



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

양 윤 권 교수지도
박사학위청구논문

태권도 선수의 경기 후
Cold water immersion이 중추신경계
피로와 스트레스호르몬 및 근 손상 ,
항산화효소에 미치는 효과

2018

성신여자대학교 대학원
체육학과
박 은 희

태권도 선수의 경기 후
Cold water immersion이 중추신경계
피로와 스트레스호르몬 및 근 손상 ,
항산화효소에 미치는 효과

양 윤 권 교수지도

이 논문을 박사학위논문으로 제출함

2018년 5월

성신여자대학교 대학원

체육학과

박 은 희

인 준 서

박은희의 박사학위 논문으로 인준함.

2018년 5월

심사위원 _____인

심사위원 _____인

심사위원 _____인

심사위원 _____인

심사위원 _____인

성신여자대학교 대학원

논문개요

본 연구는 태권도 선수의 경기 후 **Cold Water immersion**이 중추신경계 피로와 스트레스호르몬 및 근 손상, 항산화효소에 미치는 효과를 알아보기로 남자 태권도 선수 8명을 대상으로 전자호구 경기 후 하지부위의 슬관절 이하를 **CWI**처치(10℃ 이하로 제한)하여 실험을 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 태권도 경기 후 **Cold water immersion** 처치는 중추신경계 피로(**Dopamine, Serotonin**)에서 각각 측정 시기 간 유의한 차이를 나타냈으나, 그룹 간 차이는 없는 것으로 나타났으며, 말초피로(**Lactate, Ammonia**)에서 각각 측정 시기 간 유의한 차이를 나타냈으며, 그룹 간 차이를 나타냈다.

2. 태권도 경기 후 **Cold water immersion** 처치는 스트레스호르몬의 모든 변인에서 측정 시기 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나, 그룹 간 차이는 없는 것으로 나타났다.

3. 태권도 경기 후 **Cold water immersion** 처치는 근 손상의 모든 변인에서 측정 시기 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고, **CK**에서 그룹 간 차이를 나타내지 않았으나 감소 경향을 나타냈으며, **LDH**에서 그룹 간 차이가 나타나지 않았으나, 그룹×시기 간 상호작용의 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고 근 손상 물질 감소 경향을 나타냈다.

4. 태권도 경기 후 **Cold water immersion** 처치는 지질과산화물의 그룹 간 차이가 나타나지 않았으나 감소 경향을 나타냈고, 항산화효소인 **SOD**에서 그룹 간 차이가 나타나지 않았으나 측정 시기 간 유의한 차이가 나타났으며, 항산화 효

소 증가에 긍정적 효과를 나타냈다.

5. 태권도 경기 후 **Cold water immersion** 처치는 운동능력 비교에서 민첩성과 순발력은 그룹 간 차이가 나타나지 않았고, 유연성과 근지구력이 향상되었다.

결론적으로, 태권도 선수의 경기 후 **Cold water immersion** 처치는 중추신경계 피로, 스트레스 호르몬 감소에 영향을 미치지 않지만, 말초피로, 근 손상, 지질과 산화물을 감소시키고 항산화효소 활성화를 기대할 수 있으며 태권도 선수의 운동능력 향상에 부분적으로 기여한다고 할 수 있다. 따라서 향후 후속연구에서 처치부위 확대와 처치시간의 다양성을 적용한다면 선수의 경기력 및 회복능력 향상을 도모할 수 있을 것이라 사료된다.

목 차

논문 개요

I. 서론

1. 연구의 필요성	1
2. 연구목적	5
3. 연구가설	5
4. 연구의 제한점	6
5. 용어 정의	6

II. 이론적 배경

1. 운동과 CWI(Cold water immersion)	10
2. 운동과 말초피로 및 중추피로	12
3. 운동과 스트레스호르몬 및 근 손상	14
4. 운동과 활성산소	17

III. 연구 방법

1. 연구 대상	21
2. 실험설계	22
3. 측정도구	23
4. 실험절차	23
5. 측정항목 및 방법	
1) 신체조정 측정	26
2) 최대 유산소 능력($VO_2\max$)검사	26
3) 체력측정	27
4) 혈액분석 및 방법	27

6. 자료처리	28
---------------	----

IV. 연구 결과

1. 피로관련 변인 비교	
1) 말초피로	29
① Lactate	29
② Ammonia	31
2) 중추신경계피로	32
① Dopamine	32
② Serotonin	34
2. 스트레스호르몬 변인 비교	
1) Cortisol	36
2) Epinephrine	37
3) Norepinephrine	39
3. 근 손상물질 변인 비교	
1) CK(Creatine Kinase)	40
2) LDH	42
4. 지질과산화물 및 항산화효소 변인 비교	
1) MDA	43
2) SOD	45
3) GPx	47
5. 운동능력 변인 비교	
1) 태권도 선수의 경기 중 심박수, RPE 비교	48
① 최대유산소성 능력 비교	48
2) 운동능력 비교	51

V. 논의

1. 태권도 경기 후 **Cold water immersion** 처치가 피로관련 변인(말초피로 및 중추 신경계피로)에 미치는 영향 52
2. 태권도 경기 후 **Cold water immersion** 처치가 스트레스호르몬에 미치는 영향 .
..... 55
3. 태권도 경기 후 **Cold water immersion** 처치가 근 손상에 미치는 영향 58
4. 태권도 경기 후 **Cold water immersion** 처치가 지질과산화물 및 항산화효소에
미치는 영향 62
5. 태권도 경기 후 **Cold water immersion** 처치가 운동능력에 미치는 영향 66

VI. 결론 71

참고문헌

ABSTRACT

표 목 차

Table 1. Characteristic of subjects	21
Table 2. Equipments of measurement	23
Table 3. The change of Lactate according to CWI	29
Table 4. The change of Ammonia according to CWI	31
Table 5. The change of Dopamine according to CWI	33
Table 6. The change of Serotonin according to CWI	34
Table 7. The change of Cortisol according to CWI	36
Table 8. The change of Epinephrine according to CWI	38
Table 9. The change of Norepinephrine according to CWI	39
Table 10. The change of Creatine Kinase according to CWI	41
Table 11. The change of LDH according to CWI	42
Table 12. The change of MDA according to CWI	44
Table 13. The change of SOD according to CWI	46
Table 14. The change of GPx according to CWI	47
Table 15. The change of heart rate after a game	49
Table 16. The change of Physical fitness test according to CWI	51

그림 목 차

Fig 1. Experimental Design	22
Fig 2. Experimental Process	25
Fig 3. Bruce protocol	26
Fig 4. The change of Lactate according to CWI	30
Fig 5. The change of Ammonia according to CWI	31
Fig 6. The change of Dopamine according to CWI	33
Fig 7. The change of Serotonin according to CWI	35
Fig 8. The change of Cortisol according to CWI	37
Fig 9. The change of Epinephrine according to CWI	38
Fig 10. The change of Norepinephrine according to CWI	40
Fig 11. The change of Creatine Kinase according to CWI	41
Fig 12. The change of LDH according to CWI	43
Fig 13. The change of MDA according to CWI	44
Fig 14. The change of SOD according to CWI	46
Fig 15. The change of GPx according to CWI	48
Fig 16. The change of heart rate according to game	49
Fig 17. The change of RPE according to game	50

I. 서론

1. 연구의 필요성

태권도는 2000년 시드니올림픽 정식종목을 시작으로 2016년 리우올림픽까지 총 금메달 12개, 은메달 2개, 동메달 5개를 획득하며 정식종목 채택 이후 우리나라 전체 메달의 약 15%를 책임지고 있다. 지난 2016년 리우올림픽에 출전한 대한민국 선수들의 23개 종목에서 획득한 메달 21개 중 5개(금2, 동3)의 메달이 태권도 종목에서 이루어졌으며, 이는 태권도 종목이 명실상부한 올림픽 효자종목이라는 사실을 누구도 부인할 수 없을 것이다.

그러나 태권도는 한 때 흥미결여, 불공정한 판정, 미디어 노출 부재, 글로벌 스폰서 부재의 이유로 올림픽에서 퇴출 대상이 되기도 했다. 이에 전세계 8,000만명 이상 수련하고 있는 태권도인들(World Taekwondo Federation, 2014)과 세계태권도연맹(WTF)은 대내외적인 활동과 노력으로 태권도를 2020년 도쿄(Tokyo, Japan)올림픽 핵심종목으로 확정지었고 7연속 올림픽 정식종목으로 자리매김 하였다.

올림픽 종목으로서의 태권도 겨루기 경기는 빠른 발놀림(step)과 손·발기술로 구성하고 있으며, 대부분의 기술발휘는 발에 의존하면서 태권도 경기장(court) 내에서 많은 방향전환과 기술 및 전술이 필요한 종목의 경기이다. 태권도 겨루기 경기는 총6분(2분 3회전)간의 짧은 시간동안 격렬한 동작으로 인해 많은 에너지를 필요로 하며, 예선(32강 또는 16강)부터 결승 경기까지 하루에 진행해야 한다(양윤권&박은희, 2016). 그러나 세계태권도연맹은 2017년 12월 새로운 경기방식을 도입하였으며 다득점(최고 6점)방식 변경과 화려한 경기장을 내세워 미디어 접근성 강화와 대중화를 위해 노력하고 있다. 또한 적극적으로 화려한 기술의 확대를 위해 기존 6분의 경기시간을 총10분(2분 5회전)으로 확대하

면서 선수들에게 더 많은 체력과 기술을 요구하고 있다.

따라서 선수들은 경기 중 또는 승리 후 다음 경기까지 주어진 시간동안 축적된 피로를 최소화 하고 그에 따른 처치방법과 활용여부가 승리에 기여할 수 있는 필수요소가 된다.

우수한 피로회복 능력은 경기력과 성적에 직결되기 때문에 경기를 통해 축적된 피로대사물질(Lactate, NH_3)을 신속히 제거하고 근 손상의 지표인 CPK와 LDH의 변화를 최소화할 수 있는 효과적인 방법을 모색하는 것은 매우 중요하다(차성욱 등, 2006; Rowsell et al., 2009).

이러한 측면에서 피로를 유발하는 운동수행 시 축적된 젖산을 제거하고, 완충능력(Buffering capacity)을 증가시킴으로써 피로유발 시점을 지연시키고, 운동수행능력을 향상시키는 물질이 제안되고 있으며(정석은, 2012), 다양한 측면에서 선수의 피로를 감소시키기 위한 연구들이 지속되고 있다.

위와 관련된 연구 방법으로는 운동 보조물 섭취와 **massage, stretching**, 냉각처치(cold), 온처치(hot) 등이 있다. 그 중 Cold water immersion(CWI) 처치는 다양한 조건(환경, 온도, 운동강도)과 방법(전신침수, 반신침수, 부분별 침수)으로 진행되고 있다(양윤권&박은희, 2016).

Jennifer 등(2003)은 비 활동성 회복 방법 중 전기자극이나 초음파 등은 인위적인 기기를 이용하여 중추 신경계의 흥분완화를 야기 시킴과 동시에 대사산물의 제거를 촉진시켜 피로를 회복하는 방법이라 대사성 측면에서 신체에 부정적인 결과를 초래 할 수 있으며, 침수요법 중 CWI 처치는 동통, 근육경련, 신진대사의 감소를 야기하는 단점을 가지고 있다고 보고하였다.

그러나 CWI 처치에 대한 연구는 다양한 온도별 처치와 신체의 특정부위처치, 처치시간, 대상에 따라 상이한 결과를 나타내고 있다.

De Pauw 등(2011)은 사이클 에르고미터를 이용하여 1시간 동안 운동강도를 증가시킨 후 휴식기 20분 동안 대퇴부위의 냉각(0 또는 10℃)을 실시한 그룹이

혈중 젖산 농도가 더 빠르게 감소했다고 보고하였고, Crowe et al.(2007)과 Heyman et al.(2009)도 짧은 시간내에 고강도 운동 후 CWI 처치가 혈중 젖산 농도 제거에 긍정적 효과가 있다고 정의하였다. 그러나 CWI 처치가 혈중 젖산 농도와 체온 및 심박수 등과 같은 생리적 요인들을 빠르게 안정시 수준으로 근접하도록 촉진시키지만 근기능 향상에 긍정적인 영향은 기대하기 어렵다 (Drinkwater, 2008; Racinais & Oksa, 2010)고 주장하였다.

Crowe 등(2007)은 13~14℃에 입수한 후 사이클 종목의 하나인 스프린트 (Sprint) 운동수행능력이 감소했다고 보고하였으며, 사이클 운동과 관련하여 또 다른 CWI 회복 방법을 연구한 Schniepp et al.(2002)의 연구에서도 CWI 처치에 따른 회복이 근기능을 감소시킨다고 하여 근기능(근지구력, 근파워 등)이 경기력에 많은 영향을 미치는 사이클과 같은 종목에서의 CWI 처치에 따른 회복 방법은 운동수행 및 경기력에 부정적 영향을 준다고 볼 수 있다.

그러나 Kenneth(1995)는 CWI 처치가 스포츠 활동에서 발생하는 상해 중 가장 효과적인 방법인 동시에 가장 과소 평가된 통증에 대한 물리적 방식이라고 정의하였으며, Swenson 등(1996)도 CWI 처치는 근 손상을 완화시키는 대표적인 방법 중 하나이고 혈관 수축을 유도하여 국소적인 혈관의 투과성과 부종을 감소시키고 통증역치를 증가시킴으로써 근육의 손상을 위한 치료수단이라고 보고하였다.

아울러 Meeusen과 Lievens(1986)의 연구에서도 CWI 처치는 적절한 빈도와 시간, 부상근육의 온도에 알맞게 실시하여야 근 피로 후 근육의 경련 완화와 염증의 완화를 가져올 수 있다고 하였고, Prentice(1982)는 CWI 처치와 스트레칭을 함께 실시한 결과 근육 경련 완화에 더욱 효과적이라고 보고하였다.

Imamura et al.(1998)는 물의 온도가 낮을수록 사람들이 열로 인한 불쾌감을 호소하고 운동선수는 근 기능을 저하 시키는 역할을 하였다(Oksa et al, 2002). 최근에는 이러한 단점을 보완하여 전신 또는 대근육 부위에 냉각을 적용하지 않

고 인체를 부분적으로 냉각하는 방법을 선호하고 있다. 손이나 발과 같은 말초 부위의 냉각은 따뜻한 혈액이 차가워진 말초부위를 관류하면서 혈액온도가 감소하여 부분적으로 상지 및 하지의 심부온을 감소시키는 효과를 나타낸다(손무영 외, 2012; Amorim et al., 2010).

또한 양윤권, 박은희(2016)의 여자 태권도 선수를 대상으로 태권도 경기 후 10 분간의 발목부위 CWI(10℃)와 HWI(Hot water immersion, 40℃)처치가 태권도 경기 중 상승된 체온과 피로물질에 미치는 영향을 규명한 연구에서 암모니아와 체온은 그룹 간 유의한 차이를 나타내지 않았지만, 젖산에서는 CWI 처치그룹이 젖산 농도 감소를 나타냈다. 그러나 이용진(2003)은 CWI처치와 HWI처치가 근육의 온도저하에 따라 말초 혈관 수축야기가 근 긴장도를 증가시켜 암모니아 농도가 감소하였다고 보고하였다.

이처럼 CWI 처치는 침수부위와 침수시간, 침수온도 및 대상에 따라 상이한 결과를 나타내었으며 운동수행강도와 수행시간에 따른 정확한 관계규명을 위해 현재까지 다양한 각도에서 연구가 진행되고 있다.

그러나 대부분의 선행 연구는 종목의 특성에 맞게 진행된 연구가 미흡하였고 양윤권&박은희(2016)가 여자 태권도 선수들을 대상으로 CWI 처치에 따른 회복에 대해 연구하였으나 대상을 태권도 선수 전체에게 일반화하여 적용하기에는 한계가 있을 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 남자 태권도 선수들을 대상으로 처치방법과 시간의 다양성을 적용하고 변인을 확대하여 태권도 경기 후 CWI 처치가 중추신경계 피로, 스트레스호르몬, 근 손상 및 항산화효소에 미치는 효과를 규명하고자 실시하였다.

2. 연구목적

본 연구는 K대학교에 재학중인 남자 태권도 선수를 대상으로 전자호구를 착용하고 경기를 실시한 후 **Cold water immersion** 처치가 말초피로(Lactate, Ammonia), 중추신경계피로(Serotonin, Dopamine), 스트레스호르몬(Cortisol, Epinephrine, Norepinephrine), 근 손상(Creatine Kinase, Lactate dehydrogenase) 및 지질과산화물(MDA)과 항산화효소(SOD, GPx)에 미치는 효과를 규명하는데 그 목적이 있다.

3. 연구가설

연구의 가설은 다음과 같이 설정하였다.

- 1) 태권도 경기 후 **Cold water immersion** 처치가 피로관련 변인(말초피로 및 중추신경계피로) 감소에 효과가 있을 것이다.
- 2) 태권도 경기 후 **Cold water immersion** 처치가 스트레스호르몬 감소에 효과가 있을 것이다.
- 3) 태권도 경기 후 **Cold water immersion** 처치가 근 손상 감소에 효과가 있을 것이다.
- 4) 태권도 경기 후 **Cold water immersion** 처치가 지질과산화물 감소와 항산화효소 증가에 효과가 있을 것이다.
- 5) 태권도 경기 후 **Cold water immersion** 처치가 운동능력 향상에 효과가 있을 것이다.

4. 연구의 제한점

본 연구의 제한점은 다음과 같다.

- (1) 피험자는 G지역의 K대학교 소속 태권도선수 8명으로 제한하였다.
- (2) 피험자의 체질 및 유전적 특성, 심리적 요인을 고려하지 못하였다.
- (3) 피험자의 식습관은 통제하지 못하였지만 운동보조제, 알코올, 흡연과 실험 전 고강도의 운동강도 등 실험에 직접적인 영향을 주는 요인들은 제한하였다.

5. 용어 정의

(1) 젖산(Lactate): 극한적 ATP 생산방법에 의해 만들어지는 것으로 해당과정의 산화-환원 반응에 의해 생성된 NADA + H⁺가 산소가 없는 상태에서 전자전달계로 이용되지 못하고 pyruvate에 다시 전달됨으로 lactate가 생성되게 되는 것이다. 따라서 혈액 내의 lactate 농도는 안정시 0.44~1.8mmol/L 정도이나 격렬한 운동시에는 17배 이상의 증가를 나타내기도 한다(Astrand 등, 1977).

(2) 암모니아(Ammonia): 암모니아 생성은 운동조건, 운동강도, 운동시간과 같은 신체적 변화 및 활동에 의해 비례적으로 반응하며 신경전달물질 농도를 변화시키고 PCr의 고갈, 젖산의 축적, 글리코겐의 고갈로 인해 축적된 암모니아 농도의 정도에 따라 신체의 피로를 측정하는 지표로 이용되고 있다.

(3) 도파민(Dopamine): 중추피로를 유발하는 신경전달물질의 하나로 뇌하수체 전엽의 분비와 도파민의 활성화는 비례한다. 중추신경계 피로원인으로는 낮은 혈중 글루코스 수준, 혈중 아미노산 농도의 변화, 신경전달의 실패 등이 있다.

도파민 분자는 뉴런의 도파민수용체와 결합하고, 도파민수용체는 G단백질(GTP-binding-protein)과 결합하여 2차 전령(second messenger)을 활성화시키거나 특정 신호전달 체계를 활성화 또는 억제하는 방식으로 세포를 흥분시키거나 억

제한다(민병진, 2015).

(4) 세로토닌(Serotonin): 아미노산인 트립토판에서 유도된 화학물질의 하나로 서, 혈액이 응고할 때 혈소판으로부터 혈청 속으로 방출되면서 혈관을 수축시키는 작용을 하는 물질이다(김명진, 2004). 뇌의 시상하부 중추에 존재하는 신경전달물질이며, 화학적 명명은 5-hydroxytryptamine이며 약어로 5-HT로 사용한다.

(5) 코티졸(Cortisol): 대표적인 스트레스 호르몬으로 뇌하수체 전엽에서 분비되는 부신피질 자극호르몬(ACTH)에 의해서 자극되어 부신피질에서 분비되며, 장기간 공복과 운동 등 다양한 기전에 의해 혈장 포도당 유지에 기여하는 호르몬이다. 코티졸의 분비는 시상하부-뇌하수체-부신피질 축의 회래작용을 통해 운동에 필요한 에너지 생성과 심리적 스트레스에 관여하며 불안, 긴장, 조직손상, 고강도 운동으로 인한 육체적 스트레스에 관여한다.

(6) 에피네프린(epinephrine): 스트레스를 받거나 심리적 불안정 및 과중한 스트레스가 지속될 경우 에피네프린 농도가 증가한다. 신체운동이 일어나면 교감신경계가 활성화되어 혈관수축작용을 하고 간, 심근, 뇌 조직에서는 혈관을 이완시켜 혈류량을 증가시키고, 에너지 대사에서 글리코젠과 지방 분해를 촉진하여 혈압을 상승시켜 스트레스에 대항하는데 기여한다.

(7) 노르에피네프린(Norepinephrine): 지방 조직에 대한 강력한 지방 분해 자극원으로 작용하며, 간, 심근, 뇌를 제외한 모든 장기에서 혈관을 수축시키며 혈압을 상승시키고 전신의 말초저항을 증가시킨다. 노르에피네프린 농도는 다양한 요인들에 의해 영향을 받지만 그 중 활동으로 인한 신체의 변화, 심리적 스트레스, 운동과 같은 요소에 의해 증가한다.

(8) CK(Creatine Kinase): CK의 혈장 효소는 장시간의 신체 운동의 영향에 의해 증가되며, 운동시 근조직의 에너지 기질(ATP, glycogen)의 고갈, 세포내 저산소증, 대사과정에서 생성된 프리라디칼(Free Radical)의 증가로 인해 세포막 투과성의 향진이 원인이 되어 증가하게 된다(김민섭, 2017; 짝은희, 2009). 증가된 CK

농도는 근질환, 심근의 손상(근손상)을 나타내는 지표로 사용되고 있다.

(9) LDH(Lactate dehydrogenase): 운동 후 근육 손상의 지표인 혈중 LDH 농도의 지속적인 증가현상은 근육 손상에 따른 급성적인 염증 반응 후 식세포의 증가된 활동에 의한 것으로 볼 수 있고(Faulkner et al., 1993), cross-bridge의 근 손상에 따른 구조적 변형에 의한 반응 현상으로 간주되고 있다(Friden et al., 1988).

(10) 지질과산화물(MDA: malondialdehyde): 고강도 운동은 신체조직으로 과량의 산소 공급이 일어나며, 안정시에 비해 산소소비가 약 10-15배 증가되고(전태원 등, 1992) 운동방법과 강도에 따라 산소공급은 약 100배 증가한다(Reznick et al, 1992; Sen, 1995). 또한, 혈류량 약 30배, 동정맥 산소차는 약 3배까지 증가될 수 있다(Clarkson, 1995). 이에 따른 근육 활동의 증가로 인한 산소소비량과 대사는 미토콘드리아에서의 활성산소(oxygen free radical) 생성을 증가하는데 기여한다. 이러한 조직손상의 지표로 MDA가 사용되고 있으며 지질이 활성산소에 의해 산화되어 생긴 산화적 부산물이라고 할 수 있다.

(12) 항산화효소(SOD: superoxide dismutase): 신체적 활동 또는 운동은 신체에 산소를 필요로 하며 운동강도가 증가될수록 신체는 더 많은 산소를 요구한다. 그 결과 신체는 다량의 산소 유리기를 생산하며 생산된 산소 유리기는 세포막과 DNA를 손상시키는 등의 산화작용을 일으킨다. 따라서 SOD와 같은 항산화 효소의 활성은 신체의 산화작용에 대응하며 산소 유리기로 인한 조직의 파괴 및 손상을 방지하는 역할을 한다.

