

A Comparative Study on Gender Differences in the Effects of Self-myofascial Release Using a Foam Roller on Soft Tissue Stiffness and Joint Range of Motion

Se-Young Seon^{1,*}, Kwang-Jin Lee^{2,*}, Keun-Ok An^{3,**}

¹ Department of Leisure Sports, Seowon University, Cheongju, Republic of Korea

² Center for Sports Science in Chungbuk, Republic of Korea

³ Department of Sports Medicine, Korea National University of Transportation, Chungju, Republic of Korea

Received: April 16, 2024

Accepted: April 23, 2024

Published online: April 30, 2024

Keywords:

Gender Differences
Range of Motion
Self-myofascial Release
Soft Tissue Stiffness



ABSTRACT

OBJECTIVES The purpose of this study was to conduct a comparative analysis of gender differences in the acute effects of self-myofascial release (SMFR) using a foam roller on soft tissue stiffness and range of motion (ROM).

METHODS Twenty-four participants, comprising 12 men and 12 women, were recruited from the M Exercise Center in Seoul. Soft tissue stiffness and ROM were measured before and after SMFR treatment to assess its acute effects.

RESULTS Following SMFR application, no significant differences were observed in soft tissue stiffness or joint ROM among female participants. However, significant differences were observed in the male group regarding the range of motion (ROM) of plantar flexion in the prone position ($p=.023$) and dorsiflexion in the supine position ($p=.001$), as well as plantar flexion ($p=.023$). Covariance analysis comparing gender differences revealed significant variations between groups in the achilles tendon ($p=.033$) and medial side of the gastrocnemius muscle ($p=.032$). Apart from these findings, no significant differences were observed between genders in soft tissue stiffness and joint ROM.

CONCLUSIONS Thus, two sets of 30-second SMFR sessions can be deemed sufficiently effective for increasing ankle joint ROM in males. However, further research is warranted to extend these findings to females. Given the inconclusive results regarding soft tissue stiffness across genders, future studies should explore this phenomenon with larger sample sizes.

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

서론

연부조직의 강직도(stiffness)는 통증 및 신체 컨디션과 운동수행력에도 영향을 미칠 수 있는 기계적 특징 중 하나이다[1]. Mesaki et al. [2]이 보고한 연구에 의하면 심부 연

부조직의 높은 강직도는 요통(low back pain)과 상관관계가 있다고 보고하였으며, Kuo et al. [3]은 위등세모근(upper trapezius)의 높은 강직도와 만성 목 통증간 상관관계를 보고하기도 하였다.

선행연구에서는 연부조직의 강직도가 증가하면 해당 관절의 운동범위(ROM, range of motion)가 감소하고 이로 인해 급성 및 과사용 등 모든 손상 위험이 증가하는 것으로 나타났다[4,5]. 이러한 결과를 뒷받침하듯 많은 선행연구에서는 연부조직의 강직도와 고강도의 신체활동 중 발생하는 운동손상과 양(+)의 상관관계가 있다고 보고되고 있다[6-8].

*These authors contributed equally to conduct of the studies

**Correspondence: An, Keun-Ok, Department of Sports Medicine, Korea National University of Transportation, 50, Daehak-ro, Chungju-si, Chungcheongbuk-do, Republic of Korea; Tel: +82-43-841-5995; Fax: +82-43-841-5990; E-mail: koan@ut.ac.kr

ORCID Se-Young Seon <http://orcid.org/0000-0003-2494-632X>

ORCID Kwang-Jin Lee <http://orcid.org/0000-0002-5065-2424>

ORCID Keun-Ok An <http://orcid.org/0000-0001-6792-3617>



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.

