

## The Effects of D-Ribose Supplementation on the Production of Blood Fatigue Factors after Maximal Intensity Exercise

Yul Hyo Lee<sup>1</sup>, Ki Ok Shin<sup>2</sup>, Keun Soo Kim<sup>1</sup>, Young Il Kim<sup>3</sup> and Jinhee Woo<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Korea Air Force Academy, Chung-book 363-849, Korea

<sup>2</sup>Department of Physical Education, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

<sup>3</sup>Department of Sport & Health management, Youngsan University, Yangsan 626-790, Korea

Received February 15, 2011 / Accepted May 20, 2011

The purpose of this study was to examine the effect of D-ribose supplementation on the changes of blood fatigue substances (lactate, ammonia, phosphate and hypoxanthine) after maximal exercise performance in college male students. The experimental trials of each subject were divided into the following conditions: placebo supplement trial and D-ribose supplement trial. The subjects exercised using a Concept II Indoor rowing ergometer for 2,000 m Single Skull event. The subjects ingested 200 mg/kg of D-ribose after breakfast, lunch, dinner, as well as thirty minutes before exercising, for six days. Blood fatigue substances were continuously measured before exercise, immediately after exercise, and thirty minutes after exercise. The results indicated a significant difference in blood phosphate and hypoxanthine levels between the two experimental trials in the 30 minute recovery period ( $p < 0.05$ ). However, there were no significant differences in blood lactate and phosphate levels between the two experimental trials. The results of our study suggest that D-ribose supplementation during maximal rowing exercise for 7-8 minutes may contribute to the improvement of metabolic responses as a beneficial ergogenic aid accelerating fatigue clearance.

**Key words** : D-ribose, ergogenic aids, blood fatigue, hypoxanthine

### 서 론

조정경기는 모든 경기가 2,000 m를 빠른 시간에 주파하는 경기로서 무·유산소성 에너지 대사과정이 반복적으로 일어나는 특성이 있다. 일반적으로 2,000 m 주파기록은 single scull의 경우 7분 미만이며, 이 기간 동안 무·유산소성 운동이 최대 강도로 반복되어 수행되어진다. 이렇듯 최대강도로 반복되는 경쟁적인 운동경기 상황에서 운동수행능력을 향상시켜주기 위해 여러 가지 방법이 적용되었는데, 그 중 운동수행 능력의 향상을 가져오는 효과적인 방법으로 ergogenic aid 섭취가 제안된다[17].

Ergogenic aids는 운동선수들의 체력과 수행능력 향상을 위해 보조물로서 널리 이용되어 왔으며, 특히 D-ribose 투여는 영양학적 에너지 보충제로서 고강도에서 트레이닝 하는 운동선수들에게 유용하다고 알려져 있다[11]. 근수축 시 골격근에서 생체에너지 대사 경로의 중요성은 오랫동안 평가되어왔으며 골격근의 총 adenine nucleotide (AdN=ATP+ADP+AMP)에서 adenine nucleotide 분자가 이용되고 소모되면서 재합성이 필요 된다. 재합성은 purine의 salvage pathway나 de novo pathway를 통해 조절되어지며, 이때 ribose가 중요한 역할을

하게 된다[3]. Glucose는 glucose-6-phosphate (G-6-P)로 전환되어 해당과정을 거치지만, 일부는 glucose 재생과정의 중요한 역할을 하는 pentose phosphate pathway (PPP)를 통해 대사되어 에너지 수준이 낮은 경우 ATP로 재합성되는 기전을 따르게 된다. 즉 G-6-P는 ribose-5-phosphate (R-5-P)를 거쳐 5-phosphoribosyl-1-pyrophosphate (PRPP)로 전환되고 salvage pathway를 통한 inosine monophosphate (IMP)는 adenylosuccinate synthetase의 촉매작용에 의해 adenylosuccinate로 전환된다. 그때 adenylosuccinate를 통해 IMP는 AMP로 전환되며, AMP는 낮은 ATP pool을 새로 보충하기 위해 재인산화 과정을 거쳐 ATP로 전환된다. PPP경로의 중간단계로 외인성 D-ribose가 유입되면, PRPP의 형성에서 G-6-P dehydrogenase (G-6-PDH)와 6-phosphogluconate dehydrogenase (6-PGDH)의 제한적인 단계를 우회하여 ribokinase에 의해 R-5-P로 전환될 수 있다. 이러한 기전을 통해 외인성 R ibose 투여는 adenine nucleotide 합성과 재생의 향상에 중요한 역할을 하는 것이다[3].

