

# Effect on Balance According to Various Recovery Techniques after Induce Muscle Fatigue in Male College Students

Minkyoo Kim<sup>1</sup>, Hyun-Joo Kang<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Education, Soonchunhyang University, Asan, Republic of Korea

<sup>2</sup> Department of Sports Medicine, Soonchunhyang University, Asan, Republic of Korea

Received: January 3, 2024

Accepted: January 5, 2024

Published online: January 31, 2024

## Keywords:

Harvard Step Test  
Icing  
Muscle Fatigue  
Sports Massage  
Stretching



## ABSTRACT

**OBJECTIVES** The purpose of this study was to effect balance according to various recovery techniques after Harvard step test-induced muscle fatigue in male college students.

**METHODS** Twenty male college students(22.20±2.06 yrs, 177.80±4.28 cm, 77.50±4.28 kg) participated in the study, and their static balance and dynamic balance(Humac balance system) were measured after inducing lower extremity muscular fatigue using Harvard step test. Muscle fatigue was treated in the following order: no treatment in the 1st week, stretching in the 2nd week, icing therapy in the 3rd week, and sports massage in the 4th week, and then post-test was performed in the same manner as the pre-test.

**RESULTS** In the case of static balance, path length on eye opened-foam was a significant difference in interaction effect between the group and time(p<0.001). Also, average velocity on eye opened-foam was a significant difference in interaction effect between the group and time(p<0.001). Dynamic balance was no a significant difference to recovery techniques(stretching, icing therapy, and sports massage).

**CONCLUSIONS** Various recovery techniques such as stretching, icing, and sports massage after the Harvard step test-induced muscle fatigue in male college students did not affect balance. In future research, it is crucial to enhance the scope of the target group, various methods of inducing muscle fatigue, and identify the effects of recovery techniques.

© The Asian Society of Kinesiology and the Korean Academy of Kinesiology

## 서론

세계보건기구에서는 고혈압, 흡연, 고혈당에 이어 비신체 활동(physical inactivity)을 세계 사망원인 4위로 발표하여 신체활동의 중요성을 강조하였다[1]. 신체활동과 운동은 조기 사망, 심장질환, 제2형 당뇨병, 각종 암 등의 예방은 물론 만성질환의 치료에도 효과적인 것으로 알려져 있다[2]. 하지만 특정 근육에 집중해서 과하게 운동하거나 경쟁스포츠에 주로 참여하면 근피로가 유발되는 경우가 있고 근피로

로 인해 체력요소에 부정적인 영향을 미치고 부상이나 대사장애 등의 위험성이 따른다. 육조영(2006)은 하지근육에 근피로를 주었을 경우 정적 균형능력을 저하시킨다는 것을 보고하였다[3]. Zulfikri와 Justine 연구에서도 성인 남성의 근피로에 따라 동적 균형에도 영향을 미치는 것으로 나타났다[4]. 다른 연구에서도 뒤꿈치들기와 하버드스텝 운동으로 인한 피로 유발이 외발서기 자세에 영향을 미치며 압력 중심점 전후, 좌우에 모두 부정적인 영향을 미치는 결과를 보였다[5].

한편, 근피로 발생에 따른 효과적인 회복 방법들을 제시하는 연구들이 지속적으로 보고되고 있는데, 볼링 경기 후 회복기 젖산농도에 미치는 영향을 동적회복, 정적회복, 스

\*Correspondence: Hyun-Joo Kang, Department of Sports Medicine, Soonchunhyang University, Asan, Republic of Korea; Tel: +82-10-7920-1280; E-mail: [violethjk@hanmail.net](mailto:violethjk@hanmail.net)



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

**Table 1.** Subject characteristics.

Variables	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Bodyfat (%)	Lean mass (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
Mean±SD	22.20±2.06	177.80±4.28	77.50±4.28	15.70±5.57	37.27±3.58	24.55±2.72

