

PNF 수축이완 기법, 근막이완기법, 마사지건이 넓다리뒤근 단축 대상자의 유연성 및 압통에 미치는 영향

정소영 · 황호성 · 이다은 · 박두진[†]
부산가톨릭대학교 물리치료학과

Effects of PNF Contract-Relax Technique, Myofascial Release, and Massage Guns on Hamstring Flexibility and Pressure Pain Threshold in Subjects with Hamstring Shortening

So-Young Jeong, P.T. · Ho-Seong Hwang, P.T. · Da-Eun Lee, P.T. · Du-Jin Park, P.T., Ph.D.[†]
Department of Physical Therapy, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan

Received: January 18, 2023 / Revised: February 9, 2023 / Accepted: February 13, 2023

© 2023 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

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.

| Abstract |

Purpose: This study aims to compare hamstring flexibility and pressure pain threshold (PPT) after an intervention with proprioceptive neuromuscular facilitation contract-relax (PNF CR) technique, myofascial release (MFR), and a massage gun (MG), as well as to verify the effectiveness of the MG.

Methods: This study recruited 36 participants (22 males and 14 females) with shortening of less than 70 degrees upon a straight leg raise (SLR) test, and they were randomly assigned to one of the PNF, MG, and MFR groups, each of which underwent its own protocol for 30 minutes. Flexibility of the hamstring was measured after the intervention using the active and passive knee extension (AKE and PKE) test, the sit and reach test, and PPT.

Results: The AKE and PKE angles significantly decreased, as well as significantly increased in flexibility when each of the PNF, MFR, and MG interventions was performed ($p < 0.05$). In addition, there was no significant difference among groups. However, according to the Cohen's D effect size, the MG demonstrated the largest effect size in AKE ($d = 1.41$) and PNF demonstrated the largest effect size in PKE ($d = 1.66$) and flexibility ($d = 0.63$).

Conclusion: All interventions used in our study are effective in increasing hamstring flexibility. Based on the Cohen's D effect size, an MG is beneficial to increase the AKE, whereas PNF CR technique is recommended for increasing PKE and flexibility.

Key Words: Flexibility, Hamstring, Massage gun, Myofascial release, Proprioceptive neuromuscular facilitation

[†]Corresponding Author : Du-Jin Park (djpark35@cup.ac.kr)

I. 서론

유연성은 인체의 움직임을 만들어내는 운동능력으로 근골격계 손상 예방과 재활에 중요한 요소로 여겨진다(Junker & Stoggl, 2015). 이는 주로 근육의 단축과 과사용에 의해 감소되며, 특히 넙다리뒤근(hamstring)은 규칙적인 활동이 부족하거나 장시간 동일한 자세를 유지하는 동안 단축이 잘 발생하여 하지의 유연성 감소를 초래한다(Chan et al., 2001). 하지의 유연성 감소는 근골격계 과사용 손상, 스트레스성 골절, 정강이 통증, 무릎넙다리통증증후군(patellofemoral pain syndrome), 근육좌상(muscle strain) 등으로 이어질 수 있다(Hartig & Henderson, 1999).

이들 중 근육좌상은 최대 신장 후 근수축으로 인해 근길이가 짧아지는 기능적 반진폭이 큰 다관절 근육 및 속근에서 주로 발생하며, 그 대표적인 근육이 넙다리뒤근이다(Davis et al., 2005). 뛰기, 점프, 차기 등의 동작을 포함하는 스포츠 활동에서 넙다리뒤근의 유연성 감소는 다양한 동작의 전환 시 근힘줄부위에 많은 힘을 가하게 되고, 이는 결국 염좌(sprain)와 같은 부상으로 이어지게 된다(Nagarwal et al., 2010). 그러므로 차후에 발생할 수 있는 문제를 미리 예방하기 위해서는 넙다리뒤근의 유연성을 유지하는 것이 중요하다.

일반적으로 유연성을 증진시키는 방법에는 고유용성신경근축진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF), 폼롤러와 테니스공 같은 도구를 이용한 근막이완기법(myofascial release, MFR), 마사지건(massage gun, MG) 등이 있다. 그 중 임상에서 많이 쓰이는 PNF 신장 기법은 나선형 패턴을 이용하여 고유수용기를 자극함으로써 신경생리학적 기전을 통해 근육의 유연성을 증가시키는 치료방법이다(Adler et al., 2014). PNF의 대표적인 신장 기법인 수축-이완 기법(contract-relax, CR)의 단기 적용은 넙다리뒤근의 유연성을 증가시키는 데 효과적이며, 자가 신장, 정적 신장, 탄도적 신장(ballistic stretching)에 비해 유연성과 관절가동범위를 개선하는데도 효과적인 방법이라 보고하였다(Davis et al., 2005; Song & Kim, 2003). 다른 선행연구에서는

수축-이완 기법이 유지-이완 기법보다 효과적이며, 특히 작용근 수축-이완 기법이 가동범위 향상에 가장 효과적이라고 보고하였다(Osternig et al., 1990).