D-ribose 투여에 관한 연구를 살펴보면 고강도 운동 시 D-ribose 투여가 근 ATP 회복과 운동수행에 긍정적인 영향을 미치지 못했다는 보고[8,11]와 반복적인 격렬한 운동시 D-ribose 투여를 통해 PRPP 합성 비율을 증가시킴으로써 근육의 고에너지 인산의 유익한 회복기를 제공했다는 보고[7]로 나뉜다. 이렇듯, 운동 수행력 향상 및 피로회복에 있어 D-ribose

#### \*Corresponding author

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

E-mail : sports@dau.ac.kr

투여의 효과는 상반된 결과를 보이고 있으며, D-ribose 투여와 피로물질의 생성, 특히 adenine nucleotide synthesis 기전의 중간물질인 hypoxanthine 분석을 통한 피로물질 규명 연구는 매우 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구는 D-ribose 외인성 투여를 통해 2,000 m 조정 운동 시, 운동 수행력의 변화뿐만 아니라, 안정 시, 운동 종료 직후, 회복기 30분의 서로 다른 시점에서 피로물질 생성 차이를 비교하여 ergogenic aids로서 D-ribose의 효과를 운동 영양학적으로 규명하는데 목적이 있다.

### 재료 및 방법

#### 연구대상

본 연구의 대상은 체육전공 남자 대학생 8명으로 의학적 질환이나 병력이 없는 대상으로 구성되었다(Table 1). 총 8명의 대상자들은 그룹(투여조건)에 따라 운동검사 및 채혈을 실시하였고 각 투여 그룹의 간 채혈 및 운동검사는 1주간 차이를 두어 완전회복 후 테스트를 실시하도록 하였다. 실험 기간 동안, 어떠한 약물 복용 및 식이요법 그리고 음주를 절대 금하며 혈액성분의 평형을 유지할 수 있도록 실험 6시간 전에는 물 이외의 음식을 금하였다.

#### D-ribose 및 placebo 투여방법

투여한 D-ribose는 분말형태로 된 Now Co. (USA)의 D-ribose Pure Powder로서 Hellsten 등[7]의 방법에 따라 체중 당 200 mg의 D-ribose를 하루 3번(아침, 점심, 저녁식사 후), 6일 동안 투여 하였다. 또한, 실험 당일 2,000 m 조정운동 30분 전에 추가적으로 D-ribose pure powder를 체중당 200 mg 투여하였으며, 피험자는 6일 동안 D-ribose 복용을 마친 후 7일째 되는 날 실험에 참여 하였다. Placebo는 D-ribose pure powder와 동일한 형태의 백색분말로 D-ribose 투여 방법과 동일하게 구성하였다.

#### 신체조성 및 운동부하테스트

신체조성 검사는 전기 저항법에 의해서 측정되어지는 Jawon medical (Korea) Venus 5.5 모델의 Body Composition Analyzer를 이용하여 신장과 체중, 체지방률, 제지방량을 측정하였다. 운동부하테스트는 Concept2 Indoor Rower (USA)를 이용하여 3회에 걸쳐 실험을 실시하였다. Concept2 Indoor Rower를 이용한 조정운동 시 실제 조정경기 상황과 동일한 피치(0 m지점부터 250 m까지는 42-45 피치, 250-500 m까지는 40 피치, 500-1,500 m까지는 36-38 피치, 1,500-2,000 m까지는 42 피치 이상)로 운동할 수 있도록 하였다. 운동부하 설정은 Concept2 Indoor Rower의 Select Workout에 설정되어 있는 Standard List 2,000 m를 선택하여 자신의 최대역량으로 주파하도록 하였다.

