태권도 경기 간 회복방법과 글루코스 섭취가 심박수와 에너지대사관련 혈액변인에 미치는 영향

유덕수, 김형준, 이만균

경희대학교 체육대학원

Effects of Type of Recovery Treatment and Glucose Intake between Taekwondo Games on Heart Rate and Energy Metabolism-related Blood Variables

Deok-Su Yoo, Hyoung-Jun Kim, Man-Gyoon Lee

Graduate School of Physical Education, Kyung Hee University, Yongin, Korea

PURPOSE: The purpose of this study was to examine the effects of type of recovery treatment (massage, cryotherapy or no treatment) and glucose intake performed between Taekwondo games on heart rate and energy metabolism-related blood variables (glucose, FFA, insulin, epinephrin, norepinephrin, and cortisol).

METHODS: Twelve male collegiate Taekwondo players participated in control trial, massage trial, cryotherapy trial, glucose trial, glucose+massage trial, and glucose+cryotherapy trial repeatedly. Six games of three 2-minute round were performed in a trial, and an assigned treatment was applied for 20 minutes between games in each trial.

RESULTS: Heart rate before each game remained significantly lower in glucose+cryotherapy trial than other trials. Glucose and insulin remained significantly higher and FFA remained significantly lower in three trials with glucose intake than other trials without glucose intake. No significant trial effect was found in epinephrine, norepinephrine, and cortisol.

CONCLUSIONS: It was concluded that massage, cryotherapy, and glucose intake would be beneficial for energy metabolism-related blood variable and for reducing heart rate throughout the games.

Key words: Taekwondo, Massage, Cryotherapy, Carbohydrate, Heart rate

서론

태권도 대회에서 우승하기 위해서는 하루에 예선에서 결승전까지 약 6-8 경기를 치러야 하고, 경기 간 휴식 시간은 1시간 이내이며 결승에 가까워질수록 점차 줄어든다. 또한, 태권도는 한 경기가 2분 3회전으로 구성되어있고, 경기 중 최대심박수의 85-95%에 해당하는 고강도 운동을 하게 되어 ATP-PC 시스템과 무산소성 해당과정(glycolysis)이 주로 이용된다[1]. 따라서 태권도 경기 중 순간적으로 힘을 발휘하는

무산소적인 동작을 주로 수행하기 때문에 체내 글루코스가 급격하게 감소하고 신체 내 대사적 피로물질의 축적을 증가시켜 경기력에 악영향을 미친다[2].

이와 같이 경기력에 악영향을 미치는 요인을 감소시키기 위해 사용되고 있는 회복 방법으로는 마사지, 냉치, 전기자극, 초음파, 사우나, 그리고 아로마 요법 등이 있다[3,4]. 그 중 태권도 경기에서는 회복의 효과성이 높은 것으로 보고된 바 있는 마사지와 냉치치가 주로 사용되고 있다[2].

Corresponding author: Man-Gyoon Lee Tel +82-31-201-3753 Fax +82-31-201-3473 E-mail mlee@khu.ac.kr

Keywords 태권도, 마사지, 냉치, 탄수화물, 심박수

Received 22 Jul 2016 Revised 7 Oct 2016 Accepted 5 Nov 2016

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

마사지는 모세혈관의 순환촉진과 근긴장 완화를 유도하여 대사활동을 증가시키고, 근육의 부종과 효소의 방출 및 근막 파열 등과 같은 증상을 회복하는 데 효과적이며, 회복 시 심박수의 감소 및 대퇴동맥혈류량, 피부혈류량, 그리고 근육혈류량을 증가시켜 운동 후 회복에 효과적인 방법으로 보고되었다[5]. 이와 관련하여 Lee [6]는 자전거 에르고미터를 이용한 최대운동 후 회복 시 15분과 30분 시점에서 실시한 안정성 회복 처치, 하루 마사지 처치, 그리고 전신 마사지 처치의 효과를 비교한 결과, 회복 30분 시점에서 전신 마사지 처치 집단의 혈중 글루코스가 가장 낮게 나타났고 혈중 유리지방산(free fatty acid, FFA)이 가장 높게 나타났다고 보고하였고, 이는 마사지 처치가 회복기 중 글루코스 이용률의 감소와 FFA 대사의 활성화에 기여한 것이라고 주장하였다.

냉처치는 혈관수축을 유발하여 조직으로의 혈액 공급을 감소시키고 국소 출혈과 부종을 최소화하여 세포 내 대사율 및 염증반응을 감소시키는 방법으로 근육의 탄성 증가와 에너지대사 호르몬 농도의 감소로 인하여 경기력 및 생리적인 변화에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고되었다[7]. 이와 관련하여 Maeng [8]은 등속성 운동을 실시한 후 15°C의 냉수를 이용하여 30초간 냉처치를 실시한 결과, 코르티솔과 테스토스테론 농도가 유의하게 감소된 것으로 보고하였고, 냉처치가 통증이 느껴지는 근섬유 내에서 신경전달을 감소시키고 신경말단의 흥분도를 감소시켜 회복에 긍정적인 영향을 미친 것이라고 주장하였다.

한편, 경기력을 향상시키기 위한 방법 중 하나로 고강도 신체활동으로 인하여 급격하게 소비된 글루코스를, 운동 후 회복기 중 섭취를 통해 보충하는 방법이 권장되었다[9]. 글루코스 섭취에 따른 경기력과 관련된 선행연구를 살펴보면, Bussau et al. [10]은 사이클 선수와 트라이애슬론 선수를 대상으로 글루코스 축적방법에 따른 근육 글리코겐 함유량의 변화를 살펴본 결과, 고탄수화물 섭취군은 식후 24시간 만에 모든 섬유(type I, type IIa, type IIb)에서 글리코겐 저장량이 최고치를 나타냈다고 보고하였고, 이와 같은 결과는 고탄수화물 섭취가 24시간 만에 근 글리코겐 함유량을 최대치로 끌어올린다는 것을 보여준다. 또한 Johnson et al. [11]은 8명의 사이클 선수를 대상으로 2시간의 에르고미터 운동 후 9.3 g/kg/day의 고탄수화물을 섭취시킨 결과, 글루코스

산화 비율이 감소되었고, 글리코겐 저장효과가 나타났으며, 혈중 젖산 농도, 혈중 글루코스, 그리고 심박수가 낮게 나타나 피로 축적이 지연되었다고 보고하였다.

