

신장성 운동 후 전신 저온 침수가 근손상 반응, 혈중 MDA 및 젖산 농도에 미치는 영향

김창균^{1*}

The Effects of Whole-Body Cold Water Immersion following Eccentric
Exercise on Muscle Damage, Blood MDA and Lactate Levels

Kim, Chang-Gyun^{1*}

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of whole-body cold water immersion following eccentric exercise on muscle damage, blood MDA and lactate levels. This study participated 16 healthy men. 8 people were classified as whole-body cold immersion treatment and control treatment, respectively. Counter movement jump and pain VAS were measured, and blood samples were collected at resting, immediately after exercise, 20 minutes after exercise, 30 minutes after exercise and 48 hours after exercise, respectively. As a results, whole-body cold water immersion treatment significantly reduced pain VAS 48 hours after exercise compared to active recovery treatment. whole-body cold water immersion significantly increases the CK concentration in the blood immediately after exercise and 48 hours after exercise compared to the resting. In conclusion, whole-body cold water immersion treatment is effective in recovering pain and muscle damage after eccentric exercise.

Key words: eccentric exercise, whole-body cold water immersion, muscle damage, MDA, lactate

* ckkim@gachon.ac.kr

1. 가천대학교(Gachon University)/교수

I. 서 론

오늘날 건강 유지 및 증진과 더불어 운동기능 개선을 목적으로 많은 사람이 운동에 참여하고 있으며, 전문 체육뿐만 아니라 생활체육 현장에서 쿨다운의 중요성이 부각되고 있다(Dodd et al., 1984; Gladden, 1991; Hermansen & Stensvold, 1972).

최근 피로 해소 및 수행능력 향상을 목적으로 저온 침수(Cold water immersion, CWI) 처치에 관한 다수의 연구가 보고되고 있다(Bailey et al., 2007; Kim, Lau, Lee, 2017; Roberts et al., 2014; Roberts et al., 2015; Takeda et al., 2014). 저온 침수는 주로 10~15℃ 이하의 온도에서 10~15분간 신체를 입수하는 방법으로 진행되며, 운동 이전의 수준으로 신체를 회복하기 위해 스포츠 현장에서 폭넓게 이용하고 있다(Bastos et al., 2012; Tipton, 2016). 이와 관련하여 선행연구에서는 13~14℃의 온도에서 15분간 저온 침수가 후 혈중 pH의 변화가 없었으나 젖산 농도를 유의하게 감소하였으며(Crowe, O'Connor & Rudd, 2007), Bailey et al. (2007)은 운동 후 저온 침수 처치가 좌식 회복 처치와 비교하여 0시간, 1시간, 24시간, 28시간의 통증지수가 낮았으며, 24시간, 48시간 후 최대수의적수축(Maximal voluntary Isometric contraction, MVIC)이 높고 Creatine kinase(CK), Myoglobin(Mb) 농도가 낮음을 관찰함으로써 근손상 회복에 이점이 있음을 보고한 바 있다. 저온 침수의 효과를 살펴본 선행연구들에서는 저온 침수 처치가 심부 및 피부 온도의 감소에 효과적일 뿐만 아니라 신경전달 속도를 지연함으로써 통증자각 기능을 저하하고 정수압의 증가, 세포막 투과성 저하에 의한 부종 및 혈중 형

성 감소, 조직 손상에 대한 면역반응 감소 등으로 그 효과에 관한 기전을 설명하고 있다(Ihsan, Watson, Lipski, & Abbiss, 2013; McGorm et al., 2015; Swenson, Swärd, & Karlsson, 1996; Vila-Chã, et al., 2012).