#### 채혈 및 분석방법

혈액의 채취는 placebo 투여 그리고 D-ribose 투여 조건 모두에서 운동 전 안정 시와 2,000 m 조정운동 종료 직후, 그리고 운동 종료 후 30분에 5 ml vacutainer tube와 22 gauge needle을 이용하여 antecubital vein을 통해 채혈을 실시하였다.

암모니아(NH<sub>3</sub>)는 Spectrophotometer (CL-750)을 사용하여 bethelot 반응을 알아보는 방법으로 분석하였다. 먼저, 혈중 암모니아를 생성할 수 있는 효소의 활성을 소실시키는 제단백 용액 2 ml에 혈액 1 ml 섞어서 원심 분리한 후, 상층액을 분리하였다. 그리고 phenol 4%, nitroprusside염 0.015%와 KOH 4.1%를 첨가하여 알칼리성으로 만든 다음, 탄산칼륨 28%와 염소산 칼륨 3%가 함유되어 있는 시약을 사용하여 발색시킨 후, 파장 630nm에서 측정하였다. 혈중 젖산은 fingertip 방법으로 하였으며, 채혈된 혈액은 분석기기 YSI 2300 (Yellow Springs Instrument Co., USA)를 이용하여 젖산농도를 분석하였다. 혈중 젖산은 spectrophotometer를 사용하여 효소법으로 분석하였다. 혈중 무기인산은 Hitachi Co. (JAPAN)의 Hitachi 747을 이용하여 UV 방법으로 분석하였다. 5 ml vacumtube에 2 ml 채혈 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하고 serum을 채취하여 -70°C에서 냉동 보관하였다. 원심 분리한 serum 0.5 ml를 분리하여 sulfuric acid, surfactant 250 µl를 첨가한 시약과 sulfuric acid, ammonium molybdate가 함유된 시약을 사용하여 발색시킨 후, 주파장 340 nm, 부파장 505 nm에서 측정하였다. Hypoxanthine은 역상컬럼(Xterra®MS C18, 4.6 X 250 mm Column, Waters, USA)이 장착된 HPLC 시스템(Waters2695, USA)과 자외선 검출기(Waters 2996, 254nm)를 이용하여 측정하였다. Serum 100 µl를 이동상인 sodium phosphate 1 ml 10배 희석하고, phosphoric acid 50 µl를 가하여, 10 µl를 HPLC에 주입하였다. 이동상은 용매 A (sodium phosphate buffer, pH 4.75)에서 용매 B (acetonitrile, HPLC grade)의 방법에 의해 기울기 용리하여 분석하였다.

#### 자료처리

본 연구에서 얻은 자료는 SPSS Windows Ver 18.0 통계 package를 이용하여, 모든 측정항목에 대해 평균과 표준 편차를 산출하였다. 그룹 간, 시기 간 차이는 반복측정에 의한 이원분산분석(two-way ANOVA by repeated measurement)을 이용하여 분석하였으며, 통계적 유의 수준은 α=0.05로 설정하였다.

Table 1. Physical characteristics of subjects

Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Body fat (%)
22.3±1.83	175.5±4.70	71.0±5.86	18.1±4.25

Mean±S.D.

