

원저

## 한의약소재 스포츠음료수 섭취가 운동-유발성 피로의 단시간 회복에 미치는 영향

나현중, 이규락, 강호율<sup>1)</sup>

경북대학교 대학원, 경북대학교<sup>1)</sup>

### Effect of Oral Sport Beverages with Medicinal Herbs Added on Short-term Recovery from Exercise-induced Fatigue

Hyun-Jong Na, Kyu-Lark Lee, Ho-Youl Kang<sup>1)</sup>

Graduate School, Kyungpook National University  
Department of Physical Education, Kyungpook National University<sup>1)</sup>

**Objectives :** Ginseng Research Group in Korea Food Research Institute developed Saeng Mac San (KFRI-2) and Je Ho Tang (KFRI-3) with their sensory factors more acceptable. And we examined their effects on the short-term recovery capacity for cycling exercise (EX) maintained to all-out.

**Methods :** Seven healthy young subjects (aged  $24.0 \pm 2.1$  yr) were volunteered at this double blind test. Each of KFRI-2,3, a commercial sport beverage and control (CON) was offered randomly on a series of EX protocol including 65% VO<sub>2</sub>max-90min EX (D-ride), 1h-recovery and 85% VO<sub>2</sub>max EX to all-out (P-ride) under the control of their heart rate (HR) and rating perception of exertion (RPE). Blood samples were collected before D-ride, 30, 60 and 90min in D-ride, 30 and 60min in the recovery period and each 10min in P-ride. Plasma analysis items were glucose, insulin, cortisol (CORT), testosterone (TEST), free fatty acid (FFA), Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> and K<sup>+</sup>. The collected data (Means  $\pm$  SE) were analysed by two-way ANOVA and statistically significant differences between treatments ( $p < 0.05$ ) by LSD.; the significant level in FFA, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> and K<sup>+</sup> was  $p < 0.01$ .

**Results :** At 30min during recovery, plasma glucose level in KFRI-3 was significantly higher than CON, and also insulin in KFRI-3 was than CON and KFRI-2. FFA in KFRI-3 was significantly lower than CON during recovery. Na<sup>+</sup> in KFRI-3 significantly higher than CON at 90min in D-ride, and also KFRI-2 was at 60min during recovery. However CORT, TEST, Cl<sup>-</sup> and K<sup>+</sup> in treated beverages were not significant. KFRI-2,3 elevated the time for P-ride more than CON did.

**Conclusions :** KFRI-2,3 elevated the time for P-ride about 12% more than CON did. It is based on rapid recovery of plasma glucose level and inhibition of lipolysis during recovery.

**Key Words:** Sport beverage, Saeng Mac San, Je Ho Tang, Exercise, Recovery, Fatigue

· 접수 : 2005년 7월 28일 · 논문심사 : 2005년 10월 23일  
· 채택 : 2005년 11월 24일  
· 교신저자 : 나현중. 경북 경산시 하양읍 금락리 19-2. 가까운  
한의원  
(Tel: 053-853-7501, E-mail: kodna@naver.com)  
· 본 연구는 한국식품연구원(KFRI)의 연구비 및 연구재료  
지원으로 수행되었음.

### 緒論

일반적으로 스포츠음료수 (sport beverage: SB)의 기본 조성은 탄수화물 (CHO)과 전해질 (E)을 함유하는 CHO-E의 형태이다. CHO의 적절한 섭취는, 높은 수준의 혈당 유지<sup>1)</sup>, 근글리코겐의 저장능력 향상

2) 및 근글리코겐의 효율성<sup>3)</sup>을 통해서 운동-유발성 피로를 지연하고 운동중 스트레스호르몬 분비의 증가를 감소한다. 또한 E의 적절한 공급은 체액의 저류를 촉진하여 수분의 과다 섭취로 인한 저나트륨혈증을 예방한다<sup>4)</sup>. 이는 피로 발생의 주요 유발인자가 운동초기 4~15분간의 최대 근육활동에 의한 산성증이 피로와 관련이 있고<sup>5)</sup>, 격렬한 운동의 장시간 지속으로 나타나는 혈당 저하라는 점에 기초하고 있다<sup>6)</sup>. 따라서 선행연구에서는 SB 효능평가의 프로토콜은 『근글리코겐 소모 운동(D-ride) → 단시간 회복기 → 계속되는 탈진 유발(all-out) 운동(P-ride)』이라는 일련의 방식을 채택하고 있다<sup>7-9)</sup>.

