



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](#)

석사학위논문

스포츠 클라이밍 동호인의 피로회복  
방법이 체력요인, 젖산회복율 및  
경기력에 미치는 영향

제주대학교 대학원

체육학과

유 주 인

2019년 12월



# 스포츠 클라이밍 동호인의 피로회복 방법이 체력요인, 젖산회복율 및 경기력에 미치는 영향

지도교수 서 태 범

유 주 인

이 논문을 체육학 석사학위 논문으로 제출함

2019년 12월

유주인의 체육학 석사학위논문을 인준함

심사위원장

김 영 표 (인)

위

원 김 미 예 (인)

위

원 서 태 범 (인)

제주대학교 대학원

2019년 12월



<국문초록>

# 스포츠 클라이밍 동호인의 피로회복 방법이 체력요인, 젓산회복을 및 경기력에 미치는 영향

유 주 인

제주대학교 대학원 체육학전공

지도교수 서 태 범

본 연구의 목적은 스포츠 클라이밍 난이도 5.10a인 등반 루트를 최대속도로 반복수행하여 탈진을 유도한 후 현장 적용이 가능한 피로회복 처치를 통해 클라이머의 체력요인, 젓산회복을 및 경기력에 미치는 영향을 연구하는데 있다. 본 연구는 운동경력 1년 이상인 스포츠 클라이밍 동호인 성인 남성 8명을 대상으로 하였으며, 피로회복 처치방법은 통제그룹, 마사지, 스트레칭, 아이싱을 적용하였다. 측정자료는 SPSS Ver. 21.0을 이용하여 각 변인의 평균과 표준편차를 산출하였다. 집단 간, 시기 간에 대한 상호작용을 확인하기 위해 이원 반복측정 분산분석(Two-way repeated measures ANOVA)을 하였으며, 집단 간 차이를 확인하기 위해 일원 분산분석(One-way ANOVA)을 시행하였다. 사후검증은 Tukey 방법을 사용하였으며, 모든 분석의 유의수준( $p$ )은 .05로 설정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 처치방법에 따른 등반 횟수의 상호작용에서 유의한 차이가 나타났다.

둘째, 처치방법에 따른 2차 등반 횟수에서 마사지, 스트레칭 그룹이 통제그룹보다 높게 나타났다.

셋째, 처치방법에 따른 혈중 젓산농도의 상호작용에서 유의한 차이가 나타났다.



넷째, 처치방법에 따른 혈중 젖산회복율은 마사지 그룹에서 유의한 차이가 나타났다.

다섯째, 처치방법에 따른 우세 측 악력에서 유의한 차이가 나타나지 않았다.

여섯째, 처치방법에 따른 배근력에서 유의한 차이가 나타나지 않았다.

일곱째, 처치방법에 따른 심박수에서 유의한 차이가 나타나지 않았다.

이상의 결과를 종합해 보면 클라이밍 탈진 운동 후 15분 동안의 피로회복 방법 중, 마사지 처치가 젖산회복율과 등반 횡수 증가에 긍정적인 효과를 보였고, 스트레칭은 등반 횡수 증가에서만 긍정적인 영향을 미친것으로 판단된다.

스포츠 클라이밍은 리드, 볼더, 스피드 종목을 연속으로 진행하는 콤바인(Combine) 방식을 채택하고 있다. 따라서, 본 연구에서 적용한 마사지, 스트레칭은 종목 간 클라이밍 선수의 피로회복 향상에 기여할 것으로 사료 된다. 또한 향후 연구에서는 선수들의 회복과 관련된 연구를 지속하여 오버트레이닝, 경기중 부상, 신체의 불균형으로 인한 통증 등 선수들의 경기력 저하를 막고, 단기간 현장 복귀를 도울 수 있는 다양한 재활프로그램의 연구를 하고자 한다.

# 목 차

I. 서 론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구의 목적	5
3. 연구의 가설	5
4. 연구의 제한점	6
5. 용어 정의	6
II. 이론적 배경	8
1. 스포츠 클라이밍의 경기력 관련 요인	8
2. 스포츠 활동에서의 피로	9
3. 경기력에 영향을 미치는 피로물질	11
III. 연구 방법	15
1. 연구설계	15
2. 연구대상	16
3. 등반 루트 설계	16
4. 피로회복 처치방법	19
5. 측정항목 및 방법	21
6. 자료처리	24
IV. 연구결과	25
1. 처치방법과 등반 횟수	25
2. 처치방법과 젖산	28
3. 처치방법과 악력	33
4. 처치방법과 배근력	37
5. 처치방법과 심박수	41

V. 논 의 .....	49
VI. 결 론 .....	54
<Abstract> .....	56
참고문헌 .....	58

## List of Tables

<Table 1> Characteristics of participants .....	16
<Table 2> The result of two-way repeated ANOVA for climbing repetition according to recovery method .....	25
<Table 3> Changes in climbing repetition according to recovery method .....	27
<Table 4> The result of two-way repeated ANOVA for on La changes according to recovery method .....	28
<Table 5> Changes in La concentration according to recovery method .....	30
<Table 6> Changes in the rate of lactate removal according to recovery method .....	32
<Table 7> The result of two-way repeated ANOVA for GS of dominant arm according to recovery method .....	33
<Table 8> Changes in GS of dominant arm according to recovery method .....	35
<Table 9> The result of two-way repeated ANOVA for BS according to recovery method .....	37
<Table 10> Changes of BS according to recovery method .....	39
<Table 11> The result of two-way repeated ANOVA for HR according to recovery method .....	41
<Table 12> Changes of HR according to recovery method .....	43
<Table 13> The result of two-way repeated ANOVA for average HR during climbing according to recovery method .....	45
<Table 14> Changes in average HR during climbing according to recovery method .....	47
<Table 15> Changes in $\Delta$ HR according to recovery method .....	48

## List of Figure

<Figure 1> The experimental design .....	15
<Figure 2> The ROCKFAX Grade Table .....	17
<Figure 3> Climbing route design .....	18
<Figure 4> Massage methods .....	19
<Figure 5> Static & dynamic forearm stretching .....	20
<Figure 6> Forearm Icing and Non-contact thermometer .....	20
<Figure 7> TKK-5401 .....	21
<Figure 8> TKK-5402 .....	21
<Figure 9> Polar system .....	22
<Figure 10> Lactate Analysis .....	22
<Figure 11> Climbing route .....	23
<Figure 12> Comparison of climbing repetition between groups according to recovery method .....	26
<Figure 13> Result on climbing repetition according to recovery method .....	27
<Figure 14> Comparison of La between groups according to recovery method .....	29
<Figure 15> Comparison of La concentration according to recovery method .....	31
<Figure 16> Comparison in the rate of lactate removal according to recovery method .....	32
<Figure 17> Comparison of GS of dominant arm between groups according to recovery method .....	34
<Figure 18> Comparison in GS of dominant arm according to recovery method .....	36
<Figure 19> Comparison of BS between groups according to recovery method .....	38
<Figure 20> Comparison of BS according to recovery method .....	40

<Figure 21> Comparison of HR between groups according to recovery method .....	42
<Figure 22> Comparison of HR according to recovery method .....	44
<Figure 23> Comparison of average HR during climbing between groups according to recovery method .....	46
<Figure 24> Comparison of average HR during climbing according to recovery method .....	47
<Figure 25> Comparison in $\Delta$ HR concentration according to recovery method .....	48

# I. 서론

## 1. 연구의 필요성

스포츠 클라이밍은 자연에서 행해지던 암벽등반을 스포츠화한 것으로, 2018년 International Federation of Sport Climbing (IFSC)에 등록하여 자격증을 보유한 국가는 5개 대륙, 91개국으로, 각 국가에 소속된 전문 클라이밍 선수들은 2,500명에 이른다. 스포츠 클라이밍 국제 대회는 연간 20여 개의 월드컵이 개최되고 있으며, 2020년 도쿄 올림픽에서는 정식 종목으로 선정되면서 대중들의 관심이 높아지고 있다(IFSC, 2019).

스포츠 클라이밍 경기는 리드(Lead), 볼더(Boulder), 스피드(Speed) 종목으로 구성된다. 리드 경기는 높이 12m 이상, 폭 3m 이상으로 설계된 인공 벽에 루트(Route)를 제작하여 선수가 등반한 거리에 따라 순위가 결정된다. 볼더 경기는 추락 거리 3m 이내의 짧은 거리에 다양한 등반 루트 과제를 제시하고, 선수들에게 각 루트의 분석 시간을 제공한다. 그 후 4분 이내에 제시된 루트를 해결하고, 4분을 휴식한 후 다음 과제를 4분 안에 풀어가는 형식으로 진행된다. 예선전에서는 다섯 가지의 등반 루트, 준결승과 결승에서는 네 가지의 등반 루트가 주어지고, 제한시간 내 주어진 과제를 해결하는 능력을 겨룬다. 스피드 경기는 15m의 등반 코스를 최단시간으로 통과하는 기록경기로, 두 개의 라운드로 구성된다. 스포츠 클라이밍의 각 종목은 라운드별 60분을 넘지 않도록 규정하고 있으며, 예선전은 무선배정 방식으로 진행되고, 준결승과 결승은 하위 라운드 순위의 역순으로 경기가 진행된다.

스포츠 클라이밍 경기 동안 주로 동원되는 근육은 전완근(Forearm muscle), 상완이두근(Biceps brachii), 광배근(Latissimus dorsi), 대퇴사두근(Quadriceps femoris), 비복근(Gastrocnemius), 가자미근(Soleus) 등이고, 중력에 저항하기 위한 상·하지 근육의 무산소성 근력과 함께 루트를 완등하기 위한 지속적인 움직임으로 근지구력과 심폐지구력을 필요로 한다(Hörst, 2012; Mermier et al., 1997; Sheel et al., 2003).

전술한 바와 같이, 클라이밍 선수들은 라운드별로 제시된 고난이도 루트에서 등반과

휴식을 반복적으로 수행하기 때문에 높은 수준의 피로가 신체에 발생한다. 따라서 스포츠 클라이밍 선수들은 라운드별 발생한 피로의 회복 능력이 경기력을 결정짓는 중요한 요인이다. 또한, 2020년 도쿄올림픽에서는 리드, 볼더, 스피드 세 종목의 기록을 종합하여 순위를 결정하는 방식으로 진행되어, 경기 후 휴식시간 동안의 피로회복이 더욱 강조되고 있다.

스포츠 활동에서 피로는 운동강도(Exercise intensity) 및 운동시간(Exercise time)과 밀접한 관련이 있고, 피로가 유발되는 신체 부위에 따라 중추 피로(Central fatigue)와 말초 피로(Peripheral fatigue)로 구분된다(이종각 등, 2003). 중추 피로는 운동 후 뇌의 다양한 부위에서 세포외 세로토닌(Extracellular serotonin)과 세로토닌 전구체인 트립토판(Tryptophan)의 농도 증가로 유도되고, 세로토닌은 잠(Sleep), 무기력(Lethargy), 졸음(Drowsiness) 그리고 동기부여 결여(Loss of motivation)와 같은 생리·심리적 문제를 발생시킨다(Meeusen et al., 2006; Melancon et al., 2014). 말초 피로는 운동 중·후 포스포크레아틴(Phosphocreatine, PCr)의 감소(Casey et al., 1996), 근육과 간에 저장된 글리코겐의 고갈(Gonzalez et al., 2016), 대사산물인 암모니아 생성 증가(Eriksson et al., 1985) 그리고 젖산생성과 수소이온 증가에 따른 근육의 산성화(Morrow et al., 1988) 등에 의해 발생하며, 근 수축력(Muscle contraction)이 저하된다(Sahlin, 1986). 스포츠 클라이밍은 단시간에 고강도로 경기를 수행하여야 하는 종목 특성상 중추 피로보다는 말초 피로와 관련성이 있고, 말초 피로 발생 요인 중 글리코겐 고갈보다는 근육 내 PCr의 감소와 젖산생성에 따른 근육의 산성화와 밀접한 관련이 있다.

엘리트 운동선수를 대상으로 훈련 또는 경기 후 말초 피로의 회복방법을 제시한 선행 연구들을 살펴보면, 단시간의 고강도 운동종료 후 스트레칭 또는 가벼운 동적 휴식(Active recovery)은 혈액 및 근육 내 축적된 젖산(Lactate) 및 수소이온 그리고 무기인산(Inorganic phosphate)과 같은 피로 대사물질을 안정 시 상태로 빠르게 회복시켜 선수들의 컨디션 조절에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고하였다(Miladi et al., 2011; Ahmaidi et al., 1996; Thiriet et al., 1993). 동적 휴식 이외에 다른 선행연구에서는 좀 더 과학적이면서 현장 적용성이 높은 피로의 회복방법으로 국부적인 혈액순환을 증가시키는 마사지 처치(Martin et al., 1998; Froyd et al., 2013), 활동 근육에 염증세포 발생을 감소시키는 냉수침지(Ihsan et al., 2016; Peiffer et al., 2010; Haddad et al., 2010) 그리고 혈관 확장을 통한 혈류량 증가로 젖산의 분해속도를 가속화 하는 온수침



지와 같은 방법들을 제시했다(Linnane et al., 2004). Ogai 등(2008)은 말초 피로의 회복에 마사지가 미치는 효과를 확인하기 위해 고정식 자전거를 이용하여, 5초 동안 최대 페달링 후 20초 동안 완전 휴식을 취하는 프로그램을 8회 수행한 후 마사지를 처치한 결과, 젖산 회복률 증가와 근육의 경직도(Muscle stiffness) 감소를 유도하여 사이클 페달링 능력이 향상되는 것으로 보고하였고, Williams 등(2011)은 고강도 인터벌 운동 후 냉수침지의 처치 시기 따른 C-Reactive Protein (CRP) 농도와 24시간 후 운동 수행능력을 비교한 결과, 운동 직후 냉수침지 처치(CWI0)가 운동 3시간 후 처치(CWI3)보다 염증 반응이 감소하였고, 24시간 후 운동 수행능력에도 효과적이라고 보고하였다. 또한, Yamamoto 등(1993)은 사이클 최대 페달링을 5초간 8회 반복하는 훈련 후 10분간 스트레칭을 처치한 결과, 피로 회복률이 유의하게 증가하여 다음 사이클 스프린트 능력이 향상되는 것으로 보고하였다.

스포츠 클라이밍 종목에서도 경기 중 및 등반 후 발생한 피로의 회복을 위해 다양한 처치방법들이 선행연구자들에 의해 보고되어왔다. 대표적으로 사이클 에르고미터(Cycle ergometer)를 이용하여 25~40W의 강도로 10~20분 동안 동적 휴식을 취하는 것이 여자 스포츠 클라이밍 선수들의 리드 등반 후 혈중 젖산농도와 심박수가 빠르게 감소시킨다고 보고하였다(Draper et al., 2006; Watt et al., 2000). 또한, 탈진 운동 후 동적 휴식으로 12m 높이의 암장에서 난이도 4c (French scale: 5.8 Yosemite Decimal System)의 저강도 루트를 등반하는 것이 피로의 회복에 효과적이라고 보고하였다(Valenzuela et al., 2015). 이뿐만 아니라 Kodejška 등(2018)은 반복적인 탈진 운동 후 냉수침지 시 온도 15°C가 8°C보다 약력의 피로회복에 더욱 효과적이라고 제시하였다. 그러나 이러한 피로의 회복방법에 따른 긍정적인 효과들과는 달리 몇몇 선행연구들은 탈진 운동 후 적용한 마사지, 냉수침지, 온수침지, 스트레칭 처치가 동적 휴식보다 혈중젖산 및 스트레스 호르몬 감소 그리고 운동 수행능력 향상에 부정적인 것으로 보고하고 있어(Gupta et al., 1996; Mika et al., 2007; Monedero et al., 2000) 현재까지 보고된 피로의 회복 처치방법에 대한 신뢰성을 상쇄시키고 있다.

