

## Effects of Fructose-containing Drinks on Cardiopulmonary Function, Lactate Levels, and Inflammatory Markers during Maximal Exercise Testing

Sung-Mo Park<sup>1</sup>, Byung-Woo Kim<sup>2</sup> and Yi-Sub Kwak<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of physical education, Dong-Eui University, Busan 614-714, Korea

<sup>2</sup>Anti-aging Research center & Blue-bio Industry RIC, Dong-Eui University, Busan 614-714, Korea

Received April 16, 2015 / Revised July 10, 2015 / Accepted July 16, 2015

The use of fructose-containing sports beverage drinks has increased in recent years, especially at sport events, because of their reported ergogenic effects. However, the ingestion of low to moderate doses of caffeinated energy drinks has been associated with adverse side effects such as insomnia or increased nervousness. The purpose of this study was to investigate the effects of fructose beverage supplementation on cardiopulmonary function, blood lactate levels, and inflammatory reactions. We recruited 8 young adult subjects from D university and measured their cardiopulmonary functions before and after supplementation with sports beverage drinks. We also measured blood lactate and inflammatory reactions after a 20 min recovery period. Exercise time, maximal oxygen uptake ( $V_{O_2max}$ ), and AT HRmax were significantly increased ( $p < 0.05$ ) in the period of before and after sports beverage supplementation. However, no significant differences were observed in RPE, AT RER,  $V_{O_2max}$  RER, AT  $V_{O_2max}$ , and maximum heart rate (HRmax). Lactate levels also significantly decreased after 20 min recovery with sports beverage supplementation. Sports beverage supplementation therefore may enhance maximal  $V_{O_2max}$  and increase the exercise duration time. These drinks may also be helpful in promoting rapid recovery of fatigue variables and increasing exercise performance time.

**Key words** : Cardiopulmonary function, fructose beverage, inflammation, lactate

### 서 론

스포츠음료는 생체 내 부족한 수분과 미네랄을 신속하게 공급하고 젖산, 무기인산염, 수소이온 같은 피로물질을 제거하며 운동 후 산화-항산화 시스템의 복원을 유도할 뿐만 아니라 인체 내 부족한 에너지를 보충하기 위한 목적으로 널리 이용되어져 오고 있다.

이러한 스포츠음료는 지속적인 제품의 다양화, 기능 향상 및 개선을 통해 미국을 비롯한 전 세계에 급속도로 보급되어 오늘에까지 이르고 있다[23]. 현재까지 사용되어온 스포츠음료의 주요 성분으로는 생체 내 주된 에너지원인 탄수화물이 주로 이용되었으며, 운동 중 땀의 배설로 인해 소실된 나트륨이나 칼륨, 마그네슘 등의 무기질(즉, 전해질)이 포함되며, 운동 중 피로 회복에 필요한 비타민 B1, B2, 및 C가 포함되었고, 이들 음료의 대부분은 체내 흡수가 빠르고 마시기 쉽도록 제조되었다. 따라서 운동 시 에너지원의 보강 역할을 하기도 하며 물보다 더 빨리 수분을 흡수하여 장거리 훈련 혹은 매우

고된 훈련 중에 에너지원의 유도 및 보충과 훈련 후의 피로회복, 항상성 유지, 산화-항산화 반응조절, 염증반응조절, 면역관리 등 건강관리에 매우 효과적이라 할 수 있다[17].

최근 연구결과들에 의하면 운동선수들을 주축으로 한 젊은 운동선수들이 건강에 해로운 anabolic steroid를 사용하는 대신 운동과 스포츠 현장에서 합법적이고도 필요한 영양소와 에너지를 빠르고도 간편하게 효율적으로 얻기 위하여 만든 식품인 에르고제닉에이드(ergogenic aids)를 선호하고 있다고 하였다[4].

한편, 스포츠 음료로서 탄수화물 이외에도 마라톤과 같은 장시간 운동수행력과 즉각적인 운동수행력에 도움이 되며 인슐린의 반응을 적게 일으키면서 에너지원으로 작용하는 MCT (medium chain triglycerides)와 같은 지방산이나 미토콘드리아의 내, 외막에 있으며, 체내 산소활용과 지방산 활용을 유도하는 카네틴(carnitine)을 포함하는 물질도 이용되고 있다[1]. 그리고 운동 중 피로 회복에 필요로 하는 비타민 B1, B2, C가 포함되며 TCA 싸이클의 인터미디에이트로 바로 유입되어 필요한 에너지를 생성하는 BCAA (branched chain amino acids)와 같은 아미노산 등이 이용되어져 왔다[3].

보충제의 개념에서 단백질 보충제로는 일반적으로 계란 흰자와 우유에서 추출한 단백질, 대두 식물성 단백질이 포함 되어야 하며, 탄수화물 보충제로는 체내 흡수가 빠른 glucose와 과일에서 얻는 단당류인 fructose 그리고 혈당의 반응을 일정하게 하는 다당류 malto dextrin을 포함하고 있다[4, 22].

