



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
석사학위 청구논문

남자 태권도 선수의 경기 후
회복방법이 혈중피로 및 근 손상에
미치는 효과

2021

성신여자대학교 대학원
체육학과
신 희 광

남자 태권도 선수의 경기 후
회복방법이 혈중피로 및 근 손상에
미치는 효과

양 윤 권 교수지도

이 논문을 석사학위논문으로 제출함

2020년 11월

성신여자대학교 대학원

체육학과

신 희 광

인 준 서

신희광의 석사학위 논문으로 인준함.

2020년 11월

심사위원 최 승 욱 인

심사위원 백 승 희 인

심사위원 양 윤 권 인

성신여자대학교 대학원

논문개요

본 연구는 태권도 경기 후 각기 다른 회복방법(통제군, BCAA 섭취군, BCAA 섭취+냉처치군)이 태권도 선수들의 혈중 피로요인 및 근 손상물질에 미치는 효과를 비교하고자 대한체육회에 소속된 태권도 선수 18명을 대상으로 실험을 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 남자 고등학교 태권도 선수의 경기 후 회복방법에 따른 혈중 피로요인에서는 젖산과 암모니아 농도에서 그룹간 유의한 차이를 나타냈으나, 코티졸 농도에서는 그룹간 차이가 나타나지 않았다.

1) 젖산 농도 비교에서는 측정시기 간, 그룹×시기간 상호작용에서 유의한 차이가 나타났다. 또한 그룹간 차이에서는 경기직후부터 휴식15분과 휴식30분후 통제군<BCAA섭취군<BCAA섭취+냉처치군 순으로 젖산 농도 감소 효과를 나타냈다.

2) 암모니아 농도 비교에서는 측정시기 간, 그룹×시기간 상호작용에서 유의한 차이가 나타났다. 또한 그룹간 차이에서는 경기직후부터 휴식 15분과 휴식 30분후 통제군<BCAA섭취군<BCAA섭취+냉처치군 순으로 암모니아 농도 감소 효과를 나타냈다.

3) 코티졸 농도 측정시기 간, 그룹×시기간 상호작용에서 유의한 차이가 나타났으나, 그룹간 차이는 나타나지 않았다.

2. 남자 고등학교 태권도 선수의 경기 후 회복방법에 따른 근 손상물질에서는 CK, LDH 농도에서 측정시기 간 유의한 차이가 나타났으나, 그룹간 차이에서는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.

1) CK 농도 비교에서는 측정시기 간 유의한 차이가 나타났다. 또한 그룹간

차이에서는 경기직후부터 휴식 15분과 휴식30분후 통제군<BCAA섭취군 <BCAA섭취+냉처치군 순으로 CK 농도 감소 효과를 나타냈다.

2) LDH 농도 측정시기 간, 그룹×시기간 상호작용에서 유의한 차이가 나타났으나, 그룹간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

결론적으로, BCAA섭취 또는 냉처치의 단일처치 보다는 복합처치(BCAA섭취, BCAA섭취 + 냉처치)가 선수의 피로물질(젖산, 암모니아)을 감소시키고, 근 손상물질(CK) 감소에 기여한다고 볼 수 있다. 또한 경기 현장에서 적용하기에 섭취 및 처치가 단순하고 명확하여 실용적일 것으로 사료된다. 따라서 향후 후속 연구에서 처치방법의 범위를 다양한 측면에서 설계하고 측정 대상을 확대하여 적용한다면 경기에 따른 피로회복 향상과 더불어 경기수행능력 발전에 도움이 될 것으로 생각된다.

목 차

논문 개요

I. 서론

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

II. 이론적 배경

1. 운동과 회복	7
1) 보조물(BCAA) 섭취	7
2) 냉처치	9
2. 혈중피로	10
1) 젖산	11
2) 암모니아	12
3) 코티졸	14
3. 근 손상물질	16
1) CK	16
2) LDH	19

III. 연구 방법

1. 연구 대상	21
2. 실험설계	22
3. 실험방법	22

1) BCAA 섭취방법	22
2) 복합처치(BCAA섭취 + 냉처치)	23
3) 운동방법	23
4. 측정도구 및 방법	24
1) 신체구성 측정	24
2) 혈액채취 및 변인 측정	24
3) 심박수 측정	25
5. 자료처리	25

IV. 연구 결과

1. 혈중피로요인 비교	26
1) 젓산 농도 변화	26
2) 암모니아 농도 변화	28
3) 코티졸 농도 변화	29
2. 근 손상물질 비교	31
1) CK 농도 변화	31
2) LDH 농도 변화	33
3. 심박수 변화 비교	35

V. 논의

1. 회복방법에 따른 혈중피로요인 비교	38
2. 회복방법에 따른 근 손상물질 비교	40

VI. 결론	44
--------------	----

참고문헌

ABSTRACT

표 목 차

표 1. 신체적 특성	21
표 2. 측정도구 및 항목	23
표 3. 젖산 농도 변화	27
표 4. 암모니아 농도 변화	28
표 5. 코티졸 농도 변화	30
표 6. CK 농도 변화	32
표 7. LDH 농도 변화	34
표 8. 심박수 변화	36

그림 목 차

그림 1. 실험설계	22
그림 2. 젖산 농도 변화 비교	23
그림 3. 암모니아 농도 변화 비교	28
그림 4. 암모니아 농도 변화 비교	28
그림 5. CK 농도 변화 비교	33
그림 6. LDH 농도 변화 비교	35
그림 7. 심박수 변화 비교	37

I. 서론

1. 연구의 필요성

한국을 대표하는 국기 태권도는 우리 민족의 역사와 전통을 지닌 한국 고유의 무술이며, 현재 200여개 국가에서 7,000만 명이 넘는 인구가 수련하고 있다. 스포츠로서 태권도 경기는 2000년 시드니 올림픽에 정식종목으로 채택되었다. 태권도 겨루기 경기는 짧은 시간동안 격렬한 동작으로 인해 많은 에너지를 필요로 하며(이선장, 1998), 우수한 피로회복 능력은 경기력과 성적에 직결되기 때문에 경기를 통해 축적된 젖산, 암모니아 등의 피로대사물질을 신속히 제거하는 동시에 근 손상의 지표인 CK와 LDH의 변화를 최소화할 수 있는 효과적인 방법을 모색하는 것은 매우 중요하다(차성욱 등, 2006).

이러한 측면에서 운동수행으로 생긴 피로 유발 물질인 젖산을 제거하고 완충능력을 증가시킴으로써 피로유발 시점을 지연시키고 운동수행능력을 향상시키는 물질에 대한 많은 연구들이 이루어지고 있다.

운동선수들의 운동수행능력에 있어 기대되는 물질, 기술, 장비 등을 모두 포함하여 운동능력향상 보조물(ergogenic aids)이라고 하며, 이는 직·간접적으로 에너지 동원 및 활용에 긍정적인 효과를 가져와 운동수행능력 및 상해 예방의 효과적인 요인으로 작용하고 있다(장효걸, 2020).

보조물 중 영양처치 방법으로 사용되는 아미노산은 생체 내 단백질의 구조적 기본 토대로 작용하며, 효소, 호르몬, 신경전달물질 등의 합성을 위해 필수적인 영양물질이다. 특히, BCAA는 20종의 아미노산 중 필수 아미노산의 일부를 형성하는 것으로 운동 후 회복 향상과 체내 단백질 증가를 최대화하기 위해 폭넓게 이용되고 있다. 대부분의 다른 필수 아미노산들은 주로 간에서 산화되어지는 것과는 달리 BCAA는 골격에서 산화되어 운동 시 수축하는 골격근에서 사용된다

고 알려져있다(허성훈, 2016).

선수들의 피로 감소 및 회복을 위한 또 다른 처치로 냉처치를 들 수 있다. 냉처치는 근 손상을 완화시키는 대표적인 방법 중 하나이며, 혈관 수축을 유도하여 국소적인 혈관의 투과성과 부종을 감소시키고 통증역치를 증가시킴으로써 근육의 손상을 위한 치료수단이다. 냉처치의 원리는 피부의 온도를 감소시켜 피하정맥의 혈관수축을 유도하고, 신체의 열손실을 감소시켜 암모니아 농도 및 혈중 피로를 감소하는데 도움을 준다(박은희, 2018).

한편 태권도와 같은 고강도 운동의 피로 유발은 중추 요인과 말초 요인과 같은 체내 기전으로 인해 복합적으로 작용한다. 피로는 발생부위에 따라 크게 중추피로와 말초피로로 구분할 수 있으며, 말초피로는 말초부위 손끝 발끝 등 과 근육 내에서 일어날 수 있는 피로 중추피로는 중추신경계 시스템의 변화에 의해 발생하는 피로이다. 말초 피로를 평가할 수 있는 지표로는 젖산, 암모니아, 코티졸 등이 있으며, 신속한 혈중 피로물질 제거는 운동 수행력 감소를 지연시켜, 지속적으로 운동을 할 수 있도록 도움을 주기 때문에 중요하다(이승훈, 2004).

젖산은 회복시간이 지남에 따라 인체의 항상성에 의해 자연스럽게 산화되어 배뇨 및 땀 배출로 다시 정상 수준으로 돌아오지만 반복적, 장기적으로 축적되는 젖산은 만성화로 이어져 신체 산성화의 원인이 되며, 근육에 염증유발, 신장결석, 각종 암과 같은 질병의 원인이 될 수도 있다(한은상, 구민, 2019).

암모니아는 운동에 따른 피로의 시점에서 암모니아의 축적이 높아진다는 것과 이와 함께 운동 수행에 지장을 초래하는 요인과 관련이 있는 물질이라고 알려져 있다. 운동으로 인한 과잉 암모니아 상승은 일시적인 변화인 반면에, 강한 운동으로 발생하는 과잉 암모니아는 생리학적 측면에서 신경계통과 관련이 깊고 이로 인한 피로는 운동수행력의 감소를 유발하기 때문에 중요하다(장효걸, 2020, 김상우, 2001).

피로회복을 돕기 위한 방법으로는 운동 보조물 섭취, massage, stretching, 냉

각처치(cold) 및 온처치(hot) 등이 있다. 그 중 냉각처치는 다양한 조건(환경, 온도, 운동강도)과 방법(전신침수, 반신침수, 부분별 침수)으로 연구되고 있다(양윤권, 박은희, 2016).

냉처치와 관련한 선행연구를 살펴보면, 박은희(2018)는 남자 대학 태권도 선수를 대상으로 냉처치 후 피로물질인 젖산과 암모니아를 감소시키고, 근 손상물질(CK, LDH) 감소에 효과적이며 운동능력 향상에 기여한다고 보고하였다. 또한 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 보고하였다. 또 다른 회복방법으로는 운동보조물 섭취가 있다. 그 중 BCAA섭취와 관련한 선행연구를 살펴보면, 장사오지에(2020)의 BCAA 섭취가 중장거리 육상선수들의 근손상과 피로물질 및 스트레스 호르몬에 미치는 영향을 규명한 연구에서 BCAA를 섭취한 집단이 통제군에 비해 근 손상물질인 CK, LDH를 감소시키고, 피로물질인 암모니아와 젖산 농도감소에 영향을 미친다고 보고하였다. 또한, 최병광(2017)의 BCAA 투여가 국가대표 경보선수의 경기력과 젖산회복에 미치는 영향을 규명한 연구에서 BCAA 투여는 피로회복을 촉진시키지 않았지만, 경보선수들의 운동지속시간을 증가시켰다고 보고하였다. 아울러 이상재(2019)는 BCAA 섭취가 보디빌더의 운동수행능력, 골격근변화, CPK 및 LDH에 미치는 영향을 규명한 연구에서 BCAA 섭취가 보디빌더에게 피로변인 및 골격근변화에 긍정적 영향을 보였다고 보고하였다. 이처럼 운동선수에게 회복은 경기력과도 밀접한 관계가 있으며, 선수의 회복과 관련한 연구는 다양한 방법으로 연구가 진행되고 있다. 그러나 대부분의 선행연구는 단일처치(냉처치, 운동보조물섭취, 마사지 등)와 같은 방법으로 한정되어 있다. 따라서 본 연구에서는 남자 태권도 선수를 대상으로 경기 후 각기 다른 회복방법(BCAA섭취, BCAA섭취, 냉처치)에 따른 혈중피로 및 근 손상에 미치는 효과를 과학적으로 규명하여 보다 실용적인 회복방법을 규명하고자 실시하

였다.

2. 연구목적

본 연구는 P지역 고등학교에 재학중인 남자 태권도 선수를 대상으로 태권도 경기 후 각기 다른 회복방법(BCAA섭취, BCAA섭취+냉처리)이 혈중피로변인(젓산, 암모니아, 코티졸)과 근 손상물질(CK, LDH)에 미치는 효과를 규명하는데 목적을 두었다.

3. 연구가설

연구의 가설은 다음과 같이 설정하였다.

- 1) 태권도 경기 후 회복방법에 따라 혈중 피로요인(젓산, 암모니아, 코티졸) 감소에 효과가 있을 것이다.
- 2) 태권도 경기 후 회복방법에 따라 근 손상물질(CK, LDH) 감소에 효과가 있을 것이다.

4. 연구의 제한점

본 연구의 제한점은 다음과 같다.

- 1) 연구대상은 고등학교 남자 태권도 선수 18명으로 제한하였다.
- 2) 연구대상의 운동능력 차이를 고려하지 못하였다.
- 3) 연구대상자들의 식이섭취량과 수면시간, 심리적 측면은 통제하지 못하였다.

5. 용어 정의

1) BCAA(branched-chain amino acids) : BCAA는 필수 아미노산으로서 amino acids 중 유일하게 골격근에서 대사 되며, leucine, isoleucine, valine을 지칭하는 말이다. 본 실험에서 사용될 BCAA는 leucine 50%, isoleucine 25%, valine 25%로 구성되어 있다(장효걸, 2020).

2) 젖산(lactate) : 무산소성 해당과정의 최종 산물 강한 강도의 운동으로 근육에 산소가 충분하게 공급되지 않으면 불완전 연소하게 되어 pyruvate가 젖산으로 전환된다(장효걸, 2020).

3) 암모니아(ammonia) : 자극적인 냄새를 지니며, 물에 녹아 암모니아수(水)를 형성하는 무색의 알칼리성기체. 많은 양이 축적되면 독성을 일으킨다(장효걸, 2020).

4) 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(박은희, 2018).

5) CK(creatine kinase) : ATP-CP계를 조절하는 주효소. 건강한 근육에서 안정시 원형질 내에 존재하며, 운동을 통하여 근 조직이 손상되면 세포막 투과성(epicyte permeability)이 증가하여 혈중 높아진다(장효걸, 2020).

6) LDH(lactate dehydrogenase) : 당질의 이화 및 동화작용의 평형을 이루는 주효소. 고강도 운동자극에 의한 직접적인 세포막의 파괴 및 조직괴사, 스트레스에 의한 지질과산화 등에 의하여 세포막의 투과성이 증가되면 세포질 내의 LDH가 혈중으로 방출된다(장효걸, 2020).

