에너지 대사 체계는 서로 유기적, 기능적으로 협조하여 한가지 형태의 운동을 적절하게 수행하게 하고 운동후 피로 물질의 생성과 제거에도 긴밀한 상호 작용을 하고 있다.

운동 시작후 처음 30초간의 주요 에너지는 아데노신 3인산 포스포 크레아틴 체계에서 발생한다. 포스포 크레아틴과 ATP가 근육 세포내에 저장되어 있으며 산소는 요구되지 않는다. 30초에서 90초 사이에는 주로 무산소 해당체계로 glucose가 주된 영양성 연료원이 되며 이때에 피로 물질인 lactate가 생성되기 시작한다. 운동 시작후 2분이 지나면 유산소 체계가 다른 에너지 체계를 지배하여 glucose, 지방, 단백질 등이 영양성 원료가 된다(28). 무산소 체계는

젖산 체계를 의미하며 이때의 에너지는 근육안에 저장된 탄수화물이 해당 작용을 거쳐 젖산이 될 때, 가장 높은 비율로 방출된다. 이 높은 비율의 ATP생산은 최종 생산자인 젖산이 근섬유 운동을 억제하기 때문에 짧은 시간안에 제한된다. 유산소 체계는 자유 지방산과 포도당이 근육 세포 미토콘드리아에서 CO<sub>2</sub> 와 H<sub>2</sub>O로 산화됨에 따라 ATP가 근섬유에서 방출된다. 비록 산출되는 ATP 비율은 다른 두 개의 에너지 시스템보다 적지만 운동을 위한 지방과 탄수화물의 공급은 5일 동안 계속되는 운동에도 충분하다(29).

Costill(30)도 운동에 필요한 에너지원은 운동 강도와 시간 및 체내의 에너지 저장 상태에 의해 결정된다고 하였다. 즉 운동 강도가 증가함에 따라 혈중 glucose의 이용률이 증가하고 상대적으로 지방의 이용이 감소된다고 보고하였으며 또한 Costill(30)은 마라톤의 경우 초기에는 에너지의 90%가 탄수화물에서 얻어지고 운동이 지속됨에 따라 지방의 산화율이 커져 전체 에너지의 95%가 지방으로 얻어진다고 하였다. 근글리코젠은 80%수준의 VO<sub>2</sub>max 로 50-60분 정도 운동을 하면 고갈되고 간글리코젠은 60%수준의 VO<sub>2</sub>max에서 고갈되며 그 이상 운동을 하면 체내에 축적되었던 글리코젠이 고갈되기 전에 지방이 산화되어 에너지화하여 운동을 유지시킨다고 하였다. 황4)은 사람을 대상으로 한 Kirchdorfer의 실험을 인용하면서 인삼이 cholesterol을 저하시키고 혈장내 단백질을 증가시키고 간기능을 좋게 하여 혈중의 당을 절약하는 항당뇨 작용이 있다고 하였으며 이는 동일한 양의 glycogen을 가지고 보다 장기간 활동할 수 있음을 의미하는 것이라고 보고하였다.

종합하면 체내 저장된 glycogen이 고갈되면 운동 지속이 불가능하게 되면서 근피로가 나타나게 되며 운동시 지방에서의 효율을 높이고 glycogen에 의한 의존율을 낮게 하면 할수록 운동 수행 능력은 개선되는 것이다(31-33).

본 실험에서 한약 투여군은 운동 직후, 회복 후 10분에 glucose 농도의 증가를 나타냈으나

회복 후 30분에는 잠시 감소하는 경향을 나타내었고 회복 후 1시간에는 소량의 증가를 나타내었다. 그러나 비투여군에 비하여 특이할만한 유의성은 나타나지 않았다. 운동직후에 나타나는 한약 투여군의 혈중 glucose 농도는 비투여군에 반하여 상대적으로 낮은 수치를 기록하고 있는데 이것은 補中益氣湯이 체내 glycogen의 이용을 억제하고 있음을 알 수 있다. 이것은 에너지원으로서의 탄수화물의 이용을 줄이고 다른 에너지원을 이용하고 있음을 유추할 수 있다. 한편 회복 후 10분에 나타나는 투여군의 혈중 glucose 농도의 증가는 근육 피로 물질인 lactate의 대사와 연계하여 이해할 수 있으리라고 생각된다. 회복기에 들어서면 인슐린의 분비가 증가하며 젖산, 피루빈산, 케톤체, 아미노산 등으로부터 당생성이 일어나고 간장, 근글리코젠 합성이 시작된다고 추정된다(34). 근육에서 생성되는 lactate는 운동 후에는 주로 산화되어 제거되고 일부는 혈중으로 방출되어 간으로 운반된 후 glucose로 전환되어 활동근으로 재분배되는 과정을 겪게 된다. 이 과정은 혈중 glucose 농도를 유지하는 역할을 하며 낮은 강도의 운동시 혈당량의 급격한 저하를 방지한다(35,36). 운동으로 인한 글리코젠의 고갈은 회복시 글리코젠의 회복을 요구하며 글리코젠을 합성하기 위한 전구체로서 젖산, 초성포도당이 있으며 glucose도 이용이 된다(37). 회복 후 10분에 나타나는 투여군의 혈중 glucose 농도의 빠른 상승과 그 이후에도 계속되는 비투여군에 반하여 상대적으로 높은 수치는 lactate의 신속한 제거와 글리코젠 재합성을 위한 혈중 glucose의 축적이라고 생각되지만 통계적으로 유의할만한 차이는 나타나지 않았다.