#### \*Corresponding author

Tel : +82-51-890-1546, Fax : +82-51-890-2643

E-mail : ysk2003@deu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

스포츠 음료 투여의 부정적인 시각으로 Beltz [3]는 과잉의 단백질과 정제된 아미노산이 첨가된 비타민, 무기질 등이 함유된 보조식품이 얼마나 경기력 향상에 효과가 있는지 의문이며, 오히려 이들의 투여가 부작용을 가져올 수 있다고 경고하였으며, Laos 등[13]은 젊은 운동선수들이 경기력 향상을 위하여 선호하는 약물들이 경기력 향상에 효과적일 수 있지만 부작용이 나타날 수 있어 근력운동과 지구성 운동을 통한 경기력 향상이 가장 안전하고 효과적이라는 것을 교육하는 것이 중요하다고 하였다.

한편, 현재 시판되고 있는 대부분의 스포츠 음료들은 단순한 수분흡수와 전해질 공급에 주안점을 두고 있기 때문에 심한 갈증을 유발하는 운동선수나 일반 동호인들이 사용할 때에는 오히려 전해질 균형을 저해시킬 가능성이 있다고 하는 주장도 있다[7]. 이들의 주장은 스포츠음료 투여가 운동 후 빠른 피로 회복과 근육의 부상 시 피로회복에 도움을 줄 수 있는 보조제의 역할은 결여 되었다고 보고하고 있다[8, 11].

또한 시험 직전의 당질 섭취는 체장의 인슐린 분비 증가와 혈액의 혈당량 감소로 운동수행력의 증가보다는 피로를 유발시키고 있어, 경기력 향상에 큰 도움을 주지 못한다고 알려져 있다.

한편, 최대산소섭취량( $VO_2max$ )은 운동시 최대 유산소적 운동능력으로 알려져 있다[2]. 최대산소섭취량은 유전적 속성과도 관련이 있어 실제 장거리 선수들의 경기기록과 낮은 상관관계를 보여 지구성 운동 강도를 결정하기엔 다소 의문이 제기된다는 연구결과도 있다[12].

이에 반해 무산소 역치(anaerobic threshold)는 운동강도가 증가함에 따라 에너지대사의 변화과정에서 발생하는 생리학적인 변인들이 급격히 증가하는 시점으로 알려져 있으며, 젖산 역치(lactate threshold)와 환기역치(ventilation threshold)가 대표적인 지표로 사용되고 있다[21].

운동 시 환기량, 산소섭취량, 이산화탄소 배출량, RQ, 및 RER 등을 측정해보면 산소섭취량을 초과하여 이산화탄소 배출량이 증가함으로 그 비율이 비례관계를 벗어나는 지점을 역치시점으로 하며[6], 점진적 부하의 운동 시 환기량은 어느 시점까지는 산소섭취량과 병행하여 직선적인 증가 양상을 보이지만 심박수가 약 140~160회/분에 도달하는 강도에서 환기량은 산소섭취량에 비해 급격하게 증가하는 양상을 보인다.

이 시점을 환기역치(ventilation threshold) 또는 환기변곡점(ventilation breaking point)이라고 한다. 일반인의 경우 이 시점은 대체로 최대산소섭취량의 40~60% 수준에서 나타난다[14]. 점증부하운동 시 환기량이 직선적인 관계를 벗어나 급격한 양상을 보이는 것은 혈중젖산이 축적되기 시작하는 현상과 관련이 있다고 설명되고 있다. 운동강도가 높아짐에 따라 혈중젖산의 농도가 높아지고 젖산에 의한 체액의 산성화를 중탄산염( $HCO_3^-$ )이 완충시키는 과정에서  $CO_2$ 배출량이 증가한다. 따라서 강한 강도의 운동시 운동수행력의 발전을 도모하기

위해선 에너지원의 변화와 더불어 호흡환기의 변화 및 무산소 역치의 변화 등과 함께 분석하여 연구해야만 한다.

아울러 스포츠 음료 투여 유, 무에 따른 심폐능력의 변화와 피로물질을 함께 비교 분석한다면, 스포츠음료 투여 유, 무에 따른 경기력 향상여부와 대사적 반응을 기전적으로 분석할 수 있으며, 이러한 결과를 스포츠 현장에서 직접적으로 적용할 수 있다고 판단된다.