한편, 연부조직의 강직도와 운동수행력의 상관관계를 조사한 선행연구에 의하면 근육과 힘줄에서는 서로 상반된 결과들이 존재한다. 예를 들면, Kubo et al. [9]은 장딴지근(gastrocnemius)과 가자미근(soleus)의 강직도가 낮을수록 단거리 전력질주 수행력이 높아진다고 주장하였으며, Morales & Guilhem [10]은 사이클과 폼롤러를 활용한 준비운동이 뒤넙다리근(hamstring)의 강직도를 감소시켜 운동수행력이 향상될 수 있는 생리적 조건이 형성된다고 주장하였다. 그러나, 이와는 대조적으로 Foure & Cornu [11]이 보고한 연구에서는 19세 남성들에게 14주간 플라이오메트릭 훈련을 적용한 결과 발꿈치 힘줄(achilles tendon)의 강직도가 증가하였으며 이로 인해 수직 점프 능력이 향상되었다고 주장하였다. 또한, Seon et al. [12]은 K7 축구선수들을 대상으로 실험을 진행한 결과 발꿈치 힘줄의 강직도가 높을수록 단거리 전력질주 및 수직 점프 능력이 뛰어난 것으로 보고하였다. 연부조직의 강직도와 운동수행력간의 관계를 분석한 선행연구에 따르면 근육의 연부조직 강직도는 감소할수록, 힘줄의 강직도는 증가할수록 운동수행력이 높아지는 것을 알 수 있다.

연부조직의 강직도를 감소시키기 방법 중 하나로 폼롤러를 활용한 자가근막이완(SMFR, self-myofascial release)이 활용되고 있다[13]. 폼롤러를 활용한 SMFR은 비용이 저렴하고 누구나 손쉽게 사용이 가능하여 현장적용성이 뛰어난 방법 중 하나로 알려져 있다[14].

Baumgart et al. [13]은 넙다리네갈래근(quadriceps)에 SMFR을 적용한 결과 근육의 강직도가 감소한 결과를 보고하였으며, Chang et al. [1]은 폼롤러를 활용한 SMFR이 장딴지근의 강직도를 크게 감소시켰으며, 그로 인해 발목관절의 발등 굽힘(dorsi flexion) ROM이 증가하였다고 보고하였다. 특히, 이 연구에서는 운동수행력에 중요한 발꿈치 힘줄의 강직도는 SMFR 적용 후 변화가 관찰되지 않아 폼롤러를 활용한 SMFR이 근육의 강직도는 감소시키면서 운동수행력은 감소시키지 않을 수 있다는 개연성을 주장하였다. 이러한 주장과 동일하게 D'Amico et al. [15]이 보고한 연구에서는 SMFR이 민첩성(agility)을 회복하는데 도움을 준다고 보고하였으며, Richman & Nicks [16]는 SMFR 적용 후 스쿼트 점프와 반동 수직 점프 모두 향상되었다고 보고하였다.

전술한 바와 같이 연부조직의 강직도는 ROM에 영향을 미치는 것으로 파악되며, 근육의 강직도가 증가함에 따라 감소된 ROM은 부상과 상관관계가 있는 것으로 나타났

다. ROM제한을 완화하기 위해 근육의 강직도를 감소시키는 반면, 운동수행력이 감소되지 않도록 힘줄의 강직도는 유지시켜줄 필요성이 있다. 살펴본 선행연구에 따르면 폼롤러를 활용한 SMFR은 이러한 2가지의 요구조건을 충족시켜 줄 간단하고 손쉬운 방법이지만 성차에 따라 효과를 검증한 연구는 매우 부족한 실정이다. 현재 Nakamura et al. [17]의 연구만이 롤러 마사지 후 성차비교연구를 진행하였으며, ROM에 대한 효과만을 보고하였다. 현재 SMFR 또는 마사지와 같은 중재 후 연부조직의 강직도 및 ROM과 관련된 성차비교연구는 전무하다. 성차에 의한 연부조직의 강직도는 신체 구조 및 호르몬 등의 특이성에 의해 다르며[18], SMFR 적용 후 나타나는 급성 효과도 다를 것이다. 그러므로 본 연구의 목적은 폼롤러를 활용한 SMFR이 발목관절 주위 연부조직의 강직도 및 ROM에 미치는 급성효과에 대한 성차비교를 실시하여 현장에서 활용되는 SMFR에 대한 기초자료를 제공하는 것이다.