다시 말해, 현재까지 보고된 엘리트 선수를 대상으로 한 피로의 회복 처치방법에 관한 선행연구 결과들은 각각의 논문마다 그 효과에 대한 논쟁의 여지가 있고, 스포츠 클라이밍 분야에서 제시된 동적 휴식 및 냉수침지 방법 또한 시합 상황에서 적용하기에 어려운 문제들이 남아있다. 그뿐만 아니라 2020년 도쿄올림픽에서는 리드, 볼더, 스피드

세 경기의 종합 결과를 바탕으로 메달의 색깔이 결정되기 때문에 주어지는 휴식시간에 따른 피로 처치방법의 효과가 구체적으로 제시되어야 할 것으로 사료 된다.

## 2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 스포츠 클라이밍 동호인을 대상으로 난이도 5.10a인 등반 루트를 최대속도로 반복수행하여 탈진을 유도한 후 현장 적용이 가능한 스트레칭(Stretching), 마사지(Massage), 아이싱(Icing) 처치를 통해 클라이머의 체력요인, 젖산축적농도, 젖산회복율 및 경기력에 미치는 영향을 연구하는데 있다.

## 3. 연구의 가설

본 연구 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 연구 가설을 설정하였다.

- 1) 피로회복 처치방법에 따라 등반 횟수의 상호작용에 차이가 있을 것이다.
- 2) 피로회복 처치방법에 따라 등반 횟수의 변화에 차이가 있을 것이다.
- 3) 피로회복 처치방법에 따라 혈중젖산 농도의 상호작용에 차이가 있을 것이다.
- 4) 피로회복 처치방법에 따라 혈중젖산 농도의 변화에 차이가 있을 것이다.
- 5) 피로회복 처치방법에 따라 젖산회복율의 변화에 차이가 있을 것이다.
- 6) 피로회복 처치방법에 따라 우세 측 약력의 상호작용에 차이가 있을 것이다.
- 7) 피로회복 처치방법에 따라 우세 측 약력의 변화에 차이가 있을 것이다.
- 8) 피로회복 처치방법에 따라 배근력의 상호작용에 차이가 있을 것이다.
- 9) 피로회복 처치방법에 따라 배근력의 변화에 차이가 있을 것이다.
- 10) 피로회복 처치방법에 따라 심박수의 상호작용에 차이가 있을 것이다.
- 11) 피로회복 처치방법에 따라 심박수의 변화에 차이가 있을 것이다.
- 12) 피로회복 처치방법에 따라 평균심박수의 상호작용에 차이가 있을 것이다.
- 13) 피로회복 처치방법에 따라 평균의 변화에 차이가 있을 것이다.
- 14) 피로회복 처치방법에 따라 심박수회복율의 변화에 차이가 있을 것이다.

#### 4. 연구의 제한점

본 연구는 다음과 같은 제한점이 있다.

- 1) 측정대상이 동호인으로 엘리트 선수의 경기력 관련 체력을 확인하지 못하였다.
- 2) 환경적 변수를 최소화하기 위해 실내 인공 암벽시설을 이용하지 못하였다.
- 3) 대상자들의 생리적, 심리적 요인을 통제하지 못하였다.

#### 5. 용어 정의

##### 1) 루트(Route)

클라이머가 오르는 행위를 하기 위해 제시된 등반라인을 칭한다.

##### 2) 과제(문제, Problem)

리드, 볼더 경기에서 난이도가 제시된 루트(Route)를 과제(문제)라고 칭한다.

##### 3) 난이도(Grade)

루트의 어려운 정도를 등급으로 나타낸 것으로 대표적으로 미국식과 유럽식이 있으며 국내에서는 미국식인 Yosemite Decimal System (YDS)을 사용하고 있다.

YDS에서 1급은 하이킹, 2급은 가끔 손을 이용하여 기어오르는 곳, 3급은 가끔 로프를 사용하여 기어오르는 곳, 4급은 위험에 노출된 곳으로 로프의 사용 빈도가 증가하는 곳, 5급은 등반에 필요한 안전장비(로프, 확보기, 확보물)를 사용하여 추락으로부터 보호가 필요한 곳으로 분류한다.

5급 이상부터는 소수점으로 구분하며 5.0~5.7은 등반 경험이 없는 초보자의 체험용 등급, 5.8~5.9는 암벽등반을 하는 숙련자들이 오를 수 있는 곳으로 등반에 필요한 특정 기술들이 필요한 등급이다. 5.10~5.11은 등반과 관련된 주기적인 트레이닝이 필요한 등급이다.

4) 오버행(Over hang)

인공암벽의 기울기가 90°를 넘어간 구간을 칭한다.

5) 홀드(Hold)

루트 상 손과 발 또는 신체 일부를 사용하여 오르기 위해 부착된 조형물을 칭한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 스포츠 클라이밍의 경기력 관련 요인

스포츠 클라이밍은 장비의 도움 없이 인공암벽을 등반하는 스포츠 종목으로, 자연에서 행해지던 암벽등반을 제도화하고, 규칙을 적용하여 경쟁을 유도하는 신체적 활동이다(강성민, 2015; 김도형, 2002). 실내에 제작된 인공암벽은 클라이밍을 좋아하는 동호인과 선수들의 접근성과 안정성을 높였고, 자연에서만 등반할 수 있다는 환경의 제약성을 감소시켰다. 이러한 실내암벽등반의 대중화는 경기력 향상을 위한 다양한 트레이닝 방법의 발전과 체계화된 교육 그리고 안전장비들의 개발에 영향을 미치고 있을 뿐만 아니라 대중에게 놀이로서 스포츠 클라이밍을 경험할 기회를 제공하고 있다.

스포츠 클라이밍은 등반방식에 따라 리드(Lead), 볼더(Boulder), 스피드(Speed) 종목으로 구분된다. 리드 경기는 높이 12m 이상, 폭 3m 이상으로 설계된 인공암벽에 등반 거리 최소 15m 이상인 루트(Route)를 제작하여 선수가 등반한 거리에 따라 순위가 결정된다. 경기는 일반적으로 3개의 라운드로 구성되며, 예선전은 두 개의 다른 등반유형 루트로, 준결승전과 결승전은 각 하나의 루트에서 진행된다. 볼더 경기 또한 3개의 라운드로 구성되며, 추락 거리 3m 이내의 짧은 거리에 4~5개의 과제(등반 루트)를 제시하고, 선수들에게 각 루트의 분석 시간을 제공한다. 그 후 4분 이내에 제시된 루트를 해결하고, 4분을 휴식한 후 다음 루트 문제를 4분 안에 풀어가는 형식으로 진행된다. 예선전에서는 다섯 가지의 등반 루트, 준결승과 결승에서는 네 가지의 등반 루트가 주어지고, 제한시간 내 주어진 과제를 해결하는 능력을 겨룬다. 스피드 경기는 15m의 등반 코스를 최단시간으로 통과하는 기록경기로, 단일 단계로 구성된 예선 라운드로 진행된다. 예선은 두 번의 시도 중 짧은 시간으로 결승진출자를 선정하며, 결승 라운드는 패자탈락방식으로 결정된다(IFSC, 2019). 스포츠 클라이밍의 각 종목은 라운드별 시간 규정은 60분 이내로 규정하고 있으며, 예선전은 무선배정 방식, 준결승과 결승은 하위라운드 순위의 역순으로 경기가 진행된다.

스포츠 클라이밍은 기술과 체력을 바탕으로 한 협응력이 중요한 경기력 요인이다. 인공암벽의 구조와 경사, 암벽에 붙어 있는 홀드의 형태와 각도 등에 따라 다양한 전략과 전술이 요구되고, 특히 상지의 전완근, 상완이두근, 광배근, 삼각근의 등척성(Isometric) 및 등장성(Isotonic) 근력과 근지구력이 필요하며, 빠르고 안전하게 등반해야 하는 목적상 순간적인 사고력과 판단력이 필요하다. 또한 Hörst (2012)와 Billat 등(1995)은 스포츠 클라이밍 경기력 향상을 위한 6가지 요인으로 체력, 집중력, 협응력과 기술력, 선천적 재능, 전술, 외부 환경을 제시하였고, 암벽등반에 대한 심리적인 두려움은 협응력과 기술력을 감소시키는 중요한 요인이라 보고하였다. 따라서 스포츠 클라이밍은 환경, 체력 및 심리적인 다양한 조건을 통제할 수 있는 협응력이 바탕이 된 테크니컬 스포츠이다(김도형, 2002).

## 2. 스포츠 활동에서의 피로

### 1) 피로의 개념

운동생리학 분야에서 피로는 지속적인 운동 수행에 따른 운동 능력의 일시적인 감소 현상으로, 인체 각 기관의 생화학적 변화로 인한 근수축 저하가 원인인 것으로 알려져 있다(백일영, 2004; Mutch & Banisher, 1983). 이러한 운동 피로는 크게 중추 피로(Central fatigue)와 말초 피로(Peripheral fatigue)로 구분된다.

중추 피로는 장거리 달리기와 같은 지구성 운동경기의 후반부 운동단위의 동원을 명령하는 뇌와 척수에 분자생물학적 변화로 활동 근육의 움직임이 떨어지는 현상을 의미한다(Asmussen, 1993).

말초 피로는 단시간 동안 고강도 운동을 통해 근수축·이완을 감소시키는 운동뿐만 아니라 장시간 동안 극심한 피로를 지속하는 유산소성 운동을 통해 발생한다. Allen (2004)은 1000m 달리기나 200~500m 수영과 같은 짧은 고강도 운동은 지속적인 근수축이 반복되어 수 분 내에 자신의 최대근력에 약 50%까지 감소하게 되는데, 이러한 이유가 말초 피로 때문으로 보고하고 있다.

## 2) 중추 피로 발생 원인

운동 수행 시 활동근은 운동단위(Motor unit)의 수요와 공급 균형에 의해 움직임이 발생 되고, 뇌와 척수와 같은 중추신경계는 직접적으로 신호를 보내 신경근 연결에서 아세틸콜린의 분비에 따라 움직임을 조절한다. 하지만 이러한 중추신경계의 신호 차단은 중추 피로에 의해 발생 되고, 이는 곧 운동단위 효율성의 감소에 따른 탈진 현상으로 나타난다(Noakes & Ginson, 2004). 따라서 중추신경계는 운동단위의 조절자이고, 운동 중 활동 근육의 힘 발생에 영향을 주는 직접적인 요인이다(Gibson et al., 2001).

중추신경계(CNS) 활성을 통한 운동단위 동원 기전은 화학적 또는 기계적 수용기의 자극으로 구분할 수 있다. 화학적 수용기에 의한 운동단위 동원은 가장 먼저 신호를 발생시키는 피질 구조(Cortical structures)로부터 피드 포워드(Feed forward) 활성화 또는 원심성 신경 명령(Efferent neural command)의 반사 억제(Reflex inhibition) 활성화에 의해 조절된다. 기계적 수용기에 의한 운동단위 동원은 강도가 높거나, 시간이 길어지는 운동에 따라 활성화된 골격근과 심근 그리고 호흡근의 자극이 증가하게 되고, 이러한 자극은 기계적 수용기에 의해 감지된 후 명령이 전달되는 것이다(Noakes & Ginson, 2004).

중추 피로 이론에 의하면, 운동하는 동안 중추신경계는 자신의 경험을 바탕으로 운동량과 대사량을 고려하여 지속해서 운동 페이스를 스스로 조절한다는 것이다(Gibson et al., 2001; 2003). 따라서 피로는 말초 조직에서의 운동단위의 조절 이상에 따른 운동의 변화만을 인식하기보단 중추와 말초가 하나의 통합된 시스템으로 작용함으로써 운동 피로가 발생한다는 것을 인식해야 한다.

## 3) 말초 피로 발생 원인

말초 피로는 운동으로 인한 신체에 노폐물이 쌓이는 축적가설과 에너지 생성을 위한 연료의 부족한 고갈가설로 설명할 수 있다. 축적가설은 운동 시 대사적 측면에서 무산소성 에너지대사로 생성된 젖산(Lactate), 수소이온(H<sup>+</sup>), 암모니아(NH<sub>3</sub>) 등과 같은 부산물의 혈중 농도 증가를 들 수 있으며, 고갈가설은 활동 근육에 필요한 에너지 고갈로 장시간의 운동을 유지할 수 없다는 이론으로, 대표적인 에너지 기질로는 아데노신삼인



산(ATP), 크레아틴 인산(PCr) 그리고 글리코젠(Glycogen)을 들 수 있다(Miller, 1988).

운동강도에 따른 말초 피로 발생 원인을 살펴보면, 고강도 운동을 수행하는 동안 근육은 강하게 수축·이완을 반복하게 되고, 무산소적으로 에너지를 공급하다 보니 젖산과 수소이온의 생성을 증가시킨다. 이러한 두 물질은 혈액으로 유리되고, 젖산은 젖산 셔틀과 코리사이클을 통해 분해되어 다시 에너지로 사용되지만, 수소는 혈액을 떠돌아다니며 근육 기능의 저하를 초래한다(Miller, 1988). 또한 장시간의 유산소 운동은 인체의 근육과 간에 저장되어있는 글리코젠의 완전고갈을 유도하고, 근육의 움직임이 급속도로 떨어지게 된다.

따라서, 말초 피로 유발은 여러 가지 요인에 의해 나타나지만, 특히 크레아틴 인산의 고갈, 골격근의 산성화(Acidosis), 그리고 글리코젠 고갈 등에 의한 것으로 보고하고 있다(Lambert & Flynn, 2002).

### 3. 경기력에 영향을 미치는 피로물질

#### 1) 세로토닌(5-HT)

5-HT는 위장관 enterchromaffin 세포(EC cell)에 90%, 혈소판에 80%, 그리고 중추신경계에 1~2% 함유되어 있고, 송과체에서 합성되는 수면 호르몬인 멜라토닌(Melatonin)의 전구물질이다. 그 기능으로는 신경 전달 물질인 acetylcholine 분비 활성을 통한 근육의 민감성 향상, 소화관의 소화효소 분비 및 소화 운동 조절, 혈액 응고를 위한 혈소판 응집 촉진, 수면 그리고 기분에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Meeusen et al., 2006; Melancon et al., 2014).

5-HT는 식이 섭취로 얻어진 트립토판(Tryptophan)이 tryptophan hydroxylase와 aromatic L-amino decarboxylase의 활성을 통해 합성되는 경우가 일반적인 경로이다. 트립토판으로부터 생성된 5-HT는 5-hydroxyindoleacetic acid (5-HIAA)로 대사되거나, 멜라토닌의 대사적 중간물질의 역할을 하기도 한다(Hadley, 1996). 또한 뇌에서 합성되어 소포에 저장되게 되면, 신경 자극 반응이 다양한 시냅스 이후(Post-synaptic) 수용기들과 시냅스 간극(Synaptic cleft) 사이에 5-HT가 방출되어 대사적 작용이 원활하게

이루어진다.

Newsholme 등(1987)은 운동으로 증가하는 5-HT가 중추 피로의 원인이고, 특히 장시간 운동에 따른 뇌의 5-HT 증가는 세포와 세포 사이의 시냅스에 악영향을 미쳐 운동 단위의 효율성을 감소시킨다고 보고하였다. 또한 Davis & Bailey (1997)은 운동 중 5-HT의 축적 증가는 대사적 전구물질인 트립토판의 전달이 증가함에 따라 발생한다고 보고하였다.

이러한 이론적 근거를 바탕으로 동물 연구를 수행한 결과를 살펴보면, 1~2시간의 트레드밀 운동은 혈장 free tryptophan뿐만 아니라 뇌에서의 tryptophan, 5-HT 그리고 5-HIAA가 증가시켰고, 이러한 물질들은 운동 후 한 시간 이내에 정상 수치로 되돌아갔다(Chaouloff et al., 1986; 1987; 1989; Blomstrand et al., 1989). 이러한 결과는 혈장에서의 free tryptophan과 free tryptophan/BCAA의 증가된 비율이 장기간의 운동 시 뇌의 5-HT 합성과 교환 비율의 증가 현상을 초래하였다고 하는 사실을 지지하고 있다.