II. 이론적 배경

1. 운동과 회복

운동 선수들은 축적된 피로를 최소화하고 운동 수행 능력을 극대화하기 위해 다양한 노력을 하게 되는데 태권도의 경우 크게 보조물 섭취, 근육통 처치 등을 통해 회복을 도모한다.

보조물 섭취의 경우 골격근 밀도의 향상과 운동수행력 향상을 위해 단백질 공급원인 아미노산 특히 BCAA(Branched Chain Amino Acid; BCAA)를 많이 활용한다(조수연 등, 2004). BCAA는 세포 증식을 촉진시키는 신진대사의 향상, 운동 중 회복기능 향상 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Coombes & McNaughton, 2000; Gleeson, 2005; Shimonura et al, 2010; Gualano et al, 2011).

자연성 근육통의 경감을 위한 방법으로 약물 복용, 열 요법, 초음파 요법, 냉각 요법, 냉 요법, 진동 요법, 마사지 요법, 침술 요법 및 영양 요법 등이 효과적인 것으로 보고되고 있다(Almasi, Jalalvand & Farokhroo, 2014; Eston & Peters, 1999; Rahnema, Rahmani-Nia & Ebrahim, 2005; Zainuddin, 2005).

본 논문에서는 태권도 선수들이 보편적으로 많이 활용하는 대표적인 보조물 BCAA 섭취와 냉처치에 대해 살펴보고자 한다.

1) 운동향상 보조물(BCAA) 섭취

지구력 운동 중 체내 단백질의 손실이 일어나는 것은 글리코젠이 모두 사용된 시점에서 운동이 증가된 에너지 소모량의 상당 부분을 아미노산의 산화에 의해 충당하기 위한 것으로 알려져 있으며, 아미노산 보충은 인체의 성장호르몬 및 인슐린 분비를 촉진시키고, 이들 호르몬은 동화작용에 관여한다고 보고되고 있다(정우석, 2012; Jacobson, 1990).

BCAA (branched-chain aminoacid)는 필수 아미노산 중 근육 단백질의 주성분이며, 골격근에서 산화되는 류신(leucine), 이소류신(isoleucine), 발린(valine)으로 구성되어 있다(Wagenmakers, Coakley & Edwards, 1990).

BCAA는 인간에게 필요한 9개의 아미노산에 모두 속하고 체내에서는 합성되지 않으므로 음식을 통해 섭취하여야 한다. 대부분의 아미노산은 간에서 사용되지만 BCAA는 유일하게 골격근에서 산화되며(Kasperek, Snider, 1987; Wagenmakers, Coakley & Edwards, 1990), 섭취된 BCAA는 장기간의 운동시 탄수화물이 고갈되고 지방의 에너지 기여가 증가되면서 근육의 에너지원으로 기여한다.

BCAA는 에너지원으로 쉽게 전환이 되며, 안정 상태에서는 골격근에서의 BCAA가 분해 되지 않고, 운동 시에 분해가 촉진된다. BCAA의 기능은 크게 두 가지로 나누어진다.

첫째, BCAA는 단백질 합성 촉진 및 분해 억제에 중요한 영향을 미친다. BCAA는 단백질 대사를 조절한다(Garlick & Grant, 1988). Gina 등(2012)의 연구에 의하면 BACC 투여가 근육 피로를 지연시키고 운동능력을 증가시키는 것으로 보고하였다. Candeloro et al(1995)은 성인 남성 대상 14g의 BCAA 투여 후 체지방량과 근력이 증가하는 것으로 나타났다. 소인철 등(2006)도 남자 대학생을 대상으로 BCAA 섭취 후 슬관절의 최대 근력(peak torque), 평균 근력(average power) 및 총 운동량(total work)이 증가된다고 보고하였다.

둘째, BCAA 보충은 근육 통증을 감소시키는 것으로 알려져 있다(Jackman, 2010). 다수의 연구에 의하면 장시간의 지구력 운동에서 BCAA 투여는 근 손상을 감소시키고 회복력을 가속화시키는 보고되고 있다(Coombes, 2000; Matsumoto, 2009; Rahimi, 2017; Shimomura et al, 2010).

Shimomura et al,(2006)은 일반인을 대상으로 DOMS을 유발하기 위해 스쿼트(squat)를 7세트, 20회 실시한 후, BCAA 처치 집단이 비교집단에 비해 DOMS과

근육 피로가 감소하는 것으로 보고하였다. Jackman et al,(2010)의 연구에서도 일반인을 대상으로 10회 슬관절 신전 운동을 12세트 실시한 후 BCAA 처치 집단이 비교집단에 비해 슬관절 근육에서의 통증이 감소한다고 보고하였다.

2) 냉처치

피로를 생리학적 관점에서 운동수행과 관련하여 정확한 피로의 원인을 규명하려는 연구가 꾸준히 진행되고 있으며(이용진, 2002; Banister & Cameron, 1990), 그 중 냉처치(Cold Water Immersion: CWI)은 가장 보편적으로 사용되고 있다.

냉처치의 효과에 대해 Swenson 등(1996)은 냉처치가 근 손상을 완화시키는 대표적인 방법 중 하나로 보았으며, 냉처치가 혈관 수축을 유도하여 국소적인 혈관의 투과성과 부종을 감소시키고 통증역치를 증가시킴으로써 근육의 손상을 위한 치료수단이라고 보고하였다. Stocks 등(2004)은 인체가 추위에 노출되었을 때 일반적으로 피부온도의 감소가 즉각적으로 나타나고 이것은 피하정맥의 혈관수축을 유도한다고 하였다(장정택, 2012).

냉처치의 효과에 대해 긍정적인 연구 결과만 있는 것은 아니다. 즉 냉각이 근 기능에 부정적 영향을 미쳐 운동수행 능력을 감소 또는 향상을 기대하기 어렵다(Bergh & Ekblom, 1979; Racinais & Oksa, 2010)는 주장도 제기되고 있으며, Kenneth(1995)의 연구에서는 등속성 운동에서의 근력이나 근지구력 운동을 통한 근 피로회복에 있어 냉처치가 직접적이고 빠른 회복효과를 가져오기에 가장 알맞은 처치 방법이라고 강조하고 있다(이용진, 2002). 국내에서도 황봉연(2011)은 수온을 낮추어 냉각을 적용하는 것은 다른 어떠한 냉각 형태보다 심부온을 가장 빠르게 감소시킨다고 보고하여 냉각처치가 긍정적 영향을 미친다고 보고하였다.

일반적으로 운동으로 인한 체온 1℃의 상승은 인체의 신진 대사율을 10~15% 증가시켜(Wilmore & Costil, 1999) 초과산소섭취량과 직접적인 관련성을 가지며 냉처치로 인한 심부온 감소는 시상하부 후엽에 관여하고 체열 발산이 용이하여

운동수행 능력에 긍정적 효과를 가져온다(박은희, 2018).

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

이상을 종합해 보면, 냉처치는 다양한 처치부위와 방법에 따라 체온감소 혈중 피로 감소 근육의 통증 완화 및 근기능에 긍정적 영향을 가져오며, 운동 수행 능력의 향상 및 경기력 향상에 기여할 수 있음을 시사한다.

2. 말초피로

피로는 장시간의 운동으로 인한 자극으로 활동근육에서 발생하는 피로로 크레아틴 인산의 고갈, 근 신경 신호전달 저하, 글리코겐의 고갈 등으로 근 수축을 하지 못해 힘을 유지하거나 발현하지 못하는 것을 말한다(김도윤, 2009; 김성수 등, 2001). 피로는 정신적, 육체적으로 구분할 수 있으며, 육체적 피로는 말초 또는 중추신경계로 분류된다(Chaudhuri & Behan, 2004).

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

한편 피로를 평가할 수 있는 지표로는 젖산, 암모니아, 코티졸 등이 있으며, 신속한 혈중 피로물질 제거는 운동 수행력 감소를 지연시켜, 지속적으로 운동을 할 수 있도록 도움을 주기 때문에 매우 중요하다(Bourdin et al, 2004; Hansen et al, 2005).

1) 젖산

젖산은 혈중에 존재하는 피로물질로 Lactate라고 불린다. 젖산은 고강도 운동 수행 시 발생하며 글루코스가 무산소성 에너지 대사과정인 해당작용을 통해 분해되면서 산소의 공급부족으로 젖산이 생성되고 근조직의 산화를 야기해 피로가 유발되는 것으로 알려져 있다(홍순호, 2005; Wilmore & Costill, 2005).

고강도 운동으로 생성되는 젖산은 인체 내 체액을 산성화시키고, 산성화는 혈액과 근육의 pH농도를 감소시켜 에너지 대사의 둔화 및 억제되어 결국 근 활동을 억제하고 피로를 유발해 운동수행력을 저하시키게 된다(한은상 등, 2019). 또한 운동의 강도가 높아짐에 따라 에너지를 생산하는 과정에서 젖산이 생성되는 속도가 분해하는 속도를 초과하면 인체 내에 축적되기 시작하고 그로 인해 근육의 산성화로 이어지고, 에너지 생산에 관여하는 효소는 활동이 억제를 받게 되면서 피로를 유발하고 운동 지속이 어렵게 된다(송낙훈 등, 2007; 이승원, 2020). 반면 혈중 젖산농도를 잘 활용하면 운동 선수들 훈련의 강도와 빈도, 트레이닝 평가 그리고 운동 처방을 위한 중요한 자료로 활용할 수 있다.

젖산은 회복시간이 지남에 따라 인체의 항상성에 의해 자연스럽게 산화되어 배뇨 및 땀 배출로 다시 정상 수준으로 돌아오지만 반복적, 장기적으로 축적되는 젖산은 만성화로 이어져 신체 산성화의 원인이 되며, 근육에 염증유발, 신장 결석, 각종 암과 같은 질병의 원인이 될 수도 있다(한은상 등, 2018).

혈중 젖산의 생성과 제거는 운동부하에 따라서 운동 강도와 빈도, 운동 지속 시간, 그리고 식이 및 글리코겐농도 등 다양한 요인들에 의해 영향을 많이 받기 때문에 혈중 젖산농도의 해석은 신중해야 한다. 일반적으로 최대 하 운동을 진행하게 되면 혈중 젖산은 훈련하는 선수가 훈련하지 않는 선수보다 낮은 혈중 젖산 수치의 값으로 나타나며, 최대의 운동을 진행하면 훈련하는 선수가 더 높은 혈중 젖산 수치를 나타나는 것으로 알려져 있다(김성준, 2012).

혈중 젖산에 관한 선행 연구를 살펴보면 남영열(2013)은 8주간 셔틀런 테스트

를 통하여 대학축구선수들의 혈중 젖산에 영향을 주는 것으로 보고하고 있으며, 유형준(2019)은 코어운동이 검도 선수들의 혈중 젖산을 감소시킨다고 보고하였다. 또한, 김동현(2017)의 연구에서도 코어운동을 배드민턴 운동선수들에게 적용한 결과 혈중피로물질이 감소하고 경기력 향상에 기여하는 것으로 보고하였다.

2) 암모니아

암모니아는 체내 아미노산으로부터 주로 분해되는데, 우리 인체는 과도한 질소를 함유할 수 없기 때문에 질소를 함유한 아미노기(NH_2)가 떨어져 나가게 되고 알파-케토산만을 남기게 된다. 체내 과잉 생산된 질소는 간에서 암모니아(NH_3)로 형성되게 되고 이는 다시 요소로 전환된다. 결국 요소는 혈액을 통해 신장에서 뇨를 통해 배출된다(이명천 등, 2001).

운동중 암모니아의 생성은 중추피로의 척도로 사용된다. 암모니아는 생체 모든 기관에서 질소 항상성을 유지하는 데 중요한 역할을 하는 반면 독성이 강한 물질이기 때문에 신속하게 무독성 물질의 형태로 전환되어야 한다. 암모니아가 대사과정에서 미치는 독성 기전은 아직까지 밝혀져 있지 않지만, 현재까지 연구된 것을 근거로 보았을 때 크게 근육 및 뇌에서 독성작용을 하고 있는 것으로 알려져 있다(김완수, 1995).

암모니아의 독성효과는 심한 경우에 중추신경계에 영향을 미쳐 혼수(coma) 및 대뇌위축(cerebral atrophy) 상태를 초래할 수 있다. 생체 내에서 많은 양의 암모니아를 제거시킬 수 있는 반응기전은 글루타민 합성효소(glutamine synthetase) 반응을 통한 글루타민(glutamine) 생성과 요소(urea) 생성을 통한 방법이 있다.

명확하게 밝혀진 바는 없지만, 어떠한 운동 형태에서든 피로의 시점에서 암모니아의 축적이 높아진다는 것과, 이와 함께 운동 수행에 지장을 초래하는 요인과 관련이 있는 물질이라는 사실에 대해서는 일반적으로 동의하고 있다(Babij, Matthews & Rennie, 1983; Bueno, Clancy & Cook, 1984; Eriksson, Broberg,

Biorkman & Wahren, 1985).

운동수행력과의 상관성을 연구한 선행연구를 살펴보면, 김정규, 백일영(1995)은 대학축구선수 5명과 일반학생 5명을 대상으로 강도별 운동 시(VO_2 max test, VO_2 max 80%, VO_2 max 60%) 암모니아의 축적도를 연구했으며, Graham 등(1987)의 연구에서는 건강한 사람을 대상으로 VO_2 max 79~80%에서 30~40분간 운동을 시켰고, Wagenmakers et al.(1990)의 연구에서는 5명의 훈련자를 대상으로 VO_2 max 70%에서 2시간 동안 운동을 하여 암모니아 농도를 관찰하였는데, 대부분의 연구에서 혈중 암모니아 농도는 계속적으로 증가하였다. 그러나 장시간의 운동에서 젖산은 어느 정도까지 증가 후 일정한 수준을 유지하거나 거의 증가하지 않았지만 암모니아는 증가하는 것으로 나타났다 (MacLean et al, 1991).

암모니아 생성 시 속근 섬유가 기본적인 역할을 하지만 장기간의 최대하 운동 중 혈중 암모니아는 지속적으로 증가한다는 것을 보았을 때, 지근섬유(type I fiber)가 장시간의 운동 시 암모니아 생성의 주요한 근원이 될 수 있다고 제시하는 것이기 때문이다(Broberg et al., 1988, 1989; MacLean et al., 1991). 이러한 사실로 미루어 볼 때, 장시간의 최대하운동 중 암모니아의 생성은 아미노산 대사 작용의 결과라고 추측할 수 있다(Wagenmakers et al, 1990).

높은 운동강도에서 발생하는 혈중 암모니아 농도의 증가 현상은 근수축에 따른 근육 내 환경의 급격한 피로 유발과 육체적 탈진 상태와 관련이 있다고 가정할 수 있다. 운동으로 인한 과잉 암모니아증은 일시적인 변화인 반면에, 병리학적인 상태에서 발생하는 과잉 암모니아증은 장기적이고 만성적인 상태이기 때문에 상대적인 수치만의 비교는 무의미하다고 볼 수 있다. 하지만, 강한 운동으로 발생하는 과잉 암모니아증은 생리학적 측면에서 신경계통과 관련이 깊고 이로 인한 피로는 운동수행력의 감소를 유발하게 된다는 사실로 미루어 볼 때 매우 중요한 요소이다(장효결, 2020; 김상우, 2001).