하지만 이제까지의 스포츠 음료에 관한 연구들은 주로 장기간의 에르고게닉에이드의 효과분석에만 초점을 맞추고 있으며, 단기간의 수분공급과 전해질 보충에 관한 연구들을 주로 하기 때문에 과중한 힘을 지속적으로 소모시키는 운동선수들이나 동호인의 근본적인 경기력 향상과 체력향상에 기여할 수 없는 문제점 등을 가지며 스포츠 음료 음용을 통한 갈증 해소만을 만족시키므로 원천적으로 스포츠 현장에서도 큰 적용효과를 기대하기가 어려운 점이 있었다. 그리고 대부분의 스포츠 음료를 운동직전에 투여하면 과다한 인슐린 반응을 일으켜 오히려 운동수행에 부정적 작용이 있다는 연구보고들이 있다. 하지만 기존의 스포츠 음료들은 글루코스 기반음료가 대부분이고 운동직전에 많은 탄수화물이 필요한 운동선수들에게 적용하여 운동수행력을 높이기엔 다소 무리가 있어 운동시작 2시간 전에 투여하는 것이 일반적인 경우이다[23]. 그리고 단 한번의 스포츠 음료의 투여가 운동수행력을 증가시키며 같은 강도의 운동시 염증반응 또한 줄여준다는 연구보고도 있어[17], 즉각적인 스포츠 음료 투여효과의 중요성을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서 섭취할 스포츠 음료는 수박, 토마토, 멜론, 바나나, 감 및 오렌지 추출물로 구성된 과당으로 운동직전에 투여하여도 인슐린 반응을 적게 일으켜 즉각적인 에너지 원으로서 효과적일 것으로 판단된다. 본 연구팀의 실험동물을 이용한 선행연구에서 5주간 주6일 1일1회 경구 투여한 결과 현재 시판중인 타사 스포츠음료에 비해 현저한 지구력 증진 효과 향상을 확인할 수 있었고, 혈중 글루코오스와 혈중 중성지방의 농도를 더욱 감소시킬 뿐만 아니라 근육의 피로물질인 젖산과 암모니아 농도도 더욱 낮아짐이 확인할 수 있었다.

따라서 본 연구는 실험동물 연구에 이어 임상연구의 일환으로 규칙적인 운동을 수행하는 체육대학 학생들을 대상으로 고강도 운동부여 직전 과당음료의 투여가 최대운동능력, 심폐능력, 피로물질 및 염증반응에 미치는 영향과 기전을 비교 분석하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 연구대상

본 연구는 D대학교 체육학과 학생 8명을 대상으로 실시하였으며 운동경험이 풍부하고 최대운동부하 검사를 수행하는데 있어 무리가 없고 근골격계 및 특별한 질환이 없는 건강한

Table 1. Characteristics of subjects (M±SD)

Subject	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)
8	24.3±2	175.88±2.22	71.13±4.14

대상자들로 선정하였다. 실험 전 실험목적과 방법에 대한 충분한 설명을 통해 실험과정에 대한 이해를 도왔고 실험에 자발적으로 참여하며 필요하다면 언제든지 참여를 그만둘 수 있다는 동의서에 서명을 받고 시작하였다. 연구 대상자들의 신체적 특징은 Table 1과 같다.

### 실험절차 및 방법

본 실험은 동일 연구 대상자들로 모든 피험자들이 과당음료 비 투여 시기인 1차 실험과 과당음료를 투여한 2차 실험으로 구성하여 진행되었다. 1차실험과 2차실험 시기 모두 동일하게 피험자는 오전 9시에 D대학교 운동생리학 실험실에서 실시하였으며 실험 전 키와 몸무게 및 신체성분들을 Inbody 720 (Biospace, Korea)을 이용하여 측정하였다.

최대운동부하검사는 MetaMax3B (Germany)를 이용하였고 운동프로토콜은 일반인들에게 가장 널리 알려지고 사용되고 있는 Bruce 프로토콜로서 3분마다 약 3 MET 정도씩 점증되도록 속도와 경사도가 증가되도록 고안된 프로토콜을 사용하였다.

all-out 판정기준은 피험자가 더 이상 운동을 지속할 수 없어 트레드밀의 중단버튼을 누르거나 호흡교환률이 1.15 이상이거나, 심박수가 예측된 최대심박수의 90% 이상이거나, 운동강도가 지속적으로 증가하고 있음에도 산소섭취량이 더 이상 증가하지 않아 고원을 이루게 되거나 RPE(운동자각도)가 19 이상인 경우 중 2가지 이상 만족하였을 때로 하였다.

1차 실험은 최대운동부하검사 실시 20분전 실험간의 섭취한 수분량을 동일하게 하기 위해 같은양의 수분을 섭취하게 하였고, 최대운동부하검사 실시전과 all-out 직후, 및 회복기 20분 후 채혈을 하였으며, 2차 실험은 최대운동부하검사 실시 20분전 과당음료를 400 ml 투여하였고 이 후 1차 실험과 동일한 방법으로 채혈을 하였다.

#### 과당음료 배합

본 연구에 사용된 음료는 타우린이 전혀 함유되지 않은 음료로서 수박, 방울토마토, 메론, 바나나, 홍시 및 오렌지로 총 6가지 과일믹스추출물을 이용하였으며 고과당 10%, 함수결정 포도당 2%, 함수구연산 0.3%, 푸른과즙분말 0.5%, 폴리텍스트로스 1%, 비타민 C 0.1%, 정제수 73.4%가 포함되었으며 그의 자세한 성분 및 비율은 Table 2와 같다.

