

탄수화물 부하식이요법시 蓼朮健脾湯 투여가 시합 전·후 장거리 달리기 선수의 뇨중 대사 성분 변화에 미치는 영향

韓榮奎 · 李鳴鍾

東國大學校 韓醫學科 再活醫學科學教室

【초록】 이 실험의 목적은 탄수화물 부하식이요법시의 삼출건비탕 투여가 달리기 선수의 뇨중 대사성분 변화에 미치는 영향에 대해 관찰 연구한 것이다. 탄수화물 부하식이시 蓼朮健脾湯 투여는 전해질 대사 관련 변인에 있어서 Na^+ , Cl^- , K^+ , Ca^{++} 에 유의성 있는 영향을 미쳤으며, 이는 세포막 투과성의 변화를 의미하는 것으로 Na^+-K^+ pump의 활성도가 증가하여 운동수행능력을 향상시킬 것으로 기대되나 추후 전해질 대사와 관련하여 renin, aldosterone 등의 호르몬 분비 기전에 관해서도 지속적인 연구가 진행되어야 할 것으로 사려된다.

중심말말 : 삼출건비탕, 뇨중대사성분, 탄수화물 부하식이, 달리기 선수

I. 緒 論

그간 스포츠한의학분야에서 여러 가지 관점에서 한의학적인 방법을 통한 경기수행능력 향상에 관한 일련의 연구가 이루어지고 있으며, 특히 한약재를 이용한 스포츠음료 개발에 많은 관심이 집중되고 있다.

손기정 이후 황영조, 이봉주에 이르기까지 우리나라의 마라톤의 메달성적과 경기기록은 꾸준한 성과를 이루어왔고, 훈련방법 또한 많이 체계화되어 최근 마라톤 강국마다 독특한 식이요법이 개발되고 있다.

일반적으로 탄수화물부하식이라고 하는 식이요법은 장거리 마라톤 레이스의 마지막 스퍼트가 체내에 저장된 글리코겐 수준에 의한다고 알려져 경기전 충분한 글리코겐 축적효과(glycogen

sparing effect)를 높이기 위해 시행되고 있다. 그러나 이 방법을 적용했을 때 나타나는 위장관을 비롯한 전신증상의 부작용 또한 많은 것으로 밝혀져 이에 관한 대책이 요구된다¹⁾.

한의학에서脾胃疾患에 많이 사용하는 蓼朮健脾湯은明代 郭監이 著述한 醫方集略에 처음으로 收錄되어 그 이후 許 등²⁻¹¹⁾에 의해 健脾養胃하는 效能이 있는 것으로 활용되어 왔는데, <靈樞·五味論>¹²⁾에 “胃者五臟六腑之海也, 水穀皆入于胃, 五臟六腑皆稟氣于胃”라 하였으며, <素問·厥論>¹³⁾에 “脾主爲胃行其津液者也”이라 하였고, <素問·藏氣法時論>¹³⁾에 “脾病者身重, 善飢肉萎, 足不收行, 善瘦, 脚下痛, 虛卽脹滿, 腸鳴飧泄, 食不化”라 하여, 脾는 水穀精微와 水濕을 全身으로 運化하고 胃의 腐熟作用을 도우며, 胃는 水穀을 受納腐熟시키는 作用¹⁴⁻¹⁸⁾

을 하지만, 人體가 飲食所傷 혹은 倦怠損傷에 의하여 脾胃虛弱에 이르면, 脾胃의 食物을 收納腐熟하는 作用과 運化作用이 失調되어 食少, 飲食無味, 脘腹脹滿, 食入不化 등의 증상^{9,15,19)}을 나타내는데, 이러한 경우에 일반적으로 본 處方을 活用한다.

따라서 이 연구는 補氣健脾와 運化의 기능을 가진 參朮健脾湯을 본격적인 炭水化合物 分解食이 단계에 活用하므로써 글리코젠을 보다 効果적으로 축적하고 精力을 향상시키기 위한 기초자료를 얻기 위하여 마라톤 시합에 참가중인 국가 대표급 장거리 육상선수를 대상으로 노중 생화학적 항목을 분석하여 유의한 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 研究對象 및 方法

1. 研究대상

본 연구의 대상자는 H대학에 재학중인 남자 장거리 육상선수 10명을 대상으로 최근 몇 개월간 약물복용의 경험이 없는 학생으로 선발하여 실험군(한약투여군 : n=5)과 대조군(비투여군 : n=5)으로 나누었으며, 이들의 신체적 특성은 다음과 같다.

표 1. 두 집단의 신체적 특성

	한약투여군	비투여군
신장	175.50±2.50	176.00±3.45
체중	65.15±5.20	64.38±4.79
경력	8.20±1.50	8.35±2.01
% Fat	17.05±2.15	16.80±1.47

2. 研究방법

1) 실험방법

마라톤 시합에 참가중인 피험자들을 임의로 실험군과 대조군의 두 집단으로 나누어 실험을

실시하였으며, 한약투여군은 실험 한달 전에 미리 한약투여로 인한 부작용 여부를 검사하였다. 장거리 선수의 식이요법은 시합 1주일 전에 실시되며 그 내용은 다음과 같다.

① 예비식이기간

: 예비식은 시합 1주일전의 3일동안 기름기 없는 쇠고기와 달걀을 위주로 한 단백질 식이를 적용하면서 고강도 훈련을 하였다.

② 본 실험기간

: 예비식이가 끝난후 3일동안 고기를 전혀 먹지 않고 야채, 전복죽, 호두, 잣 등의 炭水化合物을 위주로 한 식사를 실시하였다. 이 때, 실험군은 한약을, 대조군은 물을 1,000ml 이내에서 제한없이 복용할 수 있도록 하였으며 시합이 끝난 후에는 식이 및 음료수 등을 제한하지 않았다.

2) 시료 채취 및 측정방법

소변은 식이요법에 들어가기 전 안정 시, 식이요법 후 시합전날, 시합 다음날 아침 첫 소변을 받게 하였으며, 시합직후에도 1시간~3시간 사이에 30ml의 소변을 받게 하여 분석때 까지 -20℃ 이하에서 냉동 보관하였다.

3) 측정항목

채취된 노 중 생화학적 성분 분석을 위하여 pH, creatinine, Ca 및 전해질 대사 관련항목(Na⁺, K⁺, Cl⁻)을 분석하였으며, 그외 일반적인 소변검사항목(RBC, WBC, glucose, protein, ketone, bilirubin, urobilirubin)에 관한 검사도 실시하였다.

4) 한약의 조제 및 복용

삼출건비탕 조제에 필요한 약물은 시중에서 매입한 정선된 것을 사용하였으며, 실험군에 투여할 약물은 삼출건비탕 1회 복용 처방에 의하여 조제하였다.

