

발등 굽힘 제한이 있는 사람에게 장딴지근 신장운동과 발바닥 자가근막이완이 발등 굽힘 각도와 장딴지근 긴장도에 미치는 즉각적인 효과 비교

이지현[†] · 조정원
백석대학교 물리치료학과

A Comparative Study on the Immediate Effect of Performing Gastrocnemius Stretching with and without Myofascial Release of the Sole on Ankle Dorsiflexion Angles and Gastrocnemius Muscle Tone in Subjects with Limited Ankle Dorsiflexion

Ji-Hyun Lee, PT, PhD[†] · Jung-Won Cho, PT
Department of Physical Therapy, Baekseok University

Received: November 8 2021 / Revised: November 9 2021 / Accepted: December 10 2021

© 2022 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study compared the effect of performing gastrocnemius stretching with and without the self-myofascial release of the sole on the active and passive ankle dorsiflexion angles and muscle tone of the gastrocnemius muscle in subjects with short gastrocnemius muscle.

METHOD: A total of 23 subjects with short gastrocnemius muscles were included in this study. The study participants were divided into two experimental groups. Group A performed gastrocnemius muscle self-stretching exercises only, while group B performed self-myofascial release of the

sole using a massage ball after the gastrocnemius muscle self-stretching exercises. For both groups, the active and passive ankle dorsiflexion angles were measured using a goniometer, and the tone of the gastrocnemius muscle was assessed using the MyotonPRO®.

RESULTS: Within-group comparison showed that the participants in both groups A and B had significantly increased active and passive ankle dorsiflexion angles and decreased gastrocnemius muscle tone ($p < .05$) after performing their respective exercises. However, no significant differences in the said criteria were observed between groups A and B ($p > .05$).

CONCLUSION: The results of this study showed that both methods were effective in increasing active and passive dorsiflexion angles and decreasing muscle tone. Thus, it is recommended to tailor gastrocnemius stretching exercises according to the patient's condition. If the patient does not experience discomfort in the plantar fasciae, it is recommended

[†]Corresponding Author : Ji-Hyun Lee
jihyun.lee@bu.ac.kr, <http://orcid.org/0000-0002-9864-5485>

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.

to perform the gastrocnemius stretching exercise only without myofascial release and use a massage ball afterward.

Key Words: Ankle injuries, Joint flexibility, Range of motion, Soft tissue therapy

I. 서론

제한된 발등 굽힘(dorsiflexion)은 무릎넙다리통증증후군(Patellofemoral pain syndrome)[1], 종아리근육의 과도한 긴장[2], 아킬레스 건병증(Achilles tendinopathy), 종아리를 포함한 하지의 과사용 및 복합 만성 손상과 관련이 깊다[3]. 발등 굽힘이 제한된다면 보행 시 조기 발꿈치 들림으로 발허리뼈의 통증이 발생할 수 있으며 발의 압력 분포 변화로 균형 능력과 보행 패턴에도 문제가 발생하게 된다[4]. 발등 굽힘을 제한하는 원인은 발목관절 인대의 가동성 감소, 불충분한 목말뼈 뒤쪽 미끄러짐, 잦은 하이힐 착용 습관, 장딴지근(gastrocnemius)의 단축 등이다[5-7]. 이 중 장딴지근의 단축은 발등 굽힘을 제한하는 주요 원인으로 꼽힌다.

장딴지근 단축을 치료하는 대표적인 방법으로는 장딴지근의 정적 자가신장운동과 자가근막이완운동이 있다. 장딴지근의 정적 자가신장운동은 장딴지근을 직접적으로 늘려 스트레칭에 대한 내성을 증가시켜 발등 굽힘 관절가동범위를 증가시키는 방법으로 임상에서는 널리 사용되고 있다. 선행 연구를 살펴보면 발등 굽힘 제한이 있는 대상자에게 장딴지근 정적 자가신장운동을 5분간 시행한 결과 수동 발등 굽힘 각도는 유의하게 증가하였다[8]. 최근 임상에서는 조직의 유연성을 향상시키고, 관절가동범위를 회복시키기 위해 자가근막이완운동을 많이 이용하고 있다[9-10] 자가근막이완운동은 우리 몸 전반에 걸쳐 커다란 네트워크처럼 연결된 근막을 치료용 공과 폼롤러 등을 이용하여 조직을 이완시키는 방법이다. 선행 연구에 따르면 빠른 시간 내에 통증이 개선되는 효과가 있었으며 뒤넙다리근이 짧은 대상자에게 마사지 공을 이용하여 발바닥 자가근막이완운동을 실시하였을 때, 수동/능동 무릎 펴 각도가 향상됨을 보였다[11-12]. 인체를 네트워크처럼 연결