#### 혈액검사

검사 전날 피검사자들에게 10시 이후의 음식을 금했으며

Table 2. Fructose beverage ratio

Material	Ratio (100%)
Fruit extract mixed (5brix)	12.7
High fructose	10
Glucose hydrocrystalline	2
Hydrous citric acid	0.3
Blue juice powder	0.5
Polydextrose	1
Vitamin C	0.1
Pure water	73.4
Total	100

10시간 이상의 공복 상태가 유지되도록 하였고 혈액검사는 실험절차에 나타난 채혈시기에 따라 1차시기와 2차시기 모두 medicut을 꽂아 놓은 일회용 주사기를 이용하여 상완정맥 (ante-cubital vein)에서 5 cc 채혈하여 CRP, 젖산, 인슐린을 운동부하검사 실시전과 운동직후(all-out), 회복기 20분 후에 각각 시기별로 분석하였다.

우선 CRP의 분석은 Hitachi 사의 Hitachi분석기(Hitachi 7180, Japan)를 사용하였으며, C-reactive protein 시약(Denka Co., Japan)으로 Immunoturbidometry 방법을 사용하여 분석하였다.

젖산은 자동혈당분석기(YSI2300 STATE pulse)를 이용하였고, 혈중 인슐린은(Diagnostic Products Corporation, USA)의 coat-A-count kit을 이용한 Gamma Counter (1470 Wizard, Wallac, automatic count, Finland)를 이용하여 분석하였다. 채혈된 혈액은 혈청과 혈구로 분리하기 위해 SST 용기에 담아 centrifuge에서 2,500~3,000 rpm으로 15~20분 정도 원심 분리하였다.

#### 통계처리

모든 연구 자료는 SPSS 18.0 program을 이용하여 모든 측정값의 평균과 표준편차를 산출하였으며, 과당음료 투여 전 시기와 투여 후 시기의 운동능력과 심폐기능의 평균 비교뿐만 아니라 혈액검사 변인들의 운동전과 운동직후 및 회복기 20분 후의 평균 차이를 1차실험과 2차실험의 시기별로 나눠 independent t-test로 검증하였다. 본 연구의 통계적 유의 수준은  $p < 0.05$  설정하였다.

### 결 과

본 연구에서는 건강한 남자 대학생 8명을 대상으로 과당음료 투여가 비 투여 시와 비교해 운동능력과 심폐기능, 피로물질 및 염증반응에 어떠한 영향을 미치는지 비교 분석하기 위해 실시되었으며 본 연구 결과는 다음과 같다.

#### 운동능력과 심폐기능의 변화

운동능력과 심폐기능의 변화는 Table 3과 같다.

Table. 3. The change of exercise performance and cardio-pulmonary function

	1st	2nd
Time (sec)	766.50±53.84	813.75±27.66*
RPE	17.87±0.35	17.25±1.03
AT RER (CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> )	1.01±0.82	1.04±0.97
VO <sub>2</sub> max RER (CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> )	1.22±0.0.86	1.24±0.75
AT VO <sub>2</sub> max (CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> )	37.75±7.18	39.62±6.82
VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	43.50±4.72	49.12±5.59*
AT HRmax (beats/min)	185.00±5.63	175.37±7.78*
HRmax (beats/min)	191.75±5.94	194.25±6.90

RPE : rating of perceived exertion.  
 VO<sub>2</sub>max RER : Vo<sub>2</sub>max Respiratory Exchange Ratio.  
 AT VO<sub>2</sub>max : Anaerobic Threshold VO<sub>2</sub>max.  
 \**p*<0.05.

Time에서 1차 시기 때 766.5 sec에서 2차 시기 때 813.75 sec로 1차 시기에 비해 평균 47.25 sec의 운동시간이 증가해 운동능력이 더욱 향상되었으며 유의한 차이(*p*<0.05)가 나타났다. RPE는 all-out 되는 시점의 단계에서 측정하였으며 1차 시기 때 17.87에서 2차 시기 때 17.25로 대상자들이 느끼는 주관적 운동강도는 미세하게 감소하였으나 통계적으로는 유의한 차이는 없었다.

AT RER (CO<sub>2</sub>/ O<sub>2</sub>)은 1차 시기 때 1.01(CO<sub>2</sub>/ O<sub>2</sub>)에서 2차 시기 때 1.04(CO<sub>2</sub>/ O<sub>2</sub>)로 증가하였으나 통계적으로는 유의한 차이는 없었다. AT VO<sub>2</sub>max (ml/kg/min)는 1차 시기 때 37.75(ml/kg/min)에서 2차 시기 때 39.62(ml/kg/min)로 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 확인할 수 없었다.