투여 한약은 10일 분량의 약재를 한약 추출기에 넣고 정량의 물을 넣은 후 온도는 100 °C, 압력은 0.7kg/cm³로 하여 3시간 동

안 가열 추출하고 탱액을 3,000ml 추출하였다. 물의 양은 한약 무게×1.3 + 3000ml 로 하였다.

한약 투여군의 한약 복용은 실험 기간 동안 하루 최소 3회로 하였으나 그 이상의 횟수를 제한하지 않았으며 스포츠드링크나 음료수 대용으로 실온에 방치한 한약을 100ml 를 1회 분량으로 미지근한 상태에서 지도자의 감독 하에 복용하게 하였다.

방제는 <東醫寶鑑>²⁾에 기재된 麥朮健脾湯의 本方으로 1첩의 내용과 분량은 다음과 같으며 1錢당 g수는 3.75g으로 하였다.

표 2. 麥朮健脾湯의 構成

藥物名	生藥名	重量(g)
人蔘	Ginseng Radix	3.75
白朮	Atractylodis Macrocephalae Rhizoma	3.75
白茯苓	Hoelen	3.75
厚朴	Machili Cortex	3.75
陳皮	Angelicae Gigantis Radix	3.75
山楂肉	Crataegi Fructus	3.75
枳實	Ponciri Fructus	3.00
白芍藥	Paoniae Radix	3.00
砂仁	Amomi Semen	1.87
神曲	Massa Medicate Fermentata	1.87
麥芽	Hordei Fructus Germinatus	1.87
甘草	Glycyrrhizae Radix	1.87
總量		35.98

Ⅲ. 成 績

1. 일반 소변검사항목

뇨중 혈액, 당 및 단백질의 배출 유무를 알아보기 위하여 뇨중 RBC, WBC, glucose, protein, ketone, bilirubin, urobilirubin 등을 검사하였으나 모두 음성(-)으로 나타났다.

2. 뇨중 pH의 변화

비투여군과 한약 투여군의 운동전 안정시 뇨중 pH 농도는 각각 5.10 ± 0.20 과 5.14 ± 0.25 로 나타났다. 시합전날에는 각각 5.12 ± 0.25 와 5.15 ± 0.35 에서 운동직후에는 각각 7.20 ± 1.65 와 6.10 ± 1.50 으로 시합전날에 비해 유의성있는 차이를 나타내었다($p < .05$). 시합 다음날의 뇨중 pH 농도는 각각 5.70 ± 0.75 와 5.35 ± 0.50 였으나 한약투여군에 있어서만 시합직후에 비해 유의성있게 나타났다($p < .05$).

표 3. 한약투여군과 비투여군의 뇨중 pH의 변화

집 단 시 간	비투여군(A)	한약투여군(B)
	M ± SD	M ± SD
안정시(a)	5.10 ± 0.20	5.14 ± 0.25
시합전날(b)	5.12 ± 0.25	5.15 ± 0.35
시합직후(c)	7.20 ± 1.65	6.10 ± 1.50
시합다음날(d)	5.70 ± 0.75	5.35 ± 0.50

※ 비투여군 : b-c, 투여군 : b-c, c-d, p < .05

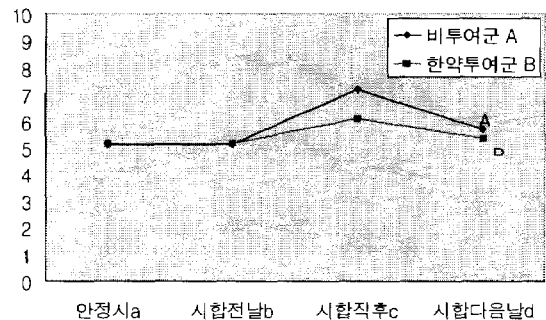


그림 1. 한약투여군과 비투여군의 뇨중 pH의 변화

3. 뇨중 전해질 대사 관련항목(Na⁺, K⁺, Cl⁻)

1)Na⁺

비투여군과 한약 투여군의 운동전 안정시 뇨중 Na⁺ 농도는 각각 49.40±5.55mmol/l와 48.25±6.33mmol/l였다가 시합전날에는 각각 51.16±5.61mmol/l와 50.54±7.38mmol/l로 증가하였다. 시합직후에는 각각 87.96±12.57mmol/l와 69.26±10.46mmol/l로 두 집단간에 유의성있는 차이를 나타내었다(p<.05). 시합다음날 뇨중 Na⁺ 농도는 각각 65.13±6.37mmol/l와 67.53±5.21mmol/l로 감소하였으나 유의성은 나타나지 않았다. 집단내 변화를 보면 비투여군에서 시합전날과 시합직후 뇨중 Na⁺ 농도의 변화가 유의성있게 나타났고 한약투여군에서는 시합직후와 시합다음날 유의성 있는 차이를 나타내었다(p<.05).

표 4. 한약투여군과 비투여군의 뇨중 Na⁺의 변화 (mmol/l)

집 단 시 간	비투여군(A)	한약투여군(B)
	M ± SD	M ± SD
안정시(a)	49.40±5.55	48.25±6.33
시합전날(b)	51.16±5.61	50.54±7.38
시합직후(c) (A×B P <.05)	87.96±12.57	69.26±10.46
시합다음날(d)	65.13±6.37	67.53±5.21

※ 비투여군 : b-c, 투여군 : c-d, p <.05

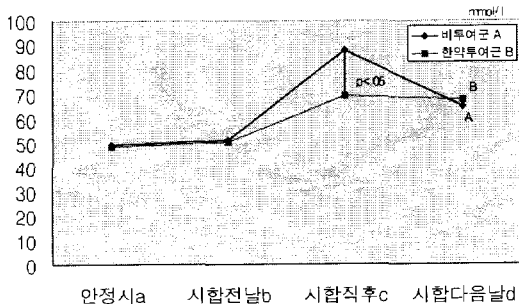


그림 2. 한약투여군과 비투여군의 뇨중 Na⁺의 변화

2) K⁺

비투여군과 한약 투여군의 운동전 안정시 뇨중 K⁺ 농도는 각각 115.14±10.33mmol/l 와 109.38±14.29mmol/l이고 시합전날에는 114.69±7.16mmol/l 와 107.42±10.51mmol/l로 나타났다. 시합직후에 각각 126.80±20.48mmol/l와 111.71±21.87mmol/l로 유의성 있는 변화를 나타내었다(p<.05). 시합다음날은 각각 100.49±15.36mmol/l와 70.15±11.35mmol/l로 시합직후와 같이 한약 투여군과 비투여군 사이에 유의성있는 차이가 나타났다(p<.05). 집단내 변화를 보면 한약 투여군에서 시합전 날과 시합직후 그리고 시합직후와 시합다음날 사이에 유의성있는 차이가 나타났다(p<.05).