3) 코티졸

코티졸은 부신피질에서 분비되는 당류 피질 호르몬이다. 당류피질 호르몬의 대표적인 것은 코티손(cortisone)과 코티졸(cortisol)인데 이들은 지방과 단백질을 당질로 전환시키는 작용을 하므로 코티졸이 과잉 분비되면 피부나 피하조직이 얇아지고 혈당이 높아진다. 코티졸은 부신피질에서 분비되는 스테로이드 호르몬으로 포도당의 대사에 영향을 주기 때문에 글루코코르티코이드(glucocorticoid)라고도 한다(조현철 등, 2011).

코티졸은 부신피질에서 분비되는 대표적인 스트레스 호르몬으로 운동 강도, 운동 형태 및 운동 기간에 많은 영향을 받으며(Paccotti et al, 2005), 당신생을 촉진하여 지방조직에서 지방산의 동원 조절을 통해 조직의 지방이용을 촉진시키고, 포도당 이용을 억제하여 체내 혈당량을 증가시키는 작용을 한다. 더불어 코티졸을 비롯한 당류 피질 호르몬은 심한 운동과 같은 스트레스 상황에 대응하는데 필수적인 역할을 한다(김인범, 김민교, 오덕자, 2018).

일반적으로 스트레스에 노출이 되면 호흡이 빨라지고 혈압이 상승되며, 숨이 차거나 심장이 급작스럽게 뛰는 등의 생리적인 반응들이 일어나게 된다(최수영, 2011). 스트레스 상황에서 이러한 생리적인 반응과 함께 인간의 체내에서는 코티졸의 분비가 이루어지고 보통 육체적, 정신적 스트레스에 의한 보상 반응으로 분비되기 때문에 대표적인 '스트레스호르몬'으로 알려져 있다. 특히 스트레스로 인한 체내코티졸의 분비는 혈중 코티졸의 농도를 증가시키고 이를 통해 혈관이 확장되고 심장박동률이 증가하며 불이 상기되는 등의 신체적인 반응을 일으키는 것으로 알려져 있다(조은희, 2004).

외부에서 받는 스트레스를 가장 먼저 인식하는 기관은 간뇌이며 이후 대뇌피질의 판단과정을 거쳐 시상으로 전달된 후 이는 다시 시상의 판단을 거쳐 자율신경계와 내분비계 활성화의 과정을 갖는다고 보고하였다(김영미, 2012). 스트레스와 관련하여 신경내분비계에 작용을 미치는 두 가지 과정 중 하나는 교감신경

계-부신수질 축으로 에피네프린과 노르에피네프린 분비에 관여하고 다른 하나는 시상하부-뇌하수체-부신수질 축으로 코티졸 분비에 관여하는 것으로 나타났다 (Frankenhaeuser et al, 1989; Henry, 1992; Folkow, 2000). 이 과정에서 발생하는 코티졸은 뇌하수체-부신피질계 축의 활동을 통한 최종적인 생산물이며 스트레스가 직면할 때 바로 감지가 가능하고, 코티졸 농도가 최고치에 이르는 시간은 스트레스 직면 후 약 20분에서 30분 정도 이후이다.

인체에서 코티졸의 역할은 단백질, 탄수화물 및 지방의 이용을 조절하고 혈압과 심혈관 기능을 조절하며, 코티졸이 분비되면 근육단백질이 파괴되면서 혈류 속으로 아미노산의 분비를 가져와 에너지를 위한 간 글리코젠 합성과 혈중 글루코스의 농도를 증가시키며, 조직세포의 포도당 이용을 억제하여 혈당량을 증가시키는 작용을 하는데, 이러한 혈중 글루코스 수준의 보존은 장시간 운동 시 뇌 및 신경조직에 충분한 에너지원으로 보급하는데 중요한 의미가 있다(전인혜, 2011).

코티졸 관련 연구 결과를 살펴보면 중강도의 운동은 코티졸의 수준을 유의하게 변화시키지 않는 것으로 알려져 있고, 운동 강도가 강해지고, 운동량이 증가함에 따라 혈중 코티졸 농도가 증가된다고 보고되고 있다(Consitt, Copeland & Tremblay, 2002; Tremblay, Copeland & Helder, 2004). 또한 지속적인 스트레스로 인한 코티졸의 증가는 지방 및 단백질 대사의 균형이 깨지게 되어 혈중지질의 변화와 근육량의 감소 등을 유발하는 것으로 나타났다(Arafah, 2006).

코티졸의 변화는 운동 강도, 운동 형태 및 운동 기간에 영향을 받는 것으로 나타났으며(Paccotti, Minetto, Terzolo, Ventura, Ganzit, Borrione & Angeli, 2005), 코티졸은 운동에 의해 분비가 증가되지만 운동 강도와 운동 시간에 따라 분비량에 차이가 있고 운동 강도가 강할수록 분비량이 많아지는 것으로 나타났다(Farrell, Garthwaite & Gustafson, 1983),

종합해 보면, 코티졸은 외부의 스트레스와 같은 자극에 맞서 몸이 최대의 에

너지를 만들어 낼 수 있도록 하는 과정에서 분비되며 혈압과 포도당 수치를 높이는 등의 역할을 하는 것을 알 수 있다(김나경, 2014).

3. 근 손상물질

혈장에는 여러 가지 효소가 존재하며 각 효소는 일정한 범위 내에서 항상성을 유지하고 있어 정상범위가 존재한다. 생체 내의 조절 인자로서 효소(Enzyme)는 모든 물질반응에 있어서 촉매역할을 하며 근 수축 활동에 필요한 에너지의 공급과 조절에 필수적인 물질로 이 효소의 활성수준은 심장기능을 동반한 운동 수행 능력을 결정짓는 중요한 인자라고 할 수 있다. 따라서 근육 활동에 필요한 에너지 공급에 필수적인 물질로 효소의 활성수준은 운동능력에 중요한 요소이다. 이러한 효소의 활성은 운동의 형태와 강도, 시간 등에 따라 변화한다(Wilmore & Costill, 1988).

혈중 CK와 LDH의 농도는 무산소성 대사의 활성화 지표와 운동수행에 따른 근육상해를 포함한 근육 손상지표로 사용된다(Tremblay et al, 2003). CK와 LDH 지수는 신체 및 근세포의 손상정도를 나타낼 수 있는 지표로 활용될 수 있을 뿐만 아니라 신체의 단련 정도에 따라 그 양상이 다양하게 나타나게 된다(김지수, 2007).

Jennifer & Jeffry(2001)는 CK 및 LDH의 혈중 활성도 증가는 근손상의 간접적인 지표로 곧 조직의 손상을 추측할 수 있다고 제시하여 효소의 활성도를 통해 과격한 운동 강도에 의한 부상을 예방하는 기초 자료를 제공할 수 있다고 하였다.

1) CK (Creatine Kinase, 크레아틴 인산화효소)

근손상은 익숙하지 못한 훈련이나 고강도의 운동으로 근육의 손상을 가져오면

서 기계적 스트레스와 산화적 스트레스를 야기시킬 수도 있으며, 이러한 근육의 손상이 일어나면 통증을 느끼게 된다(Abraham, 1997; Byrnes et al, 1985). 따라서, 근 손상을 최소화 하면서 근력과 근지구력 등을 향상시키기 위해서는 충분한 휴식과 효율적인 트레이닝 방법이 우선시 되어야 한다.

크레아틴 카이네이스(creatine kinase: CK)는 인산 그룹의 가역적 부가 작용을 촉매하는 효소로서 미토콘드리아(mitochondria)에서 형성된 포스포크레아틴(PCr)은 근원섬유(myofibril)라고 하는 근섬유의 세포질에 있는 수축성 단백질과 결합하여 ADP로부터 즉각적인 ATP 보충 과정을 유도한다.

혈중 CK는 운동수행에 따른 신체적 자극에 의한 조직의 손상을 비롯한 피로 현상에 대한 지표로 간주될 수 있으며, 이 효소의 근육 내 활성도는 근육 내에서 무산소성 대사과정에 작용하고 이 효소가 혈중으로 방출됨에 따라 대사과정의 간접적 지표로 간주될 수 있다(Janssen et al, 1989). 또한, 임상적인 측면에서 심근경색, 근위축증, 근육염, 근육주사, 대뇌질화, 알코올 중독증, 당뇨병, 쇼크폐염, 만성폐질환, 외과적 수술 등에서도 CK 활성도가 증가하는 것으로 나타났다(이승우 등, 1984).

CK는 PCr의 합성 분해에 관여하는 효소이지만, 생체내에서는 주로 PCr에서 ATP와 Cr이 생성되는 방향으로 작용한다. 운동시 CK의 활성화 증가는 여러 면에서 중요한 역할을 하는데, 우선 ATP 생성에 의한 일시적인 에너지 완충의 역할을 하고, 세포내 free ADP의 상승 억제 작용을 통한 ATPase의 비활성화를 막고 결과적으로 adenine nucleotide의 순 감소를 막을 수 있다. 또한, CK의 활성화는 proton (H⁺)의 완충 효과도 있다(Willim et al, 1992). 따라서 운동시 증가된 CK의 활성화는 증가된 에너지 요구와 대사적 변화를 잘 반영하는 일반적인 현상이라고도 할 수 있다.

혈장 CK 활성은 격렬한 운동으로 인한 골격근 손상의 지표로써 가장 많이 연구되어지며, 혈장 CK 농도의 증가는 근 손상과 연관이 있다고 알려져 있다. CK

는 높은 강도의 신장성 운동 후 24-48시간이 지나면 증가하기 시작하고, 운동 후 4-5일이 지나면 최고점에 이르며, 그 수치는 운동 후 종종 안정시 수준의 몇 천 배에 이르기도 한다(Clarkson et al, 1992).

시간에 따른 CK 변화는 언덕 내려 달리기, 마라톤, 등척성 운동 등과 같은 여러 형태의 운동에서 관찰되어 졌다. Donnelly et al,(1992)은 언덕 내리달리기를 실시했을 때 CK 수치가 운동 후 약 24시간에 최고에 이르렀고, 고강도의 신장성 운동 후에는 2일 동안 급격한 증가를 보였으며, 그 다음 운동 후 약 4일이 지나서야 정상 수치가 되었다는 것을 보였다. Clarkson 등(1987)은 등척성 운동 후 CK 활성의 변화는 언덕 내려 달리기 동안의 수치와 비슷했다고 보고했으며, Applea et al, (1984)은 마라톤 달리기 후 상당한 CK 활성의 증가가 있었다고 하였다.

선행연구를 살펴보면 김동희, 김성철, 전향원(1993)은 달리기 운동이 CK 효소의 활성화에 대한 연구로 단거리 달리기 운동부하에 혈청 CK 효소 활성 수준이 증가하는 것으로 보고하였으며, 이회량(1997)은 줄넘기 훈련 전후의 CK 활성은 안정시에는 유의한 증가가 없었으나 운동부하 직후에 유의한 차이를 나타낸 부분과 일치하며 운동 시기에 따른 CK의 활성화를 확인할 수 있었음을 보고하였다. 일회성 유산소 운동으로 CK의 변화를 연구한 선행연구에서 Mooren 등(2006)은 남자 달리기 선수를 대상으로 마라톤 경기 후의 혈중 CK 농도의 변화를 살펴본 결과, 혈중 CK 농도가 유의하게 증가하였다고 보고하였으며, Taribian 등(2009)은 젊은 남성을 대상으로 VO₂max 60%와 VO₂max 75%의 강도로 30분간 트레드밀 운동을 실시한 결과, 두 그룹 모두 혈중 CK 농도가 유의하게 증가하였음을 보고하였다.

종합해 보면, 운동이 CK 활성화에 미치는 영향을 관찰한 결과 다양한 형태의 유·무산소 운동에 의하여 골격근 및 혈청 CK 활성이 증가한 것을 확인할 수 있다(Hunter et al, 1971, Roti et al, 1981; 윤영학, 김복주, 1994).

2) LDH(lactic dehydrogenase, 젖산탈수소효소)

LDH는 당질의 분해에 관계되며, 젖산을 산화시켜 피루브산을 생성하는 효소이다. 체내에 넓게 분포되어 있어 장기별 특이성은 없으나, 각종 장기가 장애를 받거나 세포분열이 활발해졌을 때 혈청 LDH가 상승하는 현상을 보인다.

LDH에 의한 조절 과정이 운동생리학에서 중요시 되는 이유는 무산소 해당경로의 마지막 단계에서 이 단계의 폐기물인 젖산이 심한 운동을 할 때 근육의 피로나 통증의 원인이 되기 때문이다. LDH는 생체 조직 내에서 무산소성 대사과정 중에 생기는 젖산의 형성에 밀접하게 관여하며, 특히 조직 내에 피루브산이 과량으로 증가할 때 LDH 농도는 따라서 증가하여 피루브산을 젖산으로 전환시킨다(최대원, 정성환, 2000).

조직 내에 증가한 젖산이 혈액내로 빠져 나갈 때 LDH의 농도가 매우 높은 증가율을 나타내고, 격심한 운동을 한 후 조직 내에 젖산량이 증가하게 되면 LDH의 농도가 증가하여 젖산을 피루브산으로 환원시킨다.

천병욱(2007)은 LDH는 무산소성 해당과정의 최종단계에서 피루브산을 이용하여 당질의 이화 및 동화작용의 평형을 이루는 역할을 한다고 하였으며, 해당작용에서 젖산과 피루브산 사이의 반응을 촉진하는 효소로서 주로 적혈구와 근육의 세포내에 존재하며, 평상시 혈중의 LDH의 활성은 매우 낮으나 고강도 운동으로 인해 근육의 세포가 손상을 입으면, 세포내에 있던 LDH가 세포 밖으로 방출되어 혈중에 LDH의 활성이 높게 나타나므로, LDH의 활성 정도에 따라 근육의 부상 정도를 대변해 주는 인자로서 이용되고 있다고 보고하였다.

CK, LDH 등의 혈장효소는 장기간 신체운동의 영향에 의해 증가되며, 근세포 파괴의 생화학적 지표로 인식되어져 왔으며, 운동 시간에 비례하여 LDH와 CK가 증가하는 것을 알 수 있는데, 이는 심근의 손상 정도를 나타내는 것으로 생각할 수 있다(고기준 외, 1999). LDH의 증가는 신장의 조직, 간, 심장, 골격근과

적혈구 손상을 의미하지만(Roalstad, 1989), 훈련된 사람은 비훈련자보다 효소의 상승에 대한 내성이 보다 높기 때문에 고강도 운동이 가능하다고 보고되고 있다(고기준 외, 1999). 또한 LDH는 근조직이 손상되면 CK와 같은 근세포 효소의 방출량이 증가하며(Fielding, Manfredi, Ding, Fiatarone, Evans & Cannon, 1993), 운동 유발성 횡문근 용해증과 같은 심각한 근육 손상을 추측할 수 있는 대표적인 근세포 효소이다(Jennifer & Jeffrey, 2001).