결 과

두 가지 투여 조건에 따른 운동 수행력은 모든 구간에서 그룹 간 차이가 없었고, 총 수행기록도 차이가 나타나지 않았다(Table 2). 혈중 피로물질의 변화는 젖산, 암모니아, 무기인산, hypoxanthine 모두 그룹에 상관없이 운동이 진행됨에 따라 증가하여 운동 종료 시에 최고치를 보였으며, 운동 종료 후 회복 시에는 혈중 농도가 감소함을 나타냈다( $p < 0.05$ ). 그룹 간 차이를 보면 젖산과 암모니아는 두 그룹 간에 차이가 없었다. 무기인산은 안정 시와 운동종료 시 그룹 간 차이가 없었으나, 회복 30분에서 PS그룹이  $5.28 \pm 0.53$  ug/dl, RS그룹이  $4.73 \pm 0.46$  ug/dl로 나타났으며, 통계적으로도 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). Hypoxanthine의 경우도 무기인산과 마찬가지로 회복 30분에서만 그룹 간 차이가 나타났는데, PS그룹  $30.81 \pm 8.84$  mg/l보다 RS그룹  $27.56 \pm 5.65$ mg/l의 수치가 더 낮게 나타났다( $p < 0.05$ ) (Table 3).

고 찰

D-ribose 대사 기전을 보면, PRPP가 De novo purine 합성의 중요한 조절자이며 purine 합성이 감소됨에 따라 PRPP의 이용도가 감소되는 사실에서 보면, PRPP가 de novo purine 합성 향상에 상응하여 PRPP의 이용도가 증가되었다고 보며 [2], 이는 PRPP의 전구체인 R-5-P 이용성이 PRPP를 통하여 purine 합성을 조절한다는 것을 암시한다. 이때 PPP경로의 중간단계로 외인성 D-ribose가 투입됨으로써 PRPP의 형성에

서 제한적인 단계를 우회하여 ribokinase에 의해 R-5-P로의 전환이 이루어져, 결국 D-ribose 투여로 adenine nucleotide 합성과 재합성에 향상을 가져와 운동 수행력이 향상될 수 있다고 가정한다.

그러나, 운동수행과 D-ribose 투여 효과에 대한 연구가 진행되고 있지만, ergogenic aid로서 잇점에 관해서 일관된 결과를 제안하지 못하고 있는 실정이다. 몇몇 긍정적인 제안들을 살펴보면, Raue 등[13]은 cycle ergometer를 이용하여 D-ribose loading 3일 후, 5일 동안 매일 고강도(10초 sprints, 15 sets) 운동수행 시, D-ribose 투여 그룹은 placebo 그룹과 비교했을 때 평균 파워가 증가했으며, D-ribose 투여 그룹에서 처음과 마지막 sprint session시 더 높은 최대 파워를 나타냈다고 하였다. Van Gammeren 등[16]은 보디빌더들을 대상으로 한 연구에서도 D-ribose 투여 그룹에서 근력이 임상적으로 증가함을 나타냈고 벤치프레스를 총 10세트 반복하는 총 부하 측정에서도 상당한 증가를 초래하였다고 하였다. 본 연구결과, 두 가지 투여 그룹에 따라 운동 수행력에서 유의한 차이가 나타나지 않아, D-ribose 투여가 운동 수행력을 증가시켰다는 견해를 보이는 선행연구들과 일치하지는 않았다.

일반적으로, 운동 수행력은 사용되는 근 수축력과 그에 따른 피로와 관련이 있으며 근 피로는 여러 요인(운동 강도, 운동 기간 등 과 같은 외부적 요인과 근육량, 근 섬유 형태, 에너지 기질과 같은 내부적인 요인)에 의해 발생할 수 있다. 따라서, 피로를 발생시키는 에너지 기질의 적절한 보충은 운동 수행력 향상을 위해 중요한 역할을 할 수 있다[12]. 특히 근육의 수축력이 감소되는 것은 근육 내 젖산, 암모니아, 무기인산 등과

Table 2. The exercise performance changes following supplementation condition

Group	Distance (sec)	500 m (sec)	1,000 m (sec)	1,500 m (sec)	2,000 m (sec)	Total performance time (sec)	Two-way ANOVA	
							F	P
PS		$116.46 \pm 6.69^a$	$123.48 \pm 8.20^b$	$125.31 \pm 5.58^c$	$122.04 \pm 4.25^d$	$487.29 \pm 22.13$	G: 0.843	0.452
RS		$114.71 \pm 6.93^a$	$120.36 \pm 5.85^b$	$122.55 \pm 5.25^c$	$117.98 \pm 4.39^d$	$475.60 \pm 19.86$	T: 67.210	0.001