표 5. 한약투여군과 비투여군의 뇨중 K⁺의 변화 (mmol/l)

집 단 시 간	비투여군(A)	한약투여군(B)
	M ± SD	M ± SD
안정시(a)	115.14±10.33	109.38±14.29
시합전날(b)	114.69±7.16	107.42±10.51
시합직후(c) (A×B P <.05)	126.80±20.48	111.71±21.87
시합다음날(d) (A×B P <.05)	100.49±15.36	70.15±11.35

※ 투여군 : b-c, c-d, p <.05

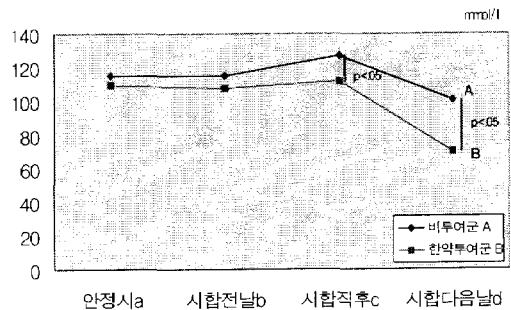


그림 3. 한약투여군과 비투여군의 뇨중 K⁺의 변화

3) Cl⁻

비투여군과 한약 투여군의 운동전 안정시 뇨중 Cl⁻ 농도는 각각 93.33±12.87mmol/l와 103.67±11.14mmol/l이고 시험전날 95.68±10.59mmol/l와 104.94±11.17mmol/l이고 운동직후에는 125.41±21.18mmol/l와 153.13±25.59mmol/l로 시험다음날 92.91±11.51mmol/l와 104.48±12.72mmol/l로 모두 증가하였다.

표 6. 한약투여군과 비투여군의 뇨중 Cl⁻의 변화 (mmol/l)

집 단 시 간	비투여군(A)	한약투여군(B)
	M ± SD	M ± SD
안정시(a)	93.33±12.87	103.67±11.14
시험전날(b)	95.68±10.59	104.94±11.17
시험직후(c)	125.41±21.18	153.13±25.59
시험다음날(d)	92.91±11.51	104.48±12.72

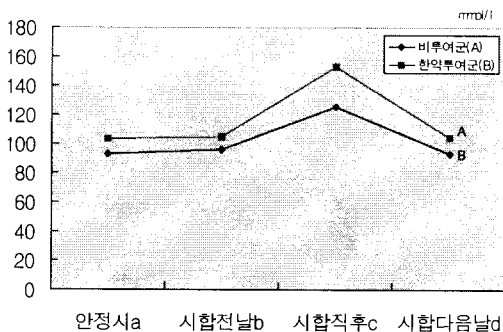


그림 4. 한약투여군과 비투여군의 뇨중 Cl⁻의 변화

4. 뇨중 Ca

비투여군과 한약 투여군의 운동전 안정시 뇨중 Ca농도는 각각 19.17±4.17mg/dl와 15.50±3.83mg/dl로 시험전날 18.05±3.98mg/dl와 14.34±2.06mg/dl로 운동직후 10.41±6.50mg/dl와 9.59±6.06mg/dl, 시험다음날 9.38±3.35mg/dl와 8.52±

2.98mg/dl로 각각 모두 감소하였다 그러나 두 집단간에 유의성있는 차이는 나타나지 않았다.

표 7. 한약투여군과 비투여군의 뇨중 Ca⁺⁺의 변화 (mg/dl)

집 단 시 간	비투여군(A)	한약투여군(B)
	M ± SD	M ± SD
안정시(a)	19.17±4.17	15.50±3.82
시험전날(b)	18.05±3.98	14.34±2.06
시험직후(c)	10.41±6.50	9.59±6.06
시험다음날(d)	9.38±3.35	8.52±2.98

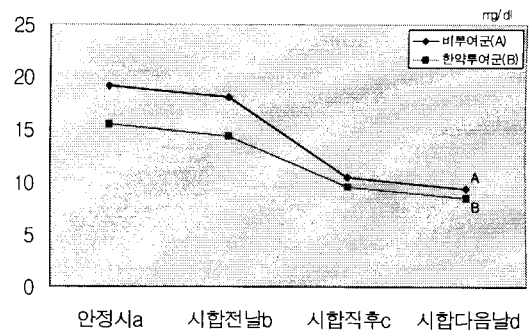


그림 5. 한약투여군과 비투여군의 뇨중 Ca⁺⁺의 변화

5. 뇨중 Creatinine

비투여군과 한약 투여군의 운동전 안정시 뇨중 creatinine농도는 179.85±15.50mg/dl와 159.40±14.71mg/dl로 시험전날 178.90±18.81와 161.55±12.42mg/dl 운동직후 115.17±13.37mg/dl와 109.05±17.10mg/dl로 시험다음날 163.48±17.21mg/dl와 129.71±18.69mg/dl로 모두 감소하였으나 유의성은 나타나지 않았다. 집단 내 변화를 보면 비투여군에서 시험전 날과 시험직후 뇨중creatinine농도의 변화가 유의성있게 나

타났고 한약투여군에서는 시합직 후와 시합다음날 유의성있는 차이를 나타내었다(p<.05).

표 8. 한약투여군과 비투여군의 뇨중 Creatinine의 변화 (mg/dℓ)

집 단	비투여군(A)	한약투여군(B)
	M ± SD	M ± SD
안정시(a)	179.85 ± 15.50	159.40 ± 14.71
시합전날(b)	178.90 ± 18.81	161.55 ± 12.42
시합직후(c)	115.17 ± 13.37	109.05 ± 17.10
시합다음날(d)	163.48 ± 17.21	129.71 ± 18.69

※ 비투여군 : b-c, c-d . p <.05

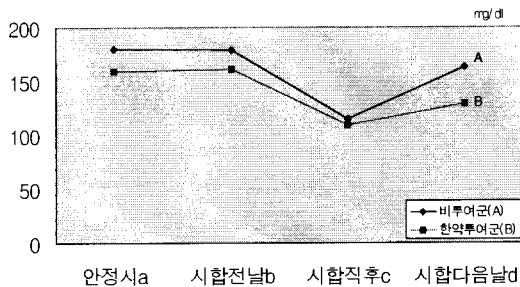


그림 6. 한약투여군과 비투여군의 뇨중 Creatinine의 변화

IV. 考 察

최근 스포츠과학분야에서도 여러가지 관점에서 Ergogenic aids로서의 한약복용에 의한 효능에 관하여 많은 관심을 가지고 일련의 연구가 이루어지고 있다. 그러나 이러한 연구의 대부분은 쥐를 대상으로 한 수영운동에 의한 것이거나 인삼 등 단일약물에 의한 것으로 한의학적인 관점에서 볼 때 약물의 상호작용에 의한 효과의 상승작용 및 새로운 약물에 대한 개발과는 다소 차이가 있다고 볼 수 있다. 하지만 이러한 기초연구의 배경없는 앞으로의 더 나은 연구 결과 또한 기대할 수가 없으므로 지금까지의 선행 연

구를 살펴보고 앞으로의 연구방향을 제시해보고자 한다.