지구성 훈련을 실시한 선수는 심근에서 LDH의 활성이 높는데, 이것은 젖산을 에너지로 이용할 수 있는 능력을 나타내는 것으로서, 근육에서 높은 활성도는 젖산과 초성포도산을 전환시킬 뿐만 아니라, 근육에서 pH, 산화환원 능력, 세포의 전체적인 에너지 수준을 지속시킨다. Jennifer & Jeffrey(2001)는 CK 및 LDH의 혈중 활성도 증가는 근손상의 간접적인 지표로 곧 조직의 손상을 추측할 수 있다고 제시하여 효소의 활성도를 통해 과격한 운동 강도에 의한 부상을 예방하는 기초 자료를 제공할 수 있다고 하였다.

Ⅲ. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 신체적 · 정신적으로 결함이 없으며 최근 3개월 이내에 골절 및 근 상해가 없는 남자 고등학교 태권도 선수 18명으로 선정하였고, 무작위 추출법으로 6명씩 각각 구성하여 세 집단(통제군6명, BCAA 섭취군6명, BCAA 섭취+냉처치군6명)으로 구분하였다. 대상자는 2020년 대한체육회에 등록된 선수로서 실험진행에 대한 설명과 제반사항을 듣고 실험 참여 동의서를 작성한 후 실험에 참여하였다. 대상자의 신체적 특징은 <표 1>과 같다.

표 1. 신체적 특성 (M±SD)

변인 그룹	나이 (yr)	신장 (cm)	체중 (kg)	체질량지수 (kg/m ²)	체지방량 (kg)	체지방률 (%)
통제군(6)	17.3±.82	175.0±5.14	70.6±18.79	22.8±4.70	10.8±7.71	14.2±5.63
BCAA섭취군 (6)	18.3±.52	177.8±3.97	64.6±4.32	20.5±1.38	7.4±1.98	11.3±2.47
BCAA섭취+ 냉처치군(6)	18.8±.41	179.7±5.57	72.6±7.25	22.4±.85	9.5±3.57	13.0±4.34

2. 실험설계

본 연구의 실험설계는 <그림. 1>과 같다.



그림 1. 실험 설계

3. 실험방법

1) BCAA 섭취방법

본 연구에서 섭취한 BCAA는 루신(leucine), 이소루신(isoleucine), 발린(valine) 이 각각 2:1:1 비율로 구성된 N사(USA) 제품으로, 섭취량은 이한 등(2002)과 소인철 등(2006)에서 적용한 체중 kg당 78mg(78mg/kg·Body weight)을 생수 500ml에 용해시켜 섭취하였으며, 섭취시기는 수분의 위 배출시간을 고려한 선행 연구(Jenkins et al., 2002; Leibetseder et al, 2006)를 참고하여 운동 전 50분에

섭취하도록 하였다.

2) 복합처치(BCAA섭취 + 냉처치)

본 연구의 복합처치는 BCAA 단독섭취와 동일한 조건으로 운동 전 BCAA 섭취와 운동직후 의자에 앉아 차가운 물($10\pm 3^{\circ}\text{C}$)에 두 다리(무릎아래)를 15분간 담근 채로 15분간 휴식(박은희 2018)을 취하게 하였다.

3) 운동방법

대상자는 2020년 세계태권도연맹(WTF) 경기규칙에 따라 2분 3회전(회전 간 1분 휴식) 태권도 경기를 실시하였으며, 대상자가 실전과 같이 강도 높은 운동을 수행할 수 있도록 지도코치가 직접 독려하여 경기를 진행하였다.

4. 측정도구 및 방법

본 연구에서 측정한 도구 및 항목은 <Table 3>과 같다.

표 2. 측정도구 및 항목

측정도구	제품명(생산국가)	용도 및 분석
신체조성	InBody230, KOREA	신장, 체중, 체질량지수, 체지방량, 체지방률
온도측정기	TP-101, CHINA	수온 측정
심박수	Polar FT7 , FINLAND	심박수 측정

1) 신체구성 측정

연구대상자의 신체구성을 측정하기 위해 생체전기 임피던스 측정법 (Bioelectrical Impedance Analysis)을 이용하는 InBody 230(Biospace, Korea)을 사용하여 대상자의 나이, 신장을 입력한 후 체중(kg), 체질량지수(Body Mass Index; BMI), 체지방량(kg), 체지방률(%)을 측정하여 기록하였다.

2) 혈액채취 및 변인 측정

연구 대상자는 본 실험일 전날부터 실험시작까지 12시간 정도의 공복 상태를 유지하였고, 실험 당일 오전 9시까지 실험실에 도착하여 안정시, 경기직후, 휴식 15분, 휴식30분에 총 4회 채혈 실시하였다. 대상자는 전문가의 도움을 받아 채혈 시기별로 전완정맥(antecubital vein)에서 10ml를 채혈하여 각 변인별로 혈장검체를 분리한 후 전문기관에 의뢰하여 분석하였다.

(1) 젓산

10cc 주사기로 채혈 후 NaF 검체채취용기에 담아 충분히 흔들어 원심분리기에 10분간(3,000rpm) 분리하여 상층액을 NaF Plasma에 1.0ml 옮겨 냉장보관(2~8℃)하여 전문기관에 분석 의뢰하였다.

(2) 암모니아

채혈 후 암모니아 검체용기인 EDTA에 담아 충분히 흔들어 원심분리기에 10분간(3,000rpm) 분리하여 상층액을 EDTA Plasma에 1.0ml 옮겨 냉동보관(-40℃)하여 전문기관에 분석 의뢰하였다.

(3) 코티졸, CK, LDH

대상자의 전완정맥에서 채혈한 후 SST 검체용기에 담아 30분간 안정 후 원심분리기에 10분간(3,000rpm) 분리하여 상층액을 Serum에 각각 1.0ml씩 옮겨 냉동보관(-20℃)하여 전문기관에 분석 의뢰하였다.

3) 심박수 측정

연구대상자는 심박수 측정기(Polar, FT7, Finland)를 이용하여 실험 전 안정 시, 경기 중 각 회전별 심박수 측정, 경기직후, 휴식15분후, 휴식30분후 심박수를 측정하여 기록하였다.

5. 자료처리

본 연구의 자료처리를 위해 SPSS 통계프로그램(21.0)을 이용하여 모든 자료의 평균(M)과 표준편차(SD)를 산출하였고, 각 그룹별 차이와 측정시기, 시기×그룹별 차이를 분석하기 위해 반복측정 분산분석(Repeated Measure of ANOVA)을 실시하였다. 또한 상호작용 효과가 나타난 경우, 사후검증 방법으로 Bonferoni를 사용하였으며, 그룹 내 유의차를 알아보기 위해 대응표본 T-검정(Paired T-test)을 실시하였다. 모든 통계적 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

IV. 연구결과

1. 혈중피로요인 비교

1) 젖산 농도의 변화

남자 태권도 선수의 젖산 농도 변화를 비교분석한 결과는 <표 3>, <그림 2>와 같다.

남자 태권도 선수의 회복방법에 따른 젖산 농도를 비교분석한 결과는 <표 3>, <그림 2>와 같고, 그 결과 측정시기 간에서 유의한 차이를 나타냈으며($F=19.045$, $p<.01$), 그룹×시기간 상호작용에서 유의한 차이가 나타났다($F=4.305$, $p<.05$).

그룹간 차이를 살펴보면, 경기직후 통제군 $11.8\pm 1.56\text{mmol}/\ell$, BCAA섭취군 $12.1\pm 1.41\text{mmol}/\ell$, BCAA섭취+냉처치군 $13.2\pm 1.71\text{mmol}/\ell$ 이며, 휴식 15분후 통제군 $7.5\pm 2.06\text{mmol}/\ell$, BCAA섭취군 $7.0\pm 0.71\text{mmol}/\ell$, BCAA섭취+냉처치군 $6.0\pm 0.89\text{mmol}/\ell$ 으로 통제군이 경기직후보다 젖산 농도가 약 36% 감소하였고, BCAA섭취군이 약 42%, BCAA섭취+냉처치군이 약 54% 감소하는 결과를 나타냈다. 또한, 경기직후부터 휴식 30분후 통제군이 $5.2\pm 1.29\text{mmol}/\ell$ 로 젖산 농도가 약 55% 감소하였으나, BCAA섭취군이 $4.9\pm 0.45\text{mmol}/\ell$ 로 젖산 농도가 약 59% 감소하였고, BCAA섭취+냉처치군이 $4.3\pm 0.69\text{mmol}/\ell$ 으로 약 67%의 젖산 농도 감소 효과를 나타내어, 통제군<BCAA섭취군<BCAA섭취+냉처치군 순으로 젖산 농도 감소 효과를 나타냈으나 통계적으로 그룹간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

표 3. 젖산농도의 변화

	(mmol/ℓ)					
	안정시	경기직후	휴식15	휴식30		F-value
통제군(6)	1.9±.26	11.8±1.56	7.5±2.06	5.2±1.29	Group	.186
BCAA 섭취군(6)	1.5±0.38	12.1±1.41	7.0±0.71	4.9±0.45	Time	19.045**
BCAA섭취+ 냉처치군(6)	1.8±0.72	13.2±1.71	6.0±0.89	4.3±0.69	Group×time	4.305*

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

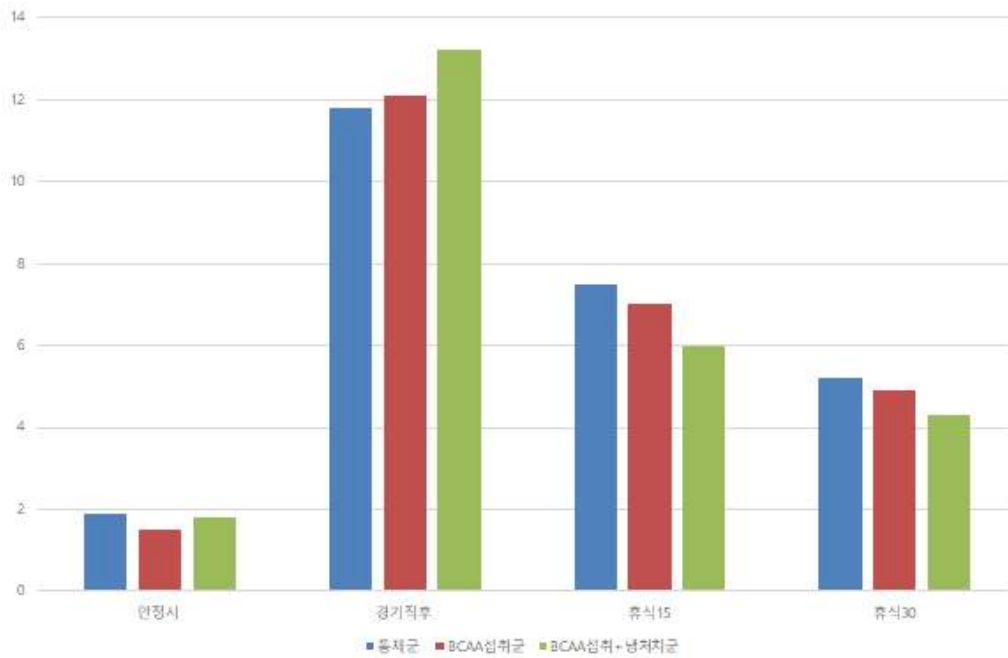


그림 2. 젖산농도 변화 비교

(2) 암모니아 농도의 변화

남자 태권도 선수의 암모니아 농도 변화를 비교분석한 결과는 <표 4>, <그림 3>과 같다.

표 4. 암모니아 농도의 변화 ($\mu\text{g}/\text{dL}$)

	안정시	경기직후	휴식15	휴식30	F-value	
통제군(6)	48.5±11.79	129.0±23.17	83.8±24.78	68.3±11.33	Group	1.680
BCAA 섭취군(6)	47.8±13.14	130.0±26.80	63.7±15.08	59.7±5.01	Time	152.865***
BCAA섭취+ 냉처치군(6)	49.8±19.24	163.3±22.28	78.3±17.19	65.5±10.04	Group×time	3.279**

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

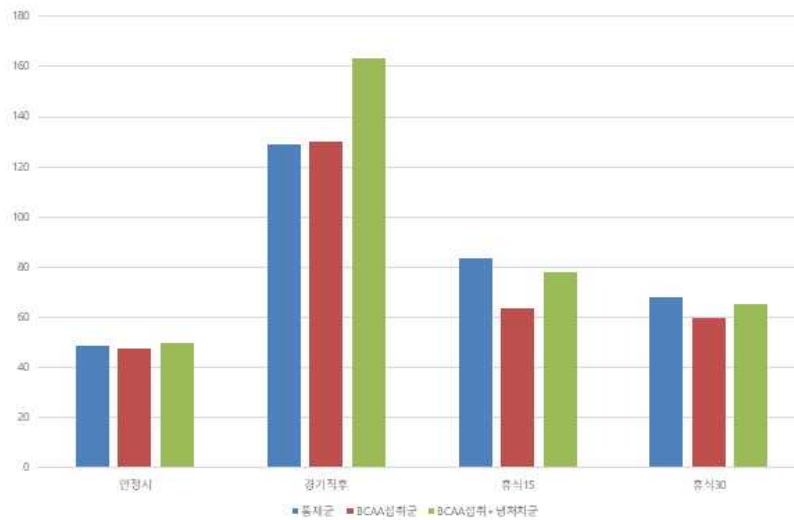


그림 3. 암모니아 농도 변화 비교

남자 태권도 선수의 회복방법에 따른 암모니아 농도를 비교분석한 결과는 <표 4>, <그림 3>과 같고, 그 결과 측정시기 간에서 매우 유의한 차이를 나타냈으며 ($F=152.865$, $p<.001$), 그룹×시기간 상호작용에서 유의한 차이가 나타났다 ($F=3.279$, $p<.01$).

그룹간 차이를 살펴보면, 경기직후 통제군 $129.0\pm 23.17\mu\text{g}/\text{dl}$, BCAA섭취군 $130.0\pm 26.80\mu\text{g}/\text{dl}$, BCAA섭취+냉처치군 $163.3\pm 22.28\mu\text{g}/\text{dl}$ 이며, 휴식 15분후 통제군 $83.8\pm 24.78\mu\text{g}/\text{dl}$, BCAA섭취군 $63.7\pm 15.08\mu\text{g}/\text{dl}$, BCAA섭취+냉처치군 $78.3\pm 17.19\mu\text{g}/\text{dl}$ 으로 통제군이 경기직후보다 암모니아 농도가 약 35% 감소하였고, BCAA섭취군이 약 51%, BCAA섭취+냉처치군이 약 52% 감소하여 운동군<BCAA섭취군<BCAA섭취+냉처치군 순으로 암모니아 농도가 감소하는 결과를 나타냈다. 또한, 경기직후부터 휴식 30분후 통제군이 $68.3\pm 11.33\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 암모니아 농도가 약 47% 감소하였으나, BCAA섭취군이 $59.7\pm 5.01\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 암모니아 농도가 약 54% 감소하였고, BCAA섭취+냉처치군이 $65.5\pm 10.04\mu\text{g}/\text{dl}$ 으로 약 59%의 암모니아 농도 감소 효과를 나타내어, 통제군<BCAA섭취군<BCAA섭취+냉처치군 순으로 암모니아 농도가 감소하는 효과를 나타냈으나 통계적으로 그룹간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

(3) 코티졸 농도의 변화

남자 태권도 선수의 코티졸 농도 변화를 비교분석한 결과는 <표 5>, <그림 4>과 같다.

