

Acute Effect of Different Warm-up Methods on Isometric Muscle Endurance of the Finger Flexors and Climbing Performance in Sport Climbers

Joo-In Yu, Peng Liu and Tae-Beom Seo*

Jeju National University

Article Info

Received 2022.08.30.

Revised 2022.09.15.

Accepted 2022.09.20.

Correspondence*

Tae-Beom Seo

seotb@jejunu.ac.kr

Key Words

Sport climbing,
Warm-up,
Myofascial release,
Pre-exhaustion,
Static stretching

이 논문은 2022학년도 제주대학교 교육·연구 및 학생지도비 지원에 의해서 연구되었음.

PURPOSE The purpose of this study was to investigate whether foam roller, pre-exhaustion, and static stretching had any effect on isometric muscular endurance of the finger flexors and climbing performance in sport climbers. **METHODS** Nine sport climbers who were able to perform at a climbing difficulty of 5.11d, were included in this study. Warm-up exercise consisted of myofascial release, pre-exhaustion exercises, and static stretching. Grip and back strengths were measured for muscular strength, and isometric muscular endurance of the finger flexors was measured as the time spent hanging on each hold according to the angle of the elbow joint. Repeated measures of ANOVA were performed to confirm the difference in treatment, and a significant difference between groups was confirmed by contrast test. **RESULTS** Myofascial release, pre-exhaustion, and static stretching before climbing did not affect muscle strength. However, the static stretching exercise significantly decreased isometric muscle endurance of the finger flexor at 90° open hold, and the pre-exhaustion exercise significantly decreased the hanging time at 180° crimp and slope grips. There was no effect on climbing performance according to the type of warm-up exercise. **CONCLUSIONS** Our findings suggested that various warm-up exercises did not directly affect muscle strength, muscular endurance, and climbing performance in sport climbers. Thus, we suggest that future research on complex warm-up exercises considering climbing postures should be conducted.

서론

스포츠 활동이나 운동 전 실시하는 준비운동(warm-up)은 관절가동범위(range of motion; ROM) 증가, 근육이완(relaxation), 체온상승, 근혈류량과 근신경전도율을 촉진시켜 스포츠 손상을 예방할 수 있으며, 정적(static), 동적(dynamic), 수동적(passive), 능동적(active) 스트레칭과 고유수용성 신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation: PNF), 근막이완(myofascial release), 선-피로운동(pre-exhaustion) 등과 같은 다양한 방법을 통해 그 효과가 보고되고 있다(Davis et al., 2005; Fradkin et al., 2010; Smith, 1994).

준비운동 관련 선행연구에 따르면, 정적스트레칭은 최대관절가동

범위에서 근육의 펴(extension)를 유도하는 방법으로 관절가동범위를 증가시켜 근육통 및 부상 예방에 효과가 있으며, 폼 롤러를 활용한 자가근막이완기법은 근육과 건의 고유수용기를 자극함으로써 근기능 활성화, 유연성, 평형성, 협응력 등을 증가시키는 것으로 보고되고 있다(Guillot et al., 2019). 또한, 선-피로 준비운동은 실제 스포츠 동작과 유사한 형태로 스포츠 손상 예방에 효과적인 것으로 보고하였다(Chaabene et al., 2019; Donath et al., 2013).

스포츠클라이밍의 리드(Lead)와 볼더(Boulder) 종목은 경기마다 루트의 난이도(grade)가 다르게 제시되어 등반 루트(climbing route)를 해석하는 능력(route finding)과 함께 근력 및 근지구력, 유연성, 순발력 등 다양한 체력요인이 요구된다. 또한, 등반 중, 간헐적인 등척성 근수축 상태가 지속적으로 유지되어 단시간에 혈중젖산농도, 심박수, 혈압이 급격히 상승한다(Mermier et al., 1997).

스포츠 클라이밍의 경기력은 체력 수준과 비례하지만, 루트의 난이도를 결정하는 홀드 특성을 파악하는 것이 경기에서 순위를 결정

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

지을 수 있는 핵심 전략이다. 등반난이도는 등반거리, 벽의 기울기, 홀드(Hold)의 형태, 크기, 모양, 홀드 간 거리 등의 요인들에 의해 결정된다(Fuss et al., 2013). Vigouroux et al.(2019)과 Michailov et al.(2018)의 연구에 따르면 홀드를 잡는 방법과 등반 시 팔꿈관절의 각도에 따라 최대근력과 근지구력은 영향을 받으며, 클라이머에게 홀드의 형태와 그립(grip) 방법 그리고 팔꿈관절의 각도는 경기의 순위를 결정하는 주요한 요인이다.