우선 單一藥物에 관한 實驗으로, 成 등²⁰⁾은 人蔘이 基礎代謝量을 증가시켜 疲勞恢復을 촉진하며, 유²¹⁾,尹²²⁾ 등은 인삼이 선수들의 체력과 트레이닝 효과 향상에 좋으며, 洪 등²³⁾, 柳 등²⁴⁾은 人蔘이 肝組織內的 好氣性 LDH의 活性度를 감소시키고, lactate의 生成을 억제시킨다 하였으며, 盧²⁵⁾는 人蔘의 急速多量 投與는 lactate의 hydration에 관련되는 代謝性 緩衝作用이 있어 抗疲勞 및 疲勞恢復 促進效果가 있다는 것을 발표하였다. 또 정 등²⁶⁾은 인삼과 가시오가피가 젖산耐性を 증가시킬 뿐만아니라 恢復率을 증가시킨다는 것을, 朴 등^{27,28)}은 매실투여가 혈중 lactate농도와 LDH의 감소를 가져온다고 보고하였다. 최근 정²⁹⁾은 12주간의 인삼투여가 최대 하운동시 심박수 및 젖산축적을 유의하게 낮추었다고 보고하였다.

그간 韓醫學分野에서의 處方藥物에 의한 研究는 補氣, 補血, 補氣血劑 위주로 이루어 졌는데, 安³⁰⁾은 雙和湯이 抗疲勞效果 및 造血作用에, 朴³¹⁾은 雙和湯이 疲勞恢復 및 副腎皮質機能不全에, 金³²⁾은 運動負荷後의 疲勞恢復에 미치는 四象處方인 補中益氣湯과 六味地黃湯의 效果를 비교하면서 격심한 運動後의 疲勞恢復 과정에서는 精血의 補充보다 氣의 活性化가 先行되고 있다고 보고하였고, 河³³⁾는 臟腑의 機能에 근거하여 운동에너지원의 動員에 補肝湯, 운동에너지 再合成에 補腎湯, 代謝基質變化의 抑制 調整에 補肺湯이 유효하다 하였다. 李³⁴⁾는 인삼은 에너지 동원이 우수하며 生脈散은 運動持續時間의 延長, 心搏數의 低下에 효과가 있고, 生脈散과 電解質 混合 溶液은 血壓과 血漿滲透質濃度의 上昇을 억제하고 體重增加에 영향을 미친다 하였으며, 李³⁵⁾는 四君子湯, 四物湯 및 八物湯이 筋肉疲勞의 恢復過程중 補氣, 補血 및 補氣血劑의 投與는 有意성이 있으며, 정도의 차이는 있지만 氣의 活性化가 선행된 補血劑의 應用을 지적하였고, 吳³⁶⁾, 韓 등³⁷⁾은 雙和湯, 八物湯, 六味地黃湯 및 補中益氣湯의 比較實驗을 통하여 筋肉疲勞恢復에는 陰血의 補充보다 氣의 活性化가 선

행된 補陰血劑의 장기투여가 효과적인 것으로 보고하였다. 최근 이³⁸⁾는 비전문인으로서의 증상감별 및 분류방법에는 다소 문제가 있지만 심전대보탈을 기허, 혈허, 기혈허의 증상을 나타내는 운동선수에게 투여하여 운동지속능력과 혈액 화학적 변화에 유의한 차이가 나타남을 보고하였다.

박³⁹⁾ 등의 보고에 의하면 한약제 가운데 도핑 검사 대상품목에 포함되는 약제로는 마황, 반하, 자하거, 우신 등 10여가지가 있는데, 앞으로 도핑 검사 대상품목에 포함되지 않으면서 경쟁상황에서 운동선수의 경기력을 향상시킬 수 있는 ergogenic aids로서 한약제제에 관한 지속적인 개발과 분석을 위해 국가적인 지원과 연구노력이 필요하리라 본다.

본 실험에 사용된 麥朮健脾湯은 明代 郭監이 著述한 醫方集略에 처음으로 收錄되어²⁾ 그 이후 許^{2 11)} 등에 의해 健脾養胃하는 效能으로 활용되어 왔는데, 本方을 구성하는 각 藥物의 性味와 效能을 살펴보면 人蔘은 甘溫하여 大補元氣 補脾益氣하며, 白朮은 甘苦微溫하여 補脾益氣 消食煖溫하고, 白茯苓은 甘淡平하여 利水滲濕 健脾補中하며, 厚朴은 苦辛溫하여 化濕導滯 行氣溫中하고, 陳皮는 辛苦溫하여 利氣健脾 健胃導滯하며, 山楂는 酸甘微溫하여 消食肉積 散瘀行滯하고, 枳實은 苦寒하여 破氣行痰 散積消痞하며, 白芍藥은 苦酸涼하여 治腹痛 破堅積하고, 神麴은 甘辛溫하여 消食化中 開胃止脹滿하고, 砂仁은 辛溫하여 調中行氣 溫脾止瀉하며, 甘草는 甘平하여 補脾益氣 和中하고, 生薑은 辛溫하여 溫中止嘔 治腹痛하며, 大棗는 甘溫하여 補脾和胃 養脾氣 平胃氣하는 작용을 한다^{41,42)}.

本方을 尹⁴²⁾은 人蔘, 白朮의 補脾補氣作用, 陳皮, 厚朴의 平胃祛濕滯作用, 人蔘, 陳皮의 開胃進食作用, 白芍藥의 瀉肝安胃養血收胃氣作用, 茯苓, 神麴, 麥芽의 消導作用으로 구성되어 있다고 하였으며, 이⁴³⁾는 四君子湯에 平胃散의 蒼朮과 白朮이 서로 代置되고 山楂肉, 枳實, 白芍藥, 砂仁, 神麴, 麥芽 등을 配合한 것이라 하였고, 許²⁾는 內傷門 가운데 食傷補益之門에 配屬시켰고, 黃⁸⁾은 補益門에, 周³⁾는 食傷門에, 康⁴⁾은 食傷補

益門에, 李¹¹⁾는 開胃消食劑門에 포함시켜서, 本處方을 補脾胃益氣하는 扶正의 效能과, 飮食物을 消導運化시키는 效能이 있다고 설명하였다.