유연성을 증진시키기 위한 다른 방법으로는 MFR이 있다. MFR은 이완의 느낌을 주는 부교감 신경을 자극하여 통증 완화, 혈류 및 림프 순환 증진, 근육의 이완 목적으로 사용한다(Laimi et al., 2018). 폼롤러를 이용한 근막이완방법은 중재하고자 하는 조직에 압력을 가하면서 마찰을 일으키는 중재 방법이다. 폼롤러와 신체 조직 사이의 마찰은 근막층 사이의 유착조직을 제거하여 근막을 복원함으로써 연부조직의 확장성(expanding of soft tissue)을 증가시킨다(Kim, 2021). 이전의 연구에서 폼롤러를 이용하여 넙다리뒤근, 큰볼기근 등을 이완하는 방법은 넙다리뒤근과 엉덩관절의 움직임에 효과가 있음을 보고하였다(Han et al., 2017; Kim & Lee, 2020).

최근 재활과 스포츠 영역에서는 자가 근막이완의 유용성, 정확도 및 효율성을 향상시키기 위해 만들어진 진동 장비인 MG를 많이 사용하고 있다. MG는 전통적 마사지와 진동 기법을 결합한 것으로 근방추를 통한 긴장성 진동 반사인 기계적 자극에 대한 신경근 시스템의 근본적 반응을 자극한다(Lakhwani & Phansopkar, 2021). MG의 타격 시 근육은 진동에 맞춰 늘어나며 그것에 대한 반응으로 근육은 수축하고 바로 이어서 늘어나는 상호억제 효과를 이끌어낸다(Carlsoo, 1982). 재활도구로서 하지의 가동성에 초점을 맞춘 MG에 대한 고찰 논문에서는 폼롤러와 다른 자가 근막 이완 기법과 비교하였을 때, MG가 하지의 가동 범위를 증가시키는데 가장 효과적인 방법이라고 보고하였다(Martin, 2021).

피부 밑에 있는 얇은 막인 근막은 부착, 지지, 힘 제공, 근육 분리, 그리고 다른 기관들을 감싸는 데 중요한 역할을 한다(Kim, 2021). 근막은 하나의 기능적인 전체를 이루고 있어 특정 부위에서 발생하는 긴장은 전반적인 유연성을 감소시킬 수 있다(Kim & Lee, 2020). 이를 바탕으로 Russell 등(2010)은 해부학적인 측면에서 신장을 넙다리뒤근에 단독으로 적용하기보

다는 넓다리뒤근과 종아리근 둘 다에 적용하는 것이 넓다리뒤근의 유연성을 증가시키는데 효과적이라고 보고하였다. 또한 다른 논문에서 폼롤러와 테니스공을 이용하여 중재한 결과 넓다리뒤근의 단일 중재보다는 종아리근, 발바닥근과 함께 중재를 적용하였을 때, 넓다리뒤근의 유연성 증진에 더 효과적이었다 (Grieve et al., 2015; Kim & Lee, 2020).

이전 연구들을 종합해보았을 때, PNF와 MFR이 넓다리뒤근의 유연성 향상에 유의한 영향을 줄 수 있다는 사실을 알 수 있었다. 이와 더불어 넓다리뒤근의 효과적인 신장을 위해서는 넓다리뒤근과 종아리근에 둘 다 적용하는 것이 더욱 효과적임을 알 수 있었다. 한편 근막이완도구 중 하나인 MG는 치료와 스포츠 현장에서의 사용 비율의 증가와 더불어 관절가동범위 증진에 효과적이라는 논문은 많았지만, 중재 방법에 대한 연구나 다른 중재 방법과 비교한 연구는 부족하다. 이에 본 연구는 PNF, MFR, MG를 적용하는 동안 넓다리뒤근의 유연성 및 압통 변화를 비교하고 MG 중재 효용성을 검증하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 실험 참여의사를 밝힌 36명(남성: 22명, 여성: 14명)을 대상으로 실시하였다(Table 1). 실험 전 참가자에게는 충분한 설명이 제공되었으며, 자발적으로

로 사전 동의서에 서명 후 헬싱키 선언을 준수하여 연구를 진행하였다. 연구 대상자의 선정 조건은 아래와 같으며, 선정 조건에 부합하지 않는 자는 본 연구에서 제외하였다. 모든 대상자들은 중재에 따라 PNF, MFR, MG 그룹으로 나누어 각 12명씩 무작위로 배정하였다.

- 1) 능동 및 수동 무릎 펴 검사 시 20° 이상으로 넓다리뒤근 단축이 있는 자
- 2) 과거 및 현재 근골격계 및 신경계 병력이나 통증이 없는 자
- 3) 허리통증 및 엉덩관절, 무릎관절, 발목관절에 외과적 수술 경험이 없는 자
- 4) 엉덩관절의 90° 굽힘이 가능한 자

2. 측정방법 및 도구

- 1) 능동 및 수동적 무릎 펴 검사

넓다리뒤근의 근긴장도와 유연성을 확인하기 위하여, 모든 대상자에게 능동적 무릎 펴(active knee extension, AKE) 검사와 수동적 무릎 펴(passive knee extension, PKE) 검사를 실시하였다. 무릎 펴 검사 각도는 '180° - 무릎 펴 각도'로 계산되기 때문에, 검사 값의 증가는 유연성의 감소를 의미한다. 검사 값이 20°보다 크면 넓다리뒤근의 단축을 의미하며, 무릎 펴 검사는 높은 측정자간, 측정자내 신뢰도를 갖는다 (Lim, 2021).