연구방법

1. 연구대상

이 연구의 연구대상은 서울 소재 M 운동센터에 다니는 건강한 성인 남자 12명, 여자12명 총24명을 대상자로 선정하였다. 실험 전 모든 대상자에게 실험 목적 및 과정, 실험 참여로 인해 발생하는 이익과 위험에 대해 충분히 설명한 후 동의서에 자발적 서명을 받아 실험을 진행하였다. 부상으로 인해 ROM에 영향이 있을 수 있는 대상자는 실험에서 제외하였다. 연구 대상자의 신체적 특징은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Physical characteristics of the subjects.

	Age (yr)	Height (m)	Weight (kg)
Total (n=24)	29.46 ± 5.07	170.00 ± 9.69	69.53 ± 17.95
Female (n=12)	27.67 ± 5.26	161.25 ± 3.62	54.48 ± 6.20
Male (n=12)	31.25 ± 4.37	178.75 ± 4.03	84.58 ± 11.87

Values are means ± SD.

2. 측정절차

이 연구는 폼롤러를 이용한 SMFR의 성차에 대한 효과를 알아보기 위해 두 그룹 모두 사전·사후 검사를 실시하였다. 실험결과에 영향을 미칠 수 있는 요인을 제거하기 위해 측정 30분 전 커피섭취와 신체활동을 제한하고 실험을 시작하였다. 먼저 엎드린 자세(prone position)에서 발목관

절 주위 대표적 연부조직인 장딴지근의 내측과 외측, 발꿈치 힘줄, 가자미근의 강직도를 측정하였다. 강직도 측정 후 그대로 엎드린 자세에서 무릎관절을 90° 굴곡한 후 발목관절의 발등 굽힘과 발바닥 굽힘의 ROM을 측정하였으며, 누운 자세(supine position)에서 다시 한번 발목관절의 발등 굽힘과 발바닥 굽힘의 ROM을 측정하였다. 그 후 장딴지근과 가자미근 전체에 폼롤러를 활용하여 SMFR을 각각 30초씩 1분간 적용하였으며, 급성효과를 알아보기 위해 즉시 다시 한번 SFMR적용 전 실시한 강직도 검사와 ROM검사를 동일한 방법으로 측정하였다. 측정은 대상자의 주축발에만 한정하여 실시하였다.

3. 측정방법 및 측정도구

1) 강직도

연부조직의 강직도를 측정하기 위해 근 긴장도 측정기(myotonpro, myoton AS, Estonia)를 사용하였다(Figure 1). 근 긴장도 측정기는 건 및 근육 등의 연부 조직의 강직도를 비 침습적 방법 및 정량적으로 측정하는데 적합한 장비로 보고되고 있다[19]. 대상자는 엎드린 자세에서 측정하였으며, 측정자는 장딴지근과 가자미근, 발꿈치 힘줄에 사전 표시된 측정지점을 측정하였다. 근 긴장도 측정기의 probe를 수직으로 정렬 시킨 후 피부를 가볍게 압박하여 녹색불이 켜진 상태에서 측정하였다. 측정 중 오차범위가 3% 이상일 경우 자료를 삭제하고 재 측정하였다[20].



Figure 1. Myotonpro.

2) 관절운동범위

발목관절의 운동범위는 ROM측정에 사용되는 신체각도 측정기(goniometer)를 사용하여 측정하였다. 발목관절의 발등 굽힘과 발바닥 굽힘의 ROM측정을 위해 엎드린 자세

(prone position)와 누운 자세(supine position)에서 측정하였다. 엎드린 자세에서는 무릎관절을 90°로 굽힘 한 후 측정하였으며, 누운 자세에서는 무릎관절을 펴 한 상태에서 능동적으로 측정하였다. 측정자는 종아리뼈와 외측 복사뼈 중앙, 다섯번째 발허리뼈에 각각 선을 그은 다음 측정하였다.