(13) 항산화효소(Glutathione Peroxidase: GPx): 과산화수소(H_2O_2)의 방어에 강력한 기능을 가지고 있으며, 세포내에서 thio1과 GR(glutathione reduced)에 의해 이루어지고, glutathione 항상성 유지에도 중요한 역할을 하는 효소이다(Sen 등, 1992). 또한 과산화수소(H_2O_2)를 물로 환원시키는 강력한 기능을 가지고 있으며, 과산화물을 과산화산으로 환원시키는 항산화 효소이다(Sen et al.,

1995).

(13) 체력측정: 본 연구에서는 처치 후 피험자의 체력수준을 측정하기 위해 순발력, 유연성, 민첩성, 근지구력을 측정하였다.

II. 이론적 배경

1. 운동과 CWI(Cold water immersion)

오래 전부터 피로를 생리학적 관점에서 과학적으로 연구하려는 많은 시도가 있었으며, 현재까지도 운동수행과 관련해서 정확한 피로의 원인을 규명하려고 하는 다양한 연구가 진행되고 있다(이용진, 2002; Banister & Cameron, 1990; Brouns 등, 1990; Dawson 등, 1978; Godt & Nosek, 1989; Mutch & Banister, 1983).

그와 같은 맥락으로 선수들의 피로 감소 및 회복(recovery)을 위한 연구는 다양한 방법으로 연구되고 있으며 운동조건(운동지속시간, 운동강도, 운동환경), 처치시간 및 시기, 처치방법(냉각처치(cold) 및 온처치(hot), 보조물 섭취, massage, stretching) 등으로 선수들의 피로를 제거하기 위한 연구가 다각도로 이루어지고 있다. 그 중 Cold water immersion(CWI)은 근대화를 전·후로 많은 연구자들에 의해 연구되어 지고 있지만 연구 목적과 분야에 따라 상이한 결과를 나타내고 있으며 그에 따른 정확한 기전과 원인규명은 현재까지도 이루어지고 있지 않다.

Swenson 등(1996)은 CWI 처치가 근 손상을 완화시키는 대표적인 방법 중 하나이고 혈관 수축을 유도하여 국소적인 혈관의 투과성과 부종을 감소시키고 통증역치를 증가시킴으로써 근육의 손상을 위한 치료수단이라고 보고하였으며, Stocks 등(2004)은 인체가 추위에 노출되었을 때, 일반적으로 피부온도의 감소가 즉각적으로 나타나고, 이것은 피하정맥(cutaneous veno)의 혈관수축을 유도한다고 하였다(장정택, 2012). 추위로 유발된 혈관수축은 신체의 표면으로 이동하는 열의 양을 감소시키고 따라서 신체의 열손실을 감소시킨다. 이는 근세포의 전기적 흥분성 감소 및 골격근 세포대사에 영향을 미쳐 암모니아 농도 및 혈중피로 감소에 효과적이다.

CWI 처치 및 회복과 관련한 다양한 연구를 살펴보면, 냉각이 근기능에 부정적 영향을 미쳐 운동수행 능력을 감소 또는 향상을 기대하기 어렵다(Bergh & Ekblom(1979); Schniepp et al.(2002); Crowe et al.(2007); Racinais & Oksa(2010) 고 보고하였으나, 그와 상이한 결과를 나타낸 Kenneth(1995)의 연구에서는 등속성 운동에서의 근력이나 근지구력 운동을 통한 근 피로회복에 있어 CWI 처치가 직접적이고 빠른 회복효과를 가져오기에 가장 알맞은 처치방법이라고 하였다(이용진, 2002).

이용진(2003)은 근피로 유발 후 냉온요법이 혈중 암모니아의 변화에 미치는 영향에 대한 연구에서 근육의 온도저하에 따른 말초 혈관 수축야기가 근 긴장도를 증가하여 암모니아 농도가 감소하였다고 보고하였고, Schniepp et al.(2002)는 회복기간 중 가슴부위까지 찬 물(12℃)의 입수가 심부온도를 감소시킨다고 하였다. 또한 황봉연(2011)은 수온을 낮추어 냉각을 적용하는 것은 다른 어떠한 냉각 형태보다 심부온을 가장 빠르게 감소시킨다고 보고하여 냉각처치가 긍정적 영향을 미친다는 것을 보여주고 있다.

운동으로 인한 체온 1℃의 상승은 인체의 신진 대사율(basal metabolic rate)을 10~15% 증가(Wilmore & Costill, 1999)시켜 초과산소섭취량과 직접적인 관련성을 가지며 Cold water immersion으로 인한 심부온 감소는 시상하부 후엽(posterior hypothalamus)에 관여하고 체열 발산이 용이하여 운동수행 능력에 긍정적 효과를 가져다준다.

Kenneth 등(1995)은 CWI 처치가 스포츠 활동에서 발생하는 상해에 대한 가장 효과적인 방법인 동시에 가장 과소평가된 통증에 대한 물리적 방식이라고 정의하였고, Meeusen & Lievens(1986)는 CWI 처치는 적절한 빈도와 시간, 부상근육의 온도에 알맞게 실시하여야 근 피로 후 근육의 경련 완화와 염증의 완화를 가져올 수 있다고 보고하였으며, Eston 등(1999) 또한 지구성 트레이닝 시 발생하는 근육의 통증을 완화시키는데 CWI 처치가 효과적이라고 보고하였다.

이와같이 CWI 처치는 다양한 처치부위와 방법에 따라 체온감소, 혈중피로 감소, 근육의 통증 완화 및 근기능에 긍정적 영향을 가져다 주며 그에 따른 운동 수행능력 향상 및 경기력 향상에도 기여할 수 있다는 것을 시사하고 있다.

2. 운동과 말초피로 및 중추피로

일반적으로 피로(fatigue)는 남녀노소 구분 없이 비정기적으로 느낄 수 있는 요인이다. 그러나 운동생리학 관점에서의 피로는 ①운동수행에 따른 근 손상, ② 원활하지 못한 체내의 산소공급, ③혈류량 증가, ④신경전달물질의 변화, ⑤젖산 생성 및 수소이온 증가, ⑥운동수행능력 감소, ⑦미주신경의 비활성화로 인한 심박수 증가 등이 피로를 측정하는 지표가 된다.

태권도와 같은 고강도 운동의 피로 유발은 중추 요인과 말초 요인과 같은 체내 기전으로 인해 복합적으로 작용한다. 피로는 발생부위에 따라 크게 중추피로와 말초피로로 구분 할 수 있으며, 말초피로는 말초부위(손끝, 발끝 등)와 근육 내에서 일어날 수 있는 피로, 중추피로는 중추신경계 시스템의 변화에 의해 발생하는 피로이다. 특히 환경적 제약이 있는 지구성 운동은 중추 요인에 의하여 많은 영향을 받는다.

말초피로는 대사적 한계점에서 발생한다고 보고되고 있으며, 특히 활동하는 근육의 에너지원 고갈이 주요 원인이 되고, ATP 활용율이 ATP 합성율을 초과할 때와 근 글리코젠 고갈 후 젖산과 수소이온 같은 대사적 부산물의 축적 등이 말초 요인에서 나타나는 피로의 주된 원인이 된다(Wendt et al., 2007).

장시간 운동으로 인한 체내 조직의 불안정성과 집중력 감소로 인해 근 조직은 영향을 받게 되며 신경을 통한 신체의 감각이 불안정한 상태로 접어들게 된다. 또한 에너지 시스템의 손상으로 인해 혈청 아미노산 변화 및 산화적 스트레스로 인해 신체는 운동기능의 저하 및 불안정한 상태가 된다.

중추피로는 근육 기능 장애와 중추 신경계에서 발생하며, 중추피로는 신체활

동 또는 고강도 운동으로 인한 자극으로 신경전달 물질인 세로토닌 (5hydroxytryptamine, 5-HT)과 도파민이 지속적으로 증가한다. 태권도 경기는 상대의 움직임과 속임수(fake motion), 공격 또는 반격을 하려는 미세한 준비동작 하나까지 포착해야 하며 순간적으로 그에 따른 반응을 할 수 있는 고도의 집중력과 운동능력을 필요로 한다. 따라서 선수는 경기가 지속되는 2분 3회전(총 6분)동안 신체의 움직임에서 일어나는 생리적 현상과 더불어 정신적 스트레스를 초래한다. 이러한 정신적 스트레스는 심리적 요인까지 포함하는 중추신경계 피로를 유발하여 중추신경계 피로축적의 근원이 된다.

중추피로의 주된 원인은 근신경계 및 수의적인 근 수축 능력과 신경전달물질(neurotransmitter)의 억제와 분비에 의해 발생한다(Meeusen et al., 1995; Davis & Bailey, 1997)고 보고되었으며, 중추피로와 연관된 주요 신경전달물질은 세로토닌, 도파민, 에피네프린 및 노르에피네프린 등이 있으며 그 중 세라토닌과 도파민이 중추피로를 유발하는 주요 원인이라 보고되어 있다(Roelands et al., 2010; 손무영 등, 2012).

운동피로에 중요한 영향을 미치는 피로유발 물질인 젖산(lactic acid), 암모니아, 젖산탈수소효소(LDH)는 에너지 대사과정을 바탕으로 생리적인 운동 능력, 피로양상 분석의 지표가 된다(Jacobs, 1986). 그 중 말초신경을 자극하는 피로는 활동근육에서 발생하는 국부적인 피로로서 말초피로의 발생은 근육의 대사적 요인에 영향을 받으며, 그 부위도 크게 근신경 연결부(neuromuscular junction) · 근세포막 · 칼슘 분비 기전 · 근 수축에 관여하는 필라멘트 등으로 구분할 수 있다(오병진, 2013). 말초적 원인에 의한 피로발생은 대사산물 축적과 에너지 기질의 고갈에 의한 활동능력의 저하라는 두 가지 측면(정우석, 2013)에서 발생하며, 말초피로의 메커니즘은 운동신경의 감소, 대사산물의 축적 및 에너지 고갈, 운동으로 인한 근육의 수축, 미토콘드리아 효소의 활성 감소 등이다.

따라서, 피로유발을 결정하는 방법들 중 하나는 근 수축을 위해 필요한 에너

지 기질 수준이나 생성되어지는 대사산물 농도가 증가되거나 감소되는 정도를 알아보는 것이다(오병진, 2013). 운동을 하는 동안 피로는 여러 가지 요인에 의해 나타나지만, 특히 PCr의 고갈, 근육내 acidosis, 그리고 근 글리코젠 감소 등에 의해 피로가 유발된다(Lambert et al., 2002).

Merton(1954)은 수의적 수축과 전기적 수축을 비교 실험한 결과 수축력 발휘에 차이가 없었으며, 중추신경계가 경기력 향상을 제한하는 요소가 아니고 말초가 피로의 원인임을 주장하였는데, 말초적 피로의 원인에 의한 피로의 발생은 근육의 대사적 요인에 영향을 받으며, 근신경적요인, 피로물질의 축적과 에너지 기질의 고갈로 설명할 수 있다(오상덕&박재용, 2008).

이는 태권도 경기뿐만 아니라 모든 유·무산소 운동 시 근육 및 간 글리코젠의 감소가 근육이 사용할 수 있는 탄수화물 에너지를 감소시키고 운동수행능력을 낮춘다(Burke et al., 1999)는 것을 시사하고, 체내에서 저장할 수 있는 탄수화물이 제한받기 때문에 근육과 간의 글리코젠 감소는 태권도와 같이 고강도 운동에 운동수행능력 및 경기력을 좌우하는 요인으로 작용한다.

3. 운동과 스트레스호르몬 및 근 손상

스트레스를 유발시키는 인자는 많은 것들이 있으며, 스트레스가 작용할 때 신체는 대체로 다음과 같은 두 가지 생리작용의 기본 축에 의해서 적응하게 된다. 하나는 부신피질자극 호르몬 방출호르몬(corticotropin releasing hormone, CRH)계의 생리적 반응이고, 다른 하나는 자율신경, 특히 교감신경계통에 의한 것이다. CRH계는 뇌의 광범위하게 연결망을 구축하고 있으나, 그 중에서 시상하부가 가장 많은 역할을 담당하고 있다. 운동 또한 스트레스 유발인자 중 하나이며, 신체는 운동이라는 자극을 받아 내부환경의 변화를 가져오게 되며 내부환경은 항상성 유지를 위해 많은 변화들이 일어나게 된다. 이러한 운동스트레스에 자극을 받게 되는 호르몬들은 많은 종류가 있으나 그 대표적인 호르몬은 뇌하수체

전엽에서 분비되는 ACTH(adrenocorticotrophic hormone), TSH(thyrotrophin)가 있으며, 부신피질에서 분비되는 cortisol, aldosterone, 부신수질에서 분비되는 catecholamine, 췌장에서 분비되는 Insulin 등이 있다(어경철, 2000). 이 중 코티졸은 심리적, 물리적 스트레스에 영향을 받는 것으로 보고되고 있는데(Sutton, 1981), 근육에서 단백질 합성을 감소시키며 이화작용을 증가시키는 등 탄수화물, 지방, 단백질 대사에 영향을 미치고, 심혈관계에서는 에피네프린과 노르에피네프린의 민감성을 유지해주고, 간에서는 당 신생합성작용을 도와준다(Häkkinen & Pakarinen, 1995). 에피네프린은 스트레스를 받거나 공포를 느끼면 대량으로 분비되어 심장과 혈관, 근육에 작용하는데(김민섭, 2017) 그 때문에 신체의 장시간 운동 및 스트레스는 에피네프린 분비를 촉진시키고 신체의 스트레스에 대항하도록 돕는 역할을 한다.

운동이라는 외적 자극을 받게 되면 스트레스에 민감하게 반응하는 부신피질과 부신수질을 자극하는 신경전달물질인 에피네프린과 코티졸의 활성이 증가되어 신체적 · 정신적 변화를 초래한다. 그러나 장기간 운동을 하게 되면 교감 신경계에 의해 활성화된 호르몬들을 반감시켜 줄 수 있는 노르에피네프린과 세라토닌 등의 활성이 증가되어 신경활동을 정상화함으로 신체적 · 정신적인 건강을 증진시킬 수 있다(Crews & Lenders, 1987).

운동에 따른 코티졸 분비에 관한 선행연구에서는 다양한 연구 결과가 발표되고 있으며, 특히 운동강도에 의해 코티졸 농도가 영향을 받는다고 하였다(Tremblay et al., 2004). 유산소성 운동과 저항성 운동 모두 60%이상의 운동강도에서 코티졸 농도가 증가되고(Fry & Lohnes, 2010), 이보다 낮은 강도의 운동은 코티졸 농도를 감소시키는 것으로 보고되었다(Hill et al., 2008). 그 이유는 저강도 운동 중 코티졸은 부신피질이 분비되는 것보다 더 빨리 제거되고, 고강도 운동 중 코티졸은 제거율보다 약 2배 정도 높은 분비율에 의한 것으로 설명하였고(Davies & Few, 1973), 안재만&김찬희(2003)는 태권도 겨루기시 스트레스호르몬

변화에 대한 분석에서 에피네프린과 노르에피네프린에서 우수집단과 비우수집단에서 모두 안정기, 겨루기 직후, 회복기에 유의하게 증가하였다고 보고하였다.

운동과 관련된 근 통증은 운동 직후의 근 통증과 지연된 근 통증(delayed onset muscle soreness; DOMS)으로 나눌 수 있다(최기선, 2008). 운동 직후의 근육통은 피로의 시점까지 수행되는 격렬한 운동 중 또는 운동 직후 나타나는데 그 원인은 운동 근육에 젖산과 칼륨 같은 신진대사 산물의 일시적인 생성과 부적절한 혈액의 공급과 산소의 부족으로 인한 피로 때문이라고 했으며(Miller et al., 2004) 이는 혈중피로 요인의 증가와 함께 근 손상을 일으키기도 하며, CK(Creatine kinase), LDH(Lactate dehydrogenase) 등이 근 손상의 대표적인 지표로서 연구되고 있다.

일반적으로 효소는 근육활동에 필요한 에너지 대사를 조절하는 중요한 인자로서(Noakes, 1987), 혈중 CK와 LDH의 농도는 장시간의 신체활동에 의한 근손상의 정도와 신체의 단련정도를 잘 반영한다(Roti et al., 1981; ohmon et al., 1982; Evans et al., 1991; Miles et al., 1994; Sorichter et al., 1999).

CK는 ATP-PC계를 조절하는 주효소이고, LDH는 당질의 이화 및 동화작용의 평형을 이루는 주효소이다. 이러한 혈중 CK와 LDH 농도는 운동 시 조직의 에너지기질(ATP, glucogen)의 고갈, 세포내 저산소증(Stansbie et al., 1983), 대사과정에서 생성된 free radical의 증가로 인한 세포막 투과성의 향진이 그 원인이 되어 증가하게 된다. 운동에 의한 근 피로 및 손상에 관한 연구는 다양한 환경과 조건에서 실시되었으며, 연구자의 연구 목적과 운동형태, 운동강도, 처치방법에 따라 상이한 연구결과가 제시되어 왔다.

많은 연구자들은 운동수행향상, 운동수행시간의 연장, 근 파워의 향상 및 근 기능저하의 방지를 위해 다양한 각도에서 precooling 및 운동 후 처치에 대해 연구해 왔으며, 이미 여러 선행연구에서 precooling의 효과를 도출(Bergh & Ekclom, 1979; Schmidt & Bruck, 1981; Olschewski et al., 1988; Lee & Haymes,

1995; Marino, 2002)하였지만, 실제 경기 전 **precooling**을 실시하기에는 여러 요인 즉, 경기장 환경, 시간적 제약, 경기 종목의 특성으로 인한 보호장비 착용 등에 의한 제약을 받는 듯 하다.

전유나(2016)는 운동 유발성 근 손상에 대한 냉·온 처치가 근육 미세혈류 및 근 대사에 미치는 영향의 연구에서 성인 남성 14명을 대상으로 고강도 신장성 슬관절 운동 후 대퇴사두에 얼음주머니(**Ice Pack**) 처치가 국소 근육 내 미세혈류와 **dialysate glucose** 농도가 감소되었으며 근 손상을 완화시킨다고 보고하였다. 또한, 손무영 등(2012)은 중학교 사이클 선수들을 대상으로 2km 개인 추발 후 말초부위의 냉각 회복방법이 500m 독주 경기의 경기력 향상에 미치는 영향을 조사한 연구에서 2km 개인추발 후 일반회복조건의 그룹보다 말초부위 (**periphery**)에 냉각회복을 적용시킨 그룹이 500m 경주기록과 최대파워가 향상되었다고 보고하였고, 말초부위 냉각회복은 경기력 향상에 기여할 수 있는 회복전략이라 보고하였다. 아울러 Leeder 등(2012)은 고강도 운동 후 **CWI** 처치는 근력의 회복을 개선하는데 효과적이며, 운동의 효율성을 높이기 위한 체계적인 연구가 필요하지만 **CWI** 처치는 운동의 효율성을 높이기 위한 유일한 방법이라고 보고하였다.

이처럼 근 손상의 정도는 운동의 단련기간과 숙련된 정도에 따라 선수마다 차이가 있겠지만, 근 손상은 근 수축의 영향을 미치지 못하여 운동수행에 있어 힘의 저하와 근 속도의 감소로 판단할 수 있다.

4. 운동과 활성산소

최근에 우리 생체에서 생성되는 프리라디칼(**Free radical**)과 반응성이 있는 산소물질인 활성산소(**Reactive Oxygen**)라고 하는 물질이 세포의 손상은 물론이고 노화 및 각종 만성질환을 일으킨다는 것으로 많이 알려져 있다(Niess et al., 2000). 이러한 활성산소를 분해 또는 제거시키는 항산화제가 성인병이나 암을 예

방하고 치료하거나 심지어는 노화 방지를 위한 보조역할을 한다고 보고되면서 최근 많은 연구에서 다루고 있다.

운동에 의한 산화반응은 첫째 사이토크롬(cytochrome chain)의 전자유출 상승, 둘째 저산소 조직의 수소이온과 과산화물 생성의 증가, 셋째 저산소 상태에서 라디칼 형성을 촉진하는 전이금속(Fe, Cu, Mg)의 유리에 의해서 발생한다(이승아, 2001).

활성산소는 산소가 중심이 되는 유리기로써, 일반적인 산소와는 달리 인체의 세포에서 발생하는 활성이 강한 산소를 말한다(이경신, 2016). 이러한 활성산소는 쌍을 이루지 못한 전자를 소유하고 있기 때문에 다른 원소를 공격하여 전자 하나는 빼앗거나 내주면서 안정된 상태를 이루려는 반응성(Reactivity)이 매우 강하다(이경신, 2016). 따라서 체내에 활성산소가 생성되면 강한 반응으로 인해 인체의 세포를 구성하고 있는 지질, 단백질, DNA 등과 쉽게 반응하여 이들을 변형시키거나 기능 이상을 초래한다(오인석, 2005). 활성산소가 세포막을 공격하면 불포화지방산을 산화시켜 과산화지질을 형성하게 되며, MDA(malondiadehyd)는 과산화지질의 지표로 이용된다(Halliwell, 1994). 그러나 생성된 활성산소는 항산화 효소로 알려져 있는 SOD(superoxide dismutase), GPx(Glutathione Peroxidase), CAT(Catalase) 등과 같은 항산화 효소들에 의해 그 작용이 억제된다(John & David, 1995).

운동 중 에너지의 증가는 활동 조직보다 많은 양의 산소공급을 요구하는데, 산소 소비율이 평상시의 약 10-15배 정도 증가한다. 그러나 규칙적인 운동은 미토콘드리아의 수와 크기를 증가시키는 것으로 보고되어 왔다(Holloszy & Booth, 1976). 따라서 운동에 필요로 하는 근육내의 산소 이용량에 대한 상승은 미토콘드리아의 호흡 능력을 증가시켜 O_2^- 생성을 촉진시키게 되며 운동으로 인한 산소 소비의 증가 등도 프리라디칼의 생성을 증가시키는 주요 요인으로 간주되고 있다. 또 다른 측면으로는 운동 시 프리라디칼을 증가시키는 기전으로

Ischemia reperfusion을 들 수 있다(Jenkins & Goldfarb, 1993).

고강도 운동의 경우 체액의 감소에 따라 다량의 산소를 요구하기 때문에 그에 따른 활성산소의 생성량 증가는 체내의 항산화 능력을 감소시킬 수 있다.

운동으로 인해 증가되는 산소 프리라디칼과 ROS(reactive oxygen species) 및 지질과산화의 생성은 상당히 불안정하고 빠른 반응이며, 적절한 운동 강도 이상의 운동은 다양한 조직에서 지질과산화물을 증가시키고 골격근의 미토콘드리아 효소를 저해하며 비타민E 상태의 변화 등을 포함하는 산소 프리라디칼의 생성을 유발한다. 이 때문에 인체에 과도한 산화 스트레스는 지질과산화 부산물을 축적시키는 것으로 밝혀지고 있다(이승아, 2001).

지질과산화에 의한 활성산소의 생성은 세포막 성분들을 비특이적으로 공격하여 막을 변형시키고, 생체막의 생물학적 기능을 상실하게 하여 과산화의 최종 산물들이 축적되어 세포 손상을 초래하게 되는데, 이러한 조직손상의 지표로 MDA등이 이용되며(김재진, 2006) 과도한 운동이나 체중감량에 대한 스트레스는 인체의 지질과산화 부산물을 축적시키는 것으로 알려져 있다.

그러나 탈진적 운동 후 활성산소가 생성되지만 항산화 효소 또한 증가되어 인체의 방어 역할이 공존하고 있음을 제시하고 있으며, 더욱이 규칙적으로 운동을 하게 되면 탈진 운동을 하더라도 산화방어 능력이 증진되어 혈중 과산화지질의 농도를 감소시킨다고 보고하여 다양한 결과를 제시하고 있다(이경신, 2016).

또한 활성산소의 유해성에 대응하고 방어하는 신체는 여러 가지 형태로 방어 작용을 하게 되는데, 이 방어 체계가 항산화 효소의 작용이다(이경신, 2016).

최근 운동과 관련하여 활성산소와 항산화효소에 대한 다수의 연구들이 수행되고 있다(오인석, 2005). 특히 운동선수들은 강도 높은 운동에 장기간 참여하기 때문에 이러한 활성산소의 공격에 노출될 가능성이 매우 높다. 그러나 운동에 의한 활성산소의 생성은 인체 적응반응으로 항산화 효소의 증가를 유발함으로써 활성산소의 작용을 어느 정도 억제할 수 있는 것으로 보고되고 있다(Orthenblad

et al., 1997; Inal et al., 2001).