## 2) 암모니아(Ammonia)

암모니아 농도는 신체활동으로 증가 되고, 혈중 암모니아 증가는 운동 시 골격근으로부터 유리된 암모니아로 뇌 조직에 직접적으로 전달되어 중추신경조직에 독성을 일으키는 원인이 된다(Barnes et al., 1964).

Iles & Jack (1980)은 운동 중 암모니아 생성은 중추신경계 세포 내에 pH, 전해질 농도, 글루타민(Glutamine), GABA (Gamma-aminobutyric acid) 등과 같은 신경전달 인자들에 농도 변화를 유도하여 운동기능의 장애와 피로가 발생 될 수 있다고 보고하였다. 또한, 암모니아는 암모늄 이온을 방출하여 근육 세포막의 전기적 자극을 변화시켜 흥분을 억제할 수 있다(Washio & Mashima, 1963). 이러한 기전 때문에 운동 중 암모늄 이온 증가는 운동 수행에 부정적인 요소이며, 신경근의 활동전위 생성에 변화를 가져올 수 있다(Mutch & Bannister, 1983).

### 3) 젖산(Lactate)

탄수화물 저장 형태인 글리코젠은 세 종류의 에너지 시스템 중 해당과정(Glycolysis)을 통해 ATP를 생성한다. 해당과정에서 산소가 충분히 전달될 때 글리코젠은 초성포도산으로 전환되어 미토콘드리아로 들어가 이산화탄소와 물로 완전히 산화되지만, 운동 강도가 높아 산소가 충분히 공급되지 못하면 불완전 연소하여 초성포도산이 2개의 젖산과 2개의 ATP를 생성한다. 운동 시 글리코겐의 불완전 연소에 의한 젖산생성과 축적은 동반 생성된 수소이온에 의해 세포의 pH를 떨어뜨리고, 근육의 수축과 이완을 방해하며, 근형질세망과 미토콘드리아에서의 효소 활성성을 저하한다. 따라서 젖산 축적으로 인한 근육 세포의 산성화는 말초 피로의 원인 중 하나이다(Metzger, 1992).

운동 시 근육의 말초 피로는 수행하는 운동 강도와 시간에 직접적인 영향을 받는다. 이와 관련된 선행연구들은 운동시간이 짧고 강한 운동에서 젖산이 혈중에 축적되며, 젖산 혈중 농도는 운동을 수행 동안 생성되는 젖산의 비율이 젖산 제거 비율보다 높아졌을 때 증가 되는 것으로 보고하고 있다(Karlsson & Saltin, 1970; Hermansen & Osnes, 1972; Karlsson et al., 1975; Jones et al., 1977; Tesch et al., 1978; Tesch, 1980).

### 4) 무기인산

시간이 짧으며 강한 강도의 운동은 에너지 시스템 중 인원질 과정(ATP-PC system)을 동원하게 되고, 인원질 과정 동안의 크레아틴 인산(PCr)의 가수분해는 무기인산의 혈중 농도를 높이며, 결국 근육의 자극과 수축을 직접적으로 제한한다. 무기인산은 에너지를 생성하기 위한 연소가 빠르고 독성을 가지고 있는 물질이며, ATP-PC 시스템의 필수적인 구성 성분이다.

높은 강도의 운동을 수행하는 동안 크레아틴 인산의 가수분해는 무기인산의 혈중 농도를 높이는데, 이러한 변화는 직접적으로 근육의 슬라이딩 결합에 관여한다(Lamb, 1984; McArdle, Katch & Katch, 1996). 그러나 운동 동안 무기인산염의 농도 증가는 액틴과 마이오의 결합이 약하게 발생하고, 이는 곧 힘(근력)의 생성을 떨어뜨리게 된다. 또한 농도가 높아진 무기인산염은 ATPase의 촉매 역할을 저해한다.

## 5) 심박수(Heart rate)

심박수는 순환계의 기능을 나타내는 지표로, 안정 시 심박수는 60~80회/분이다. 요골 동맥 혹은 경동맥에서 10초 동안 횡수를 측정하여 6을 곱하면 분당 심박수를 확인할 수 있다. 심박수는 심장의 수축 횡수를 나타내는 것으로 운동강도 높아 심장에 주어지는 부하가 클수록 심박수는 비례적으로 증가하고, 운동을 지속해서 수행한 훈련자는 같은 강도에서 낮은 심박수를 보인다. 또한 운동 중 심박수가 증가하고, 다시 원상태로 돌아오는 능력에 따라 그 사람의 회복 기능을 확인할 수 있다. 규칙적인 장거리 운동을 수행한 선수들이 일반인들보다 더 빠른 심박수 회복을 보인다. 따라서 심박수는 운동을 수행할 수 있는 능력과 함께 각 개인의 심장 기능과 지구성 능력을 평가하는 객관적인 지표가 될 수 있다(김선호, 1995).

심박수는 연령 및 환경의 변화에 영향을 받는 대표적인 신체 지표이다. 일반적으로 연령 증가에 따라 심박수는 감소하며, 고온과 고지대에서는 심박수가 상승한다. 이러한 변화는 자율신경계에서 카테콜라민의 분비가 증가하기 때문에 나타나는 현상이다. 일상 생활에서 가장 신뢰성 높은 안정 시 심박수 측정 방법은 아침에 잠자리에서 일어나기 전에 측정하는 것이다(Lamb, 1984).

운동 시 심박수 증가는 미주신경의 억제와 함께 교감신경의 흥분이 증가 되어 유도된다. 운동 동안 심박수의 조절 기전을 살펴보면, 운동 시작과 동시에 심박수의 급격한 상승을 보인다. 이러한 상승은 근육과 관절에 있는 자극 수용체에서 시작한 신경 임펄스가 척수를 역방향으로 올라가 뇌의 심장운동 관련 중추를 자극하고, 심장운동 중추는 미주신경의 활성을 억제하기 때문이다. 운동을 지속함에 따라 부신수질 및 교감신경 말단에서는 에피네프린과 노에피네프린의 분비를 증가시키고, 이들 호르몬은 심장운동, 즉 심박수를 상승시키는 작용을 한다(김성수, 정일규, 1998).

심박수 변화와 관련한 스포츠 클라이밍 선행연구들을 살펴보면, 등반 전 심박수와 등반 직·후 심박수가 초급 동호인과 레크리에이션 스포츠 클라이밍 동호인 사이에 다르게 나타나고, 이러한 차이는 클라이밍 경험에 따른 등반기술이 달라 혈압 반응, 불안 또는 루트의 친밀감 등이 다르기 때문으로 보고하고 있다(Janot et al., 2000). 또한 Williams 등(1978)은 클라이밍 등반 동안 심박수의 변화는 체력적인 한계보다는 불안과 같은 심리적 영향이 더 큰 것으로 보고하였다(Billat et al, 1995).

### III. 연구 방법

#### 1. 연구설계

본 연구의 실험설계는 반복적인 고강도 등반으로 1차 탈진을 유도한 후 무작위 교차 혼합설계(Randomized cross-over design)에 따라 통제그룹, 마사지, 스트레칭, 아이싱을 15분간 처치하여 심박수, 혈중 젖산농도의 변화를 관찰하였고, 처치 종료 직후 2차 탈진 운동을 시행하여 경기력 및 운동 수행능력에 미치는 피로회복 방법을 검증하였다. 본 연구의 전체적인 실험설계는 <Figure 1>과 같다.

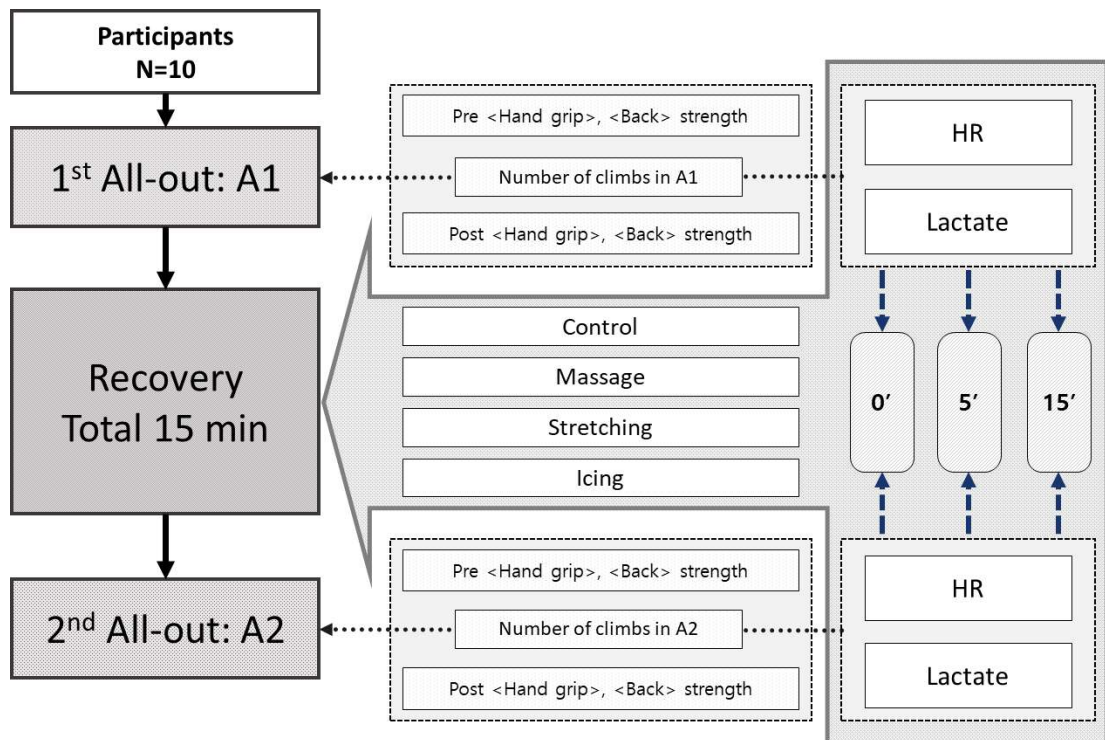


Figure 1. The experimental design

## 2. 연구대상

본 연구는 J도 소재 스포츠 클라이밍 아카데미 회원 중 운동경력 1년 이상이며 루트 난이도 5.10a(Yosemite Decimal System: YDS)를 제한시간 이내에 등반할 수 있는 근골격계 질환이 없는 건강한 성인 남성 8명을 대상으로 하였다. 대상자에게는 실험의 내용과 목적을 충분히 설명하고 참여동의서를 작성하도록 한 후, 신체구성, 기초체력, 경기력 관련 요인, 혈중 젖산농도 변화를 측정하였다. 본 연구의 참여대상자들의 신체 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of participants

Variables	Mean±SD
Age(yr)	42.75±10.18
Height(cm)	172.55±5.52
Weight(kg)	65.68±4.47
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	23.21±2.19
FFM(kg)	32.36±2.20
% fat(%)	13.01±1.97

BMI, Body Mass Index; FFM, Fat-free Mass; % fat, body fat percentage

## 3. 등반 루트 설계

본 연구의 등반 루트 설계는 반복적인 고강도 운동으로 탈진을 유도하기 위해 폭 4.5m, 높이 3.1m, 평균 경사도 100°인 인공암벽으로 손 홀드 21개, 발 홀드 10개로 구성하였다. 손 홀드는 다섯 손가락을 모두 사용 수 있도록 저그 형(Jug type)을 선택하였고, 엄지손가락을 제외한 네 손가락의 접지 면적이 최소 1.5cm 이하가 되지 않도록 설정하였다. 등반 루트의 제작 및 검증은 (사)대한산악연맹 공인 루트 설계자 6인이 참여하였으며, 루트 제작 3인, 난이도 검증(5.10a; YDS, Figure 2) 3인으로 실시하였다.

또한, 환경 변인을 최소화하기 위해 실내 클라이밍 체육관(Gym)을 이용하였다. 등반 루트의 설계모형은 <Figure 3>과 같다.

The ROCKFAX Grade Table		ROCKFAX .COM				
Sport Grade	BRITISH TRAD GRADE (For safe routes)	UIAA	USA	Norway	Australian	South Africa
1	Mod <i>Moderate</i>	I	5.1		4	6
2		II	5.2			8
2+	Diff <i>Difficult</i>	III	5.3		6	9
3		III+	5.3	3	8	10
3+		IV-	5.4	4		11
3+	Sev <i>Severe</i>	IV	5.5	4+	10	12
4a	HS <i>Hard Severe</i>	IV+	5.6		12	13
4b		V-	5.7	5-	14	14/15
4c	4a VS <i>Very Severe</i> 4c	V	5.8	5	15	16
5a		V+	5.8	5+	16	17
5a		VI	5.9	5+	17	17
5b	4c HVS <i>Hard Very Severe</i> 5b	VI	5.9	6-	18	18
5c	E1	VI+	5.10a	6-	18	18
6a	5b E2 <i>5a</i>	VII-	5.10b	6	19	19
6a+		VII-	5.10c	6+	20	20
6b	5c E3 <i>6a</i>	VII	5.10d		21	21
6b+		VII+	5.11a	7-	22	22
6c	6a E4 <i>6b</i>	VIII-	5.11b	7	23	23
6c+		VIII-	5.11c	7	23	24
7a	6a E5 <i>6c</i>	VIII	5.11d	7+	24	25
7a+		VIII+	5.12a		25	26
7b	6b E6 <i>6c</i>	IX-	5.12b	8-	26	27
7b+		IX-	5.12c		27	28
7c	6c E7 <i>7a</i>	IX	5.12d	8	28	29
7c+		IX+	5.13a	8+	29	30
8a	6c E8 <i>7a</i>	X-	5.13b		30	31
8a+		X-	5.13c	9-	31	32
8b	7a E9 <i>7b</i>	X	5.13d		32	33
8b+		X+	5.14a	9	33	34
8c	7a E10 <i>7b</i>	XI-	5.14b	9+	34	35
8c+		XI-	5.14c		35	36
9a	7a E11 <i>7b</i>	XI	5.14d		36	37
9a+		XI+	5.15a		37	

<https://www.rockfax.com/publications/grades/>

Figure 2. The ROCKFAX Grade Table



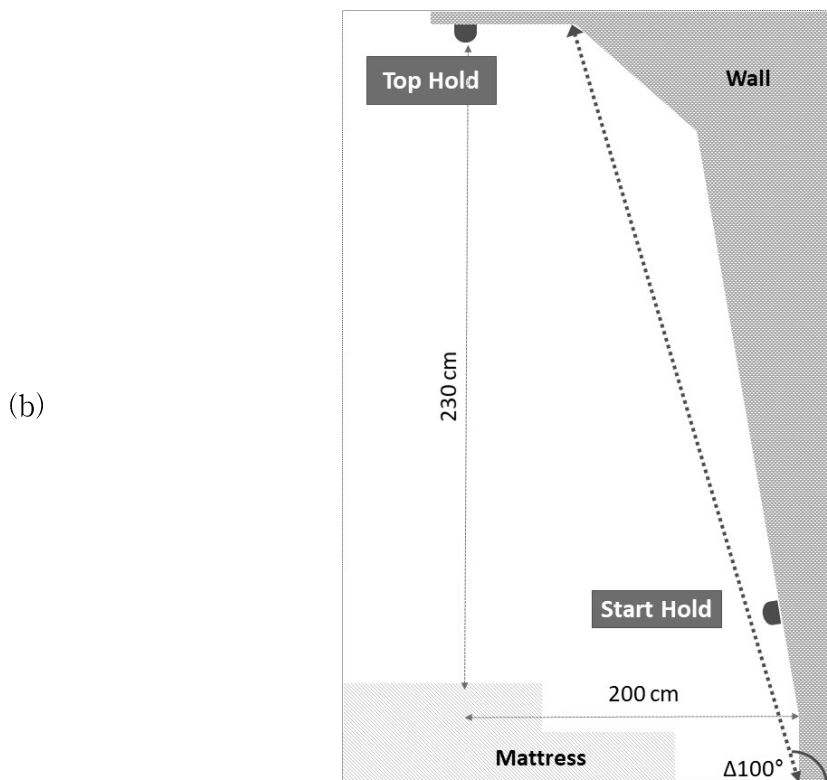
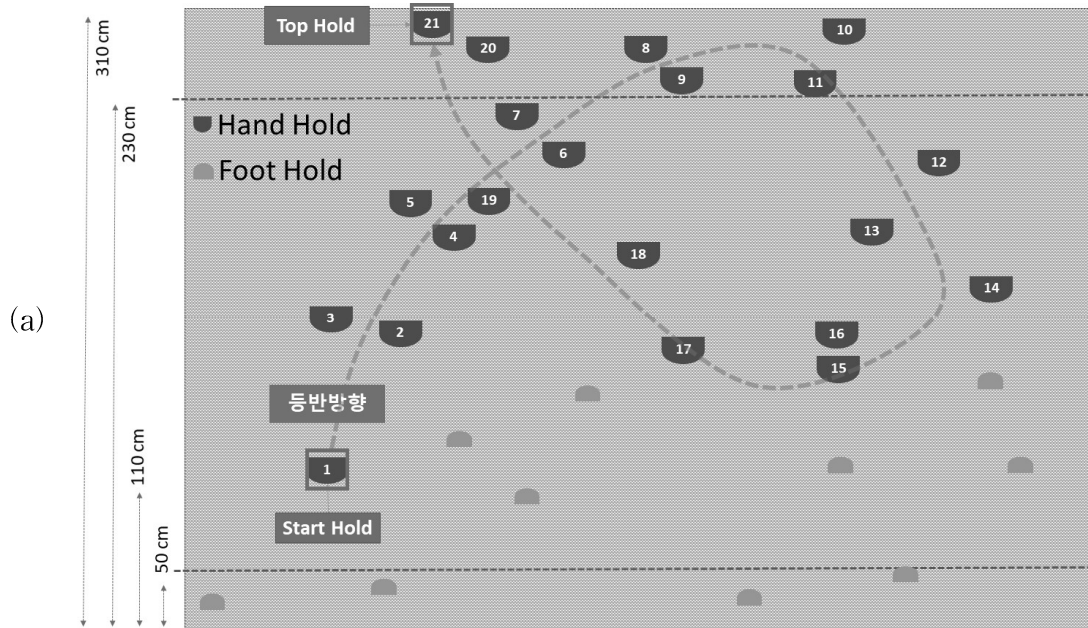