하는 근막경선(myofascial meridians)을 고려할 때, 발바닥 근막의 이완은 장딴지근의 이완을 가져올 수도 있을 것이다. 하지만 현재까지 발바닥근막의 이완이 장딴지근의 근긴장도 및 발등 굽힘 각도에 미치는 영향에 대한 연구는 없었다. 따라서 본 연구에서는 장딴지근 신장운동에 발바닥 자가근막이완을 추가했을 때 발목관절 발등 굽힘 각도와 장딴지근의 근 긴장도에 미치는 즉각적인 변화를 알아보려 하였다.

본 연구의 목적은 (1) 장딴지근 신장운동만 적용한 군과 장딴지근 자가신장운동후 발바닥 자가근막이완을 추가한 군의 발목관절 발등 굽힘 각도와 장딴지근의 근 긴장도 변화를 알아보고, (2) 두 군간 차이를 비교하고자 하였다. 본 연구의 가설은 다음과 같다. (1) 중재 전과 비교하여 중재 후에 두 군 모두에서 발목관절의 발등 굽힘 각도는 증가할 것이며, 장딴지근의 근 긴장도는 감소할 것이다. (2) 장딴지근 신장운동 군과 비교했을 때, 장딴지근 신장운동과 발바닥 자가근막이완운동 혼합군의 발목관절의 발등 굽힘 각도는 유의하게 증가할 것이며, 장딴지근의 근 긴장도는 감소할 것이다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구 대상자는 충남 천안시에 소재한 B 대학교에 재학 중인 건강한 성인 남성 15명, 여성 8명으로 총 23명이 참여하였다. 대상자 선정 기준은 엎드려 누운 자세에서 무릎을 펴고, 발목관절의 수동 발등 굽힘 각도가 10° 미만인 자로 선정하였으며[8, 13], 양쪽 발목의 각도를 모두 측정하였을 때 수동 발등 굽힘 각도가 1도라도 작은 쪽을 최종 측정 측으로 선정하였다(오른쪽 12명, 왼쪽 11명). 총 23명의 참가자는 장딴지근 신장운동만 적용한 군 12명과 장딴지근 자가신장운동후 발바닥 자가근막이완을 적용한 군 11명으로 배정되었다. 대상자가 지난 1년 이내에 발목을 포함하여 허리와 하지에 수술 이력 및 외상, 하지 근력에 이상, 허리 또는 하지에 신경학적 및 근골격계 질환이 있을 때 본 연구에서 제외하였다. 또한 선정된 연구 대상자 중에서 본 연구의 진행 방법에 동의하지 않는 자도 연구에서 제외

Table 1. General Characteristics

Variable	GCM self-stretching Alone Group	Self-myofascial Release of the Sole after GCM Stretching Group
Age (yrs.)	22.41 ± 1.44 ^a	22.36 ± 1.50
Height (cm)	169.91 ± 8.27	168.54 ± 7.10
Weight (kg)	69.41 ± 17.20	67.63 ± 16.84
Passive dorsiflexion angles (°)	5.83 ± 1.99	6.72 ± 2.00
Active dorsiflexion angles (°)	8.75 ± 3.51	10.18 ± 4.60
Medial GCM Muscle tone (N/m)	18.16 ± 3.52	17.97 ± 3.36
Lateral GCM Muscle tone (N/m)	17.47 ± 3.11	17.35 ± 3.23

^aMean ± standard deviation, GCM: Gastrocnemius muscle

시켰다. 책임연구자는 실험 전 모든 연구 대상자에게 실험에 대한 전반적인 진행사항을 설명하였고, 연구 참여에 동의를 얻은 후 본 실험을 진행하였다. 이 연구는 연구 시작 전 백석대학교 기관생명윤리위원회에서 승인을 받았으며(BUIRB-202108-HR-030) 대상자들의 일반적인 특성은 Table 1과 같았다.