Table 1. General characteristic of subjects

(N=36)

Variable	PNF group (n = 12)	MFR group (n = 12)	MG group (n = 12)	F	p
Age (year)	22.42±2.02	22.58±1.73	22.92±1.93	0.22	0.81
Height (cm)	168.17±7.23	167.42±7.27	170.92±11.77	0.50	0.61
Weight (kg)	65.58±10.19	65.33±11.59	63.00±14.10	0.27	0.76
BMI (kg/m ²)	23.44±2.46	23.24±3.40	21.26±2.14	2.36	0.11
Gender	Male 8, Female 4	Male 7, Female 5	Male 7, Female 5	-	-

BMI: Body mass index, PNF: proprioceptive neuromuscular facilitation, MG: massage gun, MFR: myofascial release

능동적 무릎 펴 검사는 환자를 바로 눕히고, 대상자에게 엉덩관절을 90° 능동 굽힘을 지시한 후, 검사자가 넙다리부를 잡아 고정시켜 다시 대상자는 스스로 무릎관절을 능동 펴 시키도록 한다. 펴의 끝 범위에서 근 경련이 느껴지는 부위를 펴의 끝 지점으로 확인하여 펴 각도를 측정한다. 능동적 무릎 펴 검사의 신뢰도는 0.94~0.96으로 매우 높은 신뢰도를 가지고 있다(Do & Chon, 2020).

수동적 무릎 펴 검사는 환자를 바로 눕히고, 대상자에게 엉덩관절을 90° 능동 굽힘을 지시한 후, 검사자가 손으로 대상자의 넙다리부를 잡아 엉덩관절이 90° 되는 지점에서 고정시킨다. 다른 검사자는 대상자의 아래다리 먼 쪽의 후방부를 잡고 무릎관절을 수동 펴 시킨다. 견고한 저항이 느껴지는 지점까지의 무릎관절의 펴 각도를 측정한다. 검사-재검사 신뢰도(Test-retest reliability)는 0.84~0.93으로 넙다리뒤근의 유연성을 측정하는 방법으로 권장된다(Do & Chon, 2020). 각 검사는 실험 전과 후로 2번씩 측정하고 결과값들의 평균으로 기록하였다.

2) 앉고 뻗기 검사

본 연구에서는 넙다리뒤근의 유연성을 평가하기 위하여 앉고 뻗기 검사(sit and reach test, SRT)를 실시하였다. 앉고 뻗기 검사는 넙다리뒤근의 유연성 검사 중 가장 신뢰도가 높아 임상에서 널리 사용되는 평가이다(Kim et al., 2013). 앉고 뻗기 검사의 신뢰도의 경우 측정자 내 신뢰도($r=0.46$)와 측정자 간 신뢰도($r=0.67$)가 중간 정도로 보고되었다(Mayorga-Vega et al., 2014).

앉아 윗몸 앞으로 굽히기 검사 도구(Sitting Trunk Flexion Meter, Takei Scientific Instruments company, Japan)를 이용하여 대상자는 양발을 5cm 벌리고 발판에 붙이고 앉아 두 손을 포개어 몸통을 앞 굽힘을 실시하였다. 이때 무릎이 굽혀지지 않아야 하고 숙인 곳에서 5초를 유지하도록 하여 3번을 측정하여 평균값을 기록하였다. 모든 측정에서 시간과 측정실의 환경을

동일하게 하였으며, 신발을 신지 않은 상태에서 대상자가 허벅지 뒤쪽에 불편함이나 뻣뻣함을 느끼면 중지하도록 요청하였다(Kim, 2020).

3) 압통검사

본 연구에서는 압통(pressure pain threshold, PPT) 측정을 통해 단축된 넙다리뒤근의 중재 전후의 역치 변화를 알아보았다. 연구 대상자들에게 통증 역치에 대한 인식을 교육하기 위해 중재 측 손등에 압통계(Algometer, Pain Diagnostic and Treatment Corporation, USA)를 적용한 후, 옆드려 누운 대상자의 공동뼈 결절과 오금면 사이의 1/2 지점인 넙다리뒤근 근복에 압통계로 수직 압력을 가하여 압력 감각이 통증으로 바뀌는 시점에 대한 힘의 값을 측정하였다. 측정은 총 3회 측정하여 평균값을 기록하였으며, 반복 측정 부위는 마커로 표기하였다. 또한 각 측정마다 1분간의 휴식을 취하도록 하였다(Park & Lee, 2017). PPT는 검사자 내 신뢰도($r=0.69\sim0.97$)와 검사자 간 신뢰도($r=0.71\sim0.89$) 모두 높으며, 검사-재검사의 신뢰도($r=0.85$) 역시 높았다고 보고하였다(Hwang & Kim, 2020).

3. 중재 방법

1) PNF 수축-이완 기법(contract & relax technique)

수축-이완 기법은 PNF 기법의 하나이며, 주로 근육의 신장이나 이완의 목적으로 활용된다. 먼저 검사자는 넙다리뒤근의 신장 제한이 느껴지는 관절가동범위 지점까지 곧은다리뻗기(straight leg raise, SLR)를 수행하였다. 그 후 수축-이완 기법은 옆으로 누운 자세에서 중재하지 않는 다리는 기저면(base of support)을 넓히며 안정성을 유지하기 위해 70~90° 굽힘시키고 중재하는 다리를 올린 후 검사자가 넙다리뒤근의 뻣뻣함이 느껴지는 범위까지 위치시킨다. 선행 연구에 따라 중재 다리를 펴(extension), 벌림(abduction), 안쪽돌림(internal rotation)한 채 무릎 뒤의 몸쪽(proximal) 부위

를 외회전(external rotation)에 대한 저항을 주면서 연구 대상자에게 검사자 측으로 다리를 밀도록 지시하였다(Kim & Park, 2022). 발은 발바닥쪽 굽힘(plantar flexion)을 시켜 연구 대상자에게 검사자 측으로 밀도록 지시하고 검사자는 발에 저항을 준다(Fig. 1). 저항의 강도는 최대 저항을 적용하였으며, 넘어다리된 근육의 수축 시간은 선행 연구의 결과에 따라 10초간 실시하였으며(Rowlands et al., 2003), 이완 시간 역시 10초로 적용하여 1회 총 소요 시간은 20초로 설정하였다(Shin, 2018). 그 다음 20초간 휴식하는 방식으로 총 3회를 1세트로 하여 7세트 실시하였다. PNF CR기법은 약 15분간 적용하였다.