회복방법으로서 글루코스 섭취가 경기력과 관련된 에너지대사에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다는 가능성이 확인되었으나, 태권도 경기와 같이 하루에 평균 6-8경기를 치르고 최대 1시간(평균 30분)의 휴식으로 인해 지속적으로 글루코스 저장량이 감소하는 종목에 대한 글루코스 섭취의 효용성을 검증한 연구는 국내·외적으로 매우 부족한 실정이며, 현재까지 고강도 운동에서 글루코스 축적과 회복방법의 복합적 처치에 따른 효과를 규명한 연구는 거의 전무한 실정이다.

이에 본 연구에서는 대학교 태권도 선수가 하루에 여섯 경기를 치르는 동안 경기 간에 실시하는 회복방법(마사지 처치, 냉처치)과 글루코스 섭취 여부가 1경기 시작 전, 3경기 후, 그리고 6경기 후 심박수와 에너지대사 관련 혈액변인에 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구의 대상자는 G 도 Y 시 K 대학교 재학 중인 19-24세의 엘리트 태권도 선수 12명이었다. 실험에 참가하는 기간 동안 일상적인 트레이닝을 실시하였으나, 실험 전 48시간 동안은 운동에 참여하지 않도록 제한하였다. 연구 시작 전에 연구의 목적과 절차에 대하여 설명하였고, 자발적으로 참여하고자 하는 자에 한하여 검사동의서를 작성 후 참여하도록 하였다. 연구 대상자의 신체적 특성은 Table 1에 제시된 바와 같다.

Table 1. Physical characteristics of subjects (n = 12)

Variables	Mean ± SD
Age (year)	20.58 ± 0.79
Height (cm)	178.38 ± 10.99
Body weight (kg)	72.42 ± 9.96
Fat free mass (kg)	58.99 ± 8.64
Fat (%)	16.03 ± 2.67

Fig. 1. Experimental procedures.

2. 실험 설계 및 절차

본 연구에서는 회복방법과 글루코스 섭취 여부의 상호작용의 효과를 규명하고자 하였으며, 모든 연구 대상자는 6가지 처치(비처치, 마사지처치, 냉처치, 글루코스 섭취, 글루코스 섭취+마사지처치, 글루코스 섭취+냉처치) 실험에 counterbalanced order에 따라 반복적으로 참가하였고, 각 실험 간에 5일 이상의 간격을 두었다. 특정 처치가 이루어지는 하루의 실험에서 여섯 경기를 치렀고, 경기 간에 시간대에 따라 20-60분의 휴식을 취했으며, 매 경기 후 20분간 특정 처치를 실시하였다. 전(1경기 시작 전), 중(3경기 후), 그리고 후(6경기 후)에 심박수와 에너지대사 관련 혈액변인(글루코스, FFA, 인슐린, 에피네프린, 노르에피네프린, 코르티솔)을 측정하였다(Fig. 1).

3. 측정항목 및 방법

1) 신체구성

측정 전 대상자는 6시간 이상 금식하였으며, 생체전기저항분석기(bioelectrical impedance analysis; X-Scan plus II, Jawon Medical, Korea)를 이용하여 체중, 근육량 및 체지방률을 측정하였다.

2) 심박수

심박수를 측정하기 위하여 6경기를 치르는 동안 지속적으로 심박수 측정기(Polar S610i, Finland)를 착용하였다. 매 경기가 시작되기 3분 전(안정시 심박수 측정)과 경기종료 5분 후에 심박수를 측정하여 기록하였다.

3) 에너지대사 관련 혈액변인

전(1경기 시작 전), 중(3경기 후), 그리고 후(6경기 후)에 에너지대사 관련 혈액변인을 측정하였다. 에너지대사 관련 혈액변인으로 글루코스, FFA, 인슐린, 에피네프린, 노르에피네프린, 그리고 코르티솔을 측정하였다. 에피네프린과 노르에피네프린의 분석을 위하여 10 mL 주사기를 이용하여 전완정중정맥에서 9 mL를 채혈하여 항응고제인 헤파린이 처리된 튜브에 넣어 3,500 rpm에서 10분간 원심분리를 한 후 혈장을 채취하여 -70°C에서 급속 냉동시켜 보관하였다. 글루코스, FFA, 인슐린, 그리고 코르티솔의 분석을 위하여 10 mL 주사기를 이용하여 전완정중정맥에서 6 mL를 채혈하여 항응고제가 처리되지 않은 튜브에 넣어 3,500 rpm에서 10분간 원심분리를 실시한 후 혈청을 채취하여 -70°C에서 급속 냉동시켜 보관하였다. 그 후 냉동 보관된 혈청과 혈청을 (주)G의뢰재단의 임상검사소에 의뢰하여 분석을 실시하였다.

검사방법으로 글루코스는 GLU kit를 이용하여 Enzymatic Kinetic Assay 검사법, FFA는 NEFA GR. II kit를 이용하여 ACS-ACOD 검사법, 인슐린은 Insulin kit를 이용하여 ECLIA 검사법, 에피네프린과 노르에피네프린은 Plasma catecholamine kit를 이용하여 HPLC 검사법, 그리

고 코르티솔은 Coat-A-count Cortisol kit를 이용하여 RIA 검사법을 이용하여 각각 분석하였다.