항산화와 운동관계에서 정은숙 등(1997)은 저강도의 꾸준한 유산소성 운동이 신체조성 및 혈중지질의 개선과 심폐기능의 향상에 긍정적인 영향을 미치는 동시에 항산화계의 활성화를 촉진시킬 수 있다고 하였다. 즉 이는 규칙적인 유산소성 운동은 유리기의 생성과 항산화효소의 활성화에 관여하며 세포의 노화 및 각종 만성질환 예방에 중요한 역할을 할 수 있다는 것을 시사하고 있다(Jong et al., 1995; Yu, 1995).

지용석 등(1999)은 유도 선수의 탈진적 운동은 항산화효소(SOD, GPx, CAT)를 증가시킨다고 보고하였으나, 오인석(2005)은 엘리트 복싱 선수를 대상으로 2주간 7%의 체중감량 후 SOD와 MDA에서 아무런 변화가 없었다고 보고하여 상반된 연구 결과를 보여주고 있다. 이처럼 체중감량을 해야 하는 복싱, 유도, 태권도 등의 체급경기 선수들의 경우 강도높은 운동과 지속적인 식이억제로 인해 활성산소의 위험에 노출될 가능성이 높고 피험자의 상태와 연구방법에 따라 항산화효소와 활성산소의 결과 변화 가능성을 나타내었다.

규칙적인 운동은 혈중 지질을 안정적 수준에 머무르게 하고 혈압조절과 혈당의 항상성 유지에 긍정적인 영향을 미치기 때문에 심혈관계 질환 발생을 감소시킬 수 있으나 강도 높은 운동으로 산화가 활성화되면 스트레스를 유발하여 활성산소를 증가시킨다. 또한 지질과산화를 촉진하여 에너지 대사물 증가와 면역물질의 과도한 분비를 유발하나 항산화제(비타민E, 비타민C, β -Carotene 등) 및 항산화 방어체계 즉, 산화적 손상을 방지하기 위한 신체적 체계로 인해 인체는 고강도 운동 또는 운동수행능력을 유지하고 피로 및 산화적 스트레스에 대항 할 수 있다.

Ⅲ. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 피험자는 K대학 소속의 태권도 선수 중 평균 7년 이상의 경력과 최근 의학적 질환이 없고 실험 전 최소 6개월 이내 특정 약물이나 보약 등을 섭취하지 않은 남자 선수 8명으로 구성하였다. 실험 전 피험자에게 연구의 목적과 방법에 대해 충분히 설명하였고 본인이 원할 경우 언제든지 실험을 그만두어도 좋다는 제반사항을 포함한 내용의 동의서를 서면으로 작성하였고, 실험기간 동안 피험자는 동일한 환경에서 훈련·수면·식이섭취를 실시하는 자들로 제한하여 하였다. 피험자들의 신체적 특징은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristic of subjects (M±SD)

Subject (N)	나이 (yrs)	신장 (cm)	체중 (kg)	BMI (kg/m ²)	체지방율 (%)	VO ₂ max (ml/kg/min)	HRmax (bpm)
8	20.6±0.92	180.9±2.41	73.1±7.78	22.4±2.63	13.5±1.33	56.4±4.87	188.9±6.75

2. 실험설계

실험설계는 <Fig. 1>와 같다.

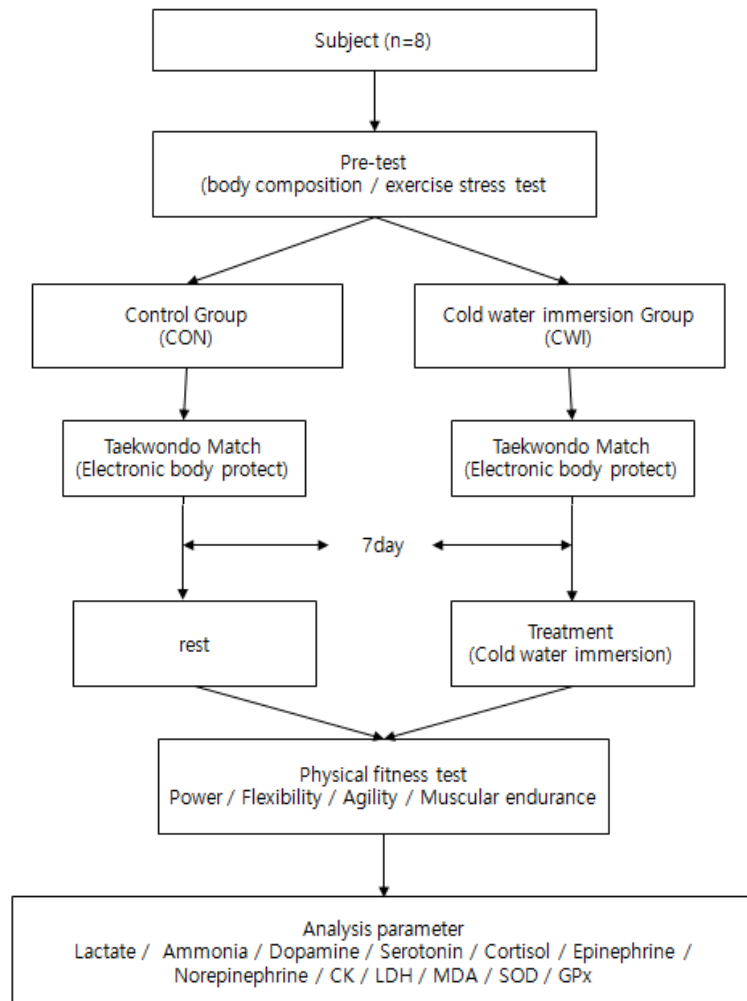


Fig. 1 Experimental Design

3. 측정도구

본 연구에서 사용된 신체구성 장비 및 실험기기는 <Table 2>와 같다.

Table 2. Equipments of measurement

Item	Instrument	Measurement
Body Composition	InBody230, KOREA	Height / Weight / BMI / Body Fat mass
Polar	Polar , USA	Heart rate
Thermometer	TP-101, CHINA	Water Temperature
	CAS TE-201, KOREA	Indoor Temperature
Measure of time	CASIO HS-80W, CHINA	Sit-up / Side step
Trunk Flexion Forward	WL-35, JAPAN	Flexibility
Measuring Tape	ZM-188 ,CHINA	Standing broad jump

4. 실험절차

본 연구의 실험은 G지역의 K대학교 태권도 전용 훈련장에서 실시하였으며, 실내 온도 18~20℃, 습도는 55~60%로 유지하였고, 피험자는 소속 대학의 기숙사 생활로 인해 실험 기간 동안 수면시간, 식이섭취, 운동강도 등을 동일하게 적용하여 제한하였다. 실험이 진행되는 기간 동안 실험 시작 시간은 정확히 동일한 시간에 이루어지도록 통제하였으며 측정 간격은 일주일로 하였다.

실험에서 진행된 태권도 경기는 2017년 대한태권도협회(Korea Taekwondo Association, KTA)의 경기규칙을 적용하였고, 세계태권도연맹(World Taekwondo Federation, WTF)에서 승인하고 국내·외 경기에서 사용되고 있는 KP&P사의 전자호구와 전자헤드기어를 착용하여 2분 3회전(1분 휴식) 경기를 진행하였으며, 경기 진행 중 Polar·Borg Scale의 운동자각도(Rating of Perceived Exertion, RPE)를 이용하여 각각 심박수·운동 자각 정도를 1분 간격으로 측정하였다. 또한 본 연구 변인 측정을 위해 채혈을 실시하였고 채혈 시기는 총 4회이며, 경기 전(안정 시), 경기 직후, 경기 후 20분 후(휴식 또는 처치), 휴식 10분 후에 실시하였다. 처치방법은 하지부위의 슬관절 이하를 미리 준비된 Bucket에 20분간 침수하였고 물의 온도는 얼음 조각을 이용하여 10℃ 이하로 제한하였다. 경기가 종료된 후 피험자는 30분 휴식 후 체력측정을 하였으며 체력변인은 순발력, 유연성, 민첩성, 근지구력이다. 실험절차는 <Fig. 2>와 같다.

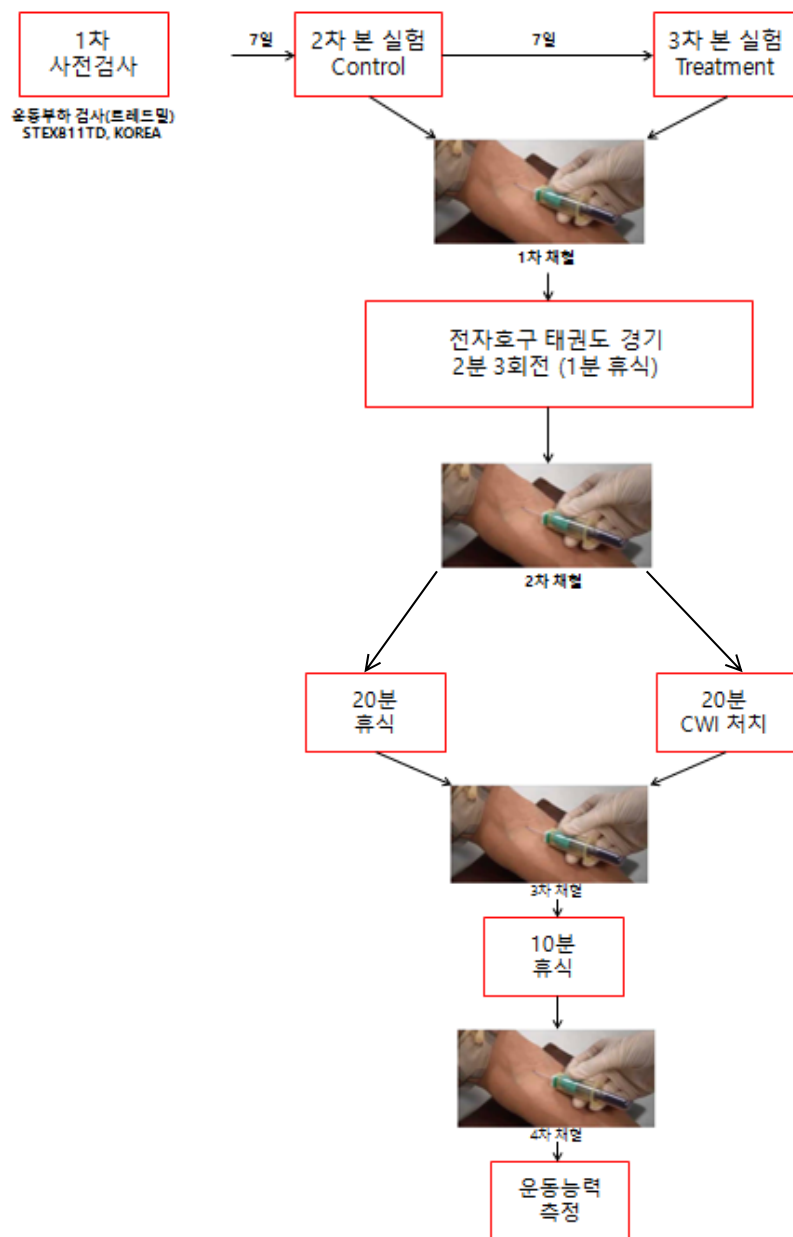


Fig. 2 Experimental Process

5. 측정항목 및 방법

1) 신체조성 측정

본 실험에 앞서 피험자의 신체구성을 측정하기 위해 생체전기저항 분석법 (BioElectrical Impedance Analysis - Inbody 230, KOREA)을 이용하여 분석결과를 얻었다. 피험자는 검사 전 동일한 조건과 환경에서 통제하였으며 검사에 영향을 줄 수 있는 행동을 제한하였고 검사자의 안내에 따라 가벼운 복장(반바지, 반팔) 착용 후 전극 발판에 올라서서 시선을 정면으로 향하고 자연스럽게 서 있는 해부학적 자세로 측정하였다.

2) 최대 유산소 능력($VO_2\max$) 검사

본 연구에서는 트레드밀을 이용하여 피험자의 최대 유산소 능력($VO_2\max$) 수준을 측정하였으며, 측정방법으로는 일반적으로 적용되는 **Bruce protocol**을 사용하였다. 사용된 방법은 <Fig. 3>과 같다.

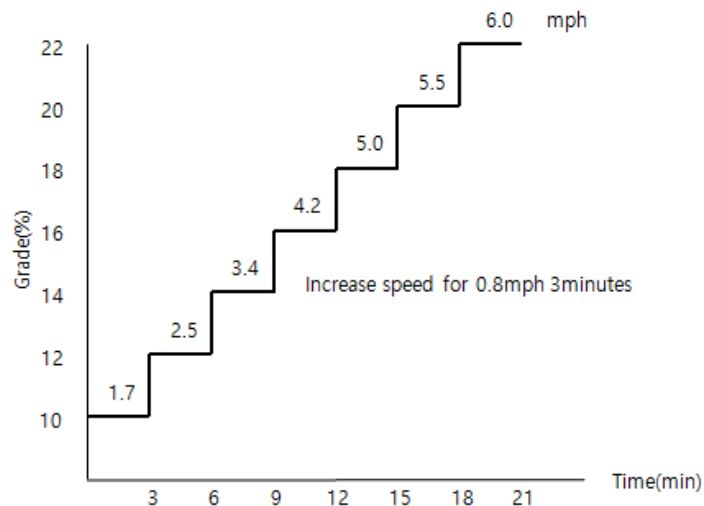


Fig. 3 Bruce protocol

3) 체력측정

(1) 순발력(Power)

순발력은 제자리 멀리뛰기로 측정하였다. 피험자는 연구보조자의 안내에 따라 출발선을 밟지 않도록 하고 두 발로 멀리 뛰어 착지 지점까지 뛴 거리를 측정하여 기록하였다.

(2) 유연성(Flexibility)

유연성을 측정하기 위해 좌전굴 검사를 실시하였다. 피험자는 매트 바닥에 앉아 무릎을 펴고 검사대 발판에 발을 붙인 후 서서히 윗몸을 굽혀 양손의 손끝이 수평이 되도록 하며 3초 이상 유지하게 하여 측정하였다.

(3) 민첩성(Agility)

민첩성을 측정하기 위해 사이드스텝 검사를 실시하였다. 피험자는 실험보조자의 호각소리에 맞춰 시작하여 30초 동안 일정간격에 세워진 삼각뿔을 손바닥으로 터치하며 두발로 빠르게 반복 이동함으로써 횟수를 계측하였다.

(4) 근지구력(Muscular endurance)

근지구력을 측정하기 위한 방법으로 윗몸일으키기(sit-up)를 실시하였다. 피험자는 측정 절차에 따라 무릎을 세워 바로 놓고, 손을 각지 끼고 손바닥이 머리 뒷부분에 닿게 한 후 연구보조자의 구령을 기다리게 하였다. 연구보조자의 호각소리에 맞춰 시작 후 윗몸을 일으켜 팔꿈치가 양 무릎에 닿을 때 횟수를 계측하였고, 뒤로 누울때는 양 어깨가 바닥에 닿도록 하여 1분간 실시하였다.

4) 혈액분석 및 방법

피험자는 실험 당일 오전 9시까지 실험장소에 집결하여 안정 상태를 취한 후 전문가의 도움을 받아 전완 정맥에서 1회용 주사기를 이용해 약 13ml를 채혈 하였으며, 채혈 시기는 경기 전, 경기 직후, 처치 후, 처치 및 휴식 후, 총 4회를 실시하였다. 본 연구 목적에 따라 분석할 MDA, SOD, Serotonin, CK, LDH, Cortisol은 각각 검체 용기인 SST에 채취하여 상온에서 30분 이상 Clotting 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리한 후 분리된 상층액을 Microtube에 옮겨 냉동보관 하였으며, Ammonia, GPx, Dopamin, Epinephrine, Norepinephrine은 각각 검체 용기인 EDTA에 채취 후 충분히 Mixing 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리한 후 분리된 상층액을 Microtube에 옮겨 냉동보관 하였다. Lacate는 검체 용기인 NaF tube에 채취한 후 충분히 Mixing하여 3,000rpm에 10분간 원심분리한 후 분리된 상층액을 Microtube에 옮겨 냉동보관 한 후 전문기관에 의해 분석이 이루어졌다.

6. 자료처리

본 실험의 결과 분석을 위해 SPSS/WIN 19.0 프로그램을 이용하여 피험자의 신체조성 및 체력측정 항목에 대한 평균(M)과 표준편차(SD)를 산출하였고 그룹 간의 처치별 · 시기별 · 처치×시기별 경과에 따른 유의차를 알아보기 위해 반복측정 분산분석(Repeated Measure of ANOVA)을 실시하였다. 또한 그룹 내 시기별 유의차를 알아보기 위해 대응표본 T-검정(Paired T-test)을 실시하였다. 모든 통계적 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였으며 사후검증(post-hoc) 방법으로는 Bonferoni를 적용하였다.

IV. 연구결과

1. 피로관련 변인 비교

1) 말초피로

① Lactate

태권도 경기 후 CWI 처치에 따른 Lactate 농도의 차이는 <Table 3>, <Fig. 4>와 같다.

Table 3. The change of Lactate according to CWI (mmol/ℓ)

Time Group	Time				F-value
	^a before	^b after game	^c after CWI	^d after rest	
CON	1.7±0.55 bcd	6.1±0.96 ad	7.0±1.69 ad	3.8±0.77 abc	Group 7.145*
CWI	1.6±0.57 bc	10.9±2.44 acd	7.4±2.46 abd	3.3±1.03 bc	Time 79.944***
t-value	.868	-4.362	-.758	1.840	Group×time 11.839***

M±SD, * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

태권도 선수의 경기 후 CWI 처치가 시기와 그룹에 따른 차이를 분석하기 위하여 반복분산 분석을 실시한 결과는 <Table 3>과 같고 그 결과 그룹간 유의한 차이가 나타났다($F=7.145$, $p < .05$).

또한 주효과 측정시기 간에서도 매우 유의한 차이를 나타냈으며($F=79.944$, $p<.001$), 그룹×시기간 상호작용에서도 매우 유의한 차이가 나타났다($F=11.839$, $p<.001$). 두 그룹간 Lactate농도 비교는 <Fig. 4>와 같다.

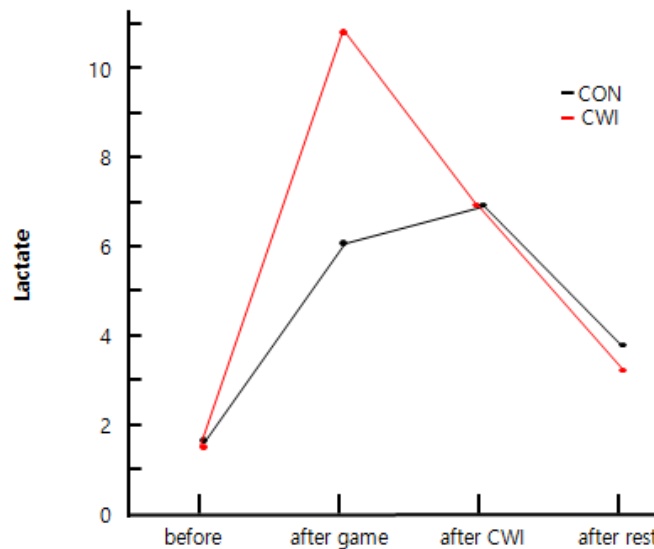


Fig. 4 The change of Lactate according to CWI

태권도 선수의 경기 전 Lactate농도는 CON그룹이 $1.7\pm 0.5\text{mmol}/\ell$, CWI그룹이 $1.6\pm 0.57\text{mmol}/\ell$ 의 농도를 나타냈고, 경기 직후 CON그룹이 $6.1\pm 0.96\text{mmol}/\ell$, CWI그룹이 $10.9\pm 2.44\text{mmol}/\ell$ 으로 CWI그룹이 CON그룹보다 경기직후 Lactate농도가 높게 나타났다. 그러나 처치 후 CON그룹이 $7.0\pm 1.69\text{mmol}/\ell$, CWI그룹이 $7.4\pm 2.46\text{mmol}/\ell$ 의 농도를 나타내어 CON그룹은 경기직후보다 처치 후 Lactate농도가 약 12% 상승한 반면 CWI그룹은 경기직후보다 처치 후 Lactate 농도가 약 32% 감소하며 두 그룹간 약 44%의 차이가 나타났다.

또한, 처치 및 휴식 후 CON그룹이 $3.8\pm 0.77\text{mmol}/\ell$, CWI그룹이 $3.3\pm 1.03\text{mmol}/\ell$ 의 Lactate농도를 나타내어 CWI그룹이 CON그룹보다 경기 후 처치 및 휴식이 Lactate 농도를 약 32% 감소시키며 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

② Ammonia

태권도 경기 후 CWI처치에 따른 Ammonia 농도의 차이는 <Table 4>, <Fig. 5>와 같다.

Table 4. The change of Ammonia according to CWI (μg/dl)

Time Group	^a before	^b after game	^c after CWI	^d after rest	F-value
CON	60.8±13.35 bc	197.9±64.45 ad	141.1±73.61 a	96.4±23.65 b	Group 8.458*
CWI	69.6±11.13 b	165.6±49.67 acd	81.3±18.38 b	69.9±12.68 b	Time 23.914***
t-value	-2.022	2.944	2.138	4.588	Group×time 1.810

M±SD, * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

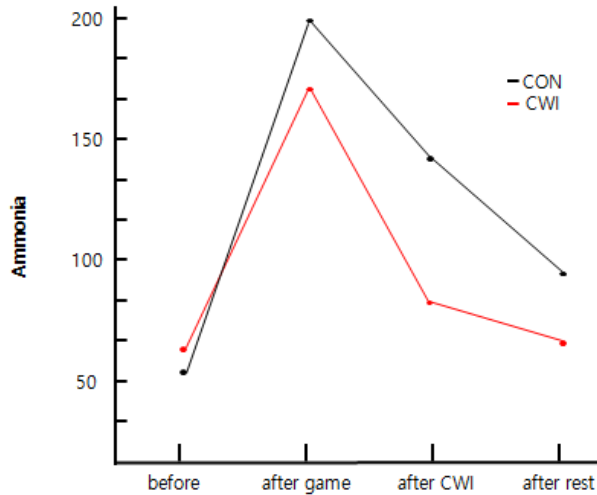


Fig. 5 The change of Ammonia according to CWI

<Table 4>에 나타난 바와 같이 태권도 경기 후 CWI 처치가 두 그룹간 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다($F=8.458$, $p<.05$). 또한 주효과 측정시기 간에서도 매우 유의한 차이를 나타냈으며($F=23.914$, $p<.001$), 두 그룹간 Ammonia 비교는 <Fig. 5>와 같다.

태권도 선수의 경기 전 Ammonia 농도는 CON그룹이 $60.8\pm 13.35\mu\text{g}/\text{dl}$, CWI가 $69.6\pm 11.13\mu\text{g}/\text{dl}$ 의 농도를 나타냈고, 경기 직후 CON그룹이 $197.9\pm 64.45\mu\text{g}/\text{dl}$, CWI그룹이 $165.6\pm 49.67\mu\text{g}/\text{dl}$ 으로 CON그룹이 Ammonia농도가 높게 나타났다. 또한, CWI처치 후 CON그룹이 $141.1\pm 73.61\mu\text{g}/\text{dl}$ 으로 경기직후보다 약 28% 감소하였고 CWI그룹은 $81.3\pm 18.38\mu\text{g}/\text{dl}$ 으로 경기직후보다 약 50% 감소하여 통계적으로 그룹간의 유의한 차이가 나타났으며($F=8.458$, $p<.05$), 경기직후 CWI 처치가 태권도 선수의 Ammonia농도 감소에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

2) 중추신경계 피로

① Dopamine

태권도 경기 후 CWI처치에 따른 Dopamine 농도의 차이는 <Table 5>, <Fig. 6>과 같다.