현재까지 연구를 종합해 보면, 스포츠클라이머를 위한 준비운동의 효과를 확인한 연구는 부족한 실정이며, 운동수행능력에 영향을 미치는 홀드의 형태 및 팔꿈관절(elbow joint)의 각도에 따른 효과를 비교 분석한 연구는 전무한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 스포츠클라이밍 동호인을 대상으로 정적스트레칭, 근막이완, 선-피로운동을 적용하여 홀드 형태와 팔꿈관절의 각도에 따른 근지구력 및 운동수행능력에 미치는 효과를 규명하고자 한다.

연구방법

연구대상

본 연구는 요세미티 십진등급체계(YDS: yosemite decimal system)를 기준으로 등반난이도 5.11d(5.11d according to yosemite decimal system; YDS)를 등반할 수 있는 성인 남성 11명을 선정하였으며, 모든 대상자에게 연구의 목적을 충분히 설명한 후 참가 동의를 작성하도록 하였다. 참가자 11명 중 2명이 중도 포기(부상 1인, 개인 사유 1인)하여 총 9명의 정보를 분석에 사용하였다. 본 연구는 생명윤리위원회의 승인(JJNU-IRB-2021-052)을 받은 후 실시하였으며, 대상자 특성은 <Table 1>과 같다.

연구설계

1. 연구내용

준비운동 방법과 팔꿈관절의 각도 및 홀드의 형태에 따른 효과를 확인하기 위해 비 처치(non-treatment, NT), 근막이완(myofascial release, MR), 선-피로운동(pre-exhaustion, PE), 정적스트레칭(static stretching, ST)을 동일대상에게 4주 간격으로 적용하였으며, 각각의 처치 후 악력, 배근력, 매달리기, 등반은 일주일 간격으로 측정하였다. 또한, 매달리기 측정 시 팔꿈관절 각도와 홀드 형태에 따라 2일 간격으로 매달리기 시간을 측정하였으며, 구체적인 연구내용은 <Figure 1>과 같다.

2. 준비운동 방법

준비운동 프로그램 설계를 위해 스포츠의학 전문가 3인, 스포츠클라이밍 트레이너 2인으로 전문팀을 구성하였으며, 클라이밍 퍼포먼스와 관련된 주요 근육을 중심으로 근막이완, 선-피로 운동, 정적스

Table 1. Physical characteristics of the subjects (n=9)

Variable	Mean±SD
Age (yrs)	41.78±7.03
Height (cm)	168.37±7.47
Weight (kg)	63.30±7.02
FFM (kg)	30.43±5.35
BMI (kg/m ²)	22.48±1.27
%Fat	15.71±5.72