3) 자가근막이완

자가근막이완(SMFR, self myofascial release)은 폼롤러를 활용하여 실시하였다. SMFR은 연부조직의 강직도를 측정할 부위인 주축발의 장딴지근 및 가자미근에 적용하였다. 선행연구[21,22]와 같이 폼롤러를 장딴지근과 가자미근 부위 중앙에 올려 놓은 후 체중을 이용하여 압박 및 구르기(rolling)를 하였으며, 주관적 통증 자각도 기준 6~7 정도의 강도로 압박하여 각 부위에 30초씩 2세트 총 1분동안 실시하였다[23].

4. 자료처리

이 연구의 자료처리는 SPSS 24.0(SPSS inc., Chicago, IL, USA)프로그램을 사용하여 기술통계치를 산출하였다. 변인에 대한 사전·사후 차이를 알아보기 위해 집단별로 대응 T검정을 실시하였으며, 남·녀 집단간 사전·사후의 강직도 및 ROM에 SMFR이 미치는 영향을 알아보기 위해 공분산분석을 실시하였다. 통계적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

연구 결과

1. 여자집단의 SMFR 급성효과

SMFR 적용 전과 후 여자집단의 강직도와 ROM 변화의 결과는 <Table 2>와 같다. 여자집단의 발꿈치 힘줄($p=.443$), 장딴지근의 외측($p=.228$), 내측($p=.070$) 및 가자미근($p=.362$)의 강직도에서는 SMFR 적용 전과 후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 여자집단의 엎드린 자세의 발등 굽힘($p=.351$), 발바닥 굽힘($p=.832$) 및 누운 자세에서의 발등 굽힘($p=.265$), 발바닥 굽힘($p=.161$)의 ROM에서 SMFR 적용 전과 후에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

2. 남자집단의 SMFR 급성효과

SMFR 적용 전과 후 남자집단의 강직도와 ROM의 변화의 결과는 <Table 3>와 같다. 남자집단의 발꿈치 힘줄($p=.279$), 장딴지근의 외측($p=.470$), 내측($p=.260$) 및 가자미근($p=.685$)의 강직도에서는 SMFR 적용 전과 후에 유

Table 2. The comparison of variable on pre and post in female.

	Variable	Pre	Post	t	p
Stiffness	Achilles tendon	773.33 ± 68.14	754.66 ± 57.84	.797	.443
	Gastrocnemius lateral	309.16 ± 40.62	300.50 ± 41.02	1.276	.228
	Gastrocnemius medial	269.91 ± 20.59	249.08 ± 30.30	2.007	.070
	Soleus	270.83 ± 24.89	267.33 ± 30.95	.951	.362
Range of motion	Dorsiflexion prone	23.91 ± 4.42	26.16 ± 8.39	-.974	.351
	Plantarflexion prone	59.83 ± 12.86	59.00 ± 16.76	.218	.832
	Dorsiflexion supine	19.91 ± 6.34	21.75 ± 7.49	-1.174	.265
	Plantarflexion supine	57.91 ± 10.29	61.41 ± 9.93	-1.502	.161

Values are means ± SD. *p<.05, **p<.01

Table 3. The comparison of variable on pre and post in male.

	Variable	Pre	Post	t	p
Stiffness	Achilles tendon	881.91 ± 95.57	845.00 ± 75.07	1.138	.279
	Gastrocnemius lateral	349.91 ± 45.15	343.33 ± 50.95	.748	.470
	Gastrocnemius medial	302.66 ± 35.67	294.66 ± 29.94	1.188	.260
	Soleus	333.83 ± 50.86	330.33 ± 65.73	.416	.685
Range of motion	Dorsiflexion prone	21.83 ± 6.56	25.25 ± 6.52	-1.849	.092
	Plantarflexion prone	52.75 ± 8.84	55.00 ± 8.95	-2.635	.023*
	Dorsiflexion supine	15.25 ± 7.43	20.58 ± 5.80	-4.306	.001**
	Plantarflexion supine	51.25 ± 7.43	56.75 ± 5.47	-2.649	.023*

Values are means ± SD. *p<.05, **p<.01

의한 차이가 나타나지 않았다. 남자집단의 엎드린 자세의 발등 굽힘($p=.092$)은 SMFR 적용 전과 후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 하지만, 엎드린 자세의 발바닥 굽힘($p=.023$) 및 누운 자세에서의 발등 굽힘($p=.001$), 발바닥 굽힘($p=.023$)의 ROM에서는 SMFR 적용 전과 후에 유의한 차이가 나타났다.

