

Original Article

Open Access

한쪽 다리에 적용한 수축이완 기법이 반대쪽 무릎관절 폼 범위에 미치는 효과 -예비연구-

신승섭†

대한고유수용성신경근축진법학회 서울·경기남부회

The Immediate Effects of Unilateral Contract-Relax Stretching on Contralateral Knee Extension Range -A Preliminary Study-

Seung-Sub Shin†

Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association in Seoul Gyeonggi South

Received: May 08, 2019 / Revised: May 21, 2019 / Accepted: May 22, 2019

© 2019 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 article was conducted to determine the immediate effects of unilateral contract-relax (CR) stretching on contralateral knee extension range and to compare both sides of the knee extension range between experimental and control groups.

Methods: This study recruited 16 adult males and females with straight leg raising abilities below 90°. The subjects were randomly divided into an experimental group and a control group comprising 8 subjects each. The experimental group performed direct CR stretching on the right hamstring muscles with straight hip extension adduction, and the control group performed indirect CR stretching on the right hamstring muscles with straight hip flexion abduction. Each group performed CR stretching 4 times with 4 repetitions comprising 10 sec of contraction and a 10 sec break between repetitions. Before and after the CR stretching exercises, the subjects' passive knee extensions were measured at the hip in a 90° flexed position. The subjects' peak force on the right leg and peak pressure on the left leg during each CR stretching exercise were also measured.

Results: After doing CR stretching 4 times, each group showed a significantly increased passive knee extension range on both sides, and there was no difference in the passive knee extension ranges between the groups. The peak force on the right leg was significantly higher in the experimental group than the control group. There was no difference in peak pressure between the groups.

Conclusion: After applying unilateral CR stretching, the study subjects experienced a significantly increased passive knee extension range on the contralateral side. For patients who find it difficult to apply stretching techniques to knee joints directly, the use of the proprioceptive neuromuscular facilitation technique of CR stretching may be useful in improving the range of the

†Corresponding Author : Seung-Sub Shin (midline21@hanmail.net)

knee joint on the contralateral side without direct treatment.

Key Words: Irradiation, Cross-education, Contract-relax, Range of motion

I. 서론

신체의 한쪽 부분의 훈련 효과가 훈련하지 않은 신체의 다른 부분으로 옮겨지는 것을 교차-교육(cross-education)이라고 한다(Davis, 1899). 신체의 팔과 다리에서 나타나는 이러한 교차-교육은 교차-전이(cross-transfer), 교차-운동(cross-exercise), 교차-훈련(cross-training), 맞은편효과(contralateral effect), 맞은편학습(contralateral learning), 맞은편훈련(contralateral training), 팔다리간전위(inter limb transfer) 등의 다양한 용어로 현재 사용되고 있다(Cirer-Sastre et al., 2017; Lee & Carroll, 2007).

Manca 등(2015)은 한쪽에 발등 굽힘근 강화 훈련을 4주 적용한 결과, 반대쪽 발등 굽힘근의 근력이 현저히 증가되었다고 하였으며, 건강한 성인을 대상으로 한쪽 하지에 석고붕대로 2주간 고정하고, 고정기간 동안 반대쪽 넙다리네갈래 근육에 전기자극을 적용한 결과 전기자극을 시행하지 않은 대조군과 비교할 때 넙다리네갈래 근육의 횡단면적, 등척성 근력 및 근활성도의 감소가 유의하게 낮게 나타났다(Park & Yoon, 2015). 노인과 젊은 성인을 대상으로 한 연구에서도 최대근력의 60~70%의 저항을 우측 팔굽관절 굽힘에 2주 동안 적용한 결과 노인과 젊은 성인 모두 비우측 팔굽굽힘 근력이 유의하게 증가되었다(Ehsani et al., 2014). 교차-교육은 한쪽 팔이나 다리에 저항운동을 적용하여 반대쪽 팔이나 다리의 근력을 향상을 위해 사용되기도 하지만 손의 빠른 동작이 요구되는 연속반응 시간과제 수행 향상과 뇌손상 환자의 훈련하지 않은 손의 협응능력 향상을 위해서도 이용되었다(Choi & Lee, 2011; Park et al., 2002).