Figure 3. Climbing route design; Hand hold, Foot hold; (a) 정면도, (b) 측면도



#### 4. 피로회복 처치방법

피로회복 처치방법은 통제그룹, 마사지, 스트레칭, 아이싱을 적용하였으며, 변인 간 간섭을 최소화하기 위해 1주의 간격을 두고 측정하였다.

##### 1) 마사지(Massage)

마사지 처치는 백승현(2009)이 개발한 방법을 수정·보완하여 대상자가 1차 등반 종료 후, 누운 상태에서 양팔의 전완근을 두 명의 보조연구원이 매뉴얼 마사지(Manual massage) 방법으로 15분 동안 실시하였다(Figure 4).



Figure 4. Massage methods

##### 2) 정적·동적 스트레칭(Static & dynamic stretching)

스트레칭 처치는 Kim 등(2004)이 개발한 스트레칭 방법을 수정·보완하여 두 명의 보조연구원이 1차 등반 종료 후, 누운 상태의 대상자 양쪽 전완근 중 손목의 굴곡(Flexion)과 신전(Extension)을 각각 10초간 실시한 정적스트레칭과 대상자 스스로 양손을 터는 동적 스트레칭으로 10초간 진행하였다. 스트레칭은 탈진 운동 후 15분 동안 1회당 30초 간격으로 30회 실시하였다(Figure 5).



Figure 5. Static & dynamic forearm stretching

### 3) 아이싱(Icing)

본 연구의 아이싱 피로회복 처치는 두 명의 보조연구원이 대상자의 양쪽 전완근 부위에 아이스팩을 이용하여 1차 탈진 후 15분간 실시하였다. 아이스팩 온도는 Kodejška 등(2018)이 제시한 냉수침지 적정온도인 15℃를 적용하였으며, 비접촉 체온측정기(GM-530)를 이용하여 온도 유지를 확인하였다(Figure 6).



Figure 6. Forearm Icing and Non-contact thermometer

## 5. 측정항목 및 방법

### 1) 최대근력측정

#### (1) 악력(Hand grip strength: GS)

악력 측정은 1차 탈진 운동 전, 후와 2차 탈진 운동 전, 후에 측정하였다. 양발을 어깨너비로 벌리고 팔과 손을 몸에서 약간 떼어 자연스럽게 늘어뜨린 후, 악력계(TKK-5401, Japan)의 계측기판이 바깥을 향하도록 배치한다. 쥐는 폭은 엄지와 집게손가락의 둘째 마디에 닿으며 직각이 되도록 조절하여 힘껏 쥐도록 지시 후 측정하였다. 좌, 우 각각 2회 측정 후 최댓값을 0.1kg 단위로 기록하였다(Figure 7).

#### (2) 배근력(Back muscular strength: BS)

악력 측정 후 배근력 또한 1차 탈진 운동 전, 후와 2차 탈진 운동 전, 후 순서로 배근력계(TKK-5402, Japan)를 이용하여 측정하였다. 발판 위에 뒤꿈치를 붙이고 양쪽 발끝을 약 15cm 벌려 선 후, 고관절을 중심으로 상체를 약 30°로 굽힌 뒤 무릎과 팔을 곧게 펴 손바닥이 지면을 향하도록 손잡이를 잡는다. 최대한 힘껏 당기도록 하며, 무릎을 구부리거나 몸이 뒤쪽으로 기울지 않도록 주의하면서 1회 측정하였다. 측정값은 0.1kg 단위로 기록하였다(Figure 8).



Figure 7. TKK-5401



Figure 8. TKK-5402

## 2) 경기력 측정

### (1) 심박수(Heart rate: HR)

심박수를 확인하기 위해 1차 탈진 운동 전, 후와 피로회복 처치 시 0분, 5분, 15분, 2차 탈진 운동 전, 후의 심박수 변화는 Polor system(Finland)을 이용하였다.



Figure 9. Polor system

### (2) 혈중젖산 농도(Blood lactate concentration: La)

혈중젖산 농도의 변화는 1차 탈진 운동 전, 후와 피로회복 처치 시 0분, 5분, 15분, 2차 탈진 운동 전, 후 각각 capillary를 이용하여 채혈한 후 Biosen C\_line(EKF Dianostics, Germany)을 사용하여 측정하였다(Figure 10).

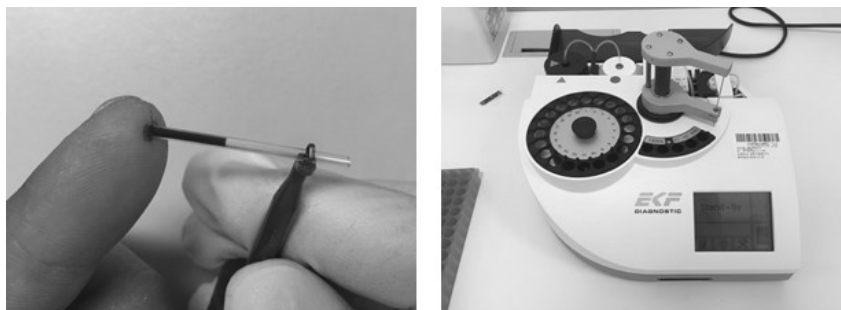


Figure 10. Lactate Analysis

### (3) 등반 횟수(Number of climbing)

등반 횟수는 1차, 2차의 탈진 시까지 반복수행한 등반 횟수를 기록하였다. 1번과 21번 홀드만 양손을 모아 잡을 수 있으며, 짝수번호 홀드는 오른손, 홀수 번호 홀드는 왼손으로 지정하였다. 또한, 1, 2-3, 4-5, 6-7, 8-9, 10-11, 12-13, 14-15, 16-17, 18-19-20, 21번 홀드로 구분하여 추락 시 해당 위치를 포함한 등반 횟수를 계산하였다. 만약, 탈진 유도과정에서 실수에 의한 추락 또는 대상자의 등반 의지가 있는 경우 추락 후 곧바로 재등반을 수행하였고, 재등반 의사가 없는 경우 추락지점에 표기된 홀드의 번호를 소수점 이하로 기록하였다.



Figure 11. Climbing route

## 6. 자료처리

본 연구에서 얻은 측정자료는 SPSS for windows(Version 21.0) 통계프로그램을 이용하여 분석하였다. 각 변인의 평균(Mean)과 표준편차(Standard Deviation)를 산출하였으며, 집단 간, 시기 간에 대한 상호작용을 확인하기 위해 이원 반복측정 분산분석(Two-way repeated measures ANOVA)을 하였다. 또한, 집단 간 차이를 확인하기 위해 일원 분산분석(One-way ANOVA)을 시행하였다. 사후검증은 Tukey 방법을 사용하였으며, 모든 분석의 통계적 유의수준( $p$ )은 .05로 하였다.

## IV. 연구결과

스포츠 클라이밍 동호인을 대상으로 난이도 5.10a인 등반 루트를 최대속도로 반복수행하여 탈진을 유도한 후 현장 적용이 가능한 마사지, 스트레칭, 아이싱 처치를 통해 클라이머의 체력요인, 젖산 축적농도, 젖산 회복률 및 경기력에 미치는 영향을 규명하기 위하여 실시한 본 연구의 결과는 다음과 같다.

### 1. 처치방법과 등반 횟수

#### 1) 처치방법에 따른 등반 횟수의 상호작용 효과

피로회복 처치방법에 따른 등반 횟수의 상호작용 효과는 다음 <Table 2>, <Figure 12>와 같다. 등반 횟수에 대한 반복측정 분산분석 결과, 그룹 간( $F=2.435, p=.86$ )에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 측정 시기( $F=19.444, p=.001$ )에 따른 변화에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 그룹과 측정 시기에 따른 상호작용에서도 유의한 차이( $F=3.448, p=.030$ )가 나타났다.

Table 2. The result of two-way repeated ANOVA for climbing repetition according to recovery method

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	26.381	3	8.944	2.435	.086	.207
<i>Error</i>	102.828	28	3.672			
Within Subject						
Period	26.807	1	26.807	19.444	.001	.410
Group×Period	14.261	3	4.754	3.448	.030	.270
<i>Error</i>	38.603	28	1.379			

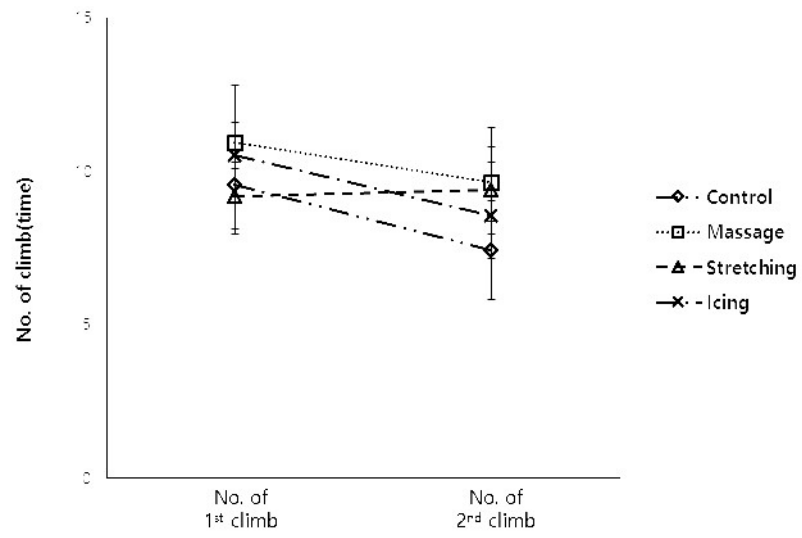


Figure 12. Comparison of climbing repetition between groups according to recovery method



2) 처치방법에 따른 등반 횟수의 변화

피로회복 처치방법에 따른 등반 횟수의 변화는 다음 <Table 3>, <Figure 13>과 같다. 등반 횟수에 대한 그룹 간 비교에서 1차 등반에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 2차 등반에서는 그룹 간 유의한( $F=5.175$ ,  $p=.006$ ) 차이가 나타났다. 사후검증 결과, 마사지 그룹과 스트레칭 그룹이 통제그룹보다 높게 나타났다. 각 그룹 간 처치 시점에 따른 비교에서 통제그룹과 아이싱 그룹에서 유의한 차이가 나타났다.

Table 3. Changes in climbing repetition according to recovery method

	Control <sup>1</sup>	Massage <sup>2</sup>	Stretching <sup>3</sup>	Icing <sup>4</sup>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>Tukey</i>
1 <sup>st</sup> climb <sup>a</sup>	9.55±0.54	10.94±2.09	9.17±2.02	10.54±2.25	1.59	.217	-
2 <sup>nd</sup> climb <sup>b</sup>	7.41±1.59	9.66±0.92	9.41±1.04	8.54±1.39	5.175	.006	1<23
<i>t</i>	3.369	1.905	-.432	4.350			
<i>p</i>	.012	.099	.679	.003			

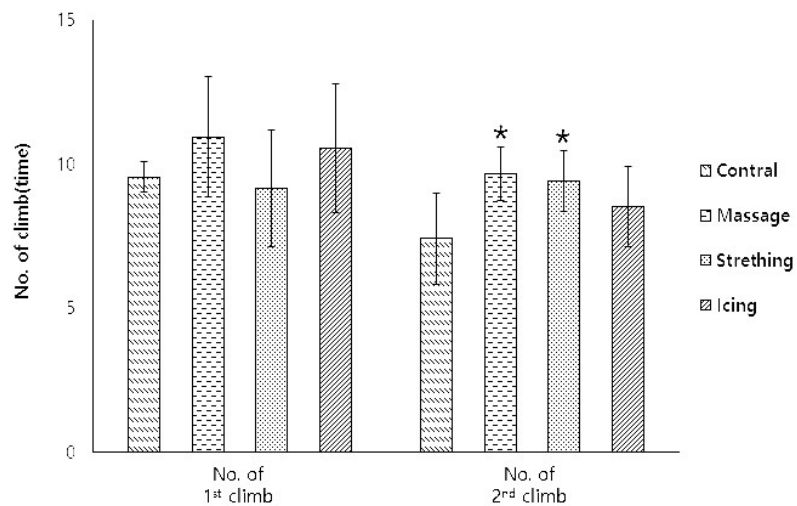


Figure 13. Result on climbing repetition according to recovery method

## 2. 처치방법과 젓산

### 1) 처치방법에 따른 젓산의 상호작용 효과

피로회복 처치방법에 따른 혈중젓산의 상호작용 효과는 다음 <Table 4>, <Figure 14>와 같다. 젓산에 대한 반복측정 분산분석 결과, 그룹 간( $F=.487$ ,  $p=.694$ )에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 측정시기( $F=61.233$ ,  $p=.001$ )에 따른 변화는 유의한 차이가 나타났다. 또한, 그룹과 측정 시기에 따른 상호작용에서 유의한 차이( $F=2.101$ ,  $p=.047$ )가 나타났다.