3. SMFR의 성차비교

SMFR 적용 전과 후의 남자집단과 여자집단의 강직도 및 ROM에 대한 공분산분석 결과는 <Table 4>와 같다. 발꿈치 힘줄($p=.033$)과 장딴지근 내측($p=.032$)의 강직도는 집단간 유의한 차이가 나타났다. 장딴지근 외측($p=.578$)과 가자미근($p=.381$)은 집단간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 엎드린 자세의 발등 굽힘($p=.930$), 발바닥 굽힘($p=.620$) 및 누운 자세의 발등 굽힘($p=.283$)과 발바닥 굽힘($p=.708$)의 ROM에서는 집단간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

논의

이 연구는 폼롤러를 활용하여 SMFR을 적용한 후 연부 조직의 강직도 및 ROM의 급성효과에 대해 성차비교분석을 한 최초의 연구이다. 연구 결과 여자 집단내에서 강직도 및 ROM은 통계적으로 유의한 변화가 나타나지 않았으며, 남자 집단에서 강직도의 변화는 나타나지 않았지만, ROM에서 통계적으로 유의한 변화가 나타났다. 남자 집단과 여자 집단간 차이를 검증하기 위해 공분산 분석을 실시한 결과 남자 집단에서 발꿈치 힘줄의 강직도가 여자 집단에서는 장딴지근의 내측 강직도가 감소하여 통계적으로 유의한 수준의 차이가 관찰되었다. 그 외 연부조직의 강직도와 발목관절의 ROM은 차이가 관찰되지 않았다.

Nakamura et al. [17]이 보고한 연구에 의하면 남자 15명, 여자 14명에게 압박 롤러 마사지를 180초 적용 한 후 분석한 결과 남녀 두 그룹 모두 발등 굽힘 ROM이 증가하였다. 또한, Chang et al. [1]이 보고한 연구에서는 남자 13명 여자 12명을 대상으로 1분씩 3세트의 SMFR을 적용한 결과 대조군에 비해 발목관절의 발등 굽힘 ROM이 통계적 유의

Table 4. Changes in stiffness and range of motion according to gender.

Variable	Group	Pre	Post	ANCOVA		
				F	p	
Stiffness	Achilles tendon	Female	773.33 ± 68.14	754.66 ± 57.84	5.200	.033*
		Male	881.91 ± 95.57	845.00 ± 75.07		
	Gastrocnemius lateral	Female	309.16 ± 40.62	300.50 ± 41.02	.320	.578
		Male	349.91 ± 45.15	343.33 ± 50.95		
	Gastrocnemius medial	Female	269.91 ± 20.59	249.08 ± 30.30	5.259	.032*
		Male	302.66 ± 35.67	294.66 ± 29.94		
Soleus	Female	270.83 ± 24.89	267.33 ± 30.95	.802	.381	
	Male	333.83 ± 50.86	330.33 ± 65.73			
Range of motion	Dorsiflexion prone	Female	23.91 ± 4.42	26.16 ± 8.39	.008	.930
		Male	21.83 ± 6.56	25.25 ± 6.52		
	Plantarflexion prone	Female	59.83 ± 12.86	59.00 ± 16.76	.254	.620
		Male	52.75 ± 8.84	55.00 ± 8.95		
	Dorsiflexion supine	Female	19.91 ± 6.34	21.75 ± 7.49	1.212	.283
		Male	15.25 ± 7.43	20.58 ± 5.80		
	Plantarflexion supine	Female	57.91 ± 10.29	61.41 ± 9.93	.144	.708
		Male	51.25 ± 7.43	56.75 ± 5.47		