Table 5. The change of Dopamine according to CWI ($\mu\text{g}/\text{dl}$)

Time Group					F-value	
	^a before	^b after game	^c after CWI	^d after rest		
CON	12.8±1.93 b	65.4±17.48 acd	18.6±4.37 b	15.6±3.24 b	Group	1.365
CWI	14.3±3.51 b	47.1±11.37 acd	21.0±2.42 b	19.1±3.81 b	Time	116.533***
t-value	-.905	2.412	-1.689	-1.811	Group×time	8.012***

M±SD, * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

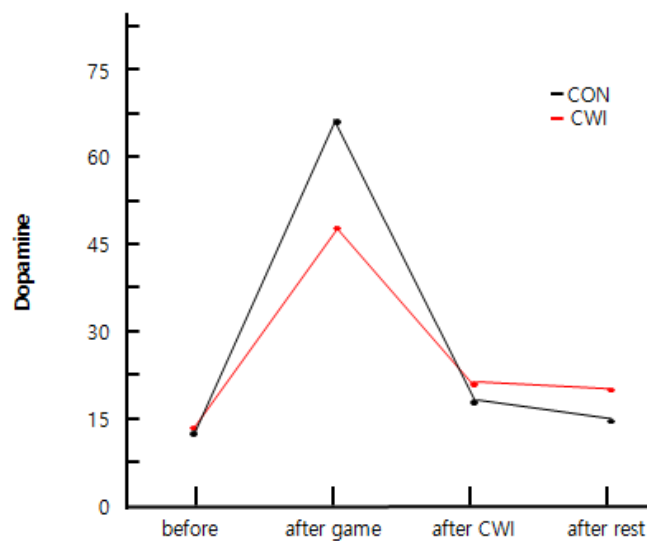


Fig. 6 The change of Dopamine according to CWI

태권도 선수의 CWI 처치 후 시기와 그룹에 따른 차이를 분석하기 위하여 반
복분산 분석을 실시한 결과는 <Table 5>와 같고, 주효과 측정시기 간에서 매우
유의한 차이를 나타냈으며($F=116.533$, $p < .001$), 그룹×시기간 상호작용에서도 매

우 유의한 차이가 나타났다($F=8.012$, $p<.001$). 통계결과 그룹간 차이는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며, 두 그룹간 Dopamine 농도의 비교는 <Fig. 6>과 같다.

태권도 선수의 경기 직후 Dopamine농도는 CON그룹이 $65.4\pm 17.48\mu\text{g/dl}$, CWI 그룹이 $47.1\pm 11.37\mu\text{g/dl}$ 의 농도를 나타냈고, 처치 후 CON그룹이 $18.6\pm 4.37\mu\text{g/dl}$, CWI그룹이 $21.0\pm 2.42\mu\text{g/dl}$ 으로 CON그룹이 CWI그룹보다 약 15%감소하는 것으로 나타났다. 또한 휴식 후 CON그룹이 $15.6\pm 3.24\mu\text{g/dl}$, CWI그룹이 $19.1\pm 3.81\mu\text{g/dl}$ 의 농도를 나타내어 CON그룹이 CWI그룹보다 경기직후부터 처치 및 휴식 후 약 17% 감소하였으나 통계적으로는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

② Serotonin

태권도 경기 후 CWI처치에 따른 Serotonin 농도의 차이는 <Table 6>, <Fig. 7>과 같다.

Table 6. The change of Serotonin according to CWI (μg/dl)

Time Group					F-value	
	^a before	^b after game	^c after CWI	^d after rest		
CON	132.0±38.16 b	194.6±61.25 acd	134.7±18.45 b	112.1±38.81 b	Group	0.090
CWI	135.7±69.73	213.4±92.90 d	135.8±40.80	109.3±27.82 b	Time	11.621***
t-value	-.294	-.635	-.076	.199	Group×time	0.161

M±SD, * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

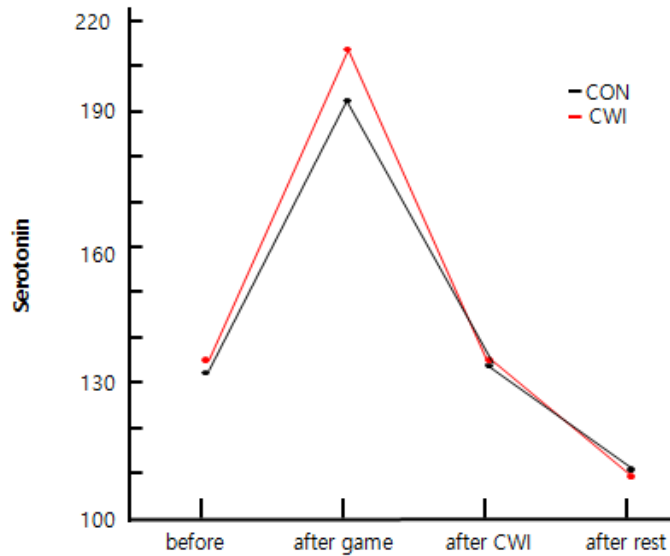


Fig. 7 The change of Serotonin according to CWI

태권도 경기 후 CWI 처치가 시기와 그룹에 따른 차이를 분석하기 위하여 반복분산 분석을 실시한 결과는 <Table 6>과 같다. 그 결과 주효과 측정시기 간에서 매우 유의한 차이가 나타났으나($F=11.621$, $p<.001$) 그룹간, 그룹×시기간 상호작용에서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 두 그룹간 Serotonin 농도의 비교는 <Fig. 7>과 같다.

태권도 선수의 경기직후 Serotonin농도는 CON그룹이 $194.6\pm 61.25\mu\text{g}/\text{dl}$, CWI 그룹이 $213.4\pm 92.90\mu\text{g}/\text{dl}$ 의 농도를 나타냈고, 처치 후 CON그룹이 $134.7\pm 18.45\mu\text{g}/\text{dl}$, CWI그룹이 $135.8\pm 40.80\mu\text{g}/\text{dl}$ 으로 CWI그룹이 CON그룹보다 약 6%감소하는 것으로 나타났다. 또한 휴식 후 CON그룹이 $112.1\pm 38.81\mu\text{g}/\text{dl}$, CWI그룹이 $109.3\pm 27.82\mu\text{g}/\text{dl}$ 의 농도를 나타내어 CWI그룹이 CON그룹보다 경기직후부터 처치 및 휴식 후 약 6% 감소하였으나 통계적으로는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

2. 스트레스호르몬 변인 비교

1) Cortisol

태권도 경기 후 CWI처치에 따른 Cortisol 농도의 차이는 <Table 7>, <Fig. 8>과 같다.

Table 7. The change of Cortisol according to CWI (μg/dl)

Time Group					F-value	
	^a before	^b after game	^c after CWI	^d after rest		
CON	11.6±3.88 bc	17.5±1.68 a	17.9±1.87 a	14.7±3.36	Group	0.111
CWI	12.1±2.16 bc	18.1±3.77 a	18.0±2.09 a	14.9±2.00	Time	24.063***
t-value	-.297	-.569	-.029	-.155	Group×time	0.051

M±SD, * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

태권도 선수의 CWI 처치 후 시기와 그룹에 따른 Cortisol 농도 차이를 분석한 결과는 <Table 7>과 같고 두 그룹간 비교는 <Fig. 8>과 같다.

태권도 선수의 경기 직후 Cortisol 농도는 주효과 측정시공간에서 매우 유의한 차이가 있었으나($F=24.063$, $p < .001$), 경기 직후 CON그룹이 $17.5 \pm 1.68 \mu\text{g/dl}$, CWI 그룹이 $18.1 \pm 3.77 \mu\text{g/dl}$ 의 농도를 나타냈고, 처치 후 CON그룹이 $17.9 \pm 1.87 \mu\text{g/dl}$, CWI그룹이 $18.0 \pm 2.09 \mu\text{g/dl}$ 으로 두 그룹간 경기직후 CWI처치의 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 휴식 후 CON그룹이 $14.7 \pm 3.36 \mu\text{g/dl}$, CWI그룹이 $14.9 \pm 2.00 \mu\text{g/dl}$ 의 농도를 나타내어 CON그룹이 경기직후 처치 및 휴식이 Cortisol 농도

를 약 16% 감소시켰고, CWI그룹은 경기직후 처치 및 휴식이 Cortisol 농도를 약 17% 감소시켰으나 두 그룹간 통계적 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

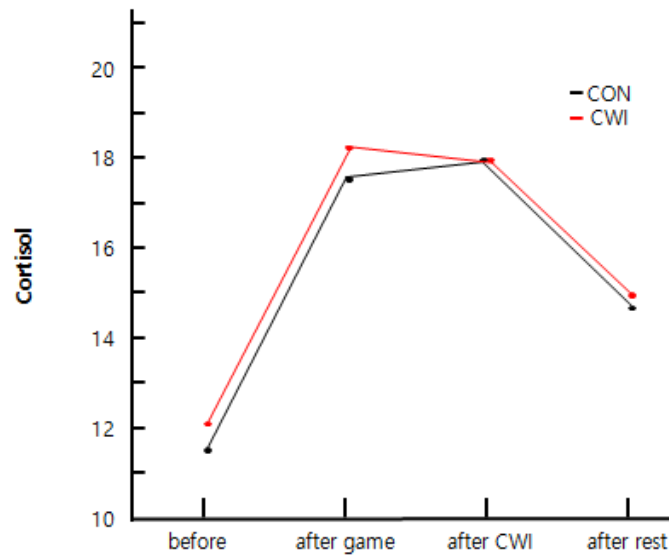


Fig. 8 The change of Cortisol according to CWI

2) Epinephrine

태권도 경기 후 CWI처치에 따른 Epinephrine 농도의 차이는 <Table 8>, <Fig. 9>와 같다.

Table 8. The change of Epinephrine according to CWI (pg/ml)

Time					F-value
	^a before	^b after game	^c after CWI	^d after rest	
Group					
CON	64.3±13.41 b	342.3±113.64 acd	119.0±32.58 b	81.0±23.97 b	Group 1.019
CWI	65.2±27.23 b	270.7±182.47 acd	98.5±50.22 b	68.1±15.99 b	Time 40.835***
t-value	-0.081	1.331	1.145	1.827	Group×time 0.796

M±SD, * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

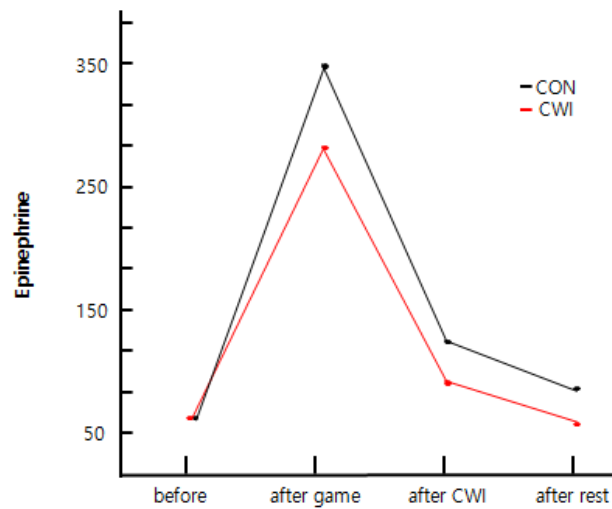


Fig. 9 The change of Epinephrine according to CWI

태권도 선수의 CWI 처치 후 시기와 그룹에 따른 Epinephrine 농도 차이를 분석한 결과는 <Table 8>과 같고 두 그룹간 비교는 <Fig. 9>와 같다.

태권도 선수의 경기 직후 Epinephrine 농도는 주효과 측정시간 유의한 차이

가 있었으나($F=40.835$, $p<.001$), 경기 직후 CON그룹이 $342.3\pm113.64\text{pg/ml}$, CWI 그룹이 $270.7\pm182.47\text{pg/ml}$ 의 농도를 나타냈고, 처치 후 CON그룹이 $119.0\pm32.58\text{pg/ml}$, CWI그룹이 $98.5\pm50.22\text{pg/ml}$ 으로 두 그룹간 경기직후 CWI처치의 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 휴식 후 CON그룹이 $81.0\pm23.97\text{pg/ml}$, CWI그룹이 $68.1\pm15.99\text{pg/ml}$ 의 농도를 나타내어 CON그룹이 경기직후 처치 및 휴식이 Epinephrine 농도를 약 76% 감소시켰고, CWI그룹은 경기직후 처치 및 휴식이 Epinephrine 농도를 약 74% 감소시켰으나 두 그룹간 통계적 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

3) Norepinephrine

태권도 선수의 CWI 처치 후 시기와 그룹에 따른 Norepinephrine 농도 차이를 분석한 결과는 <Table 9>와 같고 두 그룹간 비교는 <Fig. 10>과 같다.

Table 9. The change of Norepinephrine according to CWI (pg/ml)

Time Group					F-value	
	^a before	^b after game	^c after CWI	^d after rest		
CON	284.4±73.10 b	2275.0±938.35 acd	466.4±164.40 b	310.5±81.84 b	Group	0.052
CWI	301.1±52.98 b	1996.0±994.21 acd	538.5±141.24 b	380.4±112.40 b	Time	53.999***
t-value	-.635	.560	-1.936	-3.656	Group×time	0.489

M±SD, * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

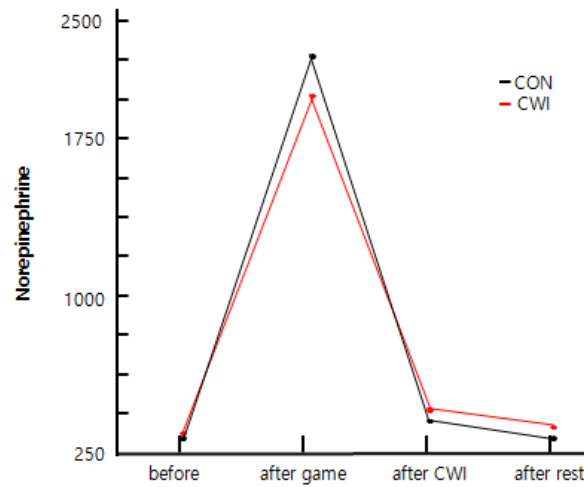


Fig. 10 The change of Norepinephrine according to CWI

태권도 선수의 경기 직후 Norepinephrine 농도는 주효과 측정시간 매우 유의한 차이가 있었으나($F=53.999$, $p<.001$), 경기 직후 CON그룹이 $2275.0\pm938.35\text{pg/ml}$, CWI그룹이 $1996.0\pm994.21\text{pg/ml}$ 의 농도를 나타냈고, 처치 후 CON그룹이 466.4pg/ml , CWI그룹이 $538.5\pm141.24\text{pg/ml}$ 으로 두 그룹간 경기 직후 CWI처치의 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 휴식 후 CON그룹이 $310.50\pm81.84\text{pg/ml}$, CWI그룹이 $380.4\pm112.40\text{pg/ml}$ 의 농도를 나타내어 CON그룹이 경기직후 처치 및 휴식이 Norepinephrine 농도를 약 86% 감소시켰고, CWI그룹은 경기직후 처치 및 휴식이 Norepinephrine 농도를 약 80% 감소시켰으나 두 그룹간 통계적 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

3. 근 손상물질 변인 비교

1) CK(Creatine Kinase)

태권도 경기 후 CWI처치에 따른 CK 농도의 차이는 <Table 10>, 두 그룹간 비교는 <Fig. 11>과 같다.

Table 10. The change of Creatine Kinase according to CWI (mg/ml)

Time Group					F-value	
	^a before	^b after game	^c after CWI	^d after rest		
CON	433.4±73.17	531.1±153.84	479.9±116.30	469.9±162.47	Group	0.027
CWI	435.0±48.93	547.8±141.04	466.4±89.33	435.7±137.17	Time	3.732*
t-value	-.055	-.308	.501	.488	Group×time	0.209

M±SD, * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

태권도 선수의 CWI 처치 후 시기와 그룹에 따른 차이를 분석하기 위하여 반복분산 분석을 실시한 결과는 <Table 10>과 같고, 주효과 측정시기 간에서 유의한 차이가 나타났으며($F=3.732$, $p < .001$), 두 그룹간 CK 농도의 비교는 <Fig. 11>과 같다.

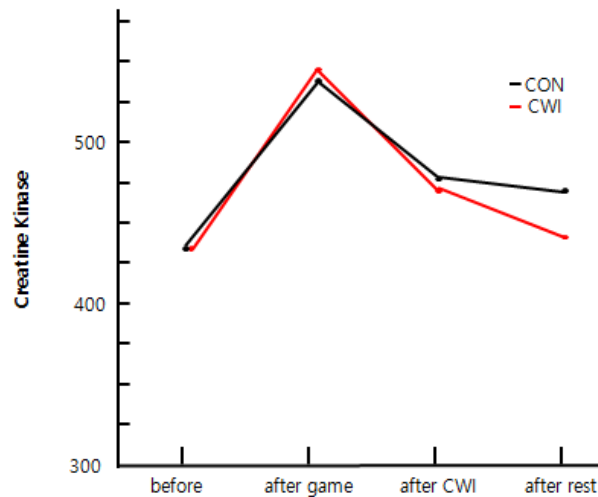


Fig. 11 The change of Creatine Kinase according to CWI

태권도 선수의 경기 직후 CK농도는 CON그룹이 $531.1 \pm 153.84 \text{ mg/ml}$, CWI그룹이 $547.8 \pm 141.04 \text{ mg/ml}$ 의 농도를 나타냈고, 처치 후 CON그룹이 $479.9 \pm 116.30 \text{ mg/ml}$, CWI그룹이 $466.4 \pm 89.33 \text{ mg/ml}$ 으로 CWI그룹이 CON그룹보다 약 5%감소하는 것으로 나타났다. 또한 처치 및 휴식 후 CON그룹이 $469.9 \pm 162.47 \text{ mg/ml}$, CWI그룹이 $435.7 \pm 137.17 \text{ mg/ml}$ 의 농도를 나타내어 CON그룹은 경기직후부터 처치 및 휴식 후 약 11% 감소하였고, CWI그룹은 경기직후부터 처치 및 휴식 후 약 20% 감소하였으나 통계적으로는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

2) LDH

태권도 경기 후 CWI처치에 따른 LDH 농도의 차이는 <Table 11>, 두 그룹간 비교는 <Fig. 12>와 같다.

Table 11. The change of LDH according to CWI (IU/L)

Time Group					F-value	
	^a before	^b after game	^c after CWI	^d after rest		
CON	183.3 ± 20.30 b	269.3 ± 30.66 acd	209.8 ± 26.18 b	212.3 ± 21.14 b	Group	0.208
CWI	185.1 ± 25.45 b	282.8 ± 30.96 acd	201.7 ± 14.96 bd	167.8 ± 19.92 bc	Time	55.331***
t-value	-0.152	-0.799	1.597	3.168	Group×time	4.843**

M±SD, * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

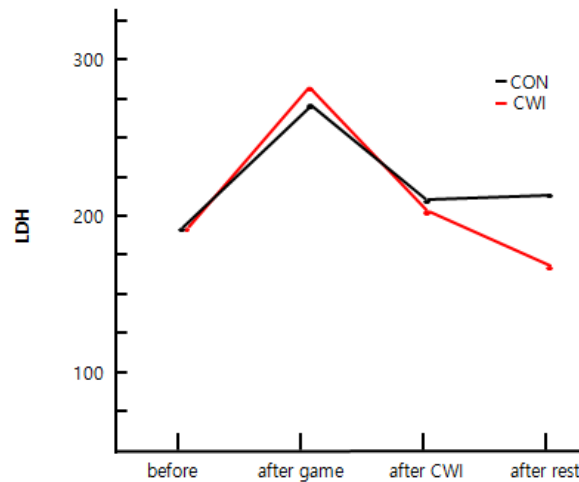


Fig. 12 The change of LDH according to CWI

태권도 선수의 CWI 처치 후 시기와 그룹에 따른 LDH 농도 차이를 분석한 결과는 <Table 11>과 같고, 주효과 측정시기 간에서 매우 유의한 차이를 나타냈으며($F=55.331$, $p<.001$), 그룹×시기간 상호작용에서도 유의한 차이가 나타났다($F=4.843$, $p<.01$). 두 그룹간 비교는 <Fig. 12>와 같다.

태권도 선수의 경기 직후 LDH 농도는 CON그룹이 $269.3\pm30.66\text{IU/L}$, CWI그룹이 $282.8\pm30.96\text{IU/L}$ 의 농도를 나타냈고, 처치 후 CON그룹이 $209.8\pm26.18\text{IU/L}$, CWI그룹이 $201.7\pm14.96\text{IU/L}$ 으로 CON그룹이 약 22%, CWI그룹이 약 29% 감소하였다. 또한 처치 및 휴식 후 CON그룹이 $212.3\pm21.14\text{IU/L}$, CWI그룹이 $167.8\pm19.92\text{IU/L}$ 의 농도를 나타내어 CON그룹이 경기직후 처치 및 휴식이 LDH 농도를 약 21% 감소시켰고, CWI그룹은 경기직후 처치 및 휴식이 LDH 농도를 약 40% 감소시켰으나 두 그룹간 통계적 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

4. 지질과산화물 및 항산화효소 변인 비교

1) MDA

태권도 경기 후 CWI처치에 따른 CK 농도의 차이는 <Table 12>, 두 그룹간 비교는 <Fig. 13>과 같다.

Table 12. The change of MDA according to CWI (U/ μ mol)

Time Group					F-value	
	^a before	^b after game	^c after CWI	^d after rest		
CON	103.3±17.90	97.1±17.78	79.6±19.23	79.6±21.05	Group	0.062
CWI	106.1±36.86	100.1±20.52	85.8±24.22	77.2±19.59	Time	12.744***
t-value	-.226	-.429	-.524	.254	Group×time	0.260

M±SD, * p <.05, ** p <.01, *** p <.001

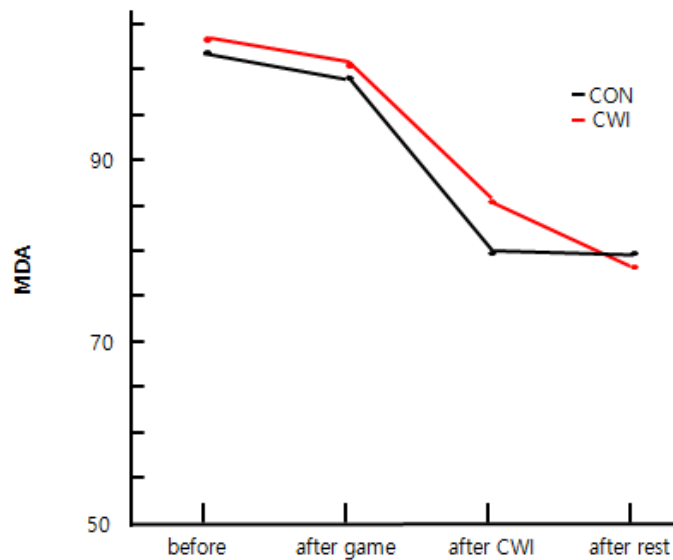


Fig. 13 The change of MDA according to CWI

태권도 선수의 경기 직후 MDA 농도는 측정 시기간 매우 유의한 차이가 있었다($F=12.744$, $p<.001$). 그룹간 차이를 살펴보면, 경기 직후 CON그룹이 $97.1\pm17.90U/\mu\text{mol}$, CWI그룹이 $100.1\pm20.52U/\mu\text{mol}$ 의 농도를 나타냈고, 처치 후 CON그룹이 $79.6\pm19.23U/\mu\text{mol}$, CWI그룹이 $85.8\pm24.22U/\mu\text{mol}$ 으로 CON그룹이 약 18%, CWI그룹이 약 14% 감소하였다. 그러나 처치 및 휴식 후 CON그룹이 $79.6\pm21.05U/\mu\text{mol}$, CWI그룹이 $77.2\pm19.59U/\mu\text{mol}$ L의 농도를 나타내어 CON그룹이 경기직후 처치 및 휴식이 MDA 농도를 약 18% 감소시켰고, CWI그룹은 경기직후 처치 및 휴식이 MDA 농도를 약 23% 감소시켰다. 또한 CWI처치 및 휴식 후 CON그룹은 MDA 농도 차이를 나타나지 못했던 반면, CWI그룹은 CWI처치 및 휴식 후 MDA 농도가 약 10%감소하여 CWI처치가 MDA 감소경향을 나타내었으나 두 그룹간 통계적 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

2) SOD

태권도 경기 후 CWI처치에 따른 SOD 농도의 차이는 <Table 13>, 두 그룹간 비교는 <Fig. 14>와 같다.