한의학 방제 생맥산과 제호탕이 그 고유의 적응증과 더불어 여름철 청량음료로서 응용되어 왔다는 점에 착안하여, 한국형 SB로서의 개발 가능성이 거론되었지만 그 실증적 연구는 미흡한 실정이다. 더욱이 생맥산과 제호탕의 실용화를 위해서는 그 효능점사 이전에 기호성의 개선이 필요하다고 보고한 바 있다<sup>10)</sup>. 이에 한국식품연구원(KFRI)에서는 생맥산과 제호탕의 감각인자를 개선하여 KFRI-2,3 2종을 재개발하였고, 본 연구에서 운동 지속능력과 관련한 KFRI-2,3의 효능평가를 시행하였다. 따라서 본 연구의 목적은 KFRI-2,3의 섭취가 운동 지속능력에 미치는 영향에 따르는 단시간 회복기의 생리기전을 분석함에 있다. 이를 위한 세부목표로서 심박수(heart rate: HR)와 운동자각도(rating of perceived exertion: RPE)를 통제하는 프로토콜에서 혈당(glucose), 혈장 인슐린(insulin), 코티졸(cortisol: CORT), 테스토스테론(testosterone: TEST), 유리지방산(free fatty acid: FFA), Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>을 비교처치(control: CON)와 비교·분석하였다.

## 對象 및 方法

### 1. 연구 대상

본 연구는 신체 건강한 남자 대학생 10명을 대상으로 실시하였다 <Table 1>. 사전 검사에서 피험 대상자의 운동습관 및 병력을 조사하여, 골격계 손상

의 병력이 없는 15명을 우선 참여시켰다. 이들은 실험의 내용에 대해 충분한 설명을 듣고 자발적으로 참여하였다. 그리고 그 중에서 10명이 임의 선발되었다. 도중 탈락한 5명은 기준선(base line: BL)에서 체혈 전 금식을 지키지 않은 4명과 과운동으로 인한 대퇴부근육통 호소자 1명<sup>1)</sup>이었고 병력과 관련한 탈락자는 없었다.

### 2. 연구 방법

본 연구의 실험 설계 개요는 (Figure 1)에 나타난 바와 같고, 그 세부 사항인 운동 처치, 음료 처치, 혈액 채취 및 분석 항목은 다음에 설명한 바와 같다.

#### 1) 운동 처치

사전실험에서 피험자의 운동강도를 산출하기 위하여 Astrand protocol (지속적방법)을 이용하여 자전거 에르고미터로 VO<sub>2max</sub>를 측정하였다. VO<sub>2max</sub> 측정후 충분한 회복을 위해 1주일간의 회복기를 가졌다. 본 실험 실시 하루 전 피험자는 12시간의 금식을 실시하였고, 이 시기에는 연구실에서 제공하는 물의 섭취만을 허용하였다. 실험 당일 오전 06:00까지 실험실에 도착한 피험자는 안정을 취한 후 HR를 측정하였고 상완정맥에 3방향-케테르를 설치하고 안정시 혈액(BL: 0)을 채취하였다. 이어서 자전거 에르고미터를 이용하여 3분간 준비운동 후에 65% VO<sub>2max</sub> 강도로 90분간 자전거운동(D-ride)을 실시하였고, D-ride 중 30분 간격으로 체혈한 직후 200ml의 처치음료를 섭취하였다.

D-ride 후 자전거에서 내리와의자에 앉은 상태에서 500ml의 처치음료를 5분 이내에 섭취한 후 60분

**Table 1.** Physical Characteristics of Subjects

|                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| Age(yr)                         | 24.0 ± 2.1  |
| Weight(kg)                      | 70.1 ± 8.2  |
| Height(cm)                      | 173.6 ± 4.3 |
| VO <sub>2max</sub> (ml/kg/min)* | 44.8 ± 3.55 |

기준선 비교; 임의선정한 각 피험자(N=10)의 실험전 혈당치(mean ± SE)은 정규분포의 정상분위 [(Q1 - 1.5 × IQR, Q3 - 1.5 × IQR), (71.5, 119.5)] 내에 있었다. 또한 이는 연령, 체중, 신장 및 VO<sub>2max</sub> (maximal oxygen consumption: 최대산소섭취량)의 기준선 비교에 영향을 미치지 않았다.

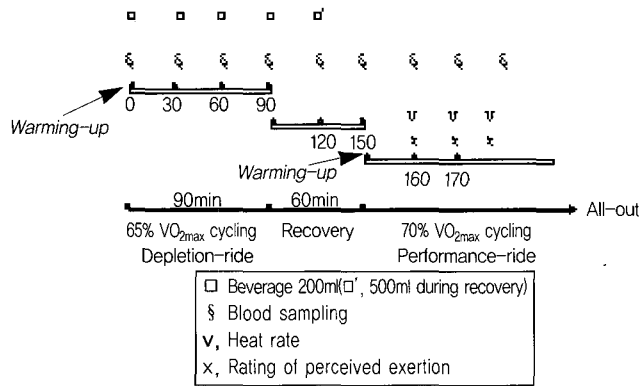


Fig. 1. Experimental Design.

간의 회복기 안정을 취하였다. 회복기 이후 운동 지속능력을 평가하기 위해 75%  $VO_{2max}$  강도로 all-out 까지 자전거운동 (P-ride)을 하였고, 이때 all-out까지의 소요시간을 측정하였다. All-out의 시점은 RPE 19 이상, HR 180 bpm으로 설정하였다. 피험자는 all-out에서 자전거에서 내려와 의자에서 30분간 휴식을 취하면서 HR 측정과 채혈을 하였다. 운동처치 중 실험실의 온도는  $21 \pm 1^\circ C$ , 습도는 75%로 유지하였다.