일반적으로 탄수화물부하식이라고 하는 이 식이요법은 장거리 마라톤 레이스의 마지막 스퍼트가 체내에 저장된 글리코겐 수준에 의한다고 알려져 경기전 충분한 글리코겐 축적효과(glycogen sparing effect)를 높이기 위해 시행되고 있다. 그러나 이 방법을 적용했을 때 나타나는 위장관을 비롯한 전신증상의 부작용 또한 많은 것으로 밝혀져 이에 관한 대책이 요구된다¹⁾.

따라서 補氣健脾와 運化의 기능을 가진 麥朮健脾湯을 본격적인 탄수화물 부하식이 단계에 활용하면 글리코겐을 보다 효과적으로 축적하고 경기력을 향상시킬 수 있으리라는 기대를 갖고 국내 마라톤 시험에 참가중인 국가대표급 장거리 육상선수를 대상으로 본 연구에 착수하였다.

인체내의 수분은 세포막을 사이에 두고 osmole의 농도에 따라 이동하는데 세포내액은 세포외액보다 2배의 osmole을 포함하므로 정상 성인에서 세포내액은 체중의 약 40%, 세포외액은 체중의 약 20%를 차지한다. 세포외액은 다시 혈장과 간질액으로 나누어지는데 혈장은 체중의 4%, 간질액은 체중의 16%정도를 차지한다⁴⁵⁾.

이러한 체액에는 여러 전해질이 분포되어 있는데 세포외액의 주된 양이온은 Na⁺이고, 음이온은 Cl⁻과 HCO₃⁻이다. 세포내액의 주된 양이온은 K⁺이고, 음이온은 HPO₄²⁻과 단백질이다. 정상인에서는 이들을 조절하는 기전에 의해 세포내외에서 일정한 평형 상태를 유지하게 되는데, 운동을 하는 동안 적당량의 전해질 농도는 최대 능력을 발휘케 하며 운동과 훈련을 통해 무기이온들의 인체내 활동이 활발히 증가하고 있다고 밝혀지고 있다^{45,46)}.

Na⁺은 삼투압과 수분 조절을 하는 주요 전해질로⁴⁶⁾, 신경이나 근육에서 신경 전달이나 근 활동이 일어날 수 있는 세포막 전압에 관여한다⁴⁷⁾. Cl⁻는 위액의 주요 성분으로 타액인 amylase를 활성화시키며 Na⁺와 같이 삼투압을 조절한다^{46,48)}.

체액중의 Cl⁻은 대부분이 Na⁺가 능동적으로 이동할 때 전기적 중성을 유지하기 위하여 전위

차에 따라 수동적으로 Na^+ 와 함께 이동한다⁴⁹⁾. Na^+ 는 K^+ 와 함께 알칼리성 반응을 하며 Cl^- 은 산성 반응을 한다. 그러므로 이들 물질은 모두 산, 알칼리 평형 유지에 직접적으로 관여하고 있다. 섭취한 95%의 N^+ 와 Cl^- 은 같이 흡수되며 배설은 주로 신장을 통해서 한다. 또한 체내의 물이 이동하는 경우에는 Na^+ 와 같이 움직이는 것이 원칙이다. 결국 체액량의 조절은 Na^+ 의 배설이라고 할 수 있다⁴⁶⁾.

운동을 심하게 했을 때나 기온이 높아 땀을 흘릴 때는 동시에 체내의 Na^+ 이 손실된다. Na^+ 대사의 조절은 주로 부신에서 분비되는 aldosterone에 의해 신장에서 이루어진다. Na^+ 의 섭취량이 증가되면 aldosterone의 분비는 억제되어 자연히 Na^+ 의 흡수가 저하된다. 뇨중으로 배설될 수 있는 Na^+ 량에는 한계가 있으므로 만일 Na^+ 의 섭취가 신장이 여과할 수 있는 양 이상으로 높아지면 세포외액의 Na^+ 량이 증가하게 된다. 혈중 Na^+ 농도가 2mmol/L 증가되면 중추 신경계에 위치한 osmoreceptor는 체액량의 변화를 감지하고 구갈 중추(thirst center)를 자극하여 갈증을 느끼게 하며 갈증으로 인한 다량의 수분 섭취는 항이뇨호르몬(antidiuretic hormone, ADH) 중추를 통해 신장에서 뇨의 배설량을 증가시키는 동시에 Na^+ 를 체외로 방출하여 수분 평형을 이루게 된다^{46),48)}.

98%가 세포내에 존재하는(160mmol/L) K^+ 는 정지막전위(resting membrane potential: RMP)의 발생에 중요한 역할을 하고 세포막을 횡단하는 glucose 수송에도 관련이 있으며 근육 및 간에 글리코젠 저장, 단백질 합성 및 중요한 세포의 반응에 대한 효소의 조절 등에도 관련이 있다. 근수축으로부터 K^+ 의 세포외 유입은 역시 국소적으로 혈관 확장을 증진시키고 따라서 대사요구가 증가하는 지역에 혈류의 공급을 돕게 한다⁴⁷⁾. K^+ 은 세포내에 존재하기 때문에 혈중내의 K^+ 량은 K^+ 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^+ 가 뇨로 빠져나가지 못하도록

하며 동시에 K^+ 의 배설량을 증가시킨다^{46),48)}.

인체에서 Na^+ 과 K^+ 의 이동에 관한 생리 기전에는 Na^+-K^+ pump라고 불리는 특이한 수송계에 의해서 일어나며 휴식상태에 있는 동물에 의해 소비되는 ATP의 1/3이상이 Na^+-K^+ pump에 사용된다. 또한 동물 세포들에 있어서 Na^+ , K^+ 의 기울기는 세포의 부피를 조정하고 신경과 근육을 전기적으로 흥분시키며 당 및 amino acid의 능동수송도 추진시킨다⁵⁰⁾. 운동으로 증가된 Na^+ 과 K^+ 농도의 증가는 세포내에서 세포외로 Na^+ 이온을 수송하는 Na^+-K^+ pump의 활성도가 증가된 결과일 것이다. Na^+-K^+ pump의 증가된 활성도는 이러한 수송 시스템에서 에너지원으로 사용되기 때문에 세포의 ATP 공급에 대한 요구량을 더욱 크게 증가시키게 된다⁵¹⁾.