Table 13. The change of SOD according to CWI (U/ml)

Time Group					F-value	
	^a before	^b after game	^c after CWI	^d after rest		
CON	1.7±1.13	2.5±1.48	2.4±1.20	2.0±1.21	Group	0.000
CWI	1.8±1.19	2.7±1.76	2.0±1.27	2.1±1.59	Time	3.097*
t-value	-.605	-.383	1.118	-.983	Group×time	0.598

M±SD, * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

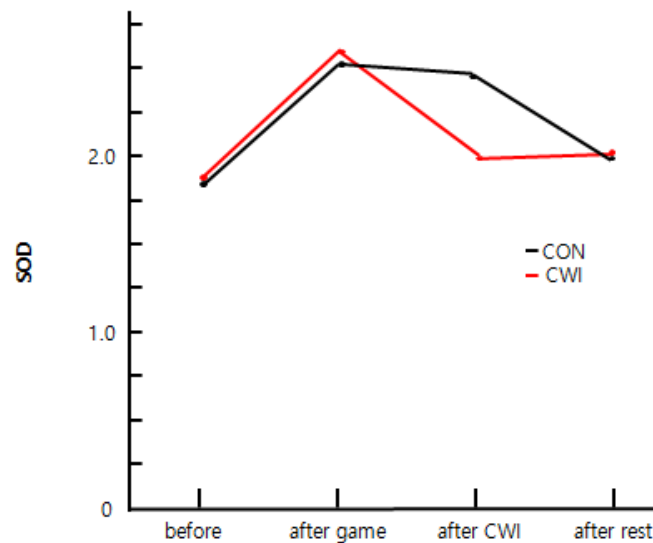


Fig. 14 The change of SOD according to CWI

태권도 선수의 경기 직후 SOD 농도는 시기간 유의한 차이가 있었으나 ($F=3.097$, $p < .05$), 그룹간 차이를 살펴보면, 경기 직후 CON그룹이 $2.5 \pm 1.48 \text{ U/ml}$, CWI그룹이 $2.7 \pm 1.76 \text{ U/ml}$ 의 농도를 나타냈고, 처치 후 CON그룹이

2.4±1.20U/ml, CWI그룹이 2.0±1.27U/ml으로 CON그룹이 약 4%, CWI그룹이 약 25% 감소하였다. 그러나, 처치 및 휴식 후 CON그룹이 2.0±1.21U/ml, CWI그룹이 2.1±1.59U/ml의 농도를 나타내어, CON그룹의 경우 CWI처치 및 휴식이 SOD농도를 약 17% 감소시켰고, CWI그룹은 5% 증가하여 두 그룹간 차이는 약 22%가 나타나 CWI처치가 SOD 농도를 증가시키는데 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났으나 두 그룹간 통계적 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

3) GPx

태권도 경기 후 CWI처치에 따른 GPx 농도의 차이는 <Table 14>, 두 그룹간 비교는 <Fig. 15>와 같다.

Table 14. The change of GPx according to CWI (U/μmol)

Time Group						
	^a before	^b after game	^c after CWI	^d after rest	F-value	
CON	111.6±18.54	128.3±25.12	105.6±20.65	108.4±15.43	Group	0.003
CWI	109.9±70.54	130.1±36.34	102.3±42.21	109.9±29.38	Time	1.347
t-value	.063	-.123	.213	-.120	Group×time	0.017

M±SD, **p*<.05, ***p*<.01, ****p*<.001

태권도 선수의 경기 직후 GPx 농도는 그룹간, 시기간, 그룹×시기간 상호작용 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다. 경기 직후 CON그룹이 128.3±25.12U/ml,

CWI그룹이 $130.1 \pm 36.34 \text{U/ml}$ 의 농도를 나타냈고, 처치 후 CON그룹이 $105.6 \pm 20.65 \text{U/ml}$, CWI그룹이 $102.3 \pm 42.21 \text{U/ml}$ 으로 CON그룹이 약 18%, CWI그룹이 약 21% 감소하였다. 그러나 처치 및 휴식 후 CON그룹이 $108.4 \pm 15.43 \text{U/ml}$, CWI그룹이 $109.9 \pm 29.38 \text{U/ml}$ 의 농도를 나타내어 CON그룹은 처치 및 휴식 후 GPx 농도가 약 3% 증가하였고, CWI그룹은 처치 및 휴식 후 GPx 농도가 약 7% 증가하여 CWI그룹이 CON그룹에 비해 GPx 농도를 증가시켰으나 그룹간 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았다.

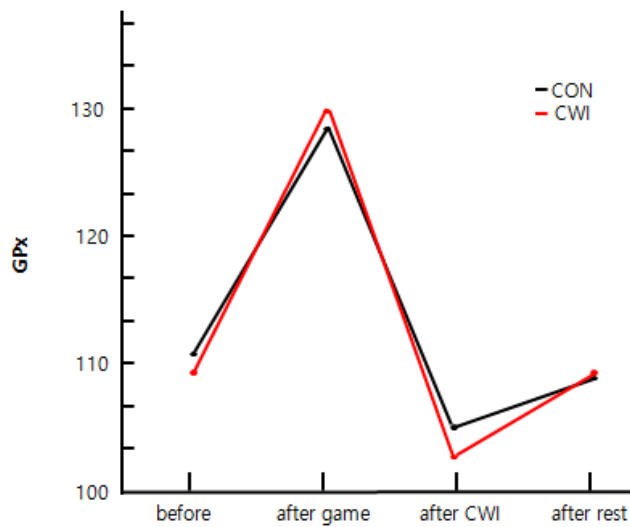


Fig. 15 The change of GPx according to CWI

5. 운동능력 변인 비교

1) 태권도 선수의 경기 중 심박수, RPE 비교

① 최대유산소성 능력 비교

본 실험에서 적용한 전자호구 경기(운동방법) 2분 3회전 중 1분 단위로 측정된 CON그룹과 CWI그룹의 심박수(Heart Rate)와 운동자각도(RPE)의 결과는 <Table

15>와 같다.

사전검사로 Bruce protocol을 이용하여 피험자의 최대심박수(HRmax)와 태권도 경기 중 평균 심박수(HR)와 경기 후 평균 심박수(HR)를 비교한 결과는 <Fig. 16>과 같으며, 운동자각도(RPE)를 비교한 결과는 <Fig. 17>과 같다.

Table 15. The change of heart rate after a game (beat/min)

(n=8)	before	between Round 1	after Round 1	between Round 2	after Round 2	between Round 3	after Round 3
HR	69.9±4.53	171.3±7.66	177.7±5.12	177.7±10.97	184.8±4.71	188.5±4.68	195.0±3.92
RPE	7.4±0.73	13.2±1.52	15.4±1.79	16.5±1.27	17.6±1.54	18.8±0.75	19.6±0.63

M±SD

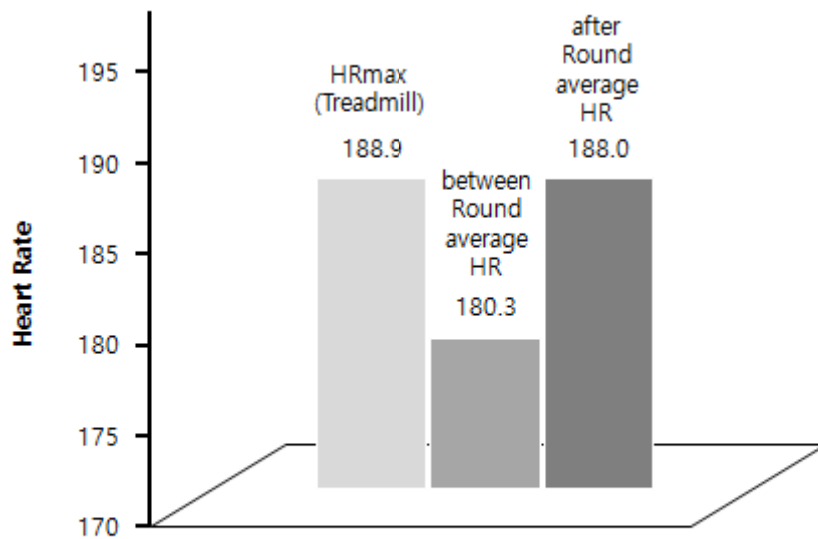


Fig. 16 The change of heart rate according to game

<Table 15>와 <Fig. 16>에 제시된 바와 같이 안정 시 심박수는 $69.9 \pm 4.53 \text{bpm}$ 이며, 각 회전별 평균 심박수는 180.3bpm , 경기 후 평균 심박수는 188.0bpm 으로 나타났다. Bruce protocol을 이용한 Treadmill 운동부하 검사에서 나타난 피험자의 HRmax는 188.9bpm 이며, 전자호구 태권도 경기는 HRmax의 약 95% 운동강도로 각 회전별 심박수를 나타냈으며, 경기 후 심박수는 HRmax의 약 99% 운동강도를 나타냈다.

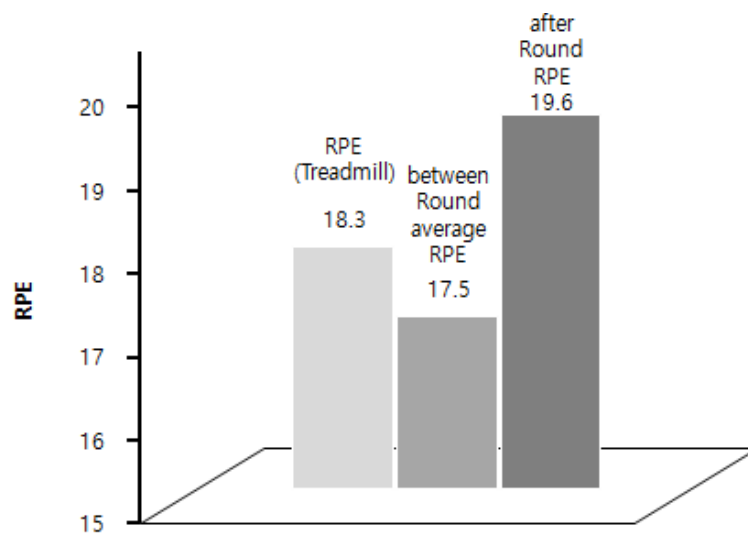


Fig. 17 The change of RPE according to game

<Fig. 17>을 살펴보면, 운동자각도(RPE)는 피험자의 운동부하 검사 후(평균 18.3)의 약 95% 운동강도로 각 회전별 운동자각도를 나타냈으며, 경기 후 운동자각도는 사전검사의 약 107%로 나타났다. <Fig. 16>, <Fig. 17>에서 제시된 바와 같이 심박수에서는 피험자의 사전검사(Treadmill)와 실제 경기의 차이가 나타나지 않았지만, 경기 후 운동자각도가 사전검사보다 높게 나타난 이유는 경기 중 점수 차를 극복하려고 행해지는 방어 또는 공격행위가 경기에서 승리하기 위한 심리적 압박에서 나타난 결과라고 사료된다.

2) 운동능력 비교

태권도 경기 후 CWI처치에 따른 운동능력을 비교한 결과는 <Table 16>과 같다.

Table 16. The change of Physical fitness test according to CWI (M±SD)

(n=8)	Power	Flexibility	Agility		Muscular endurance	
			15sec.	30sec.	30sec.	60sec.
HR	243.8±15.94	170.6±63.50	23.0±5.93	42.0±5.86	35.4±5.10	62.8±9.08
RPE	244.4±14.09	180.6±42.30	23.5±3.86	42.9±6.49	37.8±5.34	68.8±11.65

Power=U/cm, Flexibility=U/cm, Agility=U/amount, Muscular endurance=U/amount

태권도 선수의 경기 후 CWI처치에 따른 운동능력을 비교한 결과 순발력에서 CON그룹이 243.8±15.94U/cm, CWI그룹이 244.4±14.09U/cm로 CWI 처치 후 통계적 유의한 차이가 나타나지 않았고, 유연성에서는 CON그룹이 170.6±63.50U/cm, CWI그룹이 180.6±42.30U/cm으로 CWI 처치 후 약 6% 향상된 결과를 나타냈다. 민첩성에서는 CON그룹이 15초 측정 시 23.0±5.93U/amount, CWI그룹이 23.5±3.86U/amount을 나타냈고, 30초 측정 시 CON그룹이 42.0±5.86U/amount, CWI그룹이 42.9±6.49U/amount로 15초, 30초 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다. 근지구력에서는 CON그룹이 30초 측정 시 35.4±5.10U/amount, CWI그룹이 37.8±5.34U/amount를 나타냈고, 60초 측정 시 CON그룹이 62.8±9.08U/amount, CWI그룹이 68.8±11.65U/amount로 CWI 처치 후 태권도 선수의 근지구력이 약 10% 향상된 결과를 나타냈다.

V. 논 의

본 연구는 남자 태권도 선수 8명을 대상으로 전자호구 착용 후 경기를 실시하여 경기 후 Cold water immersion이 말초피로(Lactate, Ammonia), 중추신경계 피로(Serotonin, Dopamine), 스트레스호르몬(Cortisol, Epinephrine, Norepinephrine), 근 손상(Creatine Kinase, Lactate dehydrogenase) 및 지질과산화물(MDA)과 항산화효소(SOD, GPx)에 미치는 효과를 규명하는데 목적을 두었다.

1. 태권도 경기 후 Cold water immersion 처치가 피로관련

변인(말초피로 및 중추신경계피로)에 미치는 영향

CWI 처치를 이용한 회복방법은 스포츠의학분야와 재활분야에서 치료의 한 부분으로 연구가 되고 있다. 물을 이용한 CWI 처치 방법은 동적 회복방법과 함께 젖산을 빠르게 제거시킨다는 장점 외에도 근육이 부드러워진다는 느낌과 함께 심리적인 상쾌함까지 줄 수 있으며(Darryl, 2004), 간단한 처치방법으로 피로를 제거할 수 있다. 이와 같은 맥락으로 선수들의 피로감소 및 회복(recovery)을 위한 연구는 다양한 방법으로 연구되고 있으며 운동조건(운동지속시간, 운동강도, 운동환경), 처치시간 및 시기, 처치방법(냉각처치(cold) 및 온처치(hot), 보조물 섭취, massage, stretching) 등으로 선수들의 피로를 제거하기 위한 연구가 다각도로 이루어지고 있다.

이대택 등(2013)의 중거리 사이클 경기 후 말초부위 냉각과 활동적 페달링 회복이 피로물질 변화와 경기수행능력에 미치는 선행연구에서 중학교 사이클 선수 8명을 대상으로 2km 개인 추발 모의 경주 후 발 부위의 냉각(10℃) 회복방법을 적용한 연구 결과에서 젖산 농도는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 또한, 박순태(2014)의 축구 하프타임 휴식 중 저온 침수 처치가 후반 경기중

혈중 생리 지표 및 염증-면역지표에 미치는 영향을 규명한 연구에서 대학 축구선수 22명을 대상으로 휴식군과 저온 침수군으로 나누어 축구경기 후 흥분 이하 침수(19~21℃) 결과 경기 전 휴식군의 Lactate농도가 $4.1 \pm 0.3 \text{mmol}/\ell$, 저온 침수군이 5.1 ± 0.4 , 전반전 종료 후 휴식군이 $3.7 \pm 0.8 \text{mmol}/\ell$, 저온 침수군이 $4.1 \pm 0.4 \text{mmol}/\ell$ 로 휴식군은 경기 전보다 전반전 종료 휴식 후 Lactate농도가 약 10% 감소하였고, 저온 침수군은 경기 전보다 전반전 종료 저온 침수 후 Lactate농도가 약 20% 감소하여 축구선수의 Lactate농도 감소경향은 나타났으나 두 그룹의 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았다.

그러나 본 연구에서 태권도 경기 후 CWI 처치가 피로관련 변인에 미치는 영향을 살펴보면, CWI 처치가 태권도 경기 후 처치를 하지 않은 CON그룹보다 Lactate와 Ammonia 농도를 감소시키는 것으로 나타났다. 이는 양윤권&박은희(2016)의 냉·온 처치가 태권도 선수의 혈중피로요인을 감소시켰다는 연구결과와 부분적으로 일치하며, Drinkwater(2008)의 냉각이 혈중 Lactate 농도 및 체온과 심박수 등과 같은 생리적 요인들을 빠르게 안정시 수준에 근접하도록 촉진시킨다는 주장과도 일치하였다. 또한, 이경훈(2001)의 저온 침수욕이 고막온 및 지구성 운동능력에 미치는 영향의 연구에서 머리를 제외한 전신 저온침수(14℃~17℃)그룹이 휴식그룹에 비해 혈중 Lactate농도에서 각 처치시기별로 모두 낮게 나타났으며 통계적으로도 유의한 차이가 있었다고 보고하여 본 연구결과와 일치하였다.

아울러 De Pauw 등(2011)의 연구에서 사이클 에르고미터를 이용하여 1시간 동안 운동강도를 증가시킨 후 휴식 20분 동안 대퇴부위에 냉각(0℃ 또는 10℃)을 적용한 그룹이 대조군과 비교하여 혈중 Lactate 농도가 더 빠르게 감소하였다고 하였고, Crowe et al.(2007)과 Heyman et al.(2009)도 짧은 시간내에 고강도 운동 후 냉각이 혈중 Lactate 농도 제거에 긍정적 효과가 있다고 보고하였다.

김상수(2007)의 최대하 운동 후 침수조건 및 수온에 따른 회복유형이 생리적

피로변인에 미치는 영향에 대한 연구에서 조정 경기 형식을 이용한 2,000m 로잉 실시 후 최대산소섭취량의 80%의 심박수로 최대하운동을 실시하여 운동 후 6가지의 회복 유형(고온침수, 저온침수, 혼합침수, 사우나(고온환경), 사우나(고온환경)+저온침수)으로 15분간 실시 한 결과 저온침수(14~16℃ 횡경막 아래까지 침수) 그룹이 Ammonia 농도를 처치 후 회복 20분에서 안정 시 수준으로 낮췄다고 하였으며, 통제군에 비해 저온침수군이 유의하게 낮은 혈중 Lactate 농도를 나타냈다고 하여 본 연구결과와 일치하였다.

이용진(2002)의 근피로 유발 후 냉요법이 혈중 암모니아, 젖산농도, 젖산 탈수소 효소 및 크레아틴 키나제 변화에 미치는 영향의 연구 또한, 대학생 8명을 대상으로 단축성 수축운동 후 하지부위 냉처치(10℃, 15℃) 결과 10℃ 처치 집단이 통제집단과 15℃ 처치 집단의 회복비율에 비해 Ammonia 농도가 빠르게 회복되는 경향을 나타냈으나 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 10℃와 15℃ 처치집단이 비침수 집단에 비해 감소경향을 나타냈으나 침수 온도간(10℃와 15℃)의 차이는 나타나지 않았다. Lactate농도 비교에서는 비침수 집단이 운동직후보다 냉처치 후 49.3%가 감소한 반면 10℃ 처치 집단에서 69.8%가 감소하였고 15℃ 처치 집단에서 67.6% 감소를 보이며 냉처치 집단이 비침수 집단에 비해 Lactate 농도가 현저하게 감소하였고, 그룹간 통계적 유의한 차이가 나타나 본 연구결과와 부분적으로 일치하였다.

CWI 처치 온도에 따른 선행연구를 살펴보면, 이덕분, 이용수, 이용진(2002)의 연구에서는 8명을 대상으로 cybex로 50회 후 10초 휴식 3set 운동으로 근피로 유발 후 30분간 하지부분을 침수하였고, 1차 실험은 10℃, 2차 실험은 15℃로 침수하였다. 그 결과 10℃와 15℃ 온도간의 Lactate 농도는 유의차가 없었고, 비침수 집단의 경우 운동직후보다 약 49%가 감소한 반면 10℃ 침수의 경우 약 70%, 15℃의 경우 약 68% 피로물질 감소를 나타내었으며, Ammonia 농도 차이 비교에서는 온도별 처치집단(10℃, 15℃)이 비침수 집단에 비해 감소하는 경향을 나

타냈지만 10℃와 15℃ 온도간의 차이는 나타나지 않았다고 보고하였다. 본 연구 결과 또한 Lactate 농도 비교에서 CON그룹이 경기직후보다 처치 및 휴식 후 약 38% 감소한 반면, CWI그룹은 경기직후보다 처치 및 휴식 후 약 70% 피로물질 감소를 나타내어 선행연구와 일치하는 결과를 나타냈다.

냉각은 미주신경을 빠르게 활성화시켜 심박수 감소에 영향을 미치고(Coote, 2010), 목과 머리 부위의 냉각도 시상하부로 관류하는 혈액의 온도를 낮출 수 있다(Tyler et al., 2010)고 제안하고 있지만, 최근에는 대상의 운동환경과 회복에 초점을 두어 인체의 일부를 부분적으로 냉각하는 방법을 선호하고 있다.

Brade 등(2010)의 실험에서는 고온다습한 운동조건을 설정하여 다섯 가지의 냉각 기술의 효과를 비교하였는데, 냉각 조건으로는 hand immersion(HI), Whole body fanning(WBF), an air cooled garment(ACG), a liquid cooled garment(LCG), a phase change garment(PCG) 이었으며, 대조군과 비교하여 다섯 가지의 냉각 조건 중 WBF가 가장 효과적이었다고 보고하였다.

그러나 본 연구에서는 하지부분 슬관절 이하를 CWI 처치하여 말초피로 관련 물질(Lactate, Ammonia)에서는 그룹간에 통계적으로 유의한 차이를 나타냈으나, 중추신경계 피로물질(Dopamine, Serotonin)에서는 그룹간 차이를 나타내지 않았고, 측정시간과 그룹×시간 상호작용에서 유의한 차이가 나타났다. 이러한 결과는 말초부위(손끝, 발끝)로부터 가까운 슬관절 이하의 처치방법이 말초피로 변인인 Lactate와 Ammonia 농도를 빠르게 감소시키는데 효과적이었으나, 뇌와 척수를 중심으로 하는 중추신경계를 자극하지 못해 부분적 피로물질 감소가 이루어졌다고 사료된다.

2. 태권도 경기 후 Cold water immersion 처치가 스트레스호르몬에 미치는 영향

스트레스란 신체적, 정신적으로 부담이 되는 모든 것을 포함하며 지각된 위협에 대처하기 위한 신체적, 정신적 긴장을 의미한다(이수영&한상철, 2007). 스트레스를 받은 인체는 뇌하수체의 부신 피질 자극호르몬의 분비가 활발하게 일어나게 되고, 그 결과 당질피질 호르몬이 분비되어 스트레스 자극에 스스로 적응할 수 있도록 신체 조건을 조절한다(김선현, 2018). 또한 교감 신경이 활성화되어, 부신수질 호르몬인 아드레날린의 분비가 촉진되고 이것이 시상하부-뇌하수체 전엽-부신 피질계를 자극하여 결과적으로 부신피질 호르몬의 분비를 촉진하게 된다(강소형, 2015).

이처럼 신체는 활동시간, 지속시간, 운동강도 증가에 따라 근 이완-수축 작용에 장애를 가져오고 이는 자율신경계를 통한 내분비계의 호르몬 분비를 자극하여 생리학적 반응을 일으킨다.