Mean±S.D., PS: Placebo supplement group, RS: D-D-ribose supplement group, G: group, T: time  
 $\ddagger p < 0.05$ ; Placebo group vs. D-ribose group. <sup>a,b,c,d</sup>  $p < 0.05$ ; Significant difference among distance

Table 3. The fatigue factors changes following supplementation condition

Items	Groups	Rest	End of exercise	Recovery 30 min	Two-way ANOVA	
					F	P
Lactate (mmol/l)	PS	$0.55 \pm 0.08^a$	$9.77 \pm 3.28^b$	$5.10 \pm 2.50^c$	G: 0.003	0.958
	RS	$0.55 \pm 0.10^a$	$9.93 \pm 2.83^b$	$4.84 \pm 1.56^c$	T: 75.673	0.000
Ammonia (mg/d)	PS	$123.38 \pm 24.33^a$	$422.00 \pm 106.27^b$	$186.25 \pm 56.31^c$	G: 0.715	0.403
	RS	$128.50 \pm 12.85^a$	$493.50 \pm 150.58^b$	$170.75 \pm 62.42^c$	T: 73.063	0.000
Phosphate (ug/dl)	PS	$4.45 \pm 0.58^a$	$6.55 \pm 0.86^b$	$5.28 \pm 0.53^c$	G: 6.419	0.012
	RS	$4.36 \pm 0.48^a$	$6.50 \pm 0.38^b$	$4.73 \pm 0.46^c \ddagger$	T: 59.248	0.000
Hypoxanthine (mg/l)	PS	$18.82 \pm 3.79^a$	$22.32 \pm 4.40^b$	$30.81 \pm 8.84^c$	G: 31.577	0.000
	RS	$17.19 \pm 1.98^a$	$21.12 \pm 1.88^b$	$27.56 \pm 5.65^c \ddagger$	T: 0.927	0.404

Mean±S.D., PS: Placebo supplement group, RS: D-D-ribose supplement group, G: group, T: time  
 $\ddagger p < 0.05$ ; Placebo group vs. D-ribose group. <sup>a,b,c,d</sup>  $p < 0.05$ ; Significant difference among distance

같은 여러 가지 대사산물의 축적과 관련이 있으며[9], all-out 시점까지의 운동수행을 하지 않더라도 피로 물질 농도 측정으로 운동 수행력의 향상 정도를 예상할 수 있다. 본 연구에서 피로관련 물질 중 하나인 혈중 젖산 농도를 분석한 결과, 혈중 젖산은 운동 종료 시점에서 최고치를 나타냈으며 이는 지속된 운동에 따라 섭취하는 산소의 양과 근육조직에 전달되는 산소의 양이 감소됨에 따라 pyruvate가 효율적으로 TCA cycle로 유입되지 못하고 젖산으로 전환됨으로써 젖산 누적 현상으로 사료된다. 하지만, 본 연구에서는 투여그룹 간 유의한 차이가 나지 않은 결과로 보아 RS 투여가 운동 수행에 대한 긍정적인 효과(젖산의 감소에 의한 체내 산성화 감소)에 기인한다고 단정 지을 수는 없다고 사료된다.