VO<sub>2</sub>max (ml/kg/min)는 1차 시기 때 43.50(ml/kg/min)에서 2차 시기 때 49.12(ml/kg/min)로 5.62(ml/kg/min) 증가하여 과당음료 투여가 유산소적 수행능력의 지표인 VO<sub>2</sub>max를 향상시키는 것으로 나타났으며 통계적으로도 유의한 차이를 보였다(*p*<0.05). AT HRmax (beats/min)는 1차 시기 때 185.00 (beats/min)에서 2차 시기 때 175.37(beats/min)로 감소하였으며 통계적으로도 유의한 차이가 나타났다(*p*<0.05).

HRmax (beats/min)는 1차 시기 때 191.75(beats/min)에서 2차 시기 때 194.25(beats/min)로 감소하는 경향이 나타났으나 통계적으로는 유의한 차이가 없었다.

**피로물질 및 염증반응의 변화**

피로물질 및 염증반응의 변화는 Table 4와 같다.

먼저 CRP는 투여 전에서 1차 시기 때 0.11(mg/dl)을 보였고 2차 시기 때에도 0.11(mg/dl)로 투여효과의 차이는 없었다. 운동직후 시기에서는 1차 시기 때 0.12(mg/dl)에서 2차 시기 때 0.11(mg/dl)로 다소 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 마지막 회복기 20분 시기에서는 1차 시기 때 0.13(mg/dl)에서 2차 때 0.10(mg/dl)으로 감소하는 경향은 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 확인할 수 없었으며 결론

Table. 4 The change of Lactate, CRP and Insulin

		Pre	Post	Recovery 20 min
CRP (mg/dl)	1st	0.11±0.08	0.12±0.08	0.13±0.08
	2nd	0.11±0.07	0.11±0.07	0.10±0.06
Lactate (mmol/l)	1st	2.26±0.54	17.00±2.07	10.26±1.05*
	2nd	2.08±0.43	16.63±2.33	8.78±1.04
Insulin (μU/l)	1st	5.59±1.03	4.39±0.74	7.75±3.21
	2nd	5.54±0.99	5.31±1.12	8.52±2.25

\**p*<0.05, 1st vs 2nd.

CRP : c-reactive protein.

적으로 과당 음료 투여로 인해 세 시기 모두 CRP의 차이는 없었다.

lactate는 투여 전에서 1차시기 때 2.26(mmol/l)을 보였고 2차시기 때 2.08(mmol/l)를 나타내어 과당음료 투여로 인해 lactate 수치가 다소 감소한 것으로 나타났지만 통계적인 유의성이 나타나지 않았고 운동직후 시기에서 1차시기 때 17.00 (mmol/l), 2차시기 때 16.63(mmol/l)으로 두 시기 모두 크게 증가하였으나 유의한 차이는 없었고, 회복기 20분 후에서 1차 시기 때 10.26(mmol/l), 2차 시기 때 8.78(mmol/l)로 운동직후와 비교해 1, 2차 시기 모두 다시 감소하는 경향을 나타내었으며 1차시기 때와 비교해 2차시기 때 더욱 감소하여 통계적인 유의한 차이(*p*<0.05)를 확인하였다. 즉, 과당 음료 투여시 비투여와 비교해 운동전과 운동직후에는 큰 차이가 없었던 반면 회복기 20분후에서 과당 음료 투여가 lactate 수치 감소에 더욱 효과적이었다.

insulin의 경우 투여 전에서 1차시기 때 5.59(μU/l), 2차시기 때 5.54(μU/l)로 비슷한 수치를 보였으며 운동직후 1차시기 때 4.39(μU/l), 2차시기 때 5.31(μU/l)로 1차시기와 비교해 2차 시기 때 더욱 높아졌으나 유의한 차이는 없었으며 회복기 20분 후에서 1차시기 때 7.75(μU/l), 2차시기 때 8.52(μU/l)로 1차 시기 때와 비교해 운동직후와 마찬가지로 더욱 증가하여 높은 수치를 유지하였으나 유의한 차이는 나타나지 않았다.

**고 찰**

본 연구의 목적은 fructose 위주의 과당음료 투여가 최대한 동부하검사시 심폐기능과 젖산 및 염증반응의 변화를 분석하고자 하였으며, 연구결과를 바탕으로 아래와 같이 논의하고자 한다.

개인의 유산소적 능력을 평가하는데 있어 중요한 것은 심폐 기능에 관한 요소들이며 이러한 심폐기능을 평가하는 대표적인 지표 중 하나로 최대산소섭취량을 들 수 있다. 최대산소섭취량은 인간이 운동을 수행할 때 근육에서 섭취할 수 있는 단위시간당 최대의 산소섭취수준을 의미하는 것으로 산소운반능력 및 활용능력과 개인의 최대 유산소능력에 대한 유용한

정보들을 제공해 준다[6].