BMI: Body Mass Index

스포츠마사지 집단으로 나누어 연구한 결과 스포츠마사지 집단이 혈중 젖산농도가 가장 빠르게 제거되는 결과를 나타내었다[6]. 또한, 마라톤대회 참가자를 대상으로 경기 시작 전 스포츠마사지를 시행한 결과 근피로 회복속도, 수면상태, 근경련 및 기타 상해 예방의 효과가 있었으며 경기력에도 긍정적인 효과를 가져왔다[7]. 근피로를 회복하기 위한 또 다른 방법으로 냉요법을 권장하고 있는데, 김원중(2001)은 400m 트랙달리기 후 냉요법, 활동성회복, 비활동성회복 가운데 냉요법이 젖산농도를 가장 빠르게 제거하는 것으로 보고하였다[8]. 이덕분(2002)의 연구에서도 남자 대학생을 대상으로 하지 근육의 근피로를 유발한 후 냉요법을 시행한 결과 젖산농도의 빠른 회복에 긍정적인 영향을 가져와 냉요법을 통한 회복이 근피로 회복에 많은 도움을 주는 것으로 보고하였다[9]. 그 외에도 근피로에 효과적인 방법으로 스트레칭에 관한 연구도 보고되고 있는데 남자 엘리트 태권도 선수들의 겨루기 직후 스트레칭을 통한 회복방법이 회복기 혈중 젖산과 암모니아 농도를 감소시켜 경기력 향상과 근피로 회복에 도움을 준 것으로 보고하였다[10]. 스트레칭의 효과는 국내뿐 아니라 국외에서도 영향을 준다고 보고하였는데, Lima(2016)는 발레 무용수들을 대상으로 저항훈련 후 스트레칭을 실시한 결과 비처치 그룹보다 근피로가 감소한 것을 확인하였다[11]. 회복 처치가 경기력에 미치는 효과를 확인하기 위해 스포츠 클라이밍 1차 등반과 2차 등반 사이에 마사지, 스트레칭, 냉요법을 적용한 결과 마사지 처치는 등반횟수와 젖산회복률의 변화에 효과를 보였고 스트레칭 처치는 등반횟수에 영향을 주는 것으로 확인되었다[12]. 다수의 선행연구들이 운동 후 근피로에 다양한 회복 처치가 대부분 젖산 등의 피로물질 축적에 미치는 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고하고 있다. 하지만 서두에 기술한대로 근피로 후 회복 처치가 자세유지나 평형성 등의 체력요소에 긍정적인 영향을 미치는지 주목해 볼 필요가 있다. 따라서 본 연구는 체육을 전공하는 건강한 대학생을 대상으로 근피로를 유발시킨 후 다양한 회복 기법을 통해 균형 감각에 미치는 영향을 살펴보고자 한다.

## 연구방법

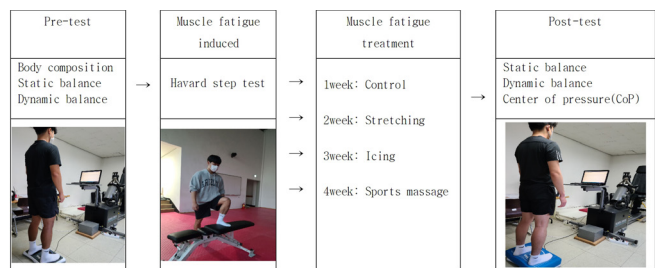
### 1. 연구 대상

본 연구는 충청남도 S대학에 재학 중인 체육을 전공하는 학생들을 대상으로 연구의 목적과 내용에 대하여 충분히 설명한 후 자발적인 참여 의사를 밝히고 하지 근관절의 움직임에 문제가 없는 20명을 선정하였다. 대상자들의 특성은 <Table 1>과 같다.

### 2. 연구 절차

20명을 대상으로 신체구성 검사와 사전 정적과 동적 평형성 검사를 실시하였으며, 측정 전에 충분히 설명한 후 진행하였다.

하버드 스텝 테스트 방법으로 하지 근육에 근피로를 준 후 한 주차 간격으로 근피로에 대한 세 가지 회복 처치를 시행하였다. 1주차 비처치, 2주차 스트레칭 체조, 3주차 냉요법, 4주차 스포츠마사지 순으로 근피로를 처치한 뒤 사전 측정과 동일한 방법으로 사후 측정을 진행하였다. 연구 절차는 <Figure 1>과 같다.



**Figure 1.** Experimental procedure.

### 3. 측정 방법

#### 1) 신장과 체중 측정

피험자의 체격 검사를 위하여 신장(cm)과 체중(kg)을 측정하고 신체질량지수(Body mass index, BMI)를 산출하였다.

## 2) 근피로 유발

근피로를 유발하기 위해서 선행연구에서 이용한 근피로 프로토콜을 근거로 하고[5], 연구 방향에 맞게 수정하여 하버드 스텝 테스트를 실시하였다. 주위가 소란스럽지 않고 검사에 집중할 수 있는 곳을 선정한 뒤 충분한 설명과 시범을 통해 피험자가 잘못된 동작을 수행하지 않도록 하고 일정한 높이의 스텝대(45cm)를 이용해 보조자의 시작 구령에 맞춰 1분동안 30회의 속도로 신속하게 승강운동을 실시하여 근피로를 유발시켰다.