Values are means ± SD. *p<.05

수준으로 증가하였다. Macdonald et al. [24]의 연구에서도 폼롤러를 활용한 SMFR이 남자 11명의 무릎관절 ROM을 개선시켜 주었다고 보고하였다. 본 연구에서도 남자집단에서는 SMFR 적용 후 발목관절의 발등 굽힘 및 발바닥 굽힘의 ROM이 증가하여 기존의 선행연구와 일치된 결과를 나타냈다. 반면, 여자 집단에서는 SMFR 적용 후 ROM의 증가가 나타나지 않아 기존의 선행연구와 일치하지 않는 결과가 도출되었다.

여자 집단에게서 효과가 나타나지 않은 결과는 여러 해석이 가능하지만, 세 가지 관점에서 설명이 가능하다. 첫째, 남자보다 연부조직의 강직도가 낮은 여자에게 SMFR의 적용 시간이 효과가 극대화된 기존의 선행연구보다 짧았기에 변화가 없는 결과가 도출되었을 개연성이 있다. 실제 본 연구에서 적용된 SMFR의 시간은 Peacock et al. [21] 및 Richman & Nicks [22]의 선행연구와 같이 30초씩 2세트가 진행되었다. 하지만 Chang et al. [1]의 연구에서는 1분씩 3세트, Macdonald et al. [24]은 1분씩 2세트 진행하여 ROM 향상에 큰 효과를 보였다는 점을 고려할 때 추후 연구에서는 여자 집단에게 SMFR의 적용 시간을 늘려 적용해볼 필요성이 있다.

둘째, 동일한 시간 SMFR을 적용 했음에도 여자 집단에서 효과가 나타나지 않은 결과는 폼롤러에 적용되는 기본적인 압력의 차이가 존재했기 때문인 것으로 해석할 수 있다.

본 연구에서도 남자 집단의 평균 체중은 84.57 ± 11.87 kg, 여자 집단의 평균 체중은 54.48 ± 6.20 kg으로 나타나 무게에 따른 압력의 차이가 존재했을 것으로 판단된다. 그러므로 남자 집단에서 SMFR적용 후 ROM의 변화 나타났지만, 여자 집단에서는 변화가 나타나지 않았을 가능성이 있다.

셋째, 사전 측정에서 나타난 발목관절의 ROM을 평균을 비교해보면 엷드린 자세에서 발등 굽힘은 약 9%, 발바닥 굽힘은 약 8.8%, 누운 자세에서 발등 굽힘은 약 7.6%, 발바닥 굽힘은 약 8.8% 여자 집단의 기본적인 ROM이 남자 집단보다 훨씬 크다는 것을 알 수 있다. 그러므로 동일한 SMFR을 적용할 경우 남자의 ROM 변화가 더 크게 나타났을 가능성이 있다고 생각한다.

Baumgart et al. [13]이 보고한 연구에서는 20명의 남자에게 SMFR적용 후 넙다리네갈래근의 강직도는 감소하였으며, Macgregor et al. [25]은 16명의 남자에게 SMFR 적용 후 안쪽넙은근의 강직도가 감소하였다고 보고하였다. 또한, Chang et al. [1]의 연구에서는 SMFR을 적용한 집단(남자 13명, 여자12명)에서 내측과 외측 장딴지근의 강직도가 감소하는 것으로 나타났으며, Schroeder et al. [26]은 SMFR을 넙다리네갈래근에 적용한 결과 근육의 강직도 감소에 효과적이라고 보고하면서, 급성 효과도 있지만 SMFR을 장기적으로 적용하였을 때 더 큰 이점이 있다고 주장하였다. 근육의 강직도가 감소된 구체적 이유는 SMFR 적용