고유수용성신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)의 방산(irradiation)은 기본절차 중 하

나로, 자극이 증가함에 따라 근력이 증가되는 현상으로 정의되며(Adler et al., 2014), 신체의 한 부위 특히, 강한 분절에 저항을 가하여 약한 부위의 근력을 촉진할 목적으로 임상에서 많이 사용되고 있어 교차-훈련과 유사하다고 볼 수 있다(Abreu et al., 2015; Gupta et al., 2015). Reznik 등(2015)은 젊은 성인을 대상으로 오른쪽 다리에 무릎관절 굽힘을 동반한 엉덩관절 굽힘-벌림-안쪽돌림 PNF패턴을 적용하여 왼쪽 앞정강근(tibialis anterior muscle)의 유의한 근활성 증가를 얻었으며, 어깨의 굽힘-벌림-바깥돌림 패턴이나 펌-모음-안쪽돌림 등의 패턴을 적용하여 반대쪽 다리 근육의 근 수축력 향상을 입증하였다(Kim et al., 2006; Lee & Lee, 2018). 그러나 방산은 교차-교육과 달리 서로 반대되는 팔이나 다리의 근활성 향상에 국한되지 않고, 같은 쪽의 팔이나 다리 근육, 신체 중심에 있는 목 또는 복부 근육 등 다양한 분절에 사용되고 있다. Lee 등(2008)은 성인 남성을 대상으로 양측 비대칭성 다리 굽힘 패턴을 적용하여 목빗근의 근활성이 증가됨을 보고하였고, Hwang과 Park (2017)은 배의 안정화(abdominal drawing) 운동에 대칭성 팔 펌 패턴을 병행하면 배가로근(transversus abdominis)과 안쪽배빗근(internal oblique abdominis)의 수축력이 현저히 증가된다고 하였다. 또한 앉은 자세에서 도수저항에 대항하는 들어오리기(lifting) 패턴은 다리 근육의 근활성도를 증가시키며(Kwak et al., 2012), 몸통(trunk) 굽힘 패턴과 펌 패턴에 강한 도수저항을 준 결과 발등 굽힘근과 발바닥 굽힘근이 각각 활성화 되었다(Gontijo et al., 2012).

Adler 등(2014)은 방산으로 나타나는 반응은 협력근육이나 움직임 패턴의 촉진(contraction) 또는 이완(relaxation)의 증가라고 하였다. Woo 등(2002)은 편마비 환자의 비마비측 팔과 다리에 PNF패턴을 적용하여

마비측의 근긴장도를 감소시켰으며, Rhee와 Kim (2015)은 몸통에 율동적 안정(Rhythmic stabilization) 기법과 등장성 수축(combination of isotonic)의 혼합 기법을 적용하여 팔의 근 긴장도가 현저히 감소시켰다.

교차-교육이나 방산과 관련된 국내의 선행연구들은 주로 신체의 한 부위에 저항을 가하여 신체 다른 부위의 근활성도를 증가시키거나 편마비 환자의 근긴장도를 감소 등을 위해 사용되었다. 본 연구는 PNF의 방산에 근거하여 일반성인들을 대상으로 한쪽 다리에 직접 또는 간접 수축-이완(contract-relax, CR) 기법을 적용하여 반대쪽 무릎관절 폼 범위 변화를 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자들은 만 22세부터 31세까지의 성인 남녀들 중 연구와 관련된 모든 설명(연구목적과 절차 등)을 듣고 자발적으로 동의한 건강한 20명을 대상으로 하였다. 연구 참가자 중 급성 염증성 연부질환, 류마티스 관절염, 골관절염, 외상 등이 최근 1년 동안 하지에 발생하였거나 감기몸살, 근육통, 염좌 등으로 근골격 조직에 영향을 주는 약물을 최근 일주일 동안 복용한 대상자들과 임신이나 사전검사서에서 오른쪽 뺨은 다리 올림(straight leg raising) 각도가 90°를 넘는 대상자들은 연구에서 제외하였다. 또한 야구, 축구, 농구 등과 같은 과격한 운동이나 신체활동을 연구 기간 동안 삼가도록 하였다. 대상자 20명 중 연부조직에 영향을 주는 약을 복용하거나 감기몸살, 개인사정 등으로 4명이 연구에서 제외되었다. 최종으로 선정된 연구대상자는 16명이며, 직접 수축-이완 기법 적용군 8명과 간접 수축-이완 기법 적용군 8명으로 무작위 배정하였다(Mitchell et al., 2009; Shin, 2018).