## 3) 평형성 검사

Humac Norm balance system(HUMAC2013® Version: Computer Sports Medicine, Inc. Stoughton, MA)를 이용해 정적 균형과 동적 균형을 측정하였다.

정적 균형은 밸런스 보드판 위와 폼 위에 올라가 눈을 뜬 상태와 감은 상태에서 30초 동안 중앙에서 중심을 잡아 안정성 점수(stability score), 경로 길이(path length), 움직임 평균 속도(average velocity)를 측정하였다. 안정성 점수는 중심점에서 균형을 잃지 않고 얼마나 잘 유지하였는지에 대한 점수를 %로 표시하였고 경로 길이는 중심점에서 벗어난 길이를 cm, 움직임 평균속도는 단위시간당 변위를 cm/s로 표시하였다.

동적 균형은 참가자가 얼마나 정확하게 압력 중심을 주변 지점을 향해 이동시킬 수 있었는지 측정하는 안정성 한계(loss of stability) 검사하였다. 컴퓨터 화면에서 앞으로, 앞으로 오른쪽, 오른쪽, 뒤로 오른쪽, 뒤로, 뒤로 왼쪽, 왼쪽, 앞으로 왼쪽 8가지 방향으로 수행되었다. 참가자는 밸런스 보드 위에 서서 화면에 작은 커서로 표시되었으며 중앙 빨간색 원이 참가자의 커서로 시작하면서 원이 노란색으로 바뀌고 참가자는 몸을 기울이거나 체중을 이동하여 표시된 대상으로 커서를 이동시켰다. 참가자의 커서가 노란색 원 위에 1초 동안 유지하면 노란색 원이 회색으로 바뀌고 참가자는 커서를 다시 중앙으로 가져왔다가 다음 표적으로 이동시켰다. 참가자는 중앙 표적과 주변 표적 사이를 무작위 순서로 이동하며 가장 높은 목표를 달성한 전체 시간의 %로 표시하였다.

## 4) 근피로 처치

하버드 스텝 테스트로 근피로를 유발시킨 후 1주차는 10분간 아무런 처치없이 완전 휴식을 취하는 비처치로 시작하였다. 2주차부터는 각 주차별로 근피로 유발 회복 기법



Figure 2. Stretching, icing, and sports massage techniques.

을 다양하게 시행하였다. 2주차는 스트레칭 회복 기법으로 발목과 장딴지근의 근육을 신전, 굴곡, 털기 다섯가지 동작으로 실시했으며 3주차는 냉요법으로 젤 타입 팩을 이용하여 발목과 장딴지근에 부착시켜 근피로 처치를 하였다. 4주차는 스포츠마사지로 발목과 장딴지근의 근육을 경찰법, 유날법, 경타법을 사용해 근육의 피로에 대한 회복 기법을 실시하였다. 근피로에 대한 회복 기법은 각 동작간 20초 처치, 10초 휴식을 하였으며 총 10분간 처치를 하였다. 근피로 회복 기법은 <Figure 2>와 같다.

## 4. 자료처리방법

본 연구의 자료처리는 SPSS 26.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계프로그램을 이용하여 각 변인들에 대한 평균(M)과 표준편차(SD)를 산출하였고, 각 그룹별 차이와 측정시기와 그룹별 차이를 분석하기 위해 반복측정 분산분석(repeated measure of ANOVA)를 실시하였다. 상호작용 효과가 나타난 경우, 사후검증으로 Tukey를 이용하였으며, 통계적 유의수준은  $p < .05$ 로 설정하였다.

## 결과

### 1. 정적 균형

밸런스 평지(보드판) 위와 폼 위에서 근피로 후 회복 처치 전, 후 정적 균형의 변화는 <Table 2>와 같다.