개개의 전해질의 농도 변화는 매우 다양하게 나타나는데 달리거나 싸이클 운동시 혈중 Na^+ 과 Cl^- 농도는 증가하는 것으로 나타났는데 예외적인 경우는 매우 드물고 적은 량의 전해질이 들어 있는 음료를 과량으로 섭취한 경우에만 감소하는 것으로 나타났다⁵²⁾. 혈중 K^+ 농도는 장시간 운동으로 일정하게 유지되는 것으로 보고되고 있다⁵³⁾. 세포외액의 K^+ 농도는 4-5mmol/L로서 세포내액의 농도(150-160 mmol/L)보다 매우 낮아서 운동중에 땀으로 손실되더라도 간, 근육 및 적혈구 등에서 K^+ 이 방출되어 오히려 혈중 K^+ 은 증가하는 경향이 있다⁵²⁾.

체내에서 가장 많은 무기질인 Ca^{++} 는 인과 결합하여 골격과 치아의 경조직을 형성할 뿐만 아니라 혈액응고에도 필수적인 요소이며 근육의 정상적인 기능유지에도 중요하다. 특히 Ca^{++} 는 세포막을 통한 체액의 운반기능이 있다. 세포내 Ca^{++} 농도는 원형질막의 투과성을 변화시키거나 mitochondria나 endoplasmic reticulum에 저장된 Ca^{++} 이온을 이동시킴으로서 엄밀하게 조절되고 있다⁴⁵⁾.

Ca^{++} 에 대한 연구에 의하면 Drummond⁵⁴⁾는 Ca^{++} 가 phosphorylase kinase와 triglyceride lipase 활성화 작용에 의해 해당작용과 지방분해를 조절한다고 하였으며, Ezawa 등⁵⁵⁾은 Ca^{++} 가 미토콘드리아 막효소인 succinate dehydrogenase의 활성화를

유도하며, 동시에 NAD와 flavoproteins사이의 전자이동을 억제한다고 하였다.

운동과 관련하여 인체내에 작용하는 Ca^{++} 의 주요기능은 뼈구성원, 신경과 근육조직에서 에너지대사조절, 근수축의 유도과 신경자극 그리고 단백질해소효소들의 활성화작용 등이다⁵⁶⁾. 세포액에 있는 Ca^{++} 농도는 세포의 기능상태에 따라 다양하다. 조직의 자극에 따라 증가하고, 이것은 Ca-ATPase의 활성화, ATP분해 그리고 근섬유 단축에 영향을 미치는 것으로 알려졌다⁵⁷⁾.

Haralambie⁵⁶⁾는 장시간동안 운동한 후에 혈청에서의 Ca^{++} 농도가 증가하였다고 발표하였으며, Lijnen⁵⁸⁾은 자전거타기나 조깅 및 씨킷트 레이닝과 같은 장시간 활동시 혈청(serum)내 Ca^{++} 농도는 운동전 2.42 ± 0.02 , 운동중 및 운동후 42분에 $2.40 \pm 0.02 \text{ mmol/L}$ 정도인 것으로 보고하였다.

Creatinine은 근육의 수축에너지로서 creatine phosphate에서 생성된 creatine이 탈수되어 생긴 최종 대사산물로 오직 신장을 통해서만 체외로 배설되므로 creatinine의 뇨중 배설량은 체내의 creatinine 생성량과 동일하며, 식이성 단백질의 과잉섭취, 위장관내의 출형 등 신장 외적인 인자의 영향이 적고 신장의 사구체로 여과된 후 세뇨관에서 재흡수되지 않고 체외로 배설되므로 뇨중의 creatinine치는 신장 기능의 지표가 된다^{59,60)}.

본 실험의 결과 일반 소변검사항목으로 측정 한 뇨중 RBC, WBC, glucose, protein, ketone, bilirubin, urobilirubin 등은 모두 음성(-)으로 나타났으며, 뇨중 pH 농도는 두 집단 모두 운동직후가 시합전날에 비해 유의성있는 차이를 나타내었으며, 시합 다음날 한약투여군에 있어서 시합직후에 비해 유의있게 나타났다.

뇨중 Na^+ 농도는 한약투여군의 경우 시합다음날이 시합직후에 비해 유의하게 감소하였으며, 시합직후 두 집단간에 유의한 차이를 나타내었다. 이는 한약투여군에 있어서 Na^+ 의 재흡수에 관여하는 aldosterone의 분비 억제를 유추할 수 있으며, 더욱이 시합후의 유의한 차이는 운동으로 인해 고 삼투질화된 세포외액에 대해 삼투질 평형을 이루기 위해서 혈장내 고형 성분

으로부터 수분이 세포외액으로 유출되어 나올 때, 수분과 함께 Na^+ 이 배출되는 세포막에서의 능동적 이동기전에 한약투여가 영향을 미쳤을 것이라고 생각된다.

Na^+ 와 함께 뇨중 K의 농도 또한 한약투여군에서 시합전날에 비해 시합직후, 시합다음날 유의한 변화를 나타내었고, 시합직후와 시합다음날 두 집단간에 유의있는 차이를 나타내었다. 이는 운동으로 인해 Na^+-K^+ pump의 활성도가 증가된 결과이며, 한약투여가 이 기전에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

유의성은 나타나지 않았으나 Ca^{++} 의 경우 한약투여군이 비투여군에 비해 낮은 수치를 보인 것은 한약투여가 운동시 Ca-ATPase의 활성화, ATP 분해 및 근섬유 단축에 영향을 미친 결과로 해석할 수 있다.

국내 마라톤 시합에 참가중인 국가대표급 장거리 육상선수를 대상으로 補氣健脾와 運化의 기능을 가진 參朮健脾湯을 본격적인 탄수화물 부하식이 단계에 활용하여 일반 소변검사항목과 뇨중 전해질 관련 항목 및 creatinine 등에 미치는 영향을 규명하기 위하여 안정시, 시합전날, 시합직후 및 시합다음날 소변을 채취하여 검사하였을 때 나타나는 각종 변인을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

탄수화물 부하식이시 參朮健脾湯 투여는 전해질 대사 관련 변인에 있어서 Na^+ , Cl^- , K^+ , Ca^{++} 에 유의성 있는 영향을 미쳤으며, 이는 세포막 투과성의 변화를 의미하는 것으로 Na^+-K^+ pump의 활성도가 증가하여 운동수행능력을 향상시킬 것으로 기대되나 추후 전해질 대사와 관련하여 renin, aldosterone 등의 호르몬 분비 기전에 관해서도 지속적인 연구가 진행되어야 할 것으로 사려된다.