2) 음료 처치

처치음료는  $5^\circ C$  내외의 water-control [퓨리스®, 하이트맥주(주): CON], 6%-CHO-E[Gatorade thirst quencher lemon®, 한국펩시콜라(주): gato], KFRI-2,3 4종으로 하였다. 1회 섭취량은 D-ride 중에는 30분마다 200ml로 하였고 D-ride 직후 회복기에는 500ml로 하였다. 음료 처치는 이중맹검법으로 피험자에게 4종의 처치음료를 무작위로 배당하였고 각 처치 간의 간격은 7일로 하였다.

3) 혈액 채취

혈액은 상완 정맥에 설치한 케테르를 이용하여 안정시 (0), D-ride 30분마다 (30, 60, 90), 회복기 500ml 음료 처치 후 매 30분마다 (120, 150), P-ride 10분마다 그리고 all-out 후 의자에 앉은 상태에서 15분에, 5ml씩 채취하였다. 채취한 혈액은 응고를 방지하기 위하여 30  $\mu l$ 의 헤파린 [중외제약 (주)]으로 처리한 다음, 즉시 원심분리 (3000 rpm  $\times$  15 min)하여 혈장만

을 분리하여 분석 전까지  $-70^\circ C$ 에서 보관하였다.

4) 측정 항목

RPE는 D-ride에서 Borg Scale을 사용하여 매 10분마다 측정하였고, HR은 자동 심박수측정기 (Polar, Port Washington NY 11050, Polar Electro Inc, USA)를 이용하여 채혈직전 측정하였고 그 측정 빈도는 채혈 빈도와 동일하였다. 그리고 혈장 분석 항목 및 방법은 다음과 같다.

1) 혈당: Glucose & lactate analyser (YSI 2300 STAT plus, Japan)로 측정하였다.

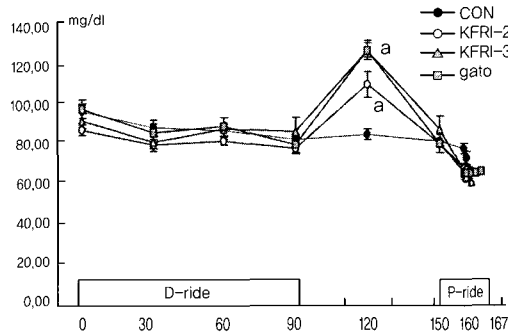
2) 인슐린, CORT 및 TEST: Coat-A-Count Kit (Diagnostic products corporation, USA)을 이용하여 방사선면역측정법으로 분석하였고  $\gamma$ -counter (1470 Wizard, Wallac, automatic count, Finland)로 측정하였다.

3) FFA: modified Noma 등 (1973)의 방법으로 분석하였다.

4)  $Na^+$ ,  $K^+$  및  $Cl^-$ : 사단법인 녹십자 임상연구소에 의뢰하여 Cobas INTEGRA로 분석하였다.

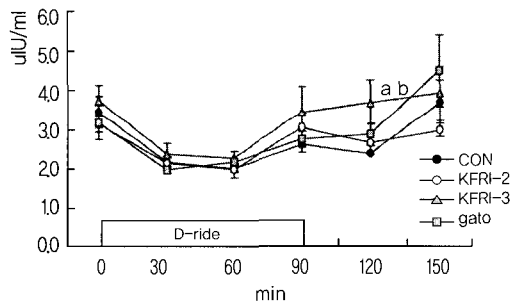
3. 자료 처리

각 측정 항목에 대한 결과는 평균과 표준오차 (mean  $\pm$  SE)로 산출하였고, 통계처리는 SPSS for Windows for Version 10.0을 이용하였다. 각 측정항목의 결과에 대하여 운동전 · 중 · 후에 따르는 음료처치의 주효과 및 상호작용 효과는 이원분산분석



**Figure 2.** Plasma Glucose Response.

- a; Significantly different from CON.
- b; Significantly different from KFRI-2.



**Figure 3.** Plasma Insulin Response.

- a; Significantly different from CON.
- b; Significantly different from KFRI-2.

(two-way ANOVA)으로 검정하였고 음료처치 간의 결과 및 각 음료처치 내의 결과 비교의 유의수준은 *t*-test로 검정하였으며, 최소유의차 (LSD)로 사후검정을 하였다. FFA와 전해질의 유의수준 ( $p < 0.01$ )을 제외한 측정항목 결과의 유의수준은  $p < 0.05$ 로 하였다.

의하게 높은 혈당반응을 나타냈다 (*t*-test;  $p < 0.05$ ). 그 중에서 gato는 CON과 KFRI-2에 비해서 유의하게 높았다 (*t*-test;  $p < 0.05$ ). 그리고 KFRI-2와 KFRI-3 모두 CON에 비해서 유의하게 높았다 (*t*-test;  $p < 0.05$ ). KFRI-3의 혈당반응이 KFRI-2에 비해서 유의하게 높지 않았지만, gato와 유사한 혈당수준을 나타냈다.