Fig. 1. Contract and relax technique.

2) 근막이완기법(myofascial release)

(1) 넘어다리된근과 종아리근 근막이완

대상자는 먼저 다리를 앞으로 뻗어 앉고, 단축된 다리의 궁둥뼈 결절에서 무릎 뒤쪽까지 넘어다리된 전체와 무릎 뒤쪽에서 아킬레스건까지의 종아리 근육 전체에 폼롤러(foam roller)를 굴리도록 요청하였다(Fig. 2). 검사자는 통증이 없는 범위 내에서 적절한 압박을 주며 대상자가 적절한 폼롤러 운동을 실시할 수 있도록 보조하였다. 대상자의 손은 바닥을 지지하고 폼롤러 운동을 하는 동안 움직이지 않았다(Junker & Stoggl, 2015). 각 부위에 30초씩 적용 후 30초 휴식하

는 방식으로 5세트 실시하였다. 넘어다리된근과 종아리근을 각각 5분씩 총 10분을 적용하였다.

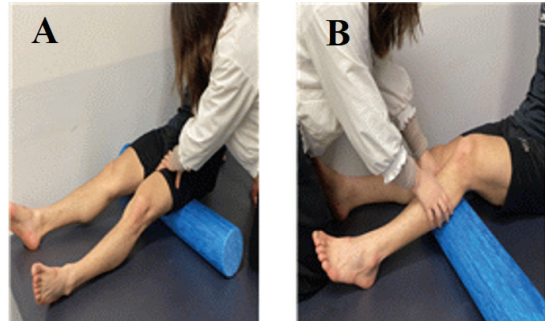


Fig. 2. Myofascial release: A) Hamstring, B) Calf.

(2) 발바닥 근막이완

대상자는 무릎 세우고 누운 자세(hook lying position)로 검사자는 마사지볼(massage ball)을 중재측 발의 내측 굴곡부터 발바닥근막을 따라 세로 방향으로 통증이 없는 범위 내에서 적절한 압박을 주며 굴렸다(Fig. 3). 주로 내측 위주로 실시하였으며 발의 가로 활은 가로 방향으로 실시하였다(Myers, 2014; Grieve, 2006). 2분 적용 후 30초 휴식하는 방식으로 2세트 실시하였다. MR은 약 15분간 적용하였다.



Fig. 3. Myofascial release: massage ball.

3) 마사지건 (massage gun)

본 연구에서 사용한 장비는 진동 마사지 기기 (X-MG03, O2LAB Inc., Korea)로 5단계 스피드 조절 기능으로 압박, 압력이 조절 가능하며 최대 3,200 RPM 까지 제공한다. MG의 헤드는 큰 근육들에 자극을 주기 위해 등근공형의 헤드를 선택하였다. 대상자가 주관적으로 참을 수 있는 정도의 강도로 시행하였으며, 사용된 마사지건의 무게는 약 1kg이다.

대상자가 엎드려 누운 자세에서 넙다리뒤근과 종아리근은 근섬유 방향을 따라 적용하였으며, 발바닥은 발의 내측 굴곡부터 발바닥근막을 따라 세로 방향으로 적용하였다(Fig. 4). 통증이나 불편감을 느끼는 부위에 더 집중하여 적용하였다. 각 부위에 2분씩 적용하고 1분간 휴식을 취하였다. 그리고 1분씩 적용하고 1분간 휴식을 취하는 방식으로 총 15분, 2세트 실시하였다(Park, 2020).

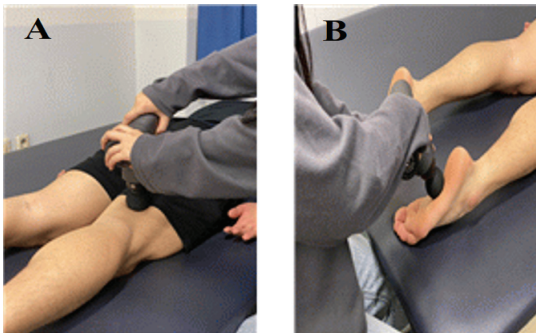


Fig. 4. Massage gun: A) Hamstring, B) Plantar fascia.