표 5. 코티졸 농도의 변화

($\mu\text{g}/\text{dL}$)

	안정시	경기직후	휴식15	휴식30		F-value
통제군(6)	12.7 \pm 2.88	15.7 \pm 5.03	17.0 \pm 3.91	15.6 \pm 3.40	Group	1.878
BCAA 섭취군(6)	11.5 \pm 2.69	15.2 \pm 2.93	16.7 \pm 2.39	16.9 \pm 2.27	Time	59.481***
BCAA섭취+ 냉저치군(6)	11.4 \pm 2.47	19.2 \pm 1.48	21.2 \pm 2.69	19.1 \pm 1.75	Group \times time	5.001**

M \pm SD, * p <.05, ** p <.01, *** p <.001

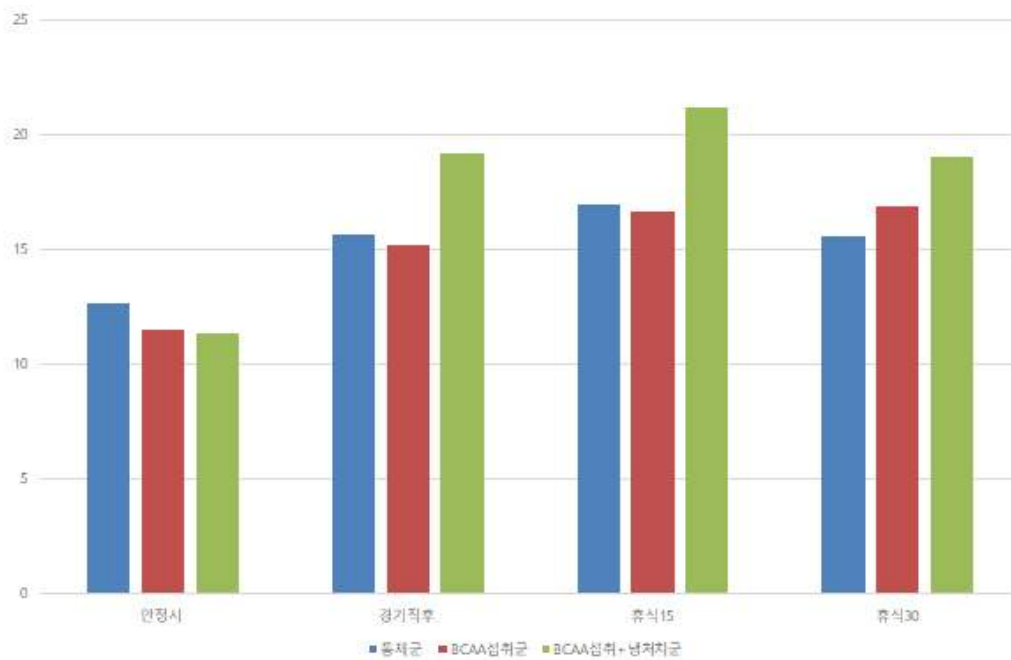


그림 4. 코티졸 농도 변화 비교

남자 태권도 선수의 회복방법에 따른 코티졸 농도를 비교분석한 결과는 <표 5>, <그림 4>과 같고, 그 결과 측정시기 간에서 매우 유의한 차이를 나타냈으며 ($F=59.481$, $p<.001$), 그룹×시기간 상호작용에서 유의한 차이가 나타났다 ($F=5.001$, $p<.01$).

그룹간 차이를 살펴보면, 경기직후 통제군 $15.7\pm 5.03\mu\text{g}/\text{dl}$, BCAA섭취군 $15.2\pm 2.93\mu\text{g}/\text{dl}$, BCAA섭취+처치군 $19.2\pm 1.48\mu\text{g}/\text{dl}$ 이며, 휴식 15분후 통제군 $17.0\pm 3.91\mu\text{g}/\text{dl}$, BCAA섭취군 $16.7\pm 2.39\mu\text{g}/\text{dl}$, BCAA섭취+냉처치군 $21.2\pm 2.69\mu\text{g}/\text{dl}$ 으로 통제군이 경기직후보다 코티졸 농도가 약 8% 증가하였고, BCAA섭취군이 약 9%, BCAA섭취+냉처치군이 약 10% 코티졸 농도가 증가하는 결과를 나타냈다. 그러나, 경기직후부터 휴식 30분후 통제군이 $15.6\pm 3.40\mu\text{g}/\text{dl}$, BCAA섭취군이 $16.9\pm 2.27\mu\text{g}/\text{dl}$, BCAA섭취+냉처치군이 $19.1\pm 1.75\mu\text{g}/\text{dl}$ 으로 코티졸 농도의 증감 효과가 나타나지 않았고, 통계적으로 그룹간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

2. 근 손상물질 비교

1) CK 농도의 변화

남자 태권도 선수의 CK 농도 변화를 비교분석한 결과는 <표 6>, <그림 5>과 같다.

남자 태권도 선수의 회복방법에 따른 CK 농도를 비교분석한 결과는 <표 6>, <그림 5>과 같고, 그 결과 그룹×시기간 상호작용에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 측정시기 간에서 매우 유의한 차이를 나타냈다 ($F=32.758$, $p<.001$).

그룹간 차이를 살펴보면, 경기직후 통제군 $310.0\pm 50.43\text{mg}/\text{ml}$, BCAA섭취군

303.7±49.58mg/ml, BCAA섭취+처치군 328.0±55.66mg/ml이며, 휴식 15분후 통제군 277.5±49.48mg/ml, BCAA섭취군 261.3±43.44mg/ml, BCAA섭취+냉처치군 259.0±47.51mg/ml 으로 통제군이 경기직후보다 CK 농도가 약 10% 감소하였고, BCAA섭취군이 약 13%, 섭취+처치군이 약 21% 감소하여 통제군<BCAA섭취군<BCAA섭취+냉처치군 순으로 CK 농도가 감소하는 결과를 나타냈다. 또한, 경기직후부터 휴식 30분후 통제군이 261.0±22.82mg/ml로 CK 농도가 약 15% 감소하였으나, BCAA섭취군이 223.7±35.79mg/ml로 CK 농도가 약 26% 감소하였고, BCAA섭취+냉처치군이 207.5±39.09mg/ml으로 약 36%의 CK 농도 감소 효과를 나타내어, 통제군<BCAA섭취군<BCAA섭취+냉처치군 순으로 CK 농도 감소 효과를 나타냈으나 통계적으로 그룹간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

표6. CK 농도 변화					(mg/ml)	
	안정시	경기직후	휴식15	휴식30	F-value	
통제군(6)	241.0±28.62	310.0±50.43	277.5±49.48	261.0±22.82	Group	.712
BCAA 섭취군(6)	235.2±37.84	303.7±49.58	261.3±43.44	223.7±35.79	Time	32.758***
BCAA섭취+ 냉처치군(6)	249.7±33.38	328.0±55.66	259.0±47.51	207.5±39.09	Group×time	2.098

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

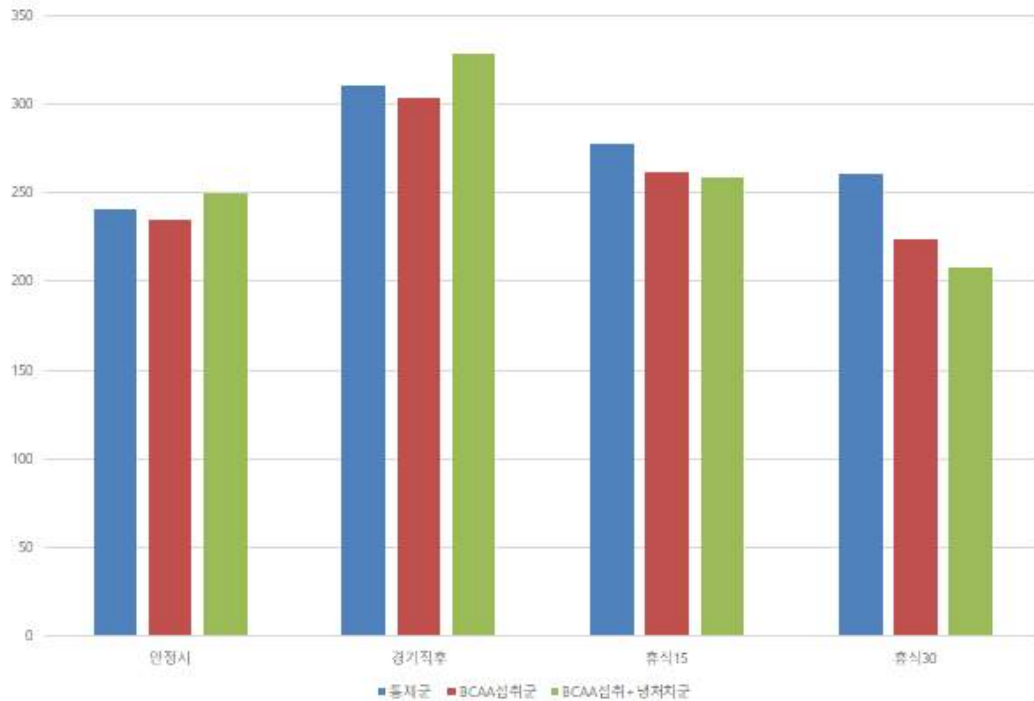


그림 5. CK 농도 변화 비교

2) LDH 농도 변화

남자 태권도 선수의 LDH 농도 변화를 비교분석한 결과는 <표 7>, <그림 6>과 같다.

남자 태권도 선수의 회복방법에 따른 LDH 농도를 비교분석한 결과는 <표 7>, <그림 6>과 같고, 그 결과 측정시기 간에서 매우 유의한 차이를 나타냈으며 ($F=67.683$, $p<.001$), 그룹×시기간 상호작용에서 유의한 차이가 나타났다 ($F=2.841$, $p<.05$).

그룹간 차이를 살펴보면, 경기직후 통제군 185.7 ± 32.93 IU/L, BCAA섭취군 186.5 ± 9.01 IU/L, BCAA섭취+넙치군 196.0 ± 23.88 IU/L이며, 휴식 15분후 통제군 1

73.5±14.82IU/L, BCAA섭취군 176.8±12.72IU/L, BCAA섭취+냉처치군 161.2±16.12IU/L 으로 통제군이 경기직후보다 LDH 농도가 약 6% 감소하였고, BCAA섭취군이 약 5%, BCAA섭취+냉처치군이 약 17% 감소하여 통제군=BCAA섭취군<BCAA섭취+냉처치군 순으로 LDH 농도가 감소하는 결과를 나타냈다. 또한, 경기직후부터 휴식 30분후 통제군이 171.7±17.11IU/L로 LDH 농도가 약 7% 감소하였으나, BCAA섭취군이 174.8±7.63IU/L로 LDH 농도가 약 6% 감소하였고, BCAA섭취+냉처치군이 154.0±16.81IU/L으로 약 21%의 LDH 농도 감소 효과를 나타내어, 통제군=섭취군<섭취+냉처치군 순으로 LDH 농도 감소 효과를 나타냈으나 통계적으로 그룹간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

표 7. LDH 농도의 변화					(IU/L)	
	안정시	경기직후	휴식15	휴식30	F-value	
통제군(6)	131.5±17.02	185.7±32.93	173.5±14.82	171.7±17.11	Group	.474
BCAA 섭취군(6)	140.3±12.60	186.5±9.01	176.8±12.72	174.8±7.63	Time	67.683***
BCAA섭취+ 냉처치군(6)	136.0±6.96	196.0±23.88	161.2±16.12	154.0±16.81	Group×time	2.841*

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

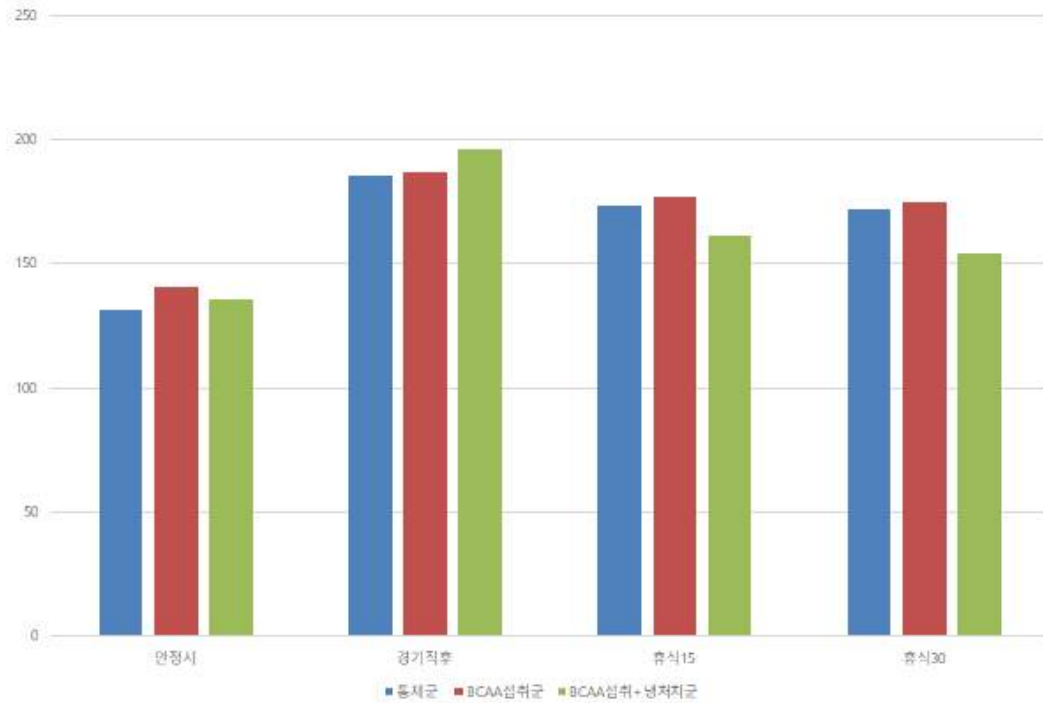


그림 6. LDH 농도 변화 비교

3. 심박수 변화 비교

남자 태권도 선수의 심박수 변화를 비교분석한 결과는 <표 8>, <그림 7>과 같다.

남자 태권도 선수의 심박수를 비교분석한 결과는 <표 8>, <그림 7>과 같고, 그 결과 측정시기 간에서 매우 유의한 차이를 나타냈다($F=1381.330$, $p<.001$).