음식물이 흡수되면 소화 과정이 진행됨에 따라 지방은 유리지방산(free fatty acid, FFA)으로 전환된다. 인슐린은 전환된 유리지방산을 글리세린으로 전환시키며 이는 지방 생성 과정을 통하여 지방 조직에 저장되었다가 나중에 에너지로 사용된다. 이 유리지방산은 당이 결핍된 상태에서 에너지를 얻기위한 연료로 사용된다(38).

혈중 FFA 농도는 FFA가 지방조직에서의 동원량과 간장 또는 근육, 그밖의 조직에서의 유입량에 의해 좌우된다. 조직에서의 FFA의 유입은 FFA의 혈중 농도에 비례하고 있어 혈중 FFA 농도가 높은 것은 에너지원으로서 FFA가 많이 쓰여지고 있는 것을 나타내고 있다(39). 어떤 종류의 운동이든 상관없이 운동시작 후 수 분 동안은 FFA의 활용이 극히 저조한데 이는 FFA의 혈중 농도가 낮기 때문이다. 그러나 운동시작 후 수 분이 경과한 다음부터는 호르몬이 작용하여 지방조직 및 근육에 저장되어 있었던 지방을 분해시키고 분해된 지방산이 혈액으로 방출됨으로써 지방산의 혈중 농도가 점차 증가한다(38). 이때 혈중 FFA 농도는 어느 강도에도 운동 개시 초기에 일과성으로 저하하여 그 후, 운동전 수치를 상회하여 상응한다. 혈중 FFA 농도의 운동 개시 초기의 일과성의 저하는 근육에로의 FFA의 유입이 증가함에도 불구하고 지방조직에서의 FFA가 혈중에로의 공급이 많지 않기 때문에 생긴 현상이다. 그 후의 상승은 수요량에 대해 동원에 따른 공급이 많기 때문이다. 그리고 운동전의 혈중 FFA 농도가 공복으로 높은 수치의 상태일 때에 운동을 부하하면 운동시간이 짧아도 혈중 FFA 농도의 상승이 일어난다. 혈중 FFA에 미치는 운동 강도의 영향은 운동전의 혈중 FFA치와 혈당치에 의해 좌우된다.

일반적으로 운동에서 FFA가 에너지원으로서 이용되는 경우 혈당의 동원이 되지 않은 강도에 비례적으로 혈중 FFA 농도의 상승이 나타난다. 그러나 강도가 높아져서 혈당의 동원이 되면 당이 에너지원으로 이용되게 되고 혈중 FFA 농도의 동태는 복잡하게 된다(39). 운동을 멈춘 후에도 지방산의 혈중 농도는 바로 감소하지는 않으며 지방분해를 촉매하는 호르몬의 작용 중단과 함께 지방산 농도도 정상 수준으로 회복된다(40).

Costill 등(39)은 FFA 농도의 증가는 탄수화물 이용에 절약효과를 가져오고 지질 이용을 증가시켜 운동 수행을 증가시켰다고 보고하였다. 그리고 FFA는 혈액 젖산 농도가 급증하는

강도에서는 혈중 pH가 낮아져서 지방 분해를 억제함으로써 그 이용량이 적어진다(39).

본 실험에서 한약 투여군은 운동직후와 회복 후 10분에 혈중 FFA 농도의 연속적인 증가를 나타냈으나 그 이후에는 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 운동을 중단하였을 때 근육에서의 지방 활용량은 감소하지만 지방 분해 촉진 효과는 운동 중단 후에도 한동안 지속되므로 FFA의 혈중 농도가 일시적으로 증가하다가 점차 감소하는 것임을 알 수 있다. 한편 투여군의 혈중 FFA의 농도는 비투여군에 비하여 높은 수치를 나타내었고 회복 후 10분에는 유의성 있는 차이가 있었다. 이것은 補中益氣湯이 에너지원으로 glucose 보다는 FFA를 이용하도록 유도하는 작용이 있음을 보여주는 것으로 이는 운동수행시 글리코겐에의 의존률을 감소하고 지방에의 의존률을 증가시켜 운동수행능력의 향상을 도모함을 알 수 있다. 또한 혈액 젖산 농도가 증가하는 상태에서는 FFA의 이용률이 낮아짐을 고려할 때 補中益氣湯이 근피로 물질인 젖산의 축적을 감소시키고 있음을 유추할 수 있다.

근피로를 평가하기 위해 가장 일반적으로 사용되는 근육 및 혈액의 lactate 농도는 많은 연구자들에 의해서 다각적으로 검토되어 트레이닝의 형태, 운동강도, 운동기간 및 종목별 특성에 따른 운동시 피로 현상을 규명하기 위한 적절한 지표로서 활용되어 오고 있다(12).

체내 조직은 산소를 이용하여 당분해 작용을 하기 때문에 산소가 충분한 상태에서는 유산소성 당분해 작용이 일어나며, 운동이 격렬하여 산소가 부족한 상태에서는 무산소성 당분해 작용이 일어나면서 lactate가 축적된다. 짧은 시간 내의 최대 강도로 운동하는 동안은 무산소성 해당과정을 통해서 에너지의 발생과 동시에 부산물로서 lactate가 생성되는 것이다(39). 무산소 호흡일 때 피루브산이 환원되면서 생성되는 lactate는 아무리 폐와 심장이 빨리 움직여도 급속히 필요한 다량의 에너지를 갑자기 공급할 수는 없으므로 체내에 축적하게 된다. 운동을 하는 시간이 짧고 부하 강도가 강할수록 에너

지 사용량이 증가되는데 이것은 유산소 과정 뿐만 아니라 무산소 과정의 에너지도 사용하게 된다. 운동중 무산소 에너지를 사용하게 되면 대사 과정의 부산물로 lactate가 생성되는 것이므로 lactate는 당의 분해 과정을 억제하기 때문에 운동 경기 중에는 매우 중요하다(41).