본 연구에서는 태권도 경기 후 운동스트레스에 자극을 받아 부신피질에서 분비되는 **Cortisol**과 부신수질에서 분비되는 **Epinephrine**과 **Norepinephrine**의 농도를 분석하였다. 그 결과 **Cortisol**에서 측정시간 차이($F=24.063, P<.001$)가 나타났지만, 그룹간 차이를 살펴보면 **CON**그룹이 경기직후 처치 및 휴식이 **Cortisol** 농도를 약 16% 감소시켰고, **CWI**그룹이 경기직후 처치 및 휴식이 **Cortisol** 농도를 약 17%감소시켜 그룹간 통계적 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한, **Epinephrine**에서도 측정시간 차이($F=40.835, P<.001$)가 나타났지만, 그룹간 차이에서 **CWI**그룹이 **CON**그룹보다 약 2%의 **Epinephrine** 농도를 감소시켰지만 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았고, **Norepinephrine**에서도 측정시간 차이($F=53.999, P<.001$)는 나타났지만 그룹간 차이를 나타내지 않았다.

이러한 결과는 **Galbo(1983)**의 카테콜라민(catecholamine) 중 에피네프린과 노르에피네프린의 운동에 대한 반응이 조금씩 다르며, 최대 운동 후 나타나는 반응으로 혈중 노르에피네프린은 안정시보다 비례적으로 증가하지만(**Kjaer, 1992**), 운동 강도에 따라 직선적으로 증가하고(**Galbo et al., 1979**), 운동부하가 증가할수

록 현저히 증가하지만 중강도 이하의 운동에서는 별다른 변화가 없다고(Brooks et al., 1988)하는 보고와도 부분적으로 일치한다.

아울러 김귀순(2007)의 저항성 운동 후 입욕 침수조건이 혈중 피로물질과 스트레스호르몬에 미치는 영향을 규명한 선행연구에서, 20대 성인 여성 7명을 대상으로 저온침수군(17°C~18°C), 중온침수군(35°C~36°C), 고온침수군(42°C~43°C) 그룹으로 나누어 최대근력의 80% 부하운동 후 30분 동안의 침수가 혈중 젖산 및 카테콜라민(Epinephrine, Norepinephrine) 농도를 분석하였고, Epinephrine에서 저온침수군(17°C~18°C)이 유일하게 운동직후부터 처치 후 41%가 감소하는 변화를 나타냈으나 처치 및 휴식기에서 유의한 결과를 나타내지 못하였고, 중온침수군(35°C~36°C)이 Epinephrine과 Norepinephrine 농도를 감소시켜 다른 두 그룹(저온침수, 고온침수)에 비해 통계적으로 유의한 결과를 나타내어 본 연구결과와 부분적으로 일치하며, 황귀동(2007)의 유산소 운동 후 입욕조건에 따른 혈중 피로 물질과 스트레스 호르몬에 미치는 영향에 대한 연구 또한, 성인남성 9명을 대상으로 12주간 규칙적인 운동과 유산소운동이 온도별 입욕 후 차이를 분석하였는데, 그 결과 저온침수군(17°C~18°C)이 중온침수(35°C~36°C) 및 고온침수(42°C~43°C)군에 비해 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않아 본 연구결과와 일치하는 결과를 나타냈다.

그러나 맹희정(2002)의 근 피로 유발후 CWI 처치에 따른 코티졸, 테스토스테론의 변화에 대한 연구에서 10°C에서 30분간 침수한 집단이 안정시에 비해 코티졸 농도가 반으로 감소하였고, 15°C침수 집단과 비침수 집단에 비해 Cortisol 농도가 가장 빨리 감소하는 경향을 나타냈다고 보고하여, CWI 처치가 운동 후 스트레스 호르몬을 낮추는데 효과적이라고 할 수 있다.

아울러 Fait 등(2001)은 Catecholamine(Epinephrine, Norepinephrine)은 교감신경계 활동의 지표이며, 이러한 교감신경의 영향은 심근의 활동적 부분을 관여하고, 특히 신체의 활동은 박출량의 증가와 심근 수축력을 증가시켜 대동맥의 혈

액량을 증가시켜 준다고 주장하였다.

본 연구에서는 전자호구 착용 후 2분 3회전 한 경기 후 CWI 처치가 20분간 이루어졌으며, 부신피질과 부신수질을 자극하는 신경전달물질인 Cortisol과 Catecholamine(Epinephrine, Norepinephrine)활성이 단시간에 조절되지 못하였음을 나타낸다.

이러한 결과는 태권도와 같이 단시간에 고강도로 이루어진 신체적 활동은 심장으로부터 대동맥 및 폐동맥에 보내지는 상승된 혈액의 양이 신체 내부환경으로부터 항상성 유지를 위해 조절되었고, 20분간의 말초부위 CWI 처치는 말초부위와 같은 부분적으로 상승된 혈관을 수축하고 열의 손실을 방어했지만 심장에서 가까운 내분비기관인 부신(부신피질 및 부신수질)을 자극하지 못한 것으로 사료된다.

3. 태권도 경기 후 Cold water immersion 처치가 근 손상에 미치는 영향

운동 직후의 근육통은 피로의 시점까지 수행되는 격렬한 운동 중 또는 운동 직후 나타나는데 그 원인은 운동이 근육에 젖산과 칼륨 같은 신진대사 산물의 일시적인 생성과 부적절한 혈액의 공급과 산소의 부족으로 인한 피로 때문이라는 이론이 있으며 이것은 운동 후 혈액과 산소의 공급이 충분하면 빠르게 사라진다(Miller et al., 2004).

운동에 의한 근 손상은 대사적 스트레스(metabolic stress)또는 구조적 스트레스(mechanical stress) 환경에 의해 초래되며 유사한 기전으로 초기 반응을 유도한다(White 등, 2013). 강도 높은 운동을 수행할 경우 근육 조직에 구조적인 변형을 일으켜 근 섬유막의 투과성이 증가되며(전유나, 2016), CK(creatine kinase), LDH(lactate dehydrogenase)등과 같은 물질들이 혈액으로 유출되어 최종적으로

염증과 부종을 유발한다(Edwards 등, 1972; Clarkson 등, 2002; White 등, 2013; 전유나, 2016).

일반적으로 효소는 근육활동에 필요한 에너지 대사를 조절하는 중요한 인자로서(Noakes, 1987), 이중 혈중 CK와 LDH의 농도는 장시간의 신체활동에 의한 근 손상의 정도와 신체의 단련정도를 잘 반영하는 지표로 이용되고 있으며(Roti et al., 1981; Ohmon, 1982; Evans et al., 1991; Miles et al., 1994; Sorichter et al., 1999), 장시간의 신체 운동의 영향에 의해 증가하며, 이렇게 증가된 CK와 LDH는 근 손상 정도를 나타낸다.

본 연구에서는 태권도 경기 후 근 손상 정도를 알아보기 위해 CK와 LDH 농도를 측정하였으며 CK 농도는 측정 시기간($F=3.732$, $P<.05$) 차이가 있었으며, 그룹간 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았다. 그러나 CON그룹이 경기직후부터 처치 및 휴식 후 CK 농도가 약 11% 감소하였고, CWI그룹은 경기직후부터 처치 및 휴식 후 약 20% 감소하여 CWI 처치가 CK 농도를 감소시키는 경향을 나타냈다.

LDH 농도 변화의 차이에서는 주효과 측정시기 간에서 매우 유의한 차이를 나타냈으며($F=55.331$, $P<.001$), 그룹×시기간 상호작용에서도 유의한 차이가 나타났다($F=4.843$, $P<.01$). 그룹간 차이는 통계적으로 유의하지 않았지만, CON그룹이 경기직후부터 처치 및 휴식 후 LDH 농도를 약 21% 감소시켰고, CWI그룹은 경기직후부터 처치 및 휴식 후 LDH 농도를 약 40% 감소시켜 태권도 경기 후 CWI 처치가 LDH 농도를 감소시키는 경향을 나타냈다.

이용진(2002)의 근피로 유발 후 냉요법이 혈중 암모니아, 젖산농도, 젖산 탈수소 효소 및 크레아틴 키나제 변화에 미치는 영향의 연구에서 대학생 8명을 대상으로 단축성 수축운동 후 하지부위 냉처치(10℃, 15℃) 결과 LDH농도와 CK농도 비교에서 측정 시기간 유의한 차이를 나타냈지만 집단간의 차이는 나타나지 않았고, 비침수 집단에 비해 냉처치(10℃, 15℃) 그룹이 LDH의 빠른

회복에 긍정적인 영향을 나타냈다. 또한, 냉처치 집단이 비처치 집단에 비해 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았지만 평균적으로 감소하는 경향을 나타내 운동 후 회복에 많은 도움이 될 수 있다고 보고하였고, 소재석(2004)의 회복처치방법에 따른 크레아틴 키나제와 테스토스테론의 변화에 대한 연구 또한, 근피로 유발 운동 후 10℃와 15℃의 냉요법은 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았지만, CK 농도를 낮추는데 긍정적 영향을 미친다고 하였으며, 피로회복에 있어 많은 회복방법들이 제시되고 있지만 냉요법 처치 방법은 처치하지 않은 상태에서의 회복보다 피로물질 회복에 많은 도움이 될 수 있다고 보고하여 본 연구결과와 일치하였다.

아울러 이호성(2012)의 신장성운동 후 냉각요법이 근손상지표 및 조직대사에 미치는 영향에 대한 연구에서 주관절굴곡을 중심으로 냉각팩(0℃, 20분) 처치 그룹과 상온(25℃) 처치 그룹이 CON그룹과 비교해 각각 유의하게 감소하여 냉처치 방법이 근손상의 악화를 억제시키는 효과가 있다고 보고하였다. 또한, 김상수(2007)에 의하면, 조정선수들의 최대하운동 후 고온 적용 및 고온 후 저온침수 적용이 혈중 피로변인 및 혈중 전해질에 미치는 영향에 대한 연구에서 고온적용(온도75%, 습도20%) 후 저온침수(14~16℃) 그룹이 LDH와 CPK 농도를 안정시 수준으로 회복한다고 보고하여 본 연구결과와 부분적으로 일치한다.

근 손상을 완화시키는 대표적인 방법 중 하나인 냉각 처치는 혈관 수축을 유도하여 혈류와 대사를 감소시켜 부종과 통증을 완화시키는 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Kregel 등, 1992).

Drinkwater(2008)와 Racinais & Oksa(2010)는 냉각이 혈중 젖산 농도 및 체온과 심박수 등과 같은 생리적 요인들을 빠르게 안정시 수준에 근접하도록 촉진시키지만, 근기능 향상에 긍정적인 영향을 기대하기 어렵다고 하였고, 차성욱(2005) 또한, 단기간의 마사지와 CWI 및 HWI 처치, 그리고 아로마 요법이 혈

중 LDH 및 CK의 활성도를 감소시키는데 유의한 효과가 없다고 주장하였다. 아울러 Croew 등(2007)의 연구에서도 13℃~14℃에 입수한 후 사이클 종목의 하나인 스프린트 사이클 운동수행능력을 저하시킨다고 주장하여 Drinkwater(2008)와 Racinais & Oksa(2010)의 주장과 동일한 맥락의 결과를 나타냈다.

Schniepp 등(2002)의 연구에서는 회복기간 중 가슴부위까지 찬 물(12℃)의 입수가 심부온도를 감소시켰으나 사이클 운동수행능력을 손상시킨다고 하여 이는 Schniepp 등(2002)이 주장한 사이클 운동과 관련된 연구에서는 CWI 회복방법이 근기능을 감소시킨다는 주장과도 일치한다.

그러나 Eston 등(1990)은 근 피로 발생 시 CWI 처치의 효과에 있어 근육경련 및 관절의 운동범위는 치료시간 경과에 따라 유의한 차이를 나타냈다고 보고하였고, Fu 등(1997) 또한 지구성 트레이닝을 통한 근 피로에 관련된 CWI 처치는 시간과 관련해 근육의 통증을 완화시킨다고 주장하여 CWI 처치가 운동 후 회복에 긍정적인 효과가 있음을 주장하였다.

아울러 Baiey 등(2007)은 남성 20명을 대상으로 90분 동안 셔틀런(shuttle run)을 수행시킨 후 CWI(10℃, 10분) 처치의 효과에 대한 연구에서 운동직후 CWI 처치가 운동 유발성 근 손상의 이차적인 손상(secondary injury)을 감소시킨다고 주장하였고, Ihsan 등(2013)은 남성 9명을 대상으로 운동 후 CWI(10℃) 처치를 15분간 지속시킨 결과 운동 후 CWI 처치가 근육혈류와 근육의 대사 활동을 감소시킴으로써 근 회복에 효과적이라고 보고하여 본 연구결과와 일치하는 결과를 나타냈다.

근 손상을 완화시키는 대표적인 방법 중 하나인 냉각(cryotherapy)은 혈관 수축을 유도하여 국소적인 혈관의 투과성과 부종을 감소시키고 통증역치를 증가시킴으로써 빠르게 근육의 신경손상을 방지하기 위한 치료수단으로 알려져 있다 (Swenson 등, 1996).

운동으로 기인해 근육에 발생한 젖산은 근육으로의 혈액량이 증가되며 촉진되

는 것이기에 혈액으로 확산되어진 젖산 축적을 감소시키기 위한 운동 후 신체 부분의 냉처치는 체온저하 및 대사율을 감소시키고 혈액으로부터의 젖산농도 감소와 더불어 근 손상을 방지 및 지연시켜 경기력에 긍정적인 영향을 준다고 볼 수 있다.

4. 태권도 경기 후 Cold water immersion 처치가 지질과산화물 및 항산화효소에 미치는 영향

활성산소는 인체의 정상적인 호흡과 대사과정에서 끊임없이 노출되어 있으며, 다량의 산소를 사용하는 강도 높은 운동 중 체내 에너지 대사 증가에 따른 생리학, 생화학적 및 조직화학적 변화 등으로 효소의 활성도가 증가되고(Holloszy & Booth, 1976), 활성산소에 의해 촉진되는 지질과산화물(MDA)은 운동 중 증가되는 산소섭취량에 비례하고, 골격근의 손상과 정적 상관관계라고 보고하였다(Kanter et al, 1993; Maxwell et al, 1993).

지용석 등(1999)은 탈진운동 후 유도선수들과 일반인의 항산화효소 활성도와 과산화지질 농도를 비교 분석한 결과, 항산화 효소(SOD, CAT, GPx)수준과 과산화지질의 일종인 MDA는 영향을 받는다. 특히 탈진운동 직후에 유도선수집단의 항산화 효소 및 MDA수준은 일반인들보다 통계적으로 유의한 증가를 나타냈는데, 이는 탈진운동이 산화적 손상을 크게 유도하지만 규칙적인 훈련으로 인하여 산화적 손상에 대한 방어능력도 향상시킨다고 보고하였다.

본 연구에서 태권도 경기 후 CWI처치가 MDA에 미치는 변화를 살펴본 결과, CWI처치 및 휴식 후 CON그룹은 MDA 농도 차이를 나타내지 못했던 반면, CWI그룹은 CWI처치 및 휴식 후 MDA 농도가 약 10%감소하여 CWI처치가 MDA의 감소경향을 나타내었으나 두 그룹간 통계적 유의한 차이는 없으므로 나타났다.

MDA와 운동 강도와의 관계를 살펴보면, 강한 신체운동이 활성산소의 생성과 이로 인한 여러 조직에서의 MDA 함량의 증가를 유발하여 산화 스트레스의 원인이 된다(Jenkins, 1988). 또한 MDA의 생성은 운동의 종류에 따른 변화의 크기 보다는 운동 강도 혹은 운동 시간의 차이에 더 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Krishnan et al, 2003).

산화스트레스에 의한 결과 산물인 MDA는 장기간 고강도 운동에 의해 야기되고 운동량에 의해서 영향을 받을 수 있으며, 항산화제를 투여함에 따라 체내에 생성되는 MDA를 감소시킬 수 있다(하철수, 2005)

지용석 등(2006)은 운동선수와 일반인을 대상으로 강도 높은 운동 즉, 탈진운동 후 SOD와 MDA의 변화를 관찰하였는데 통제군은 운동 후 SOD 농도가 약 10% 감소한 반면 운동군은 약 8% 증가하여 두 그룹간 차이는 약 18%의 결과를 나타냈다.

탈진 운동은 MDA가 증가하고(Alessio & Goldfarb, 1988), 항산화 효소를 감소시키며(Ohno et al, 1992), 격렬한 운동은 어떤 형태로든 산화 스트레스를 유발하여 MDA와 항산화 효소에 영향을 미치지만(Ohno et al., 1992), 말초부위로부터의 CWI처치는 지질과산화물인 MDA를 제거하는데 효과적이라고 할 수 있다.

하철수(2005)는 산화스트레스에 의한 결과 산물인 MDA는 장기간 고강도 운동에 의해 야기되고 운동량에 의해서 영향을 받을 수 있으며, 항산화제를 투여함에 따라 체내에서 생성되는 MDA를 감소시키고 SOD효소를 활성화 시킬 수 있었다고 보고하였다. 또한, Kanter et al(1993)은 지질과산화는 운동을 함으로 인해 필수적으로 생성이 되고 골격근에 손상을 준다고 하였으며, Davies et al(1973)은 운동에 의해 지질과산화물질인 MDA가 탈진적 운동 후 증가 한다고 보고하여 본 연구결과와 부분적으로 일치하나, 운동전과 운동후의 MDA의 변화에 차이가 없었다는 연구결과(Salminen et al., 1984; Viinikka et al, 1984; Duthie et al, 1990; Ji, 1993)와는 상반되는 결과를 나타냈다. MDA와 관련한 연

구의 다양한 결과는 MDA가 운동강도 또는 운동량에 의해 영향을 받으나, 연구 대상과 처치방법에 따른 산화스트레스 반응의 시간적 차이에서 기인한 것이었다고 사료된다.

운동 중 사용하는 산소가 많을수록 산화성 스트레스로 인한 활성산소(**free radical**)생성량이 증가하여 인체에 미치는 유해성도 높아진다(Alessio et al, 1998). 산소는 일상적인 생활을 유지하거나 운동 시에도 반드시 필요한 요소로 작용하지만, 운동이 고강도의 격렬한 형태로 장시간 이루어지는 경우에는 흡수된 산소의 소량이 여러 중간 매개체(O_2 , H_2O_2 , OH)로 전환되어 인체에 악조건을 초래한다(김원식, 2014). 이 물질을 ‘반응성 산화종(reactive oxygen species, ROS)’ 혹은 활성산소(**free radical**)’라고 부른다(지용석 등, 2006; Ji, 1993).

효소적 항산화기구 중 SOD는 Superoxide anion(O_2^-)을 수소원자(H^+)와 반응시켜 과산화수소(H_2O_2)와 산소분자(O_2)로 만드는 작용을 통해 항산화 작용을 하는데 그 작용의 중요성으로 인해 산화적 스트레스에 대한 지표로서 현재까지 가장 많이 측정되고 있는 물질중의 하나이다(Lloyd, 1999; 양윤권 등, 2008).

GPx는 세포와 혈중 중에 존재하며 과산화수소(H_2O_2)와 그 밖의 유리과산화물을 제거하는 작용이 있다.

엄우섭(2004)은 최대산소섭취량(VO_2max)이 높을수록 SOD효소 활성이 감소한다고 하였고, 오봉석(1999)은 최대산소섭취량이 클 경우 운동 중 사용되는 산소량이 많을 것으로 간주됨에도 불구하고 활성산소의 유해한 영향을 적게 받는 것은 보다 효과적으로 대응할 수 있는 신체의 능력이 향상되었기 때문이라고 보고 하였으나, Alessio et al(1988)과 Laughlin et al(1990)은 장기간 트레이닝을 통한 항산화 효소의 아무런 변화를 발견하지 못했다고 보고하였고, Jenkins(1988)과 Ji(1999)은 여러 선행연구에 의하면 지치도록 최대한 수행한 운동은 에너지 대사 시 발생하는 산소 유리기(oxygen free radical)가 근육내의 세포와 세포막을 손상시키며 결국 근육 통증을 초래하는 산화적 손상이 발생한다고 보고하였다.

Ohno 등(1992)과 전태원&신윤아(2007)는 운동 강도 All-out에 해당되는 탈진 상태에서는 오히려 SOD 즉, 항산화효소가 감소한다고 보고하였다. 이러한 결과는 탈진상태와 같은 신체에 무리를 주는 높은 강도의 운동은 산화적 스트레스에 대항할 수 있는 신체의 방어체계를 손상시켜 결국 SOD 즉, 항산화 물질과 같은 효소를 감소시킨다고 할 수 있다. 그러나 Davies 등(1982)은 고강도 운동 후 활성산소가 생성되지만 항산화효소 또한 증가하여 인체의 방어역할이 공존한다고 하였으며, 운동을 포함한 인체의 산화적 스트레스는 골격근과 심장 및 간에서의 SOD의 활성화를 증가시킨다(Jenkins, 1988; Ji, 1993).

Ji 등(1993)은 장기간 트레이닝이 골격근의 항산화 효소, 특히 ROS(reactive Oxygen Species)생성에 관한 가장 중요한 조직 세포내 미토콘드리아에서 SOD 활성화를 증가시킨다고 보고하였고, Quintanilha(1984)와 김학렬 등(2000)도 근육 SOD와 CAT의 활성화가 트레이닝으로 증가한다고 보고하였다.

본 연구에서 태권도 경기 후 CWI 처치가 항산화 효소인 SOD의 농도 비교에서 CON그룹의 경우 CWI처치 및 휴식이 SOD농도를 약 17% 감소시켰고, CWI그룹은 CWI 처치 및 휴식이 SOD농도를 약 5% 증가하여 두 그룹간 차이는 약 22%가 나타났다. 이러한 결과는 CWI처치가 SOD 농도를 증가시키는데 긍정적 영향을 미쳤다고 볼 수 있으나, 두 그룹간 통계적 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

태권도 경기 후 CWI 처치 후 GPx 농도 비교에서 CON그룹은 처치 및 휴식 후 GPx 농도가 약 3% 증가하였고, CWI그룹은 처치 및 휴식 후 GPx 농도가 약 7% 증가하여 CWI그룹이 CON그룹에 비해 GPx 농도를 증가시켰으나 그룹간 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았다.

Salminen et al(1983)과 Asami et al(1998)에 의하면 항산화 체계는 규칙적인 유산소 운동으로 인해 향상되어 활성산소에 의한 손상을 줄인다고 보고하여 본 연구결과와 부분적으로 일치하며, Sen(1995)과 Reznick et al(1992)은 격렬한 운

동 중에는 안정시보다 10~15배, 골격근에서는 최대 100배까지 산소의 이용량이 증가하기 때문에 활성산소의 생성이 증가한다고 하였다. 그러나 인체는 운동 중 과산화자극을 예방하기 위해 효소 성분인 SOD(Superoxide dismutase), CAT(Catalase), GSH-Px(Glutathione peroxidase)와 비효소 성분 물질인 GSH(Glutathione)가 존재한다(Ji, 1999).

하철수(2005)는 운동전 후에 따라 지질과산화물질인 MDA의 활성화 및 항산화 물질인 SOD는 비타민 C 섭취에 따라 긍정적인 영향을 받는다고 보고하였고, 양윤권 등(2008)은 운동 후 Selenium 섭취는 항산화효소인 SOD와 GPx 효소 활성화도 상승에 도움을 준다고 보고하였다. 또한, Ji(1993)는 산소를 이용하는 모든 생물체의 활성산소는 생성됨과 동시에 이를 제거할 수 있는 항산화효소도 내포하고 있어 활성산소에 의한 독성 등을 정화시킬 수 있다고 보고하여, 본 연구와 같이 다양한 연구방법의 접근은 항산화 체계의 긍정적 반응을 기대할 수 있다.

또한, 태권도 경기와 같이 단시간에 고강도로 이루어지는 운동 또는 경기에 있어 선수들은 활성산소의 위험에 끊임없이 노출되지만 신체의 대사능력 또는 내부기관들이 운동으로 단련되고 인체의 면역기능이 향상되어 활성산소로부터 최소한의 영향을 받는다고 사료된다. 따라서 본 연구결과는 지속적이고 강도 높은 훈련으로 인해 운동선수들이 산화적 스트레스를 방어할 수 있는 신체적 능력의 향상과 더불어 SOD, GPx와 같은 항산화효소를 빠른 속도로 재생할 수 있는 능력을 상승시켰다고 볼 수 있으며 CWI 처치는 지질과산화물인 MDA 농도를 감소시키는 경향이 있고, SOD, GPx와 같은 항산화효소를 증가시키는데 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다.