2. 측정방법 및 도구

1) 최대 힘(peck force) 측정

수축-이완 기법으로 유발되는 오른쪽 다리의 힘을 측정하기 위해 DS2-500N(Imada, Japan)을 이용하였다(Cho et al., 2017). DS2-500N은 당기는 힘(pull force)과 미는 힘(push force)을 측정하는 측정 장비로 kgf (킬로그램힘)과 lbf (파운드힘)을 힘을 표시한다. DS2-500N은 0.1N 단위로 최대 1,000N까지 측정할 수 있지만 표준적으로 측정할 수 있는 범위는 0.1N(뉴턴)에서 500N이며, 측정의 정확도는 1,000N의 ±0.2%이다. 본 연구는 다리에 가해지는 힘을 정확하게 측정하기 위해 DS2-500N에 A-6 연장축(extension shaft, 직경 6mm, 길이 8.5mm)을 연결하여 사용하였다(Fig. 1).



Fig. 1. Model DS2-500N (Imada, Japan) (left) and A-6 extension shaft (right), (unit=mm). ©Copyright Policy-Open Access License.

2) 최대 압력(peck pressure) 측정

연구대상자들의 오른쪽 다리에 수축-이완 기법을 적용하는 동안 방산으로 발생하는 왼쪽 다리 힘을 측정하기 위해 Stabilizer Pressure Biofeedback Unit (PBU, Chattanooga Group, USA)를 이용하였다(Mondin et al., 2018; Toohey et al., 2015). 이 장비는 압력 셀(pressure cell), 압력 측정기(gauge) 그리고 압력을 증가시키는 팽창구(inflation bulb)로 구성되어 있으며, 신체 움직임으로 발생하는 압력을 측정할 수 있다. 특히, 척추의



Fig. 2. Stabilizer Pressure Biofeedback Unit (PBU, Chattanooga Group, USA), Gauge, inflation bulb (left) and pressure cell (right).

움직임을 공기-주입 압력 셀을 통해 압력 변화를 감지하며, 2mmHg 단위로 0-200mmHg 압력을 측정할 수 있다(Fig. 2).

3) 관절가동범위 측정

Goniometer Pro(5fuf5, USA) 앱을 이용하여 대상자들의 무릎관절 폼 범위를 측정하였다. 스마트폰에서 사용되는 Goniometer Pro는 Android나 iOS 운영체제를 기반으로 폰 자체에 내장된 가속도계(accelerometer)와 연동되어 스마트폰의 기울어짐에 반응하여 1° 단위로 폰의 위치 변화를 측정한다. Goniometer Pro를 본 연구에 사용하기 위해 LG G3 cat.6® 스마트폰의 안드로이드 버전 4.4.2의 이용하였으며, 앱은 구글플레이 스토어를 통해 2018년 2월 1일 설치하였다. Goniometer Pro의 측정 정확도는 의료용 관절각도계와 비교할 때 $\pm 1.3^\circ$ 의 평균편차를 나타내며, Goniometer Pro의 측정자간 신뢰도는 0.99-1.00, 타당도 0.99로 매우 높게 나타났다(Kuegler et al., 2015; Wellmon et al., 2016). 무릎 폼 범위를 측정하는 동안 스마트폰을 다리에 장착하기 위해 벨크로를 스마트폰에 부착하였다(Fig. 3).