2. 연구 절차

발등 굽힘 각도 제한을 알아보기 위해, 엎드려 누운 자세에서 수동 발등 굽힘 각도를 측정하였다. 대상자의 일반적인 특성에 대해 알아보기 위해 나이를 물어본 후, 키, 몸무게를 측정하고, 수동/능동 발등 굽힘 각도와 장딴지근의 근 긴장도 순으로 사전 측정을 진행하였다. 이후 무작위 할당을 위해 각 중재 방법이 적힌 종이를 한 장씩 뽑게 하였다. 이 과정을 통해 장딴지근 신장운동만 적용한 군과 장딴지근 신장운동 후 마사지 공을 이용한 발바닥 자가근막이완을 적용한 군으로 배정되었다. 장딴지근 신장운동은 30초 신장 후 10초간 휴식을 1세트로 총 5세트를 실시하였다. 발바닥 자가근막이완은 30초씩 유지, 30초 휴식을 1세트로, 총 4세트 실시하였다. 장딴지근 자가신장운동 후 발바닥 자가근막이완을 적용한 군은 장딴지근 신장운동이 완료되는 즉시 발바닥 자가근막이완을 실시하였다. 모든 중재가 끝나면 휴식시간 없이 사전 측정과 같은 순서로 사후 측정을 시행하였다.

3. 측정 방법

1) 발목관절의 수동/능동 발등 굽힘 각도 측정
 발목관절의 발등 굽힘 각도를 측정하기 위해 관절 각도계(GONIOMETER, FABRICATION ENTERPRISES Inc, USA)를 사용하였다. 먼저 발목관절의 수동 발등 굽힘 각도를 측정하기 위해 대상자는 엎드려 누운 자세를 취하고, 무릎관절은 펴고 발목관절의 움직임 제한이 없도록 발목관절을 침대 끝 바깥쪽에 위치시켰다[14]. 각도계의 축은 종아리뼈 가쪽 복사뼈에 맞추고, 고정 팔과 움직임 팔은 종아리뼈 머리와 다섯 번째 발허리뼈와 평행하도록 위치시켰다[8]. 각도계는 발목관절이 90도를 이루었을 때를 0도로 설정하였다. 연구자는 한 손으로 각도계를 잡고, 다른 한 손으로는 목말밑관절 위치를 중립으로 유지한 채 더 이상의 움직임이 일어나지 않을 때까지 대상자의 발바닥을 발등 굽힘 방향으로 밀었다[15]. 3회 반복 측정하여 그 평균값을 사용하였으며, 중재 전후 동일한 방법으로 동일한 검사자가 측정하였다. 각도계를 이용한 발목관절 수동 발등 굽힘 각도 측정방법은 평가자내 급간 내 상관계수(intraclass correlation coefficient)가 .91-.92, 평가자간 급간 내 상관계수가 .91-.92로 신뢰할만한 방법이다[16]. 발목관절의 능동 발등 굽힘 각도를 측정하기 위해 대상자는 바로 누운 자세를 취하고, 넙다리뼈의 먼쪽 부분을 벨트로 고정하여 넙다리뼈와 무릎관절의 불필요한 움직임을 제한하였다. 각도계의 위치는 수동 발등 굽힘 각도 측



Fig. 1. Measurement of gastrocnemius muscle tone.

정과 동일하게 위치시켰다. “발을 발등 쪽으로 힘껏 당기세요”라는 지시와 함께 대상자는 능동적으로 발등 굽힘을 실시하였고, 연구자는 각도를 측정하였다. 3회 반복 측정하여 그 평균값을 사용하였으며, 중재 전후 동일한 방법으로 동일한 검사자가 측정을 진행하였다 [17].

2) 장딴지근의 근 긴장도

장딴지근의 근 긴장도 측정을 위해 근 긴장도 검사기 (MYOTONPRO, MYOTON AS, Tallinn, Estonia)를 사용하였다. 대상자는 완전히 이완된 상태로 치료대 위에 엎드려 눕게 하고, 무릎관절을 펴고 발목관절의 움직임을 제한하지 않도록 발목관절을 침대 끝 바깥쪽에 위치시켰다. 안쪽과 가쪽 장딴지근의 가장 높은 부분을 검정색 펜으로 표시한 후, 측정 도자를 피부에 수직으로 놓고, 장딴지근의 근 긴장도를 측정하였다. 2번 측정하고, 그 평균값을 통계 분석에 사용하였다[18] (Fig. 1).