5. 태권도 경기 후 Cold water immersion 처치가 운동능력에 미치는 영향

태권도 겨루기 경기는 빠른 발놀림(step)과 손 · 발기술로 구성되어 있으며, 대부분의 기술발휘는 발에 의존하면서 태권도 경기장(court) 내에서 많은 방향전환과 기술 및 전술이 필요한 종목의 경기이다. 태권도 겨루기 경기는 총6분(2분 3회전)간의 짧은 시간동안 격렬한 동작으로 인해 많은 에너지를 필요로 하며, 예선(32강 또는 16강)부터 결승 경기까지 하루에 진행해야 한다(양윤권&박은희, 2016).

에너지 대사적 측면에서 태권도 경기는 1회전부터 3회전까지 평균 HRmax의 85~95%강도로 실시되며, 이로 인해 혈중 글루코스, 그리고 근육과 간에 저장된 글리코젠과 같은 탄수화물을 주 에너지원으로 사용하게 된다(이선장 등, 2001). 따라서 선수는 경기가 지속되는 2분 3회전동안(총 6분) 신체의 움직임에서 일어나는 생리적 현상과 더불어 정신적 스트레스를 갖게된다. 이러한 신체적 · 정신적 스트레스에서 기인한 대사적 반응과 심리상태 변화는 신체를 불안정한 상태로 전환시키며 경기력에 지대한 영향을 미치게 된다.

선수의 경기 전 또는 경기 중 운동능력 향상을 위한 다양한 연구방법이 오래 전부터 진행되고 있으나 최근에는 다양한 조건과 방법에 의해 지속적으로 연구되고 있으며, 운동영양 보조물 섭취, 운동방법, 도구와 장비를 이용한 마사지 기법과 회복방법, 체중감량 방법, 운동환경 조절, 신체부위 침수 등 방법도 다양하다.

위의 다양한 방법 중 신체부위 침수(박순태 2014; 황봉연 등 2013, White et al., 2013; 이대택 등 2012; Leeder et al., 2012; 손무영 2011; Crampton et al., 2011; De pauw et al., 2011; Peiffer et al., 2010; Tyler et al., 2010; Vaile et al., 2008; Barwood et al., 2009; Leicht et al., 2009; 김귀순 2007; 김상수 2007; Bailey et al., 2007; Crowe et al., 2007; Drinkwater, 2008; 신상복 2005; 이재상, 2005; 차성욱 2005; 이덕분 등 2002; Schniepp et al., 2002; Eston et al., 1999; Kregel et al., 1992)와 관련된 연구는 선수의 회복과 운동능력 향상을 위해 많은

기여를 하고 있다.

이선장 등(2001)은 태권도 경기가 회전별 평균 HRmax의 85~95%강도로 실시된다고 보고하였는데, 본 연구결과 회전별 평균 약 HRmax의 95%, 경기 후 심박수는 HRmax의 약 99%의 운동강도를 나타내어 이선장 등(2001)의 연구결과와 부분적으로 일치하였다.

본 연구에서는 태권도 경기 후 CWI 처치에 따른 운동능력을 비교하였다. 그 결과 순발력 비교에서 CON그룹이 $243.8 \pm 15.94 \text{U/cm}$, CWI그룹이 $244.4 \pm 14.09 \text{U/cm}$ 로 CWI 처치 후 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았고, 유연성에서는 CON그룹이 $170.6 \pm 63.50 \text{U/cm}$, CWI그룹이 $180.6 \pm 42.30 \text{U/cm}$ 으로 CWI 처치 후 약 6% 향상된 결과를 나타냈다. 민첩성에서는 CON그룹이 15초 측정 시 $23.0 \pm 5.93 \text{U/amount}$, CWI그룹이 $23.5 \pm 3.86 \text{U/amount}$ 을 나타냈고, 30초 측정 시 CON그룹이 $42.0 \pm 5.86 \text{U/amount}$, CWI그룹이 $42.9 \pm 6.49 \text{U/amount}$ 로 15초, 30초 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그러나, 근지구력에서는 CON그룹이 30초 측정 시 $35.4 \pm 5.10 \text{U/amount}$, CWI그룹이 $37.8 \pm 5.34 \text{U/amount}$ 를 나타냈고, 60초 측정 시 CON그룹이 $62.8 \pm 9.08 \text{U/amount}$, CWI그룹이 $68.8 \pm 11.65 \text{U/amount}$ 로 CWI 처치 후 태권도 선수의 근지구력이 약 10% 향상된 결과를 나타냈다.

그러나 Drinkwater(2008)는 냉각이 근 기능 향상에 긍정적인 영향은 기대하기 어렵다고 보고하였는데 본 연구에서 CWI 처치가 근지구력의 향상에 기여했다는 연구결과와 상반된다.

Crowe et al.(2007)의 연구에서 무산소성 운동 후 1시간 동안의 회복기간 중 15분간 $13 \sim 14^\circ\text{C}$ 의 하체 냉각을 실시한 결과 최대파워가 약 6% 감소하였다고 보고하여, 태권도 경기 후 CWI 처치가 순발력에 영향을 미치지 않는다는 본 연구결과와 맥락이 같다고 볼 수 있다.

Bergh & Ekblom(1979)은 냉각을 통한 체온의 감소는 골격근의 동적인 움직임에 부정적 역할을 하며 근육의 온도가 1°C 감소할 때 4~6% 정도의 동적 수축

력이 감소한다고 주장하였다. 그러나 장정택(2012)은 스포츠 현장에서 pre-cooling의 사용은 지구성 운동수행능력 향상에 도움이 된다고 보고하였고, Racinais & Oksa(2010)는 냉각 회복방법이 근파워 및 근지구력을 감소시키는 부정적인 역할을 한다고 주장하였으며, Connolly et al.(2003)과 Matsuura et al.(2006)은 고강도 반복적 사이클 운동 사이의 회복조건이 페달링 파워를 향상시키지 못했다고 보고하였다.

또한, Schniepp et al.(2002)의 연구에서 회복기간 중 가슴부위까지 찬 물(12℃)의 입수가 운동수행능력을 손상시킨다고 주장하였고, Peiffer et al.(2010)는 1km 기록경기 후 20분 회복기간 중 5분 동안 14℃의 하체냉각이 최대 및 평균파워에 대조군과 유의한 차이가 없어 고강도 운동 후 짧은 시간의 냉각은 운동 수행능력에 미치는 영향이 없다고 주장하였다.

Imamura et al.(1998)은 물의 온도가 낮을수록 열로 인한 불쾌감을 호소하고 하루에 많은 경기를 해야 하는 운동 선수들에게는 근기능을 저하 시키는 역할을 한다고 주장하였고, 박순태(2014)는 축구선수의 하프타임 휴식 중 흉부아래 저온 침수(19~21℃)처치가 심박수, 이동거리 및 활동형태의 변화를 유도해내지 못하였다고 보고하였으며, 김종광(2013)은 운동 중 목 부위 냉각(10~12℃)은 운동수행능력을 증가시키지 못했다고 보고하였다.

반면, Lee & Haymes(1995)의 연구에 의하면 5±1℃의 대기 온도에 33분간 precooling한 후 최대산소섭취량(VO₂max)의 82% 운동 부하에서 트레드밀로 달리기 실험한 한 결과 한계에 도달하는 시간이 상온 상태보다 평균 4분 정도 지연되었다고 보고하였으며, Schmidt & Bruck(1981)은 precooling이 운동능력을 향상시켰다고 주장하였고, Hasegawa 등(2005)은 cooling jacket이 열 변형을 줄이고 지구력을 향상시킨다고 주장하여 본 연구결과와 부분적으로 일치하였다.

냉요법 처치로 인한 동통, 근육경련, 신진대사 및 염증 감소가 일어나는 기전에 대해서는 아직 완전하게 밝혀지지 않았지만(이덕분 등, 2002), 냉각은 미주

신경을 빠르게 활성화시켜 심박수 감소에 영향을 미치고(Coote, 2010), 운동 중 냉각은 심부온의 상승을 지연시켜 운동지속 시간의 증가와 대사적 피로물질 및 심폐기능의 피로를 경감시킨다(Hasegawa et al., 2005; Amorim et al., 2010; Tyler et al., 2010). 또한, 운동 전과 운동 중의 냉각 처치는 체내 열저장율을 높여 심부온이 증가할 수 있는 범위를 넓히거나 지연시키고 인체의 각 조직 및 기관의 대사적 활성도를 낮추어 운동수행능력의 향상에 도움을 준다(황봉연, 2011).

운동으로 기인해 근에 발생한 젖산은 근으로의 혈액량이 증가되며 촉진되는 것이기에 혈액으로 확산되어진 젖산 축적을 감소시키기 위해 운동 후 신체 부위의 냉각처는 체온저하와 대사율을 감소시키고 혈액으로부터의 피로감소와 더불어 경기력에 긍정적인 영향을 미친다고 볼 수 있다. 따라서 태권도 선수의 경기 후 CWI 처치가 운동능력 중 유연성과 근지구력을 향상시키며 경기력 상승에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다.

VI. 결 론

본 연구는 남자 태권도 선수 8명을 대상으로 전자호구 경기 후 Cold water immersion이 피로관련 변인(말초피로 및 중추신경계피로), 스트레스 호르몬, 근손상, 지질과산화물 및 항산화효소, 운동능력에 대한 변화를 관찰하기 위해 변인들을 측정하고 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 태권도 경기 후 Cold water immersion 처치는 말초피로(Lactate, Ammonia)에서 각각 측정 시기간 유의한 차이를 나타냈으며, CON그룹과 CWI그룹에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 그러나 중추신경계 피로(Dopamine, Serotonin)에서 각각 측정 시기간 유의한 차이를 나타냈으나, 그룹간 차이는 없는 것으로 나타났다.
 - 1) Lactate는 측정 시기간, 그룹×시기간에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 그룹 간 통계적 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.
 - 2) Ammonia는 측정 시기간 차이가 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 그룹 간 통계적 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.
 - 3) Dopamine은 측정 시기간, 그룹×시기간에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 그룹 간 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.
 - 3) Serotonin은 측정 시기간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나, 그룹간 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.
2. 태권도 경기 후 Cold water immersion 처치는 스트레스호르몬에서 모두 측정 시기간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나, CON그룹과 CWI그룹간 차이는 없는 것으로 나타났다.

- 1) **Cortisol**은 측정 시기간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나, 그룹 간 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.
 - 2) **Epinephrine**은 측정 시기간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나, 그룹 간 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.
 - 3) **Norepinephrine**은 측정 시기간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나, 그룹 간 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.
3. 태권도 경기 후 **Cold water immersion** 처치는 근 손상에서 모두 측정 시기간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나, **CON**그룹과 **CWI**그룹간 차이는 없는 것으로 나타났다. 그러나 **LDH**에서 그룹×시기간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.
- 1) **CK**는 측정 시기간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, **CWI**처치가 감소경향을 나타냈으나 그룹 간 통계적 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.
 - 2) **LDH**는 측정 시기간과 그룹×시기간에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, **CWI**처치가 감소경향을 나타냈으나 그룹 간 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.
4. 태권도 경기 후 **Cold water immersion** 처치는 지질과산화물 및 항산화효소인 **SOD**에서 측정 시기간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나, **CON**그룹과 **CWI**그룹간 차이는 없는 것으로 나타났다.
- 1) **MDA**는 측정 시기간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, **CWI**처치가 감소경향을 나타냈으나 그룹 간 통계적 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.
 - 2) **SOD**는 측정 시기간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, **CWI**처치가

SOD 농도의 증가를 나타냈지만, 그룹 간 통계적 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

3) GPx는 측정 시기간, 그룹 간 통계적 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

5. 태권도 경기 후 **Cold water immersion** 처치는 운동능력에서 유연성과 근지구력이 향상되었으나, 민첩성과 순발력에서는 CON그룹과 CWI그룹의 차이가 나타나지 않았다.

1) 순발력에서는 그룹 간 차이가 나타나지 않았다.

2) 유연성에서는 그룹 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

3) 민첩성에서는 그룹 간 차이가 나타나지 않았다.

4) 근지구력에서는 그룹 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다

이상을 종합하여 볼 때 태권도 선수의 경기 후 **Cold water immersion** 처치는 중추신경계피로, 스트레스호르몬 감소에 영향을 미치지 않지만, 말초피로, 근손상, 지질과산화물을 감소시키고 항산화효소 활성화를 기대할 수 있으며 태권도 선수의 운동능력 향상에 부분적으로 기여한다고 할 수 있다. 따라서 향후 후속 연구에서 처치부위 확대와 처치시간의 다양성을 적용한다면 태권도 선수의 경기력과 피로회복능력 향상에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- 강소형(2015) 인터넷 게임 중독수준에 따른 고등학생의 운동유형이 뇌파 및 스트레스호르몬에 미치는 영향. 한양대학교 대학원 미간행 박사학위 논문.
- 김귀순(2007) 저항성 운동 후 입욕 침수조건이 혈중 피로물질과 스트레스 호르몬에 미치는 영향. 한양대학교 교육대학원 미간행 석사학위 논문.
- 김명진(2004) 축구와 태권도 선수의 운동상해에 관한 연구. 원광대학교 교육대학원 미간행 석사학위 논문.
- 김민섭(2017) 서킷저항 운동과 수중운동이 과체중 중년여성의 노화관련 호르몬, 근 손상지표 및 스트레스 호르몬에 미치는 영향. 부경대학교 대학원 미간행 박사학위 논문.
- 김원식(2014) 운동시간대별 저항성 서킷 트레이닝이 남자대학생의 혈중 Superoxide dismutase, Malondialdehyde에 미치는 영향. 한국웰니스학회지, 9(4), 231-238.
- 김상수(2007) 최대하운동 후 침수조건 및 수온에 따른 회복유형이 생리적 피로변인에 미치는 영향. 계명대학교 대학원 미간행 박사학위 논문.
- 김선현(2018) 학교 교육시설 내 컬러테라피 적용에 따른 청소년의 스트레스 호르몬 감소 효과에 관한 연구. 한양대학교 대학원 미간행 박사학위 논문.
- 김종광(2013) 검도운동 중 목 부위 냉각이 체온, 발한량 및 운동수행능력에 미치는 영향. 국민대학교 스포츠산업대학원 미간행 석사학위 논문.
- 김재진(2006) 단기간 체중감량에 따른 탈수가 운동 후 혈중 Aldosterone과 지질 과산화물에 미치는 영향. 한남대학교 교육대학원 미간행 석사학위 논문.

- 김학렬, 정당채, 강경빈(2000). 비만여학생들의 과산화지질(LPO) 생성 및 항산화 효소(SOD & CAT) 활성도에 대한 고강도 신체적 트레이닝의 효과. 한국체육학회지, 12, 591-598.
- 곽은희(2009) 근피로 후 유형별 마사지가 피로 물질, 근손상 효소, 스트레스 호르몬, 산화스트레스에 미치는 영향. 건국대학교 대학원 미간행 박사학위 논문.
- 민병진(2015) 낚시의 토너먼트 경기가 중추피로 및 말초피로 관련인자에 미치는 영향. 경기대학교 일반대학원 미간행 박사학위 논문.
- 맹희정(2002) 근 피로 유발후 냉요법에 따른 코티졸, 테스토스테론의 변화. 한국체육학회지, 41(3), 317-323.
- 박순태(2014) 축구 하프타임 휴식 중 저온 침수 처치가 후반 경기 중 혈중 생리지표 및 염증-면역지표에 미치는 영향. 대구대학교 대학원 미간행 박사학위 논문.
- 소재석(2004) 회복처치방법에 따른 크레아틴 키나제와 테스토스테론의 변화. 한국체육과학회지, 13(1), 737-750.
- 손무영(2011) 중거리 사이클 경기 후 말초부위 냉각이 피로물질 변화와 경기수행 능력에 미치는 영향. 국민대학교 스포츠산업대학원 미간행 석사학위 논문.
- 손무영, 황봉영, 이대택, 차광석(2012) 중거리 사이클 경기 후 말초부위 냉각과 활동적 페달링 회복이 피로물질 변화와 경기수행능력에 미치는 영향. 체육과학연구, 23(3), 666-674.
- 신상복(2005) 지구성 운동 후 입욕이 혈중 피로 물질과 호르몬 및 맥파 전도 속

- 도에 미치는 영향. 용인대학교 체육과학대학원 미간행 석사학위 논문.
- 안재만, 김찬희(2003) 태권도 경주시 스트레스호르몬과 혈액성분 변화에 미치는 영향. 한국체육학회지, 42(4), 621-628.
- 양윤권, 이근춘, 최승욱(2008) 3주간 Selenium섭취가 항산화효소 활성과 심폐기능에 미치는 효과. 한국체육과학회지, 17(1), 789-798.
- 양윤권, 박은희(2016) 냉·온 처치가 태권도 선수의 혈중피로요인에 미치는 효과. 한국체육과학회지, 25(4), 1035-1061.
- 어경철(2000) 체중 80%부하의 스쿼트운동이 스트레스 호르몬에 미치는 영향. 동아대학교 교육대학원 미간행 석사학위 논문.
- 엄우섭(2004) 운동강도에 따른 장기간 유산소성 운동이 최대산소섭취량, 지질과 산화물, 항산화 효소 및 면역기능에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 미간행 박사학위 논문.
- 오병진(2013) 키네시오 테이핑이 운동능력과 피로회복에 미치는 효과. 용인대학교 대학원 미간행 박사학위 논문.
- 오봉석(1999) 육상 중장거리 선수들의 탈진적인 지구성운동시 체중당 최대산소섭취량에 따른 MDA, SOD, CAT의 변화. 한국체육학회지, 38(3), 512-521.
- 오상덕, 박재용(2008) 프로 축구선수들의 등속성 운동시 슬관절 각도에 따른 대퇴사두근 및 슬괵근의 근력과 표면 근전도에 미치는 영향. 한국체육과학회지, 17(3), 1091-1099.
- 오인석(2005) 체중감량 후 glucose 섭취가 복싱선수의 혈중 MDA, 항산화효소 및 대사기질에 미치는 영향. 경기대학교 대학원 미간행 박사학위 논문.

- 이경신(2016) 씨름선수의 단기간 체중감량이 체력과 항산화 능력에 미치는 영향. 전북대학교 교육대학원 미간행 석사학위 논문.
- 이경훈(2001) 저온 침수욕이 고막온 및 지구성 운동능력에 미치는 영향. 전주대학교 교육대학원 미간행 석사학위 논문.
- 이덕분, 이용수, 이용진(2002) 근피로 유발 후 냉요법이 젖산 농도에 미치는 영향. 한국체육과학회지, 11(2), 681-691.
- 이대택, 손무영, 황봉연, 차광석(2012) 중거리 사이클 경기 후 말초부위 냉각과 활동적 페달링 회복이 피로물질 변화와 경기수행능력에 미치는 영향. 체육과학연구, 23(3), 666-674.
- 이대택, 이기광, 황봉연(2013) 더위에서 지구성 운동 후 척추 부위의 부분 냉각이 체온, 심박수 변이 및 혈류량에 미치는 영향. 한국생활환경학회지, 20(1), 45-56.
- 이선장, 김학렬, 김용영(2001) 성장기 남녀 과체중 아동들의 규칙적인 유산소성 트레이닝이 신체조성과 체력에 미치는 영향. 한국발육발달학회지, 9(2), 31-45.
- 이수영, 한상철(2007) 스포츠마사지 유형별 적용에 따른 VO₂max와 CO₂ 및 lactate 변화. 한국스포츠리서치, 18(5), 341-348.
- 이승아(2001) 지구력운동과 근력운동이 항산화 체계와 지질과산화에 미치는 영향. 연세대학교 대학원 미간행 석사학위 논문.
- 이용진(2002) 근피로 유발 후 냉요법이 혈중 암모니아, 젖산농도, 젖산 탈 수소 효소 및 크레아틴 키나제 변화에 미치는 영향. 세종대학교 대학원 미간행 박사학위 논문.

- 이용진(2003) 근피로 유발 후 냉온요법이 혈중 암모니아의 변화에 미치는 영향. 한국체육학회지, 42(5), 697-705.
- 이재상(2005) 청소년의 운동 후 신체부분 냉각이 체온과 대사반응에 미치는 영향. 국민대학교 교육대학원 미간행 석사학위 논문.
- 이호성(2012) 신장성운동 후에 냉각요법이 근손상지표 및 조직대사에 미치는 영향. 한국체육과학회지, 21(3), 1137-1150.
- 장정택(2012) 내리막길 고강도 달리기 운동 전 하지 냉·온수 입수가 염증반응에 미치는 영향. 국민대학교 스포츠산업대학원 미간행 석사학위 논문.
- 전유나(2016). 운동 유발성 근 손상에 대한 냉·온 처치가 근육 미세혈류 및 근대사에 미치는 영향. 한국체육대학교 대학원 미간행 박사학위 논문.
- 전태원, 김광희, 옥정석, 여남희, 남성남(1992). 운동생리학. 서울. 태근문화사.
- 전태원, 신윤아(2007) 운동강도가 백혈구 텔로미어, 지질과산화 및 항산화 효소 활성도에 미치는 영향. 운동과학, 16(2), 75-84.
- 정석은(2012) 태권도선수들의 체중감량 시 천연 미네랄섭취가 최대 유산소성 운동능력, 말초적 피로회복 효과 및 혈청 일산화질소(Nitric oxide)에 미치는 영향. 목포대학교 대학원 미간행 박사학위 논문.
- 정우석(2013) BCAA 섭취가 지구성 운동 시 피로물질, 근 손상물질 및 에너지 대사물질에 미치는 영향. 전남대학교 대학원 미간행 박사학위 논문.
- 정은숙, 박형숙(1997) 에어로빅 운동이 비만여대생의 신체조성, 심폐기능, 혈청지질 및 항산화 물질에 미치는 영향. 대한간호학회지, 23(4), 125-139.
- 지용석, 김명화, 한종우, 안한주, 이철호, 김재훈(1999) 유도선수에 있어 탈진운동

이 항산화효소 활성도와 과산화지질 농도에 미치는 영향. 한국체육학회지, 38(3), 617-626.

지용석, 전은주, 이수정(2006) 탈진운동이 운동선수와 일반인의 SOD, MDA, 지질 성분 및 젖산농도에 미치는 영향. 코칭능력개발지, 8(2), 307-315.

차성욱(2005) 10km 달리기 후 마사지, 냉온욕, 아로마 요법이 피로대사물질에 미치는 영향. 창원대학교 대학원 미간행 석사학위 논문.

차성욱, 신상근, 임인수(2006) 10km달리기 후 정적 휴식, 마사지, 냉온욕, 아로마 요법이 피로대사물질에 미치는 영향. 한국운동영양학회지, 10(1), 37-42.

최기선(2008) 4주간의 웨이트트레이닝이 근력향상 및 혈중 근손상 지표 변화에 미치는 영향. 연세대학교 교육대학원 미간행 석사학위 논문.

하철수(2005) 항산화제 투여와 지구성 고강도 운동이 SOD 및 MDA활성화에 미치는 영향. 한국체육과학회지, 14(1), 517-526.

황귀동(2007) 유산소 운동 후 입욕조건에 따른 혈중 피로 물질과 스트레스 호르몬에 미치는 영향. 조선대학교 대학원 미간행 석사학위 논문.

황봉연(2011) 더위에서 지구성 운동 후 회복조건이 체온, 피부혈류와 피로물질에 미치는 영향. 국민대학교 대학원 미간행 박사학위 논문.

황봉연, 이대택, 이기광(2013) 더위에서 지구성 운동 후 척추 부위의 부분 냉각이 체온, 심박수 변이 및 혈류량에 미치는 영향. 한국생활환경학회지, 20(1), 45-56.

Alessio, H. M., & Goldfarb, A. H. (1988). Lipid Peroxidation and Scavenger Enzymes During Exercise, Adaptive Response to Training. *Journal of*

Applied Physiology, 64(4), 1333-1336.

Amorim, F. T., Yamada, P. M. Robers, R. A., & Schneider, S. M. (2010). Palm Cooling does not Reduce Heat Strain During Exercise in a Hot, Dry Environment. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 35(4), 480-489.