한편, 본 연구에서는 운동수행능력을 평가하는 또 하나의 지표인 무산소성 역치(anaerobic threshold, AT)를 같이 활용하여 분석하였다. 무산소성 역치는 운동강도가 증가함에 따라 에너지대사의 변화과정에서 발생하는 생리학적 변인들, 즉 대사적 산성증(metabolic acidosis) 및 호흡가스 교환에 관련된 변인들이 급격히 증가하는 시점으로 알려져 있으며, 젖산역치와 환기역치가 대표적인 지표로 사용되고 있다[11]. 일반적으로 최대산소섭취량과 무산소성 역치는 훈련군이 비 훈련군보다 높게 나타나며 지속적인 트레이닝은 최대산소섭취량의 증가, 젖산축적시점 및 무산소성 역치가 발전되는 시점을 늦출 수 있다고 한다[6]. Lee 등[15]은 고지에서 6주간 주 5회 트레이닝을 실시한 결과 해수면 훈련군과 비교해 최대산소섭취량과 무산소성 역치가 유의하게 증가되었다고 하였다. 또한 중탄산나트륨 섭취한 군에서 비 투여(위약)군에 비해 최대운동부하 검사 결과 최대산소섭취량과 무산소성 역치가 유의하게 증가된 것으로 보고하였다.

본 연구에서는 과당 음료 투여 시 운동지속 시간이 유의하게 증가하였고 아울러 최대산소섭취량, AT HRmax가 유의하게 증가되어 운동수행능력 및 심폐기능이 향상된 것으로 나타나 탄수화물 위주의 에르고게닉에이드 투여시 최대산소섭취량이 증가한다는 선행연구들과 유사한 결과를 보였다[7]. 다만 본 연구에서는 특이적으로 본 스포츠음료가 과당위주 음료이고 운동직전 투여의 효과를 본 것으로 연구결과를 잘 활용한다면 추후 널리 이용될 것으로 여겨진다.

McGawley 등[16]도 철인 3종경기 선수들을 대상으로 고탄수화물 투여후 운동수행능력이 향상되었다고 보고하였으며 이 역시 고 탄수화물 음료 투여로 인해 대사성 에너지원 동원에 대한 운동수행력 향상으로 해석할 수 있을 것이다.

호흡교환율은 산소섭취량에 대한 이산화탄소 생성량의 비율을 나타내며 대사 작용에 활용된 영양분의 비율을 알 수 있고, 비교적 정확한 에너지 소비량을 측정할 수 있다. 호흡교환율은 허파수준에서 측정된 가스교환을 나타내는 것으로 유산소 운동을 시작하게 되면 처음 1분은 산소 소비량보다 이산화탄소의 생성량이 많아지게 되고, 운동이 약 3분정도 지속되면 대사반응에 따른 이산화탄소가 배출되어 호흡교환율이 정상상태로 돌아오게 된다. 신체는 일반적으로 여러 가지 연료들을 복합적으로 사용하며 호흡교환율 값은 산화되는 연료의 구성 성분에 따라 달라진다. 휴식시의 호흡교환율 값은 0.78에 0.80사이의 범위이고 운동 중에는 탄수화물에 보다 더 많이 의존하면서 에너지를 생산하므로 호흡교환율 값은 높아진다고 알려져 있다[1]. 따라서 호흡교환율의 상대적 증가는 산소섭취량의 증가를 의미하며 잇따른 이산화탄소의 배출량 증가를 의미한다[18].

그러나 무산소성 역치의 대표적인 지표 중 하나인 호흡교환율은 본 연구에서는 감소하는 경향으로 나타났으나 통계적으

로 유의한 차이는 확인 할 수 없었다. 이러한 연구결과는 에르고게닉에이드를 투여하는 경우 운동 수행력의 증가는 나타나지만 호흡교환율의 변화는 나타나지 않는다고 하는 선행연구 결과를 잘 반영하는 것이다[1]. 하지만 본 연구결과에서 나타난 약간 감소한 호흡교환율은 에너지원의 보강에 따른 결과 반영으로 사료된다.

한편 CRP (C-reactive protein)는 심혈관질환과 동맥경화성 혈관의 염증반응 정도를 반영하는 대표적인 지표로 사용되며[24], 동맥경화의 발생과 유의한 상관관계를 갖는다[19]. 일반적으로 CRP는 일회성 장기간 운동을 통해 증가되는 것으로 보고되고 있으나 잘 훈련된 선수들은 21 km의 달리기 혹은 그 보다 적은 거리의 운동에서 CRP의 축적이 적지만 이와 반대로 잘 훈련되지 않은 선수나 일반인의 경우 비교적 짧은 운동을 하더라도 CRP의 농도가 높아진다고 보고되고 있다[20]. 그러나 또 다른 연구에서는 최대운동중재 전 후 CRP수준에 유의한 차이가 없음을 보고하고 있어[5] 일회성 및 장기간 운동에 대한 염증반응은 신체적 활동 수준과 다양한 연령 및 성별에 따른 추가적인 연구가 필요하다고 생각된다. 본 연구 또한 과당음료 투여 시 투여전과 비교해 CRP의 농도가 감소하는 경향이 나타났으나 투여전과 유의한 차이는 확인할 수 없어 앞서 제시한 선행연구들과 유사한 결과로 사료된다[5].