Table 4. The result of two-way repeated ANOVA for on La changes according to recovery method

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	15.784	3	5.261	.487	.694	.050
<i>Error</i>	302.463	28	10.802			
Within Subject						
Period	39.162	1	39.12	62.992	.001	.692
Group×Period	5.614	3	1.871	3.010	.047	.244
<i>Error</i>	17.407	28	.622			

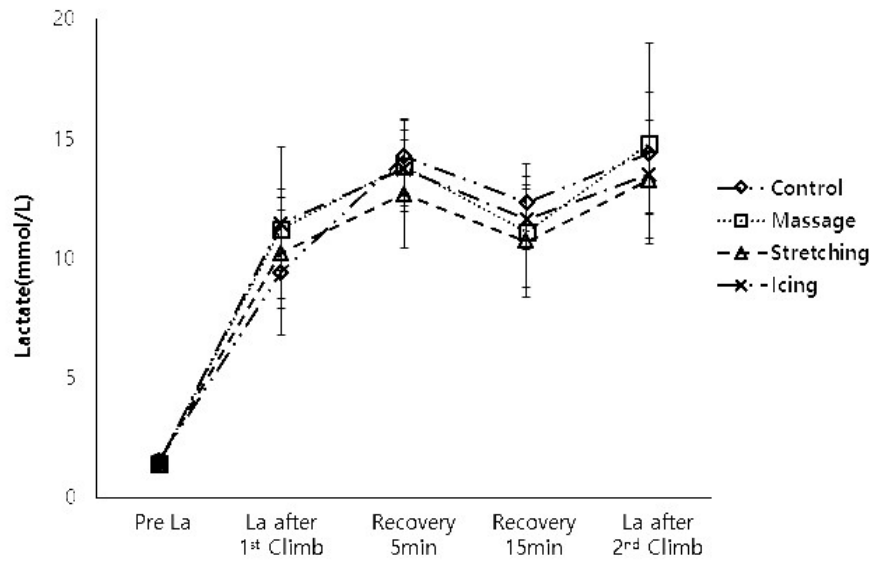


Figure 14. Comparison of La between groups according to recovery method

2) 처치방법에 따른 젓산의 변화

피로회복 처치방법에 따른 혈중젓산의 변화는 다음 <Table 5>, <Figure 15>와 같다. 젓산의 측정 시기에 따른 그룹 간 비교를 한 결과, 사전(F=.781, p=.515)과 1차 등반 후(F=1.139, p=.350), 회복처치 5분(F=1.075, p=.376), 회복처치 15분(F=1.981, p=.140) 그리고 2차 등반 후(F=.504, p=.683) 모두에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 각 그룹의 처치 시점에 따른 비교에서 혈중젓산은 모든 그룹에서 유의한 차이가 나타났다.

Table 5. Changes in La concentration according to recovery method

	Control <sup>1</sup>	Massage <sup>2</sup>	Stretching <sup>3</sup>	Icing <sup>4</sup>	F-value	p	Tikey
Pre La <sup>a</sup>	1.53±0.23	1.41±0.28	1.55±0.27	1.40±0.22	.781	.515	-
La after 1 <sup>st</sup> Climb <sup>b</sup>	9.40±2.59	11.19±1.72	10.21±2.32	11.46±3.16	1.139	.350	-
Recovery 5 min <sup>c</sup>	14.26±1.54	13.86±1.92	12.68±2.24	13.76±1.58	1.075	.376	-
Recovery 15 min <sup>d</sup>	12.36±1.57	11.09±2.30	10.71±2.33	11.64±1.25	1.981	.140	-
La after 2 <sup>nd</sup> Climb <sup>e</sup>	14.38±2.57	14.82±4.19	13.29±2.47	13.53±1.61	.504	.683	-
F-value	65.950	38.388	40.694	62.773			
p	.001	.001	.001	.001			
Tikey	a<b<c,d,e	a<b,d<e	a<b<e	a<b,c,d,e			

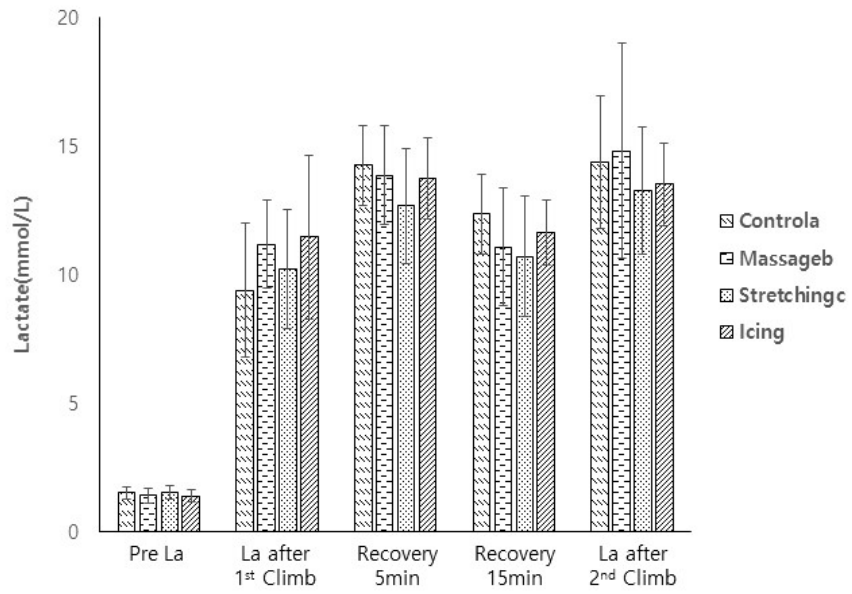


Figure 15. Comparison of La concentration according to recovery method

3) 처치방법에 따른 젖산회복율의 변화

피로회복 처치방법에 따른 젖산회복율( $\Delta$ Lactate)의 변화는 다음 <Table 6>, <Figure 16>과 같다. 그룹 간 젖산회복율을 비교한 결과,  $F=2.59$ ,  $p=.049$ 로 유의한 차이를 나타냈다. 사후검증 결과, 마사지 그룹이 다른 그룹보다 높게 나타났다.

Table 6. Changes in the rate of lactate removal according to recovery method

	Control <sup>1</sup>	Massage <sup>2</sup>	Stretching <sup>3</sup>	Icing <sup>4</sup>	F-value	p	Tukey
$\Delta$ Lactate	-9.73±1.65	-20.61±2.66	-16.13±1.48	-14.95±3.19	3.610	.025	1<2

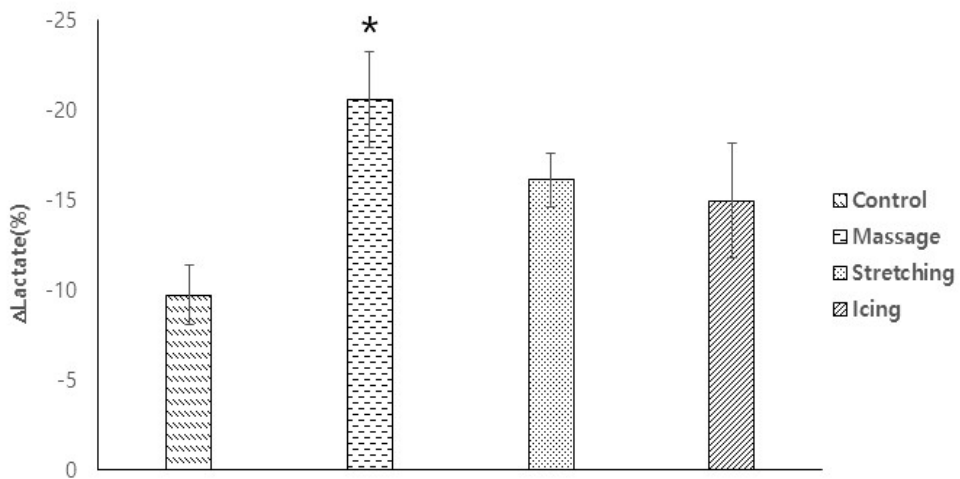


Figure 16. Comparison in the rate of lactate removal according to recovery method

### 3. 처치방법과 악력

#### 1) 처치방법에 따른 우세 측 악력의 상호작용 효과

피로회복 처치방법에 따른 우세 측 악력의 상호작용 효과는 다음 <Table 7>, <Figure 17>과 같다. 악력에 대한 반복측정 분산분석 결과, 그룹 간( $F=.142$ ,  $p=.934$ )에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 측정 시기( $F=32.424$ ,  $p=.001$ )에 따른 변화는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 반면, 그룹과 측정 시기에 따른 상호작용에서는 유의한 차이( $F=.805$ ,  $p=.502$ )가 나타나지 않았다.

Table 7. The result of two-way repeated ANOVA for GS of dominant arm according to recovery method

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	37.129	3	12.376	.142	.934	.015
<i>Error</i>	2448.671	28	87.453			
Within Subject						
Period	148.755	1	148.755	32.424	.001	.537
Group×Period	11.077	3	3.692	.805	.502	.079
<i>Error</i>	128.458	28	4.588			

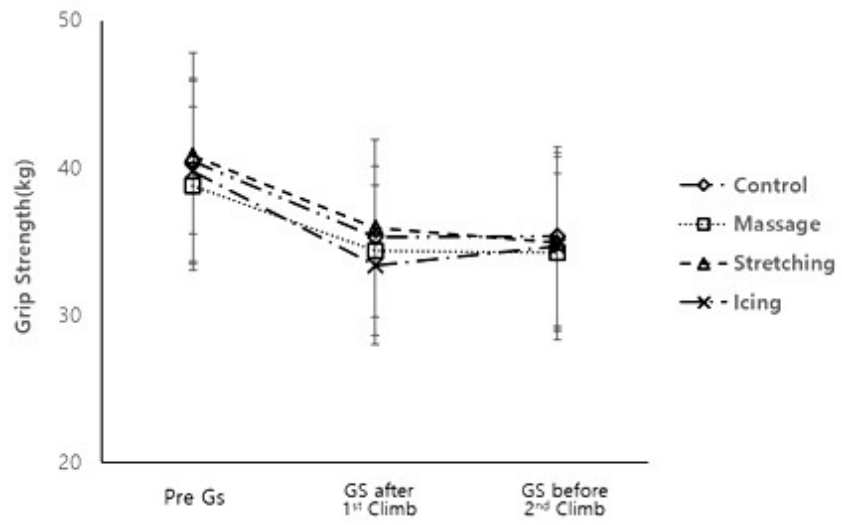


Figure 17. Comparison of GS of dominant arm between groups according to recovery method



2) 처치방법에 따른 우세 측 악력의 변화

피로회복 처치방법에 따른 우세 측 악력의 변화는 다음 <Table 8>, <Figure 18>과 같다. 악력에 대한 측정 시기별 그룹 간 비교를 한 결과, 사전( $F=.502$ ,  $p=.684$ )과 1차 등반 후( $F=.293$ ,  $p=.830$ ) 그리고 2차 등반 후( $F=.338$ ,  $p=.798$ ) 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 각 그룹의 처치 시점에 따른 비교에서 아이스 그룹에서 유의한 차이가 나타났다.

Table 8. Changes in GS of dominant arm according to recovery method

	Control <sup>1</sup>	Massage <sup>2</sup>	Stretching <sup>3</sup>	Icing <sup>4</sup>	<i>F</i> -value	<i>p</i>	<i>Tukey</i>
Pre GS <sup>a</sup>	40.43±7.38	38.81±5.32	40.81±5.28	39.76±6.10	.502	.684	-
GS after 1 <sup>st</sup> Climb <sup>b</sup>	35.28±6.61	34.38±5.71	35.90±6.02	33.40±5.39	.293	.830	-
GS before 2 <sup>nd</sup> Climb <sup>c</sup>	35.36±6.08	34.26±5.34	34.91±5.83	34.68±6.34	.338	.798	-
<i>F</i> -value	1.800	2.077	1.799	4.961			
<i>p</i>	.190	.150	.190	.017			
<i>Tukey</i>	-	-	-	b<c			

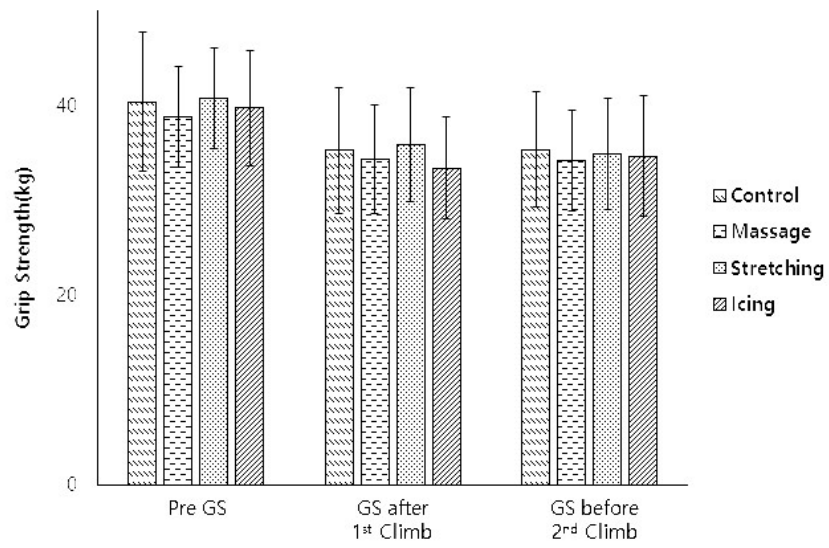


Figure 18. Comparison in GS of dominant arm according to recovery method

#### 4. 처치방법과 배근력

##### 1) 처치방법에 따른 배근력의 상호작용 효과

피로회복 처치방법에 따른 배근력의 상호작용 효과는 다음 <Table 9>, <Figure 19>와 같다. 배근력에 대한 반복측정 분산분석 결과, 그룹 간( $F=.177$ ,  $p=.911$ )에는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 측정 시기( $F=7.233$ ,  $p=.012$ )에 따른 변화는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 반면, 그룹과 측정 시기에 따른 상호작용에서는 유의한 차이( $F=.625$ ,  $p=.605$ )가 나타나지 않았다.

Table 9. The result of two-way repeated ANOVA for BS according to recovery method

	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	883.734	3	294.578	.177	.911	.019
<i>Error</i>	46580.118	28	1663.576			
Within Subject						
Period	1673.831	1	1673.831	7.233	.012	.205
Group×Period	433.983	3	144.661	.625	.605	.063
<i>Error</i>	6479.687	28	231.417			

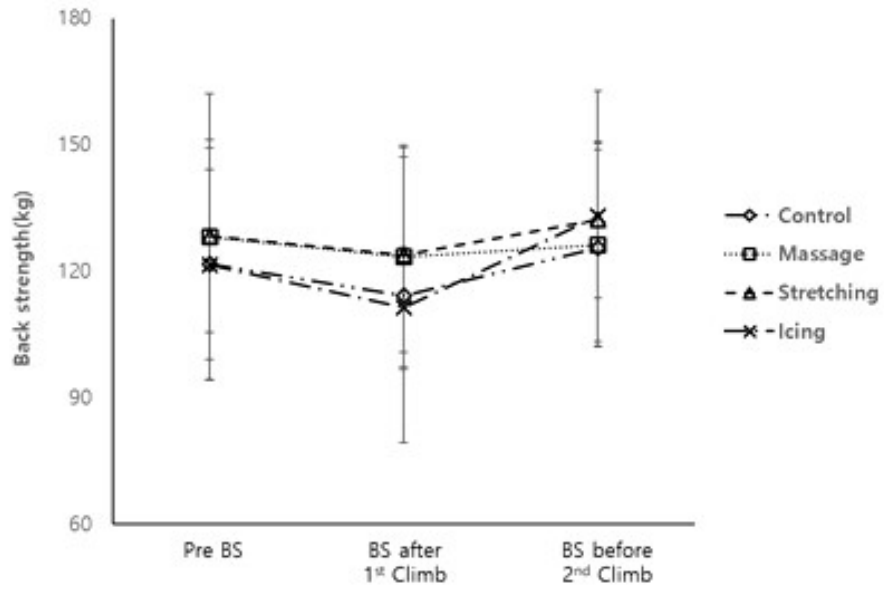


Figure 19. Comparison of BS between groups according to recovery method

2) 처치방법에 따른 배근력의 변화

피로회복 처치방법에 따른 배근력의 변화는 다음 <Table 10>, <Figure 20>과 같다. 배근력의 측정 시기별 그룹 간 비교를 한 결과, 사전(F=.161, p=.921), 1차 등반 후 (F=.482, p=.697) 그리고 2차 등반 후(F=.212, p=.887) 모두에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 각 그룹의 처치 시점에 따른 비교에서 배근력은 모든 그룹에서 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 10. Changes of BS according to recovery method