Asami, S., Hirano, T., Yamaguchi, R., Tsurudome, Y., Itoh, H., and kasai, H. (1998). Effects of Forced and Spontaneous Exercise on 8-Hydroxydeoxyguanosine Levels in Rat Organs. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 243(3), 678-682.

Astrand, P. O. & K. Rodah (1977). Textbook of Work Physiology. San Francisco: *McGraw-Hill Book Company*, pp. 389-445.

Bailey, D. M., Erith, S. J., Griffin, P. J., Dowson, A., Brewer, D. S., Gant, N. & Williams, C. (2007). Influence of Cold-Water Immersion on Indices of Muscle Damage Following Prolonged Intermittent Shuttle Running. pp. 1163-1170

Banister, E. W., & Cameron, B. J. C. (1990). Exercise-induced Hhyperammonemia: Peripheral and Cental Effects. *International Journal of Sports Medicine*, 11, S129-142.

Barwood, M. J., Davey, S., House, J. R., & Tipton, M. J. (2009). Post-exercise Cooling Techniques in Hot, Humid Conditions. *European Journal Applied Physiology*, 107(4), 385-396.

Bergh, U., & Ekblom, B. (1979). Influence of Muscle Temperature on Maximal Muscle Strength and Power Output in Human Skeletal Muscles. *Acta*

Physiologica, 107(1), 33-37.

Brade, C., Dawson, B., Wallman, K., & Polglaze, T. (2010). Postexercise Cooling Rates in 2 Cooling Jackets. *Journal of Athletic Training*, 45(2), 164-169.

Brooks, S., Burrin, J., Cheetham, M. E., Hall, G. M., Yeo, T., Williams, C. (1988). The Responses of the Catecholamines and β -Endorphin to Brief Maximal Exercise in Man. *European Journal Applied of Physiology*, 57(2), 230-234.

Brouns, F., Beckers, E. Wagenmakers, A. J. M., Saris, W. H. M. (1990). Ammonia Accumulation During Highly Intensive Long-lasting Cycling: Individual Observations. *International Journal of Sports Medicine*, 11: S78-S84.

Burke, L. M., Hopkins, W. G., Hawley, J. A. (1999). Design and Analysis of Research on Sport Performance Enhancement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 31(3), 472-485.

Clarkson, P. M. (1995). Antioxidants and Physical Performance. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35(1-2), 31-141.

Clarkson, P. M. & Hubal, M. J. (2002). Exercise-Induces Muscle Damage in Humans. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(11), 52-69.

Connolly, D. A. J., Brennan, K. M. & Lauzon, C. D. (2003). Effects of Active Versus Passive Recovery on Power Output During Repeated Bouts of

- Short Term, High Intensity Exercise. *Journal Sports Science Medicine*, 2(2), 47-51.
- Coote, J. H. (2010). Recovery of Heart Rate Following Intense Dynamic Exercise. *Experimental Physiology*, 95(3), 431-440.
- Crampton, D., Donne, B., Egaña, M., & Warmington, S. A. (2011). Sprint Cycling Performance is Maintained with Short-term Contrast Water Immersion. *Official Journal of the American College of Sports Medicine*, 43(11), 2180-2188.
- Crews, D. J., & Lander, D. M. (1987). A Meta-analysis Review of Aerobic Fitness and Reactivity to Psychosocial Stressor. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 19(5), 114-120.
- Crowe, M. J., O'Connor, D., & Rudd, D. (2007). Cold Water Recovery Reduces Anaerobic Performance. *International Journal Sports Medicine*, 28(12), 994-998.
- Darryl, J. (2004). Alternating Hot and Cold Water Immersion for Athlete Recovery: a Review, *Physical Therapy in Sport*, 5(1), 26-32.
- Davies, C. T. M., & Few, J. D. (1973). Effects of Exercise on Adrenocortical Function. *Journal of Applied Physiology*, 35(6), 887-891.
- Davies, K. J., Quintanilha, A. T., Brooks, G. A., & Packer, L. (1982). Free Radicals and Tissue Damage Produced by Exercise. *Biochemical and Biophysical Research Communication*, 107(4), 1198-1205.
- Davis, J. M., & Bailey, S. P. (1997). Possible Mechanisms of Central Nervous

- System Fatigue During Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(1), 45-57.
- Dawson, M. J., Gadian D. G. Wilkie, D. R. (1978). Muscular Fatigue Investigated by Phosphorus Nuclear Magnetic Resonance. *Nature International Journal of Science*, 274, 861-886.
- De pauw, K., De Geus, B., Roelands, B., Lauwens, F., Verschueren, J., Heyman, E., & Meeusen, R. R. (2011). Effect of Five Different Recovery Methods on Repeated Cycle Performance. *Medicine & Science in Sports Exercise*, 43(5), 890-897.
- Drinkwater, E. (2008). Effects of Peripheral Cooling on Characteristics of Local Muscle. *Medicine Sports Science*, 53, 74-88.
- Duthie, C. G., Robertson, J. D., Maughan, R. J., & Morrice, P. C. (1990). Blood Antioxidant Status and Erythrocyte Lipid Peroxidation Following Distance Running. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 282(1), 78-83.
- Edwards, R. H., Hill, D. H. & McDonnell, M. (1972). Myothermal and Intramuscular Pressure Measurements During Isometric Contractions of the Human Quadriceps Muscle. *Journal Physiology* , 224, 58-29.
- Eston, R., & Peters, D. (1999). Effects of Cold Water Immersion on the Symptoms of Exercise-Induced Muscle Damage. *Journal Sports Science*, 17(3), 231-238.
- Evans, W. J. & Maughan, R. J. (1991). The Metabolism Effects of Exercise-Induced Muscle Damage. *Exercise and Sports Sciences Reviews*.

19, 99-125.

- Fait, G. Y., Vered, L., Yogev, R., gamzu, J. B., Lessing, G., Paz & Yavetz, H. (2001). High Levels of Catecholamines in Human Semen: a Preliminary Study. *First International Journal of Andrology, Andrologia*, 33(6), 347-350.
- Faulkner, J. A. & Brooks, S. V. & Opitck, J. A. (1993). Injury to Skeletal Muscle Fibers During Contractions: Conditions of Occurrence and Prevention. *Physical Therapy*, 73(12), 911-921.
- Friden, J., Seger, J., & Ekblom, B. (1988). Sublethal Muscle Fibre Injuries After High-Tension Anaerobic Exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 57(3), 360-368.
- Fry, A. C., & Lohnes, C. A. (2010). Acute Testosterone and Cortisol Responses to High Power Resistance Exercise. *Human Physiology*, 36(4), 457-461.
- Fu, F. H., Cen, H. W., Eston, R. G. (1997). The Effects of Cryotherapy on Muscle Damage in Rats Subjected to Endurance Training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 7(6), 358-362.
- Galbo, H., Houston, M. E., Christensen, N, J., Holst, J. J., Nielsen, B., Nygaaed, E., Suzuki, J. (1979). The Effect of Water Temperature on the Hormonal Response to Prolonged Swimming. *British Journal of Social Psychology*, 105(3), 326-337.
- Galbo, H. (1983). Hormonal and Metabolic Adaption to Exercise. *New York, Thieme Medical Publishers*, 28-51.
- Godt, R. E., Nosek, T. (1989). Changes of Intracellular Milieu with Fatigue or

- Hypoxia Depress Contraction of Skinned Rabbit Skeletal Cardiac Muscle. *The Journal of Physiology*, 412(1), 155-180.
- Häkkinen, K., & Pakarinen, A. (1995). Acute Hormonal Responses to Heavy Resistance Exercise in Men and Women at Different Ages. *International Journal of Sports Medicine*, 16(8), 507-513.
- Halliwell, B. (1994). Free Radicals, Antioxidants, and Human Disease: Curiosity, Cause, or Consequence? *The Lancet*, 344(8924), 721-724.
- Hasegawa, H., Tadashi, K., Komura, T., Yamasaki, M. (2005). Wearing a Cooling Jacket During Exercise Reduces Thermal Strain and Improves Endurance Exercise Performance in a Warm Environment. *Journal of Strength and Conditioning research*, 19(1), 122-128.
- Heyman, E., De Geus, B., Mertens, I., & Meeusen, R. (2009). Effects of Four Recovery Methods on Repeated Maximal Rock Climbing Performance. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 41(6), 1303-1301.
- Hill, E. E., Zack, E., Battaglini, C., Viru, M., Viru, A., & Hackney, A. C. (2008). Exercise and Circulating Cortisol Levels: The Intensity Threshold Effect. *Journal of Endocrinological Investigation*, 31(7), 587-591.
- Holloszy, J. O. & Booth, F. W. (1976). Biochemical Adaptations to Endurance Exercise in Muscle. *Annual Review of Physiology*, 38, 273-291.
- Imamura, R., Rissanen, S., Kinnunen, M., & Rintamäki, H. (1998). Manual Performance in Cold Condition While Wearing NBC Clothing. *Journal Ergonomics*, 41(10), 1421-1432.

- Inal, M. E., G ng r K. Emine, S. (2001). Antioxidant Enzyme Activities and Malondialdehyde Levels Related to Aging. *Clinica Chimica Acta*. 302(1-2), 75-80.
- Ihsan, M., Watson, G., Lipski, M., & Abbiss, C. R. (2013). Influence of Postexercise Cooling on Muscle Oxygenation and Blood Volume Changes. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 45(5), 876-882.
- Jacobs, I. (1986). Blood Lactate: Implications for Training and Sports Performance. *Sports Medicine*, 3(1), 10-25.
- Jenkins, R. R. (1988). Free Radical Chemistry: Relationship to Exercise. *Sports Medicine*, 5(3), 156-170.
- Jenkins, R. R., & Goldfarb, A. (1993). Introduction: Oxidant Stress, Again and Exercise. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 25(2), 210-212.
- Jennifer, L. O., Jill, M. S. Gary, A. D. & Kevin, K. Mc. (2003). Blood Flow and Muscle Fatigue in SCI Individuals During Electrical Stimulation. *Journal of Applied Physiology*, 94(2), 701-708.
- Ji, L. L. (1993). Antioxidant Enzyme Response to Exercise and Aging. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(2), 225-231.
- Ji, L. L. (1999). Antioxidants and Oxidative Stress in Exercise. *Society for Experimental Biology and Medicine*, 222(3), 283-292.
- John, I. J., David, R. C. (1995). Insulin-Like Growth Factors and Their Binding Proteins: Biological Actions. *Endocrine reviews*, 16(1), 3-34.

- Jong, P. E., Gansevoort, R. T., Sluiter, W. J., Hemmelder, H. M. De Zeeuw, D. (1995). Antiproteinuric Effect of Blood-Pressure-Lowering Agents: a Meta-Analysis of Comparative Trials. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 10(11), 1963-1974.
- Kanter, M. M., Nolte, L. A., & Holloszy, J. O. (1993). Effects of an Antioxidant Vitamin Mixture on Lipid Peroxidation at Rest and Postexercise. *Journal of Applied Physiology*, 74(2), 965-969.
- Kenneth, L. Knight. (1995). Cryotherapy in Sport Injury Management. *Human Kinetics Journals*, 1(2), 60-62.
- Kjaer, M. (1992). Regulation of Hormonal and Metabolic Responses During Exercise in Human. *Exercise and Sport Science Reviews*, 20(1), 161-184.
- Kregel, K. C. K., Seals, D. R. D. & Callister, R. R. (1992). Sympathetic Nervous System Activity During Skin Cooling in Human: Relationship to Stimulus Intensity and Pain Sensation. *The Journal of Physiology*, 454(1), 359-371.
- Krishnan, R. K., Evans, W. J., & Kirwan, J. P. (2003). Impaired Substrate Oxidation in Healthy Elderly Men After Eccentric Exercise. *Journal of Applied Physiology*, 94(2), 716-723.
- Lambert, C. P., & Flynn, M. G. (2002). Fatigue During High-Intensity Intermittent Exercise. *Sports Medicine*, 32(8), 511-522.
- Laughlin, M. H., Simpson, T., Sexton, W. L., Brown, O. R., Smith, J. K., Korthuis, R. J. (1990). Skeletal Muscle Oxidative Capacity, Antioxidant

- Enzymes, and Exercise Training, *Journal of Applied Physiology*, 68(6), 2337-2343.
- Lee, D. T., & Haymes, E. M. (1995). Exercise Duration and Thermoregulatory Responses After Whole Body Precooling. *Journal of Applied Physiology*, 79(6), 1971-1976.
- Leeder, J., Gissane, C., Someren, K., Gregson, W., Howatson, G. (2012). Cold Water Immersion and Recovery from Strenuous Exercise: a Meta-Analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 46(4), 233-238.
- Leicht, A. S., Sinclair, W. H., Patterson, M. J., Rudzki, S., Tulppo, M. P., Fogarty, A. L., & Winter, S. (2009). Influence of Postexercise Cooling Techniques on Heart Rate Variability in Man. *Experimental Physiology*, 94(6), 695-703.
- Lloyd, D. (1999). How to Avoid Oxygen, *Science*, 286(5438), 249.
- Marino, F. E. (2002). Methods, Advantages, and Limitations of Body Cooling for Exercise Performance. *British Journal of Sports Medicine*, 36(2), 89-94.
- Matsuura, R., Ogata, H., Yunoki, T., Arimitsy, T., & Yano, T. (2006). Effects of Blood Lactate Concentration and the Level of Oxygen Uptake Immediately Before a Cycling Sprint. *Journal of Physiological Anthropology*, 25(4), 267-273.
- Maxwell, S. R., P. Jakeman, H. Thomason, C. Leguen, & G. H. Thorpe. (1993). Changes in Plasma Antioxidant Status During Eccentric Exercise and the Effect of Vitamin Supplementation. *Free Radical Research Communications*,

19(3), 191-202.

Meeusen, R., Lievens, I. (1986). The Use of Cryotherapy in Sports Injuries, *Sports Medicine*, 3(6), 398-414.

Meeusen, R., & De Meirleir, K. (1995). Exercise and Brain Neurotransmission. *Sports Medicine*, 20(3), 160-188.

Merton, P. A. (1954). Voluntary Strength and Fatigue. *The Journal of Physiology*, 123(3), 553-564.

Miles, M. P. & Clarkson, P. M. (1994). Exercise-Induced Muscle Pain, Soreness, and Cramps. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 34(3), 203-216.

Miller, P. C., Bailey, S. P., Baenes, M. E., Derr, S. J. & Hall, E. E. (2004). The Effects of Protease Supplementation on Skeletal Muscle Function and DOMS Following Downhill Running. *Journal of Sports Sciences*, 22(4), 365-372.

Mutch, B. J. C., Banister, E. W. (1983). Ammonia Metabolism in Exercise and Fatigue: a Review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(1), 41-50.

Niess, A. M., Sommer M, M., Schneider C., Angres K., Tschositschl, C., Golly N., Battenfeld H., Northoft H, K., Biesalski H., H. Dickhuth., E. Fehrenbach. (2000). Physical Exercise-Induced Expression of Inducible Nitric Oxide Synthase and Heme Oxygenase-1 in Human Leukocytes: Effects of α -Tocopherol Supplementation. *Antioxidants and Redox Signaling*, 2(1).

- Noakes, T. D. (1987). Effect of Exercise on Serum Enzyme Activities Humans. *Sports Medicine*, 4(4), 245-267.
- Ohno, H., Yamashita, H., Ookawara, T., & Satioh, D. (1992). Training Effects on Concentration of Immunoreactive Superoxide Dismutase Iso-Enzymes in Human Plasma. *Acta Physiologica*, 146(2), 291-292.
- Ohmon, E. M. (1982). Abnormal Cardiac Enzyme Responses After Strenuous Exercise: Alternative Diagnostic Aids. *US National Library of Medicine National Institutes of Health*, 258(6354), 1523-1526.
- Oksa, J., Ducharme, M. B., & Rintamäki, H. (2002). Combined Effect of Repetitive Work and Cold on Muscle Function and Fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 92(1), 354-361.
- Olschewski, H. & Bruck. K. (1988). Thermoregulatory, Cardiovascular, and Muscle Factors Related to Exercise After Precooling. *Journal of Applied Physiology*, 64(2), 803-811.
- Orthenblad, N., Hellsten, Y., Frandsen, U., Sjodin, B., Richter, E. A. (1997). Xanthine Oxidase in Human Skeletal Muscle Following Eccentric Exercise: a Role in Inflammation. *The Journal of Physiology*, 498(1), 239-248.
- Peiffer, J. J., Abbiss, C. R., Watson, G., Nosaka, K., & Laursen, P. B. (2010). Effects of Cold Water Immersion on Repeated 1-km Cycling Performance in the heat. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(1), 112-116.

- Prentice, W. E. (1982). An Electromyograph Analysis of the Effectiveness of Heat or Cool and Stretching for Inducing Relaxation in Injured Muscle. *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*, 3(3), 133-140.
- Quintanilha, A. T. (1984). Effects of Physical Exercise and or Vitamin E on Tissue Oxidative Metabolism, *University of California, Berkeley, U.S.A*, 403-404.
- Racinais, S., & Oksa, J. (2010). Temperature and Neuromuscular Function. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(3), 1-18.
- Reznick, A. Z. Witt. Mstsumoto, m. Packer. (1992). Vitamin E Inhibits Protein Oxidation in Skeletal Muscle of Resting and Exercised Rats. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 189(2), 801-806.
- Roelands, B., & Meeusen, R. (2010). Alterations in Central Fatigue by Pharmacological Manipulations of Neurotransmitters in Normal and High Ambient Temperature. *Sports Medicine*, 40(3), 229-246.
- Roti, S. E., Iori, U., Guiducci. R., Emanuelem, G., Robuschi, P., Bandinin, A., Gunde & Roti, E. (1981). Serum Concentrations of Myoglobin, Creatine Phosphokinase and Lactic Dehydrogenase After Exercise in Trained and Untrained Athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 21(2), 113-118.
- Rowell, G. J., Couutts, A. J., Reaburn, P., & Hill-Haas, S.(2009). Effects of Cold-Water Immersion on Physical Performance Between Successive Matches in High Performance Junior Male Soccer Players. *Journal of Sports Sciences*, 27(6), 565-573.

- Salminen, A., & Cohen, G. (1983). Lipid Peroxidation in Exercise Myopathy. *Experimental and Molecular Pathology*, 38(3), 380-388.
- Salminen, A., Kainulainen, H., Arstila, A. U., & Vihko, V. (1984). Vitamin E Deficiency and the Susceptibility to Lipid Peroxidation of Mouse Cardiac and Skeletal Muscle. *Acta Physiologica*, 122(4), 565-570.
- Schmidt, V. & Bruck. K. (1981). Effect of a Precooling Maneuver on Body Temperature and Exercise Performance. *Journal of Applied Physiology*, 50(4), 772-778.
- Schniepp, J., Campbell, T. S., Powell, K. L., & Pincivero, D. M. (2002). The Effects of Cold-Water Immersion on Power Output and Heart Rate in Elite Cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(4), 561-566.
- Sen, C. K., E. Marin, M. Kretzschmar, & O. Hanninen. (1992). Skeletal Muscle and Liver Glutathione Homeostasis in Response to Training, Exercise, and Immobilization. *Journal of Applied Physiology*, 73(4), 1265-1272.
- Sen, C. K. (1995). Oxidants and Antioxidants in Exercise. *Journal of Applied Physiology*, 79(3), 675-686.
- Sorichter, S., Puschendorf, B. & Mair, J. (1999). Skeletal Muscle Injury Induced by Eccentric Muscle Action: Muscle Proteins as Markers of Muscle Fiber Injury. *Exercise Immunology Review*, 5, 5-21.
- Stansbie, D., Aston, J. P., Dallimore, N. S., Williams, H. M. S. & Willis, N. (1983). Effect of Exercise on Plasma Pyruvate Kinase and Creatine Kinase Activity. *Clinica Chemica Acta*, 132(2), 127-132.

- Stocks, J. M., Taylor, Nigel, A. S., Tipton, M. J., Greenleaf, J. E. (2004). Human Physiological Responses to Cold Exposure. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 75(5), 444-457.
- Sutton, J. R. (1981). Drugs used in metabolic disorders. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 13(4), 266-271.
- Swenson, C., Swärd, L., Karlsson, J. (1996). Cryotherapy in Sports Medicine. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in sports*, 6(4), 193-200.
- Tremblay, M. S., Copeland, J. L., & Van Helder, W. (2004). Effect of Training Status and Exercise Mode on Endogenous Steroid Hormones in Men. *Journal of Applied Physiology*, 96(2), 531-539.
- Tyler, C. G., Wild, P., & Sunderland, C. (2010). Practical Neck Cooling and Time-Trial Running Performance in a Hot Environment. *European Journal of Applied Physiology*, 110(5), 1063-1074.
- Vaile, J., Halson, S., Gill, N., & Dawson, B. (2008). Effect of Cold Water Immersion on Repeat Cycling Performance and Thermoregulation in the Heat. *Journal of Sports Sciences*, 26(5), 431-440.
- Viinikka, L., Vuori, J., & Ylikorkala, O. (1984). Lipid Peroxides, Prostacyclin and thromboxane A₂ in runners during acute exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16(3), 275-277.
- Wendt, D., Van Loon, L. J., & Lichtenbelt, W. D. (2007). Thermoregulation During Exercise in the Heat: Strategies for Maintaining Health and Performance. *Sports Medicine*, 37(8), 669-682.

- White, G. E., & Wells, G. D. (2013). Cold-Water Immersion and Other Forms of Cryotherapy: Physiological Changes Potentially Affecting Recovery from High-Intensity Exercise. *Extreme Physiology and Medicine*, 2, 26.
- Wilmore, J. H., Costill, D. L. (1999). Physiology of Sport and Exercise. *Journal of Athletic Training*, 34(3),298-299.
- Yu, B. P. (1995). Aging and Oxidative Stress: Modulations by Dietary Restriction. *Free Radical Biology and Medicine*, 21(5), 651-668.

Abstract

The effect of cold water immersion on central nervous system fatigue, stress hormone, muscle damage, and antioxidant enzyme of Taekwondo athletes after games

Park Eun Hee
Department of Physical Education
(Exercise Physiology)
Graduated School of
SungShin Women's Univ

This study aims to investigate the effects of cold water immersion(CWI) after games on the level of central nervous system fatigue, stress hormone, muscle damage, and antioxidant enzyme in Taekwondo athletes.

In this study, eight male Taekwondo athletes wearing electronic protective gears received CWI(below 10°C) after Taekwondo game on the lower body below the knee joints, and the results are as follow.

1. CWI therapy after Taekwondo game led to significant difference between measurement periods in central nervous system fatigue (dopamine and serotonin), but the difference between the groups was insignificant. For peripheral nervous system fatigue (lactate and ammonia), the differences are significant, between measurement periods as well as between the groups.

2. CWI therapy after Taekwondo game led to significant difference between measurement periods for all factors of stress hormone, but there was no

difference between the groups.

3. CWI therapy after Taekwondo games led to significant difference between measurement periods in all muscle damage makers. The level of creatine kinase showed a decreasing trend, but the difference between the groups was not significant. On the other hand, the level of LDH, showing the decreasing trend, were not significantly different between the groups, but the group × time interaction of the LDH level was significantly different.

4. CWI therapy after Taekwondo games led to a decreasing trend of lipid peroxides in both study groups without significant difference and the levels of SOD, an antioxidant enzyme, were significantly different between measurement periods within each study group, meaning that the CWI as a positive effects on the increase of antioxidant enzyme.

5. When motor abilities were compared, CWI therapy after Taekwondo games did not significantly increase the agility and explosive power, but increased flexibility and muscle endurance were observed.

In conclusion, although CWI therapy after Taekwondo game has no significant effect on the reduction of central nervous system fatigue or stress hormones, it is expected to have an improving effect on peripheral fatigue, muscle damage, and lipid peroxides as well as on the activation of antioxidant enzyme, thereby contributing to the improvement of motor abilities of Taekwondo athletes. Therefore, contribution of CWI to the improvement of performance and recovery in Taekwondo athletes may further be assessed in follow-up studies with extended areas of treatment and diverse treatment duration.