## 結 果

### 1. 혈당

D-ride 이후 회복기 30분에서, 음료처치 간의 혈당 반응의 차이가 나타났다 (Figure 2). gato ( $126.0 \pm 3.51$  mg/dl), KFRI-2 ( $109.0 \pm 6.44$  mg/dl), KFRI-3 ( $125.86 \pm 4.86$  mg/dl)가 CON ( $84.29 \pm 2.74$  mg/dl)에 비해서 유

### 2. 인슐린

D-ride 이후 회복기 30분에서, 음료처치 간의 인슐린 반응의 차이가 나타났다 (Figure 3). gato ( $2.26 \pm 0.63$  uIU/dl), KFRI-2 ( $2.03 \pm 0.48$  uIU/dl)와 CON ( $2.06 \pm 0.23$  uIU/dl)의 인슐린 반응의 변화 간에는 별다른 차이가 나타나지 않았다. 그러나 KFRI-3 ( $2.34 \pm 0.47$

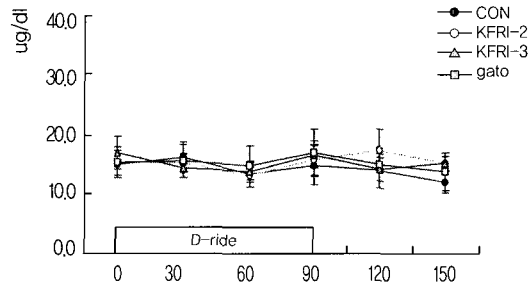


Figure 4. Plasma Cortisol Response.

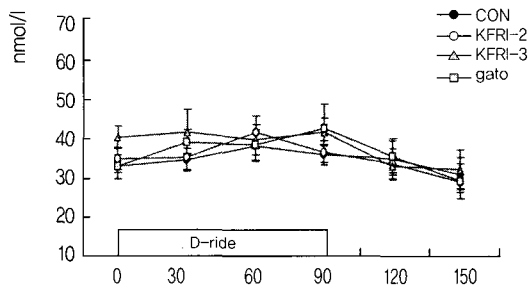


Figure 5. Plasma Testosterone Response.

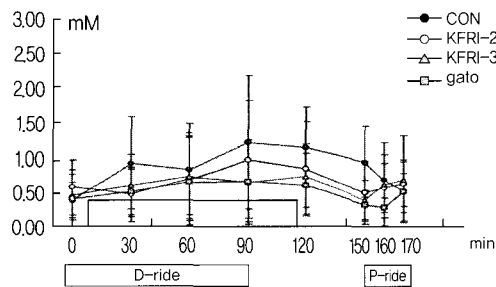


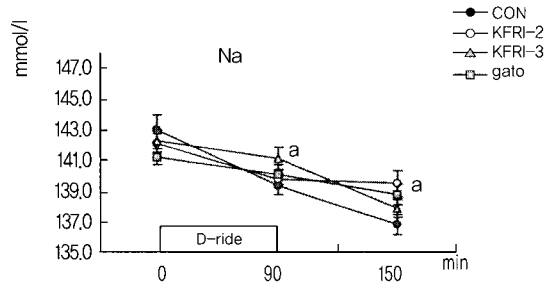
Figure 6. Plasma Free Fatty Acid Response.

ulU/dl)만이 CON과 KFRI-2에 비해서 유의하게 높은 인슐린 수준을 나타냈다 ( $t$ -test;  $p < 0.05$ ).

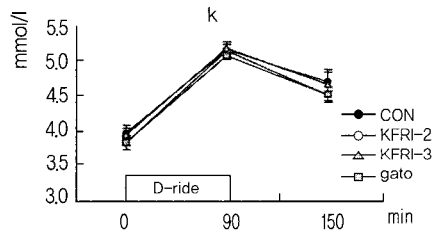
### 3. CORT

전 실험 시간대에 걸쳐서 각 음료처치의 CORT 농

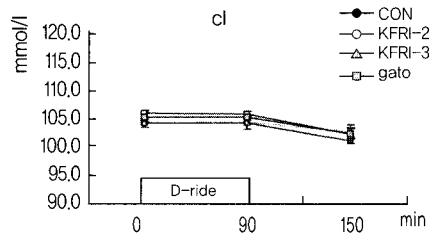
도의 변화는 나타나지 않았고, 4종의 음료처치 간에도 별다른 변화가 나타나지 않았다 (Figure 4). 다만, D-ride 이후 회복기 30분에 KFRI-3와 gato의 CORT 농도가 CON과 KFRI-2에 비해서 약간 증가하는 경향을 나타냈다.



**Figure 7.** Plasma Na<sup>+</sup> Response.  
a; Significantly different from CON.



**Figure 8.** Plasma K<sup>+</sup> Response.



**Figure 9.** Plasma Cl<sup>-</sup> Response.

#### 4. TEST

전 실험 시간대에 걸쳐서 각 음료처치의 TEST 농도의 변화가 나타나지 않았고, 4종의 음료처치 간에도 별다른 변화가 나타나지 않았다 (Figure 5). 다만, D-ride 직후에 KFRI-3와 gato의 TEST 농도가 CON과 KFRI-2에 비해서 약간 증가하는 경향을 나타냈다.