암모니아는 정상적인 사람의 경우, 휴식 시 골격근의 암모니아 농도와 동맥혈관의 암모니아 농도 사이에 차이가 거의 없지만, 고강도 운동 시 혈중 암모니아의 생성이 PNC (purine nucleotide cycle)를 통해 이루어지며, AMP가 IMP가 되는 과정에서 AMP deaminase의 촉매작용에 의해 불가피 하게 생성된다. 이러한 암모니아의 생성은 전체 adenosine nucleotide (ATP, ADP, AMP)를 유지시키는데 필수적인 현상이라고 알려져 있으며[10] 일반적으로 강한 운동 중에 증가한다고 알려져 있다[5]. 주로 지근 섬유가 동원되는 낮은 운동 강도에서도 나타나지만 속근 섬유가 사용되는 높은 운동강도에서 더 많이 생성된다. 즉, 암모니아 생성의 차이는 주로 속근 섬유에서의 운동 부하와 밀접하게 연관되어 있다[14]. 본 연구에서 암모니아의 변화를 살펴보면, 두 가지 투여 그룹 모두 시기 간에 유의한 차이가 나타났으며, 운동 종료 후 수치가 가장 크게 나타났다. 이는 2,000 m 조정운동은 유산소와 무산소 파워가 최대로 요구되는 운동형태로서 근수축에 필요한 근파워 생성을 촉진 시킴으로써 대사적 산물로서 부수적으로 암모니아 생성이 일시적으로 증가한 것으로 사료되며, 젖산 수치가 운동 종료 시 두 그룹 모두 가장 높게 나타난 것에도 상관 있다고 본다. 암모니아와 관련하여 D-ribose 투여의 효과를 에너지 대사 측면에서 보면, D-ribose 구강 투여로 인해 암모니아 생성경로인 AMP에서 IMP 전환과정에서, CP의 재합성을 증가시키고 ATP 교환비율이 증가됨으로 인해 PNC를 통한 암모니아 생성 감소 기전이 작용 가능하다고 보며, 이는 D-ribose 구강투여가 운동 시 과도하게 축적된 암모니아를 회복 시에 효과적으로 제거함으로써 휴식기 피로회복에 있어서 긍정적인 결과를 가져올 수 있으리라 기대가 된다. 그러나, 본 연구결과 PS그룹과 RS그룹 사이에 암모니아 농도차이가 나타나지 않아 2,000 m 조정운동 조건에서 D-ribose 투여에 따른 암모니아 축적 감소의 효과는 없었음을 알 수 있다.

혈중 무기인산은 일반적으로 운동이 지속됨에 따라 점차 증가되는 추세를 보이고, 피로에 의한 운동 종료 시에는 안정 시에 비해 유의한 차이를 나타내는 것으로 알려져 있다. 무기인산 역시 젖산과 암모니아처럼 피로의 상태를 잘 반영하며

다른 피로 요소에 비해 개인적인 차이가 적기 때문에 현재까지 알려져 있는 생리학적 피로 유발 요인들 중 피로의 진전을 나타내는 좋은 지표라 할 수 있다[6]. 본 연구결과 무기인산의 경우, 회복 30분에서 두 가지 투여 그룹 간에 유의한 차이가 나타났으며, RS그룹의 수치가 더 낮게 나타났다. 이러한 결과는 RS 투여그룹의 세포 내 에너지 수준이 가장 높아 있음을 의미하고 가수분해 된 ATP로 인한 무기인산염 생성이 다시 ADP와 결합을 하여 빠르게 ATP로 전환되었기 때문으로 사료된다. 또한 RS 투여그룹이 PS그룹에 비해 빠른 회복을 보이는 결과는 D-ribose 투여로 인한 운동시 phosphagen system이 더욱 원활하게 이루어진 결과로 운동 시 과도하게 축적된 무기인산을 회복시에 효과적으로 제거함으로써 휴식기 피로회복에 있어서 긍정적인 효과를 나타낸 것이라 사료된다.