4) 처치방법

마사지처치는 엎드린 자세에서 The Stick [12]을 이용하여 둔부 → 대퇴(후면, 측면) → 하퇴의 순서로, 누운 자세에서는 대퇴(전면, 측면) → 하퇴의 순서로 반복하였으며, 각 부위의 마사지는 4분씩 총 20분간 실시하였다. 냉처치 방법은 누운 자세에서 하지 부위에 아이스 팩을 적용하였으며[13], 둔부, 대퇴(전면, 후면) 및 하퇴(전면, 후면) 전체 부위에 얼음을 지퍼가 있는 비닐팩 12개를 사용하여 양쪽 하지의 전면에서 3개, 그리고 후면에 3개를 도복 위에 간접적으로 사용하였으며, 운동 종료 직후부터 20분간 실시하였다. 글루코스의 섭취는 S회사에 제작을 의뢰한 15% glucose solution을 사용하였으며, 매 경기 직후 200 mL 용액을 총 6회에 걸쳐 섭취시켰으며, 비처치는 편안하게 누운 자세에서 아무런 처치 없이 휴식을 취하도록 하였다.

5) 경기방법

본 연구에서는 경기 중의 운동량을 6가지 처치 간에 동질화시키기 위하여 스파링 대신 연구진이 개발한 모의경기 프로그램을 실시하였다. 3회전 모두 8초 제자리 점핑스텝(160 rpm) 후 12초간 전진하며 양발 돌려차기로 호구를 가격(100 rpm)하고, 8초 제자리 점프 후 12초간 후진하며, 양발 돌려차기로 호구를 가격하는 것을 3회 반복하도록 하였다. 각 회전 사이에는 1분의 휴식시간을 두었다. 예비실험을 통하여 9명을 대상으로 실험해 본 결과, 실제 스파링 중의 심박수가 183.15 ± 13.28 bpm, 그리고 모의경기 중의 심박수가 189.75 ± 8.19 bpm으로 나와 모의경기의 강도가 실제 경기와 유사한 것으로 나타났다.

4. 자료처리 방법

본 연구를 통해 얻은 모든 자료는 SPSS PC⁺ for Windows (version 21.0)로 분석하였다. 모든 종속변인의 기술통계량을 평균(mean)과 표준편차(standard deviation, SD)로 제시하였고, 처치 내 시기 간 변화율을 $\Delta\%$ 로 제시하였다. 6가지 처치(비처치, 마사지 처치, 냉처치, 글루코스 섭취, 글루코스 섭취+마사지처치, 글루코스 섭취+냉처치) 간 평균 차이와 시기(심박수 6시기, 에너지대사 관련 혈액변인 3시기) 간 평균 차이를 동시에 검증하기 위해 반복 이원분산분석을 실시하였다. 처치의 주효과, 시기의 주효과 또는 처치와 시기의 상호작용이 유의한 경우, 처치 내 시기 간 평균 차이 분석과 시기 내 처치 간 평균 차이 분석을 위하여 반복이 있는 일원분산분석을 실시하였으며, 필요한 경우 최소유의차검증법(least significant difference test, LSD)으로 사후검증을 실시하였다. 모든 통계 분석의 유의수준은(α)을 .05로 설정하였다.

연구 결과

1. 심박수의 변화

경기 전 심박수에서 처치와 시기의 상호작용이 유의하게 나타나지 않았으나, 시기의 주효과가 유의하게 나타났다. 경기 전 심박수는 모든 처치 내에서 경기가 지속됨에 따라 유의하게 증가되는 것으로 나타났다. 한편, 글루코스 섭취+냉처치의 경우 다른 처치에 비해 증가율이 낮은 경향을 보였다(Table 2). 경기 종료 5분 심박수에서 처치와 시기의 상호작용이 유의하게 나타나지 않았으나, 처치의 주효과가 유의하게 나타났다. 한편, 글루코스 섭취+냉처치의 경우 다른 처치에 비해 감소되는 경향이 나타났다(Table 3).

2. 에너지대사 관련 혈액변인의 변화

글루코스는에서는 처치와 시기의 상호작용과 처치와 시기의 주효과가 유의하게 나타났으며, 특히 POST 시점에서 글루코스 섭취+냉처치에서 글루코스 농도가 가장 높게 나타났다(Table 4). FFA에서는 처치와 시기의 상호작용과 처치와 시기의 주효과가 유의하게 나타났으며, 특히 POST 시점에서 글루코스 섭취+냉처치에서 FFA 농도가 가장 낮게 나타났다(Table 5). 인슐린에서는 처치와 시기의 상호작용과 처치와 시기의 주효과가 유의하게 나타났으며, 특히 POST 시점에서 글루코스 섭취+냉처치에서 인슐린의 농도가 가장 높게 나타났다(Table 6). 에피네프린에서는 처치와 시기의 상호작용이 유의하게 나타나지 않았으나, 시기의 주효과가 유의하게 나타났다(Table 7). 노르에피네프린에서는 처치와 시기의 상호작용이 유의하게 나타나지 않았으나, 시기의 주효과가 유의하게 나타났다(Table 8). 코르티솔은 처치와 시기의 상호작용이 유의하게 나타나지 않았으나 시기의 주효과가 유의하게 나타났다(Table 9).

논 의

1. 태권도 경기 간 회복방법과 글루코스 섭취가 심박수에 미치는 영향

심박수는 인체의 산소소비량과 비례적인 관계를 가지며 심장의 부하가 클수록 심박수도 비례하여 증가하고, 자율신경계의 교감신경호르몬인 에피네프린과 노르에피네프린은 운동과 스트레스에 반응한다[14]. 교감신경의 활성화로 인하여 에피네프린은 심장의 기능을 촉진시키고 간과 근육에서의 글리코겐 분해 작용을 하며 노르에피네프린은 혈관을 수축시켜 혈압을 상승시키며 지방조직 내 FFA의 분해를 촉진한다[15].