결론적으로 강한 운동 부하는 산소가 충분히 섭취될 시간적 여유가 없기 때문에 근육은 산소 부족이 나타나며 이는 무산소적 에너지 체계에 의해 해당 과정이 진행되어짐을 의미한다. 이로 인하여 발생하는 lactate는 축적량이 증가 되면 될수록 ATP를 재합성시키는 반응이 억제 되어 근육은 수축을 못하게 되며 근피로를 야기시키는 물론 운동 수행에 막대한 영향을 준다(39).

Astrand(42)에 의하면 lactate는 운동 강도나 시간에 따라 다르게 형성되는데 혈액내의 lactate의 농도는 최대 산소 섭취량의 50-60%의 부하를 초과하게 되면 곧 그 농도가 급증한다고 하였다. 최대 산소 섭취량의 50-60%이하의 산소 섭취를 요구하는 운동 조건에서는 lactate 생성량이 적으며 좀더 높은 최대 운동시에는 운동시작후 첫 수 분 내에 급증하고 운동 강도에 정비례해서 증가되는 것을 볼 수 있으며, 더 높은 최대 부하 또는 최대 부하시에는 일정하게 높은 수준의 lactate가 계속 생성되는 것을 볼 수 있다(43,44). 그러나 운동시 lactate의 생성에 대한 운동의 강도는 여러 학자들간에 의견이 일치되고 있지 않다.

한편 상기한 바와 같이 운동 후 lactate의 대사 경로는 대부분 산화되어 제거된다. 일부는 혈중으로 방출되어 간으로 운반된후 glucose로 전환되어 활동근으로 재분배되는 과정을 겪는다. 이 과정은 혈중 glucose 농도를 유지하는 역할을 하며 낮은 강도의 운동시 혈당량의 급격한 저하를 방지한다. 또 일부는 아미노산 및 기타 TCA Cycle의 중간 대사 물질로서의 역할을 담당하기도 하나 극히 미미한 양이 관여하고 있다(35,36).

Balcastro와 Bonen 등(45)은 운동중 생성된 lactate의 운동후 제거에 대한 적당한 수준은

최대 산소 섭취량의 50%이하의 수준이라고 하였고 McLellan과 Skinner 등(46)은 운동후 회복기간에 최대 산소 섭취량의 10%수준에서 활동적인 상태를 취하여야 한다고 하였다. Bonen 등(47)의 연구에서는 달리기 선수들을 대상으로 1 mile 달리기 후 혈중 lactate 농도를 관찰한 결과 20분내에 약 50%의 회복률을 보고한 바 있으며 Ferry등(48)은 중거리 런너를 대상으로 VO<sub>2</sub>max 100%이상의 강도로 트레드 밀 운동을 시킨후 혈중 lactate 축적을 연구한 결과 회복 5분까지 지속적인 증가를 나타내면서 9분에 이르러서야 감소함을 보고하였다.

본 실험에서 補中益氣湯 투여군은 lactate의 축적이 비투여군에 비하여 일관성있게 낮은 수치를 보여주고 있으며 운동 직후와 회복후 10분, 회복후 30분에는 각각 비투여군에 비하여 유의성있는 차이가 나타났다. 이것은 補中益氣湯이 근육 피로 물질인 lactate의 형성을 감소시키고 아울러 근육 피로 회복에도 유의한 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

본 연구에서 에너지 대사에 관여하는 여러 변인 중의 하나로 LDH를 변인으로 분석하였는데, LDH는 pyruvate와 lactate의 반응을 촉매하는 효소로서 근 활동중 근세포에서 lactate의 형성과 전환을 조절하는 것으로 알려져 있다(49). 생체내에 과도한 근육 운동의 결과로서 조직과 혈액중에 pyruvate가 과량으로 존재하게 되면 산소 공급의 부족으로 pyruvate가 lactate dehydrogenase (LDH)에 의하여 lactate로 환원되는 것이다(50).

일반적으로 장시간 신체적 운동 스트레스는 LDH, CPK와 같은 효소활성도를 크게 증가시키는 것으로 보고하고 있다(51,52). 이들 효소활성도의 변화는 조직 상해에 대한 생화학적 지표로서 이용되고 있으며, 따라서 증가된 효소활성도는 세포의 상해 수준 및 상해 형태, 세포막의 투과 정도에 미치는 영향을 파악할 수 있는 중요한 지표로서 간주된다(53).

근과 혈액에서의 효소 활성도는 유전적인 요인과 연구자들이 실시한 훈련 방법 및 수행한 운동 강도, 운동 기간에 의해서 뿐만 아니라 효

소의 분석 방법 및 동원되는 피험자들의 특성에 따라라도 다양한 변화를 나타내는 것으로 보고되고 있다. Reinhart(54), Berg & Haralambie(55)등도 혈중 효소 활성도는 수행한 운동 강도와 운동 기간에 의해서 뿐만 아니라 피검자의 체력 수준에 의해서도 크게 영향을 받는다고 하였다. 마라톤과 같은 장시간 신체적 운동 스트레스는 LDH, CPK와 같은 효소활성도를 크게 증가시키는 것으로 보고(51,52)되고 있으며, 그 외에도 일반적으로 지구성 트레이닝을 실시하게 되면 산화 에너지 생성에 기여하는 효소 활성도가 유의하게 증가한다는 사실은 다수 보고된 바 있다(56). Fowler 등(51)과 Garbus 등(56)은 혈장 효소 활성도의 증가수준이 운동의 강도가 증가함에 따라서 직선적인 증가를 나타낸다고 하였다.

