

## 젊은 성인의 근 피로가 발생된 무릎관절 펌근에 냉 찜질과 온 찜질의 적용이 균형, 고유수용성감각 및 근력에 미치는 영향

하현호 · 장희진 · 이동엽 · 홍지현 · 유재호 · 김진섭 · 남연교 · 김성길<sup>†</sup>  
선문대학교 물리치료학과

### Effect of Ice and Hot packs on Balance, Proprioception and Muscle Strength in Young Adults with Knee Extensor Muscle Fatigue

Heon-Ho Ha · Hee-Jin Jang · Dongyeop Lee, PT, PhD · Ji-Heon Hong, PT, PhD · Jae-Ho Yu, PT, PhD · Jin-Seop Kim, PT, PhD · Yeon-Gyo Nam, PT, PhD · Seong-Gil Kim, PT, PhD<sup>†</sup>

Department of Physical Therapy, Sunmoon University

Received: October 19 2023 / Revised: October 20 2023 / Accepted: November 7 2023

© 2023 J Korean Soc Phys Med

#### | Abstract |

**PURPOSE:** The purpose of this study was to evaluate the effects of ice and hot packs on proprioception, balance, and muscle strength in knee extensor muscle fatigue.

**METHODS:** A total of 31 male and female students in their twenties from a university in A, Chungnam, Korea, were selected as participants. Three experiments were conducted to assess static balance, dynamic balance, proprioception, and muscle strength before and after induction of muscle fatigue, and following intervention.

**RESULTS:** In the case of stability typical (ST), a significant difference was observed in pillow with eye open (PO) when a Hot pack was applied ( $p < .05$ ). The weight distribution index

(WDI), showed significant differences in normal eye open (NO) and Normal eye closed (NC) tests when ice packs and hot packs were applied ( $p < .05$ ). In the dynamic balance assessment using Y-balance, significant differences were observed in all values except for pre- and post-intervention in the medial and lateral directions ( $p < .05$ ). The recovery of proprioceptive sensation showed a significant difference when ice packs were applied ( $p < .05$ ). In muscle strength, significant differences were observed in all comparisons between measurement time points ( $p < .05$ ).

**CONCLUSION:** Rest was most effective for static balance, and cold and warm compresses were most effective in recovering dynamic balance. For proprioception, cold compresses were most effective. Muscle strength had a positive effect on recovery in all three intervention methods. These results show that cold and warm compresses can be useful in the recovery of various functions related to muscle fatigue.

**Key Words:** Balance, Hot pack, Ice pack, Muscle strength, Proprioception

<sup>†</sup>Corresponding Author : Seong-Gil Kim

niceguygil@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-2487-5122>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## I. 서론

고유 수용성 감각(proprioception)은 신체의 위치, 자세와 평형, 움직임의 방향, 크기 및 속도를 구별하는데 쓰이는 감각으로[1,2], 자세 유지와 운동 조절에 관여하며 신체가 외부 자극에 대해 즉시 반응하여 근수축을 변화시키는, 관절 기능에서 가장 중요한 역할을 한다[3]. 또한 동적 안정성 유지에도 관여한다[4]. 고유 수용성 감각에 기여하는 기계수용체인 고유 수용성 감각체(proprioceptor)는 주로 근육이나 근막, 힘줄, 관절 및 피부 등에 존재하며 균형 조절과 기능적 안정성 유지에 중요한 피드백을 제공한다[5].

균형은 정적 균형과 동적 균형으로 나뉘며 정적 균형은 개인이 한쪽 또는 양쪽 다리로 서 있는 동안 움직이지 않고 안정된 자세를 유지하도록 하여 평가할 수 있고[6], 동적 균형은 한쪽 다리로 무게 중심을 제어하고 다른 쪽 다리로는 최대 거리에 도달하는 것으로 평가할 수 있다[7,8]. 일상생활 동작 및 스포츠 활동에서 필요한 균형 능력은 근력(muscle strength)과 근육 사이의 협응 작용, 시각 그리고 고유 수용성 감각이 통합되어 완성된다고 보고되었다[9-11].

일상생활 또는 스포츠 활동 시 발생하는 근 피로(muscle fatigue)는 고유 수용성 감각에 부정적인 영향을 끼친다고 보고되고 있다[12,13]. 근 피로는 근육의 최대 수의적 수행 능력이 감소하는 것을 의미하며[3], 아데노신 삼인산(adenosine triphosphate, ATP) 고갈, 신경전달물질 감소, 무기 인산염(Pi)의 농도 증가, H<sup>+</sup> 이온의 농도 증가, 세포 내 K<sup>+</sup> 이온의 농도 감소, 세포 외 K<sup>+</sup> 이온의 농도 증가를 유발하며 이는 근 수축 능력을 감소시키게 된다[14]. 근 피로는 근신경계에 직접적인 영향을 미쳐 근력의 감소를 유발한다고 알려져 있다[3]. 또한 근피로는 관절의 위치와 관련된 고유 수용성 감각의 민감도를 저하시키며[3], 균형에도 영향을 미친다고 보고하고 있다[15].

근피로를 감소시키기 위한 다양한 회복 방법 중 냉 처치 요법은 급성 또는 만성 손상 치료를 위한 방법으로 쉽게 적용할 수 있기에 가장 일반적인 개입 방법이다[16]. 냉 처치 요법은 통증 역치와 조직의 점성을 증가시

키고, 신체활동을 위한 엔도르핀(endorphins)과 테스토스테론(testosterone)을 빠르게 분비시키며, 운동으로 유발된 피로와 스트레스를 회복시키는 작용을 한다[17]. 냉 처치 요법에는 얼음주머니, 얼음팩, 얼음마사지, 차가운 물, 스프레이 등이 있으며 이러한 냉 처치 요법은 근육 내 온도를 낮추고 피부기계수용체 자극을 통해 세동맥과 대정맥의 수축을 위해 교감성 아드레날린 섬유를 흥분시켜 염증과 부종을 감소시키고 이는 정상적인 조직에 대한 손상의 확장을 제한하며 고유 수용성 감각의 저하를 최소화할 수 있다[18]. 또한 냉 처치 요법은 조직손상에 대한 치료 목적으로 쓰일 뿐만 아니라 스포츠 현장에서 근피로의 개선과 고유 수용성 감각을 포함한 운동기능 향상을 위해 다양한 방법으로 적용되고 있다[19].