Hypoxanthine은 생체에 널리 존재하는 purine 유도체이며, tRNA의 anticodon에 존재하는 핵산의 구성요소로서 발견되어진다. 혈 중 hypoxanthine이 생성되는 경로는 두 가지로 알려져 있으며 첫째, 격렬한 운동 시 ADP의 일부는 adenylate kinase 와 AMP deaminase의 연속적인 활성화에 의해 최종에는 IMP로 전환되고, 전환 되어진 IMP는 효소 5' nucleotidase에 의해서 inosine으로 전환되고 purine nucleoside phosphorylase의 촉매활동에 의해 inosine은 muscle adenine nucleotide pool의 감소를 암시하는 hypoxanthine으로 전환된다 [14,18]. 둘째, 또 다른 경로는 AMP가 nucleotidase의 촉매에 의해 adenosine으로 전환되었다가 최종산물인 hypoxanthine 이 되는 경로이다. 결국 이러한 경로를 통하여 생성 되어진 혈중 hypoxanthine은 PNC에 의해 생성된 피로물질이라고 알려져 있다. 본 연구결과, 회복기 30분에 PS 투여그룹과 비교해서 RS 투여그룹의 혈중 hypoxanthine 수치가 유의하게 낮게 나타났다. 이러한 결과는 10명의 사이클링 피험자를 대상으로 고강도 운동이 plasma hypoxanthine 수준을 8배나 증가시켰으며, NH<sub>3</sub>와 lactate 수준 역시 휴식 때와 비교하여 상당히 증가하였다는 보고[15]와 일치하는 결과를 나타냈다. 이는 혈중 hypoxanthine이 운동하는 동안 adenine nucleotide 감소의 지시자이며 에너지적 스트레스라 보고하였다. 또한 Hellsten 등[7]의 연구에서는 혈중 hypoxanthine이 운동 종료 시점부터 회복 10~20분까지 증가하는 추세를 보이다가 회복 30분 후부터 조금씩 감소하는 경향을 나타내었다고 보고했다. 본 연구에서는 회복 30분의 변화만 살펴보았기 때문에 충분한 hypoxanthine의 감소 변화를 살펴볼 수 없었지만, PS투여그룹보다 RS 투여그룹이 낮은 hypoxanthine을 나타낸 것으로 보아 D-ribose 구강 투여가 피로에 대한 잠재적인 이익에 영향을 미친 것으로 사료된다.