玄(57)은 혈중 LDH는 달리기 운동의 경우, 5-10분 정도의 전력 운동을 했을 때 운동 종료 직후 일과성의 상승을 나타내며 그 회복은 빠르나 10,000m나 마라톤과 같이 운동시간이 길어지면 운동직후의 혈중 LDH의 상승은 두드러지며 종료후나 수시간 혹은 수십시간 동안 높은 수치를 나타낸다고 보고하였다(58).

본 실험에서 한약 투여군의 혈중 LDH는 운동직후와 회복후 10분에 일시적 농도의 상승을 나타내었으나 점차 감소하는 경향을 나타내었으니 선행의 연구 결과와 일치하는 것이다. 운동직후 LDH가 양집단에서 모두 증가된 것은 조직내에 증가된 젖산을 혈액으로 방출시키기 위해서이며 또한 젖산을 초성포도산염으로 환원시키기 위해서 수반된 현상이라고 생각된다. 투여군의 전체적인 혈중 LDH 농도는 비투여군에 비하여 낮게 나타났으나 두집단간에 유의성 있는 차이는 나타나지 않았다. 다만 補中益氣湯이 근육 피로 물질인 lactate의 생산을 감소시킨다고 유추할 때 LDH 역시 그 활성도가 감소되고 있음을 유추할 수 있다.

전해질은 수분과 함께 우리 몸을 구성하는 주요 성분으로서 정상인에서는 이들을 조절하는 기전에 의해 세포내외에서 평형 상태를 유지한다. 운동을 하는 동안 적당량의 전해질 농

도는 최대 능력을 발휘케하며 운동과 훈련을 통해 무기 이온들의 인체내 활동이 활발히 증가하고 있다고 밝혀지고 있다(59).

Na<sup>+</sup>은 세포외액중 대표적인 양이온 물질이며 삼투압과 수분 조절을 하는 주요 전해질이고 이는 또한 소장액의 알칼리성 유지에 크게 공헌하고 있다(60). 또한 신경이나 근육에서 신경 전달이나 근 활동이 일어날 수 있는 세포막 전압에 관여한다(36). Cl<sup>-</sup>역시 세포외액중의 대표적인 음이온 물질이며 수소와 결합하여서 Cl<sup>-</sup>를 형성하는 위액의 주요 성분으로써 중요한 역할을 하고 있다. Cl<sup>-</sup>는 타액인 amylase를 활성화시키며 Na<sup>+</sup>와 같이 삼투압을 조절한다(60,61). 체액중의 Cl<sup>-</sup>은 대부분이 Na<sup>+</sup>가 능동적으로 이동할 때 전기적 중성을 유지하기 위하여 전위차에 따라 수동적으로 Na<sup>+</sup>와 함께 이동한다(4). Na<sup>+</sup>는 K<sup>+</sup>와 함께 알칼리성 반응을 하며 Cl<sup>-</sup>은 산성 반응을 한다. 그러므로 이들 물질은 모두 산, 알칼리 평형 유지에 직접적으로 관여하고 있다. 섭취한 95%의 Na<sup>+</sup>와 Cl<sup>-</sup>은 같이 흡수되며 배설은 주로 신장을 통해서 한다. 또한 체내의 물이 이동하는 경우에는 Na<sup>+</sup>와 같이 움직이는 것이 원칙이다. 결국 체액량의 조절은 Na<sup>+</sup>의 배설이라고 할 수 있다. 운동을 심하게 했을 때나 기온이 높아 땀을 흘릴 때는 동시에 체내의 Na<sup>+</sup>이 손실된다. Na<sup>+</sup>대사의 조절은 주로 부신에서 분비되는 aldosterone에 의해 신장에서 이루어진다. Na<sup>+</sup>의 섭취량이 증가되면 aldosterone의 분비는 억제되어 자연히 Na<sup>+</sup>의 흡수가 저하된다. 노중으로 배설될 수 있는 Na<sup>+</sup>량에는 한계가 있으므로 만일 Na<sup>+</sup>의 섭취가 신장이 여과할 수 있는 양이상으로 높아지면 세포외액의 Na<sup>+</sup>량이 증가하게 된다. 혈액의 Na<sup>+</sup>량이 증가되면 뇌의 Na<sup>+</sup>시상하부에 존재하는 갈증 중추를 자극하여 갈증을 느끼게 하며 갈증으로 인한 다량의 수분 섭취는 뇌의 배설량을 증가시키는 동시에 Na<sup>+</sup>를 체외로 방출하게 된다(60,61).

세포내에 존재하는 K<sup>+</sup>는 세포막 흥분에 있어서 중요한 역할을 하고 세포막을 횡단하는 glucose 수송에도 관련이 있으며 근육 및 간에

글리코겐 저장, 단백질 합성 및 중요한 세포의 반응에 대한 효소의 조절 등에도 관련이 있다. 근수축으로부터 K<sup>+</sup>의 세포외 유입은 역시 국소적으로 혈관 확장을 증진시키고 따라서 대사요구가 증가하는 지역에 혈류의 공급을 돕게 한다(36). K<sup>+</sup>은 세포내에 존재하기 때문에 혈중내의 K<sup>+</sup>량은 K<sup>+</sup>의 섭취 상태에 의하여 직접적으로 영향을 받지 않고 세포층의 대사 상태에 크게 영향을 받는다. 또한 aldosterone은 신장의 여과 작용계에 작용하여 여과 작용에 관여하는 막을 변환시켜 Na<sup>+</sup>가 뇨로 빠져나가지 못하도록 하며 동시에 K<sup>+</sup>의 배설량을 증가시킨다(60,61).