#### 5. FFA

전 실험 시간대에 걸쳐서 KFRI-2,3와 gato의 FFA 농도의 변화는 CON에 비해서 낮은 경향을 나타냈다 (Figure 6). 특히, D-ride 이후 회복기 60분에 KFRI-3 ( $0.73 \pm 0.07$  mM)과 gato ( $0.64 \pm 0.07$  mM)의 FFA 농도는 CON ( $0.82 \pm 0.06$  mM)에 비해서 낮은 경향을

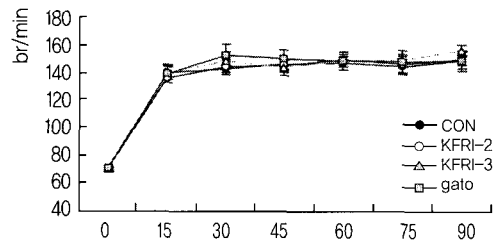


Figure 10. Heart Rate Response during 65% VO<sub>2max</sub> D-ride.

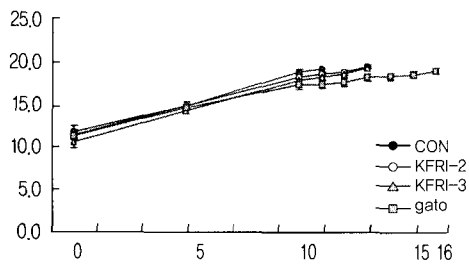


Figure 11. Rating of Perceived Exertion. during 75% VO<sub>2max</sub> R-ride.

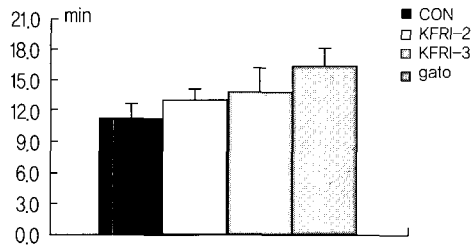


Figure 12. Sustained Time during 75% VO<sub>2max</sub> R-ride.

나타냈다.

#### 6. Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> 및 Cl<sup>-</sup>

D-ride 직후 KFRI-3의 Na<sup>+</sup> 농도 (141.0±0.7 mmol)는 CON (139.3±0.5 mmol)에 비해서 유의하게 높았고 (*t*-test; *p*<0.05), 회복기 이후 P-ride 운동직전에 KFRI-2의 혈장 Na<sup>+</sup> 농도 (139.4±0.8 mmol)는 CON (136.9±0.6 mmol)에 비해서 유의하게 높았다 (Figure 7). D-

ride과 회복기 동안의 혈장 K<sup>+</sup>와 Cl<sup>-</sup>의 농도 변화는 각 음료처치 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다 (Figure 8 & 9).

#### 7. HR

4종류의 음료처치에서 D-ride 동안 최저 133±3.5 bpm에서 최고 152±4.2 bpm 범위에서 해당 목표심박수를 지속적으로 유지하였다 (Figure 10).

### 8. RPE 및 운동 지속시간

R-ride 중의 RPE는 각 음료처치 간에 별다른 차이가 나타나지 않았지만, R-ride 10분부터 변화하는 경향을 나타냈다 (Figure 11). 그리고 R-ride의 운동지속 시간은 CON이 11.1분이었던 것에 비해서 gato는 16분, KFRI-2는 13.1분 그리고 KFRI-3는 13.3분이었다. 이에 KFRI-2와 KFRI-3은 유사한 운동지속시간을 나타냈다 (Figure 12).

## 考 察

본 연구에서는 건강한 남자대학생 10명의 한의약소재 SB KFRI-2,3 섭취가 CON 또는 gato의 섭취와 비교하여, 『65%VO<sub>2max</sub> 운동 90분에 의한 잉여 글리코겐 소비 → 회복기 60분 → 75%VO<sub>2max</sub> 운동에 의한 all-out』의 운동처치에 대하여 운동 지속능력과 그 운동지속을 위한 회복능력에 미치는 영향을 분석하였다. 그리고 D-ride동안 점진적인 혈당 저하를 나타내고 해당 목표심박수를 유지하는 CON의 통제를 설정하였다. 지구성운동 초기에는 근수축의 에너지요구량을 충족하기 위하여 잉여 글리코겐과 포도당을 우선적으로 동원하기 때문에 CHO 효용성과 관련한 혈당조절호르몬의 변화는 비교적 미약할 것이고, 이후 지방대사의 증가를 통해서 에너지를 공급함으로써 지속적으로 혈당을 유지할 것이다. 또한 지구성운동 말기에 나타나는 피로가 혈중 혈당 조절호르몬의 농도의 큰 변화를 수반한다면, 이는 근육과 간의 글리코겐 고갈, 비정상적인 혈당 유지 및 운동수행을 지속하려는 진력과 기분장애와 관련한 심리적인 요인에 기인할 것이다<sup>14)</sup>.