4. 자료 분석

본 연구에서는 정규성 검정의 결과에 따라 중재 전후 넙다리뒤근의 유연성 변화를 알아보기 위하여 대응표본 t 검정을 실시하였다. 3가지 중재 간 넙다리뒤근의 유연성 변화를 확인하기 위하여 일원배치분산 분석을 실시하였으며, 사후검증은 Tukey의 다중비교 분석법을 사용하였다. 그룹 간 효과의 크기를 비교하기 위해서 Cohen's D effect를, 통계분석 프로그램은 SPSS version 18.0을 사용하였으며, 통계적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

III. 연구 결과

중재 방법에 따른 넙다리뒤근의 유연성 및 압통 변화를 나타낸 결과는 다음과 같다(Table 2, 3, 4). 3가지 중재 모두 중재 전에 비해 중재 후 능동적 무릎 펴기와 수동적 무릎 펴기가 유의하게 개선되었다($p<0.05$). PPT는 모든 중재 전과 후에 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 중재 전과 중재 후의 능동적 무릎 펴기와 수동적 무릎 펴기, 앉고 뺏기의 변화량은 그룹 간 유의한 차이는 없었다($p>0.05$). PNF는 수동적 무릎 펴기와 앉고 뺏기에서 1.66과 0.63으로 가장 큰 효과 크기를 보였다. MG은 능동적 무릎 펴기에서 1.41로 가장 큰 효과 크기를 보였다.

Table 2. Changes in the result of variables before and after the PNF intervention

(N=12)

Variables	Pre-intervention	Post-intervention	t	p
AKE (°)	47.92±10.97	32.92±14.37	7.04	<0.01
PKE (°)	46.67±8.35	33.17±7.88	6.30	<0.01
SRT (cm)	-0.48±10.81	5.76±8.83	-4.79	<0.01
PPT Hamstring (kg/cm ²)	10.23±3.84	10.66±3.90	-0.31	0.76
PPT Calf (kg/cm ²)	7.67±2.80	9.78±4.93	-1.88	0.09

PNF: proprioceptive neuromuscular facilitation, AKE: active knee extension, PKE: passive knee extension, SRT: sit and reach test, PPT: pressure pain threshold

Table 3. Changes in the result of variables before and after the myofascial release intervention (N=12)

Variables	Pre-intervention	Post-intervention	t	p
AKE (°)	45.17±11.27	32.08±11.29	6.00	<0.01
PKE (°)	38.92±8.74	27.17±9.92	8.67	<0.01
SRT (cm)	0.79±10.61	4.95±10.16	-12.49	<0.01
PPT Hamstring (kg/cm ²)	7.75±3.05	8.08±2.77	-0.87	0.40
PPT Calf (kg/cm ²)	7.23±2.80	7.58±2.75	-1.18	0.26

PNF: proprioceptive neuromuscular facilitation, AKE: active knee extension, PKE: passive knee extension, SRT: sit and reach test, PPT: pressure pain threshold

Table 4. Changes in the result of variables before and after the massage gun intervention (N=12)

Variables	Pre-intervention	Post-intervention	t	p
AKE (°)	39.00±12.44	23.92±8.61	4.77	<0.01
PKE (°)	34.58±14.40	20.58±9.77	3.82	0.01
SRT (cm)	0.76±9.77	5.68±10.46	-7.82	<0.01
PPT Hamstring (kg/cm ²)	8.07±2.69	8.70±2.59	-2.07	0.06
PPT Calf (kg/cm ²)	7.23±3.03	7.58±3.03	-0.78	0.45

PNF: proprioceptive neuromuscular facilitation, AKE: active knee extension, PKE: passive knee extension, SRT: sit and reach test, PPT: pressure pain threshold

Table 5. Amount of changes in variables between before and after the interventions (N=36)

Variables	PNF	MG	MFR	F	p
AKE (°)	15.00±7.39	15.08±10.97	13.08±7.55	0.20	0.82
PKE (°)	13.50±7.43	14.00±12.71	11.75±4.69	0.21	0.81
SRT (cm)	6.23±4.50	4.92±2.18	4.16±1.15	1.50	0.24
PPT Hamstring (kg/cm ²)	0.43±4.83	0.63±1.06	0.33±1.30	0.03	0.97
PPT Calf (kg/cm ²)	2.11±3.89	0.35±1.53	0.35±1.03	2.01	0.15

PNF: proprioceptive neuromuscular facilitation, MG: massage gun, MFR: myofascial release, AKE: active knee extension, PKE: passive knee extension, SRT: sit and reach test, PPT: pressure pain threshold

Table 6. Effect size (Cohen's d) of the variables (N=36)

Variables	PNF	MG	MFR
AKE	1.17	1.41	1.16
PKE	1.66	1.38	1.26
SRT	0.63	0.49	0.40
PPT Hamstring	0.11	0.24	0.11
PPT Calf	0.53	0.12	0.13

PNF: proprioceptive neuromuscular facilitation, MG: massage gun, MFR: myofascial release, AKE: active knee extension, PKE: passive knee extension, SRT: sit and reach test, PPT: pressure pain threshold

IV. 고 찰

본 연구는 넙다리뒤근의 단축이 있는 대상자에게 PNF, MFR, MG 세 가지의 중재가 유연성 증진 및 압통에 미치는 영향을 확인하고자 진행하였다. 본 연구 결과, 모든 중재는 중재 전에 비해 중재 후 무릎 펴고 앉고 뻗기에 대한 유연성이 유의하게 개선되었다. PNF 수축-이완 기법을 넙다리뒤근에 적용한 선행 연구를 살펴보면, 중재 전에 비해 중재 후 능동적 무릎 펴 각도가 약 6° 정도 유의하게 개선되었다(Lim et al., 2015). 본 연구에서도 약 15° 정도의 개선을 보여 선행 연구의 결과를 지지하였다. 이는 수축성 조직에는 수축 후 이완을 통해 근육의 신장을 촉진함과 동시에 비수축성 결합조직의 점탄성이 점차 증가된 각도에서 수동신장으로 긍정적인 효과를 보인 것으로 판단된다.