인체에서 Na<sup>+</sup>과 K<sup>+</sup>의 이동에 관한 생리 기전에는 Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pump라고 불리는 특이한 수송계에 의해서 일어나며 휴식상태에 있는 동물에 의해 소비되는 ATP의 1/3이상이 Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pump에 사용된다. 또한 동물 세포들에 있어서 Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>의 거울기는 세포의 부피를 조정하고 신경과 근육을 전기적으로 흥분시키며 당 및 amino acid의 능동수송도 추진시킨다(62). 운동으로 증가된 Na<sup>+</sup>과 K<sup>+</sup>농도의 증가는 세포내에서 세포외로 Na<sup>+</sup>이온을 수송하는 Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pump의 활성도가 증가된 결과일 것이다. Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pump의 증가된 활성도는 이러한 수송 시스템에서 에너지원으로 사용되기 때문에 세포의 ATP 공급에 대한 요구량을 더욱 크게 증가시키게 된다(63).

개개의 전해질의 농도 변화는 매우 다양하게 나타나는데 달리기나 싸이클 운동시 혈중 Na<sup>+</sup>과 Cl<sup>-</sup> 농도는 증가하는 것으로 나타났는데 예외적인 경우는 매우 드물고 적은량의 전해질이 들어있는 음료를 과량으로 섭취한 경우에만 감소하는 것으로 나타났다(64). 혈중 K<sup>+</sup> 농도는 장시간 운동으로 일정하게 유지되는 것으로 보고되고 있다(65). 세포외액의 K<sup>+</sup> 농도는 4-5mmol/l로서 세포내액의 농도(150-160 mmol/l)보다 매우 낮아서 운동중에 땀으로 손실되더라도 간, 근육 및 적혈구 등에서 K<sup>+</sup> 이 방출되어 오히려 혈중 K<sup>+</sup>은 증가하는 경향이 있다(64).

본실험에서 혈중 Na<sup>+</sup>의 농도는 운동전 안정시에 투여군의 혈중 Na<sup>+</sup>의 농도가 비투여군에 비하여 낮은 수치를 나타내면서 유의성있는 차이를 나타내었다. 이것은 투여군에 있어서 운동을 시작하기 전에 혈중 Na<sup>+</sup>의 분비가 비투여군에 비하여 감소하였음을 알 수 있고, Na<sup>+</sup>의 재흡수에 관여하는 aldosterone의 분비 억제를 유추할 수 있으나 이번 실험에서 호르몬의 변화 측정은 제외되었으므로 추후에 심도깊은 연구로 이어져야 할 것이다. 운동전 안정시에 감소되었던 혈중 Na<sup>+</sup>의 분비는 운동직후에 비투여군에 비하여 증가하였다. 이러한 증가는 운동으로 인해 고 삼투질화된 세포외액에 대해 삼투질 평형을 이루기 위해서 혈장 내 고형 성분으로부터 수분이 세포외액으로 유출되어 나올 때, 세포막에 존재하는 능동적 이동기전에 의해 Na<sup>+</sup>이 수분과 함께 수반되어 나오기 때문이라고 생각된다. 그러나 비투여군에 비하여 유의성있는 차이는 나타나지 않았다.

투여군의 혈중 Cl<sup>-</sup>의 농도는 안정시와 운동직후에 각각 유의성있는 차이를 나타내었다. 선행의 연구 결과와 같이 운동후에는 혈중 Cl<sup>-</sup>의 농도가 투여군과 비투여군 모두 증가함을 나타내었다. Cl<sup>-</sup>의 증가는 전기적 중성을 유지하기 위하여 전위차에 따라 수동적으로 Na<sup>+</sup>의 증가에 영향을 받은 것으로 유추할 수 있다.

한약 투여군의 혈중 K<sup>+</sup>농도는 장시간 운동시 일정하게 유지되는 경향을 나타내는 선행의 보고와 같이 회복후에도 큰 변화의 흐름은 나타나지 않았으나 회복후 10분에 비투여군에 비하여 유의성있는 차이를 나타내었다. 회복후 10분에 나타나는 투여군의 K<sup>+</sup>농도의 비투여군에 반한 상대적 증가는 Na<sup>+</sup>농도의 감소와 상응하여 이해할 수 있으니 전위차의 불균형을 평형상태로 회복시키기 위한 Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pump의 능동적 기전으로 해석할 수 있다.

이상의 결과를 종합하여 보면 補中益氣湯의 운동수행능력에 미치는 영향과 유의성을 파악하고자 실시한 본 실험에서, 장거리 달리기 선수를 대상으로 최대 심박수의 70%에 해당하는 운동을 실시하였을 때 나타나는 에너지 및 전

해질 대사 관여 변인들의 변화 양상을 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

에너지 대사 관련 변인에 있어서 glucose 반응은 비투여군에 비하여 유의성있는 차이를 나타내지는 않았으나 운동 수행시 에너지원으로서 글리코겐의 이용을 감소하고 free fatty acid를 이용하도록 유도하여 운동수행능력을 향상시킨다고 유추할 수 있었다. 또한 운동후 근육으로 물질인 lactate의 축적을 감소시키고 lactate 제거에도 비투여군에 비하여 유의성있는 차이를 나타내었다. lactate의 생성과 전환 효소인 LDH의 생성은 비투여군에 비하여 감소하였으나 유의성있는 차이는 나타나지 않았다. 한편 補中益氣湯은 전해질 대사 관련 변인에 있어서  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$  각각에 유의성있는 변화를 나타내었으며 이것은 세포막 투과성의 변화를 의미하는 것으로  $\text{Na}^+\text{-K}^+$  pump의 활성도 증가는 운동수행능력을 향상시킨다. 다만 전해질 대사란 호르몬의 변화 양상과 밀접한 관계를 갖고 있으므로 補中益氣湯이 전해질 대사에 미치는 영향을 심도깊이 관찰하기 위해서는 투여군의 호르몬 변화에 관한 추후 연구가 이어져야 할 것으로 생각된다.