눈 뜨고 평지, 눈 감고 평지, 눈 뜨고 폼 위에서 안정성 점수(stability score), 중심점으로부터 벗어난 길이(path

**Table 2.** Static balance according to various recovery techniques.

Static balance		Recovery techniques	Pre	Post		F	P
Eyes-open plate surface	Stability Score (%)	CG	97.00	96.50	Group Time TxG	14.88	.000***
		SG	97.00	96.40			
		IG	97.00	96.50			
		MG	97.00	96.35			
	Path length (cm)	CG	11.10	11.77	Group Time TxG	10.02	.002**
		SG	11.10	12.79			
		IG	11.10	11.77			
		MG	11.10	12.64			
	Average velocity (cm/s)	CG	.37	.39	Group Time TxG	10.97	.001***
		SG	.37	.42			
		IG	.37	.39			
		MG	.37	.42			
Eyes-closed plate surface	Stability Score (%)	CG	96.40	95.70	Group Time TxG	11.70	.001***
		SG	96.40	95.55			
		IG	96.40	95.70			
		MG	96.40	96.05			
	Path length (cm)	CG	14.98	14.74	Group Time TxG	.99	.321
		SG	14.98	13.91			
		IG	14.98	14.74			
		MG	14.98	13.40			
	Average velocity (cm/s)	CG	.50	.50	Group Time TxG	.23	.632
		SG	.50	.57			
		IG	.50	.50			
		MG	.50	.44			
Eyes-open foam surface	Stability Score (%)	CG	94.70	94.65	Group Time TxG	.24	.622
		SG	94.70	94.60			
		IG	94.70	94.65			
		MG	94.70	94.95			
	Path length (cm)	CG	23.97	21.11	Group Time TxG	.82	.366
		SG	23.97	21.81			
		IG	23.97	21.11			
		MG	23.97	24.31			
	Average velocity (cm/s)	CG	0.79	0.70	Group Time TxG	15.71	.000***
		SG	0.79	0.72			
		IG	0.79	0.70			
		MG	0.79	0.62			
Eyes-closed foam surface	Stability Score(%)	CG	88.45	89.35	Group Time TxG	6.44	.13
		SG	88.45	89.60			
		IG	88.45	89.35			
		MG	88.45	89.65			
	Path length(cm)	CG	49.83	40.26	Group Time TxG	33.88	.000***
		SG	49.83	46.16			
		IG	49.83	40.26			
		MG	49.83	37.32			
	Average velocity(cm/s)	CG	1.66	1.34	Group Time TxG	34.47	.000***
		SG	1.66	1.53			
		IG	1.66	1.34			
		MG	1.66	1.24			

CG=Control Group, SG=Stretching Group, IG=Icing Group, MG=Massage Group  
 \* : p<0.05, \*\* : p<0.01, \*\*\* : p<0.001

length), 움직임 평균 속도(average velocity)를 기록하였다. 눈뜨고 평지에서 측정한 안정성 점수(p=.000), 경로 길이(p=.002), 평균 속도(p=.001)는 시기에서는 유의차가 있었으나 상호작용효과는 나타나지 않았다. 눈감고 평지에서 측정한 결과 안정성 점수(p=.001)는 시기에서 유의한 차이를 보였으나 상호작용효과는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 눈뜨고 폼 위에서 측정한 결과 안정성 점수 와 경로 길이는 시기, 그룹, 상호작용효과 모두 유의한 차이가 나타나지 않았으나 평균 속도는 시기(p=.000)에서는 유의한 차이를 보였으나 상호작용효과는 나타나지 않았다. 눈감고 폼 위에서 측정한 결과 안정성 점수(p=.013), 경로 길이

(p=.000), 평균 속도(p=.000)는 시기에서 모두 유의한 차이를 보였고 경로 길이(p=.001), 평균 속도(p=.001)는 상호작용효과가 나타났다.

## 2. 동적 균형

동적균형은 근피로 처치 전, 후 앞(p=.10), 앞으로 왼쪽(p=.007), 종합(p=.000) 시기에서 유의한 차이를 보였으나 8가지 모든 방향에서 상호작용효과가 나타나지 않았다. 근피로 후 회복 기법에 대한 동적균형의 변화는 <Table 3>과 같다.