Kim et al. (2017)은 최대 운동 후 하지 저온 침수가 Reactive oxygen metabolites(d-ROM)과 젖산 농도를 유의하게 감소하였음을 확인함으로써 하지 저온 침수가 항산화체계에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 시사한 바 있다. 선행연구에서는 활성산소의 감소에 하지 저온 침수가 이점을 제공할 것이라고 하였으나 d-ROM의 변화를 토대로 그 효과를 일반화하기에는 어려움이 있다. 활성산소는 철, 구리와 같은 금속이온과 결합하면 매우 독성이 강한 활성산소와 수소라디칼을 생성하여 인체내 손상할 수 있는 것으로 알려져 있다(Fang et al., 2002). 평소 인체에는 활성산소와 항산화 체계가 공존하고 있어 세포내 방어벽을 생성함으로써 산소라디칼에 의한 피해를 최소화하지만 격렬한 운동에 의한 항산화 방어력이나 효소의 작용 이상으로 산소라디칼(O₂ radical)이 과다 생성될 경우, 인체의 DNA 손상, 단백질 체계의 변성, 지질 구조의 붕괴 등 인체에 유해한 영향을 미칠 수 있다(Gröger et al., 2005; Jenkins & Goldfarb, 1993; Oter et al., 2005). 활성산소는 각종 질병, 운동, 스트레스, 흡연 등에 의해 발생할 수 있으며, 평소 인체 내에서는 Malondialdehyd(MDA)과 같은 활성산소와 Superoxid dismutase(SOD), Glutathione peroxidase(GPx)와 같은 항산화력이 균형을 유지하여 세포내 방어벽을 생성함으로써 활성산소에 의한 피해를 최소화한다(Reiter, 1995). 선행연구를 토대로 살

펴보면 하지 저온 침수는 활성산소와 항산화 효소에 영향을 미칠 가능성이 있는 것이다.

그러나 저온 침수 처치와 활성산소에 관한 다른 선행연구에서는 저온 침수 처치가 운동지속시간에는 긍정적인 영향을 미치지만 산화스트레스에 변화가 없음을 확인하였는데 선행연구에서는 가장 효과적인 저온 침수 온도라고 알려져 있는 10~15℃가 아닌 25℃를 적용한 탓에 그 효과를 명확히 규명하기에는 제한점이 있다. 그 뿐만 아니라 대부분 저온 침수 처치는 발목부터 전신까지 처치 부위에 따라 상이한 결과를 보고하고 있다. 이와 관련하여 전신 저온 침수 처치가 항산화체계 및 피로, 운동수행능력에 미치는 영향을 가장 명확히 규명할 수 있을 것으로 기대된다. 전신 형태의 초저온 처치에 대한 선행연구에서 신장성 운동 후 염증 반응을 완화하였고(Pournot et al., 2011), 또한, 다수의 선행연구에서는 전신을 냉각하는 것이 Creatine kinase (CK)와 Lactate dehydrogenase(LDH)의 증가를 제한하고(Banfi et al., 2009; Wozniak et al., 2007), 항염증성 사이토카인인 Interleukin-10(IL-10)의 증가와 염증전 사이토카인인 Interleukin-2(IL-2)와 케모카인(Chemokine) Interleukin-8(IL-8)의 감소를 유도함으로써 근손상을 개선할 수 있을 것이라고 보고하고 있기 때문이다(Banfi et al., 2009; Lubkowska et al., 2010).

그러나 전신 저온 침수 처치에 따른 근손상 반응과 피로, 그리고 산화스트레스 물질에 미치는 영향을 규명한 연구는 희소한 실정이다.

따라서, 본 연구는 신장성 운동 후 전신 저온 침수 처치에 따른 근손상 반응, 혈중 CK, MDA, 젖산 농도에 미치는 영향을 규명함으로써 쿨다운 방법에 대한 기초자료를 제공하는 데 그 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 경기도 소재 G대학교에 재학 중이며, 의학적으로 질환이 없고 운동참여에 제한이 없는 건강한 남학생 16명을 연구대상자로 모집하였다. 연구대상자들은 전신 저온 침수 처치, 활동적인 회복 처리로 각각 8명씩 무작위 분류되었다. 모든 대상자들에게는 실험 참가 전 사전에 실험의 안전성과 방법, 연구 목적 그리고 절차 등에 관하여 설명하였으며, 내용을 충분히 숙지한 후 연구대상자들에게 실험 참가 동의서를 서명하도록 하였다.