본 연구의 혈당 변화에서는, 회복기 30분에 KFRI-2 (109.0±6.44 mg/dl)와 KFRI-3 (125.86±4.86 mg/dl)는 CON (84.29±2.74 mg/dl)에 비해서 유의하게 높게 나타났고, KFRI-3은 gato 수준의 혈당반응을 나타냈다. 이는 KFRI-2,3가 CON에 비해서 회복기 이후 지속되는 근수축의 에너지요구량에 필요한 혈당 조절이 신속하게 형성되고 있음을 말한다. 운동중 CHO-E 섭취는 혈중 인슐린 농도를 안정시의 상태로 유지

하든지 또는 약간 증가하는 변화를 나타낸다<sup>5,11,12,13)</sup>. 본 연구에서 CON의 인슐린 농도는 안정시에 비해서 D-ride 직후에 약간 감소하는 경향을 나타냈고, 이 시점에서 gato와 KFRI-2,3의 인슐린 농도는 안정시와 유사하여 각 음료처치 간에 유의한 차이의 변화는 나타나지 않았다. 다만, 이 시점의 KFRI-3의 혈중 인슐린 농도의 절대값이 다른 음료처치의 값에 비해서 높았던 점은 이후 회복기 30분에 나타난 다른 음료처치에 비해서 높게 나타난 인슐린 농도 변화에 영향을 미치지 않았다고 볼 수는 없다.

회복기 30분에 CON에 비해서 유의하게 높게 나타난 KFRI-2,3의 혈당 농도에 상응하여, 특히 KFRI-3의 회복기 인슐린 농도 (2.34±0.47 ulU/dl)는 CON과 KFRI-2에 비해서 유의하게 높은 수준을 나타냈다. 이는 회복기에 KFRI-3의 섭취가 CON과 KFRI-2에 비해서 지방분해에 의존하지 않고서도 근육의 혈당 섭취와 글리코겐 합성을 이용하여 회복에 보다 효율적일 수 있다고 할 수 있다. 또한 회복기 30분에 KFRI-3이 gato에 비해서도 비교적 높은 인슐린 수준을 나타냈지만 D-ride 직후에 비해서 회복기 30분에 KFRI-3의 인슐린 농도가 증가한 변화 양상이 동일한 시간대에 나타난 gato의 변화 양상과 유사하다는 점이 관찰되었다. 따라서 D-ride 직후에서 회복기 30분까지 나타난 각 음료처치의 혈당 증가의 변화에 비해서, 동일한 시간대에 나타난 인슐린 수준의 증가 양상이 회복기 이후 지속되는 R-ride의 지속 시간에 영향을 미치는 더욱 강력한 인자가 될 수 있다는 점을 배제할 수 없다.

장시간 운동중에 CHO-E 섭취는 운동중 및 운동 후 수 시간 동안 혈중 CORT 수준의 완만한 증가를 나타내기도 한다<sup>14)</sup>. 그 반면에 위약 섭취가 150분 사이클링이나 달리기 운동전에 비해서 유사하거나 약간 높은 CORT 농도를 나타낸 것에 비해서 CHO-E 섭취는 운동후 CORT를 감소하는 것으로 나타났고<sup>15)</sup>, 지속적인 2시간 운동중의 CORT 농도<sup>15,16)</sup> 및 70% VO<sub>2max</sub> 12분×7회 사이클링 운동 이후 CORT 농도 또한 저하하는 것으로 나타났다<sup>17)</sup>. 본 연구에서 CORT 농도는 운동처치 이후 회복기까지의 시간대



에 걸쳐서 각 음료처치 간에 유의한 차이는 나타나지 않았고, gato 섭취는 회복기에 안정시 CORT 수치를 나타냈다. 다만, 회복기 30분에 KFRI-3의 CORT 농도가 CON과 KFRI-2에 비해서 약간 증가하는 경향을 나타냈다는 점에서, KFRI-3 섭취는 회복을 위하여 지방이나 단백질 대사에 대한 의존도를 비교적 낮출 수 있음을 알 수 있다.

혈중 TEST의 높은 농도는 아미노산 합성의 활성화화를 의미하고, 특히 근육내 글리코젠합성효소를 자극하여 고갈된 근글리코젠의 재충전의 촉진을 말한다. 회복기에 각 음료처치 간에 TEST 농도의 유의한 변화는 나타나지 않았고, D-ride 직후에서 회복기 60분까지 모두 감소하는 경향을 나타냈다. 따라서 KFRI-2,3 섭취의 회복기 동화작용은 이후 지속되는 운동지속에 미치는 영향은 미약하므로, TEST/CORT비의 증감 여부를 측정하여 가역적 이화상태를 살펴 볼 필요성은 그다지 크지 않았다.