폼롤러를 이용하여 근막이완기법을 적용한 선행 연구에서는 중재 전에 비해 중재 후 능동적 무릎 펴 각도가 약 7° 정도 개선되어 가동범위의 유의한 증가를 보고하였다(Hwang & Kim, 2020). 이는 마찰에 의해 근막과 근막 사이의 유착이 제거되고, 마찰에 의해 발생된 조직 온도 상승이 근막 구성성분의 형태를 변화시켜 넙다리뒤근의 확장성과 유연성을 증가시킬 수 있었던 것으로 생각된다(Curran et al., 2008). 본 연구에서도 폼롤러와 마사지볼을 활용한 근막이완기법 중재 이후 능동적 무릎 펴 검사 결과 약 13° 정도의 개선을 보였으며 선행 연구의 결과를 뒷받침한다.

전신진동자극을 적용한 선행 연구에 의하면, 중재 전에 비해 중재 후 앉고 뻗기 시 유연성이 증가되었다(Fagnani et al., 2006). 진동 자극은 근방추나 골지힘줄 기관을 자극하여 근수축 단위의 동원 역치와 발화율을 조절하여 유연성 증진의 효과를 보인다(Issurin, 2005). 본 연구에서도 마사지견 적용 시 앉고 뻗기 결과 약 5cm 증가되어 선행 연구의 결과를 지지하였다.

본 연구에서 사용한 3가지 중재를 직접적으로 비교 분석한 이전 연구는 매우 부족하며, 모두 PNF와 MFR에 대한 결과이다. Hanten와 Chandler (1994)는 PNF가 MFR에 비해 SLR이 유의하게 증가함을 보고하였다.

하지만 최근 연구에서는 4주간의 PNF와 MFR 중재 간 넙다리뒤근의 유연성 변화에 유의한 차이가 없음을 보고하였다(Junker & Stoggl, 2015). 이와 같이 관련된 연구는 부족할 뿐만 아니라 상반된 결과를 보임으로 이를 직접적으로 비교하는 연구가 필요하다.

본 연구에서는 유연성 및 압통의 전후 변화량이 세 그룹 간 유의한 차이가 없었으나, 각 중재별 유연성 및 압통에 대한 중재 전후의 효과 크기 비교를 통해 보다 효과적인 중재를 규명하였다. 능동적 무릎 펴에서는 모든 중재가 0.8 이상으로 큰 효과 크기를 보였으며, 그 중 MG가 1.41로 가장 큰 효과를 보였다. 수동적 무릎 펴 역시 모든 중재가 0.8 이상으로 큰 효과 크기를 보였으며, 그 중 PNF가 1.66으로 가장 큰 효과를 보였다. 넙다리뒤근과 관련된 유연성 평가 중 수동적인 평가는 넙다리네갈래근과 엉덩관절 굽힘근의 활동을 제거하여 넙다리뒤근 확장성(extensibility)을 평가하는데 이점이 있다고 하였다(Ayala et al., 2011). 앉고 뻗기에서는 PNF만이 0.63으로 0.5 이상의 중간 효과 크기를 보였다. 나머지 두 중재는 0.5 이하로 적은 효과 크기를 보여 임상 실무에 적용하기에는 제한적이라 판단된다.

본 연구 결과를 토대로 볼 때 PNF 신장 기법이 유연성과 관절가동범위 증진에 효과적이었다는 선행 연구 결과와 일치하였고(Davis et al., 2005), 수축-이완 기법이 단기간 넙다리뒤근의 유연성 향상에서 정적 신장보다 더 효과적이라는 선행 연구(Lim et al., 2015)의 결과를 뒷받침한다. PNF의 수축-이완 기법은 상반지배와 역신장반사의 기전으로 설명된다(McAtee, 2002). 주동근과 대항근의 반사고리를 상반지배라 하고 이것은 주동근이 수축할 때 대항근이 동시에 억제되는 것이다(Adler et al., 2014; Alter et al., 1996). 본 연구에서도 이러한 기전이 수축-이완 기법을 통해 신장되는 동안 저항을 감소시키고 관절가동범위를 증가시켜(Taylor et al., 1997) 결과적으로 넙다리뒤근의 유연성이 향상되었을 것이라 생각된다. PNF 수축-이완 기법 중 직접적 방법과 간접적 방법의 운동범위 증가에 대한 효과를 비교한 연구에서는 1주와 2주 사이에

서 더 많은 변화량의 증가량을 보였고(Kim et al., 2016), 또 다른 연구에서는 3주 후 유의한 증가가 있다고 하였다(Kim & Park, 2022; Nagarwal et al., 2010).

폼롤러와 마사지를 이용하여 MFR을 적용한 선행 연구에서도 앉고 뻗기에서 유의한 개선을 보고했으며(Roylance et al., 2013), 무릎과 엉덩관절의 가동범위도 증가하였다(MacDonald et al., 2013). 이는 해당 조직에 직접적인 압력의 적용으로 발생하는 마찰력이 근막의 온도를 상승시켜 근막의 구성성분인 콜라겐과 엘라스틴의 상태변화를 유발하고(Pohl, 2010), 미세순환 증가와 섬유아세포의 기계적 변화를 불러일으켜 섬유성 유착을 개선시킬 수 있다(Collocca & Keller, 2004). 본 연구에서도 선행 연구들의 결과를 지지하며, 넘어다리뒤근과 밀접한 관련성이 있는 표면후방선을 따라 근막이완기법을 적용했기에 더욱 큰 효과를 보인 것으로 생각된다.