FFM, Fat free mass; BMI, Body mass index; %Fat, Percent fat mass

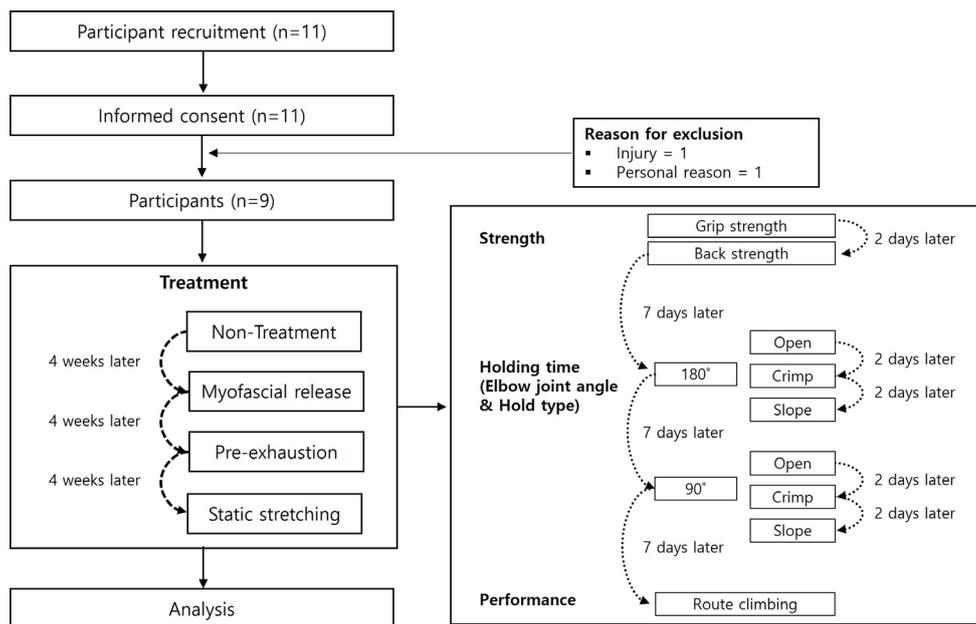


Fig. 1. Experimented design

트레이닝으로 준비운동을 설계하였다. 준비운동은 Chen et al.(2022)의 선행연구를 수정·보완하여 스포츠 클라이머들이 난이도 5.11d의 등반을 수행하기 전에 12분 동안 수행하였고, 구체적인 준비운동 프로그램은 <Table 2>와 같다.

3. 클라이밍 홀드와 팔꿈관절 각도 디자인

오픈홀드(open hold, OH)는 엄지를 제외한 네 손가락의 세 마디가 당도록 폭 4cm, 너비 15cm로 제작하였다. 크립프홀드(crimp

hold, CH)는 폭 4cm, 너비 15cm, 두께 4cm의 형태로 중지(middle phalanx)의 중간마디뼈(middle phalanges)에서 손가락뼈사이관절(interphalangeal joint)를 기준으로 엄지를 제외한 네 손가락의 두 번째 마디까지, 엄지손가락의 개입을 최소화하기 위해 오픈 크립프홀드 그립(open crimp grip) 방법을 사용하였다. 슬로프홀드(slope hold, SH)는 Fuss et al.(2013)이 제시한 힘의 방향이 당김에서 밀기로 전환되는 약 22°의 기울기, 폭 4cm, 너비 15cm로 제작하였다. OH와 CH는 손가락 부상 방지를 위해 모서리는 라운드 처리하였다.

팔꿈관절 각도는 선행연구의 결과를 바탕으로 아래팔근(forearm muscle)과 위팔근(brachial muscle)의 근활성도가 가장 낮은 180°와 가장 높은 90°로 설정하여 등반 시 발생하는 상지(upper limb)의 간헐적 등척성 근수축 상태를 유도하였다(Koukoubis et al., 1995; Michailov et al., 2018). 홀드와 팔꿈관절 각도 디자인은 <Figure 2>와 같다.

4. 등반루트 디자인

등반 루트는 폭 7m, 높이 3m, 평균 경사 120°인 실내암벽시설에서 대한산악연맹 공인루트세터 3인이 참여하여 루트 제작 및 난이도를 검증하였다. 등반난이도는 5.11d(Yosemite Decimal System: YDS)로 설정하였으며, 등반거리는 리드 경기의 루트 제작 시 홀드 개수 50~55개 범위에서 출제하며(International federation of sport climbing, IFSC), 이를 바탕으로 손 홀드(hand hold)의 개수를 60개로 제한하였다. 발 홀드(foot hold)는 참여자들의 신장 차이로 인한 등반 동작의 불이익을 최소화하기 위해 개수를 제한하지 않았으며, 손 홀드는 오픈 홀드 55개, 크립프 홀드 3개, 슬로프 홀드 2개로 구성하였다(Deyhle et al., 2015; Mermier et al., 2000).



Fig. 2. The climbing hold and elbow angle design. (a): Open hold, (b): open Crimp hold, (c): Slope hold

Table 2. Exercise program according to the type of warm-up exercise

Warm-up	Contents of warm-up	Reps and time	Intensity	Image
Myofascial release Foam roller	Forearm stretch (pronated) Forearm stretch (supinated) Lat stretch (L, R) Upper back stretch Upper arm (L, R) Triceps stretch (L, R)	Ex: 40 sec Sets: 2 Total: 12 min	7/10 intensity on the VAS scale, at a rate of 2 seconds per round	
Pre-exhaustion (Elastic band)	Wrist curl External rotation (L, R) Internal rotation (L, R) Biceps curl Lat pulls Front raise Side lateral raise	Ex: 40 sec Sets: 2 Total: 12 min	With yellow bands, performed at a rate of 2 seconds per Rep	
Static stretching	Wrist flexor stretch (L, R) Over hand triceps stretch (L, R) Supraspinatus stretch (L, R) Over hand lat stretch (L, R) Thoracic extension stretch	Ex: 20 sec × 2 reps Sets: 2 Total: 12 min	Perform within the maximum ROM	