일반적으로 심박수는 심장 관련 중추신경의 자극, 에피네프린 분비의 증가, 체온의 상승, 그리고 근 수축에 따른 혈류량의 증가로부터 영

Table 2. Changes in heart rate before each game (Mean±SD)

Trial	Game 1	Game 2	Game 3	Game 4	Game 5	Game 6	1-2 △%	1-3 △%	1-4 △%	1-5 △%	1-6 △%	p
Control	64.58±3.91 a	69.58±2.93 b	72.75±1.91 c	73.16±1.46 c	74.25±1.35 d	74.25±0.75 d	7.74	12.65	13.28	14.97	14.97	Trial .064
Massage	63.83±4.87 a	66.50±4.33 a	69.75±5.69 b	72.25±6.32 c	72.83±4.34 c	73.00±2.66 c	4.18	9.27	13.19	14.09	14.36	
Cryotherapy	65.25±5.64 a	68.08±6.15 a,b	70.50±6.27 b	71.08±3.14 b	72.08±5.31 b	72.16±4.68 b	4.33	8.04	8.93	10.46	10.59	Time .000***
Glucose	63.66±4.61 a	66.41±3.11 a,c	67.25±3.72 b,c	70.08±5.17 b,c,d	71.33±1.62 d	71.50±1.62 d	4.31	5.63	10.08	12.04	12.31	
Glucose+Massage	63.83±2.85 a	67.33±4.71 a,c	71.50±5.23 b,c	71.66±3.42 b	71.91±3.65 b	71.08±1.92 b	5.48	12.06	12.26	12.65	11.35	Trial*Time .646
Glucose+Cryotherapy	64.25±3.16 a	65.50±2.81 a	67.75±1.81 c	69.41±2.06 c	70.16±1.58 c	70.33±2.18 c	1.94	5.44	8.03	9.19	9.46	

***p < .001: Significant main effect and/or interaction.

a, b, c: Different alphabet indicates significant between time within a trial.

Table 3. Changes in heart rate 5 minute after each game

Trials	(Mean±SD)						p
	Game 1	Game 2	Game 3	Game 4	Game 5	Game 6	
Control	95.75±4.09 I	96.50±2.61 I	95.66±8.42 I, II	96.16±7.37 I, II	95.66±4.11 I	95.33±3.47 I	1-2 △% 0.78 1-3 △% -0.09 1-4 △% 0.42 1-5 △% -0.09 1-6 △% -0.43 Trial .000***
Massage	94.58±2.99 I, II	94.33±6.87 I, II	94.66±3.36 I, II	95.50±3.37 I	94.16±1.11 I, II	94.66±3.49 I, II	0.08
Cryotherapy	93.08±5.19 I, II	94.00±14.44 I, II	93.58±4.83 I, II, III	91.66±5.82 I, II, III	92.75±4.80 II, III	92.91±5.38 I, II, III	Time .552
Glucose	92.75±2.73 II	91.91±4.58 II	91.66±2.70 I, III	90.00±5.84 II, IV	90.91±4.73 III	90.66±5.54 II, III	-2.25
Glucose+Massage	93.16±3.06 I, II	92.83±1.85 II	93.66±3.25 II	92.50±4.90 I, II, III	92.33±3.36 II, III	92.25±5.87 I, II, III	-0.97 Trial*Time 1.000
Glucose+Cryotherapy	91.66±4.53 II	90.75±4.30 II	89.75±4.69 III	88.75±4.35 III, IV	89.91±5.55 III	88.66±4.31 III	-3.27

***p < .01: Significant main effect and/or interaction.

I, II, III: Different number indicates significant difference between trial within a time.

향을 받으며, 신체활동에 따른 골격근의 산소요구량과 비례하여 운동 강도가 높을수록 증가된다[16]. 반면, 신체활동이 감소할 경우 열을 방출하기 위하여 교감신경이 활성화되며, 땀분비를 증가시키고 부교감신경의 작용으로 심장박동과 물질대사를 억제시켜 간과 근육에서 열 생산량을 감소시키고 심박수를 감소시킨다[14]. 이처럼 운동 후 상승된 심박수를 안정 시 심박수로 회복시키는 속도는 운동 시에 활성화된 교감신경의 억제와 부교감신경의 활성화를 통해 결정된다[17]. 본 연구에서는 태권도 경기 간에 마사지처치, 냉처치, 글루코스 섭취, 글루코스 섭취+마사지처치, 그리고 글루코스 섭취+냉처치를 실시하였다. 마사지는 혈액순환의 촉진과 근육의 긴장의 완화로 인하여 심박수를 안정적으로 감소시키는 것으로 보고되었으며[5], 냉처치는 혈관을 수축시켜 국소적 출혈 및 부종을 막아 염증 반응을 억제시켜 심박수를 감소시킨다고 보고되었다[7].

본 연구에서는 기존의 마사지와 냉처치의 효과와 더불어 글루코스 섭취의 복합에 따른 시너지 효과를 확인하기 위하여 글루코스 섭취를 함께 처치하였다. 아직까지 마사지 또는 냉처치와 글루코스 섭취를 병행하여 처치한 후 심박수에 미치는 효과를 검증한 연구는 거의 전무한 실정이다. 본 연구의 결과(Table 2와 Table 3의 1-6 △%)를 살펴보면, 글루코스 섭취를 병행하는 것이 단일처치에 비하여 태권도 경기 간에 심박수를 감소시키는 데 다소 도움이 되는 것으로 나타났다. 이와 관련하여 Kim et al. [18]과 Montain et al. [5]은 운동 선수를 대상으로 글루코스가 함유된 전해질 음료를 섭취시킨 결과 심박수가 감소된 것으로 보고하였으며, 체내 교감신경계의 활성이 항상성을 유지시켜 심박수를 감소시킨다는 Rowell [15]의 연구와 유사한 결과가 나타난 것으로 판단된다. 심박수가 가지고 있는 생리학적 의미로 볼 때, 글루코스 섭취가 경기력과 체력 등에 직접적인 관련이 있는 심박수의 변화에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단되며, 특히 글루코스 섭취와 더불어 냉처치를 실시한 집단에서 시기 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 회복에 있어서 시너지 효과가 있는 것을 확인하였다. 앞서 기술한 내용과 마찬가지로 글루코스 섭취 또는 냉처치를 단일로 실시한 것에 대한 것은 선행연구에서 확인되었으며[5,7,15,18], 본 연구의 결과에서 나타난 것과 같이 단일 처치의 효과보다는 두 가지의 처치를 병행하는 것이 보다 효과적인 것으로 나타났다. 본 연구에서 적용한 처치를 통하여 태권도 경기 간 심박수가 감소되는 긍정적인 결과가 나타난 것을 설명하는 기전은 아직 명확하지 않다. 추후 보다 많은 대상자를 포함하여 기점을 보다 명확하게 밝히기 위한 후속 연구가 요청된다.