**Table 3.** Dynamic stability according to various recovery techniques.

Limit of Stability	Recoverytechniques	Pre	Post		F	P
Front (%)	CG	30.85	40.75	Group Time TxG	7.01	.010**
	SG	30.85	39.40			
	IG	30.85	39.65			
	MG	30.85	46.80			
Front Right (%)	CG	42.30	36.95	Group Time TxG	.07	.784
	SG	42.30	41.45			
	IG	42.30	45.80			
	MG	42.30	47.00			
Right (%)	CG	37.75	45.55	Group Time TxG	6.94	.832
	SG	37.75	40.80			
	IG	37.75	42.00			
	MG	37.75	42.45			
Back Right (%)	CG	38.85	40.95	Group Time TxG	1.21	.274
	SG	38.85	42.90			
	IG	38.85	40.75			
	MG	38.85	41.40			
Back (%)	CG	31.45	30.20	Group Time TxG	1.69	.198
	SG	31.45	29.20			
	IG	31.45	38.15			
	MG	31.45	39.60			
Back Left (%)	CG	35.50	39.00	Group Time TxG	2.36	.128
	SG	35.50	37.80			
	IG	35.50	39.30			
	MG	35.50	40.20			
Left (%)	CG	43.05	43.60	Group Time TxG	1.89	.173
	SG	43.05	42.25			
	IG	43.05	38.05			
	MG	43.05	37.65			
Front Left (%)	CG	39.15	39.30	Group Time TxG	7.81	.007**
	SG	39.15	48.90			
	IG	39.15	44.65			
	MG	39.15	47.30			
Overall (%)	CG	38.00	39.55	Group Time TxG	14.01	.000***
	SG	38.00	40.30			
	IG	38.00	41.30			
	MG	38.00	42.70			

CG=Control Group, SG=Stretching Group, IG=Icing Group, MG=Massage Group  
 \* : p<0.05, \*\* : p<0.01, \*\*\* : p<0.001

## 논의

### 1. 정적 균형

안정된 직립 자세를 균형있게 유지하는 것은 인체의 본능적인 운동 기술이며, 정적 균형은 최소한의 움직임인 고정된 상태로 직립 동작을 유지하는 중요한 체력요소이다 [18,19]. Lida et al.[20]은 연령이 증가하면서 신경과 근기능 소실로 자세 조절과 균형 능력이 감소하며, Turkmen et al.[21]은 계단오르기 50회, 스쿼트 50회, 수직 점프 10회를 실시하여 근피로가 유발되면 균형 감각이 감소하는 것으로 나타났다. 근피로가 발생하면 특히 정적 균형을 감소시킨다는 연구들이 보고되고 있다 [22,23]. 한 연구에서 스쿼트 운동으로 근피로 유발 후 외발서기로 정적 균형을 측정한 결과 외발서기 시간이 유의하게 감소하였다 [24]. 이는 근피로로 인해 안정된 자세를 유지하는 정적 균형이 감소한 것으로 이러한 감소에 다양한 회복 처치가 긍정적인 영향을 미치는지 살펴보기 위해 본 연구를 진행하였다.

본 연구에서는 Humac Norm balance system 장비를 이용하여 정적 평형 검사를 실시하였으며, 몇 가지 변인으로 검증하였다. 첫 번째 변인으로 안정성 점수(%)는 중심점에서 균형을 잃지 않고 얼마나 잘 유지하였는지를 평가하는 것으로 평지 위와 폼 위에서 눈을 뜨고 측정하고 눈을 감고 측정한 결과, 스트레칭, 냉요법, 스포츠마사지를 이용한 회복 처치에서 시기와 그룹 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 동일한 측정 장비인 Humac Norm balance system을 이용한 다른 연구에서는 평지에서 눈을 뜨고 측정한 안정성 점수(%) 평균 값이 90.1%에 비해 [14], 본 연구에 참여한 대상자들은 대략 97.0%를 보였다. 이는 체육 전공자들로 기본적으로 중심점에서 균형을 잃지 않고 자세를 잘 유지할 수 있는 뛰어난 감각을 가지고 있어 근피로 유발 후에도 회복 처치 기술에 상관없이 안정성 점수(%)가 감소하지 않고 사전과 유사한 값으로 유지할 수 있었던 것으로 보이며 긍정적인 결과라고 할 수 있다.

정적 평형성 검사의 두번째 측정 변인인 경로 길이(cm)는 중심점에서 벗어난 거리를 의미하는 것으로 본 연구에서 평지에서 눈뜨기와 눈감고 측정한 결과는 그룹간 유의한 차이가 나타나지 않았다. Sahoo et al.[14] 연구에서는 눈 뜨고 평지에서 측정한 평균 값이 23.61cm에 비해, 본 연구에 참여자들의 평균이 11.10cm로 중심을 잘 유지하여 자세 균형이 우수한 대상자들이었다. 즉, 근피로가 유발된 후 비처치와 다양한 회복 처치 모두 시기와 처치간에 유의하게