L: Left arm, R: Right arm, Ex: Exercise, ROM: Range of motion, VAS: Visual analogue scale, Rep: Repetition

측정항목 및 방법

1. 신체구성

연구대상자들은 오전 9시에 스포츠클라이밍센터를 방문하여 신장과 체중을 자동신장계측 측정기(DS-103M, Dong San Jenix, Seoul, Korea)를 사용하여 측정하였으며, 제지방량(Fat free mass), 체질량지수(body mass index: BMI), 체지방률(percent fat mass: %Fat)는 체성분분석기(Inbody 720, Inbody, Seoul, Korea)로 측정하였다.

2. 근력

근력은 악력과 배근력을 확인하였으며, 악력측정은 악력계(T.K.K. 5101, Takei, Japan)를 사용하여 우세손을 2회 측정, 0.1kg 단위로 기록하였다. 배근력측정은 배근력계(T.K.K.5102, Takei, Japan)를 이용하여 2회 측정 후 최댓값을 0.1kg 단위로 기록하였다.

3. 매달리기 시간

매달리기 시간은 초시계(Stop watch: HS80TW, CASIO, Japan)를 사용하여 최대 매달린 시간을 측정하였다. 대상자는 시작 신호와 함께 홀드를 잡은 손을 제외한 신체의 모든 부위가 지면에서 떨어지도록 하였다. Goniometer(Baseline, USA)를 사용하여 팔꿈치 각도를 확인하였으며, 제시된 팔꿈치 각도에서 $\pm 10^\circ$ 를 벗어날 경우 또는 대상자가 포기 의사를 밝힐 경우, 즉시 시간을 종료하였으며, 측정시간은 0.01sec 단위로 기록하였다.

4. 운동수행능력

운동수행능력 변화는 루트 등반거리와 시간을 측정하였다. 등반 거리는 등반을 시작하여 추락지점까지의 사용된 홀드의 개수를 측정하였으며, 등반시간은 초시계(Stop watch: HS80TW, CASIO, Japan)를 사용하여 등반 시작부터 추락 시까지의 시간을 0.01sec 단위로 기록하였다(Mermier et al., 2000).

통계 처리

본 연구는 IBM SPSS Statistics 21.0 프로그램을 사용하여 각 변인의 평균(Mean)과 표준편차(standard deviation)를 산출하였다. 모든 변인의 처치 간 차이를 확인하기 위해 동일대상에 대한 구형성 검정을 실시하였으며, 구형성이 가정되지 않으면 Greenhouse-Geisser를 적용하였다. 또한, 처치 간 차이를 확인하기 위해 반복측정분산분석(repeated measures ANOVA)을 실시하였으며, 대비검정으로 처치 간 유의차를 확인하였다. 모든 분석의 통계적 유의확률은 $p < .05$ 로 설정하였다.

연구결과

준비운동에 따른 근력 변화

준비운동 방법에 따른 악력(grip strength: GS)과 배근력(back strength: BS)을 비교한 결과(Table 3), 처치에 따른 GS($F=1.546$, $p=.228$)는 처치 간 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 다른 처치에 비해 ST에서 근력이 감소하는 경향을 보였다. 반면, BS($F=.501$, $p=.685$)는 처치 간 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 다른 그룹에 비해 MR에서 근력이 증가하는 경향을 보였다.

준비운동에 따른 근지구력 변화

1. 오픈홀드(OH)에서의 근지구력 변화

준비운동 방법에 따른 OH에서 팔꿈치 각도별 매달리기시간을 비교한 결과, 180° ($F=.564$, $p=.644$)에서는 유의한 차이 나타나지 않았으나, 90° ($F=6.399$, $p=.002$)에서 유의미한 차이를 보였다. 대비검정 결과, 90° 에서 MR보다 ST($p=.039$), PE보다 ST($p=.018$)의 매달리기시간이 유의하게 감소하였다.