2. 태권도 경기 간 회복방법과 글루코스 섭취가 에너지대사 관련 혈액변인에 미치는 영향

고강도 운동 시 혈중 글루코스와 근육과 간에 저장된 글리코겐을 주 에너지원으로 사용하고[19], 근육 글리코겐 함량이 적정수준 이하

Table 4. Changes in glucose(Mean $\pm$ SD)

Variable	Trials	PRE	MID	POST	$\Delta\%$			<i>p</i>
		(before 1st game)	(before 4th game)	(before 6th game)	PRE-MID	MID-POST	PRE-POST	
Glucose (mg·dL ⁻¹)	Control	95.00 $\pm$ 11.31 a	86.17 $\pm$ 4.15 b, I	82.08 $\pm$ 3.78 c, I	-9.30	-4.74	-13.60	Trial .000***
	Massage	91.42 $\pm$ 10.35 a	87.25 $\pm$ 5.93 a, b, I	82.92 $\pm$ 7.12 b, I	-4.56	-4.97	-9.30	
	Cryotherapy	92.58 $\pm$ 7.39 a	85.42 $\pm$ 3.78 b, I	81.67 $\pm$ 4.25 c, I	-7.74	-4.39	-11.79	Time .007***
	Glucose	91.42 $\pm$ 3.48 a	107.83 $\pm$ 12.93 b, II	111.75 $\pm$ 14.07 b, II	17.96	3.63	22.24	
	Glucose+Massage	95.25 $\pm$ 6.06 a	111.08 $\pm$ 14.43 b, II	112.50 $\pm$ 5.16 b, II	16.62	1.28	18.11	Trial*Time .000***
	Glucose+Cryotherapy	93.25 $\pm$ 6.66 a	119.25 $\pm$ 12.99 b, II	117.00 $\pm$ 10.18 b, II	27.88	-1.89	25.47	

****p* < .001: Significant main effect and/or interaction.

a, b, c: Different alphabet indicates significant between time within a trial.

I, II: Different number indicates significant difference between trial within a time.

Table 5. Changes in free fatty acid (FFA)(Mean $\pm$ SD)

Variable	Trials	PRE	MID	POST	$\Delta\%$			<i>p</i>
		(before 1st game)	(before 4th game)	(before 6th game)	PRE-MID	MID-POST	PRE-POST	
FFA (μ Eq·L ⁻¹)	Control	319.25 $\pm$ 156.76 a, I, II	600.75 $\pm$ 311.41 b, I	1,052.00 $\pm$ 498.38 c, I	88.18	75.11	229.52	Trial .000***
	Massage	280.75 $\pm$ 114.61 a, I, II	538.00 $\pm$ 262.36 b, I	849.92 $\pm$ 375.48 c, I	91.63	57.98	202.73	
	Cryotherapy	379.42 $\pm$ 284.38 a, I	610.17 $\pm$ 367.49 b, I	969.33 $\pm$ 425.39 c, I	60.82	58.86	155.48	Time .000***
	Glucose	327.33 $\pm$ 243.68 I, II	212.75 $\pm$ 186.07 II	249.58 $\pm$ 200.94 II	-35.01	17.31	-23.75	
	Glucose+Massage	357.33 $\pm$ 182.33 a, I	193.75 $\pm$ 149.70 b, II	302.25 $\pm$ 305.98 a, b, II	-45.78	56.00	-15.42	Trial*Time .000***
	Glucose+Cryotherapy	219.58 $\pm$ 109.86 a, II	130.58 $\pm$ 88.17 b, II	148.25 $\pm$ 121.14 b, II	-40.53	13.53	-32.49	

****p* < .001: Significant main effect and/or interaction.

a, b, c: Different alphabet indicates significant between time within a trial.

I, II: Different number indicates significant difference between trial within a time.

로 감소하면 근육피로가 발생되어 지속적인 운동을 수행할 수 없으며, 인지적 피로감이 발생한다. 또한, 근육 내 글리코겐의 감소는 인슐린의 작용을 활성화하여 근육 내로 글루코스 흡수를 증가시킨다[20]. 운동 직후의 글루코스 섭취는 근육으로 가는 혈류를 통하여 근세포에 글루코스 흡수량을 증가시키고 인슐린의 증가를 통하여 간과 근육에 글리코겐 저장을 증가시킨다고 보고되었다[21]. 본 연구에서 글루코스를 섭취한 집단에서 글루코스 농도와 인슐린의 분비량의 유의한 증가는 선행연구의 보고와 같이 근육 내 글리코겐의 합성에 따른 결과로 판단되며, 이러한 회복방법은 고강도 운동을 실시하는 선수들에게 소비된 에너지를 보충할 수 있는 효과적인 방법으로 경기력 향상에 큰 영향을 미칠 수 있다.