근피로를 감소시키기 위한 또 하나의 회복 방법인 온열 요법은 혈류량을 증가시켜 손상 회복과 경직, 통증을 완화 시키며 근 경련 감소에 효과적이고[20], 혈관의 확장, 근육 내 혈류량을 증가시켜 연부조직의 탄성과 관절가동범위를 증가시킨다는 연구 결과가 있다[21]. 또한 고유 수용성 감각을 근피로 전의 수준으로 회복시키고 근력 또한 근피로 전의 수준으로 회복시킨다는 결과가 보고되었다[22]. 하지만 근피로 유발 후 온열 요법을 적용했을 시 어떠한 효과가 나타나는 지에 관한 연구가 부족하며, 근피로 유발 후 냉 처치 요법과 온열 요법의 효과를 비교하는 논문 또한 매우 부족한 편이다. 따라서 본 연구를 통해 젊은 성인에게 근 피로가 발생한 무릎관절 편근에 냉찜질과 온찜질의 적용이 고유수용감각, 균형 및 근력에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상자

이 연구는 충청남도 A시 소재 S대학교 20대 남, 여 대학생을 대상으로 진행되었다. 평소 규칙적인 운동을 하지 않으며 의학적으로 특별한 질환이 없는 대상자로 본 연구에 대한 충분한 설명을 들은 후 서면을 통해

Table 1. General characteristics of the subjects (n = 29)

| Variable    | Mean ± SD      |
|-------------|----------------|
| Age (year)  | 21.86 ± 2.41   |
| Height (cm) | 162.37 ± 26.34 |
| Weight (kg) | 66 ± 12.29     |

\*Values indicate mean ± standard deviation.

동의서를 자발적으로 작성한 대상자가 참가하였다. 본 연구의 선정기준은 무릎관절의 통증으로 인해 병원에 내원하거나 진료받지 않은 자, 무릎관절의 움직임으로 인한 통증이나 불편함이 없는 자, 무릎관절의 외과적 수술을 받지 않은 자, 염증성, 퇴행성 관절, 결합 조직 질환이 없는 자, 과거나 현재에 피부질환, 흉터, 화상, 피부과민 그리고 신경학적 결함이 없는 대상자를 포함하였다. 제외기준으로는 과거나 현재에 무릎의 질환으로 외과적 수술을 받은 대상자, 무릎의 통증으로 병원에 내원하는 자, 실험 진행 중에 통증이 심하게 나타나는 대상으로 하였으며 해당 대상자는 실험 중간에 적절한 휴식을 취하도록 조치하거나 제외하였다. 대상자에 대한 정보는 다음의 표와 같다(Table 1).

## 2. 측정도구

### 1) 정적 균형

정적 균형을 측정하기 위해 Tetrax(Sunlight Medical Ltd., Ramat Gan, Israel)를 사용하였다. Tetrax는 4개의 분리된 힘판으로 구성되며, 각 힘 판은 양발의 전족부와 후족부의 수직 압력의 변화를 측정한다. 전족부 힘판의 크기는 가로 12cm, 세로 19cm의 직사각형이며, 후족부 힘판의 크기는 가로 12cm, 세로 12cm의 정사각형이다. 대상자가 힘 판에 발을 위치시키고 섰을 때 힘판에 주어지는 압력에 대한 데이터는 증폭 및 필터링을 거친 후 컴퓨터로 전달되며, 소프트웨어 프로그램을 통해 분석된다. 피실험자는 양발을 힘 판 위에 위치시키고, 편안한 자세로 서게 하여 두 팔을 편안하게 늘어뜨려 몸에 붙이고 정면을 주시한 상태에서 움직임을 최소화할 것을 교육한 후 평가를 시행한다. Tetrax의



Fig. 1. Tetrax.

경우 연구에 따라 신뢰도가 다르게 나타날 수 있으나, ICC 값이 0.7이상이다. 시각과 체성 감각의 유무로 인해 변화하는 normal eye open(NO), Normal eye closed(NC), pillow with eye open(PO), pillow with eye closed(PC), 4개의 자세에서 검사를 시행하고, 각각의 자세에서 검사 시간은 32초 소요된다. 정적 균형으로 안정성 지수(stability typical, ST), 체중분포지수(weight distribution index, WDI)를 알아본다(Fig. 1).

### 2) 동적 균형

동적 균형을 측정하기 위해 Y-balance(FMS Professional Y-Balance, perform better, USA)를 사용하였다. Y-balance는 참여자가 비슷한 패턴으로 움직여야 하는 세 가지 도달 방향(Anterior, Posterior Medial, Posterior Lateral)으로 구성되어 있다. 전방, 후방 내측 및 후방 외측 방향의 도달 거리를 측정하며 실제 데이터 수집 전에 참가자는 절차에 익숙해지기 위해 연습 시험을 시행하였다. 영향을 받은 다리에 맨발로 서서 다른 쪽 다리를 사용하여 가능한 한 멀리 지표에 도달하게 하고 균형을 잃지 않고 시작 위치로 돌아가도록 요청하였다. 도달 거리는 가장 가까운 0.5cm로 기록되었다. 참가자가 균형을 잃지 않고 시작 위치로 돌아가지 못하거나 표시기를 찾을 경우

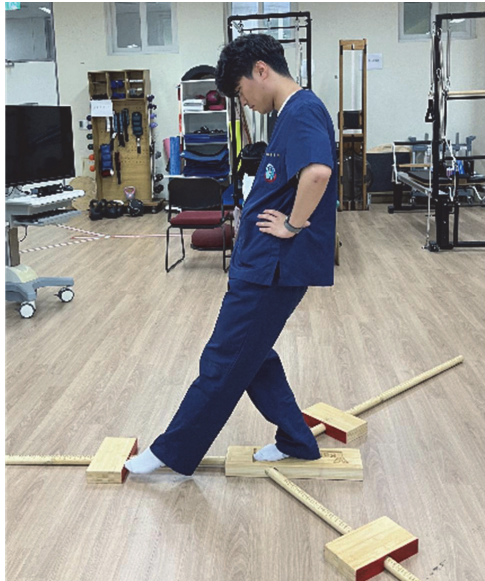


Fig. 2. Y-balance.