4. 중재 방법

1) 장딴지근 자가신장운동

대상자는 벽 앞에 선 다음, 어깨높이에서 팔꿈치를 편 채 평평한 벽을 향해 두 팔을 뻗고, 손바닥을 벽에 댄다. 신장하고자 하는 부위의 다리를 뒤에 위치시키고, 반대쪽 다리는 신장하고자 하는 발의 앞에 위치시켜 무릎을 구부리는 자세를 취하였다. 중립적인 발 위치 유지를 위해 두 번째 발가락과 발꿈치 중앙을 하나의



Fig. 2. Self-myofascial release of the sole.

선 위에 두게 하였다. 대상자는 무릎을 완전히 편한 채 발꿈치는 바닥에서 떨어지지 않도록 주의하며 장딴지근의 신장이 느껴질 때까지 앞쪽 무릎관절을 굽힘하였다. 30초씩 유지, 휴식 10초를 1세트로, 5세트 실시하였다[19].

2) 마사지 공을 이용한 발바닥 자가근막이완

발바닥 자가근막이완을 위하여 지름 6cm인 플라스틱 재질의 마사지 볼(MASSAGE BALL MELKINSPOITS, China)을 사용하였다. 근막 이완을 시키고자 하는 발바닥 아래에 마사지 공을 두고, 반대쪽 발은 평평한 바닥에 두어 선 자세를 유지할 수 있도록 하였다. 이후 마사지 공을 발꿈치부터 발허리뼈까지 발바닥근막의 주행방향대로 밀고 당기면서 체중에 의한 압력을 통해 근막이 이완되도록 하였다. 치료 강도는 최대한 체중을 싣도록 하였고, 아프지는 않지만 불편함을 느끼는 정도로 유지하였다. 총 치료 시간은 30초 유지, 30초 휴식을 1세트로 총 4세트 실시하였다[20] (Fig. 2).

5. 통계 분석

Windows 용 SPSS(ver. 18.0, SPSS, Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 모든 통계 분석을 실시하였다. 정규성 검정은 Kolmogorov-Smirnov 검정을 사용하여 수행되었으며 데이터는 정규 분포를 하기에 모수검정방법을 사용하였다. 각 중재 방법에 따른 발목관절 발등 굽힘과 근 긴장도의 중재 전후 유의성을 검정하기 위해 대응표본 T-검정(Paired t-test)을 사용하였고, 두 군간

Table 2. Comparisons of Dependent Variables between Pre-and Post-intervention in the Gastrocnemius Self-stretching Alone Group

Variables	Pre	Post	Differences	t	p
DF PROM (°)	5.83 ± 1.99 ^a	11.33 ± 3.20	5.50 ± 2.46	7.720	.000*
DF AROM (°)	8.75 ± 3.51	13.75 ± 3.41	5.00 ± 3.35	5.159	.000*
MGCM Muscle tone (N/m)	18.16 ± 3.52	17.01 ± 3.02	1.15 ± 1.57	2.534	.028*
LGCM Muscle tone (N/m)	17.47 ± 3.11	16.13 ± 2.47	1.34 ± 1.18	3.912	.002*

^aMean ± standard deviation

*Indicates a significant difference between pre and post-intervention (p < .05)

Abbreviations: DF PROM: ankle dorsiflexion passive range of motion, DF AROM: ankle dorsiflexion active range of motion, MGCM: medial gastrocnemius, LGCM: lateral gastrocnemius

Table 3. Comparisons of Dependent Variables between Pre-and Post-intervention in the Self-myofascial Release of the Sole Afterward in the Gastrocnemius Self-stretching Exercise Group

Variables	Pre	Post	Differences	t	p
DF PROM (°)	6.72 ± 2.00 ^a	14.09 ± 2.11	7.36 ± 2.06	11.840	.000*
DF AROM (°)	10.18 ± 4.60	15.90 ± 5.06	5.72 ± 2.64	7.171	.000*
MGCM Muscle tone (N/m)	17.97 ± 3.36	16.97 ± 2.63	1.00 ± 1.22	2.710	.022*
LGCM Muscle tone (N/m)	17.35 ± 3.23	16.19 ± 2.79	1.16 ± 1.29	2.979	.014*