넘다리뒤근에 마사지를 통한 진동 자극을 제공하는 동안 무릎관절의 SLR 검사 결과 폼 각도가 약 10° 정도 유의하게 증가됨을 보고하였고(Hwang & Kim, 2020), 넘어다리뒤근에 진동 자극 시 능동적 무릎 폼 최대 각도가 12° 정도 개선되었다(Park & Lee, 2017). 이는 본 연구와 유사하게 넘어다리뒤근의 유연성 증가를 확인할 수 있었다. 본 연구에서도 넘어다리뒤근에 마사지를 적용 시 능동적 무릎 폼 및 수동적 무릎 폼과 앉고 뻗기가 약 11~13°, 4cm 정도 유의한 증가를 보였다. 이전 연구 역시 짧아진 넘어다리뒤근에 MG와 같이 압박을 통한 기능적 마사지를 적용 후 앉고 뻗기에서 약 3cm 정도 증가하여 유연성이 유의하게 개선되었다고 하였다(Kim et al., 2013). 이는 진동을 통해 근육의 수축과 이완이 되며 골지힘줄기관이 활성화되며(Collocca & Keller, 2004), 이는 근육의 비정상적인 수축을 감소시켜 유연성이 향상된 것으로 생각된다. 근육이 이완된 상태에서 미오신과 액틴이 연결교를 형성하지 않고 진동 자극을 통해 이완된 근육에서 연결교를 형성하지 않은 미오신과 액틴의 겹치는 부분을 안전하게 줄여 근육이 늘어나며 유연성을 향상시킨다(Min & Bae, 2009). 본 연구 또한 MG를 사용한 선행

연구들을 지지하며, MG의 사용을 통해 골지힘줄기관을 자극하여 근수축을 감소시켜 유연성이 증가된 것으로 보인다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 한정적인 대상자 수와 연령 분포로 연구 결과를 일반화하는데 제한이 존재한다. 둘째, 본 연구는 중재 후 즉각적인 변화만을 관찰했기 때문에, 장기간 중재 적용의 효과를 규명하지 못하였다. 따라서 추후에는 다양한 연령의 대상자에게 장기간 중재의 효과를 규명하는 연구가 필요할 것이다.

V. 결론

본 연구를 토대로 볼 때 PNF, MFR, MG 모두 넘어다리뒤근의 유연성 개선에 효과적이었다. 효과 크기를 고려하여 보면, 능동적 무릎 폼에는 MG, 수동적 무릎 폼과 앉고 뻗기에서는 PNF를 적용하는 것을 권장한다.

References

- Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in Practice: An Illustrated Guide, 4th ed. Berlin Heidelberg. Springer. 2014.
- Alter MJ. Science of flexibility. 2nd ed. Champaign. Human kinetics. 1996.
- Ayala F, Sainz de Baranda P, De Ste Croix M, et al. Criterion-related validity of four clinical tests used to measure hamstring flexibility in professional futsal players. *Physical Therapy in Sport*. 2011;12(4): 175-181.
- Carlsoo S. The effect of vibration on the skeleton, joints and muscles: a review of the literature. *Applied Ergonomics*. 1982;13(4):251-258.
- Chan SP, Hong Y, Robinson PD. Flexibility and passive resistance of the hamstrings of young adults using two different static stretching protocols. *Scandinavian*

- Journal of Medicine and Science in Sports.* 2001;11(2):81-86.
- Colloca CJ, Keller TS. Active trunk extensor contributions to dynamic posteroanterior lumbar spinal stiffness. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics.* 2004;27(4):229-237.
- Curran PF, Fiore RD, Crisco JJ. A comparison of the pressure exerted on soft tissue by 2 myofascial rollers. *Journal of Sport Rehabilitation.* 2008;17(4):432-442.
- Davis DS, Ashby PE, McCale KL, et al. The effectiveness of 3 stretching techniques on hamstring flexibility using consistent stretching parameters. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2005;19(1):27-32.
- Do HH, Chon SC. The Effectiveness of Evjenth-Hamberg stretching with regards to muscle tone and flexibility in adults with hamstring tightness. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine.* 2020;15(4):111-119.
- Fagnani F, Giombini A, Cesare A Di, et al. The effects of a whole-body vibration program on muscle performance and flexibility in female athletes. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation.* 2006;85(12):956-962.
- Grieve R, Goodwin F, Alfaki M, et al. The immediate effect of bilateral self myofascial release on the plantar surface of the feet on hamstring and lumbar spine flexibility: a pilot randomised controlled trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies.* 2015;19(3):544-552.
- Grieve R. Proximal hamstring rupture, restoration of function without surgical intervention: a case study on myofascial trigger point pressure release. *Journal of Bodywork and Movement Therapies.* 2006;10(2):99-104.
- Han SW, Lee YS, Lee DJ. The influence of the vibration form roller exercise on the pains in the muscles around the hip joint and the joint performance. *Journal of Physical Therapy Science.* 2017;29(10):1844-1847.
- Hanten WP, Chandler SD. Effects of myofascial release leg pull and sagittal plane isometric contract-relax techniques on passive straight-leg raise angle. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy.* 1994;20(3):138-144.
- Hartig DE, Henderson JM. Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. *The American Journal of Sports Medicine.* 1999;27(2):173-176.
- Hwang SH, Kim TH. The effect of applying various tools to the stiffness and muscle tone of hamstring muscles. *Journal of Korean Society of Integrative Medicine.* 2020;8(4):223-230.
- Issurin VB. Vibrations and their applications in sport: a review. *Journal of Sport Medicine and Physical Fitness.* 2005;45(3):324-336.
- Junker DH, Stoggl TL. The foam roller as a tool to improve hamstring flexibility. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2015;29(12):3480-3485.
- Kim GC, Lee JH, Kwon SM. Effects of hamstring flexibility and dynamic stability of lower lumbar according to stretching and massage techniques. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine.* 2013;8(4):609-617.
- Kim GW, Lee JH. Hamstring foam roller release and sole self myofascial release for improving hamstring muscles flexibility in participants with hamstring shortness. *The Korean Society of Physical Medicine.* 2020;15(4):1-9.
- Kim H. Immediate effects of myofascial release using vibration foam rolling methods on hamstrings flexibility, pressure pain thresholds and dynamic balance ability. Daejeon University. Master's Degree. 2021.
- Kim NY, Kim EH, Kim HJ, et al. The effectiveness of the direct and indirect contract-relax technique in PNF.