그룹간 차이를 살펴보면, 안정시 통제군 66.5 ± 6.03 beats/min, BCAA섭취군 63.2

±4.92beats//min, BCAA섭취+냉처치군 65.7±6.19beats//min이며, 운동직후 통제군 184.7±8.19beats//min, BCAA섭취군 175.5±11.08beats//min, BCAA섭취+냉처치군 180.8±7.49beats//min 으로 나타났다. 또한 휴식15분후 통제군 103.8±9.30beats//min, BCAA섭취군 103.0±9.2beats//min, BCAA섭취+냉처치군 106.2±11.04beats//min 이며, 휴식30분 운동군 96.2±8.31beats//min, BCAA섭취군 96.3±10.17beats//min, BCAA섭취+냉처치군 100.0±6.54beats//min 으로 나타났다.

표 8. 심박수 변화 (beats/min)

	안정시	1회전 후	2회전 후	3회전 후	휴식15	휴식30
통제군(6)	66.5±6.03	175.3±12.40	182.2±9.17	184.7±8.19	103.8±9.30	96.2±8.31
BCAA 섭취군(6)	63.2±4.92	167.5±11.71	175.0±11.10	175.5±11.08	103.0±9.2	96.3±10.17
BCAA섭취+ 냉처치군(6)	65.7±6.19	173.7±5.50	178.2±9.02	180.8±7.49	106.2±11.04	100.0±6.54
Time	1381.330***					
Group	.712					
T × G	.845					

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

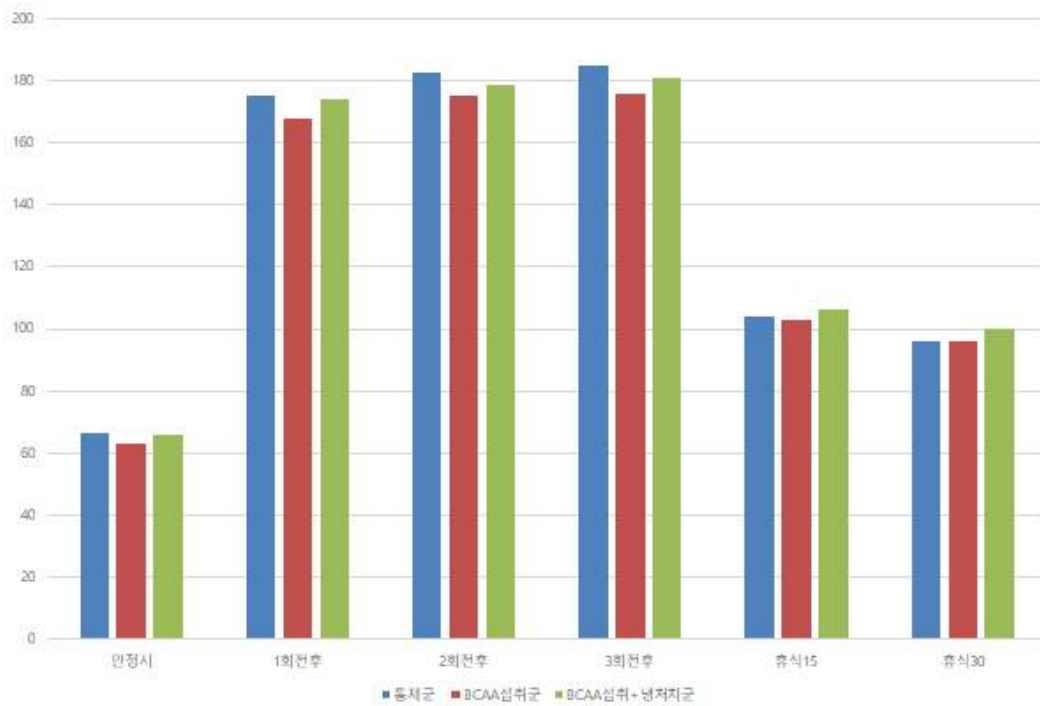


그림 7. 심박수 변화 비교

IV. 논 의

1. 회복방법에 따른 혈중 피로요인 비교

태권도 경기는 2분 3회전으로 구성되어 있으며, 대회 참가 시 예선에서 결선까지 평균 6경기를 치러야 한다(유덕수 등, 2015). 아울러 한 경기마다 심박수가 HRmax의 85~95%까지 상승하는 고강도의 운동이다(이석권, 2003). 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 근육내에서 일어날 수 있는 피로, 중추피로는 중추신경계 시스템의 변화에 의해 발생하는 피로이다. 특히 환경적 제약이 있는 지구성 운동은 중추 요인에 의하여 많은 영향을 받는다(박은희, 2018).

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).

중추피로는 근육 기능 장애와 중추 신경계에서 발생하며, 신체활동 또는 고강도 운동으로 인한 자극으로 신경전달 물질인 세로토닌(Serotonin)과 도파민(Dopamine)이 지속적으로 증가한다. 따라서 중추피로의 주된 원인은 근신경계 및 수의적인 근 수축 능력과 신경전달물질(neurotransmitter)의 억제와 분비에 의해 발생한다(Meeusen et al, 1995; Davis & Bailey, 1997).

운동피로에 중요한 영향을 미치는 피로유발 물질인 젖산과 암모니아는 에너지 대사과정을 바탕으로 생리적인 운동 능력, 피로양산 분석의 지표가 된다(Jacobs, 1986).

또한, 운동 중 축적된 피로로 인한 혈중젖산 농도의 축적은 운동부하 강도와 높은 관련성을 가지고 있으면서 근피로 현상에도 크게 영향을 미치는 것으로 알려져 있어, 혈중 젖산농도의 축적을 운동부하 강도의 지표로 사용하고 있다. 따라서 태권도 경기 중 혈중젖산 농도와 혈중 암모니아를 감소시키는 것은 경기력 유지에 매우 중요하다(김진환, 2010).

선수의 경기력 향상과 더불어 많은 선행연구에서 처치방법을 다양하게 적용하였고, 그 중 Verducci(2002)의 연구에 의하면 역도운동에서 세트와 세트사이 냉처치를 적용할 때 체온보온처치에 비해 운동지속능력이 강화했다고 보고하였고, 유덕수 등(2011)은 태권도 선수를 대상으로 태권도 모의시합을 통하여 시간 냉처치그룹과 마사지그룹이 비처치그룹에 비하여 안정 시 심박수와 혈중 젖산 농도를 낮추고 체력수준을 향상시킨다고 보고하였다. 또한 중국 고등학교 육상선수들을 대상으로 BCAA 섭취 후 피로변화를 연구한 장샤오지에(2020)는 BCAA 섭취가 피로물질을 다소 감소시키지만 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다고 보고하였고, 이한 등(2002)은 고등학교 사이클선수 9명을 대상으로 운동전 BCAA를 섭취시켜 자전거 에르고미터를 이용하여 70%VO₂max의 강도로 탈진시까지 운동시킨 결과 혈중 암모니아 농도가 BCAA섭취군이 위약군보다 높게 나타났다고 보고하여, 동일한 보조제 섭취에도 상이한 연구결과를 나타냈다.

아울러 손무영 등(2012)은 사이클 운동과 회복방법에 관한 연구에서 말초부위 냉각 회복이 혈중 젖산 농도를 효과적으로 감소시키지 못하였지만, 처치 후 평균 페달링 파워의 향상을 가져와 경기력 향상에 도움을 주는 회복전략이라고 보고하였지만, 손종태(2017)은 주짓수 선수를 대상으로 윙게이트 테스트 후 회복 시간동안 아이스 팩을 양손에 쥐고 말초부위를 냉처치 하여 최대파워, 평균파워, 운동총량에 영향을 미치지 않았다고 보고하여, 운동강도와 운동방법, 처치방법에 따라 상이한 결과를 나타냈다.

본 연구에서 남자 태권도 선수의 회복방법에 따른 젖산 농도를 분석한 결과,

측정시기 간에서 유의한 차이를 나타냈으며($F=19.045, p<.01$), 그룹×시기간 상호작용에서 유의한 차이가 나타났다($F=4.305, p<.05$). 또한 그룹간 차이에서는 경기직후부터 휴식 15분 후 통제군 36%, BCAA섭취군 42%, BCAA섭취+냉처리군이 54%의 젖산농도를 각각 감소시켰으며, 휴식 30분 후 통제군 55%, BCAA섭취군 59%, BCAA섭취+냉처리군이 54%를 감소시켜 통제군<BCAA섭취군<BCAA섭취+냉처리군 순으로 젖산 농도를 감소시켰다. 아울러, 암모니아 농도를 비교분석한 결과, 측정시기 간에서 매우 유의한 차이를 나타냈으며($F=152.865, p<.001$), 그룹×시기간 상호작용에서 유의한 차이가 나타났다($F=3.279, p<.01$). 그룹간 차이를 살펴보면, 경기직후부터 휴식 15분 후 통제군 35%, BCAA섭취군 51%, BCAA섭취+냉처리군이 52%의 젖산농도를 각각 감소시켰으며, 휴식 30분 후 통제군 47%, BCAA섭취군 54%, BCAA섭취+냉처리군이 59%를 감소시켜 통제군<BCAA섭취군<BCAA섭취+냉처리군 순으로 암모니아 농도를 감소시켰다.

이러한 결과는, 운동 후 냉처리로 인해 통증을 느끼게 하는 신경전달을 더디게 하여 말단신경의 흥분도를 둔화시키고(Rowsell, 2009), BCAA는 골격에서 산화되어 운동 시 수축하는 골격근에 긍정적 영향을 미친 결과라고 판단된다.

2. 회복방법에 따른 근 손상물질 비교

근육 피로는 대사산물의 축적과 에너지 기질의 고갈에 의하여 활동능력이 저하되는 현상을 그 발생 기전으로 보았고(Simonson & Shklair, 1970), Bigland-Ritchie & Woods(1984)는 각 근육 및 근육 그룹이 생산하는 최대 자발적 근력(maximal voluntary force)의 점차적인 저하라고 정의하였다.

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, LDH 등이 근 손상의 대표적인 지표로서 연구되고 있다(박은희, 2018).

CK 농도는 훈련을 통해 세포내 ATP 함량을 증가시키고 세포막을 강화시켜 근 손상을 감소시킴으로써 운동 후 혈중 CK 농도의 상승률을 낮출 수 있기 때문에(Hunter & Critz, 1971), 신체의 단련정도에 따라 다른 양상을 보이는데(윤종관, 1998), 일정기간 저온 환경에서의 훈련을 통해 CK 농도의 활성도를 낮출 수 있다고 보고되고 있다(김영석, 2003).

운동에 의한 근 손상은 대사적 스트레스(metabolic stress) 또는 구조적 스트레스(mechanical stress) 환경에 의해 초래되며 유사한 기전으로 초기 반응을 유도한다(White et al., 2013). 운동 직후의 근육통은 피로의 시점까지 수행되는 격렬한 운동 중 또는 운동직후 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).

운동으로 인해 근 손상을 유발하는 CK 농도는 운동 후 냉각 처치로 인해 지연 및 감소시킬 수 있으며, 근육의 유연성을 증가시켜 근 손상과 경직을 감소시킬 수 있다(Eston & Daniel, 1999).

Rowell et al.(2009)는 냉각 처치가 혈관을 수축시켜 조직으로 공급되는 혈액의 양을 감소시키고, 각 조직 내 세포의 대사율을 낮추어 염증 및 부종을 줄여주는 효과를 나타낸다고 보고하였고, Eston & Daniel(1999)은 냉처치가 근육의 유연성을 증가시켜 근 손상과 경직을 감소시킬 수 있다고 주장하였다. 아울러 멩희정(2002)은 냉처치가 통증을 느끼게 하는 신경전달을 더디게 하고 말단신경의 흥분도를 둔화시켜 통증 및 피로자각도 뿐만 아니라 혈중 CK 농도를 감소시

킨다고 보고하였다.

한편, 운동 후 회복과 관련하여 보조물 섭취의 경우 골격근 밀도의 향상과 운동수행력 향상을 위해 단백질 공급원인 아미노산 특히 BCAA(Branched Chain Amino Acid; BCAA)를 많이 활용한다(조수연 등, 2004). BCAA는 세포 증식을 촉진시키는 신진대사의 향상, 운동 중 회복기능 향상 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Coombes & McNaughton, 2000; Gleeson, 2005; Shimonura et al, 2010; Gualano et al, 2011).

BCAA 보충은 근육 통증을 감소시키는 것으로 알려져 있으며(Jackman, 2010), 여러 선행연구에 의하면 장시간의 지구력 운동에서 BCAA 투여는 근 손상을 감소시키고 회복력을 가속화시키는 보고되고 있다(Coombes & McNaughton, 2000; Matsumoto, 2009; Rahimi, 2017; Shimomura et al, 2010).

본 연구에서와 같이 복합처치(섭취군, 섭취+처치군)를 적용한 선행연구를 살펴보면, 이성재(2014)는 볼더링경기 중 다양한 회복처치 방법을 적용하여 혈중 피로물질을 분석한 결과 각 그룹에서 (운동군, 저항도 회복군, 냉처치군) CK와 LDH 농도에 변화가 나타나지 않았다고 보고하였고, 박종현(2018)은 남자 주짓수 선수 8명을 대상으로 다양한 회복처치(활동성 회복, 말초부위 냉처치, 고농도 산소공급기 회복처치)를 적용하여 운동수행력과 피로물질 변화를 규명한 결과, 피로물질과 근 손상물질에 효과가 나타나지 않았다고 보고하였고, 이러한 결과는 회복처치의 방법, 부위, 시간 등 연구설계의 영향도 있지만, 입상 경력이 풍부한 선수들이 주짓수 경기를 충분히 소화할 만큼의 체력 수준을 보유했기 때문이라고 주장하였다.

그러나, 본 연구에서 남자 태권도 선수의 회복방법에 따른 근 손상물질을 분석한 결과, CK 농도 비교에서는 그룹×시기간 상호작용에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 측정시기 간에서 매우 유의한 차이를 나타냈다 ($F=32.758, p<.001$). 또한, 그룹간 차이에서는 통제군이 경기직후보다 CK 농도

가 약 10% 감소하였고, BCAA섭취군이 약 13%, BCAA섭취+냉처치군이 약 21% 감소하여 통제군<BCAA섭취군<BCAA섭취+냉처치군 순으로 CK 농도가 감소하는 결과를 나타냈으며, 경기직후부터 휴식 30분후 통제군 약 15%, BCAA섭취군 약 26%, BCAA섭취+냉처치군이 약 36%의 CK 농도 감소 효과를 나타내어, 통제군<BCAA섭취군<BCAA섭취+냉처치군 순으로 CK 농도 감소 효과를 나타냈으나 통계적으로 그룹간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

아울러, 근 손상물질인 LDH 농도를 분석한 결과, 측정시기 간에서 매우 유의한 차이를 나타냈으며($F=67.683$, $p<.001$), 그룹×시기간 상호작용에서 유의한 차이가 나타났다($F=2.841$, $p<.05$). 그룹간 차이에서는, 통제군이 휴식15분후 경기직후보다 LDH 농도가 약 6% 감소하였고, BCAA섭취군이 약 5%, BCAA섭취+냉처치군이 약 17% 감소하여 통제군=BCAA섭취군<BCAA섭취+냉처치군 순으로 LDH 농도가 감소하는 결과를 나타냈다. 또한, 경기직후부터 휴식 30분후 통제군이 약 7%, BCAA섭취군이 약 6%, BCAA섭취+냉처치군이 약 21%의 CK 농도 감소 효과를 나타내어, 통제군=BCAA섭취군<BCAA섭취+냉처치군 순으로 CK 농도 감소 효과를 나타냈으나 통계적으로 그룹간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 이러한 결과는 이성재(2014)와 박종현(2018)의 연구결과와 상반되지만, Parouty et al.(2010)과 유덕수(2015)의 연구결과와 일치한다. 이처럼 연구설계와 대상, 변인에 따라 상이한 결과를 나타냈지만, 냉처치는 혈관 수축을 유발하여 조직으로 가는 혈액 공급을 감소시키고 국소 출혈과 부종을 최소화하여 세포 내 대사율 및 염증반응 억제를 유발하고, 근육의 탄성 증가와 CK, LDH 및 부종의 감소에 기여하고(Eston & Peters, 1999; Banfi et al., 2009), BCAA는 운동과 스트레스 상황 모두에서 근육에 중요한 기질로 작용하며 다른 아미노산과 단백질의 역할을 하며 근 손상을 유발했기 때문이라고 판단된다.