Fig. 3. Proprioception.

시도는 폐기되었다. Y-balance의 겨우 신뢰도는 검사자 간에도 일관되게 나타나며 ICC값이 0.48에서 0.78 사이이다. 무작위 순서로 각 방향에서 3번의 시도를 기록하고 평균값을 데이터 분석에 사용하였으며 도달 거리는 하지 길이로 나누고 100을 곱하여 정규화하였다[6] (Fig. 2).

### 3) 고유 수용성 감각

무릎관절의 관절 위치 감각기능 검사는 등속성 장비인 Cybex HUMAC NORM(CSMI, Human Co, USA)를 이용하여 주측발 무릎관절 부위로 실시하였고, 이때 검사방법 중 능동적 관절 위치 감각으로 측정하였다. 대상자들의 눈을 가려 시각을 차단하고 대상자들의 무릎관절의 최초 각도를 90° 굴곡으로 유지하게 시켰다. 대상자들의 무릎관절이 측정지점인 55° 굴곡 자세가 될 때까지 수동적으로 신전시킨 후 5초간 정지하여 대상자가 관절의 위치를 기억하도록 하였다. 이후 검사자가 다시 수동으로 대상자의 무릎관절을 측정 시작 각도인 90°가 되도록 위치시킨 후 대상자가 능동적으로 무릎관절을 측정지점인 55° 굴곡 위치로 다시 이동하도록 (각속도 5°/sec) 하였다[23]. 등속성 장비의 경우 관절과 속도에 따라 신뢰도는 다르게 나타날 수 있으나 일반적으로 ICC값이 0.8 이상으로 우수한 수준이다. 3번에 걸



Fig. 4. Muscle strength.

쳐 반복측정을 실시하여 평균값을 기록하였고, 측정된 각도와 임의로 설정된 각도에서의 절대 수치의 차이인 절대오차(absolute error) 값으로 계산하여 분석하였다 (Fig. 3).

4) 근력

등속성 장비인 Cybex HUMAC NORM를 이용하여 각속도 180° deg/sec에서 각각 5회의 최대 수축을 자발적으로 수행하였다. 무릎의 회전축(외측 대퇴 상완골)은 동력계의 역학적 축과 정렬되었고 정강이 패드는 외측 복사뼈 바로 위에 고정하였다. 우세다리로 측정을 진행하였고, 5회 측정 중 처음과 끝 값을 제외한 평균값을 구하여 통계에 사용하였다[24] (Fig. 4).

3. 실험 절차

이 연구는 31명의 건강한 성인 남녀를 대상으로 실험을 진행하였으며 이 연구에 필요한 최소한의 표본의 크기는 통계 소프트웨어(G-Power 3.1.9.7, Düsseldorf, Germany)를 사용하여 계산하였다. 통계 소프트웨어를 사용하여 계산한 최소한의 표본의 크기는 24명으로 나타났으며, 중도탈락을 고려하여 총 31명으로 산정하였다. 대상자들(n = 31)은 총 3번의 실험에 참여하였다. 이 연구에 필요한 첫 번째 실험은 근 피로 유발 전 정적

균형, 동적균형, 고유 수용성 감각, 근력을 측정하였다. 근 피로 유발 후 다시 한번 정적균형, 동적균형, 고유 수용성 감각, 근력을 측정하였고 중재를 적용하지 않고 20분간 휴식을 취하였다. 휴식 후 다시 한번 재측정하였다. 두 번째 실험에서도 동일하게 근 피로 유발 전 측정을 하였고 근 피로 유발 후 다시 한번 재측정하였다. 그리고 15분 휴식과 5분간의 냉 찜질(ice pack) 적용 후 다시 측정을 시행하였다. 세 번째 실험에서도 근 피로 유발 전, 유발 후 측정을 시행하고 15분 휴식과 5분간의 온 찜질(hot pack) 적용 후 다시 재측정하였다. 세 번의 실험은 선행연구를 참고하여 근 피로의 영향을 방지하기 위해 1주일의 간격을 두었다[25]. 그에 대한 표는 다음과 같다(Fig 5). 실험의 경우 실험 설계와 영향을 모르는 제 3의 인원의 연구원이 측정 및 중재를 실시하였다. 냉 찜질은 냉동고에 -18도로 유지하여 얼려 수건에 감싸 실시하였다. 온찜질은 약 60도의 온도 실시하였다.

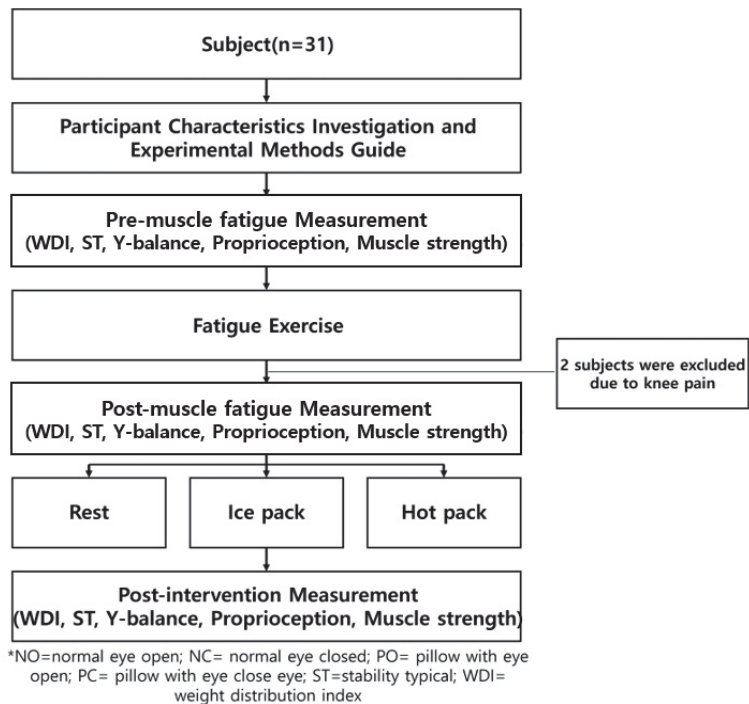


Fig. 5. Flow diagram summarizing the study.