	Control <sup>1</sup>	Massage <sup>2</sup>	Stretching <sup>3</sup>	Icing <sup>4</sup>	F-value	p	Tukey
Pre BS <sup>a</sup>	121.69±27.56	128.25±33.79	128.31±22.84	121.56±22.52	.161	.921	-
BS after 1 <sup>st</sup> Climb <sup>b</sup>	114.31±34.97	123.38±26.62	123.94±23.11	111.44±14.15	.482	.697	-
BS before 2 <sup>nd</sup> Climb <sup>c</sup>	125.61±23.25	126.19±24.19	132.25±18.47	133.13±29.67	.212	.887	-
F-value	.203	.209	1.548	.672			
p	.152	.813	.236	.521			
Tukey	-	-	-	-			

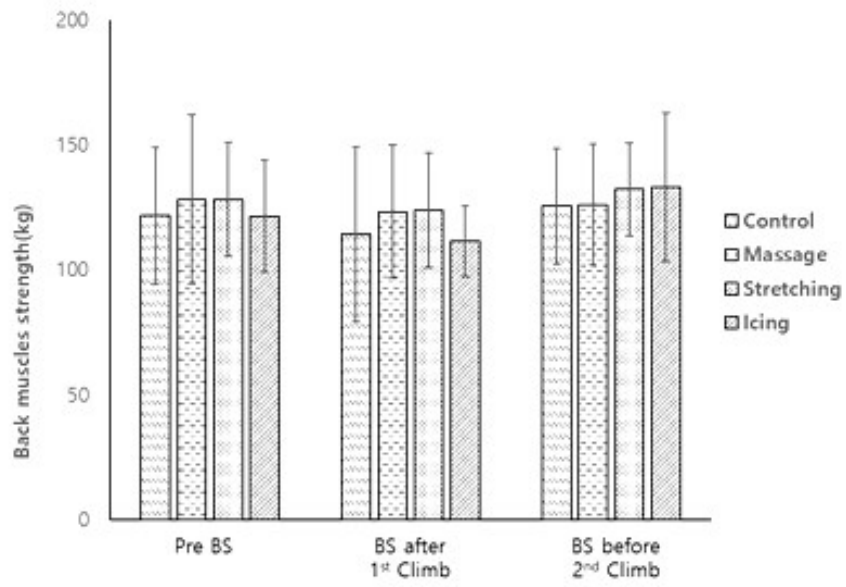


Figure 20. Comparison of BS according to recovery method

## 5. 처치방법과 심박수

### 1) 처치방법에 따른 심박수의 상호작용 효과

피로회복 처치방법에 따른 심박수의 상호작용 효과는 다음 <Table 11>, <Figure 21>과 같다. 심박수에 대한 반복측정 분산분석 결과, 그룹 간( $F=.035$ ,  $p=.991$ )에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 측정 시기( $F=90.244$ ,  $p=.001$ )에 따른 변화는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 반면, 그룹과 측정 시기에 따른 상호작용에서는 유의한 차이( $F=.898$ ,  $p=.454$ )가 나타났지 않았다.

Table 11. The result of two-way repeated ANOVA for HR according to recovery method

구분	SS	df	MS	$F$	$p$	$\eta^2$
Between Subject						
Group	49.325	3	16.442	.035	.991	.004
<i>Error</i>	13195.450	28	471.266			
Within Subject						
Period	10042.879	1	10042.879	90.244	.001	.763
Group×Period	299.833	3	99.944	.898	.454	.088
<i>Error</i>	3115.988	28	111.285			

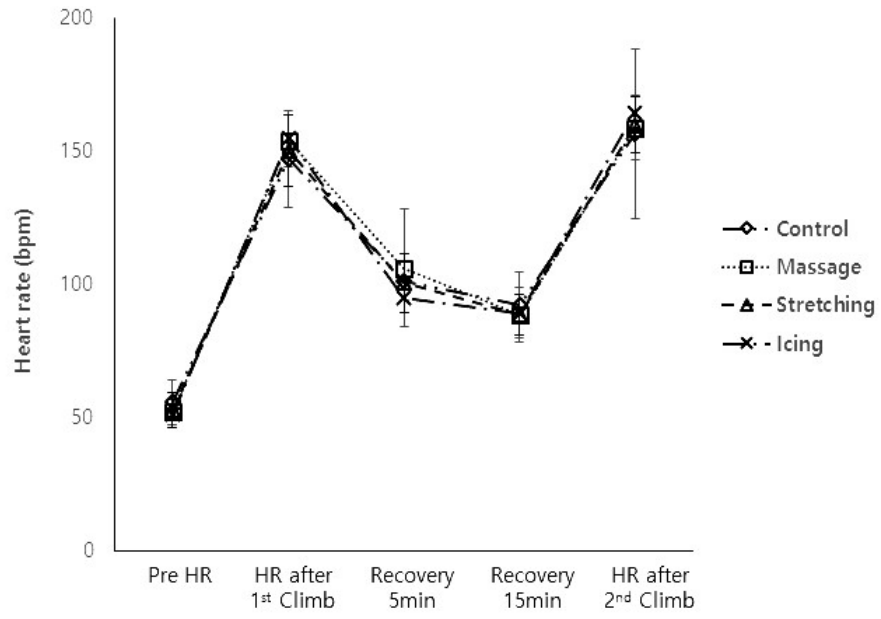


Figure 21. Comparison of HR between groups according to recovery method



2) 처치방법에 따른 심박수의 변화

피로회복 처치방법에 따른 심박수의 변화는 다음 <Table 12>, <Figure 22>와 같다. 심박수의 측정 시기별 그룹 간 비교를 한 결과, 사전(F=.751, p=.531), 1차 등반 후 (F=.560, p=.646), 회복 5분(F=.857, p=.475), 회복 15분(F=.215, p=.885), 그리고 2차 등반 후(F=.236, p=.871) 모두에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 각 그룹의 처치 시점에 따른 비교에서 심박수는 모든 그룹에서 유의한 차이가 나타났다.

Table 12. Changes of HR according to recovery method

	Control <sup>1</sup>	Massage <sup>2</sup>	Stretching <sup>3</sup>	Icing <sup>4</sup>	F-value	p	Tukey
Pre HR <sup>a</sup>	55.75±8.45	52.00±4.69	52.88±6.45	51.00±6.57	.751	.531	-
HR after 1 <sup>st</sup> Climb <sup>b</sup>	147.00±18.33	153.86±9.64	150.25±13.56	155.00±11.96	.560	.646	-
Recovery 5 min HR <sup>c</sup>	101.12±7.14	106.00±22.09	100.50±11.05	94.88±10.66	.857	.475	-
Recovery 15 min HR <sup>d</sup>	92.25±12.51	88.63±10.31	88.75±7.70	88.88±11.59	.215	.885	-
HR after 2 <sup>nd</sup> Climb <sup>e</sup>	156.38±31.73	158.63±12.09	159.88±10.66	164.13±13.18	.236	.871	-
F-value	42.280	94.792	152.032	149.773			
p	.001	.001	.001	.001			
Tukey	a<c,d<b,e	a<c,d<b,e	a<c,d<b,e	a<c,d<b,e			

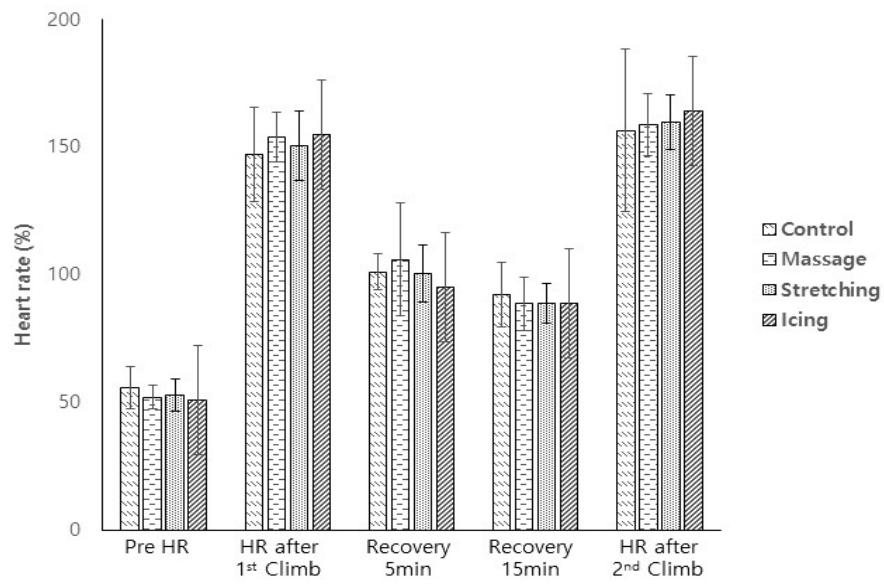


Figure 22. Comparison of HR according to recovery method

3) 처치방법에 따른 평균 심박수의 상호작용 효과

피로회복 처치방법에 따른 평균 심박수(Average heart rate, average HR)의 상호작용 효과는 <Table 13>, <Figure 23>과 같다. 평균 심박수에 대한 반복측정 분산분석 결과, 그룹 간( $F=.057$ ,  $p=.982$ )에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 측정 시기( $F=192.021$ ,  $p=.001$ )에 따른 변화는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 반면, 그룹과 측정 시기에 따른 상호작용에서는 유의한 차이( $F=.144$ ,  $p=.933$ )가 나타나지 않았다.

Table 13. The result of two-way repeated ANOVA for average HR during climbing according to recovery method

구분	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	37.578	3	12.526	.057	.982	.006
<i>Error</i>	6182.281	28	220.796			
Within Subject						
Period	8077.516	1	8077.516	192.021	.001	.873
Group×Period	18.141	3	6.047	.144	.933	.015
<i>Error</i>	1177.844	28	42.066			

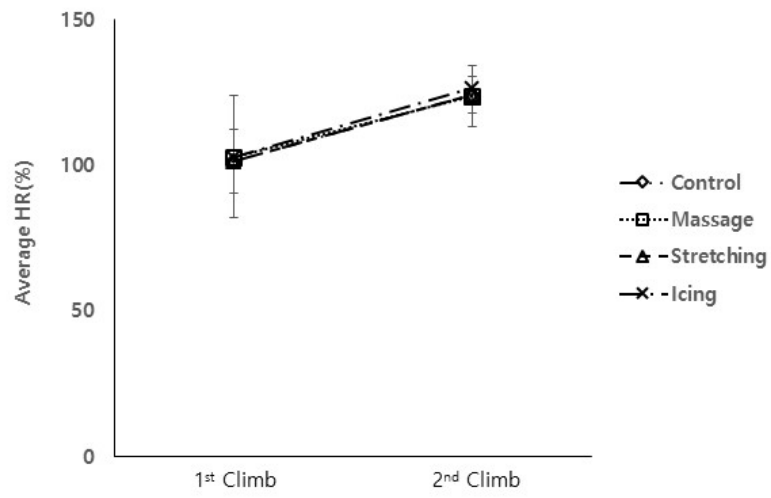


Figure 23. Comparison of average HR during climbing between groups according to recovery method

4) 처치방법에 따른 평균 심박수의 변화

피로회복 처치방법에 따른 평균 심박수의 변화는 다음 <Table 14>, <Figure 24>와 같다. 평균 심박수의 측정 시기별 그룹 간 비교 결과, 1차 등반 후( $F=.085$ ,  $p=.968$ )와 2차 등반 후( $F=.065$ ,  $p=.978$ ) 모두에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 각 그룹의 처치 시점에 따른 비교에서 평균 심박수는 모든 그룹에서 유의한 차이가 나타났다.

Table 14. Changes in average HR during climbing according to recovery method

	Control <sup>1</sup>	Massage <sup>2</sup>	Stretching <sup>3</sup>	Icing <sup>4</sup>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>Tukey</i>
1 <sup>st</sup> climb <sup>a</sup>	101.38±11.11	102.94±6.34	101.56±7.72	103.00±7.83	.085	.968	-
2 <sup>nd</sup> climb <sup>b</sup>	124.31±20.99	123.63±10.53	124.31±8.38	126.50±12.05	.065	.978	-
<i>t</i>	-4.627	-8.070	-13.355	-8.299			
<i>p</i>	.002	.001	.001	.001			

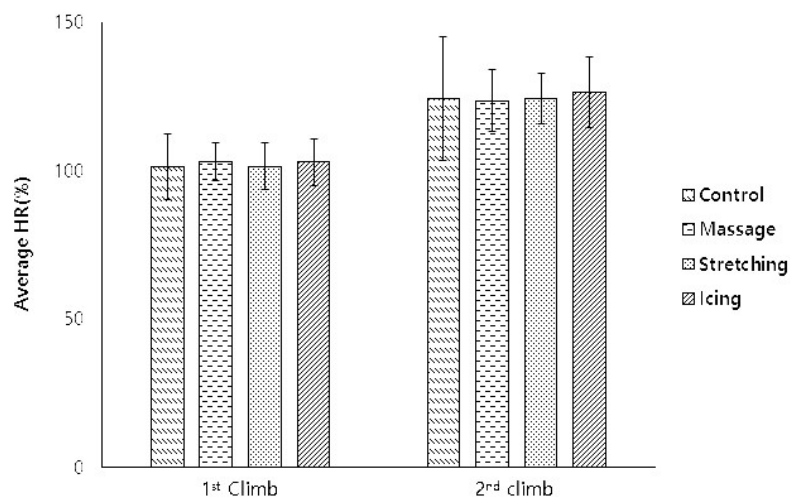


Figure 24. Comparison of average HR during climbing according to recovery method

5) 처치방법에 따른 심박수회복율의 변화

피로회복 처치방법에 따른 심박수회복율(Heart rate reduction rate,  $\Delta HR$ )의 변화는 다음 <Table 15>, <Figure 25>와 같다. 그룹 간 심박수회복율을 비교한 결과,  $F=1.019$ ,  $p=.399$ 로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 15. Changes in  $\Delta HR$  according to recovery method

	Control <sup>1</sup>	Massage <sup>2</sup>	Stretching <sup>3</sup>	Icing <sup>4</sup>	<i>F</i> -value	<i>p</i>	<i>Tukey</i>
$\Delta HR$	-36.96±8.31	-42.47±5.35	-40.74±5.00	-42.77±5.49	1.497	.237	-

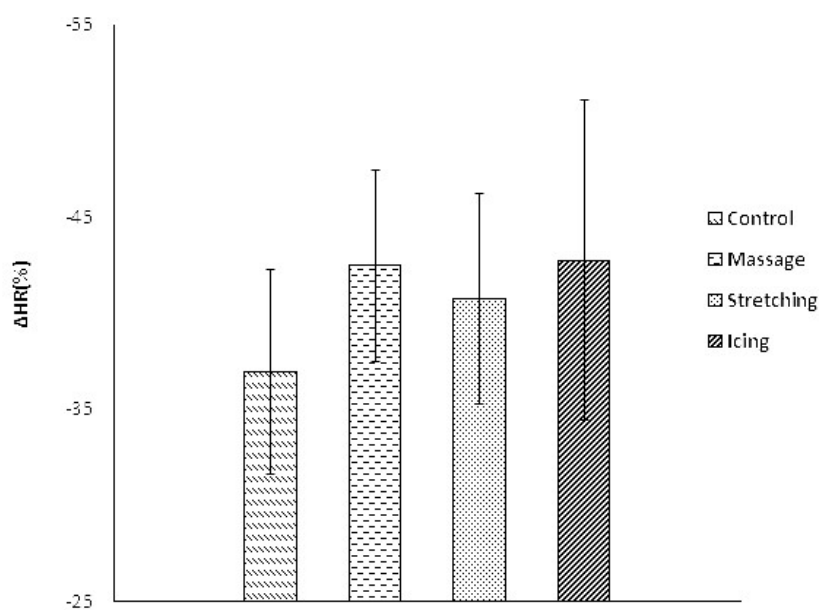


Figure 25. Comparison in  $\Delta HR$  concentration according to recovery method

## V. 논 의

본 연구는 현장에서 효율적인 피로회복 처치방법을 제시하기 위해 스포츠 클라이밍 동호인을 대상으로 5.10a 난이도의 고강도 등반을 2차 반복수행하였다. 1차 등반과 2차 등반 사이의 회복기 15분 동안 통제그룹, 마사지, 스트레칭, 아이싱 처치방법에 따라 4개의 그룹으로 구분하였고, 1차와 2차 등반 사이의 피로회복 처치방법이 기초체력, 경기력 및 젖산농도 변화에 미치는 영향을 확인한 결과를 바탕으로 다음과 같이 논의하고자 한다.