결론적으로 補中益氣湯은 에너지 및 전해질 대사에서 유의성있는 변화를 나타내었으며 운동수행능력의 향상에 유효하였다.

## V. 結 論

장거리 달리기 선수를 대상으로 2주간의 補中益氣湯 투여가 에너지 대사 및 전해질 대사에 미치는 영향을 규명하기 위하여 최대 심박수의 70% 강도의 운동을 실시한 후 운동전 안정시, 운동 직후, 휴식 후 10분, 휴식 후 30분, 휴식 후 1시간으로 나누어 혈액 검사를 하였을 때 나타나는 각종 변인의 반응 양상을 비교 분석한 결과 다음과 같다.

### 1. 혈중 에너지 대사

補中益氣湯의 2주간 경구투여는 혈중 에너지 대사에 유의한 영향을 미쳤으며 각 측정 변인

들에 관한 결론은 다음과 같다.

- 1) Glucose 반응은 회복후 10분 이전에는 補中益氣湯군이 비투여군에 비하여 감소하였고 이후에는 증가하였다. 그러나 비투여군에 비하여 유의성있는 차이는 나타나지 않았다.
- 2) Free fatty acid 반응은 두집단이 모두 회복후 10분 이전에는 점차로 증가하였으나 이후의 회복기에서는 감소하는 경향을 나타내었다. free fatty acid의 농도는 補中益氣湯군이 비투여군에 비하여 증가하였고 특히 회복후 10분에 유의성있는 차이가 나타났다.
- 3) Lactate 반응은 두집단 모두 운동직후에 증가하였다가 회복기에 감소하는 경향을 나타내었다. Lactate의 농도는 補中益氣湯군이 비투여군에 비하여 감소하였고 특히 운동직후, 회복후 10분, 회복후 30분에 각각 비투여군에 비하여 유의성있는 차이가 나타났다.
- 4) LDH 반응은 두집단 모두 회복후 10분 이전에는 증가하였고 이후에는 감소하였다. 補中益氣湯군은 비투여군에 비하여 LDH 농도의 감소를 나타내었으나 유의성있는 차이는 나타나지 않았다.

### 2. 전해질 대사

본 연구에서 2주간의 補中益氣湯 경구 투여는 장거리 달리기 선수의 전해질 대사에 유의한 영향을 나타내었으며 각 측정 변인들에 관한 결론은 다음과 같다.

- 1)  $\text{Na}^+$  반응은 운동직후에는 補中益氣湯군이 비투여군에 비하여 증가하였으나 회복기에서는 감소하였다. 그리고 운동전 안정시에 투여군은 비투여군에 비하여 유의성있는 차이를 나타내었다.
- 2)  $\text{Cl}^-$  반응은 두집단 모두 운동직후 이전에는 증가하였으나 회복후 10분에는 감소하였고 이후의 회복기에서는 소량의 증가를 나타내었다. 운동전 안정시, 운동직후에 補中益氣湯군은 비투여군에 비하여 유의

성 있는 차이를 나타내었다.

- 3) K<sup>+</sup> 반응은 운동직후에는 補中益氣湯군이 비투여군에 비하여 감소하였으나 회복기에 있어서는 투여군이 증가하였다. 補中益氣湯군은 회복후 10분에 비투여군에 비하여 유의성있는 차이를 나타내었다.

### VI. 參考文獻

- 1. 오재근, 유종만, 이규성, 조준용, 강명신, 최용어 : 6주간의 청서익기탕 경구 투여가 에너지대사 및 호르몬 변화에 미치는 영향, 체육과학연구소 논문집, Vol. 13, No. 1, 1994.
- 2. 노재금 : 인삼의 급성다량투여가 항피로 및 피로회복에 미치는 영향, 고려대학교 체육학 박사학위논문, 1988.
- 3. 홍성일, 박해근 : 인삼이 흰 생쥐의 운동능력 및 유산생성량에 미치는 영향, 대한생리학회지, No. 9, Vol. 1, 1973.
- 4. 황인경 : 급성다량 인삼투여가 운동후 혈액 성분, 전해질 및 제효소 변화에 미치는 영향, 이화여자대학교 체육학 석사학위논문, 1988.
- 5. 정일규 : 홍삼추출후의 장기간 투여가 최대 및 최대하 운동시 에너지 대사효소활성도 및 뇌하수체 부신계 호르몬 반응에 미치는 영향, 고려대학교 대학원, 1992.
- 6. 정동식, 강경택, 심성태, 옥정석, 이종각, 조성계 : 인삼과 가시오가피의 투여가 운동능력, 젖산내성 및 회복율에 미치는 효과, 스포츠과학연구보고서, 1988.
- 7. 윤광로, 조성계 외 : 가시오가피 투여가 운동능력에 미치는 효과, 스포츠과학 연구보고서, 1986.
- 8. 박상갑 : 매실엑기스 투여가 여자 배드민턴 선수들의 혈액 성분에 미치는 영향, 대한스포츠의학회지, No. 6, Vol. 1, 1990.
- 9. 박상갑 : 매실엑기스섭취가 장거리 선수의 혈액성분에 미치는 영향, 대한스포츠의학회지, No. 6, Vol. 1, 1988.