Table 3. Comparative analysis of grip strength and back strength

	NT	MR	PE	ST	F	p
Grip strength	42.87±12.55	42.53±10.76	42.50±12.00	40.92±11.86	1.546	.228
Back strength	117.22±27.34	124.76±44.31	120.39±30.13	122.09±37.47	.501	.685

NT: Non-treatment; MR: Myofascial release; PE: Pre-exhaustion; ST: Static stretching

Table 4. Comparative analysis of hanging time hold and elbow angle (180° , 90°)

	NT ^a	MR ^b	PE ^c	ST ^d	F	p
OH 180°	112.97±35.90	116.82±32.79	113.00±35.15	122.58±41.66	.564	.644
OH 90°	52.52±15.84	53.85±16.91	53.41±16.87	47.03±16.15 ^{#,†}	6.40	.002
CH 180°	52.18±15.69	52.92±14.61	47.31±13.46 ^{##}	49.73±14.09	5.252	.006
CH 90°	37.05±11.85	37.10±14.40	34.80±13.69	36.77±15.52	.614	.612
SH 180°	38.67±9.98	38.42±10.54	33.11±8.81 [*]	37.49±9.31	4.492	.032
SH 90°	27.74±7.92	28.92±9.70	26.35±7.75	28.01±7.66	.820	.496

NT: Non-treatment; MR: Myofascial release; PE: Pre-exhaustion; ST: Static Stretching

OH: Open hold; CH: Crimp hold; SH: Slope hold. a to b: ^{*} $p < .05$, ^{**} $p < .01$; b to c: [#] $p < .05$, ^{##} $p < .01$; c to d: [†] $p < .05$, ^{††} $p < .01$

Table 5. Comparative analysis of climbing performance

	NT	MR	PE	ST	F	p
Distance (ea)	30.68±18.05	31.67±15.79	30.67±16.36	29.56±16.88	.450	.567
Time (sec)	143.99±81.30	156.97±65.54	159.53±86.42	130.24±64.56	1.522	.234

NT: Non-treatment; MR: Myofascial release; PE: Pre-exhaustion; ST: Static Stretching

2. 크립프 홀드(CH)에서의 근지구력 변화

준비운동 방법에 따른 CH에서 팔꿈치 각도별 매달리기시간을 비교한 결과, 180°(F=5.252, $p=.006$)에서 유의한 차이가 나타났으며, 90°(F=.614, $p=.612$)에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 대비검정 결과, 180°에서 MR보다 PE($p=.004$)가 유의하게 감소하였다.

3. 슬로프홀드(SH)에서의 근지구력 변화

준비운동 방법에 따른 SH에서 팔꿈치 각도별 매달리기시간을 비교한 결과, 180°(F=4.492, $p=.032$)에서 유의한 차이가 나타났으며, 90°(F=.820, $p=.496$)에서는 차이를 보이지 않았다. 대비검정 결과, 180°에서 NT보다 PG($p=.018$)의 매달리기시간이 유의하게 감소하였다.

준비운동에 따른 운동수행능력 변화

준비운동 방법에 따른 등반거리와 등반시간을 비교한 결과(Table 5), 등반거리(F=.450, $p=.567$), 등반시간(F=1.522, $p=.234$)은 처치 간 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 다른 그룹보다 ST에서 경기력이 감소하는 경향을 보였다.

논의

스포츠클라이밍은 등반 중 근육의 간헐적 등척성 상태가 지속되는 고강도 운동이기 때문에, 현장에서는 체계적인 준비운동의 중요성이 강조되고 있다. 경기에 출전하기 전 준비운동은 클라이밍 경기 동안 발생하는 근육 내 근글리코겐 고갈 및 혈중 젖산농도 증가 비율을 감소시킨다(Eriksson et al., 1985; Gonzalez et al., 2016; Morrow et al., 1988; Sahlin, 1986). 또한 클라이머들에 근육 피로 회복을 분석한 선행연구들은 근막이완과 스트레칭 같은 준비운동이 관절가동범위와 근육 온도를 증가시켜 스포츠 손상을 예방할 수 있다고 보고하고 있다(Ahmaid et al., 1996; Healey et al., 2014). 따라서, 본 연구는 홀드의 형태, 팔꿈치 각도 및 준비운동 방법(정적 스트레칭, 근막이완, 선-피로운동)을 스포츠클라이머에게 적용하여 얻어진 결과를 바탕으로 논의하고자 한다.