D-ride 시작에서 실험종료까지 CON의 FFA 농도 변화는 KFRI-2,3과 gato에 비해서 높은 경향을 나타냈다. 혈중 FFA의 저하는 인슐린 반응 증가 그리고/또는 CORT 반응 감소에 의한 글리코젠 합성 증가에 따르는 지방분해 저하를 나타낸다. 따라서 회복기 CORT 농도는 각 음료처치 간에 유의한 차이의 변화가 없었던 것과 비교하여 KFRI-3과 gato의 인슐린 농도는 운동후 다른 처치에 비해서 증가하는 양상을 나타낸 점을 고려할 필요가 있다. 이에 본 연구의 회복기에 KFRI-3와 gato가 CON에 비해서 낮은 FFA 농도를 나타낸 것은 KFRI-3과 gato가 CON보다는 신속한 혈당 유지를 통한 회복에 보다 효과적임을 말한다.

트립토판 (tryptophan)은 뇌에서 세로토닌 (serotonin)으로 전환하고, 세로토닌은 중추성 피로를 조장하는 신경전달물질로 알려져 있다<sup>18)</sup>. 따라서 회복기에 나타난 KFRI-3의 혈중 FFA 농도 저하는 혈중 트립토판 농도의 저하 가능성을 시사하지만, 운동 처치의 전 시간대에 걸쳐서 gato의 FFA 변화 추이와 유사하였으므로 KFRI-3가 중추성 피로의 지연에 효과적이라고 볼 수는 없다.

운동에 의한 발汗을 통한 전해질의 손실에 대하여 KFRI-2,3의 섭취가 미치는 영향을 보면, 특히 글리코젠소모를 유발하는 운동직후 KFRI-3의 혈장 Na<sup>+</sup> 농도 ( $141.0 \pm 0.7$  mmol)는 CON에 비해서 유의하게 높았고, 회복기 60분에 KFRI-2의 혈장 Na<sup>+</sup> 농도 ( $139.4 \pm 0.8$  mmol)는 CON에 비해서 유의하게 높았다. 하지만 KFRI-2,3 모두  $\geq 145$ mmol의 고나트륨혈증을 나타내지는 않았다. 그리고 모든 음료처치의 혈장 K<sup>+</sup>와 Cl<sup>-</sup>는 정상 수준을 유지하였다.

뇌는 혈당의 지속적인 공급과 산화에 절대적으로 의존한다. RPE는 운동을 감당할 수 있는지의 여부를 주관적으로 판단하는 뇌의 인지능력 지표로서, 0점 (전혀 힘들지 않다)에서 20점 (매우 힘들어서 도저히 뱉 수 없다)으로 구성되어 있다. 본 실험에서는 19점을 호소하면 운동정지를 시켜서 피험자를 보호하였다. 이에 KFRI-2,3의 섭취는 회복기 이후 R-ride에서 각각 13.1분과 13.3분의 유사한 운동지속시간을 나타냈고 CON (11.1분)에 비해서는 12%의 증가를 나타냈다. 따라서 KFRI-2,3의 섭취는 CON에 비해서 RPE를 완화하여 운동지속에 일부 기여한 기전에는, 혈당과 인슐린의 증가가 매개하였다고 볼 수 있다<sup>9)</sup>. 하지만 본 연구에서 분석한 CORT과 인슐린 뿐만 아니라 에피네프린 (epinephrine), 글루카곤 (glucagon)과 성장호르몬 (growth hormone)의 반응이 피로 지연에 미치는 영향은 분명하게 밝혀진 바 없기 때문에, 그 회복능력을 파악하기 위해서는 이들 스트레스호르몬들의 반응을 all-out이후 일정한 시점까지 그 분석이 필요할 것으로 사료된다.

최근 연구에서는 CHO-E에 단백질을 첨가한 스포츠음료수 (CHO-E-PRO)의 섭취가 CHO-E 섭취에 비해서 회복기이후 탈진까지의 운동시간을 연장하였지만 CHO-E-PRO의 섭취가 CHO-E 섭취에 비해서 혈당 및 혈장 인슐린 농도변화의 별다른 차이를 나타내지 않았다<sup>8)</sup>. 이러한 연구결과는 지구성능력 증진 기전으로 단백질 섭취를 통한 근글리코젠의 보충이나 그 효용성의 향상 이외의 특이적 생리기전을 제안하였기 때문에, KFRI-2,3의 CHO-E-PRO 비교 실험 또한 필요하다고 생각한다. 이상의 내용을 종합

해 보면, KFRI-2,3가 CON에 비해서 RPE 완화와 미약하나마 운동 지속시간의 연장 효과를 나타낸 것은 회복기에 혈당과 인슐린 반응의 증가 기전에 주로 기인하였다고 볼 수 있다. 특히, 이러한 혈당과 인슐린 반응에 대하여 KFRI-3의 소화기계 기능에 대한 영향이 KFRI-2의 순환기계 기능에 대한 영향보다 비교적 클 수도 있기 때문에, 그 실증을 위하여 KFR-2,3의 위공복율 (gastric emptying) 검사를 시행할 예정이다.

### 結 論

KFRI-2,3 섭취가『90분간의 65% VO<sub>2</sub>max운동 및 이후 60분의 회복기와 지속되는 탈진까지의 75% VO<sub>2</sub>max운동』에 따르는 회복능력에 관한 본 연구의 결과는 다음에 나타난 바와 같다.