- 10. 김길현 : 운동부하 후의 피로회복에 미치는 보중익기탕 및 육미지황탕의 효과, 경희대학교 한의학 박사학위논문, 1984.
- 11. 이철완 : 사군자탕 사물탕 및 팔물탕이 근육 피로회복에 미치는 실험적 연구, 경희대학교 한의학 석사학위논문, 1988.
- 12. 오재근, 이규성 외 : 운동전 후 청서익기탕 투여방법이 2,000m달리기시 선수들의 운동 피로회복에 미치는 영향, 체육과학연구소 논문집, Vol. 13, No.1, pp. 73-87, 1994.
- 13. 허준 : 동의보감, 서울, 대성출판사, p. 452, 1990.
- 14. 황순옥 : 기혈에 미치는 사물탕, 보중익기탕의 영향에 관한 실험적 연구, 대구한의과대학 박사학위 논문, 1990.
- 15. 이태호 : 양허증 유발에 의한 보중익기탕 및 육미지황탕의 효과, 경희대학교 한의학 박사학위 논문, 1987.
- 16. 전병옥 : 소음인 보중익기탕과 와송이 항암 및 면역 반응에 미치는 영향, 경희대학교 한의학 박사학위논문, 1995.
- 17. 한성규 : 보중익기탕, 수렴산 및 보중익기탕 합 수렴산의 항암과 면역 조절 작용에 관한 실험적 연구, 경희대학교 한의학 박사학위논문, 1995.
- 18. 정동욱 : 보중익기탕과 그 가미방이 항 알레르기 및 억균 작용에 미치는 영향, 경희대학교 한의학 박사학위논문, 1991.
- 19. 신용철 : 소음인 보중익기탕의 항 스트레스 효과에 관한 실험적 연구, 경희대학교 석사학위논문, 1988.
- 20. 한대회 : 쌍황탕, 팔물탕, 육미지황탕 및 보중익기탕 전탕후의 운동부하조건에 따른 근육피로회복에 관한 실험적 연구, 대전대학교 한의학 석사학위논문. 1991.
- 21. 서장원 : 보중익기탕 복용이 근력 및 호흡순환 계통에 미치는 영향, 경희대학교 체육학 석사학위논문, 1990.
- 22. 왕기 등 편저 : 황제내경소문금석, 서울, 성보사, p. 52, p. 133, 1983.
- 23. 김완희, 최달영 : 장부변증론치, 서울, 성보사.



- p. 49, 1985.
24. 이동원 : 동원집중의서, 서울, 일중사, p. 87, 1993.
  25. 오경 편저 : 의종금감, 북경, 인민위생출판사, p. 2334, 1982.
  26. 강혜영 : 동의보감내에서 보중의기탕의 활용에 대한 고찰, 방재학회, vol. 3, p. 11, 1992.
  27. 인고길 : 한방 운용의 묘, 월간약국, vol. 14. No. 3, p. 128, 1987.
  28. 키스너 콜비 : 운동치료총론, 서울, 영문출판사, pp. 133-134, 1997.
  29. 공운대 : 체력운동의학, 서울, 형운출판사, p. 192, 1993.
  30. Costill, D.L. : Lipid metabolism during endurance exercise, *Med. J.*, 15:77-83, 1980.
  31. Costill, D.L., Dalsky, G.P. and Fink, W.J. : Effect of caffeine ingestion on utilization on metabolism and exercise performance, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 10(3):155-158, 1978.
  32. Hickson, R.C., et al : Effects of increasing plasma free fatty acid on endurance, *Fed. Proc. (abstract)* 36:450, 1977.
  33. Rennie, M.J., et al : A sparing effect of increased plasma fatty acids on muscle and liver glycogen content in exercising rat, *Biochem. J.*, 156:647-655, 1976.
  34. 성동진 : 운동생리학, 서울, 형운출판사, p. 62, 1997.
  35. Skinner, J. S., McLellan, T. H. : The transition from aerobic to an aerobic metabolism. *Res. Quart. Sport.* 51, pp. 234-248, 1980.
  36. 박관균 : 전해질 음료와 자양강장제 투여가 운동후 젖산생성 및 회복율에 미치는 영향, 서울대학교 체육교육과 석사학위논문, p. 9, p. 11, 1990.
  37. 김광희, 남상남 외 : 운동생리학, 서울, 태근문화사, pp. 88-91, 1991.
  38. 김문기 : 꿀섭취가 운동전후 혈중글루코스농도, 유리지방산농도 및 심폐능력에 미치는 영향, 서울대학교 체육교육과 석사학위 논문, p. 12, p. 14, 1994.
  39. 백영호 : 운동부하시 체지방량에 따른 혈중 Lactate, Glucose, FFA 농도와 심박수 변화, 부산사대논문집, p. 225, p. 234, p. 236, 1991.
  40. 김영남 : 운동생리학, 서울, 효일문화사, p. 41, 1995.
  41. 김창근, 박호빈 : 운동부하강도와 휴식방법이 혈액의 젖산농도와 혈액성분 변화에 미치는 효과, 부산사대논문집, Vol. 23, pp. 225-244, 1991.
  42. Astrand, P.O. & K. Rodahl : *Textbook of work physiology*, New York, Mcgraw Hill, 1986.
  43. Jervell, O. : Investigation of the concentration of lactic acid in blood and urine, *Acta. Scand. Suppl.*, 24:1-135, 1928.
  44. Bang, O. : The lactate content of blood during and after muscular exercise in man, *Scand. Arch. Physiol.*, 74, Suppl., 10:51-82, 1936.
  45. Belcastro, A.N., and Bonen A. : Lactic acid removal rats during controlled and uncontrolled recovery exercise. *J. Appl. physiol.* 39 : 932, 1975.
  46. McLellan, J.M., and J.S. Skinner : Blood lactate removal during active recovery related to the aerobic threshold. *Int. J. sports Med.* 3 : 224, 1982.
  47. Bonen, A. and A.N. Belcastro : Comparison of self-selected recovery methods on lactic acid removal rates. *Med. sci. sports* 8 : 224, 1982.
  48. Ferry : Blood lactate accumulation in intermittent supramaximal exercise. *Eur. J. Appl. physiol.* 57, pp. 235-242, 1988.
  49. Everse, J. and Kaplan, N.O. : Mechanisms of action and biological function of various dehydrogenase isozymes, In *isozymes*