Fig. 3. Goniometer Pro (5fuf5, USA) in smartphone (LG G3 cat.6®).

3. 실험 절차

대상자들은 무릎관절 폼 범위 측정에 앞서 준비운동을 하였으며, 무릎관절 폼 범위 측정 후 실험자가 대상자들에게 수축-이완 기법 적용하였으며, 적용 후 무릎관절 폼 범위를 재측정하는 순서로 실험을 진행하였으며, 직접기법군과 간접기법군에 각각 직접 수축-이완 기법과 간접 수축-이완 기법을 적용하였다. 객관적인 무릎관절 폼 범위 측정을 위해 구두수치통증척도(verbal numeric rating scale)를 대상자들에게 설명하고, 무릎관절 폼 범위를 측정할 때, 대상자들이 느끼는 통증 또는 불편함 정도가 구두수치통증척도 4점에 해당되면 “그만” 이라고 말하도록 미리 교육하였으며, 이때의 무릎관절 폼 범위를 Goniometer Pro 앱을 이용하여 측정하였다(Flaherty, 1996; Shin, 2018).

준비운동을 위해 대상자들은 편안한 옷을 입고 가로 72cm, 세로 183cm의 의료용 테이블에 다리 뻗고 앉은(long sitting) 자세에서 무릎의 편 상태를 유지하면서 토우 터치(toe touch)를 10번 수행하였다(Taylor et al., 2003). 준비운동 후, 대상자를 천정을 보고 똑바로 눕도록(supine) 한 뒤 양쪽 골반의 위앞엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine) 바로 밑 부분과 왼쪽 허벅지 중간 부분을 너비 5cm의 도수치료용 벨트 2개를 이용하여 각각 테이블에 견고하게 고정하였다



Fig. 4. Setting to measure passive right knee extension.

(Mitchell et al., 2009). 오른쪽 무릎 폼 각도 측정을 위해 엉덩관절을 90° 굽히고, 미리 설치한 쇠기둥에 다른 도수치료용 벨트를 연결하여 엉덩관절이 움직이지 않게 고정한 뒤, 오른쪽 정강이뼈 중간위치에 벨크로를 이용하여 스마트폰을 화면이 밖으로 보이도록 장착하고 Goniometer Pro 앱을 실행하였다. Goniometer Pro 앱의 영점은 대상자가 편안한 상태에서 중력으로 자연스럽게 무릎이 굽혀진 위치로 하였다. Goniometer Pro 앱의 영점 설정이 끝나면 대상자의 무릎 폼 범위를 천천히 수동적으로 증가시켰다. 대상자가 “그만” 이라고 외치면 그 자세를 유지하고, 무릎 폼 각도를 확인하고 기록하였다(Fig. 4). 오른쪽 다리 측정이 끝나면 동일한 방법으로 왼쪽 무릎관절 폼 범위를 측정하였다. 수축-이완 기법을 4회 적용할 때 DS2-500N을 이용하여 오른쪽 다리의 최대 힘값을 4회 측정하였으며, 최대 힘값을 측정할 때 Stabilizer PBU를 이용하여 왼쪽 다리에 발생하는 최대 압력값도 측정 하였다. 4회 최대 힘 값의 평균과 4회 최대 압력 값의 평균을 각각 연구 자료로 사용하였다.

오른쪽 다리에 직접 수축-이완 기법을 적용하기 전, 왼쪽 허벅지 원위부 1/3 지점 앞쪽에 Stabilizer Pressure Biofeedback Unit의 압력 셀을 올려놓고 도수치료용 벨트로 단단히 고정하였다. 고정이 끝나면 직접 수축-이완 기법을 적용하기 위해 대상자의 오른쪽 무릎관절 폼 상태로 PNF 하지 패턴의 대각선상 굽힘-벌림