스포츠 클라이밍은 중력의 역방향으로 등반하는 종목으로 근력과 근지구력이 요구된다. 경기 특성상 압박을 오르고, 매달리기 위한 상·하지의 근육과 코어근육이 동시에 사용된다. 특히, 홀드를 잡고 유지하기 위한 전완근(Forearm muscle)의 사용과 체중을 지지하기 위한 코어근육(Core muscles)의 동원율이 높은 것으로 보고되었다(Phillips et al., 2012). 전완근의 최대근력(Maximal strength)은 악력으로 확인할 수 있으며, 스포츠 클라이머를 대상으로 악력을 확인한 선행연구 결과는 악력이 높을수록 경기력이 우수한 것으로 나타났다(Baláš et al., 2012). 또한 일반 성인을 대상으로 한 스포츠 클라이밍 트레이닝 연구에서는 악력의 향상에 따른 근력증가를 확인하므로 스포츠 클라이밍 시 악력의 중요성을 보고하였다(Watts et al., 2004). 하지만 이와 대조적으로 스포츠 클라이밍에서 근 피로와 관련된 악력의 최대 수의적 수축(MVIC: Maximum Voluntary Isometric Contraction)을 확인한 선행연구 결과는 악력이 클라이밍 시 근 피로와 큰 관련성이 없는 것으로 보고하였다(Quaine & Vigouroux, 2004).

본 연구의 피로회복 처치방법에 따른 악력의 변화는 반복측정 분산분석 결과 그룹 간 상호작용이 나타나지 않았으나, 시기 간에서는 유의한 차이가 나타났다. 처치와 시기 간 상호작용결과는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았고, 시기별 그룹 간 악력을 확인한 결과에서는 사전, 1차 등반 후 그리고 2차 등반 후 모든 시기에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 악력의 결과는 스포츠 클라이밍 시 악력이 근 피로와 관련이 없다는 선행연구와 일치한다. 이러한 원인은 등반 시 전완근(Antebrachial muscles)인 요측수굴근(Flexor carpi radialis), 장장근(Palmaris longus),

척추수근굴근(Flexor carpi ulnaris), 내회전근(Pronator teres), 상완요근(Brachioradialis) 및 천지굴근(Flexor digitorum superficialis) 뿐만 아니라 지신근(Extensor digitorum), 소지신근(Extensor carpi radialis brevis) 및 장요척추근신근(Extensor carpi radialis longus) 등이 경기 중 동원되므로 전환근의 측정만으로 클라이밍의 최대근력을 확인하기에는 다소 어려움이 있을 것으로 생각된다. 따라서 피로회복 처치 부위를 다르게 실시한 추가적인 연구가 진행되어야 할 필요성이 있고, 클라이머의 손목과 손가락 굴곡(Flexion) 및 신전(Extension) 시 동원되는 근육과 기능을 명확하게 확인할 수 있는 신뢰성 높은 측정 도구의 개발이 필요할 것으로 사료 된다.

스포츠 클라이밍은 경사진 벽면을 등반하므로 지속적인 자세를 유지하기 위해 사용되는 상지근육(Upper body muscles)은 삼각근(Deltoid), 승모근(Trapezius muscle), 광배근(Latissimus dorsi), 척추기립근(Erector spinae muscles) 및 복부 위주의 코어근육(Abdominal core muscles)이 사용된다. 따라서 피로회복 처치방법에 따른 배근력을 확인한 결과는 처치 간 통계적인 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 시기 간에서는 유의한 차이가 나타났고, 그룹과 시기 간에 따른 상호작용에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한 측정 시기별 배근력의 그룹 간 비교 결과는 사전, 1차 등반 후 그리고 2차 등반 후 모든 시점에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 스포츠 클라이밍의 코어근력의 동원율은 선수경력이 오래될수록 동원되는 근육의 동원율이 낮은 것으로 보고되었다(Ginszt et al., 2017). 즉, 스포츠 클라이머의 코어근력은 경력이 오래될수록 그 기능이 우수하다는 것을 의미한다(김도형 & 김기진, 2003). 이와 상반되는 연구로 우수선수와 비 우수선수의 배근력은 유의한 차이 없다는 연구결과와 본 연구결과는 일치한다(손정준 등, 2008). 하지만 대부분의 선행연구에서는 경사도에 대한 변화를 확인하지 않았다. 본 연구에서는 5.10a 난이도인 경사 각도를 설정하였으나, 배근력 변화에 영향을 주지는 못하였다. 따라서 배근력 변화를 확인하기 위한 경사도 및 난이도를 다르게 설정한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

스포츠 클라이밍 경기는 총 3가지 종목이 하루에 진행된다. 한 종목이 끝난 후 약간의 휴식이 주어지며, 다음 종목의 경기가 바로 진행되므로 휴식 중 피로회복이 다음 경기에 상당한 영향을 미친다. 따라서 본 연구에서는 피로회복 처치방법에 따른 1차와 2차의 등반(탈진) 횟수 변화를 확인하였다. 그룹과 시기 간 상호작용 결과, 그룹 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 하지만 시기 간에서는 유의한 차이가 나타났고, 그룹



과 시기 간에 따른 상호작용 또한 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 이와 함께 피로 회복 처치방법에 따른 등반 횡수의 시기 간 변화를 확인한 결과는 2차 등반에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났고, 마사지와 스트레칭 그룹이 통제그룹보다 유의하게 높은 것으로 사후검증결과 확인되었다. 마사지 처치는 국소적 혈액순환과 동시에 전신 혈액순환을 원활하게 하므로 산소이용 능력을 증가시켜 경기력에 효과를 주는 것으로 선행연구에서 보고되었다(이원재 등, 2001; Yoo & Ko, 2003). 태권도 겨루기 후 동적 스트레칭은 젖산과 암모니아 농도를 유의하게 감소시킨다는 연구결과는 본 연구의 마사지와 스트레칭 피로회복 처치방법이 2차 등반 횡수 변화에 긍정적인 효과를 준 결과를 지지한다(김주애 등, 2018). 이러한 마사지와 동적 스트레칭은 산소이용능력이 향상되어 대사기능을 촉진하게 하므로 피로물질인 젖산을 분해하는데 효과적이다. 따라서 2차 등반 횡수 변화에 긍정적인 영향을 준 것으로 생각된다. 하지만 아이싱 처치는 본 연구에 등반 횡수에 효과를 주지 못하였다. 그 원인은 다수의 선행연구 결과 냉수침지 처치회복이 경기력 향상에 긍정적 혹은 부정적이라는 상반되는 결과를 제시하면서 본 연구결과와 부분적으로 일치한다(Kodejška et al., 2018; Baláš et al., 2012; Heyman et al., 2009).

스포츠 클라이밍 시 사용되는 에너지대사(Energy metabolism)는 경기종목에 따라 차이가 있다. 특히 타 스포츠 종목과 달리 클라이밍은 장시간 경사도가 높은 벽을 오르고, 매달리는 경기의 특성상 에너지대사 과정 중 무산소성 해당과정(Anaerobic glycolysis)이 동원되는 고강도 스포츠이다. 경기 중 주된 에너지원으로 사용되는 포도당(Glucose) 한 분자는 2개의 피루브산(Pyruvic acid)이 된다. 피루브산은 산소공급이 충분할 경우 미토콘드리아에서 크랩스회로(Krebs cycle)와 전자전달계(Electron transport system)를 통해 ATP를 생성하지만, 산소의 공급이 불충분할 경우 최종부산물인 젖산(Lactic acid)이 생성되며, 생성된 젖산은 수소이온과 함께 혈액으로 유리되어 혈중에 축적된다. 혈중 젖산농도가 4mmol/L 이상일 경우 젖산 역치(Lactate threshold)라 하며, 혈중 젖산농도의 상승은 근 피로와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되고 있다(김성수 & 정일규, 1998; Willmert et al., 2002; Faude et al., 2009). 따라서, 스포츠 클라이밍 시 축적되는 혈중젖산(Blood lactate)의 변화는 경기력과 밀접한 관련이 있는 것으로 본 연구의 피로회복 처치방법에 따른 젖산 변화의 상호작용 결과는 다음과 같다. 그룹 간에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 시기 간에는 유의한 차이

가 나타났고, 그룹과 시기 간 상호작용에서 또한 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 측정 시기와 그룹 간 비교에서는 사전, 1차 등반 후, 회복 처치 5분, 회복 처치 15분 및 2차 등반 후 모두 시기에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 하지만 1차와 2차 등반 사이의 회복기 젖산회복율에서는 유의한 차이가 나타났고 통제그룹보다 통계적으로 유의하게 높은 것으로 사후검증 결과 확인되었다. 젖산농도의 변화와 관련된 선행연구를 살펴보면, 태권도 경기 사이에 수행한 마사지 처치가 혈중 젖산농도 증가율을 감소시키는 것으로 보고하였고, 이러한 연구결과는 본 연구의 마사지 처치가 회복기 젖산농도의 감소에 효과적이라는 결과를 지지해준다(유덕수 등, 2011). 또한 엘리트 사이클 선수를 대상으로 에르고미터 운동 사이에 아이싱 처치(12°C, 15 min)를 시행한 결과 최대파워와 평균파워가 낮게 나타나는 것으로 경기 중 아이싱 처리가 젖산 회복에 긍정적인 영향을 주지 못한 선행연구 또한 본 연구의 결과와 일치한다(Schniepp et al., 2002). 하지만 여성 클라이머를 대상으로 한 1차 등반과 2차 등반 사이에 실시한 아이싱 처치(15°C, 20 min) 후 혈중젖산농도의 감소를 보고한 Heyman 등(2009)의 연구와는 상반되는 결과를 보였다. 따라서 선수들의 경기를 위해 피로회복 시 다양한 처치방법의 효과를 검증하기 위한 많은 연구가 진행되고 있으나 그 효과에 대해서는 논란의 여지가 있는 것으로 보인다. 본 연구에서 마사지 처치가 회복 시 젖산회복율에서 긍정적인 효과를 보였으나, 경기 중 젖산농도 감소에 대한 피로회복 처치의 효과를 검증하기는 미흡한 것으로 확인되었다. 따라서 젖산이 축적되는 운동 강도의 설정과 피로회복 처치 방법 및 회복시간을 고려한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료 된다.

심장의 수축빈도를 나타내는 심박수는 심장에 주어진 부하의 강도를 확인하는 지표로 활용된다. 지속적인 운동 후 심박수의 정상적인 회복은 다음 경기 시 수행능력의 정도를 예측할 수 있는 지표이다. 따라서 스포츠 선수들의 피로회복 처치방법에 따른 심박수 회복은 경기력에 중요한 요인으로 작용한다. 피로회복 처치방법에 따른 심박수의 변화를 확인한 본 연구결과 그룹 간에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 시기 간에서는 유의한 나타났다. 하지만 그룹과 시기 간 상호작용에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 태권도 경기 간 회복방법에 따른 심박수 변화의 상호작용을 확인한 선행연구와 볼더 경기 간 회복처치에 따른 심박수 변화를 확인한 두 선행연구는 본 연구결과와 동일하게 심박수감소에 영향을 주지 못한 것으로 확인되었다(유덕수 등, 2011, 이성재, 2014). 하지만 장홍영 & 이미현(2019), Yoo & Ko (2003)는 최

대운동 후 마사지 처치가 심박수감소에 영향을 준다는 연구와 운동 전 마사지 처치가 심박수 감소변화에 효과적이라고 하였다. 따라서 처치 시기와 시간을 고려한 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료 된다. 또한 피로회복 처치방법에 따른 측정 시기별 심박수 회복율의 변화에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 원인은 인체의 산소소비량과 비례하는 심박수는 부하가 클수록 증가하고, 자율신경계의 교감신경 호르몬인 노르에피네프린과 에피네프린의 증가는 운동 강도에 따라 증가한다. 고강도의 운동은 에피네프린 분비의 증가와 체온상승, 근수축에 따른 혈류량 증가로 인해 심박수가 증가하는 것으로 보고되었다. 본 연구의 스포츠 클라이밍 시 심박수는 HRmax의 80~90%인 고강도 운동으로써 1차와 2차 등반 후 심박수가 높은 것으로, 피로회복 처치방법에 따른 심박수의 감소에 긍정적인 영향을 주지 못한 것으로 사료 된다. 따라서 처치방법과 운동 강도를 다르게 구성하여 클라이밍 동호인의 심박수와 관련성이 높은 최대산소섭취량 및 스트레스 호르몬에 관한 추가적인 검증이 필요할 것으로 사료 된다.

## VI. 결 론

본 연구는 스포츠 클라이밍 동호인 8명을 대상으로 1차 등반과 2차 등반 사이에 현장 적용이 가능한 피로회복 처치방법(마사지, 스트레칭, 아이싱)을 15분간 처치하여 스포츠 클라이밍 동호인의 체력, 심박수 및 젖산농도의 변화와 경기력에 미치는 영향을 검증하고자 하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 처치방법에 따른 등반 횟수의 상호작용에서 유의한 차이가 나타났다.

둘째, 처치방법에 따른 2차 등반에서 마사지, 스트레칭 그룹이 통제그룹보다 높게 나타났다.

셋째, 처치방법에 따른 혈중 젖산농도의 상호작용에서 유의한 차이가 나타났다.

넷째, 처치방법에 따른 혈중 젖산회복율은 마사지 그룹에서 유의한 차이가 나타났다.

다섯째, 처치방법에 따른 우세 측 악력에서 유의한 차이가 나타나지 않았다.

여섯째, 처치방법에 따른 배근력에서 유의한 차이가 나타나지 않았다.

일곱째, 처치방법에 따른 심박수에서 유의한 차이가 나타나지 않았다.

이상 결과를 종합해 보면 클라이밍 탈진 운동 후 15분 동안의 피로회복 방법 중, 마사지가 처치가 젖산회복율과 등반 횟수 증가에 긍정적인 효과를 보였고, 스트레칭은 등반 횟수 증가에서만 긍정적인 영향을 미친 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 통제그룹과 아이싱 처치보다 마사지와 스트레칭 처치가 스포츠 클라이밍 동호인의 젖산회복율 증가에 따른 경기력에 긍정적인 효과를 미친 것으로 판단된다. 그러나 체력, 심박수 및

젓산농도의 변화에서 유의한 차이가 나타나지 않은 것은, 피로회복 시간을 고려하지 못한 것으로 사료 된다. 따라서 피로회복 시간, 처치 부위 및 다양한 처치방법을 적용한 후속 연구가 필요할 것으로 사료 된다.

<Abstract>

**Effect of various recovery methods on physical  
fitness factors, lactate clearance rate and  
performance in sports climbing club**

**Yu, Joo In**

*Department of Kinesiology*

*General graduate school Jeju National University*

*Jeju, Korea*

**Supervised by professor Seo, Tae-Beom**

The purpose of this study was to examine the effect of various fatigue recovery methods on physical fitness factors, lactate clearance rate and performance after repeating the climbing route of 5.10a at maximum speed to induce exhaustion for sports climbing club members. Eight adult males who had more than one year of sports climbing experience were participated and all subjects were divided into four groups; control group, massage application group, stretching application group and icing application group. All applications were used for fatigue recovery after first climb. A two-week interval was placed between each recovery method to prevent data contamination between groups. Significant differences between groups were determined with two-way repeated analysis of variance. As results of this study,

massage and stretching groups after the first climb significantly increased the number of the second climbs compared to control and icing groups. In particular, massage application significantly up-regulated lactate clearance rate until the start of the second climbs. Grip strength, back strength and heart rate did not showed significant differences between groups. In conclusion, our findings suggested new evidence that massage application might be one of the best way to promote fatigue recovery after sports climbing.