#### 1) 근피로

근 피로 유발은 등속성 장비인 Cybex HUMAC NORM를 이용하여 연구 대상자의 초기 최대 토크(peak torque)을 측정 후, 초기 최대 토크의 30% 수준으로 낮아질 때까지 반복 운동하는 방법을 사용하여 근피로를 유발하였다[13,26,27]. 대상자들의 주 측발 무릎 관절로 실시하였고 근 피로 유발 운동 절차는 무릎 관절의 10°에서 100° 사이에서 최대의 등축성 수축(concentric contraction)과 등장성 수축(eccentric contraction)을 120°/s의 각속도로 굽힘(flexion), 펴(extension) 운동을 60회 반복 시행하였다. 3세트 실시하였으며 운동 중지 기준은 최대 토크가 초기 최대 토크의 30% 수준으로 3회 이상 연속 낮아지는 시점으로 정하였다[28].

#### 4. 통계 방법

본 연구를 통해 수집한 자료는 SPSS Ver. 29.0 for window를 이용하여 모수 검정으로 분석하였다. 종속 변인들의 운동 전과 근 피로 후, 중재 후의 차이를 분석하기 위하여 반복측정 분산분석(Repeated measure ANOVA)을 실시하였고 중재 간의 차이를 분석하기 위하여 일원 배치 분산분석(One way ANOVA)을 실시하였다. 이때 유의수준이 나타난 경우, 사후검정(LSD)을 시행하였다. 모든 통계분석을 위한 유의수준은  $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

### III. 연구결과

31명의 참가자가 실험에 참여하였으나 실험 도중 무릎 통증으로 인해 2명의 중도 탈락자가 발생하였다. 중도 탈락자 2명을 제외한 29명의 참가자는 7일간격으로 총 3번의 실험에 참여하였다. 운동을 시행하기 전 정적균형, 동적균형, 고유 수용성 감각, 근력을 측정하고 운동을 통해 근피로를 발생시킨 후 다시 한번 정적균형, 동적균형, 고유 수용성 감각, 근력을 측정하였고 중재를 적용한 후 다시 한번 Tetrax, Y-balance, 고유 수용성 감각, 근력 측정을 시행하여 실험을 진행하였다.

#### 1. 정적 균형

무릎 관절의 근 피로 유발 전과 후 휴식(Rest), 냉 찜질, 온 찜질을 적용 후의 안정성 지수 (stability typical, ST), 체중분포지수(weight distribution index, WDI)를 분석한 결과 ST의 경우 온 찜질을 적용하였을 때 불안정한 지지면위에 서서 정면을 향하게 눈을 뜬 자세(pillow with eye open, PO)에서 유의한 차이를 보였다 ( $p < .05$ ) (Table 2). WDI의 경우 냉 찜질과 온 찜질을 적용하였을 때 눈을 뜨고 정면을 향하는 자세(Normal eye open, NO), 눈을 감고 정면을 향하는 자세(Normal eye close, NC)에서 유의한 차이를 보였다 ( $p < .05$ ) (Table 2). 중재 간 비교에선 유의한 차이를 보이지 않았다. ( $p > .05$ ) (Table 2).

#### 2. 동적 균형

무릎 관절의 근 피로 유발 전과 후 휴식, 온 찜질, 냉 찜질을 적용 후의 Y-balance를 분석한 결과 후방 내측, 후방 외측의 운동 전과 중재 후를 제외한 값에서 모두 유의한 차이를 보였다 ( $p < .05$ ) (Table 3). 중재 간 비교에선 전방, 후방 내측 및 후방 외측 세 가지 방향 모두 유의한 차이를 보이지 않았다 ( $p > .05$ ) (Table 3).

#### 3. 고유 수용성 감각

무릎 관절의 근 피로 유발 전과 후 휴식, 온 찜질, 냉 찜질을 적용 후의 고유 수용성 감각을 분석한 결과 중재 간의 비교에선 유의한 차이를 보이지 않았다 ( $p > .05$ ) (Table 4). 측정 시기별 비교에선 사후검정에서 냉 찜질 그룹이 중재 후 유의한 재위치 오류의 감소를 나타냈다 ( $p < .05$ ) (Table 4).

#### 4. 근력

무릎 관절의 근 피로 유발 전과 후 휴식, 온 찜질, 냉 찜질을 적용 후의 근력을 분석한 결과 측정 시기별로 비교하였을 때 모두 유의한 차이를 보였다 ( $p < .05$ ) (Table 5). 중재 간 비교에선 유의한 차이를 보이지 않았다 ( $p > .05$ ) (Table 5).