현재의 연구에서 준비운동 형태에 따른 악력과 배근력의 변화는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 주짓수 선수를 대상으로 근막이완과 정적스트레칭을 적용하여 악력 변화를 확인한 de Faria Santos et al.(2021)의 연구결과는 악력 변화에 영향을 미치지 않는 것으로 보고하였으며, 탄력밴드를 이용한 선-피로운동을 실시한 Bakar et al.(2020)의 연구는 근력 향상에 영향을 미치지 않는 것으로 본 연구의 결과를 지지한다. 반면, Sas-Nowosielski & Kandzia(2019)는 클라이머에게 준비운동으로 굽힘근(flexor muscle)과 편근(extensor muscle)에 정적스트레칭을 각각 30초 실시한 결과, 오

픈, 크립프, 핀치(pinch) 그립에서 근력이 감소하였으나, 정적과 동적스트레칭을 혼합하여 적용할 경우, 근력변화에 영향을 미치지 않았다. 이러한 선행연구 결과들은 근막이완법이나, 선-피로운동보다 정적스트레칭이 악력에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고하고 있으므로, 관절의 적정 가동범위, 펌시간 등을 고려한 보완적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

클라이머들의 경기력은 다양한 체력 및 심리 요인들에 영향을 받지만, 특히 아래팔(forearm)의 손가락 굴곡근(flexor)에 근력과 근지구력은 경기력을 결정짓는 주요 요인이다. 숙련된 클라이머는 등반 시 팔꿈관절을 최대한 펴시켜 견과 인대의 장력을 활용한 아랫팔근, 위팔근, 넓은등근(latissimus dorsi)의 피로도를 최소화한다(Mermier et al., 2000; Stien et al., 2019). 또한, 홀드 형태에서는 크립프와 슬로프 홀드가 오픈홀드 보다 피로도가 급격히 증가하고, 홀드 그립(grip) 방법에 따라 신체의 무게중심 이동을 통한 주요 근육의 피로를 경감시킬 수 있다(Amca et al., 2012). 본 연구에서 준비운동 형태에 따른 홀드 및 팔꿈관절 각도별 근지구력 변화를 확인한 결과, OH90°에서 ST가 근지구력이 감소하였으며, CH180°에서 PE가 MR보다 감소하였다. 또한, SH180°에서는 PR가 NT보다 감소하였다. Amca et al.(2012)은 홀드의 형태에 따라 매달리기 시 코어와 하지의 매달리는 자세가 최대근력에 영향을 미치며, 팔꿈치 각도가 90°일 때 위팔노근(brachioradialis muscle), 위팔두갈래근(biceps brachii muscle)의 근활성이 높게 나타난 반면, 180°에서는 손가락 굴곡근에서 반 근활성 되는 것을 보고하였다(Koukoubis et al., 1995). 이러한 원인은 OH180°는 등반 능력에 영향을 주는 체력요인을 효과적으로 유지할 수 있는 자세와 그립 방법으로, 준비운동 형태에 따른 효과 차이가 나타나지 않은 것으로 보이며, OH90°에서는 정적스트레칭으로 인하여 아래팔근과 위팔 두갈래근의 근지구력에 영향을 미친 것으로 생각된다. 또한, CH180°와 SH180°에서는 선-피로운동으로 인하여 아래팔근과 위팔두갈래근의 근 피로가 가중된 것으로 보인다.

클라이밍 경기는 짧은 휴식 후 경기를 연속 수행해야 하는 특성으로 인하여 단시간 내 근육의 피로를 회복시켜야 하고, 이러한 회복은 경기력과 밀접한 관련이 있다. 그러므로, 스포츠클라이밍 선수들은 경기 중 발생하는 근 피로를 개선하기 위해 손가락 굽힘근을 펴시키는 스트레칭을 주로 수행한다. 현재의 연구에서 스트레칭을 포함한 준비운동에 따른 클라이머 운동수행능력의 변화를 확인한 결과, ST에서 등반거리와 등반시간이 감소하는 경향을 보였으며, 등반시간은 MR과 PE에서 증가하는 경향이 나타났다. 이러한 차이는 스포츠클라이밍 종목의 준비운동으로써 정적스트레칭 보다 근막이완과 선-피로운동이 경기력에 영향을 미치는 것으로 보여지지만, 등반 숙련가와 비숙련가의 등반 동작을 분석한 선행연구에 따르면, 숙련가는 무게중심 이동을 위해 몸통과 하지를 효율적으로 사용하여 상지의 부담을 최소화하기 때문에(Asakawa & Sakamoto, 2019) 코어근력과 하체근력의 영향으로 준비운동의 효과에 영향을 미친 것으로 생각한다.