젖산은 운동 중에 glucose의 무산소 대사에 의해 생성되고, 근 피로와 근 활동의 한계요인을 결정하는 중요한 기준이 된다고 하였으며, 인체 내 산소 이용 비율을 충족시키지 못하는 상황에서 지속적인 근 활동이 유지되면 glucose의 의존도가 상대적으로 증가하게 되고 생리적 피로물질인 젖산이 축적되어 운동수행력에 부정적 영향을 미치게 되는 것으로 알려진다[9]. 운동 후 빠른 피로회복은 운동 중 체내의 젖산 축적으로 초래되는 운동능력의 저하를 방지해 운동 수행능력 및 시간을 연장하고 운동 후 축적된 젖산을 보다 빨리 제거함으로써 피로를 빠르게 회복할 수 있으므로 운동 후 cool-down에 대한 다양한 방법들이 연구되고 있고 운동 후 초과산소섭취량(EPOC)에 대한 연구결과들도 활용되고 있다. 선행연구를 살펴보면 Kim 등[10]은 최대운동 후 기능성 음료섭취가 혈중젖산농도 회복에 긍정적인 영향을 가져온다고 하였으나 회복기 10분과 20분에서는 유의한 차이가 없었다고 하였다. 이는 Park [17]의 연구와 유사하게 30분 후부터 젖산 회복이 가장 활발해짐을 확인한 결과와 동일하였다. 본 연구의 결과 과당 음료를 운동 전에 투여하였으며 과당 음료 투여 전시기, 운동 종료시기 및 회복기 20분시기 모두에서 투여전과 비교해 젖산 농도가 유의하게 감소하였다. 이와 같은 결과는 선행연구결과[11]와 유사한 것으로 스포츠 음료 투여에 따른 과당의 섭취가 에너지원의 보충 역할을 해 최대운동수행력의 증가와 더불어 추가적인 에너지원으로서의 역할을 수행하였고, 아울러 과당 음료의 투여 역시 약간의 인슐린 반응을 자극하여 탄수화물사용이 상대적으로 줄어들었을 가능성과 생성된 젖산이 LDH에

의해 pyruvate로 전환되어 젖산 축적의 감소에 영향을 미친 것으로 사료된다. 물론 과당음료의 투여로 운동시 탄수화물 사용으로 인한 젖산의 증가가 나타날 수 있으나 체내에 상대적 에너지원이 많으므로 pyruvate로의 전환이 빠를 것으로 여겨진다. 그리고 생체에 더 많은 에너지 보충으로 인한 탄수화물 spairing에도 효험이 있었던 이유로 판단된다.

### 감사의 글

이 연구는 산업통상자원부·부산광역시 지원 지역혁신센터사업(RIC08-06-07) 동의대학교 블루바이오 소재개발 및 실용화 지원센터의 지원으로 이루어 졌습니다. 그리고 본 연구의 연구재료를 제공해주신 (주) 바이오포트코리아에도 감사드립니다.