## 참고문헌

- 강성민(2015). 스포츠의 내재적 선에 근거한 스포츠의 개념 정의. 움직임의 철학: 한국 체육철학회지, 23(1), 121-134.
- 김도형(2002). 실내 클라이머의 체력 특성과 클라이밍시 심박수 및 혈중 젖산농도의 변화. 계명대학교 대학원 석사학위 논문.
- 김도형 및 김기진(2003). 실내 클라이밍시 심박수 및 혈중 젖산농도의 변화. 한국사회 체육학회지, 20(2), 955-967.
- 김선호(1995). 최대운동 후 회복형태가 피로 변인에 미치는 영향. 전북대학교 대학원 석사학위논문.
- 김성수, 정일규(1998). 운동생리학. 서울 : 도서출판 대경.
- 김주애, 하수민, 김도연(2018). 태권도 겨루기 직후 스트레칭이 남자 대학 엘리트 선수의 혈중 피로물질에 미치는 영향. 한국레저사이언스학회지 (구 여가웰니스학회지), 9(1), 34-41.
- 백승현(2009). 일과성 운동 후 회복기 스포츠 마사지가 근 기능, 심혈관계 기능, 혈중 피로물질 및 전해질 농도에 미치는 영향. 미간행 박사학위논문. 전북대학교.
- 백일영(2004). 운동생리학과 운동처방-이론과 실험', 서울, 도서출판 대한미디어.
- 손정준, 이만균, & 홍광석(2008). 남자 고등학교 스포츠 클라이밍 우수 선수와 비우수 선수의 체력 및 등반 중의 심박수와 혈중 젖산농도의 비교. 체육과학연구, 19(4), 44-54.
- 유덕수, 박훈영, 이만균(2011). 태권도 경기간 회복 방법이 남자 대학 태권도 선수의 피로관련 혈액변인 및 체력에 미치는 영향. 운동과학, 20(3), 261-272.
- 이성재(2014). 볼더링 경기 중 다양한 회복처치에 따른 심박수와 혈중 피로물질의 반응 비교. 경희대학교 대학원 석사학위논문
- 이종각, 고병구, 김영수, 박동호, 정동식, 방대두, 방상식, 전만배(2003). 단시간 및 장기간의 세라젯 처치가 우수선수의 중추 피로 및 대사 변인에 미치는 영향. 체육과



- 학연구, 14(3), 48-61.
- 이원재, 주성범, 조창모(2001). 운동생리학: 복싱경기상황에서의 회복형태에 따른 생리적 반응의 비교. *한국체육학회지-인문사회과학*, 40(4), 665-675.
- 장홍영, 이미현(2019). 씨름선수의 최대운동 후 스포츠마시지 처치가 회복기 심박수, 산소섭취량 및 혈중젖산에 미치는 영향. *한국융합학회논문지*, 10(6), 317-324.
- Ahmaidi S, Granier P, Taoutaou Z, Mercier J, Dubouchaud H, Prefaut C. (1996). Effects of active recovery on plasma lactate and anaerobic power following repeated intensive exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 28(4), 450-456.
- Al Haddad, H., Laursen, P. B., Chollet, D., Lemaitre, F., Ahmaidi, S., & Buchheit, M. (2010). Effect of cold or thermoneutral water immersion on post-exercise heart rate recovery and heart rate variability indices. *Autonomic Neuroscience*, 156(1-2), 111-116.
- Allen, D. G. (2004). Skeletal muscle function: role of ionic changes in fatigue, damage and disease. *Clinical and experimental pharmacology and physiology*, 31(8), 485-493.
- Asmussen, E. (1993). Muscle fatigue. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25(4), 412-420.
- Baláš, J., Pecha, O., Martin, A. J., & Cochrane, D. (2012). Hand - arm strength and endurance as predictors of climbing performance. *European Journal of Sport Science*, 12(1), 16-25.
- Billat V, Palleja P, Charlaix T, Rizzardo P, Janel N. (1995). Energy specificity of rock climbing and aerobic capacity in competitive sport rock climbers. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 35(1), 20-24
- Barnes, R. H., Labadan, B. A., Siyamoglu, B., & Bradfield, R. B. (1964). Effects of exercise and administration of aspartic acid on blood ammonia in the rat. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, 207(6), 1242-1246.
- Blomstrand, E., Perrett, D., Parry Billings, M., & Newsholme, E. A. (1989). Effect of sustained exercise on plasma amino acid concentrations and on 5

- hydroxytryptamine metabolism in six different brain regions in the rat. *Acta Physiologica Scandinavica*, 136(3), 473-482.
- Casey, A., Constantin-Teodosiu, D., Howell, S., Hultman, E., & Greenhaff, P. L. (1996). Metabolic response of type I and II muscle fibers during repeated bouts of maximal exercise in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 271(1), E38-E43.
- Chaouloff, F., Kennett, G. A., Serrurier, B., Merino, D., & Curzon, G. (1986). Amino acid analysis demonstrates that increased plasma free tryptophan causes the increase of brain tryptophan during exercise in the rat. *Journal of neurochemistry*, 46(5), 1647-1650.
- Chaouloff, F., & Jeanrenaud, B. (1987). 5-HT<sub>1A</sub> and alpha-2 adrenergic receptors mediate the hyperglycemic and hypoinsulinemic effects of 8-hydroxy-2-(di-n-propylamino) tetralin in the conscious rat. *Journal of Pharmacology and Experimental therapeutics*, 243(3), 1159-1166.
- Chaouloff, F., Laude, D., & Elghozi, J. L. (1989). Physical exercise: evidence for differential consequences of tryptophan on 5-HT synthesis and metabolism in central serotonergic cell bodies and terminals. *Journal of Neural Transmission/General Section JNT*, 78(2), 121-130.
- Davis, J. M., & Bailey, S. P. (1997). Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(1), 45-57.
- Draper, N., Bird, E. L., Coleman, I., & Hodgson, C. (2006). Effects of active recovery on lactate concentration, heart rate and RPE in climbing. *Journal of sports science & medicine*, 5(1), 97.
- Eriksson, L. S., Broberg, S., Björkman, O., & Wahren, J. (1985). Ammonia metabolism during exercise in man. *Clinical Physiology*, 5(4), 325-336.
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts. *Sports medicine*, 39(6), 469-490.
- Gibson, A. S. C., Schabort, E. J., & Noakes, T. D. (2001). Reduced neuromuscular

- activity and force generation during prolonged cycling. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 281(1), R187-R196.
- Gibson, A. S. C., Baden, D. A., Lambert, M. I., Lambert, E. V., Harley, Y. X., Hampson, D., ... & Noakes, T. D. (2003). The conscious perception of the sensation of fatigue. *Sports Medicine*, 33(3), 167-176.
- Ginszt, M., Berger, M., Gawda, P., Marczak, M., Ginszt, A., & Majcher, P. (2017). Electric activity of lumbar muscles in sport climbers. *Journal of Education, Health and Sport*, 7(5), 107-114.
- Gonzalez, J. T., Fuchs, C. J., Betts, J. A., & Van Loon, L. J. (2016). Liver glycogen metabolism during and after prolonged endurance-type exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 311(3), E543-E553.
- Gupta, S., Goswami, A., Sadhukhan, A. K., & Mathur, D. N. (1996). Comparative study of lactate removal in short term massage of extremities, active recovery and a passive recovery period after supramaximal exercise sessions. *International journal of sports medicine*, 17(02), 106-110.
- Hermansen, L., & Osnes, J. B. (1972). Blood and muscle pH after maximal exercise in man. *Journal of applied physiology*, 32(3), 304-308.
- Heyman, E., De Geus, B., Mertens, I., & Meeusen, R. (2009). Effects of four recovery methods on repeated maximal rock climbing performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(6), 1303-1310.
- Hörst, E. (2012). *Learning to Climb Indoors*. Rowman & Littlefield.
- Ihsan, M., Watson, G., & Abbiss, C. R. (2016). What are the physiological mechanisms for post-exercise cold water immersion in the recovery from prolonged endurance and intermittent exercise?. *Sports Medicine*, 46(8), 1095-1109.
- Iles, J. F., & Jack, J. J. B. (1980). Ammonia: assessment of its action on postsynaptic inhibition as a cause of convulsions. *Brain*, 103(3), 555-578.

- International Federation of Sport Climbing(2019). International climbing competition rule 2019. *International Federation of Sport Climbing*: Switzerland.
- Janot, J. M., Steffen, J. P., Porcari, J. P., & Maher, M. A. (2000). Heart rate responses and perceived exertion for beginner and recreational sport climbers during indoor climbing. *Journal of Exercise Physiology Online*, 3(1).
- Jones, N. L., Sutton, J. R., Taylor, R., & Toews, C. J. (1977). Effect of pH on cardiorespiratory and metabolic responses to exercise. *Journal of Applied Physiology*, 43(6), 959-964.
- Karlsson, J., & Saltin, B. (1970). Lactate, ATP, and CP in working muscles during exhaustive exercise in man. *Journal of Applied Physiology*, 29(5), 598-602.
- Karlsson, J., Bonde-Petersen, F. L. E. M. M. I. N. G., Henriksson, J., & Knuttgen, H. G. (1975). Effects of previous exercise with arms or legs on metabolism and performance in exhaustive exercise. *Journal of Applied Physiology*, 38(5), 763-767.
- Kim, K. B., Han, S. S., Won, J. S., Kim, W. O., & Hyun, K. S. (2004). Effects of stretching exercise included health education on physical health index, self-reported symptoms, and self-efficacy of exercise in elderly. *Journal of East-West Nursing Research*, 9(1), 25-34.
- Kodejška, J., Baláš, J., & Draper, N. (2018). Effect of cold-water immersion on handgrip performance in rock climbers. *International journal of sports physiology and performance*, 13(8), 1097-1099.
- Lambert, C. P., & Flynn, M. G. (2002). Fatigue during high-intensity intermittent exercise. *Sports medicine*, 32(8), 511-522.
- Lamb, D. R. (1984). *Physiology of exercise : Responses and Adaptation*. New York : *Macmillan Publishing Co.*
- Linnane, D. M., Bracken, R. M., Brooks, S., Cox, V. M., & Ball, D. (2004). Effects of hyperthermia on the metabolic responses to repeated high-intensity exercise. *European journal of applied physiology*, 93(1-2), 159-166.

- Martin, N. A., Zoeller, R. F., Robertson, R. J., & Lephart, S. M. (1998). The comparative effects of sports massage, active recovery, and rest in promoting blood lactate clearance after supramaximal leg exercise. *Journal of athletic training, 33*(1), 30.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (1996). Special aids to performance and conditioning. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance, 469-470*.
- Meeusen, R., Watson, P., Hasegawa, H., Roelands, B., & Piacentini, M. F. (2006). *Central fatigue. Sports Medicine, 36*(10), 881-909.
- Melancon, M. O., Lorrain, D., & Dionne, I. J. (2014). Exercise and sleep in aging: emphasis on serotonin. *Pathologie Biologie, 62*(5), 276-283.
- Mermier, C. M., Robergs, R. A., McMinn, S. M., & Heyward, V. H. (1997). Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. *British journal of sports medicine, 31*(3), 224-228.
- Metzger, J. M. (1992). Mechanisms of chemical mechanical coupling in skeletal muscle during work. *Energy Metabolism in Exercise and Sport: Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine, 5*, 1-51.
- Mika, A., Mika, P., Fernhall, B., & Unnithan, V. B. (2007). Comparison of recovery strategies on muscle performance after fatiguing exercise. *American journal of physical medicine & rehabilitation, 86*(6), 474-481.
- Miladi, I., Temfemo, A., Mandengué, S. H., & Ahmaidi, S. (2011). Effect of recovery mode on exercise time to exhaustion, cardiorespiratory responses, and blood lactate after prior, intermittent supramaximal exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 25*(1), 205-210.
- Miller, C. (1988). Competition for block of a Ca<sup>2+</sup>-activated K<sup>+</sup> channel by charybdotoxin and tetraethylammonium. *Neuron, 1*(10), 1003-1006.
- Monedero, J., & Donne, B. (2000). Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. *International journal of sports medicine, 21*(08), 593-597.

- Morrow, J. A., Fell, R. D., & Gladden, L. B. (1988). Respiratory alkalosis: no effect on blood lactate decline or exercise performance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 58(1-2), 175-181.
- Mutch, B. J., & Banister, E. W. (1983). Ammonia metabolism in exercise and fatigue: a review. *Medicine and science in sports and exercise*, 15(1), 41-50.
- Newsholme, E. A., Acworth, I. N. and Bloomstrand, E. (1987). Amino acids, brain neurotransmitters and a functional link between muscle and brain that is important in sustained exercise. In: *Advances in Myochemistry*, ed. Benzi G., pp. 127-138. John Libbey Eurotext London.
- Noakes, T. D., & Gibson, A. S. C. (2004). Logical limitations to the “catastrophe” models of fatigue during exercise in humans. *British journal of sports medicine*, 38(5), 648-649.
- Ogai, R., Yamane, M., Matsumoto, T., & Kosaka, M. (2008). Effects of petrissage massage on fatigue and exercise performance following intensive cycle pedalling. *British Journal of Sports Medicine*, 42(10), 834-838.
- Peiffer, J. J., Abbiss, C. R., Watson, G., Nosaka, K., & Laursen, P. B. (2010). Effect of a 5-min cold-water immersion recovery on exercise performance in the heat. *British journal of sports medicine*, 44(6), 461-465.
- Phillips, K. C., Sassaman, J. M., & Smoliga, J. M. (2012). Optimizing rock climbing performance through sport-specific strength and conditioning. *Strength & Conditioning Journal*, 34(3), 1-18.
- Quaine, F., & Vigouroux, L. (2004). Maximal resultant four fingertip force and fatigue of the extrinsic muscles of the hand in different sport climbing finger grips. *International journal of sports medicine*, 25(08), 634-637.
- Sahlin, K. (1986). Muscle fatigue and lactic acid accumulation. *Acta physiologica Scandinavica. Supplementum*, 556, 83-91.
- 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.

- Sheel AW, Seddon N, Knight A, McKenzie DC, R Warburton DE. (2003). Physiological responses to indoor rock-climbing and their relationship to maximal cycle ergometry. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(7), 1225-1231.
- Tesch, P., Sjödin, B., Thorstensson, A., & Karlsson, J. (1978). Muscle fatigue and its relation to lactate accumulation and LDH activity in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 103(4), 413-420.
- Tesch, P. (1980). Muscle fatigue in man. With special reference to lactate accumulation during short term intense exercise. *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum*, 480, 1.
- Thiriet, P., Gozal, D., Wouassi, D., Oumarou, T., Gelas, H., & Lacour, J. R. (1993). The effect of various recovery modalities on subsequent performance, in consecutive supramaximal exercise. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 33(2), 118-129.
- Valenzuela, P. L., de la Villa, P., & Ferragut, C. (2015). Effect of two types of active recovery on fatigue and climbing performance. *Journal of sports science & medicine*, 14(4), 769.
- Washio, H., & Mashima, H. (1963). Effects of some anions and cations on the membrane resistance and twitch tension of frog muscle fibre. *The Japanese journal of physiology*, 13(6), 617-629.
- Watts, P. B. (2004). Physiology of difficult rock climbing. *European journal of applied physiology*, 91(4), 361-372.
- Williams, E. S., Taggart, P., & Carruthers, M. (1978). Rock climbing: observations on heart rate and plasma catecholamine concentrations and the influence of oxprenolol. *British journal of sports medicine*, 12(3), 125-128.
- Williams, B., N., Landers, G., & Wallman, K. (2011). Effect of immediate and delayed cold water immersion after a high intensity exercise session on subsequent run performance. *Journal of sports science & medicine*, 10(4), 665.

- Willmert, N., Porcari, J. P., Doberstein, S., & Brice, G. (2002). The effects of oxygenated water on exercise physiology during incremental exercise and recovery. *Journal of Exercise Physiology Online*, 5(4).
- Yamamoto, M., & Yamamoto, T. (1993). Effects of stretching, sport massage, light exercise and hot pack on recoveries of work capacity and blood lactate after strenuous exercise. *Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 42(1), 82-92.
- Yoo, H. N., & Ko, I. T. (2003). The effect in heart rate and lactic acid in blood during recovery period having massage before exercise. *The Journal of Physical Education*, 31, 87-93.