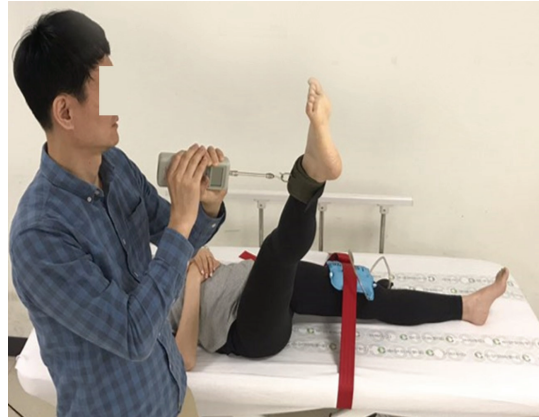


Fig. 5. Force & pressure measurement during direct contract-relax.

(flexion-abduction) 방향으로 수동 엉덩관절 가동 범위의 끝 위치를 확인하였다. 이 위치에서 최대 힘의 60% 힘으로 폼-모음(extension-adduction) 방향으로 움직이도록 지시한 뒤 대상자의 발목 스트랩에 연결된 DS2-500N를 이용하여 10초 동안 발행한 최대 힘과 반대쪽 다리에 설치한 Stabilizer Pressure Biofeedback Unit의 최대 압력을 측정하였다. 10초 동안의 근수축이 끝나면 실험자는 그 위치를 벗어나지 않도록 대상자의 다리를 최대한 보조하여 10초 동안 이완 하였다. 이완하는 동안 다른 실험자는 측정값을 기록하였으며 위와 동일한 방법으로 4회를 더 수행하였다(Fig. 5).

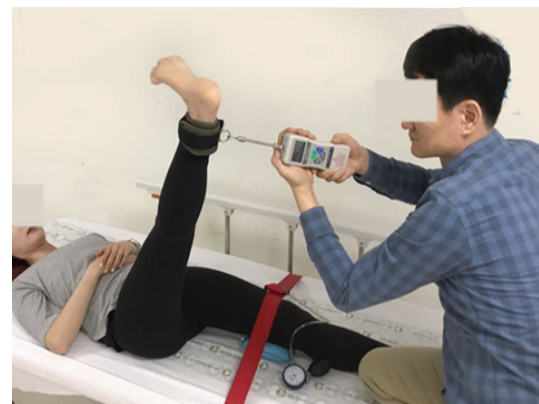


Fig. 6. Force & pressure measurement during indirect contract-relax.

오른쪽 다리에 간접 수축-이완 기법을 적용하기 전, 대상자의 왼쪽 허벅지 원위 1/3 지점 과 테이블 사이에 Stabilizer Pressure Biofeedback Unit의 압력 셀을 넣고 도수치료용 벨트를 이용하여 단단히 고정하였다. 오른쪽 엉덩관절 굽힘-벌림 끝 범위 확인이 끝나며, 직접 수축-이완 기법 적용과 달리 엉덩관절 굽힘-벌림에 대항하는 저항을 최대수축의 60%로 10초 동안 주었다. 10초 동안의 근수축이 끝나면 움직임 없이 다리를 최대한 보조하여 10초 동안 이완하였다. 이완시간 동안 다른 실험자는 DS2-500N의 최대 힘과 Stabilizer Pressure Biofeedback Unit의 최대 압력을 기록하였으며, 위와 동일한 방법으로 4회를 더 수행하였다(Fig. 6).

4. 자료 분석

본 연구의 통계는 SPSS (version 23.0)을 이용하여 분석하였다. 연구 대상자들의 평균연령, 평균신장, 평균체중은 기술 통계를 이용하여 분석하였으며, 무릎관절 폼 범위, 평균 최대 힘 값 그리고 압력 값은 Kolmogorov-Smirnov과 Shapiro-Wilk에 의한 정규성 검정을 실시하였으며, 검정결과 본 연구의 자료는 정규 분포 가정을 만족하였다. 수축-이완 기법 적용 전과

후의 양쪽 무릎관절 폼 범위를 비교하기 위해 대응-표본 T검정(paired t-test)를 이용하였으며, 직접 수축-이완 기법과 간접 수축-이완 기법 때 발생하는 최대 힘의 차이와 최대 압력의 차이를 알아 보기 위해 독립-표본 T 검정(independent t-test)을 이용하였다. 적용기법에 따른 오른쪽과 왼쪽 무릎관절 폼 범위의 변화량 차이를 알아보기 위해 이원배치 분산분석(two way ANOVA)과 Tukey 사후검정을 실시하였다. 통계적 검정을 위한 유의수준 α 는 0.05 이하로 하였다.