시 압력과 신장자극에 민감한 근막내 루피니소체(ruffini's corpuscle)가 교감신경 활동을 억제함으로써 근육 강직도 감소와 근막 유착을 제거하고 근막의 점탄성 회복을 통한 근막 움직임의 향상이다[1,27]. 이 연구는 남성과 여성을 대상으로 SMFR의 효과를 처음으로 규명한 연구로 발꿈치 힘줄에서는 남자 집단이 여자 집단보다 더 높은 강직도의 감소가 관찰되었으며, 장딴지근 내측에서는 여자 집단이 남자 집단보다 더 높은 강직도의 감소가 관찰되었다. 특히, 남성의 경우에는 SMFR 적용 후 발 뒤꿈치 힘줄의 강직도가 감소되어 발목의 ROM 증가가 뚜렷하게 나타났지만 여성의 경우에는 장딴지근 내측의 강직도가 감소하였음에도 발목의 ROM 증가가 나타나지 않았다. 앞서 전술한바와 같이 이러한 결과가 나타난 이유는 남녀의 생물학적 차이, SMFR의 적용 시간 및 압박 강도가 직간접적 원인이라고 추측된다. 따라서 추후 연구에서는 남자와 여자의 생물학적 차이, SMFR의 적용 시간 및 압박 강도에 따른 SMFR의 효과를 단기적 및 장기적 관점에서 대단위 연구를 통해 증명할 필요성이 있다.

결론

이 연구에서 폼롤러를 활용한 SMFR은 남자 집단의 발목관절 ROM을 유의한 수준으로 증가시키는 것으로 나타났다. 남녀 성차비교에서는 발꿈치 힘줄 및 장딴지근 내측의 강직도가 유의한 수준으로 차이가 나타났으며, 그 외 강직도 및 ROM에서는 차이가 관찰되지 않았다. 따라서 발목관절의 ROM을 증가시키기 위해서 남자 집단에게는 30초 2 세트의 SMFR으로도 충분히 효과적이라고 할 수 있다. 하지만 여자에게 확대 적용하기엔 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

강직도는 남녀 모두에게 적용될 수 있는 결과를 도출하지 못했기에 추후 연구에서 성차비교를 명확하게 하기 위해 더 다양한 대상자, 더 많은 표본 수를 대상으로 SMFR이 성차에 따라 강직도에 미치는 효과 및 강직도가 ROM에 미치는 영향에 대해 규명할 것을 제안한다.

References

1. Chang TT, Li Z, Zhu YC, et al. Effects of self-myofascial release using a foam roller on the stiffness of the gastrocnemius-achilles tendon complex and ankle dorsiflexion

- range of motion. *Front Physiol.* 2021; 12:718827.
2. Masaki M, Aoyama T, Murakami T, et al. Association of low back pain with muscle stiffness and muscle mass of the lumbar back muscles, and sagittal spinal alignment in young and middle-aged medical workers. *Clin Biomech.* 2017; 49:128-133.
3. Kuo WH, Jian DW, Wang TG, et al. Neck muscle stiffness quantified by sonoelastography is correlated with body mass index and chronic neck pain symptoms. *Ultrasound Med Biol.* 2023; 39(8):1356-1361.
4. Rabin A, Kozol Z, Finestone AS. Limited ankle dorsiflexion increases the risk for mid-portion Achilles tendinopathy in infantry recruits: a prospective cohort study. *J Foot Ankle Res.* 2014; 7:1-7.
5. Knapik DM, LaTulip S, Salata MJ, et al. Impact of routine gastrocnemius stretching on ankle dorsiflexion flexibility and injury rates in high school basketball athletes. *Orthop J Sports Med.* 2019; 7(4):2325967119836774.
6. Malliaras P, Cook JL, Kent P. Reduced ankle dorsiflexion range may increase the risk of patellar tendon injury among volleyball players. *J Sci Med Sport.* 2006; 9(4):304-309.
7. Witvrouw E, Mahieu N, Danneels L, et al. Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sports Med.* 2004; 34:443-449.
8. Watsford ML, Murphy AJ, McLachlan KA, et al. A prospective study of the relationship between lower body stiffness and hamstring injury in professional Australian rules footballers. *Am J Sports Med.* 2010; 38(10):2058-2064.
9. Kubo K, Tabata T, Ikebukuro T, et al. Effects of mechanical properties of muscle and tendon on performance in long distance runners. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 110:507-514.
10. Morales-Artacho AJ, Lacourpaille L, Guilhem G. Effects of warm-up on hamstring muscles stiffness: Cycling vs foam rolling. *Scand J Med Sci Sports.* 2017; 27(12):1959-1969.
11. Fouré A, Nordez A, Cornu C. Plyometric training effects on Achilles tendon stiffness and dissipative properties. *J Appl Physiol.* 2010; 109(3):849-854.
12. Seon SY, Park BJ, Lee KJ, et al. The Effect of Stiffness of