## 감사의 글

이 논문은 동아대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

## References

- Babij, P. S., S. M. Matthews, and M. J. Rennie. 1983. Changes in blood ammonia, lactate and amino acid in relation to workload during bicycle ergometer exercise in man. *J. Appl. Physiol.* **50**, 405-411.
- Boer, P. and O. Sperling. 1995. Role of cellular ribose-5-phosphate content in the regulation of 5-phosphoribosyl-1-pyrophosphate and de novo purine synthesis in a human hepatoma cell line. *Metabolism* **44**, 1469-1474.
- Dodd, S. L., C. A. Johnson, K. Fernholz, and J. A. St Cyr. 2004. The role of ribose in human skeletal muscle metabolism. *Med Hypotheses* **62**, 819-824.
- Dudley, G. A., R. S. Staron, T. F. Murray, F. C. Hagerman, and A. Luginbuhl. 1983. Muscle fiber composition and blood ammonia levels after intense exercise in humans. *J. Appl. Physiol.* **54**, 582-586.
- Eriksson, L. S., S. Broberg, O. Björkman, and J. Wahren. 1985. Ammonia metabolism during exercise in man. *Clin. Physiol.* **5**, 325-336.
- Güth, K. and J. D. Potter. 1987. Effect of and cycling cross-bridges on the structure of troponin C and Ca<sup>2+</sup> affinity of the Ca<sup>2+</sup>-specific regulatory sites in skeletal rabbit psoas fibers. *J. Biol. Chem.* **262**, 13627-13635.
- Hellsten, Y., L. Skadhauge, and J. Bangsbo. 2004. Effect of ribose supplementation on resynthesis of adenine nucleotides after intense intermittent training in humans. *Am J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* **286**, 182-188.
- Kreider, R. B., C. Melton, M. Greenwood, C. Rasmussen, J. Lundberg, C. Earnest, and A. Almada. 2003. Effects of oral D-ribose supplementation on anaerobic capacity and selected metabolic markers in healthy males. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **13**, 76-86.
- McCarthy, N., G. J. Heigenhauser, and N. L. Jones. 1983. Effects of pH on maximal power output and fatigue during short-term dynamic exercise. *J. Appl. Physiol.* **55**, 225-229.
- Murray, R. K., D. K. Granner, P. A. Mayes, and V. W. Rodwell. 2006. *Harper's Biochemistry*. pp. 88-93, 27th eds., McGraw-Hill.
- Op 't Eijnde, B., M. Van Leemputte, F. Brouns, G. J. Van Der Vusse, V. Labarque, M. Ramaekers, R. Van Schuylenberg, P. Verbessem, H. Wijnen, and P. Hespel. 2001. No effects of oral ribose supplementation on repeated maximal exercise and de novo ATP resynthesis. *J. Appl. Physiol.* **91**, 2275-2281.
- Paik, I. Y., J. H. Woo, and J. H. Chae. 2000. The effects of oral creatine supplementation on exercise performance and blood fatigue elements changes in short track speed skaters. *Korean J. Phys. Edu.* **39**, 340-350.
- Raue, U., P. M. Gallagher, D. L. Williamson, M. P. Godard, and S. W. Trappe. 2001. Effects of ribose supplementation on performance during repeated high-intense men cycle sprints. *Med. Sci. Sports Exerc.* **33**, S44.
- Stathis, C. G., S. Zhao, M. F. Carey, and R. J. Snow. 1999. Purine loss after repeated sprint bouts in humans. *J. Appl. Physiol.* **87**, 2037-2042.
- Sahlin, K., M. Tonkonogi, and K. Söderlund. 1999. Plasma hypoxanthine and ammonia in humans during prolonged exercise. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* **80**, 417-422.
- Van Gammeren, D., D. Falk, and J. Antonio. 2002. The effects of four weeks of ribose supplementation on body composition and exercise performance in healthy, young, male recreational bodybuilders: a double-blind, placebo-controlled trial. *Curr. Ther. Res.* **63**, 486-495.
- Williams, M. H. 2006. *Nutrition for Health, Fitness & Sport*, 8th eds., McGraw-Hill.
- Zhao, S., R. J. Snow, C. G. Stathis, M. A. Febbraio, and M. F. Carey. 2000. Muscle adenine nucleotide metabolism during and in recovery from maximal exercise in humans. *J. Appl. Physiol.* **88**, 1513-1519.

초록 : 리보오스 보충이 최대강도 운동 후 혈중 피로물질 생성에 미치는 영향

이울호<sup>1</sup> · 신기욱<sup>2</sup> · 김근수<sup>1</sup> · 김영일<sup>3</sup> · 우진희<sup>2\*</sup>

(<sup>1</sup>공군사관학교, <sup>2</sup>동아대학교 체육학과, <sup>3</sup>영산대학교 스포츠건강관리학과)

본 연구에서는 두 가지 투여그룹을 비교하여 ergogenic aid로서 D-ribose의 효과를 운동영양학적으로 규명하는데 그 목적이 있었고, 이를 위하여 2,000 m 조정운동 전, 운동종료 직후, 그리고 운동 종료 후 회복기 30분의 변화를 연구하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, 투여그룹에 따른 2,000 m 조정운동 수행력의 차이는 없었으며 둘째, 투여그룹에 따른 젖산과 암모니아 수치의 차이도 나타나지 않았다. 셋째, 회복 30분에서 무기인산은 PS에 비해서 RS투여그룹의 수치가 더 낮게 나타났으며, 마지막으로 회복 30분에서 hypoxanthine의 축적은 PS투여그룹에 비해 RS투여그룹의 수치가 더 낮게 나타났다. 따라서, 7-8분 정도의 고강도 운동 시 운동기록의 단축에 D-ribose 구강투여의 효과는 없었지만, 휴식 기 피로회복에 긍정적인 효과를 줄 수 있을 것이라 사료된다.