III. 연구 결과

1. 일반적인 특성 비교

연구대상자는 총 16명으로 남자 7명, 여자 9명이며 직접 수축-이완 기법 적용 군(direct group)과 간접 수축-이완 기법 군(indirect group)의 평균연령, 평균신장, 평균체중은 각각 25.0±2.5세와 24.4±2.0세, 166.0±8.5cm와 166.2±6.3cm, 60.8±10.9kg와 60.5±11.2kg이었다 (Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects (n=16)

Characteristics		Direct group (n=8) Mean±SD	Indirect group (n=8) Mean±SD
Gender	Male	4	3
	Female	4	5
Age (years)		25.05±2.55	24.43±2.03
Height (cm)		166.01±8.52	166.25±6.31
Weight (kg)		60.83±10.96	60.50±11.22

Table 2. Comparison of ROM of knee extension before and after each contract-relax (CR) (n=16)

Group		Leg	Pre	Post	t	p
ROM of knee extension (°)	DCR (n=8)	Rt.	109.38±12.66 [†]	120.75±11.53	-4.36	0.00*
		Lt.	106.50±11.06	116.38±0.63	-2.95	0.02*
	ICR (n=8)	Rt.	102.25±11.98	116.25±12.40	-2.69	0.03*
		Lt.	105.12±10.62	112.88±11.20	-3.70	0.01*

DCR: direct contract-relax, ICR: indirect contract-relax, [†]Mean±SD, *p<0.05

Table 3. Comparison of mean peck force and pressure between direct CR and indirect CR (n=16)

	Leg	DCR (n=8)	ICR (n=8)	T	p
Mean peck force (N)	Rt.	75.28±21.48 [†]	15.29±3.92	7.76	0.00*
Mean peck pressure (mmHg)	Lt.	85.25±43.38	77.75±34.00	0.39	0.71

DCR: direct contract-relax, ICR: indirect contract-relax, [†]Mean±SD, *p<0.05

Table 4. Comparison of difference of ROM of knee extension between intra- and inter-group (n=16)

	Group	Leg	Mean±SD	Source	F	p
Difference of knee extension ROM (°)	DCR (n=8)	Rt.	11.38±7.38!	Group	0.00	0.95
		Lt.	9.75±9.42			
	ICR (n=8)	Rt.	13.75±7.04	Leg	2.04	0.17
		Lt.	7.75±5.92	Group*Leg	0.67	0.42

DCR: direct contract-relax, ICR: indirect contract-relax, *p<0.05

2. 수축-이완 기법 적용 전, 후의 무릎관절 가동범위의 비교

직접 수축-이완 기법 군의 무릎관절 가동 범위는 적용 전과 비교할 때 적용 후 통계적으로 유의한 증가를 보였으며, 간접 수축-이완 기법 군의 무릎관절 가동 범위도 적용 전 보다 적용 후에 통계적으로 유의한 증가를 보였다(p<0.05)(Table 2).

3. 수축-이완 기법 방법에 따른 최대 힘 값과 최대 압력 값 비교

직접 수축-이완 기법 때 발생하는 최대 힘 값과 간접 수축-이완 기법 때 발생하는 최대 힘 값을 비교한 결과 직접 수축-이완 기법 때 발생하는 최대 힘 값이 간접 수축-이완 기법 때 발생하는 최대 힘 값보다 통계적으로 유의하게 높았다(p<0.05). 그러나, 두 군간의 최대 압력 값은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>0.05)(Table 3).