### References

- An, S. M., Park, J., S. and Kim, S. H. 2014. Effect of energy drink dose on exercise capacity, heart rate recovery and heart rate variability after high-intensity exercise. *J. Exerc. Nutrition Biochem.* **18**, 31-39.
- Astrand, P. O. and Rodahl, K. 1986. *Textbook of work physiology: Physiological bases of exercise.* New York, McGraw-Hill. 12-18.
- Beltz, S. D. and Doering, P. L. 1993. Efficacy of nutritional supplements used by athletes. *Clin. Pharm.* **12**, 900-908.
- Calfee, R. and Fadale, P. 2006. Popular ergogenic drugs and supplements in young athletes. *Pediatrics* **117**, 577-589.
- Cipryan, L., Svagera, Z. and Vala, R. 2015. IL-6 and CRP response to maximal exercise intervention. *J. Sports Med. Phys. Fitness* [Epub ahead of print].
- Davis, J. A., Vodak, P., Wilmore, J. H., Vodak, J. and Kurtz, P. 1976. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J. Appl. Physiol.* **41**, 544-550.
- Han, D. S. 2005. The effect of carbohydrate electrolyte ingestion on exercise performance, blood fatigue factors and mood states during intermittent high-intensity exercise. *Kor. Sport Res.* **16**, 321-333.
- Hwang, S. C. 2007. Effects of red-ginseng supplementation on eccentric exercise induced muscle damage. *Graduate school of Kyungpook National University.*
- Jeong, I. G., Oh, M. J., Kim, J. O., Baek, M. S. and Lee, S. C. 2006. The effects of oxygenated water drinking during endurance exercise on the fatigue and performance. *J. Coaching Development* **8**, 293-303.
- Kim, C. H. and Lee, J. W. 2006. Effects of functional beverage ingestion by maximal exercise load on cardio-pulmonary function and blood lactate. *Kor. Soc. Wellness* **1**, 47-58.
- Kim, H. G. 2002. Effects of ion drinks taken by high school football player under treadmill exercise loads on those players' heart and lung capacities and lactate levels. *Graduate school of Education Inge University.*
- Kim, K. J. 1996. Effects of three weeks of altitude training on aerobic capacity of elite marathoners. *Kor. J. Sports Med.* **14**, 93-99.
- Laos, C. and Metz, J. D. 2006. Performance-enhancing drug use in young athletes. *Adolesc. Med. Clin.* **17**, 719-731.
- Chae, H. S. and Ko, S. S. 2002. Availability of the heart rate threshold as the ventilatory threshold. *KSSPE* **7**, 236-246.
- Lee, J. K. and Kim, H. J. 2003. The Effects of altitude training on VO<sub>2</sub>max, anaerobic threshold, blood components and immune substrates in elite alpine skiers. *Exercise Science* **12**, 357-366.
- McGawley, K., Shannon, O. and Betts, J. 2012. Ingesting a high-dose carbohydrate solution during the cycle section of a simulated Olympic-distance triathlon improves subsequent run performance. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* **37**, 664-671.
- Park, S. Y. 1995. The effect of sport drink on heart rate and lactate after exercise. *Kor. J. Physical Education* **34**, 1182-1191.
- Poulsen, M. K., Thomsen, L. P., Mifsud, N. L., Nielsen, N. P., Jørgensen, R. M., Kjærgaard, S. and Karbing, D. S. 2014. Electrical activity of the diaphragm during progressive cycling exercise in endurance-trained men. *Respir. Physiol. Neurobiol.* **205**, 77-83.
- Ridker, P. M., Hennekens, C. H., Buring, J. E. and Rifai, N. 2000. C-reactive protein and other markers of inflammation in the prediction of cardiovascular disease in women. *N. Eng. J. Med.* **342**, 3836-3843.
- Triplett, D., Doyle, J. A., Rupp, J. C. and Benardot, D. 2010. An isocaloric glucose-fructose beverage's effect on simulated 100-km cycling performance compared with a glucose-only beverage. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **20**, 122-131.
- Wasserman, K. 1984. The anaerobic threshold measurements to evaluate exercise performance. *Am. Rev. Respir. Dis.* **129**, 35-40.
- Williams, M. H. 2005. Dietary supplements and sports performance: minerals. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* **11**, 43-49.
- Wilson, P. B. and Ingraham, S. J. 2014. Glucose-fructose likely improves gastrointestinal comfort and endurance running performance relative to glucose-only. *Scand. J. Med. Sci. Sports* [Epub ahead of print].
- Wu, T., Dorn, J. P., Donahue, R. P., Sempos, C. T. and Trevisan, M. 2002. Associations of serum C-reactive protein with fasting. *Am. J. Epidemiol.* **155**, 65-71.

**초록 : 과당음료 투여가 최대운동부하시 운동수행력, 심폐기능, 젖산 및 염증반응에 미치는 영향**박성모<sup>1</sup> · 김병우<sup>2</sup> · 곽이섭<sup>1\*</sup>

(1동의대학교 체육학과, 2동의대학교 향노화연구소 및 블루마리오소재 개발센터)

본 연구는 과당 위주의 스포츠음료 투여가 최대운동부하시 심폐기능과 젖산 및 염증반응에 미치는 영향에 대해 비교 분석하기 위해 실시되었다. 연구대상자는 D 대학교 체육학과 학생 8명으로 구성하였으며 실험시기를 2차로 나누어 스포츠 음료 투여 전과 투여 후 시기에 심폐기능과 젖산 및 염증반응 등을 비교 분석하였다. 본 연구의 결과 스포츠 음료 섭취 전과 섭취후 운동시간과  $VO_2max$ , AT HRmax가 유의하게 증가하였고( $p<0.05$ ), 스포츠 음료 투여 후 회복기 20분에서 젖산 농도가 유의하게 감소되었다( $p<0.05$ ). 따라서 고강도 최대운동 전 과당위주의 스포츠 음료 투여는 운동지속시간을 늘려주고  $VO_2max$ 를 높여주며, 운동 후 피로물질인 젖산축적의 빠른 회복에 도움을 줄 수 있는 것으로 사료된다. 비록 본 연구에서 염증 반응에 대한 효과를 완벽하게 규명하지는 못했지만 스포츠 음료 투여시 CRP의 농도가 감소하는 경향이 나타나 염증반응 개선에도 어느 정도 영향을 미칠 수 있을 것이라 생각된다. 추후 과당위주의 스포츠 음료투여시 염증 반응에 대한 다양한 운동 강도와 상황에서의 기전적 연구가 수행되어야 할 것이다.