표 1. 신체적 특성

그룹	연령 (세)	신장 (cm)	체중 (kg)	체지방률 (%)
전신 저온 침수($n=8$)	20.4 ± 0.9	176.6 ± 6.8	69.3 ± 9.5	14.3 ± 3.5
통제($n=8$)	22.8 ± 3.2	175.0 ± 5.3	70.7 ± 8.3	17.1 ± 4.7

Values are mean $\pm$ SD.

2. 측정 절차 및 방법

본 연구에서는 근손상 반응을 검증하기 위한 방법으로 점프수행능력과 통증자각도를 측정하고 혈중 CK 농도를 분석하였는데 선행연구에서는 근손상 반응에 따라 점프수행능력 저하와 통증자각도 및 혈중 CK를 증가한다고 보고하고 있기 때문이다(Banfi et al., 2009; Jakeman, Byrne & Eston, 2010).

1) 신체구성

연구대상자들은 본 실험에 임하기 전, 신체구성

을 측정하였다. 측정 12시간 전까지 식사나 운동을 금한 후, 운동복만을 착용한 상태로 자동신장체중계(SD-102, Biospace co., Korea)와 생체전기저항측정기(Inbody 720, Biospace co., Korea)를 사용하여 신체구성을 측정하였다. 신체구성 변인으로는 신장(cm), 체중(kg), 체지방률(%)을 산출하였다.

2) 점프수행능력

연구대상자들은 근손상 반응을 살펴보기 위해 지면반력계(OR6-5-1000CE, AMTI, USA)를 이용하여 반동 점프 높이를 측정하였다. 반동 점프는 선 자세에서 반동을 주어 가능한 높이 도약하고(박해찬, 윤성진, 2013) 각각 2회 실시하여 높은 값을 결과값으로 산출하였다. 반동 점프는 모두 상지에 의한 영향을 최소화하기 위해 양손을 허리에 위치한 자세에서 도약하도록 하였다. 측정 시점은 안정시, 운동직후, 운동 후 30분, 운동 후 48시간이었다.

3) 통증자각도

연구대상자들은 근손상 반응을 살펴보기 위해 10점 척도의 통증자각설문지를 이용하여 통증자각도를 평가하였다. 평가 시점은 안정시, 운동직후, 운동 후 30분, 운동 후 48시간이었다.

4) 혈액 샘플 채취 및 분석

근손상 반응을 살펴보기 위해 CK 농도를 분석하고 산화스트레스를 살펴보기 위해 MDA, 그리고 피로물질을 살펴보기 위해 젖산 농도를 분석하였다. 이를 위해 전완주정맥에서의 채혈과 Finger-tip 방법에 의한 채혈을 실시하였다. 모든 혈액 샘플의

채취는 8시간 이상 공복 상태를 갖고 진행하였다. CK는 전완주정맥에서 처치 당일 안정시, 운동 직후, 운동 후 30분, 운동 후 48시간 네 시점에 걸쳐 채혈하였다. MDA는 처치 당일 안정시, 운동 직후, 운동 후 30분 젖산은 처치 당일 안정시, 운동 직후, 운동 후 20분에 채혈하였다. 시점당 5mL의 혈액을 채취하고 CK와 MDA는 전문의료기관에 의뢰하여 분석하였으며, 젖산은 젖산분석기(biosen C-line Clinic, EKF-diagnostic GmbH, Barleben, Germany)를 이용하여 분석하였다.

3. 전신 저온 침수 및 통제 처치 프로토콜

전신 저온 침수 처치, 활동적인 회복 처치는 모두 24~27℃의 실내 환경에서 진행되었다. 전신 및 하지 저온 침수 처치는 모두 신장성 근수축 운동 직후 반바지만을 착용한 상태로 욕조와 얼음을 이용하여 적용하였다. 현재 저온 침수 처치 최적의 온도와 시간은 11~15℃, 11~15분으로 보고되고 있다(Machado et al., 2016). 그러나 통상적으로 처치 온도와 시간은 5~15℃, 5~24분(1회)으로 보다 광범위하게 적용하고 있기에(Leeder et al., 2012). 본 연구에서는 현장성을 고려하고 피로 및 근손상 개선에 효과적인 연구결과를 확인한 선행연구를 참고하여 12~15℃의 온도에서 10분간 침수하였다(Elias et al., 2012; Howatson, Goodall, & Van Someren, 2009; Juliff et al. 2014). 전신 저온 침수는 쇄골까지 입수하였다. 통제 처치는 활동적인 회복 처치로 신장성 근수축 운동 직후 트레드밀을 이용하여 최대 심박수(HRmax)의 30~40%로 10분간 달리기를 실시하도록 하였다.