FFA는 글루코스와 인슐린의 변화와는 반대로 전후를 비교한 결과,

글루코스 섭취를 한 처치에서 유의하게 감소된 것으로 나타났다. 이는 글루코스의 유입이 운동 및 회복 중 산화될 수 있는 충분한 에너지원을 공급하여 골격근으로 글리코겐 저장물을 증가시키고, 이는 운동 중 지방세포에서 분해되어 혈중으로 유입된 FFA의 근육으로의 이동 및 산화율을 증가시켜 에너지로 사용되기 때문이다[22]. 한편, 고강도 운동 시 글루코스가 주요 에너지원으로 사용되며, 휴식 시 글루코스 섭취는 고강도 운동 시 사용된 에너지원의 보충에 영향을 미치는 것으로 볼 때, 본 연구에서 글루코스를 섭취하지 않은 비처치, 마사지처치, 그리고 냉처치에서 FFA의 변화가 유의하게 나타난 것은, Lee et al. [23]이 보고한 단시간의 고강도 운동에 따른 글리코겐의 고갈로 인하여 지방을 에너지원으로 사용한 결과로 본 연구의 결과를 뒷받침할 수 있다.

Table 6. Changes in insulin(Mean $\pm$ SD)

Variable	Trials	PRE (before 1st game)	MID (before 4th game)	POST (before 6th game)	$\Delta\%$			<i>p</i>
					PRE-MID	MID-POST	PRE-POST	
Insulin ($\mu\text{U}\cdot\text{mL}^{-1}$)	Control	4.61 $\pm$ 5.16 a	2.46 $\pm$ 1.53 a, b, I	1.87 $\pm$ 1.98 b, I	-46.65	-24.07	-59.49	Trial .000***
	Massage	4.43 $\pm$ 1.63 a	3.03 $\pm$ 1.24 b, I	1.94 $\pm$ 1.01 b, I	-31.64	-35.81	-56.12	
	Cryotherapy	4.32 $\pm$ 2.85 a	2.41 $\pm$ 1.59 b, I	1.79 $\pm$ 1.14 b, I	-44.21	-25.61	-58.49	Time .000***
	Glucose	3.96 $\pm$ 1.72 a	10.68 $\pm$ 4.99 b, II	10.49 $\pm$ 4.29 b, II	169.89	-1.79	165.05	
	Glucose+Massage	4.65 $\pm$ 3.92 a	13.19 $\pm$ 9.45 b, II	9.16 $\pm$ 3.26 b, II	183.69	-30.57	96.95	Trial*Time .000***
	Glucose+Cryotherapy	4.14 $\pm$ 2.20 a	12.40 $\pm$ 6.01 b, II	13.19 $\pm$ 4.97 b, II	199.40	6.38	218.51	

*** $p < .001$: Significant main effect and/or interaction.

a, b: Different alphabet indicates significant between time within a trial.

I, II: Different number indicates significant difference between trial within a time.

Table 7. Changes in epinephrine (EPI)(Mean $\pm$ SD)

Variable	Trials	PRE (before 1st game)	MID (before 4th game)	POST (before 6th game)	$\Delta\%$			<i>p</i>
					PRE-MID	MID-POST	PRE-POST	
EPI ($\text{pg}\cdot\text{mL}^{-1}$)	Control	38.60 $\pm$ 26.24 a	54.00 $\pm$ 35.90 b	81.37 $\pm$ 41.57 c	39.89	50.68	110.80	Trial .418
	Massage	32.72 $\pm$ 20.22 a	49.33 $\pm$ 32.51 b	66.69 $\pm$ 43.47 c	50.76	35.19	103.82	
	Cryotherapy	31.35 $\pm$ 15.22 a	46.40 $\pm$ 27.56 b	62.35 $\pm$ 34.63 c	48.00	34.37	98.88	Time .000***
	Glucose	36.65 $\pm$ 20.99 a	41.98 $\pm$ 19.53 b	64.15 $\pm$ 39.70 c	14.54	52.81	75.03	
	Glucose+Massage	43.40 $\pm$ 31.15 a	55.68 $\pm$ 43.96 b	73.88 $\pm$ 48.68 c	28.29	32.68	70.23	Trial*Time .362
	Glucose+Cryotherapy	39.40 $\pm$ 25.80 a	53.62 $\pm$ 29.81 b	65.25 $\pm$ 32.45 c	36.09	21.68	65.60	

*** $p < .001$: Significant main effect and/or interaction.

a, b, c: Different alphabet indicates significant between time within a trial.

카테콜아민(catecholamine)은 교감신경계의 활성화에 따라 분비가 증가되고, 심박수, 심박출량, 심근수축력, 그리고 근육으로의 혈류량을 증가시키고 동시에 간과 근육의 글리코겐의 사용을 증가시켜 운동 시 에너지대사에 중요한 역할을 한다[24]. 특히, 고강도의 운동 시 글루코스의 항상성을 유지하기 위해 인슐린의 분비는 억제시키고 에피네프린의 분비를 증가시킨다[25]. 본 연구에서 글루코스 섭취와 처치에 따른 에피네프린과 노르에피네프린의 변화는 나타나지 않았으나, 변화율을 볼 때 긍정적인 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구의 설계가 6가지 처치와 3가지 시기를 비교하는 것이었기 때문에 통계적으로 유의한 차이를 나타내기 어려웠으나 사전과 사후의 변화량을 비교해 볼 때 의미있는 결과라고 사료되며, 추후 연구에서 통제집단과 처치에 따른 단일비교를 할 경우 통계적인 의미가 나타날 것으로 사료된다.