- PNF and Movement*. 2016;14(1):7-14.
- Kim OJ. The Effects of integrated movement program on the health and quality of life for the elderly in rural areas. *The Korean Society of Sports Science*. 2020;29(1):279-288.
- Kim YH, Park DJ. Effects of three-week contract-relax interventions with and without reinforcement using temporal summation for flexibility and balance ability in young people with hamstring shortening. *PNF and Movement*. 2022;20(3):383-390.
- Laimi K, Mäkilä A, Bärlund E, et al. Effectiveness of myofascial release in treatment of chronic musculoskeletal pain: a systematic review. *Clinical Rehabilitation*. 2018;32(4):440-450.
- Lakhwani M, Phansopkar P. Efficacy of percussive massage versus calf stretching on pain, range of motion, muscle strength and functional outcomes in patients with plantar fasciitis – a research protocol. *Journal of Pharmaceutical Research International*. 2021; 33(44B):532-539.
- Lim JH, Lee MK, Park JH, et al. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation relaxation techniques on hamstring flexibility and vertical jump performance. *PNF and Movement*. 2015;13(3):135-143.
- Lim WT. Influence of successive active knee extension tests on hamstring flexibility. *Journal of Korean Physical Therapy Science*. 2021;28(1):76-84.
- MacDonald GZ, Penney MD, Mullaey ME, et al. An acute bout of self-myofascial release increases range of motion without a subsequent decrease in muscle activation or force. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013;27(3):812-821.
- Martin JA. critical evaluation of percussion massage gun devices as a rehabilitation tool focusing on lower limb mobility; a literature review. *osf.io*. 2021.
- Mayorga-Vega D, Merino-Marban R, Viciano J. Criterion-related validity of sit-and-reach tests for estimating hamstring and lumbar extensibility: a meta-analysis. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2014;13(1):1-14.
- McAtee RE. An overview of facilitated stretching. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2002;6(1): 47-54.
- Min JY, Bae JJ. Study on the effects of vibration exercise for the human body. *Korean Society of Mechanical Engineers*. 2009;11(1):2672-2677.
- Myers TW. Anatomy trains: myofascial meridians for manual and movement therapists. 3rd ed. Edinburgh. Churchill Livingstone Elsevier. 2014.
- Nagarwal AK, Zutshi K, Ram CS, et al. Improvement of hamstring flexibility: A comparison between two pnf stretching techniques. *International Journal of Sports Science and Engineering*. 2010;4(1):25-33.
- Osternig LR, Robertson RN, Troxel RK, et al. Differential responses to proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretch techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1990;22(1):106-111.
- Park HY, Lee MM. A Comparison of the effect of stretching technique on hamstring muscle for flexibility, strength, pressure pain threshold value and muscle tone. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2017;12(4):39-46.
- Park S. Effect of local vibration on triceps surae flexibility compared to static stretching. *Journal of Korean Physical Therapy*. 2020;32(4):245-249.
- Pohl H. Changes in the structure of collagen distribution in the skin caused by a manual technique. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2010;14(1): 27-34.
- Rowlands AV, Marginson VF, Lee J. Chronic flexibility gains: effect of isometric contraction duration during proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2003;74(1):47-51.

- Roylance DS, George JD, Hammer AM, et al. Evaluating acute changes in joint range-of-motion using self myofascial release, postural alignment exercises, and static stretches. *International Journal of Exercise Science*. 2013;6(4):310-319.
- Russell PJ, Decoster LC, Enea D. Effects of gastrocnemius, hamstring, and combined stretching programs on knee extensibility. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2010;2(2):67-73.
- Shin SS. Immediate effects of various contract-relax techniques on the peak force and range of motion of knee extension -A Pilot Study-. *PNF and Movement*. 2018;16(2):229-238.
- Song JY, Kim SM. Effects of short-term application of contract-relax and passive stretching on the length adaptation in hamstring muscles. *PNF and Movement*. 2003;1(1):11-18.
- Taylor DC, Brooks DE, Ryan JB. Viscoelastic characteristics of muscle: passive stretching versus muscular contractions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1997;29(12):1619-1624.