감소하지 않은 결과로, 이는 근피로가 유발되는 상황에서도 체육을 전공하는 건강한 남자 대학생들로 근피로를 회복시키기 위한 다양한 회복 기법과 상관없이 정적 균형 능력이 떨어지지 않은 것으로 사료된다. 난이도를 높여 눈을 감고 폼 위에서 측정한 경로 길이(cm)의 경우에는 그룹 간에 상호작용효과가 나타났다. 눈을 감은 상태는 시각적 감각을 제한하고 폼 위에서 자세를 더욱 불안정하게 만든 환경에서는 스포츠마사지 처치가 가장 유의한 향상을 보였다. 시각을 제한하고 바닥면을 불안정한 상태로 하였을 때 스포츠마사지를 통한 처치가 전정기관과 체성 감각 기능을 향상시켜 자세 안정성 유지에 중요한 역할을 하는 것으로 보인다. 실제 현장에서 선수나 코치들이 근손상과 근육통을 예방하고 감소시키기 위한 방법으로 스포츠마사지를 널리 이용하고 있으며, 운동 수행 향상과 피로회복의 방법으로 긍정적인 효과를 보여 [25], 앞으로 근피로 회복에 대한 지속적이고 다각적인 연구가 계속되어야 할 것으로 생각된다.

세번째 측정변인인 평균 속도(cm/s)는 자세를 유지하는 상태에서 움직임 보이는 평균 속도로 단위시간 당 변위로 표시하게 되는데 본 연구에서 눈감고 폼 위에서 측정한 결과, 처치 간에 유의한 상호작용효과를 보였다. 이 부분도 경로 길이(cm)와 마찬가지로 균형의 난이도를 높이고 시각적 제한을 보이는 환경에서 스포츠마사지 처치가 가장 효과적인 것으로 나타났다. Novita et al.[26]의 연구에서도 체육 전공 대학생 20명을 대상으로 웨이트 트레이닝과 스포츠마사지 병행 그룹과 웨이트 트레이닝만 실시한 그룹으로 나누어 주 3회의 운동 빈도로 8주 동안 실시한 후 200m 달리기에서 웨이트 트레이닝과 스포츠마사지를 병행한 그룹이 과산화 글루타티온을 증가시키고 젖산을 감소시키는데 더 효과적인 결과를 보였다. 스포츠마사지의 효과 검증을 위한 또다른 연구에서 20대 여성을 대상으로 스포츠마사지를 받는 그룹과 통제 그룹으로 나누어 딥 스쿼트와 제자리 높이뛰기로 파워와 근육통을 측정하고 스포츠마사지를 20분 동안 실시한 결과, 스포츠마사지 그룹에서 제자리높이뛰기 수행력이 가장 좋게 나타났고 96시간이 지난 후에 통증 지표 측정 결과 통증이 사라진 것으로 나타났다 [27]. 이처럼 스포츠마사지는 운동 후 회복을 촉진하고 근육의 효율을 향상시키는 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 선행 연구들과 유사한 결과로 다양한 회복 기법 중 스포츠마사지가 가장 긍정적인 결과를 보였다. 스포츠마사지는 혈류를 원활하게 해서 젖산 제거와 신진대사가 활성화되어 더 빠른 근피로 회복을 가져오며 고유수용감각을 활성화시킨 것으로 보인다.

또한 스포츠마사지는 현대인들의 건강증진 및 운동 후 피로 회복 등 생리적, 심리적 이완의 효과를 통해 삶의 질을 향상시키는 것으로 주목받고 있다[28]. 특히 운동선수들이 최대 운동수행을 요구하는 경기 시즌 동안 근육통의 효과적인 처치 기법으로 활용할 수 있을 것으로 보이며, 스포츠마사지가 널리 적용되어야 함을 의미한다.

## 2. 동적 균형

동적 균형은 지지면이 움직이는 동안 안정된 자세를 유지하면서 움직임을 수행할 수 있는 능력으로[29], 적절한 하체 근력 뿐만 아니라 시각, 전정 및 고유감각 입력의 통합이 필요하다[30]. 근활동을 과도하게 하거나 피로가 발생하면 일상생활 동작을 제한하고 자세중심 동요가 일어나 안정적인 자세 유지가 어렵고 손상된 관절의 고유수용감각과 자세 조절을 저하시킬 수 있다. 특히, 동적 균형에서의 감소는 근피로 상태에서 중력 중심과 중력선이 지지 기반 밖으로 이동할 때 균형을 유지하는 능력이 감소하는 것으로 운동수행에도 부정적인 영향을 미칠 수 있다.