코르티솔은 뇌하수체 전엽의 부신피질 자극호르몬(ACTH)의 분비 자극에 의해 분비가 증가되며, 간을 제외한 나머지 조직에서 단백질의 합성을 감소시키고 이화작용을 증가시켜 단백질로부터 분해된 아미노산을 글루코스로의 전환을 증가시킬 뿐만 아니라 조직 손상의 복구 및 효소 합성을 증가시키는 등의 다양한 작용을 한다[26]. 또한, 조직으로부터의 글루코스 이용을 감소시켜 혈중 글루코스를 증가시키며, 간에서의 당신생을 증가시킬 뿐만 아니라 지방세포로부터 혈액으로 지방산의 이동을 증가시키고 에너지원으로서의 이용을 증가시킨다[27]. 따라서 정상적인 농도의 코르티솔은 스트레스에 대항하여 신체를 방어하는 항염체로서 작용하나 정상수치 이상의 높은 농도에서는 면역기능을 억제한다. 본 연구에서 코르티솔은 글루코스 섭취+냉처치와 냉처치에서 다른 처치에 비해 낮은 증가율을 보였다. 코르티솔은 열 자극에 의해 증가하는 것으로 나타나 고강도의 운동으로 열이 발생한

Table 8. Changes in norepinephrine (NOR)(Mean $\pm$ SD)

Variable	Trials	PRE	MID	POST	$\Delta\%$			<i>p</i>
		(before 1st game)	(before 4th game)	(before 6th game)	PRE-MID	MID-POST	PRE-POST	
NOR (pg·mL ⁻¹)	Control	173.88 $\pm$ 102.79 a	246.74 $\pm$ 130.11 b	394.30 $\pm$ 231.01 c	41.90	59.80	126.76	Trial .748
	Massage	180.48 $\pm$ 78.32 a	237.92 $\pm$ 122.53 b	349.90 $\pm$ 137.23 c	31.8/2	47.06	93.87	
	Cryotherapy	164.11 $\pm$ 95.59 a	211.83 $\pm$ 146.63 b	274.96 $\pm$ 176.98 c	29.07	29.80	67.54	Time .000***
	Glucose	177.29 $\pm$ 88.62 a	226.34 $\pm$ 111.44 b	288.38 $\pm$ 141.74 c	27.66	27.41	62.66	
	Glucose+Massage	183.91 $\pm$ 139.62 a	225.16 $\pm$ 142.07 b	273.66 $\pm$ 164.08 c	22.42	21.54	48.80	Trial*Time .109
	Glucose+Cryotherapy	198.44 $\pm$ 128.94 a	231.73 $\pm$ 122.53 b	292.32 $\pm$ 139.18 c	16.77	26.14	47.30	

*** $p < .001$: Significant main effect and/or interaction.

a, b, c: Different alphabet indicates significant between time within a trial.

Table 9. Changes in cortisol(Mean $\pm$ SD)

Variable	Trials	PRE	MID	POST	$\Delta\%$			<i>p</i>
		(before 1st game)	(before 4th game)	(before 6th game)	PRE-MID	MID-POST	PRE-POST	
Cortisol (μ g·dL ⁻¹)	Control	14.67 $\pm$ 4.04 a	19.35 $\pm$ 3.52 b	22.70 $\pm$ 3.46 c	31.81	17.31	54.63	Trial .143
	Massage	13.35 $\pm$ 3.06 a	17.18 $\pm$ 4.24 b	22.41 $\pm$ 8.46 c	28.68	30.44	67.86	
	Cryotherapy	15.31 $\pm$ 3.13 a	16.81 $\pm$ 3.25 b	21.86 $\pm$ 5.45 c	9.79	35.99	41.78	Time .000***
	Glucose	12.88 $\pm$ 2.69 a	15.44 $\pm$ 2.40 b	20.07 $\pm$ 3.39 c	19.87	29.98	55.82	
	Glucose+Massage	13.73 $\pm$ 3.49 a	15.85 $\pm$ 3.56 b	22.10 $\pm$ 3.62 c	15.44	39.43	60.96	Trial*Time .265
	Glucose+Cryotherapy	13.91 $\pm$ 2.41 a	15.55 $\pm$ 2.61 b	19.23 $\pm$ 2.80 c	11.79	23.66	38.24	

*** $p < .001$: Significant main effect and/or interaction.

a, b, c: Different alphabet indicates significant between time within a trial.

체내에 피부온도 증가와 대사기능을 촉진시키는 마사지[13]보다 혈액 공급 감소와 출혈과 부종을 완화하는 효과적인 냉처치[28]가 코르티솔 농도를 낮추는 데 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.

결론

본 연구에서는 남자 대학교 엘리트 태권도 선수 12명이 하루에 6경기를 실시하는 동안 경기 간에 적합한 회복 방법(비처치, 마사지처치, 냉처치, 글루코스 섭취, 글루코스 섭취+마사지처치, 글루코스 섭취+냉처치)이 전(1경기 시작 전)·중(3경기 처치 후)·후(6경기 처치 후) 시점의 심박수와 에너지대사 관련 혈액변인에 미치는 영향을 규명하고자 하였다. 본 연구에서 얻은 결과를 요약하면, 심박수는 모든 처치에서 유의한 변화는 나타나지 않았으나, 냉처치 및 글루코스 섭취와 냉처치를

병행한 경우 낮은 경향이 나타났다. 에너지대사 관련 혈액변인 중 글루코스, 유리지방산, 그리고 인슐린은 글루코스 섭취를 병행한 처치에서 유의한 변화가 나타났다. 한편, 코르티솔은 냉처치에서 일부 감소되는 경향이 나타났으나 모든 처치에서 유의한 변화는 나타나지 않았다.

결론적으로, 기존에 제시된 단일 처치보다 마사지처치 또는 냉처치에 더하여 글루코스 섭취를 병행하는 것이 에너지 대사와 경기력에 영향을 미치는 심박수에 긍정적인 효과가 있는 것을 확인하였으며, 통계적인 차이를 확인할 수는 없었지만 에너지대사 관련 혈액변인에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다. 하루에 많은 경기를 치르는 태권도 선수의 경우 경기력 향상을 위하여 회복방법과 에너지 보충이 반드시 필요하며, 본 연구에서 실시한 처치의 결과를 통해 태권도 경기력 향상에 일부 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 향후 휴식성 회복에 더하여 활동성 회복을 실시하는 경우 나타나는 효과를 분석하고, 보다

광범위한 종속변인을 포함하여 분석하는 연구가 후속적으로 수행되어야 할 것이다.