4. 자료처리

본 연구의 결과 분석을 위한 자료처리는 SPSS 21.0(ver. Korea) 통계 프로그램을 이용하였으며, 모든 측정항목은 평균과 표준편차를 산출하였다. 각 프로토콜에 따른 변화를 알아보기 위하여 반복 측정에 의한 이원변량분석을 하고 상호작용 효과가 나타날 경우, Tukey's method를 실시하였다. 통계학적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 근손상 반응

신장성 운동 후 전신 저온 침수 처치에 따른 근손상 반응을 살펴보기 위해 반동점프, 통증자각도, 혈중 CK 농도의 변화를 규명하고자 하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

반동점프에 대한 그룹과 시점에 대한 상호작용 효과가 나타나지 않았다. 또한, 그룹에 대한 주효과는 나타나지 않았으나 시점에 대한 주효과가 나타났다($p=.001$)(표 2).

통증자각도에 대한 그룹과 시점에 대한 상호작용 효과가 나타났으며($p=.044$), 그룹과 시점 각각 주효과가 나타났다($p=.001$, $p=.001$)(표 3). 사후검증 결과, 운동 후 48시에 전신 저온 침수 처치가 통제 처치보다 처치 간 유의하게 낮게 나타났으며($p<.05$), 운동 후 30분에 전신 저온 침수 처치가 통제 처치보다 수치상 낮은 경향을 나타냈다($p=.063$). 전신 저온 침수 처치의 경우, 안정시와 비교하여 운동 직후와 운동 후 30분에 시점 간 각각 유의하게 높은 수치를 나타냈으며(각 $p<.05$), 통제 처치의 경우, 안정시와 비교하여 운동 직후, 운동 후 30분, 운동 후 48시간에 시점 간 각각 유의하게 높은 수치를 나타냈다(각 $p<.05$).

혈중 CK 농도에 대한 그룹과 시점에 대한 상호작용 효과가 나타났으며($p=.039$), 시점에 대한 주

표 2. 신장성 운동 후 전신 저온 침수 처치에 따른 반동점프 변화

	전신 저온 침수 ($n=8$)	통제 ($n=8$)		Sig.
안정시	50.00±4.44	51.88±14.35	G	$p=.845$
운동 직후	47.50±4.24	48.75±13.90	T	$p=.001^*$
운동 후 30분	48.13±4.09	50.00±14.81		
운동 후 48시간	50.38±3.93	49.50±13.60	G×T	$p=.062$

Values are $mean \pm SD$, * $p<.05$ G: Group, T: Time, Unit: 점

표 3. 신장성 운동 후 전신 저온 침수 처치에 따른 통증자각도 변화

	전신 저온 침수 ($n=8$)	통제 ($n=8$)		Sig.
안정시	0.625±1.188	0.750±0.707	G	$p=.001^*$
운동 직후	6.875±2.167 ^a	7.750±1.281 ^a	T	$p=.001^*$
운동 후 30분	3.250±1.581 ^a	4.750±1.389 ^a		
운동 후 48시간	0.875±4.250 [#]	4.250±2.053 ^a	G×T	$p=.044^*$

Values are $mean \pm SD$, * $p<.05$ G: Group, T: Time, Unit: U/L [#]통제 처치와 차이, ^a안정시와 차이,

표 4. 신장성 운동 후 전신 저온 침수 처치에 따른 혈중 CK 농도 변화

	전신 저온 침수 ($n=8$)	통제($n=8$)		Sig.
안정시	203.25±81.58	179.75±60.35	G	$p=.967$
운동 직후	225.75±82.63	195.25±50.85	T	$p=.001^*$
운동 후 30분	240.13±82.58	201.75±60.63		
운동 후 48시간	314.25±171.60	413.88±184.14 ^{a,b}	G×T	$p=.039^*$

Values are $mean \pm SD$, * $p < .05$ G: Group, T: Time, Unit: U/L a: 안정시와 차이, b: 운동 직후와 차이

효과가 나타났으나($p=.001$) 그룹에 대한 주효과는 나타나지 않았다(표 4). 사후검증 결과, 통제 처치의 경우, 안정시, 운동 직후와 비교하여 운동 후 48 시간에 유의하게 높은 수치를 나타냈다(각 $p < .05$).