V. 結 論

국내 마라톤 시합에 참가중인 국가대표급 장거리 육상선수를 대상으로 補氣健脾와 運化의 기능을 가진 參朮健脾湯을 본격적인 탄수화물 부하식이 단계에 활용하여 일반 소변검사항목과 뇨중 전

해질 관련 항목 및 creatinine 등에 미치는 영향을 규명하기 위하여 안정시, 시합전날, 시합직후 및 시합다음날 소변을 채취하여 검사하였을 때 나타나는 각종 변인을 분석한 결과는 다음과 같았다.

1. 노중 RBC, WBC, glucose, protein, ketone, bilirubin, urobilirubin 등은 모두 음성(-)으로 나타났다.
2. 노중 pH농도는 두 집단 모두 운동직후가 시합전날에 비해 유의성있는 차이를 나타내었으며, 시합 다음날 한약투여군에 있어서 시합직후에 비해 유의있게 나타났다.
3. 노중 Na농도는 한약투여군의 경우 시합다음날이 시합직후에 비해 유의하게 감소하였으며, 시합직후 두 집단간에 유의한 차이를 나타내었다.
4. 노중 K의 농도는 한약투여군에서 시합전날에 비해 시합직후, 시합다음날 유의한 변화를 나타내었고, 시합직후와 시합다음날 두 집단간에 유의있는 차이를 나타내었다.
5. 노중 Cl의 농도는 두 집단 모두 안정시보다 시합직후 증가하였다가 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.
6. 노중 Ca의 농도는 안정시에 비해 시합전날, 시합직후, 시합다음날 점차 감소하였으나 유의한 차이는 나타나지 않았다.
7. 노중 Creatinine의 농도는 비투여군의 경우 시합전날에 비해 시합직후와 시합다음날 유의하게 감소하였다가 증가하였으나 두 집단간에 유의한 차이는 나타나지 않았다.

參 考 文 獻

1. Lars Peterson, Per Renstrom: Sports Injuries, London, Martin Dunitz Ltd, pp.144~149, 1986.
2. 許浚: 東醫寶鑑, 서울, 南山堂, pp.429~431, 1983.
3. 周命新: 醫門寶鑑, 서울, 杏林書院, p.110,111, 1975.
4. 康命吉: 濟衆新編, 서울, 杏林書院, p.41,

- 1982.
5. 金定濟: 診療要監, 서울 東洋醫學研究院, p.384, 1983.
6. 孟華燮: 方藥指針, 서울, 南山堂, p.134, 1983.
7. 朴炳昆: 漢方臨床四十年, 서울, 大光文化社, p.134,136, 1984.
8. 黃度淵: 方藥合編, 서울, 杏林出版社, p.116, 1977.
9. 柳基遠 外: 脾系內科學, 서울, 그린문화사, pp.36~7, 1991.
10. 柳準基 外: 小兒集方, 서울, 정담, p.142, 1993.
11. 李中粹: 醫宗必讀, 서울, 一中社, p.332, 1991.
12. 洪元植: 精校黃帝內經靈樞, 서울, 東洋醫學研究院 出版部, p.246, 1981.
13. 洪元植: 精校黃帝內經素問, 서울, 東洋醫學研究院 出版部, p.42,86,89,169, 1981.
14. 金完熙 外: 韓醫學原論, 서울, 成輔社, p.101, 102,113, 1982.
15. 金完熙: 東醫生理學, 서울, 慶熙大學校出版局, p.36,37,40,41,289,300, 1993.
16. 徐復艱 外: 脾胃理論과 臨床, 서울, 醫聖堂, p.73,74, 1993.
17. 陸 拊: 脾胃命理學, 서울, 醫聖堂, p.16,20, 1993.
18. 董黎明: 實用中醫內科學, 上海, 上海科學技術出版社, p.20,40, 1986.
19. 文濬典 外: 東醫病理學, 서울, 高文社, p.327, 341, 1990.
20. 성낙응 의 : 특수음료에 관한 연구, 스포츠 과학연구보고서, 2(1), 1965.
21. 유승희 : 인삼복용이 축구선수의 체력에 미치는 영향, 한국체육학회지, 30(1) : 221~222, 1991.
22. 尹炳烈 : 人蔘이 Weight training과 Interval training 複合訓練의 效果에 미치는 影響, 慶熙大學校大學院, 1987.
23. 홍성일, 박해근 : 인삼이 흰 생쥐의 운동능력 및 유산생성량에 미치는 영향, 대한생리학회지, 9(1) : 77, 1973.
24. 유철, 박승화, 편경식, 홍승길 : 인삼이 운