본 연구에서는 Humac Norm balance system을 통해 동적 균형을 검사하였으며, 대상자가 중앙 표적과 주변 표적 사이를 무작위 순서로 표시된 목표물을 향해 이동하는 것을 측정하였다. 선행연구에서 근피로 유발 후 회복 처치가 없는 경우 동적 균형이 유의하게 감소한 결과를 보인 것에 비해[24], 본 연구에서는 근피로 유발 전과 유발 후 회복 처치를 한 후 동적 평형에서 유의한 차이가 없어 비처치나 처치 후에도 감소하지 않은 결과를 보였다. 8가지 모든 방향을 무작위로 정확하게 압력 중심을 이동해야 하는 동적 균형에서 커다란 변화가 나타나지 않았다. 선행연구에서는 동적 균형이 유의하게 감소한 결과와 비교해 볼 때 감소하지 않은 결과는 오히려 긍정적인 결과라고 할 수 있다. 본 연구에 참여한 체육을 전공하는 남자 대학생들이 이러한 능력이 탁월한 것으로 참여자들의 체력 수준이 높아 근피로 발생 후에도 주어진 공간에서 자세를 잘 조절하여 안정성을 유지하는 뛰어난 동적 균형 능력을 갖추고 있음을 알 수 있다. 동적 균형은 시각, 전정 및 체성 감각 기능의 복잡한 통합적인 능력이 요구되는 체력요소로[30], 대상자들이 회복 처치와 상관없이 근피로 유발 후에도 신체의 위치를 조절하여 안정성을 유지하는 능력을 갖추고 있었던 것으로 보이며 향후에는 대상자를 확대하여 회복 처치별로 검증해 나갈 필요가 있을 것이다.

다른 측면에서는 실험에 참여한 대상자들이 체육을 전

공하는 건강한 남자 대학생들로 1분간의 하버드 스텝 테스트가 근피로를 유발시키기에 충분하지 않았으며 회복 처치를 하기 전에 자발적인 회복이 발생했을 것으로 사료된다. 향후 연구에서는 근피로를 유발하고 오래 지속할 수 있는 좀더 강한 자극을 주는 운동으로 설계하는 것이 중요할 것으로 판단된다. 또한 일반인들의 경우 일상 생활에서 피로가 발생하면 균형 및 안정성에 심각한 영향을 미쳐 부상을 당할 가능성이 높아지므로 측정 대상도 확대하여 적용시킬 필요가 있을 것이다.

## 결론

체육을 전공하는 남자 대학생들이 근피로 유발 후 다양한 회복 처치 기법이 평형 감각에 미치는 영향을 살펴보고자 하였으며, 눈감고 폼 위에서 실시한 결과 정적 평형에서는 중심에서 벗어난 경로 길이(cm)와 움직임의 평균 속도(cm/s)는 스포츠마사지에서 가장 효과적으로 나타났다. 8가지 방향으로 정확하게 압력 중심을 이동시킬 수 있는 동적 평형에서는 회복 처치간 차이를 나타내지 않았다. 체육을 전공하는 건강한 대학생들을 대상으로 실시할 경우 회복 처치 기법과 상관없이 평형감각이 근피로 후에도 어느 정도 유지되는 것으로 사료된다. 후속 연구에서는 대상층 확대하고 근피로 유발 방법을 달리한 후 회복 처치 기법에 대한 효과를 규명해 나갈 필요가 있을 것으로 판단된다.

## Acknowledgments

This work was supported by the Soonchunhyang University Research Fund.

## Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

## References

1. World Health Organization. Global health risks: morality and burden of disease attributable to selected major 251 risks. World Health Organization. 2009.
2. Liguori, Gary, and American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and 253 prscrip-