REFERENCES

1. Lee SG, Gong MA, Kang HS. Measurement of exercise intensity during basic movement, kicking and Poomsae of Taekwondo. *Korean Society of Exercise Physiology* 2003;12(4):727-734.
2. Rowsell GJ, Coutts AJ, Reaburn P, Hill-Haas S. Effects of cold-water immersion on physical performance between successive matches in high-performance junior male soccer players. *Journal of Sports Sciences* 2009;27(6):565-573.
3. Cè E, Limonta E, Maggioni MA, Rampichini S, Veicsteinas A, et al. Stretching and deep and superficial massage do not influence blood lactate levels after heavy-intensity cycle exercise. *Journal of Sports Sciences* 2013;31(8):856-866.
4. LLitherland GJ, Morris NJ, Walker M, Yeaman SJ. Role of glycogen content in insulin resistance in human muscle cells. *Journal of Cellular Physiology* 2007;211(2):344-352.
5. Montain SJ, Coyle EF. Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *Journal of Applied Physiology* 1992;73(4):1340-1350.
6. Lee HG. Effects of recovery sports massage treatment on blood fatigue relevance factors and blood metabolic relevance factors. *Korean Society of Exercise Physiology* 1999;8(2):245-252.
7. Mori H, Ohsawa H, Tanaka TH, Taniwaki E, Leisman G, et al. Effect of massage on blood flow and muscle fatigue following isometric lumbar exercise. *Annals of Transplantation* 2004;10(5):CR173-178.
8. Maeng HJ. The change of cortisol, testosterone after cryotherapy following exercise-induced muscle fatigue. *Korean Journal of Physical Education* 2002;41(3):317-323.
9. Burke L. Dietary Carbohydrates. In *Nutrition in Sport* Ed. R. J. Maughan. Oxford: Blackwell Scientific 2000.
10. Bussau VA, Fairchild TJ, Rao A, Steele P, Fournier PA. Carbohydrate loading in human muscle: an improved 1 day protocol. *European Journal of Applied Physiology* 2002;87(3):290-295.
11. Johnson NA, Stannard SR, Chapman PG, Thompson MW. Effect of altered pre-exercise carbohydrate availability on selection and perception of effort during prolonged cycling. *European Journal of Applied Physiology* 2006;98(1):62-70.
12. Alan EM, Rafael EB. Acute effects of the Stick on strength, power, and flexibility. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2002;16(3):446-450.
13. Bleakley C, McDonough S, MacAuley D. The use of ice in the treatment of acute soft-tissue injury: a systematic review of randomized controlled trials. *The American Journal of Sports Medicine* 2004;32(1):251-261.
14. Lee DT, Lee KK, Hwang BY. Effects of spinal cord partial surface cooling on body temperature, heart rate variability and blood flow following prolonged exercise in the heat. *The Korean Society of Living Environmental System* 2013;20(1):45-56.
15. Rowell LB. *Human Cardiovascular Control*. Cary, NC: Oxford University Press 1994.
16. Kim TH. Effects of vitamin C & E supplementation on plasma MDA, GPx, GR concentration and heart rate during the prolonged exercise. *Korean Journal of Physical Education* 2002;41(5):959-969.
17. Lauer MS, Francis GS, Okin PM, Pashkow FJ, Snader CE, et al. Impaired chronotropic response to exercise stress testing as a predictor of mortality. *JAMA* 1999;281(6):524-529.
18. Kim SK, Choi IH, Park SY, Lee JS. The effect of sport drink ingestion on the physical fatigue level and heart rate during prolonged exposure in hot ambient temperature in professional golfers. *Korean Journal of Nutrition* 2005;38(2):117-124.
19. Lee SJ, Kim HL, Jeong KH. Calculation of exercise intensity using heart rate and blood lactate concentration during Taekwondo game. *Korean Society of Sport and Leisure Studies* 2001;(15):685-695.
20. Kuipers H, Franssen EJ, Keizer HA. Pre-exercise ingestion of carbohydrate and transient hypoglycemia during exercise. *International Journal of Sports Medicine* 1999;20(4):227-231.
21. Miller SL, Tipton KD, Chinkes DL, Wolf SE, Wolfe RR. Independent and combined effects of amino acids and glucose after resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2003;35(3):449-455.
22. Green HJ, Roy B, Grant S, Hughson R, Burnett M, et al. Increases in submaximal cycling efficiency mediated by altitude acclimatization. *Journal of Applied Physiology* 2000;89(3):1189-1197.
23. Lee SC, Kong BK, Kim SH, Kang HY. Effect of carbohydrate consumption on the plasma FFA and human growth hormone (hGH) concentrations during prolonged exercise. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry* 1999;3(2):25-35.
24. Hartman FA, Waite RH, Mccordock HA. The liberation of epinephrine during muscular exercise. *The American Journal of Physiology* 1992;62(2):225-241.

25. Galster AD, Clutter WE, Cryer PE, Collins JA, Bier DM. Epinephrine plasma thresholds for lipolytic effects in man: measurements of fatty acid transport with [1-13C] palmitic acid. *Journal of Clinical Investigation* 1981;67(6):1729.
26. Filaretova L, Podvigina T, Bagaeva T, Makara G. Gastroprotective action of glucocorticoids during the formation and the healing of indomethacin-induced gastric erosions in rats. *Journal of Physiology-Paris* 2001;95(1):201-208.
27. Guyton AC, Hall JE. *Overview of the Circulation*. W.B. Saunders Company 1996.
28. Eston R, Peters D. Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. *Journal of Sports Sciences* 1999; 17(3):231-238.