2. 혈중 MDA 농도

신장성 운동 후 전신 저온 침수 처치에 따른 산화스트레스를 살펴보기 위해 혈중 MDA 농도 변화를 규명하고자 하였으며, <표 5>에 제시한 바와 같다.

혈중 MDA 농도에 대한 그룹과 시점에 대한 상호작용은 나타나지 않았다. 또한, 그룹에 대한 주효과는 나타나지 않았으나 시점에 대한 주효과가 나타났다($p=.001$)(표 5).

3. 혈중 젖산 농도

신장성 운동 후 전신 저온 침수 처치에 따른 피로물질을 살펴보기 위해 혈중 젖산 농도 변화를 규명하고자 하였으며, <표 6>에 제시한 바와 같다.

혈중 젖산 농도에 대한 그룹과 시점에 대한 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 또한, 그룹에 대한 주효과는 나타나지 않았으나 시점에 대한 주효과가 나타났다($p=.001$)(표 6).

IV. 논 의

본 연구는 쿨다운 방법으로 전신 저온 침수 처치를 선정하여, 신장성 운동 후 전신 저온 침수 처치

표 5. 신장성 운동 후 전신 저온 침수 처치에 따른 혈중 MDA 농도 변화

	전신 저온 침수 ($n=8$)	통제 ($n=8$)		Sig.
안정시	15.82±4.24	15.97±5.84	G	$p=.636$
운동 직후	20.77±5.77	20.12±4.58	T	$p=.001^*$
운동 후 30분	12.21±1.87	15.23±2.29	G×T	$p=.266$

Values are $mean \pm SD$, * $p < .05$ G: Group, T: Time, Unit: uM

표 6. 신장성 운동 후 전신 저온 침수 처치에 따른 혈중 젖산 농도 변화

	전신 저온 침수 ($n=8$)	통제 ($n=8$)		Sig.
안정시	1.60±0.35	1.46±0.34	G	$p=.747$
운동 직후	8.13±1.21	7.66±4.25	T	$p=.001^*$
운동 후 20분	3.96±1.79	3.89±1.63	G×T	$p=.913$

Values are $mean \pm SD$, * $p < .05$ G: Group, T: Time, Unit: uM

가 근손상 반응, 혈중 CK, MDA, 젖산 농도에 미치는 영향을 검토하고자 하였다.

본 연구결과, 반동점프는 시점에 대한 주효과가 나타났으나 처치 간 차이를 확인하지 못하였다. 선행연구에서는 풋살 경기 후 하지 저온 침수가 통제 처치보다 반동점프가 유의하게 높게 나타남을 보고한 바 있다(Moreira et al., 2015). 이는 본 연구결과와 상이한 결과로, 선행연구와 달리 본 연구는 운동 직후와 30분, 그리고 운동 후 48시간에 따른 반동점프 변화를 살펴보고자 하였으며, 전신 저온 침수를 적용한 차이가 있는데 이러한 차이에 기인한 결과로 해석된다.