- tion. Lippincott Williams & Wilkins. 2020.
3. Yuk JY, Hwang HJ, Kwon MG. Influence of leg muscle fatigue on the balance ability. *Korea Sports Res.* 2006; 17(5):643-48.
  4. Zulfikri N, Justine M. Effects of kinesio taping on dynamic balance following fatigue: a randomized controlled trial. *Phys Ther Res.* 2017; 20(1):16-22.
  5. Shin JD, Youm CH. Effects of heel raise and Harvard step exercise-induced fatigue on single-leg stance postural control. *Korean J Pyhs Educ.* 2011; 50(3):581-91.
  6. Cha JH, Um SH, Jeong YD, Jeon YK. The effect of recovery method type on muscle fatigue recovery after game in bowling athletes. *Korean Soc Wellness.* 2015; 10(4):369-80.
  7. Nho PS, Yoon WS, Park H. Effects of sports massage on performance, injury prevention, and recovery in long distance running. *J Phys Educ.* 2003; 31:65-74.
  8. Kim WJ, Hwang MH. The effects of icing recovery on the heart rate, blood lactate and Performance skill after 400M running. *J Educ Res.* 2001; 25:138-49.
  9. Lee DB, Lee YS, Lee YJ. The Effects of cryotherapy after exercise-induced muscle fatigue on lactate acid. *Korea J Sports Sci.* 2002; 11(2):681-91.
  10. Kim JA, Ha SM, Kim DY, Kim MJ, Lee SY. Effects of stretching after taekwondo competition on male college elite taekwondo athletes blood fatigue factors. *J Korean Leis Sci.* 2018; 9(1):135-42.
  11. Lima CD, Brown LE, Wong MA, et al. Acute effects of static vs. ballistic stretching on strength and muscular fatigue between ballet dancers and resistance-trained women. *J Strength Cond Res.* 2016; 30(11):3220-27.
  12. Yu JI, Cho YH, Seo TB. Effect of various recovery methods on maximum strength, Lactate Clearance Rate and Performance in Sports Climber. *J Korean Soc Wellness.* 2020; 15(3):535-46.
  13. Saleh MA, Abdul-Rahman RS, Haggag MG, Mamdouh KA. Balance and quality of life variations post achilles tenotomy versus conventional physical therapy. *Egypt J Hosp Med.* 2023; 91:4869-78.
  14. Sahoo PK, Sahu MM. Quantitative assessment of postural balance in patients with chronic anterior cruciate ligament injury-A controlled study. *J Clin Orthop Trauma.* 2021; 23-8.
  15. Gary Guerra, John D. Smith. Correlates of balance and aerobic indices in lower-limb prostheses users on arm crank exercise. *Sensors.* 2021; 21(20):6917.
  16. Sahoo PK, Sahu MM. Analysis of postural control following anterior cruciate ligament reconstruction with Ipsilateral peroneus longus tendon graft. *Malays Orthop J.* 2023; 17(1):133-41.
  17. Liaw MY, Chen CL, Pei YC, Leong CP, Lau YC. Comparison of the static and dynamic balance performance in young, middle-aged, and elderly healthy people. *Chang Gung Med J.* 2009; 32(3):297-304.
  18. Johnston RB, Howard ME, Cawley PW, Losse GM. Effect of lower extremity muscular fatigue on motor control performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30(12):1703-7.
  19. DiStefano L.J, Clark MA, Padua DA. Evidence supporting balance training in healthy individuals: A systemic review. *J Strength Cond Res.* 2009; 23(9):2718-31.
  20. Lida M, Adamantios A, Kiros K. Dynamic stability control in forward falls: Postural corrections after muscle fatigue in young and older adults. *Eur J Appl Pysiol.* 2008; 103(3):295-306.
  21. Turkmen OB, Ozyurek S, Genc A. Effects of acute lower limb and trunk fatigue on balance, performance, and skin temperature in healthy males. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2023; 23(2):215-22.
  22. Gribble PA, Hertel J. Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004; 85: 589-92.
  23. Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: Risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg.* 2000; 8:141-50.
  24. Shimpi AP, Kharkar SA, Talreja AA, Rairkar S. Effect of induced muscular fatigue on balance and core strength in normal individuals. *Indian J Physiother Occup Ther.* 2014; 8(3):182-87.
  25. Rodenburg JB, Steenbek D, Schiereck PP, Bar PR. Warm-up stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise. *Int J Sports Med.* 1994; 15:414-19.
  26. Novita SH, Aznan L, Ambrosius P, Diky SD. Influence of



- combination of weight training with sport massage on 200 meter runners. *J Med Sci.* 2018; 18(2):96-102.
27. Dariusz B, Sylwia S, Jakub GA, Dariusz B. Sports massage therapy on the reduction of delayed onset muscle soreness of the quadriceps femoris. *Hum Mov.* 2014; 15(4):234-37.
28. Back NS, Lee HK. Effects of whole-body sports massage treatment on cardio-pulmonary function during recovery. *Exerc Sci.* 1997; 6(2):135-42.
29. Ricotti L. Static and dynamic balance in young athletes. *J Hum Sport Exerc.* 2011; 6(4):616-28.
30. Palmieri RM, Ingersoll CD, Stone MB, Krause BA. Center of pressure parameters used in the assessment of postural control. *J Sports Rehab.* 2002; 11:51-66.