- Lower Extremity Soft Tissue on the Sports Performance of K-7 League Soccer Players: A Pilot Study. *Exerc Sci.* 2022; 31(4):452-458.
13. Baumgart C, Freiwald J, Kühnemann M, et al. Foam rolling of the calf and anterior thigh: biomechanical loads and acute effects on vertical jump height and muscle stiffness. *Sports.* 2018; 7(1):27.
14. Seon SY, An KO, Lee KJ, et al. Effects of Dynamic Warm-up Programs Including Self-Myofascial Relaxation on Soft Tissue Stiffness and Exercise Performance. *Exerc Sci.* 2022; 31(2):222-229.
15. D'Amico A, Gillis J, McCarthy K, et al. Foam rolling and indices of autonomic recovery following exercise-induced muscle damage. *Int J Sports Phys Ther.* 2020; 15(3):429.
16. Richman ED, Tyo BM, Nicks CR. Combined effects of self-myofascial release and dynamic stretching on range of motion, jump, sprint, and agility performance. *J Strength Cond Res.* 2019; 33(7):1795-1803.
17. Nakamura M, Konrad A, Ryosuke K, et al. Sex differences in the mechanical and neurophysiological response to roller massage of the plantar flexors. *J Sports Sci Med.* 2021; 20(4):665.
18. Fouré A, Cornu C, McNair PJ, et al. Gender differences in both active and passive parts of the plantar flexors series elastic component stiffness and geometrical parameters of the muscle-tendon complex. *J Orthop Res.* 2012; 30(5):707-712.
19. Aird L, Samuel D, Stokes M. Quadriceps muscle tone, elasticity and stiffness in older males: reliability and symmetry using the MyotonPRO. *Arch Gerontol Geriatr.* 2012; 55(2):e31-e39.
20. Orner S, Kratzer W, Schmidberger J, et al. Quantitative tissue parameters of Achilles tendon and plantar fascia in healthy subjects using a handheld myotonometer. *J Bodyw Mov Ther.* 2018; 22(1):105-111.
21. Peacock CA, Krein DD, Silver T A, et al. An acute bout of self-myofascial release in the form of foam rolling improves performance testing. *Int J Exerc Sci.* 2014;7(3): 202.
22. Richman ED, Tyo B, Nicks CR. Combined effects of self-myofascial release and dynamic stretching on range of motion, jump, sprint, and agility performance. *J Strength Cond Res.* 2019; 33(7):1795-1803.
23. Laffaye G, Da Silva DT, Delafontaine A. Self-myofascial release effect with foam rolling on recovery after high-intensity interval training. *Front Physiol.* 2019;10, 444238.
24. MacDonald, G. Z., Penney, M. D., Mullaley, M. E., et al. An acute bout of self-myofascial release increases range of motion without a subsequent decrease in muscle activation or force. *J Strength Cond Res.* 2013; 27(3):812-821.
25. Macgregor LJ, Fairweather MM, Bennett RM, et al. The effect of foam rolling for three consecutive days on muscular efficiency and range of motion. *Sports Med-Open.* 2018; 4:1-9.
26. Schroeder J, Wilke J, Hollander K. Effects of foam rolling duration on tissue stiffness and perfusion: a randomized cross-over trial. *J Sports Sci Med.* 2021; 20(4):626.
27. Behm DG, Wilke J. Do self-myofascial release devices release myofascia? Rolling mechanisms: a narrative review. *Sports Med.* 2019; 49(8):1173-1181.