아울러, 통증자각도는 그룹과 시점 간 상호작용 효과를 확인하였으며, 운동 후 48시간에서 전신 저온 침수 처치가 통제 처치보다 유의하게 낮게 나타났으며, 운동 후 30분에 전신 저온 침수 처치가 통제 처치보다 수치상 낮은 경향을 나타냈다. 또한 전신 저온 침수 처치는 안정시와 비교하여 운동 직후와 운동 후 30분에 각각 높은 수치를 나타냈으며, 통제 처치의 경우, 안정시와 비교하여 운동 직후, 운동 후 30분, 운동 후 48시간에서 각각 모두 높은 수치를 나타냈다. Ingram et al. (2009)은 통증자각도가 안정시 보다 운동 직후, 운동 후 24시간, 운동 후 48시간에 모두 높았지만, 저온 침수 처치는 통제 처치보다 운동 후 24시간 및 운동 후 48시간에서 유의하게 낮음을 보고함에 따라 본 연구의 결과가 선행연구와 일치함을 확인하였다. 선행연구들에서는 저온 침수가 부 및 피부 온도의 감소에 효과적일 뿐만 아니라 신경전달 속도를 지연함으로써 통증자각 기능을 저하에 효과적이라고 보고하고 있다(Ihsan et al., 2013; McGorm et al., 2015; Vila-Chã, et al., 2012). 즉 전신 저온 침수 처치가 신경전달 속도를 지연함으로써 낮은 통증자각도를 나타냈다

고 볼 수 있다.

혈중 CK는 대표적인 근손상을 뒷받침하는 지표로서 신장성 운동과 같이 과도한 운동으로 인해 근손상이 야기되는데 이로 인해 혈중 CK 농도가 증가하게 된다(Brancaccio et al., 2008). 본 연구에서는 운동 후 전신 저온 처치와 통제 처치에 대한 혈중 CK 농도의 변화를 분석하였으며, 그 결과 그룹과 시점 간 상호작용 효과를 확인하였으며, 통제 처치에서 안정시, 운동 직후와 비교하여 운동 후 48시간에 유의하게 높은 수치를 나타냈다. 저온 처치와 혈중 CK 농도 관련하여 선행연구를 살펴보면 Banfi et al. (2009)은 전신 저온 처치를 한 후 혈중 CK 농도가 유의하게 감소하였음을 보고하였으며, 이 외에도 전신을 냉각하는 방법이 혈중 CK와 LDH 농도의 증가를 제한하고 보고한 바 있어 본 연구의 결과는 다수의 선행연구와 일치하는 결과임을 확인하였다(Bailey et al., 2007; Banfi et al., 2009; Wozniak et al., 2007). 또한 Bailey et al. (2007)은 운동 후 저온 침수 처치가 좌식 회복 처치와 비교하여 0시간, 1시간, 24시간, 28시간의 통증지수가 유의하게 낮음을 확인하였으며, 24시간, 48시간 후 최대수의 적수축(MVIC)이 높고 혈중 CK, Myoglobin 농도가 낮음을 관찰한 바 있다. 이에 본 연구의 결과에서 나타났듯이 저온 침수 처치가 통증자각도를 감소시키고 혈중 CK 농도를 저하시키는데 도움을 준 것으로 보아 운동 후 근손상의 회복에 이점이 있다는 것을 예측할 수 있다.

MDA는 지질과산화물로 알려져 있으며, 선행연구에서는 일회성 운동을 실시 후 증가함을 보고하고 있다(Kanter et al., 1993; Nakhostin-Roohi et al., 2008). 본 연구에서는 운동 후 전신 저온 처치와 통제 처치에 대한 혈중 MDA 농도의 변화를 분석하였으며, 시점에 대한 주효과가 나타났다. 또한 피로

물질의 지표로 알려진 혈중 젖산 농도는 시점에 대한 주효과가 나타난 것으로 보아 혈중 MDA와 젖산 농도는 두 처치 간 차이가 없음을 의미한다. 선행 연구에서는 최대 운동 후 하지 저온 침수가 Reactive oxygen metabolites(d-ROM)과 젖산 농도가 유의하게 감소하였음을 보고하였으며, 이는 본 연구의 결과와 일치한다(Kim et al., 2017). 따라서 저온 침수는 항산화체계에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 생각되며, 운동 종료 후 피로 회복을 촉진하는 데 도움을 줄 수 있음을 시사한다.

V. 결 론

본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 전신 저온 침수 처치는 활동적인 회복처치와 비교하여 운동 후 48시간에 통증자각도가 유의하게 감소한다.
2. 통제 처치는 안정시와 비교하여 운동 직후, 운동 후 48시간 각각 혈중 CK 농도가 유의하게 증가함으로써 저온 침수 처치는 근손상 반응을 더디게 증가하는 것으로 나타났다.