Table 2. A comparison of static balance pre- and post interventions

|    |                                  | Rest         | Ice pack     | Hot pack     | F     | p    |
|----|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|-------|------|
| NO | Pre-muscle fatigue               | 14.10 ± 4.98 | 14.68 ± 4.86 | 17.42 ± 9.89 | 1.869 | .161 |
|    | Post-muscle fatigue              | 15.04 ± 4.07 | 15.14 ± 3.66 | 15.83 ± 4.96 | .298  | .743 |
|    | Post-intervention                | 16.06 ± 4.70 | 14.56 ± 3.87 | 17.32 ± 5.30 | 2.534 | .085 |
|    | F                                | 3.037        | .220         | 1.169        |       |      |
|    | p                                | .056         | .803         | .326         |       |      |
| NC | Pre-muscle fatigue               | 18.21 ± 5.37 | 17.74 ± 5.45 | 18.41 ± 6.44 | .104  | .902 |
|    | Post-muscle fatigue              | 18.18 ± 5.06 | 17.30 ± 4.58 | 18.74 ± 7.46 | .450  | .639 |
|    | Post-intervention                | 18.06 ± 5.95 | 16.52 ± 6.08 | 18.53 ± 6.14 | .870  | .423 |
|    | F                                | .020         | 1.096        | .066         |       |      |
|    | p                                | .980         | .341         | .937         |       |      |
| ST | Pre-muscle fatigue <sup>A</sup>  | 18.66 ± 8.57 | 17.46 ± 9.80 | 17.80 ± 5.05 | .170  | .844 |
|    | Post-muscle fatigue <sup>B</sup> | 19.13 ± 6.42 | 18.68 ± 4.36 | 22.44 ± 9.91 | 2.307 | .106 |
|    | Post-intervention <sup>C</sup>   | 18.94 ± 5.73 | 19.13 ± 5.96 | 20.06 ± 6.30 | .286  | .752 |
|    | F                                | .118         | .373         | 4.931        |       |      |
|    | p                                | .890         | .692         | .015*        |       |      |
|    | Post-Hoc                         |              |              | A < B,C      |       |      |
| PC | Pre-muscle fatigue               | 26.46 ± 7.93 | 26.34 ± 8.56 | 26.41 ± 8.32 | .001  | .999 |
|    | Post-muscle fatigue              | 28.40 ± 8.92 | 26.49 ± 9.23 | 28.27 ± 9.35 | .393  | .676 |
|    | Post-intervention                | 25.13 ± 8.11 | 25.26 ± 7.57 | 26.56 ± 7.47 | .304  | .739 |
|    | F                                | 2.340        | .449         | 1.117        |       |      |
|    | p                                | .106         | .641         | .335         |       |      |
| NO | Pre-muscle fatigue <sup>A</sup>  | 5.38 ± 2.77  | 6.30 ± 2.50  | 5.52 ± 2.40  | 1.086 | .342 |
|    | Post-muscle fatigue <sup>B</sup> | 7.04 ± 3.39  | 7.26 ± 2.79  | 7.24 ± 3.02  | .046  | .955 |
|    | Post-intervention <sup>C</sup>   | 6.95 ± 2.97  | 7.16 ± 2.93  | 7.18 ± 3.74  | .043  | .958 |
|    | F                                | 4.16         | 3.497        | 4.982        |       |      |
|    | p                                | .027*        | .037*        | .014*        |       |      |
|    | Post-Hoc                         | A < B,C      | A < B,C      | A < B,C      |       |      |
| NC | Pre-muscle fatigue <sup>A</sup>  | 5.38 ± 2.69  | 6.05 ± 2.31  | 6.00 ± 2.85  | .587  | .558 |
|    | Post-muscle fatigue <sup>B</sup> | 6.70 ± 2.81  | 7.06 ± 2.58  | 7.09 ± 2.99  | .170  | .844 |
|    | Post-intervention <sup>C</sup>   | 6.28 ± 2.75  | 6.89 ± 2.77  | 6.61 ± 3.12  | .317  | .729 |
|    | F                                | 3.041        | 3.479        | 4.839        |       |      |
|    | p                                | .064         | .038*        | .012*        |       |      |
|    | Post-Hoc                         |              | A < B,C      | A < B,C      |       |      |
| PO | Pre-muscle fatigue               | 6.17 ± 3.38  | 6.30 ± 3.36  | 6.43 ± 3.97  | .039  | .962 |
|    | Post-muscle fatigue              | 7.13 ± 3.87  | 7.62 ± 4.06  | 7.49 ± 4.20  | .113  | .893 |
|    | Post-intervention                | 7.72 ± 4.16  | 7.18 ± 4.04  | 7.64 ± 4.83  | .130  | .878 |
|    | F                                | 2.641        | 2.307        | 2.256        |       |      |
|    | p                                | .080         | .109         | .114         |       |      |
| PC | Pre-muscle fatigue               | 6.04 ± 3.05  | 5.81 ± 2.72  | 6.25 ± 3.99  | .128  | .880 |
|    | Post-muscle fatigue              | 6.58 ± 2.95  | 6.85 ± 3.89  | 7.09 ± 3.71  | .151  | .860 |
|    | Post-intervention                | 6.70 ± 3.51  | 6.41 ± 3.55  | 6.87 ± 4.28  | .111  | .895 |
|    | F                                | .821         | 1.617        | 1.394        |       |      |
|    | p                                | .445         | .208         | .257         |       |      |

\* p < .05; <sup>A</sup> Pre-muscle fatigue; <sup>B</sup> Post-muscle fatigue; <sup>C</sup> Post-intervention.

NO = normal eye open; NC = normal eye closed; PO = pillow with eye open; PC = pillow with eye close eye; ST = stability typical; WDI = weight distribution index