결론 및 제언

본 연구에서는 스포츠클라이밍 동호인을 대상으로 정적스트레칭, 선-피로운동, 근막이완을 준비운동으로 적용하여 홀드 형태에 따른 팔꿈관절의 각도별 근력, 근지구력 및 운동수행능력에 미치는 효과를 규명하고자 하였다. 본 연구에서 도출된 결과들을 종합해 보면, 근막이완, 선-피로운동, 정적스트레칭 모두 클라이밍 선수들의 근력에는 영향을 미치지 않았다. 오픈홀드 팔꿈관절 90°에서 근지구력은 정적스트레칭에 의해 유의하게 감소하였고, 크립프, 슬로프홀드 180°에서는 선-피로운동에 의해 유의하게 감소하였다. 또한, 클라이밍 운동수행능력은 준비운동 형태에 영향을 받지 못했다. 추후 연구에서는 홀드의 형태, 팔꿈관절 각도, 코어와 하체 근력, 등반 자세 등을 고려한 복합적인 준비운동 프로그램을 개발하여 경기력과의 관련성을 분석하는 연구가 필요할 것으로 생각한다.

참고문헌

- 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.
- Amca, A. M., Vigouroux, L., Aritan, S., & Berton, E. (2012). Effect of hold depth and grip technique on maximal finger forces in rock climbing. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 669-677.
- Asakawa, D., & Sakamoto, M. (2019). Characteristics of counter-movements in sport climbing: A comparison between experienced climbers and beginners. *Journal of Physical Therapy Science*, 31(4), 349-353.
- Bakar, N. A., Amir, N. H., Zaini, A. M., Nikol, L., & Halim, M. H. Z. A. (2020). The effects of myofascial release using foam rolling and resistance band assisted stretching on Malaysian rugby players' lower body power and flexibility. In M. H. A. Hassan, A. M. C. Muhamed, N. F. M. Ali, D. Koh, C. Lian, K. L. Yee, ... & N. F. M. Fauzi (Eds.), *Enhancing health and sports performance by design* (pp. 32-41), Singapore: Springer.
- Chaabene, H., Behm, D. G., Negra, Y., & Granacher, U. (2019). Acute effects of static stretching on muscle strength and power: An attempt to clarify previous caveats. *Frontiers in Physiology*, 10, 1468.
- Chen, C. H., Hsu, C. H., Chu, L. P., Chiu, C. H., Yang, W. C., Yu, K. W., & Ye, X. (2022). Acute effects of static stretching combined with vibration and nonvibration foam rolling on the cardiovascular responses and functional fitness of older women with prehypertension. *Biology*, 11(7), 1025.
- Davis, D. S., Ashby, P. E., McCale, K. L., McQuain, J. A., & Wine, J. M. (2005). The effectiveness of 3 stretching techniques on hamstring flexibility using consistent stretching parameters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 27-32.
- de Faria Santos, G., Cardoso, M. L., da Costa Cabral, V. R., de Azevedo, C. M., da Silva, P. S., de Castro, J. B. P., & de Souza Vale, R. G. (2021). Acute effects of myofascial release and static stretching on handgrip strength in jiu-jitsu fighters. *Sport Sciences for Health*, 17(3), 563-568.
- Deyhle, M. R., Hsu, H. S., Fairfield, T. J., Cadez-Schmidt, T. L., Gurney, B. A., & Mermier, C. M. (2015). Relative importance of four muscle groups for indoor rock climbing performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 2006-2014.
- Donath, L., Roesner, K., Schöfl, V., & Gabriel, H. H. W. (2013). Work-relief ratios and imbalances of load application in sport climbing: Another link to overuse-induced injuries? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(4), 406-414.
- Eriksson, L. S., Broberg, S., Björkman, O., & Wahren, J. (1985). Ammonia metabolism during exercise in man. *Clinical Physiology*, 5(4), 325-336.
- Fradkin, A. J., Zazryn, T. R., & Smoliga, J. M. (2010). Effects of warming-up on physical performance: A systematic review with meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(1), 140-148.
- Fuss, F. K., Weizman, Y., Burr, L., & Niegl, G. (2013). Assessment of grip difficulty of a smart climbing hold with increasing slope and decreasing depth. *Sports Technology*, 6(3), 122-129.
- 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.
- Guillot, A., Kerautret, Y., Queyrel, F., Schobb, W., & Di Rienzo, F. (2019). Foam rolling and joint distraction with elastic band training performed for 5-7 weeks respectively improve lower limb flexibility. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(1), 160-171.
- Healey, K. C., Hatfield, D. L., Blanpied, P., Dorfman, L. R., & Riebe, D. (2014). The effects of myofascial release with foam rolling on performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 61-68.
- International Federation of Sport Climbing (IFSC). <https://www.ifsc-climbing.org/>
- Koukoubis, T. D., Cooper, L. W., Glisson, R. R., Seaber, A. V., & Feagin, J. A. Jr. (1995). An electromyographic study of arm muscles during climbing. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 3(2), 121-124.
- Mermier, C. M., Janot, J. M., Parker, D. L., & Swan, J. G. (2000). Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *British Journal of Sports Medicine*, 34(5), 359-365.
- 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.
- Michailov, M. L., Baláš, J., Tanev, S. K., Andonov, H. S., Kodejška, J., & Brown, L. (2018). Reliability and validity of finger strength and endurance measurements in rock climbing. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 89(2), 246-254.
- 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.
- Sahlin, K. (1986). Muscle fatigue and lactic acid accumulation. *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum*, 556, 83-91.
- Sas-Nowosielski, K., & Kandzia, K. (2019). Climbers! Don't stretch your forearm muscles before climbing: Effect of static stretching on a finger strength in various grip positions. *Science & Sports*, 34(6), 422-423.
- Smith, C. A. (1994). The warm-up procedure: To stretch or not to stretch. A brief review. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 19(1), 12-17.
- Stien, N., Saeterbakken, A. H., Hermans, E., Vereide, V. A., Olsen,