V. 결 론

본 연구는 남자 고등학교 태권도 선수 18명을 대상으로 태권도 경기 후 회복 방법(운동군, BCAA 섭취군, BCAA 섭취+냉처치군)에 따른 혈중 피로요인 및 근 손상물질에 미치는 효과를 규명하고자 하였다.

본 연구목적에 의하여 자료를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 남자 고등학교 태권도 선수의 경기 후 회복방법에 따른 혈중 피로요인에서는 젖산과 암모니아 농도에서 그룹간 유의한 차이를 나타냈으나, 코티졸 농도에서는 그룹간 차이가 나타나지 않았다.

- 1) 젖산 농도 비교에서는 측정시기 간, 그룹×시기간 상호작용에서 유의한 차이가 나타났다. 또한 그룹간 차이에서는 경기직후부터 휴식15분과 휴식 30분후 운동군<섭취군<섭취+처치군 순으로 젖산 농도 감소 효과를 나타냈다.
- 2) 암모니아 농도 비교에서는 측정시기 간, 그룹×시기간 상호작용에서 유의한 차이가 나타났다. 또한 그룹간 차이에서는 경기직후부터 휴식15분과 휴식30분후 운동군<섭취군<섭취+처치군 순으로 암모니아 농도 감소 효과를 나타냈다.
- 3) 코티졸 농도 비교에서는 측정시기 간, 그룹×시기간 상호작용에서 유의한 차이가 나타났으나, 그룹간 차이는 나타나지 않았다.

2. 남자 고등학교 태권도 선수의 경기 후 회복방법에 따른 근 손상물질에서는 CK, LDH 농도에서 측정시기 간 유의한 차이가 나타났으나, 그룹간 차이에서는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.

- 1) CK 농도 비교에서는 측정시기 간 유의한 차이가 나타났다. 또한 그룹간 차이에서는 경기직후부터 휴식15분과 휴식30분후 운동군<섭취군<섭취+처치군 순으로 CK 농도 감소 효과를 나타냈다.
- 2) LDH 농도 비교에서는 측정시기 간, 그룹×시기간 상호작용에서 유의한 차이가 나타났으나, 그룹간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, BCAA섭취 또는 냉처치의 단일처치 보다는 복합처치(BCAA섭취, BCAA섭취 + 냉처치)가 선수의 피로물질(젖산, 암모니아)을 감소시키고, 근 손상물질(CK) 감소에 기여한다고 볼 수 있다. 또한 경기 현장에서 적용하기에 섭취 및 처치가 단순하고 명확하여 실용적인 기초자료로 쓰이기에 충분하다. 따라서 향후 후속 연구에서 처치방법의 범위를 다양한 측면에서 설계하고 대상을 확대하여 적용한다면 경기에 따른 피로회복 향상과 더불어 경기수행능력 발전에 도움이 될 것이라 판단된다.

참고문헌

- 고기준, 김태운, 안병철, 한재응, 이재규, 문혜경, 김종원(1999). 육상선수들과 수영선수들의 최대산소섭취량과 혈청효소 및 호르몬 반응에 관한 비교연구. 한국체육학회, 뉴밀레니엄 스포츠 비전, 652-662.
- 김나경(2012). 두피 경락 마사지가 코티솔 농도에 미치는 영향. 중앙대학교 의약 식품대학원. 미간행 석사학위논문.
- 김도운(2019). 고온환경에서의 운동중 세로토닌 운반체 유전자 다형성에 따른 중추피로 관련변인 비교. 운동과학, 18(1), 31-42.
- 김동현(2017). 코어운동이 배드민턴 선수들의 혈중피로물질과 경기력향상 요인에 미치는 영향. 조선대학교 교육대학원. 미간행 석사학위논문.
- 김동희, 김성철, 전향원(1993). 달리기 운동이 CPK, LDH 효소 활동에 미치는 영향. 전남대학교 부설 스포츠과학 연구소 논문집, 10, 77-98.
- 김상우(2001). 크레아틴 투여가 신체조성과 근기능 및 혈중피로요인에 미치는 영향. 국민대학교 대학원. 미간행 석사학위논문.
- 김성수, 송분도, 라성민, 신말순, 이명화, 윤범철(2001). 운동강도에 따른 탈진 운동이 혈중5-HT와 dopamine의 농도에 미치는 영향. 한국체육학회, 40(3), 674-684.
- 김성수, 정일규(2000). 운동생리학. 서울 : 대경북스.
- 김성준(2012). 농구동호인 대상 우수선수와 일반선수 간 체력 및 혈중 젖산 분석. 계명대학교 교육대학원. 미간행 석사학위논문.

- 김완수(1995). Branched-Chain amino acids와 Ornithine α -Ketoglutarate 투여가 뇌 Tryptophan 농도 및 지구성 운동수행에 미치는 효과. 성균관대학교 대학원. 미간행 박사학위논문.
- 김영미(2012) 모래놀이치료가 아동상담기관 내원아동부모의 양육 스트레스, 대처 방식 및 타액 코티졸에 미치는 효과. 남서울대학교 대학원. 미간행 석사학위논문.
- 김영석(2003). 노르딕 스키훈련 전·후의 절대강도 운동시 직장온도와 헤마토크리트 및 Creatine Kinase 활성 변화에 미치는 영향. 강릉대학교 교육대학원. 미간행 석사학위논문.
- 김의환(1992). 유도경기훈련지도서. 서울 : 체육과학연구원.
- 김인범, 김민교, 오덕자(2018). 12주간 복합운동이 여고생의 건강관련체력, 부산피질 자극 호르몬과 코티졸 농도에 미치는 영향. 한국체육과학회지, 27(3), 973-981.
- 김정규, 백일영(1995). 운동강도에 따른 혈중 암모니아와 젖산농도 변화에 관한 연구. 체육연구논문집, 2(1), 211-229.
- 김지수(2007). 숙련도에 따른 아이언샷 연습량이 혈중 근손상 지표물질 농도 변화에 미치는 영향. 연세대학교 교육대학원. 미간행 석사학위논문.
- 남영열(2013). 8주간 숙련도에 따른 아이언샷 연습량이 혈중 근손상 지표물질 농도 변화에 미치는 영향. 연세대학교 교육대학원. 미간행 석사학위논문.
- 맹희정(2002) 근 피로 유발후 냉요법에 따른 코티졸, 테스토스테론의 변화. 한국체육학회지, 41(3), 317-323.

- 박은희(2018). 태권도 선수의 경기 후 Cold water immersion이 중추신경계 피로와 스트레스호르몬 및 근 손상, 항산화효소에 미치는 효과. 성신여자대학교 일반대학원. 미간행 박사학위논문.
- 박익렬, 전태원, 박계순, 류병관, 최정원(2002). 우수 남녀 태권도 선수의 경기중 심박수, 혈중젖산, 혈압, 심근산소소비량의 변화. 한국체육학회지, 41(5), 625-634.
- 백성필(2013). 유도선수들의 체중감량 목표 설정이 무산소성 운동능력과 피로물질에 미치는 효과 : 고등학교 남자 유도선수를 대상으로. 용인대학교 교육대학원. 미간행 석사학위논문.
- 소인철, 양윤권, 이상훈(2005). BCAA 섭취가 무산소성 파워와 근세포 손상지표, LDH에 미치는 효과. 한국체육과학회지, 15(1), 693-703.
- 손낙훈, 윤우상(2007). 남자 대학생들의 심혈관계 및 체력요인과 무산소성 운동 직후 젖산농도간 관계분석. 한국스포츠리서치, 18(1), 57-64.
- 손무영, 황봉영, 이대택, 차광석(2012) 중거리 사이클 경기 후 말초부위 냉각과 활동적 페달링 회복이 피로물질 변화와 경기수행능력에 미치는 영향. 체육과학연구, 23(3), 666-674.
- 손종태(2017). 말초부위 냉각회복이 주짓수 선수들의 무산소성 운동능력에 미치는 영향. 한국체육대학교 대학원. 미간행 석사학위논문.
- 이석권(2003). 태권도의 기본동작, 발차기, 품세의 운동 강도. 전북대학교 대학원. 미간행 석사학위논문.
- 양윤권, 박은희(2016). 냉·온 처치가 태권도 선수의 혈중피로요인에 미치는 효과. 한국체육과학회지, 25(4), 1035-1061.

- 유형준(2019). 코어 안정화 운동이 검도선수들의 혈중젖산과 경기력향상에 미치는 영향. 조선대학교 교육대학원. 미간행 석사학위논문.
- 윤영학, 김복주(1994). 지구성 운동 후 혈청 LDH 및 Isoenzyme 분포에 관한 연구. 대한스포츠의학회지, 12(1), 118-125.
- 유덕수, 박훈영, 이만균(2011). 태권도 경기간 회복 방법이 남자 대학 태권도 선수의 피로관련 혈액변인 및 체력에 미치는 영향. 운동과학, 20(3), 261-272.
- 유덕수, 박훈영, 김형준, 이만균(2015). 태권도 경기 간 다양한 회복방법과 글루코스 섭취가 체력에 미치는 영향. 대한무도학회지, 17(2), 33-44.
- 윤종관(1998). 최대운동이 혈청 크레아틴 키나아제 및 젖산 탈수소 효소에 미치는 영향. 대한스포츠의학회지, 16(2), 277-281.
- 이명천, 김기진, 김미혜, 박현, 이대택, 차광석(2001). 스포츠영양학. 라이프사이언스.
- 이상재(2019). BCAA 섭취가 보디빌더의 운동수행능력, 골격근변화, CPK 및 LDH에 미치는 영향. 부산대학교 대학원. 미간행 석사학위논문.
- 이성재(2014). 볼더링 경기 중 다양한 회복처치에 따른 심박수와 혈중 피로물질의 반응 비교. 경희대학교 체육대학원. 미간행 석사학위논문.
- 이선장, 김학렬, 김용영(2001). 성장기 남녀 과체중 아동들의 규칙적인 유산소성 트레이닝이 신체조성과 체력에 미치는 영향. 한국발육발달학회지, 9(2), 31-45.
- 이승우, 최성철, 조규찬, 류재철, 김진천, 허갑도(1984). 급성 심근경색증의 지단에 있어서 혈청 CPK Isoenzyme의 의의. 대한내과학회잡지, 28(3), 9-17.

- 이승훈(2004). 기공수련이 태권도선수의 운동수행능력, 암모니아 농도, 콜레스테롤 및 근기능에 미치는 영향. 고려대학교 대학원. 미간행 박사학위논문.
- 이승원(2020). 코어 운동이 엘리트 축구 선수들의 혈중 피로물질과 스트레스지표에 미치는 영향. 조선대학교 대학원. 미간행 박사학위논문.
- 이용진(2003). 근피로 유발 후 냉온요법이 혈중 암모니아의 변화에 미치는 영향. 한국체육학회지, 42(5), 697-705.
- 이회량(1997). 줄넘기 운동이 LDH CPK 효소활성에 미치는 영향. 한국교육대학교 대학원. 미간행 석사학위논문.
- 장샤오지에(2020). BCAA 섭취가 중장거리 육상선수들의 근손상, 피로물질 및 스트레스 호르몬에 미치는 영향. 군산대학교 대학원. 미간행 석사학위논문.
- 장정택(2012). 내리막길 고강도 달리기 운동 전 하지 냉 온수 입수가 염증반응에 미치는 영향. 국민대학교 스포츠산업대학원. 미간행 석사학위논문.
- 장효걸(2020). BCAA 섭취가 중·장거리 육상선수들의 근손상, 피로물질 및 스트레스 호르몬에 미치는 영향. 군산대학교 대학원. 미간행 박사학위논문.
- 전인혜(2011). 남자 중학생의 걷기운동 시 음악템포가 운동속도, 심박수, 운동강도 및 코티졸 농도에 미치는 영향. 대구가톨릭대학교 대학원. 미간행 석사학위논문.
- 정우석(2012). BCAA 섭취가 지구성 운동 시 피로물질, 근 손상물질 및 에너지 대사물질에 미치는 영향. 전남대학교 대학원. 미간행 박사학위논문.
- 조수연(2003). BCAA와 OKG 및 albumin 가중투여가 장시간 운동시 피로물질과 에너지기질 변화에 미치는 영향. 연세대학교 대학원. 미간행 석사학위논문.

- 조수연, 백일영, 우진희, 김근수(2004). BCAA와 OKG 및 albumin 가중투여가 장 시간 운동시 피로물질요인과 에너지기질에 미치는 영향. 체육과학연구, 15(3), 1-10.
- 조은희(2004). 신생아 터치마사지. 한국모자보건학회학술대회, 1, 62-69.
- 조현철, 김성연, 김윤호, 김종규, 나운신, 노성규 등(2011). 운동생리학. 서울 : 도서출판 21세기교육사.
- 천병옥(2007). 복합훈련과 수영훈련이 glucose, insulin농도와 CPK, LDH 활성도에 미치는 영향. 한국사회체육학회지, 31, 1267-1278.
- 최기선(2008) 4주간의 웨이트트레이닝이 근력향상 및 혈중 근손상 지표 변화에 미치는 영향. 연세대학교 교육대학원 미간행 석사학위 논문.
- 최수영(2011). 원예치료가 의료직원의 타액 코티졸 농도변화와 혈압에 미치는 영향. 고려대학교 대학원. 미간행 석사학위논문.
- 최대원, 정승원(2000). 12주간 트레이닝 방법에 따른 흰쥐의 혈청 LDH 및 CPK 활성도에 미치는 영향. 대덕대학교 대학원. 미간행 석사학위논문.
- 최병광(2017). BCAA 투여가 국가대표 경보선수의 경기력과 젖산회복에 미치는 영향. 수원대학교 대학원. 미간행 석사학위논문.
- 한은상, 구민(2019). 정적스트레칭 Cool-Down이 고강도 단시간운동에 의한 혈중 Lactate축적 변화에 미치는 효과. 한국발달발달학회, 27(2), 87-91.
- 허성훈(2016). 반복적 피로 유발 운동 후 분지 아미노산 섭취가 조정 500M 기록 및 염증인자의 변화에 미치는 영향. 대구대학교 대학원. 미간행 박사학위 논문.