Table 3. A comparison of dynamic balance pre- and post interventions

|          |                                  | Rest          | Ice pack      | Hot pack      | F     | p    |
|----------|----------------------------------|---------------|---------------|---------------|-------|------|
| Anterior | Pre-muscle fatigue <sup>A</sup>  | 70.70 ± 6.25  | 71.19 ± 7.00  | 70.88 ± 5.21  | .046  | .955 |
|          | Post-muscle fatigue <sup>B</sup> | 64.62 ± 6.23  | 63.05 ± 5.67  | 64.54 ± 6.69  | .587  | .558 |
|          | Post-intervention <sup>C</sup>   | 67.23 ± 6.22  | 67.51 ± 6.40  | 67.53 ± 6.48  | .019  | .981 |
|          | F                                | 21.279        | 55.609        | 35.936        |       |      |
|          | p                                | < .001*       | < .001*       | < .001*       |       |      |
|          | Post-Hoc                         | B < A,C       | B < A,C       | B < A,C       |       |      |
| Medial   | Pre-muscle fatigue <sup>A</sup>  | 96.50 ± 12.42 | 101.04 ± 8.97 | 101.08 ± 9.60 | 1.838 | .165 |
|          | Post-muscle fatigue <sup>B</sup> | 93.53 ± 9.65  | 93.98 ± 9.40  | 94.78 ± 9.26  | .130  | .878 |
|          | Post-intervention <sup>C</sup>   | 95.62 ± 10.33 | 99.02 ± 8.74  | 97.78 ± 10.87 | .852  | .430 |
|          | F                                | 3.165         | 21.098        | 25.249        |       |      |
|          | p                                | .050          | < .001*       | < .001*       |       |      |
|          | Post-Hoc                         |               | B < A,C       | B < A,C       |       |      |
| Lateral  | Pre-muscle fatigue <sup>A</sup>  | 89.86 ± 14.21 | 95.93 ± 11.48 | 95.09 ± 10.98 | 2.071 | .132 |
|          | Post-muscle fatigue <sup>B</sup> | 87.17 ± 14.10 | 87.93 ± 12.82 | 88.57 ± 10.90 | .088  | .915 |
|          | Post-intervention <sup>C</sup>   | 90.78 ± 14.20 | 94.53 ± 11.74 | 92.91 ± 11.73 | .646  | .527 |
|          | F                                | 6.441         | 38.489        | 23.093        |       |      |
|          | p                                | .003*         | < .001*       | < .001*       |       |      |
|          | Post-Hoc                         | B < A,C       | B < A,C       | B < A,C       |       |      |

\* p < .05; <sup>A</sup> Pre-muscle fatigue; <sup>B</sup> Post-muscle fatigue; <sup>C</sup> Post-intervention.

Table 4. A comparison of proprioception pre- and post interventions

|                |                                  | Rest        | Ice pack    | Hot pack    | F     | p    |
|----------------|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------|------|
| Proprioception | Pre-muscle fatigue <sup>A</sup>  | 4.13 ± 3.64 | 4.17 ± 3.28 | 4.13 ± 3.32 | .001  | .999 |
|                | Post-muscle fatigue <sup>B</sup> | 7.37 ± 5.06 | 6.97 ± 4.00 | 6.79 ± 4.35 | .129  | .879 |
|                | Post-intervention <sup>C</sup>   | 6.79 ± 4.69 | 4.57 ± 3.57 | 6.68 ± 6.61 | 1.736 | .182 |
|                | F                                | 6.946       | 11.194      | 5.431       |       |      |
|                | p                                | .002*       | < .001*     | .007*       |       |      |
|                | Post-Hoc                         | A < B,C     | A,C < B     | A < B,C     |       |      |

\* p < .05; <sup>A</sup> Pre-muscle fatigue; <sup>B</sup> Post-muscle fatigue; <sup>C</sup> Post-intervention.

Table 5. A Comparison of muscle strength

|                 |                                  | Rest           | Ice pack       | Hot pack       | F    | p    |
|-----------------|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|------|------|
| Muscle strength | Pre-muscle fatigue <sup>A</sup>  | 106.40 ± 44.41 | 105.97 ± 34.05 | 109.73 ± 40.05 | .078 | .925 |
|                 | Post-muscle fatigue <sup>B</sup> | 80.52 ± 37.95  | 77.32 ± 31.47  | 77.78 ± 28.85  | .080 | .923 |
|                 | Post-intervention <sup>C</sup>   | 102.83 ± 41.02 | 100.12 ± 34.38 | 101.36 ± 39.09 | .037 | .964 |
|                 | F                                | 20.730         | 58.490         | 20.436         |      |      |
|                 | p                                | < .001*        | < .001*        | < .001*        |      |      |
|                 | Post-Hoc                         | B < A,C        | B < A,C        | B < A,C        |      |      |

\* p < .05; <sup>A</sup> Pre-muscle fatigue; <sup>B</sup> Post-muscle fatigue; <sup>C</sup> Post-intervention.



#### IV. 고 찰

본 연구는 젊은 성인 남녀를 대상으로 근피로가 발생한 무릎관절 펌근에 휴식, 온 찜질, 냉 찜질을 적용하여 균형, 고유수용성감각 및 근력 회복에 더 빠른 중재 방법을 찾고자 연구를 시행하였다. 등척성과 등장성 수축 운동을 시행하였을 때 무릎관절 펌근에 근육의 피로가 유발되고[29], 120%/s의 각속도로 지속적인 능동운동을 시행하였을 때, 근 피로의 증가로 인해 고유수용성 감각이 저하된다[24]. 이에 우리의 실험도 선행연구의 근거를 바탕으로 근피로 유발을 위해 지속적인 능동운동을 120%/s의 각속도로 실시하였다. 선행연구의 냉 찜질을 5분 적용 시 고유수용감각의 오차범위를 감소시켰다는 연구 결과를 참고하여 본 연구에서도 냉 찜질을 5분 적용하였다[19]. 온찜질은 냉찜질과의 비교를 위해 동일하게 5분 적용하였다. 이러한 연구 결과들을 바탕으로 본 연구는 냉 찜질과 온 찜질이 근피로를 유발한 무릎관절 펌근의 정적 균형, 동적 균형, 고유수용성감각, 근력의 회복에 미치는 영향을 비교하기 위해 연구를 실시하였다.

정적 균형은 Tetrax로, 동적 균형은 Y-balance로 측정을 시행하고 고유수용성 감각과 근력은 Cybex HUMAC NORM 등속성장비를 이용하여 측정을 시행하였으며 측정은 운동 전과 근피로 후, 중재 후로 총 3번 시행하였다. 그 결과, 3개의 그룹 간의 유의한 차이는 없었으나 그룹에서 운동 전 후, 중재 후 결과에서는 유의한 차이가 있었다.