1. D-ride 이후 회복기 30분에, 혈당 반응은 KFRI-3가 CON에 비해서 유의하게 높았고 KFRI-2,3 간의 유의한 차이는 없었으며, 혈중 인슐린 반응은 KFRI-3이 CON과 KFRI-2에 비해서 유의하게 높았다.

2. 회복기에 KFRI-3의 혈중 FFA 농도는 CON에 비해서 유의하게 낮게 나타났다.

3. 혈장 Na<sup>+</sup> 농도는 D-ride 직후 KFRI-3가 CON에 비해서 유의하게 높았고, 회복기 이후 R-ride 직전에 KFRI-2가 CON에 비해서 유의하게 높았다.

4. 각 음료처치 간에 CORT, TEST, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, HR 및 RPE 변화의 별다른 차이는 없었다.

5. KFRI-2,3의 R-ride 운동지속시간 (13.1분과 13.3분)은 CON (11.1분)에 비해서 약간 연장하였지만 유의한 차이는 나타나지 않았다.

결론적으로, CON 대비 KFRI-3의 운동지속시간의 12% 연장효과는 CON과 KFRI-2에 비해서 회복기에 신속하게 혈당을 유지하고 지방분해를 억제하는 기전에 기인하였고, 중추성 피로 지연의 FFA 반응은 나타나지 않았다. 향후 한의약소재 SB의 위공복율 검사, CHO 조성비 및 그 섭취에 따르는 스트레스호르몬 반응에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

### 參考文獻

1. Coggan AR, & Coyle EF. Reversal of fatigue during prolonged exercise by carbohydrate infusion or ingestion. *J Appl Physiol.* 1987;63: 2388-2395.
2. Hickner RC. Muscle glycogen accumulation after endurance exercise in trained and untrained individuals. *J Appl Physiol.* 1997;83: 897-903.
3. Hargreaves M. Carbohydrate replacement during exercise. In: J. L. Roitman(ed.) *ACSM's Resource Manual for Guideline for Exercise Testing and Prescription.* Baltimore: Williams & Wilkins. 2000;182-186.
4. Convertino VA, Armstrong LE, Coyle EF, Mack GW, Sawka MN, Senay LCJr, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 1996;8:i-vii.
5. Coyle EF. Ergogenic aids. *Clin Sports Med.* 1984;1:742.
6. Davis JM. & Fitts R. Mechanisms of muscular fatigue. In: J. L. Roitman(ed.) *ACSM's Resource Manual for Guideline for Exercise Testing and Prescription.* Baltimore: Williams & Wilkins. 1998;182-188.
7. Brouns F. Gastric emptying as a regulatory factor in fluid uptake. *Int J Sports Med.* 1998;19:S125-S128.
8. Ivy JL, Res PT, Sprague RC & Widzer MO. Effect of a carbohydrate-protein supplement on endurance performance during exercise of varying intensity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2003;13:382-395.
9. Williams MB, Raven PB, Fogt DL & Ivy JL. Effects of recovery beverages on glycogen restoration and endurance exercise performance. *J Strength Cond Res.* 2002;17:12-19.

10. 나현중, 김성수, 김영찬, 권대용, 강호을. 한의 약소재 스포츠음료수의 기호성 검사; 감각분 석 및 선호도 조사. 대한한의학회지. 2005; 26:187-194.
11. Davis JM & Brown MA. Carbohydrates, Hormones, And Endurance Performance. Gatorade Sports Science Institute. 2001;14:80-84.
12. Ahlborg G & Felig P. Influence of glucose ingestion on fuel-hormone response during prolonged exercise. *J Appl Physiol.* 41(5 Pt. 1). 1976:683-688.
13. Burgess ML, Robertson RJ, Davis JM. & Norris JM. RPE, blood glucose, and carbohydrate oxidation during exercise: effects of glucose feedings. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23:353-359.
14. Nieman DC, Nehlsen-Cannarella SL, Fagoaga OR, Henson DA, Utter A, Davis JM, et al. Influence of mode and carbohydrate on the cytokine response to heavy exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30:671-678.
15. Murray R, Bartoli WP, Eddy DE & Horn MK. Physiological and performance responses to nicotinic-acid ingestion during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27:1057-1062.
16. Murray R, Paul GL, Seifert JG & Eddy DE. Responses to varying rates of carbohydrate ingestion during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23:713-718.
17. Mitchell JB, Costill DL, Houmard JA, Flynn MG, Fink WJ & Beltz JD. Influence of carbohydrate ingestion on counterregulatory hormones during prolonged exercise. *Int J Sports Med.* 1990;11:33-36.
18. Davis JM, Bailey SP, Woods JA, Galiano FJ, Hamilton MT & Bartoli WP. Effects of carbohydrate feedings on plasma free tryptophan and branched-chain amino acids during prolonged cycling. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1992; 65:513-519.
19. Utter AC, Kang J, Nieman DC, Williams F, Robertson RJ, Henson DA, et al. Effect of carbohydrate ingestion and hormonal responses on ratings of perceived exertion during prolonged cycling and running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1999;80:92-99.