E., & Andersen, V. (2019). Comparison of climbing-specific strength and endurance between lead and boulder climbers. *PloS ONE*, *14*(9), e0222529.

Vigouroux, L., Devisé, M., Cartier, T., Aubert, C., & Berton, E. (2019). Performing pull-ups with small climbing holds influences grip and biomechanical arm action. *Journal of Sports Sciences*, *37*(8), 886-894.

단기 준비운동 방법이 스포츠 클라이머 손가락 굴곡근의 등척성 근지구력 및 등반 수행능력에 미치는 영향

유주인¹, 유봉¹, 서태범²

¹제주대학교 체육학과 박사과정

²제주대학교 교수

[목적] 본 연구의 목적은 스포츠 클라이밍 클립의 홀드 형태에 따른 팔꿈 관절의 각도별 근력, 근지구력, 운동수행능력에 폼 롤러, 탄성 밴드, 정적 스트레칭이 미치는 영향을 규명하는 것이다.

[방법] 본 연구의 대상은 5.11d의 등반난이도를 오를 수 있는 9명의 클라이머가 참여하였다. 준비운동으로 근막이완, 선-피로운동, 정적스트레칭을 적용하였다. 근력은 악력과 배근력으로, 근지구력은 매달리기시간으로 측정하였다. 운동수행능력은 등반거리와 등반시간으로 측정하였다. 준비운동의 차이를 확인하기 위해 반복측정분산분석을 수행하였으며, 대비검증을 통해 처치 간 유의한 차이를 확인하였다.

[결과] 본 연구의 결과, 스포츠클라이밍 시 준비운동으로서 근막이완, 선-피로운동, 정적스트레칭은 근력에 영향을 미치지 않았다. 근지구력은 오픈홀드 90°에서 정적스트레칭이 유의하게 감소하였으며, 크립프와 슬로프홀드 180°에서 선-피로운동이 유의하게 감소하였다. 또한 준비운동 형태에 따른 운동수행능력에는 영향이 없었다.

[결론] 본 연구에서 클라이머에게 적용한 준비운동으로 근막이완, 선-피로운동, 정적스트레칭은 근력과 근지구력, 운동수행능력에 직접적인 영향을 미치지 않았기 때문에, 추후 연구에서는 홀드의 형태, 팔꿈치 각도, 코어와 하체 근력, 등반 자세 등을 고려한 복합적인 준비운동 연구가 진행되어야 할 것으로 생각한다.

주요어

스포츠클라이밍, 준비운동, 워밍업, 근막 이완, 선-피로운동, 정적스트레칭