4. 두 군간, 군내(intra- and inter-group) 무릎관절 가동 범위 변화량 비교

대상자들에게 수축-이완 기법을 적용한 후, 무릎관절 폼 범위 변화량의 차이를 알아보기 위해 두 군간,

두 군내 비교를 하였지만 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>0.05)(Table 4).

IV. 고찰

최적의 관절가동 범위는 외부에서 가해지는 충격으로부터 신체를 보호하고 연부조직의 손상을 예방하며 운동 수행 능력 향상을 위한 필수요소이며 일상생활 활동을 가능하게 하는 기능적 척도 중 하나다(Chow & Ng, 2010; Witvrouw et al., 2003). 이러한 이유로 정적 신장, 동적 신장, 탄성(ballistic) 신장, PNF 기법의 수축-이완과 유지-이완 기법 등 다양한 형태의 신장 기법들이 임상에서 사용되고 있다(Borges et al., 2018; Medeiros et al., 2016; Yuktasir & Kaya, 2009).

그러나 지금까지의 대부분 선행연구는 가동범위에 제한이 있는 부위에 직접 도수 접촉이나 장비 등을 적용하여 관절가동 범위를 향상시키고 있지만(Medeiros et al., 2016; Opplert & Babault, 2018), 환자들의 통증, 손상의 정도 또는 인지기능 저하 등 다양한 원인으로 임상에서 직접적인 신장기법을 적용하기 어려운 대상자들도 적지 않은 것이 현실이다. 본 연구는 직접적인 방법을 이용하지 않고 관절가동 범위를 향상시킬 수 있는 방법을 찾기 위해, PNF의 방산에 근거

하여 오른쪽 다리의 엉덩관절에 직접 수축-이완 기법과 간접 수축-이완 기법을 적용하여 반대쪽 무릎관절 가동 범위에 미치는 효과를 연구 하였다.

직접 수축-이완 기법을 오른쪽 다리에 적용한 뒤, 아무런 처치를 하지 않은 반대쪽(왼쪽) 다리의 무릎관절 폼 범위는 평균 $9.75 \pm 9.42^\circ$ 가 증가하였고, 간접 수축-이완 기법을 적용한 군의 반대쪽 다리의 무릎관절 폼 범위는 평균 $7.75 \pm 5.92^\circ$ 가 증가되어 두군 모두 통계적으로 유의한 증가를 보였다.

관절가동 범위의 증가를 뒷받침하는 근거는 크게 근육-힘줄의 점탄성 변화와 신경계의 반응(neural response)이다(Behm & Chaouachi, 2011; Kay & Blazevich, 2012; Kay et al., 2015). 본 연구의 대상자들의 무릎관절 폼 범위를 측정하기 위해 골반과 양쪽 넙다리뼈를 벨트로 고정하여 신체의 보상 동작을 허용하지 않았다. 그러나, 수축-이완 기법을 수행할 때 오른쪽 엉덩관절의 굽힘-벌림 범위로 움직임에 따라 전방경사가 감소되고 관상면상의 움직임이 발생되어, 왼쪽 정강뼈 안쪽에서 두덩결합(pubic symphysis) 주위에 부착되는 근육-힘줄 구조물이 신장되어 무릎관절 폼 범위가 증가 되었을 가능성을 배제할 수 없다. 즉, 왼쪽 무릎 폼 범위를 제한하는 근육-힘줄의 점탄성에 영향을 주었을 것으로 여겨진다. 또한 근육이 늘어난 위치에서 일정시간 머물게 되면 근방추의 Type I 과 Type II의 구심성 반사 억제제가 나타나고, 근육에 있는 Group III와 IV 신경섬유 역시 대뇌결절척수로(corticospinal tract)에 억제성 영향을 주어 신장되지 않는 반대쪽 근육에도 억제성 흥분이 전달되는 일련의 신경계 반응을 통해 관절가동 범위가 증가되는 것으로 보인다(Amann et al., 2013; Laurin et al., 2015). 그러나 중추성 억제에 대한 다른 연구들은 근전도 실험을 통해 신장 종류에 따라 근육의 흥분성이 억제되지 않거나 오히려 더 증가 될 수 있다고 하였으며, 수축-이완 기법 적용으로 증가된 관절가동 범위는 억제성 신경 자극 활성화 때문이 아니라 관절가동 범위 증가 때 대상자들이 느끼는 통증 또는 불편함의 정도를 덜 느끼기 때문이라고 하였다(Costa et al., 2014; Mitchell