결론적으로 전신 저온 침수는 신장성 운동 후 통증 및 근손상 회복에 효과적이다. 그러나 아직 본 연구의 결과만을 토대로 전신 저온 침수 처치의 효과를 일반화하기에는 제한점이 있다. 적은 샘플 수 및 동일한 샘플을 대상으로 처치 간 효과를 검증하지 못하였기 때문이다. 이에, 전신 저온 침수 처치에 대한 효과를 보다 명확히 규명하기 위해 추후 보다 많은 연구대상자를 모집하여 동일한 대상에 따른 처치 간 효과를 비교 및 분석할 필요가 있다고 판단된다.

참고문헌

1. 박해찬, 윤성진(2013). 하지 중심의 플라이오메트릭 훈련과 등속성 훈련이 등속성 근력 및 점프수행능력에 미치는 영향. 한국사회체육학회지, 제51권, 599-611.
2. 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. *Journal of sports sciences*, 25(11), 1163-1170.
3. Banfi, G., Melegati, G., Barassi, A., Dogliotti, G., d'Eril, G. M., Dugué, B., & Corsi, M. M.(2009). Effects of whole-body cryotherapy on serum mediators of inflammation and serum muscle enzymes in athletes. *Journal of Thermal Biology*, 34(2), 55-59.
4. Bastos, F. N., Vanderlei, L. C. M., Nakamura, F. Y., Bertollo, M., Godoy, M. F., Hoshi, R. A., Junior, J. N., & Pastre, C. M..(2012). Effects of cold water immersion and active recovery on post-exercise heart rate variability. *International journal of sports medicine*, 33(11), 873-879.
5. Brancaccio, P., Maffulli, N., Buonnauro, R., & Limoncelli, F. M.(2008). Serum enzymemonitoring in sports medicine. *Clinical in Sports Medicine*, 27(1), 1-18.
6. Crowe, M. J., O'Connor, D., & Rudd, D.(2007). Cold water recovery reduces anaerobic performance. *International journal of sports medicine*, 28(12), 994-998.
7. Dodd, S., Powers, S. K., Callender, T., & Brooks, E.(1984). Blood lactate disappearance at various intensities of recovery exercise. *Journal of Applied Physiology*, 57(5), 1462-

- 1465.
8. Elias, G. P., Varley, M. C., Wyckelsma, V. L., McKenna, M. J., Minahan, C. L., & Aughey, R. J.(2012). Effects of water immersion on post-training recovery in Australian footballers. *International journal of sports physiology and performance*, 7(4), 357-366.
9. Fang, Y. Z., Yang, S., & Wu, G.(2002). Free Radicals, Antioxidants and Nutrition. *Nutrition*, 18, 872-879.
10. Gladden, L. B.(1991). Net lactate uptake during progressive steady-level contractions in canine skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 71(2), 514-520.
11. Gröger, M., Speit, G., Radermacher, P., & Muth, C. M.(2005). Interaction of hyperbaric oxygen, nitric oxide, and heme oxygenase on DNA strand breaks in vivo. *Mutation Research/ Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 572(1-2), 167-172.
12. Hermansen, L., & Stensvold, I.(1972). Production and removal of lactate during exercise in man. *Acta Physiologica*, 86(2), 191-201.
13. Howatson, G., Goodall, S., & Van Someren, K. A.(2009). The influence of cold water immersions on adaptation following a single bout of damaging exercise. *European journal of applied physiology*, 105(4), 615.
14. 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 and exercise*, 45(5), 876-882.
15. Ingram, J., Dawson, B., Goodmana, C., Wallman, K., & Beilby, J.(2009). Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 417-421.
16. Jakeman, J. R., Byrne, C., & Eston, R. G.(2010). Lower limb compression garment improves recovery from exercise-induced muscle damage in young, active females. *European journal of applied physiology*, 109(6), 1137-1144.
17. Jenkins, R. R. & Goldfarb, A.(1993). Introduction: oxidant stress, aging and exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(2), 210-212.
18. Juliff, L. E., Halson, S. L., Bonetti, D. L., Versey, N. G., Driller, M. W., & Peiffer, J. J.(2014). Influence of contrast shower and water immersion on recovery in elite netballers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(8), 2353-2358.
19. 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), 95-969.
20. Kim, C. G., Lau, P. W., & Lee, J. S.(2017). Influence of post-exercise muscle cooling on oxidative stress, antioxidants, and lactate levels. *GAZZETTA MEDICA ITALIANA ARCHIVIO PER LE SCIENZE MEDICHE*, 176(3), 85-91.
21. Leeder, J., Gissane, C., van 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), 233-240.
22. Lubkowska, A., Szygula, Z., Klimek, A. J., & Torii, M.(2010). Do sessions of cryostimulation have influence on white blood cell count, level of IL6 and total oxidative and antioxidative status in healthy men?. *European Journal of Applied Physiology*, 109(1), 67-72.