- 홍순호(2005). 엘리트 농구선수와 비 엘리트 농구선수의 혈중 젖산 변화의 관련성. 한남대학교 체육대학원. 미간행 석사학위논문.
- 황봉연(2011). 더위에서 지구성 운동 후 회복조건이 체온 피부혈류와 피로물질에 미치는 영향. 국민대학교 대학원. 미간행 박사학위논문.
- Abraham, W. M. (1977). Factors in delayed muscle soreness. *Medicine and science in sports*, 9(1), 11-20.
- Almasi, J., Jalalvand, A., & Farokhroo, N. (2014). The effect of PNF stretching and therapeutic massage combination treatment on markers of exercise induced muscle damage. *Int. J. Biosci*, 4, 217-228.
- Apple, F. S., Rogers, M. A., Sherman, W. M., & Ivy, J. L. (1984). Comparison of serum creatine kinase and creatine kinase MB activities post marathon race versus post myocardial infarction. *Clinica chimica acta*, 138(1), 111-118.
- Arafah, B. M. (2006). Hypothalamic pituitary adrenal function during critical illness: limitations of current assessment methods. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 91(10), 3725-3745.
- Babij, P., Matthews, S. M., & Rennie, M. J. (1983). Changes in blood ammonia, lactate and amino acids in relation to workload during bicycle ergometer exercise in man. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 50(3), 405-411.
- Bigland Ritchie, B. W. J. J., & Woods, J. J. (1984). Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 7(9), 691-699.
- Banister, E. W., & Cameron, B. J. C. (1990). Exercise-induced hyperammonemia: peripheral

- and central effects. *International journal of sports medicine*, 11(S 2), S129-S142.
- Bergh, U., & Ekblom, B. (1979). Influence of muscle temperature on maximal muscle strength and power output in human skeletal muscles. *Acta physiologica scandinavica*, 107(1), 33-37.
- Bourdin, M., Messonnier, L., & Lacour, J. R. (2004). Laboratory blood lactate profile is suited to on water training monitoring in highly trained rowers. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 44(4), 337.
- Broberg, S. Y. L. V. I. A., & Sahlin, K. E. N. T. (1988). Hyperammonemia during prolonged exercise: an effect of glycogen depletion?. *Journal of Applied Physiology*, 65(6), 2475-2477.
- Broberg, S. Y. L. V. I. A., & Sahlin, K. E. N. T. (1989). Adenine nucleotide degradation in human skeletal muscle during prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology*, 67(1), 116-122.
- Buono, M. J., Clancy, T. R., & Cook, J. R. (1984). Blood lactate and ammonium ion accumulation during graded exercise in humans. *Journal of applied physiology*, 57(1), 135-139.
- Byrnes, W. C., Clarkson, P. M., White, J. S., Hsieh, S. S., Frykman, P. N., & Maughan, R. J. (1985). Delayed onset muscle soreness following repeated bouts of downhill running. *Journal of applied physiology*, 59(3), 710-715.
- Candeloro, N., Bertini, I., Melchiorri, G., & De Lorenzo, A. (1995). Effects of prolonged administration of branched-chain amino acids on body composition and physical fitness. *Minerva endocrinologica*, 20(4), 217-223.

- Chaudhuri, A., & Behan, P. O. (2004). Fatigue in neurological disorders. *The lancet*, 363(9413), 978-988.
- Clarkson, P. M., Apple, F. S., Byrnes, W. C., McCormick, K. M., & Triffletti, P. (1987). Creatine kinase isoforms following isometric exercise. *Muscle & nerve*, 10(1), 41-44.
- Clarkson, P. M., Nosaka, K., & Braun, B. (1992). Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Medicine and science in sports and exercise*, 24(5), 512-520.
- Consitt, L. A., Copeland, J. L., & Tremblay, M. S. (2002). Endogenous anabolic hormone responses to endurance versus resistance exercise and training in women. *Sports Medicine*, 32(1), 1-22.
- Coombes, J. S., & McNaughton, L. S. (2000). Effects of branched-chain amino acid supplementation on serum creatine kinase and lactate dehydrogenase after prolonged exercise. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 40(3), 240.
- 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.
- Donnelly, A. E., Clarkson, P. M., & Maughan, R. J. (1992). Exercise-induced muscle damage: effects of light exercise on damaged muscle. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 64(4), 350-353.
- Eston, R., & Peters, D. (1999). Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. *Journal of sports*

sciences, 17(3), 231-238.

Eriksson, L. S., Broberg, S., Björkman, O., & Wahren, J. (1985). Ammonia metabolism during exercise in man. *Clinical Physiology*, 5(4), 325-336.

Farrell, P. A., Garthwaite, T. L., & Gustafson, A. B. (1983). Plasma adrenocorticotropin and cortisol responses to submaximal and exhaustive exercise. *Journal of Applied Physiology*, 55(5), 1441-1444.

FOLKOW, B. (2000). Man's two environments and disorders of civilization: Aspects on prevention. *Blood pressure*, 9(4), 182-191.

Frankenhaeuser, M., Lundberg, U., Fredrikson, M., Melin, B., Tuomisto, M., Myrsten, A. L., ... & Wallin, L. (1989). Stress on and off the job as related to sex and occupational status in white collar workers. *Journal of Organizational Behavior*, 10(4), 321-346.

Garlick, P. J., & Grant, I. (1988). Amino acid infusion increases the sensitivity of muscle protein synthesis in vivo to insulin. Effect of branched-chain amino acids. *Biochemical journal*, 254(2), 579-584.

Gleeson, M. (2005). Interrelationship between physical activity and branched-chain amino acids. *The Journal of nutrition*, 135(6), 1591S-1595S.

Graham, T. E., Pedersen, P. K., & Saltin, B. (1987). Muscle and blood ammonia and lactate responses to prolonged exercise with hyperoxia. *Journal of Applied Physiology*, 63(4), 1457-1462.

Gualano, A. B., Bozza, T., Lopes De Campos, P., Roschel, H., Dos Santos

- Costa, A., Luiz Marquezi, M., ... & Herbert Lancha Junior, A. (2011). Branched-chain amino acids supplementation enhances exercise capacity and lipid oxidation during endurance exercise after muscle glycogen depletion. *J Sports Med Phys Fitness*, 51(1), 82-8.
- Hansen, A. K., Clausen, T., & Nielsen, O. B. (2005). Effects of lactic acid and catecholamines on contractility in fast-twitch muscles exposed to hyperkalemia. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*.
- Henry, J. P. (1992). Biological basis of the stress response. *Integrative physiological and behavioral science*, 27(1), 66-83.
- Hunter, J. B., & Critz, J. B. (1971). Effect of training on plasma enzyme levels in man. *Journal of Applied physiology*, 31(1), 20-23.
- Jacobson, B. H. (1990). Effect of amino acids on growth hormone release. *The Physician and sportsmedicine*, 18(1), 63-70.
- Jackman, S. R., Witard, O. C., Jeukendrup, A. E., & Tipton, K. D. (2010). Branched-chain amino acid ingestion can ameliorate soreness from eccentric exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(5), 962-970.
- Jacobs, I. (1986). Blood Lactate: Implications for Training and Sports Performance. *Sports Medicine*, 3(1), 10-25.
- Janssen, G. M. E., Kuipers, H., Willems, G. M., Does, R. J. M. M., Janssen, M. P. E., & Geurten, P. (1989). Plasma activity of muscle enzymes: quantification of skeletal muscle damage and relationship with metabolic

- variables. *International journal of sports medicine*, 10(S 3), S160-S168.
- Kasperek, G. J., & Snider, R. D. (1987). Effect of exercise intensity and starvation on activation of branched-chain keto acid dehydrogenase by exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 252(1), E33-E37.
- Kenneth, L. K. (1997). Cryotherapy in sport injury management. *Sportsmedicine Quarterly*.
- MacLean, D. A., Spriet, L. L., Hultman, E., & Graham, T. E. (1991). Plasma and muscle amino acid and ammonia responses during prolonged exercise in humans. *Journal of applied physiology*, 70(5), 2095-2103.
- Matsumoto, K., Koba, T., Hamada, K., Tsujimoto, H., & Mitsuzono, R. (2009). Branched-chain amino acid supplementation increases the lactate threshold during an incremental exercise test in trained individuals. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 55(1), 52-58.
- Meeusen, R., & Lievens, P. (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.
- 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.

- Mooren, F. C., Lechtermann, A., Fobker, M., Brandt, B., Sorg, C., Völker, K., & Nacken, W. (2006). The response of the novel pro-inflammatory molecules S100A8/A9 to exercise. *International journal of sports medicine*, 27(09), 751-758.
- Paccotti, P., Minetto, M., Terzolo, M., Ventura, M., Ganzit, G. P., Borrione, P., ... & Angeli, A. (2005). Effects of high-intensity isokinetic exercise on salivary cortisol in athletes with different training schedules: relationships to serum cortisol and lactate. *International journal of sports medicine*, 26(09), 747-755.
- Parouty, J., Al Haddad, H., Quod, M., Leprêtre, P. M., Ahmaidi, S., & Buchheit, M. (2010). Effect of cold water immersion on 100-m sprint performance in well-trained swimmers. *European journal of applied physiology*, 109(3), 483-490.
- Shimomura, Y., Inaguma, A., Watanabe, S., Yamamoto, Y., Muramatsu, Y., Bajotto, G., ... & Mawatari, K. (2010). Branched-chain amino acid supplementation before squat exercise and delayed-onset muscle soreness. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 20(3), 236-244.
- Simonson, L. G., & Shklair, I. L. (1970). Scanning Electron Microscopy of the antigen-antibody complex. *Experientia*, 26(11), 1287-1288.
- Racinais, S., & Oksa, J. (2010). Temperature and neuromuscular function. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20, 1-18.
- Rahnama, N., Rahmani-Nia, F., & Ebrahim, K. (2005). The isolated and

- combined effects of selected physical activity and ibuprofen on delayed-onset muscle soreness. *Journal of sports sciences*, 23(8), 843-850.
- Rahimi, M. H., Shab-Bidar, S., Mollahosseini, M., & Djafarian, K. (2017). Branched-chain amino acid supplementation and exercise-induced muscle damage in exercise recovery: A meta-analysis of randomized clinical trials. *Nutrition*, 42, 30-36.
- Rahimi, M. H., Shab-Bidar, S., Mollahosseini, M., & Djafarian, K. (2017). Branched-chain amino acid supplementation and exercise-induced muscle damage in exercise recovery: A meta-analysis of randomized clinical trials. *Nutrition*, 42, 30-36.
- ROALSTAD, M. (1989). Physiologic testing of the ultraendurance triathlete. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 21(5).
- 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.
- Roti, S. (1981). Serum concentrations of myoglobin, creatine phosphokinase and lactic dehydrogenase after exercise in trained and untrained athletes.
- Stocks, J. M., Taylor, N. A., Tipton, M. J., & Greenleaf, J. E. (2004). Human physiological responses to cold exposure. *Aviation, space, and environmental medicine*, 75(5), 444-457.

- Swenson, C., Swärd, L., & Karlsson, J. (1996). Cryotherapy in sports medicine. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 6(4), 193-200.
- Tartibian, B., Azadpoor, N., & Abbasi, A. (2009). Effects of two different type of treadmill running on human blood leukocyte populations and inflammatory indices in young untrained men. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 49(2), 214.
- 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.
- Verducci, F. M. (2000). Interval cryotherapy decreases fatigue during repeated weight lifting. *Journal of athletic training*, 35(4), 422.
- Wagenmakers, A. J. M., Coakley, J. H., & Edwards, R. H. T. (1990). Metabolism of branched-chain amino acids and ammonia during exercise: clues from McArdle's disease. *International journal of sports medicine*, 11(S 2), S101-S113.
- Wallimann, T., Wyss, M., Brdiczka, D., Nicolay, K., & Eppenberger, H. M. (1992). Intracellular compartmentation, structure and function of creatine kinase isoenzymes in tissues with high and fluctuating energy demands: the 'phosphocreatine circuit' for cellular energy homeostasis. *Biochemical Journal*, 281(1), 21-40.
- 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.

- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1988). Training for sport and activity: The physiological basis of the conditioning process. Brown & Benchmark.
- Wilmore, J. H., Costill, D. L., & Kenney, W. L. (1994). Physiology of sport and exercise (Vol. 524). Champaign, IL: Human kinetics.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1999). Physiology of Sport and Exercise. 2nd. Champaign. Human Kinetics, 310-41.
- 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.
- Zainuddin, Z., Hope, P., Newton, M., Sacco, P., & Nosaka, K. (2005). Effects of partial immobilization after eccentric exercise on recovery from muscle damage. *Journal of athletic training*, 40(3), 197.

The Effect of Recovery Method on Blood Fatigue and Muscle Injury after Competition in Male Taekwondo Athletes

SHIN HEE KWANG

Dept. of Physical Education

(Exercise Physiology)

Graduate school of

SungShin Women's University

This study is to compare the effects on blood fatigue factors and muscle damage substances according to recovery methods (exercise group, BCAA intake group, BCAA intake + cold treatment) after Taekwondo competition, and the results of the experiment on 18 Taekwondo athletes of the Korean Sports Association are as follows.

1. The study showed a significant difference between groups in lactic acid and ammonia concentrations when investigated on blood fatigue factors according to the recovery method of male high school Taekwondo athletes after the competition, however there was no difference between groups in cortisol concentrations.

1) In the comparison of lactate concentration, there was a significant difference in the interaction between the measurement and periods X the group period. In addition, the effect of reducing lactic acid concentration was shown in the order of exercise group <intake group <intake + treatment group> after 15 minutes rest and 30 minutes rest after the

competition.

2) In the comparison of the ammonia concentration, there was a significant difference in the interaction between the measurement periods and group X period. In addition, ammonia concentration reduction effect was shown in the order of exercise group <intake group <intake + treatment group after 15 minutes rest and 30 minutes rest after the competition in the difference between groups.

3) There was a significant difference in the interaction between the cortisol concentration measurement period and the group X period, however there was no difference between groups.

2. There was a significant difference between the measurement periods in the concentration of CK and LDH in the muscle damage substances according to the recovery method of male high school Taekwondo athletes after the competition, however there was no statistically significant difference between groups.

1) In the comparison of CK concentration, there was a significant difference between the measurement periods. In addition, CK concentration decreased in the order of exercise group <intake group <intake+treatment group after 15 minutes rest and 30 minutes rest after the competition in the difference between groups.

2) There was a significant difference in the interaction between the LDH concentration measurement period and the group X period, but no significant difference between the groups.

In conclusion, combined treatment (BCAA intake, BCAA intake + cold treatment) reduces fatigue substances (lactic acid, ammonia) and contributes to the reduction of muscle damage substances (CK) in athletes rather than BCAA intake or single treatment of cold treatment. Since intake and treatment are simple and clear to be applied in the field of competition, it is sufficient to be used as a practical basic data. Therefore, it is expected to be helpful in improving the fatigue recovery and the development of performance if the range of treatment methods is designed in various aspects in future studies and the target is expanded.