정적 균형은 Tetrax의 ST, WDI로 비교하였다. 무릎관절 펌근의 근 피로 유발 전과 후 휴식, 온 찜질, 냉 찜질을 적용 후의 ST, WDI를 분석한 결과 ST의 경우 휴식과 냉찜질을 적용하였을 때는 유의한 차이를 보이지 않았고 온찜질을 적용하였을 때 PO에서 유의한 차이를 보였다. 온 찜질을 적용하였을 때만 근 피로 후(Post-muscle fatigue)와 중재 후(Post-intervention)는 큰 차이가 없었다. 이러한 결과는 온 찜질을 적용하였을 때가 휴식이나 냉 찜질을 적용하였을 때보다 회복 속도가 느리다는 것을 의미한다. WDI의 경우 NO에선 세 중재 모두 유의한 결과 값을 보였으며 NC에선 휴식에서 유의하지 않은 결과가 나타났으나, 냉 찜질과 온 찜질을 적용하였을 때 유의한 차이를 보였으나 근 피로 후와 중 재 후가

큰 차이를 보이지 않았다. 중재 간 비교에선 유의한 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 온 찜질을 적용하였을 때 정적 균형의 회복 속도가 느리고 휴식이 가장 회복이 빠르다는 것을 의미한다. 이러한 결과들을 종합해볼 때 정적 균형 능력의 회복에서는 휴식이 가장 회복이 빠르며, 그 다음 냉 찜질, 온 찜질 순으로 회복 속도를 판단 할 수 있다. 전반적으로 냉찜질과 온찜질이 비슷했으나, 온찜질은 ST의 PO인 상태에서 냉찜질보다 회복이 늦게 되어 회복속도가 늦다고 판단하였다.

선행 연구들에서는 온 찜질이 고유수용성 감각의 회복에 효과가 있다는 결과들이 주를 이루었으며, 본 연구와 유사한 연구는 아직 없었다. 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

동적 균형은 전방과 후방 외측에서 측정 시기별 비교에서 세 중재 모두 유의한 값을 보였고 후방 내측 방향에선 휴식은 유의한 값을 보이지 않았고 냉 찜질과 온 찜질만이 측정 시기별 비교에서 유의한 값을 보였다. 이는 휴식보다 냉 찜질과 온 찜질이 동적 균형 회복에 도움이 된다는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과가 나타나는 이유는 온 찜질과 냉 찜질을 사용하였을 때 나타나는 생리적인 현상 때문이라고 생각된다. 온 찜질의 경우 온도가 증가하게 되면 힘줄과 인대의 탄력성이 증가한다 [30]. 힘줄과 인대의 탄력성이 늘어나게 되면서 전보다 더 많은 범위를 사용하게 되고 그로 인해 이러한 결과가 나왔다고 생각된다. 냉 찜질의 경우 근 피로가 발생한 근육의 조직 온도를 감소시키고, 근 경련을 감소시킨다 [19]. 그렇기에 휴식을 취할 때보다 동적 균형의 회복에 도움이 된다고 생각된다. 이러한 선행연구의 연구 결과들이 휴식보다 냉 찜질, 온 찜질을 사용할 때 동적 균형의 회복에 도움이 된다는 본 연구 결과를 지지해준다.

고유수용성 감각의 측정을 위한 재위치 오류 검사에서 냉 찜질을 적용하였을 때 근피로의 회복이 통계학적으로 유의하게 나타났다. 이는 다른 중재를 적용하였을 때보다 냉 찜질을 적용하였을 때 고유수용성 감각의 회복이 빠르다고 판단할 수 있다. 선행연구에서 휴식과 냉 찜질이 근피로를 유발한 무릎관절 펌근의 고유수용성 감각 회복에 미치는 영향을 비교한 결과 휴식보다

냉 찜질에서 고유수용성 감각의 회복이 빨랐다. 이는 냉 찜질의 고유수용성 감각의 회복이 빠르다는 본 연구 결과와 일치하는 부분이 있다[19].

근력은 측정 시기별로 휴식, 온 찜질, 냉 찜질 모두 유의한 차이를 보였으며 중재 간에는 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

종합적으로 본 연구의 결과를 정리해보면, 정적 균형의 회복을 위해서는 휴식을 취하는 것이 좋으며 동적 균형의 회복을 위해선 냉 찜질과 온 찜질을 적용하는 것이 더 좋은 결과를 나타냈다. 고유수용성 감각의 회복에서는 냉 찜질의 적용이 가장 효과가 좋았고 근력의 회복에선 세 가지의 중재 모두 근 피로 전의 수준으로 회복하는데 효과를 보였다.

본 연구의 제한점으로는 무릎관절 펌근에 근피로가 발생한 즉시 측정을 진행하여 초기에 미치는 영향으로만 실험을 진행하였고 근피로에 장기간으로 미치는 영향에 대해서는 알 수 없었다. 또, 근피로 발생 직후 피로도 측정 장비를 통해 근피로를 측정하지 못해 근피로의 정도를 알지 못했고 근피로를 발생시키려 시행한 운동에서 등장성의 경우 대상자의 의지에 따라 근피로의 차이가 있었을 것으로 사료된다. 이에 향후 연구에서는 이러한 제한점을 보완하여 근피로를 유발시킨 후 시간이 지난 뒤 다시 측정하여 장기간으로 미치는 영향을 확인하고 근피로도를 측정하여 대상자의 근피로도를 조절하며 연구를 시행해야 할 것으로 사료된다. 또한, 대상자의 수가 적어 모집단의 대표성을 나타내기에는 부족한 부분이 있으며, 중재 적용 기간이 짧은 단점도 있다. 더불어 냉 찜질과 온 찜질의 구체적인 온도를 설정하지 않아 온도에 따른 영향을 알 수가 없어 추후의 연구에서는 이러한 부분을 보완하여 수행하여야 할 것이다.

## V. 결론

본 연구는 젊은 성인 남녀 대상으로 근 피로가 발생한 무릎관절 펌근에 냉찜질과 온찜질이 균형, 고유수용성 감각 및 근력의 회복에 미치는 영향을 비교해보기 위해 연구를 시행하였다. 본 연구 결과 젊은 성인의 경우 근

피로 발생 직후 정적 균형의 회복에선 휴식만이 효과를 보였고 동적 균형의 회복에선 냉 찜질과 온 찜질이 효과를 보였으며 고유수용성감각의 회복에서는 냉 찜질이 가장 효과적이었다. 근력의 회복에선 세 중재 모두 효과를 보였다. 따라서 근피로가 발생한 직후 단시간에 근피로를 회복함에 있어 회복시키고자 하는 기능에 따라 회복이 좀 더 빠른 중재 방법을 선택하여 사용하는 것이 근피로의 회복에 도움이 될 것으로 사료된다.