^aMean±standard deviation

*Indicates a significant difference between pre and post-intervention (p < .05)

DF PROM: ankle dorsiflexion passive range of motion, DF AROM: ankle dorsiflexion active range of motion, MGCM: medial gastrocnemius, LGCM: lateral gastrocnemius

중재 전후 차이 값을 비교하기 위해 독립표본 T-검정 (Independent t-test)을 사용하였다. 통계적 유의성을 검증하기 위한 유의 수준은 .05로 정하였다.

후 발바닥 자가근막이완을 실시한 군 사이에는 유의한 차이가 없었다(p>.05).

III. 결과

1. 중재 전후 비교

장딴지근 신장운동만 적용한 군과 장딴지근 자가신장운동 후 발바닥 자가근막이완을 실시한 군 모두에서 수동/능동 발등 굽힘 각도는 유의하게 증가하였으며 장딴지근의 근 긴장도는 유의하게 감소하였다(p < .05). 결과는 Table 2, 3와 같았다.

2. 두 군간의 비교

두 군간 중재 전후 차이 값을 비교한 결과, 장딴지근 자가신장운동만 적용한 군과 장딴지근 자가신장운동

IV. 고찰

본 연구는 발등 굽힘 제한이 있는 대상자에게 장딴지근 신장운동만 적용한 군과 장딴지근 자가신장운동 후 발바닥 자가근막이완을 적용한 군의 발목관절 수동/능동 발등 굽힘 각도와 장딴지근의 근 긴장도의 중재 전후 변화를 알아보고, 두 군간 차이를 비교하였다

장딴지근 신장운동만 적용한 군과 발바닥 자가근막이완 혼합군 모두에서 수동 발등 굽힘 각도는 유의하게 증가하였고(변화량: 94.34%, 109.52%), 장딴지근의 근 긴장도는 유의하게 감소하였다. Škarabot 등[21]의 연구에서도 장딴지근 자가신장운동을 실시한 후 발목관절의 발등 굽힘 수동관절가동범위가 유의하게 증가하였

으며 Kang 등[22]의 연구에서도 장딴지근 자기신장운동 후 발목관절의 발등 굽힘 수동관절가동범위가 유의하게 증가하였다. 이와 같은 결과가 나온 이유는 다음과 같이 설명할 수 있다. 첫째, 장딴지근이 신장될 때 결합조직 및 근섬유의 점탄성은 증가하게 된다. 증가된 점탄성은 근긴장도를 감소시키고, 결국 발목관절의 발등 굽힘 시 저항의 감소로 발등 굽힘 각도를 증가시켰을 것이다. 둘째, 장딴지근의 자기신장운동은 해당 근육의 골지건기관을 자극하게 된다. 이러한 자극은 자가 억제 (autogenic inhibition) 기전을 유발하게 되고, 장딴지근의 운동단위 흥분이 감소함에 따라 근 긴장도는 감소하였고, 발등 굽힘 각도는 증가하였을 것이다[23].