- physiological function edited by C.L. Markert, New York, Academic., p. 29-44, 1975.
50. Karlsson : Lactate and phosphagen concentrations in working muscle of man, *Acta. Physiol. Scand. Suppl.*, p. 358, 1971.
51. Fowler, WM., Gardner, GW., Kazerunian, HH., Lauvstad, WA. : The effect of exercise on serum enzyme, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 49:554-565, 1968.
52. McKechnie, J.K., Leary, W.P. and Joubert, S.M. : Some electrocardio graphic and biochemical changes recorded in marathon runners, *S. African Med. J.* 41:722-725, 1967.
53. Gunderson, H.M., Parlman, J.A., Paker and Bell, G. : Membranepeme ability change as a fatigue factor in marathon runners, *International series on sports science*, 13:877-881, 1982.
54. Reinhart, WH., Staudli, M., Kochli, HP., Straub, PW. : Creatine kinase and MB-fraction after a long distance race, *Clini'6 Chim Acta.*, 125:307-310, 1982.
55. Berg, A., Haralambie, G. : hanges in serum creatine kinase and hexose isomerase activity with exercise duration, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 39: 191-201, 1978.
56. Garbus, J., Highman, B., Altland, P.D. : Serum enzymes and lactic dehydrogenase isoenzymes after exercise and training in rats, *Am. J. Physiol.*, 207:467-472, 1964.
57. 현송자 : 운동 생화학, 서울, 보경문화사, 1990.
58. 위한석 : 최대 운동 부하가 CPK, LDH 효소 활성에 미치는 영향, 한국 교원대학교 체육교육과 석사학위논문, p. 31, 1994.
59. 안재형 : 수분과 전해질, *경희의학*, vol. 10, p. 240, 1994.
60. 이재성 : 시간차에 따른 전해질음료섭취가 운동후 혈중전해질에 미치는 요인에 관한 연구, 고려대학교 체육교육과 석사학위논문, p. 8, 1990.
61. 이기열 : 기초영양학, 서울, 수문사, p. 175, pp. 178-179, 1984.
62. 최용어, 양용길, 양정수, 이근배 : 근대오중 경기시 포도당 주사가 혈액 성분 변화에 미치는 영향, 한국체육대학교부설 체육과학연구소논문집, Vol. 5, No. 1, pp. 51-74, 1986.
63. 이규성, 김학렬, 양정수, 오세진, 최용어 : 운동과 중탄산나트륨 투여가 세포막 투과성 변화에 미치는 영향, 한국체육대학교부설체육과학연구소 논문집, Vol. 11, No. 1, pp. 115-122, 1992.
64. 김태형 : 탄수화물 전해질 음료 섭취가 고온 환경에서 장시간 운동시 에너지 대사 및 혈액량에 미치는 영향, 서울대학교 체육교육과 박사학위논문, p. 13, 1996.
65. Whiting PH and et al : Dehydration and serum biochemical changes In runners. *Eur. J. Appl. Physiol.* 52, pp. 183-187, 1984

= Abstract =

## The effects of Bo-joong-ik-gi-tang administration on Metabolic Responses ; changes in the energy and electrolyte metabolism among long distance runners.

Sun-Gi Song · Dong-Ho Keum · Jae-Geun Oh · Myeong-Jong Lee

*Department of Oriental Medicine, Dongguk University*

### Objective

This experimental study was designed to investigate effects of Bo-joong-ik-gi-tang administration among long distance runners on changes of the energy and electrolyte metabolism.

### Materials and Methods

All subjects were divided randomly with two groups, Bo-joong-ik-gi-tang Group (N=4) and control group (N=4) and performed to run the 400m track with 70% of HR max about 1 hour. The blood samples were collected from antecubital vein by 5ml syringes at before exercise, immediately after exercise, recovering-10 min, recovering-30 min, recovering-1 hour. These samples were used to analyze for the factors of the change on metabolic responses. First, the primary factors on the changes of the energy metabolism were checked ; Glucose, Free fatty acid, Lactate, LDH. Second, the primary factors on the changes of the electrolyte metabolism were checked ; Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, K<sup>+</sup>.

### Results

#### 1. The change of the energy metabolism

- 1) Glucose response was not shown significant difference between two groups.
- 2) Free fatty acid response in Bo-joong-ik-gi-tang group was significantly increased at recover-10 min.
- 3) Lactate response in Bo-joong-ik-gi-tang group was significantly decreased at immediately after exercise, recover-10 min, recover-30 min.
- 4) LDH response was not shown significant difference between two groups.

#### 2. The change of the electrolyte metabolism

- 1) Na<sup>+</sup> response in Bo-joong-ik-gi-tang group was shown significant difference between two groups at before exercise.
- 2) Cl<sup>-</sup> response in Bo-joong-ik-gi-tang group was significantly increased at before exercise, immediately after exercise.
- 3) K<sup>+</sup> response in Bo-joong-ik-gi-tang group was significantly increased at recover-10 min.

### Conclusion

According to the above results, it was shown that Bo-joong-ik-gi-tang had the positive effects on changes of the energy and electrolyte metabolism for the long distance runners.

Key words : Bo-joong-ik-gi-tang, Long distance runners