## References

- [1] Park J, Ko Y, Park S. The effect of proprioceptive position sense by lumbar flexors and extensors. *J Kor Phys Ther.* 2012;24(6):414-8.
- [2] Proske U, Gandevia SC. The proprioceptive senses: their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiol rev.* 2012;92(4): 1651-97.
- [3] Shama R. Effect of fatigue on the proprioception acuity of quadriceps muscle after inducing fatigue and followed by local cooling in the same muscle. *J. Exerc. Sci. Physiother.* 2017;13(2):65-8.
- [4] Jeong D, Kim Y. Changes in cervicocephalic joint position sense in sustained forward head posture. *KSIM.* 2017; 5(2):11-7.
- [5] Cho B, Yoon J. Relationship between breathing pattern disorder and joint position sense in patients with chronic low back pain. *KSIM.* 2019;7(2):1-10.
- [6] Gribble PA, Hertel J. Considerations for normalizing measures of the star excursion balance test. *Meas Phys Educ Exerc Sci.* 2003;7(2):89-100.
- [7] Earl JE, Hertel J. Lower-extremity muscle activation during the star excursion balance tests. *J Sport Rehabil.* 2001;10(2):93-104.
- [8] Gribble PA, Robinson RH, Hertel J, et al. The effects of gender and fatigue on dynamic postural control. *J Sport Rehabil.* 2009;18(2):240-57.

- [9] Arockiaraj J, Korula RJ, Oommen AT, et al. Proprioceptive changes in the contralateral knee joint following anterior cruciate injury. *Bone Joint J.* 2013;95(2):188-91.
- [10] Bragonzoni L, Rovini E, Barone G, et al. How proprioception changes before and after total knee arthroplasty: A systematic review. *Gait Posture.* 2019; 72:1-11.
- [11] Reddy RS, Tedla JS, Dixit S, et al. Cervical proprioception and its relationship with neck pain intensity in subjects with cervical spondylosis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019;20(1):447.
- [12] Hart R, Ballaz L, Robert M, et al. Impact of exercise-induced fatigue on the strength, postural control, and gait of children with a neuromuscular disease. *Am J Phys Med Rehabil.* 2014;93(8):649-55.
- [13] Kwon OS, Lee SW, Seo DK, et al. The effects of exercise-induced fatigue on knee joint position sense in the young, elderly adults and stroke patients. *J Korean Soc Phys Med.* 2013;8(4):619-25.
- [14] Kirkendall, DT. Mechanisms of peripheral fatigue. *Med Sci Sports Exerc.* 1990;22(4):444-9.
- [15] Choi I, Lee J. Effects of shoes that can be tightened using wire and dial on the dynamic balance following ankle muscle fatigue: a crossover study. *Healthcare.* 2021;9(5):578.
- [16] Torres R, Silva F, Pedrosa, V, et al. The acute effect of cryotherapy on muscle strength and shoulder proprioception. *J Sport Rehabil.* 2017;26(6):497-506.
- [17] White GE, Wells GD. Cold-water immersion and other forms of cryotherapy: Physiological changes potentially affecting recovery from high-intensity exercise. *Extrem Physiol Med.* 2013;2:1-11.
- [18] Weimar W, Campbell B. The influence of ankle cryotherapy on unilateral static balance. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(5):S187.
- [19] Choi JI, Jung SM. Effects of cryotherapy time on skin temperature and joint position sense after exercise-induced muscle fatigue of knee joint. *KJSS.* 2019;28(4):905-12.
- [20] Lehmann JF, de Lateur BJ. Therapeutic heat In Lehman JF, ed. *Therapeutic heat and cold.* Maryland: Williams & Wilkins.1990.
- [21] Wessling KC, Devane DA, Hylton CR. Effects of static stretch versus static stretch and ultrasound combined on triceps surae muscle extensibility in healthy women. *Phys Ther.* 1987;67(5):674-9.
- [22] Heo G, Kim D, Kwon H. Effects of application of hot poultice and vibration after generating muscle fatigue on sense of reproducing physical strength. *J Rehabil Res Dev.* 2011;29(1):23-35.
- [23] Kim S, Kim M, Kim J, et al. The effect of whole body vibration on the proprioceptive body position sense decline of knee joint induced by muscle fatigue. *Journal of Sport and Leisure Studies.* 2016;63:735-44.
- [24] Harbili S, Harbili E, Aslankeser Z. Comparison of bilateral isokinetic and isometric strength differences in elite young male and female taekwondo athletes. *J Exerc Rehabil.* 2022;18(2):117.
- [25] Lattier G, Millet GY, Martin A, et al. Fatigue and recovery after high-intensity exercise part I: neuromuscular fatigue. *Int J Sports Med.* 2004;25(06):450-6.
- [26] Ju Y, Wang C, Cheng HK. Effects of active fatiguing movement versus passive repetitive movement on knee proprioception. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2010; 25(7):708-12.
- [27] Park S, Park K. The effects of skeletal muscle mass and muscle fatigue on the proprioceptive position sense of the knee joint. *KSIM.* 2020;8(2):139-47.
- [28] Kim T, Youm C. Effects of knee joint muscle fatigue and overweight on the angular displacement and moment of the lower limb joints during landing. *KJSB.* 2013; 23(1):63-76.
- [29] Givoni NJ, Pham T, Allen TJ, et al. The effect of quadriceps muscle fatigue on position matching at the knee. *J Physiol.* 2007;584(1):111-9.
- [30] Petrofsky JS, Laymon M, Lee H. Effect of heat and cold on tendon flexibility and force to flex the human knee. *Med Sci Monit.* 2013;19:661-7.