장딴지근 신장운동과 발바닥 자가근막이완 혼합군에서 수동 발등굽힘 각도는 33.82%, 능동 발등굽힘 각도는 14.4% 증가하는 양상을 보였으나 두 군간에 통계학적인 차이는 없었다. Kim과 Lee [12]에서는 뒤넙다리근이 짧은 대상자에게 마사지 공을 이용하여 발바닥 자가근막이완운동을 실시하였을 때, 수동/능동 무릎 펴 각도는 유의하게 증가하였다. 또다른 연구에서 건강한 성인의 발바닥근막에 폼롤러를 5분간 시행한 후 허리 숙여 손 뺀기 검사 값과 수동적인 뺀은 다리 올림 (passive straight leg raise) 값이 유의하게 증가하였다 [24]. 하지만 Johanson 등[16]의 연구에서는 건강한 성인에게 폼롤러를 이용한 뒤넙다리근 자가근막이완과 라크로스 공을 이용한 발바닥 자가근막이완, 그리고 두 방법을 모두 적용한 경우를 비교했을 때, 세 중재 방법 사이에 유의한 차이가 없었다. 선행연구에서도 발바닥 자가근막이완의 효과는 논란의 여지가 있었다. 본 연구의 가설과 결과가 다른 이유는 다음과 같이 설명할 수 있다. 첫째, 장딴지근 자기신장운동 시 발바닥은 바닥에 고정된 상태로 함께 늘어난다. 따라서 추가적인 발바닥 근막 이완 없이도 발바닥근막은 충분히 이완될 수 있었을 것이다. 둘째, 본 연구의 결과를 보면 장딴지근 신장운동만 적용한 군의 발등 굽힘 각도는 이미 10도를 넘어 정상적인 관절가동범위로 회복되었다. 따라서 추가적인 발바닥근막 이완은 필요하지 않았을 것이다. 본 연구의 결과를 정리하면 두 방법 모두 발등 굽힘 제한이 있는 대상자에게 발등 굽힘 각도 증진과 장딴지

근의 근 긴장도 감소를 위해 유용한 방법이다. 하지만 환자가 발바닥근막에 불편함을 호소하지 않는다면 장딴지근 신장운동만으로도 발목관절의 발등 굽힘 각도의 향상과 장딴지근의 근 긴장도의 감소 효과를 가져올 수 있을 것이다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 연구 대상자가 젊은 성인에 국한되어있기 때문에 연구 결과를 모든 연령에 일반화하기에 무리가 있다. 따라서 향후 연구에서는 다양한 연령층을 대상으로 한 연구가 이루어져야 할 것이다. 둘째, 본 연구는 장딴지근 스트레칭과 발바닥근막 이완의 즉각적인 효과만을 조사하였다. 추후 연구에서는 장기적인 효과는 물론 중재 효과의 지속성에 대한 연구가 진행된다면 더 의미 있는 연구가 될 것이다. 셋째, 본 연구 대상자는 발바닥은 물론 하지의 통증이 없는 자로 선정하였다. 만약 발바닥 통증이나 불편감이 있었다면 연구 결과는 달라졌을 수도 있다. 따라서 추후 연구에서는 발등 굽힘 제한이 있고, 발바닥 통증이나 불편감이 있는 대상자에게 발바닥근막이완을 추가하였을 때 효과를 알아보기를 추천한다. 넷째, 본 연구의 설계를 보면 장딴지근 신장운동만 적용한 군과 비교해 발바닥 자가근막이완운동 혼합군은 상대적으로 중재 적용 시간이 길었다. 중재 시간만으로도 자가근막이완운동 혼합군이 상대적으로 좋은 결과가 나올 것이라고 예상할 수 있다. 따라서 추후 연구에서는 모든 군의 중재 적용 조건을 동일하게 설정하여 연구에 대한 신뢰성을 높여야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 장딴지근 신장운동만 적용한 군과 장딴지근 자기신장운동과 발바닥 자가근막이완 혼합군의 발목관절 발등 굽힘 각도와 장딴지근의 근 긴장도의 변화를 알아보고, 두 군간 차이를 비교하였다. 그 결과 두 군 모두 중재 후에 발등 굽힘 각도와 장딴지근 근 긴장도의 개선 효과를 보였으나 두 군 간에는 유의한 차이가 없었다. 따라서 발등굽힘 제한이 있는 환자에게 발등 굽힘 각도 증진 및 장딴지근의 근 긴장도 감소를 위해 장딴지근 신장운동만으로도 효과적일 수 있음을 시사하는 바이다.

Acknowledgements

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2021R1G1A1093552).