23. Macedo, C. D. , Vicente, R. C., Cesário, M. D., & Guirro, R. R.(2016). Cold-water immersion alters muscle recruitment and balance of basketball players during vertical jump landing. *Journal of sports sciences*, 34(4), 348-357.
24. McGorm, H., Roberts, L. A., Coombes, J. S., & Peake, J. M.(2015). Cold water immersion: practices, trends and avenues of effect. *Aspetar Sports Medicine Journal*, 4(1), 106-111.
25. Moreira, A., Costa, E. C., Nakamura, F. Y., Silva, D. A. D., & Aoki, M. S.(2015). Cold water immersion did not accelerate recovery after a futsal match. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 21(1), 40-43.
26. Nakhostin-Roohi, B., Babaei, P., Rahmani-Nia, F., & Bohlooli, S.(2008). Effect of vitamin C supplementation on lipid peroxidation, muscle damage and inflammation after 30-min exercise at 75% VO₂max. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(2), 217-224.
27. Oter, S., Korkmaz, A., Topal, T., Ozcan, O., Sadir, S., Ozler, M., Ogur, R., & Bilgic, H.(2005). Correlation between hyperbaric oxygen exposure pressures and oxidative parameters in rat lung, brain, and erythrocytes. *Clinical biochemistry*, 38(8), 706-711.
28. Reiter, R. J.(1995). Oxidative processes and anti-oxidative defense mechanisms in the aging brain. *The FASEB Journal*, 9(7), 526-533.
29. Roberts, L. A., Muthalib, M., Stanley, J., Lichtwark, G., Nosaka, K., Coombes, J. S., & Peake, J. M.(2015). Effects of cold water immersion and active recovery on hemodynamics and recovery of muscle strength following resistance exercise. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 309(4), R389-R398.
30. Roberts, L. A., Nosaka, K., Coombes, J. S., & Peake, J. M.(2014). Cold water immersion enhances recovery of submaximal muscle function after resistance exercise. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 307(8), R998-R1008.
31. Selkowitz, D. M.(1985). Improvement in isometric strength of the quadriceps femoris muscle after training with electrical stimulation. *Physical therapy*, 65(2), 186-196.
32. Swenson, C., Swärd, L., & Karlsson, J.(1996). Cryotherapy in sports medicine. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 6(4), 193-200.
33. Takeda, M., Sato, T., Hasegawa, T., Shintaku, H., Kato, H., Yamaguchi, Y., & Radak, Z.(2014). The effects of cold water immersion after rugby training on muscle power and biochemical markers. *Journal of sports science &medicine*, 13(3), 616.
34. Vila-Chã, C., Hassanlouei, H., Farina, D., & Falla, D.(2012). Eccentric exercise and delayed onset muscle soreness of the quadriceps induce adjustments in agonist-antagonist activity, which are dependent on the motor task. *Experimental brain research*, 216(3), 385-395.
35. Williams, M., & Stutzman, L.(1959). Strength variation through the range of joint motion. *Physical Therapy*, 39(3), 145-152.

논문투고일 : 2020. 12. 30

논문심사일 : 2021. 01. 31

심사완료일 : 2021. 02. 05