- 동부하로 인한 비만세포 변동에 미치는 영향, 최신의학, 21(2) : 71~77, 1981.
25. 盧在錦 : 人蔘의 急速多量投與가 抗疲勞 및 疲勞恢復에 미치는 影響, 高麗大學校 博士學位論文, 1988.
 26. 정동식, 강경택, 심성태, 옥정석, 이종각, 조성계 : 인삼과 가시오가피의 투여가 운동능력, 젖산내성 및 회복율에 미치는 효과, 스포츠과학 연구보고서, 1988.
 27. 박상갑 : 매실엑기스 섭취가 장거리 선수의 혈액성분에 미치는 영향, 대한스포츠의학회지, 6(1), 1988.
 28. 박상갑 : 매실엑기스 투여가 여자 배드민턴 선수들의 혈액성분에 미치는 영향, 대한스포츠의학회지, 8(1), 1990.
 29. 鄭一奎 : 紅參抽出液의 長期間 投與가 最大 및 最大下 運動時 에너지 代謝, 酵素活性度 및 腦下垂體副腎系호르몬反應에 미치는 影響, 高麗大學校大學院, 1992.
 30. 安 徹 : 雙和湯이 생쥐의 抗疲勞效果와 血液에 미치는 影響, 慶熙大學校大學院, 1981.
 31. 朴明得 : 雙和湯이 抗疲勞 및 副腎皮質機能不全에 미치는 影響, 慶熙大學校大學院, 1987.
 32. 金吉萱 : 運動負荷後의 疲勞恢復에 미치는 補中益氣湯 및 六味地黃湯의 效果, 慶熙大學校大學院, 1984.
 33. 河益秀 : 運動機能에 미치는 補肝湯, 補肺湯 및 補腎湯의 影響에 관한 比較研究, 慶熙大學校大學院, 1988.
 34. 李應世 : 生脈散이 스포츠飲料로서 運動遂行能力과 血液學的 變化에 미치는 影響, 慶熙大學校大學院, 1989.
 35. 李哲浣 : 四君子湯, 四物湯 및 八物湯이 筋肉疲勞恢復에 미치는 實驗的 研究, 慶熙大學校大學院, 1988.
 36. 吳民錫 : 雙和湯, 八物湯, 六味地黃湯 및 補中益氣湯 煎湯液의 抗疲勞效果에 대한 比較研究, 大田大學校大學院, 1991.
 37. 韓大熙, 李徹浣 : 雙和湯, 八物湯, 六味地黃湯 및 補中益氣湯 煎湯液의 運動負荷條件에 따른 筋肉疲勞恢復, 大韓韓醫學會志, 12(2) : 185~202, 1991.
 38. 李康玉 : 十全大補湯 臨床處方服用이 氣血虛 選手의 運動持續能力과 血液化學變化에 미치는 影響, 韓國體育學會誌, 32(2):367~380, 1993.
 39. 박종세 : 서울올림픽에서의 약물검사, 대한스포츠의학회지, 7(1), 1989.
 40. 申佶求: 申氏本草學, 서울, 壽文社, p.2,13,17, 56,85,86,243,357,500,502,583,590,724,725, 1982.
 41. 江蘇新醫學院: 中藥大辭典(上·下冊), 上海, 上海科學技術出版社,p.32,101,171,568,656,671, 707,1021,1509,1597,1624,1629,1740,2637, 1978.
 42. 尹吉榮: 東醫臨床方劑學, 서울, 明寶出版社, p.79,602,604,605,608,610,616,665,666,676,678, 681,685,692,695,704,706, 1985.
 43. 李尙仁 外: 方劑學, 서울, 癸丑文化社, p.35, 228, 1984.
 44. 李相漸: 漢方處方解說과 應用的 妙訣, 서울, 書苑堂, p.92,95, 1983.
 45. 안재형 : 수분과 전해질, 경희의학, vol. 10, p.240, 1994.
 46. 이재성 : 시간차에 따른 전해질음료섭취가 운동후 혈중전해질에 미치는 요인에 관한 연구, 고려대학교 체육교육과 석사학위논문, p8, 1990.
 47. 박관균 : 전해질 음료와 자양강장제 투여가 운동후 젖산생성 및 회복율에 미치는 영향, 서울대학교 체육교육과 석사학위논문, p.9, p.11, 1990.
 48. 이기열 : 기초영양학, 서울, 수문사, p. 175, pp.178~179, 1984.
 49. 황인경 : 급성다량 인삼투여가 운동후 혈액 성분, 전해질 및 제효소 변화에 미치는 영향, 이화여자대학교 체육학 석사학위논문, 1988.
 50. 최용어, 양용길, 양정수, 이근배 : 근대오종 경기시 포도당 주사가 혈액 성분 변화에 미치는 영향, 한국체육대학교부설 체육과학연구소논문집, Vol. 5, No. 1, pp.51~74, 1986.
 51. 이규성, 김학렬, 양정수, 오세진, 최용어 : 운동과 중탄산나트륨 투여가 세포막 투과성

- 변화에 미치는 영향, 한국체육대학부설체육과학연구소 논문집, Vol. 11, No. 1, pp.115~122, 1992.
52. 김태형 : 탄수화물 전해질 음료 섭취가 고온 환경에서 장시간 운동시 에너지 대사 및 혈액량에 미치는 영향, 서울대학교 체육교육과 박사학위논문, p. 13, 1996.
53. Whiting PH and et al : Dehydration and serum biochemical changes in runners. Eur. J. Appl. Physiol. 52, pp. 183~187, 1984.
54. Drummond, G. : Microenvironment and enzyme function ; control of energy metabolism during muscle work, Am. Zool., 11:81~97, 1971.
55. Ezawa, I. & Ogata, E. : Ca-induced activation of succinate dehydrogenase and the regulation of mitochondrial oxidative reaction, J. Biochem., 85:65~74, 1979.
56. Haralambie, G. : Veränderungen physiologischer und biochemischer Grossen nach Ausdauerbelastung bei Frauen mit und ohne Kalziumsubstitution, Med. Welt, 30: 1233~1238, 1979.
57. Gillis, J.M. : Le couplage excitation-contraction dans la fibre musculaire squelettique et cardiaque, J. Physiol., 73:863~876, 1977.
58. Lijnen, P., Hespel, P., Eynde, E.V. & Amery, A. : Urinary excretion of electrolytes during prolonged physical activity in normal man, Eur. J. Appl. Physiol., 53:317~321, 1985.
59. 두호경: 동의신계학, 서울, 동양의학연구원, pp.321,334~337, 514~527, 1991.
60. 이귀녕 외: 임상병리파일, 서울, 의학문화사, pp.73~75, 77~78, 249~252, 257~264, 572, 577~579, 942~945, 1990.

=Abstract=

The effects of Sam-chool-gun-bi-tang administration on urine metabolic responses during carbohydrate loading diet to long distance runners.

Young-Gyu Han · Myeong-Jong Lee

*Dept. of Rehabilitation Medicine,
College of Oriental Medicine, Dongguk University*

Objective

This experimental study was designed to investigate effects of Sam-chool-gun-bi-tang administration during carbohydrate loading diet to long distance runners on changes of the urine metabolic responses.

Materials and Methods

All subjects were divided randomly with two groups, Sam-chool-gun-bi-tang administration Group (N=5) and control group (N=5) and attended on domestic marathon race. The urine samples were collected by 15ml conical tube at rest, a day before race, immediately after race, a day after race. These samples were used to analyze for the factors of the change on metabolic responses. At First, the factors of the routine urine test were checked; RBC, WBC, glucose, protein, ketone, bilirubin, urobilirubin. Next, the factors on the changes of the electrolyte metabolism and creatinine were checked; Na⁺, Cl⁻, K⁺, Ca⁺⁺, Creatinine.

Results

1. Urine RBC, WBC, glucose, protein, ketone, bilirubin, urobilirubin were all denoted negatively(-).
2. Urine pH response in Sam-chool-gun-bi-tang administration group was shown significant difference between two groups at immediately after race.
3. Urine Na⁺ response in Sam-chool-gun-bi-tang administration group was shown significant difference between two groups at immediately after race.
4. Urine K⁺ response in Sam-chool-gun-bi-tang administration group was shown significant difference between two groups at immediately after race and a day after race.

5. Urine Cl^- response in Sam-chool-gun-bi-tang administration group was increased at immediately after race, but was not shown significant difference between two groups.
6. Urine Ca^{++} response in Sam-chool-gun-bi-tang administration group was decreased gradually, but was not shown significant difference between two groups.
7. Urine Creatinine response in Control group was decreased significantly at immediately after race, but was not shown significant difference between two groups.

Conclusion

According to the above results, it was shown that Sam-chool-gun-bi-tang administration had the positive effects on changes of the urine matabolic responses during carbohydrate loading diet to the long distance runners.

Key Words : Sam-chool-gun-bi-tang, the urine matabolic responses, carbohydrate loading diet, runners.