References

- [1] Lun V, Meeuwisse W, Stergiou P, et al. Relation between running injury and static lower limb alignment in recreational runners. *Br J Sports Med.* 2004;38(5):576-80.
- [2] Radford JA, Burns J, Buchbinder R, et al. Does stretching increase ankle dorsiflexion range of motion? A systematic review. *Br J Sports Med.* 2006;40(10):870-5.
- [3] Wilder RP, Sethi S. Overuse injuries: tendinopathies, stress fractures, compartment syndrome, and shin splints. *Clin Sports Med.* 2004;23(1):55-81.
- [4] Kuzma SA, McNeil SP. A comparison of prostretch® versus incline board stretching on active ankle dorsiflexion range of motion. *UW-L Journal of Undergraduate Research.* 2005;8:1.
- [5] Denegar CR, Hertel J, Fonseca J. The effect of lateral ankle sprain on dorsiflexion range of motion, posterior talar glide, and joint laxity. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2002;32(4):166-73.
- [6] Son JS, Choi HS, Hwang SJ, et al. Changes of muscle length and roll-over characteristics during high-heel walking. *Journal of the Korean society for precision engineering.* 2007;24(12):29-35.
- [7] Sahmann S, Azevedo DC, Van Dillen L. Diagnosis and treatment of movement system impairment syndromes. *Braz J Phys Ther.* 2017;21(6):391-9.
- [8] Kang MH, Oh JS, Kwon OY, et al. Immediate combined effect of gastrocnemius stretching and sustained talocrural joint mobilization in individuals with limited ankle dorsiflexion: A randomized controlled trial. *Man Ther.* 2015;20(6):827-34.
- [9] Robertson M. Self-myofascial release purpose, methods and techniques. *Robertson training systems.* 2008.
- [10] Park S, Kim JY. Comparison of the effect of the fascial distortion model, foam rolling and self-stretching on the ankle dorsiflexion range of motion. *J Kor Phys Ther.* 2020;32(4):238-44.
- [11] Myers T. *Anatomy trains and force transmission, in fascia: the tensional network of the human body.* Amsterdam. Elsevier. Netherlands. 2012.
- [12] Kim GW, Lee JH. Hamstring Foam Roller release and Sole Self Myofascial Release for Improving Hamstring Muscles Flexibility in Participants with Hamstring Shortness. *J Korean Soc Phys Med.* 2020;15(4):1-9.
- [13] Dinh N, Freeman H, Granger J, et al. Calf stretching in non-weight bearing versus weight bearing. *Int J Sports Med.* 2011;32(03):205-10.
- [14] Norkin CC, White DJ. *Measurement of joint motion: a guide to goniometry (5th edition).* Philadelphia. FA Davis Company. USA. 2016.
- [15] Park JS, Yang NY, Kwon OY. The relationship between passive ankle dorsiflexion with a non-weight bearing condition and the performance of the dynamic balance test. *Physical Therapy Korea.* 2015;22(1):30-6.
- [16] Johanson M, Baer J, Hovermale H, et al. Subtalar joint position during gastrocnemius stretching and ankle dorsiflexion range of motion. *J Athl Train.* 2008;43(2):172-8.
- [17] Lee JH, Lee JH, Min DK, et al. Effect of the instrument assisted soft tissue mobilization and static stretching on the range of motion and plantar foot pressure of an ankle joint. *J Korean Acad Orthop Man Physi Ther.* 2017;23(2):27-32.
- [18] Um GM, Wang JS, Park SE. An analysis on muscle tone of lower limb muscles on flexible flat foot. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(10):3089-92.
- [19] Gajdosik RL, Vander Linden DW, McNair PJ, et al. Effects of an eight-week stretching program on the passive-elastic properties and function of the calf muscles of older women. *Clin Biomech (Bristol, Avon).*

- 2005;20(9):973-83.
- [20] Williams W, Selkow NM. Self-myofascial release of the superficial back line improves sit-and-reach distance. *J Sport Rehabil.* 2019;29(4):400-4.
- [21] Škarabot J, Beardsley C, Štirn I. Comparing the effects of self-myofascial release with static stretching on ankle range-of-motion in adolescent athletes. *Int J Sports Phys Ther.* 2015;10(2):203.
- [22] Kang MH, Lee DK, Kim SY, et al. The influence of gastrocnemius stretching combined with joint mobilization on weight-bearing ankle dorsiflexion passive range of motion. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(5):1317-8.
- [23] Simons DG, Travell J, Simons L. Myofascial pain and dysfunction: the trigger point manual. Volume 1. Upper half of body. London. Williams and Wilkins. United Kingdom. 1999.
- [24] Do K, Kim J, Yim J. Acute effect of self-myofascial release using a foam roller on the plantar fascia on hamstring and lumbar spine superficial back line flexibility. *Phys Ther Rehabil Sci.* 2018;7(1):35-40.