et al., 20007; Støve et al., 2019). 운동 선수들을 대상으로 한 선행 연구에서 한쪽 하지의 넙다리뒤 근육에 정적 또는 동적 신장을 30초 동안 총 8회 적용한 결과 반대쪽 엉덩관절 굽힘 각도가 유의하게 증가 되었으며, 이러한 즉각적인 효과는 연구대상자들이 전문적인 남자 운동선수이기 때문에 일반인들과 비교할 때 연부조직 신장에 대한 예민도가 낮아 관절가동 범위 증가에 긍정적인 영향을 준 것으로 여겨진다(Chaouachi et al., 2017). 그러나, 본 연구의 대상자들은 전문운동 선수가 아니며 여성들도 포함이 되어있기 때문에 반대쪽 무릎 가동성 변화의 원인을 성별과 운동능력에 따른 신장 예민도의 변화로 보기 어렵다.

선행 연구들은 수축-이완 기법을 수행할 때 실험자가 직접 손으로 저항을 주었기 때문에 저항 양의 변화를 객관적으로 측정 못하였다(Kim et al., 2016; Oh, 2013). 그러나 본 연구는 수축-이완 기법 수행 시 실험자가 주는 저항의 양을 객관화하고, 직접 기법과 간접 기법 때 가해지는 저항의 양적 차이를 DS2-500N를 이용하여 입증하였다. 직접 그리고 간접 수축-이완 기법 때 발생하는 오른쪽 다리의 힘의 차이를 비교한 결과 직접 수축-이완 기법을 적용한 군의 평균 최대 힘 값은 $75.28 \pm 21.48N$ 이었으며 간접 수축-이완 기법을 적용한 군의 평균 최대 힘 값은 $15.29 \pm 3.92N$ 으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 간접 수축-이완 기법 때, 대상자들은 중력에 대하여 굽힘-벌림 동작을 수행해야 하기 때문에 힘 측정값이 직접 수축-이완 기법을 적용할 때 보다 적게 나타난 것으로 여겨지며 이는 선행연구와 유사한 결과이다(Levangie & Norkin, 2011; Shin, 2018). 실제 환자들에게 수축-이완 기법을 사용할 때 신장하고자 하는 근육이 중력에 대항하는 방향으로 근수축을 하면 저항의 양을 감소시키고, 능동불충분과 수동불충분에 영향을 고려하여 저항의 양을 조절하면 근손상을 예방할 수 있을 것으로 보인다. 직접과 간접 수축-이완 기법 모두 무릎관절 폼 범위 향상에 효과가 있기 때문에 체격이 작고 힘이 약한 치료사가 체격이 크고 힘이 센 환자에게 직접 기법보다 간접 기법을 이용하는 것이 치료사의 근력이 덜

요구되고, 신체의 손상을 예방하는데 도움이 될 것으로 보인다.

직접 수축-이완 기법을 적용한 군의 오른쪽 다리, 왼쪽 다리의 무릎 관절가동 범위의 변화량과 간접 수축-이완 기법을 적용한 군의 오른쪽 다리, 왼쪽 다리의 무릎 관절가동 범위의 변화량을 서로 비교한 결과 통계적 유의한 차이가 없었다. 직접 수축-이완 기법과 간접 수축-이완 기법의 효과를 비교한 선행연구와 유사한 결과가 나타났으며(Shin, 2018), 방산의 효과로 반대쪽 무릎관절 폼 범위 향상도 수축 기법에 관계없이 유의한 증가를 보였기 때문에 임상에서 반대쪽 무릎관절 폼 범위를 향상을 위해 환자의 상태를 고려하여 직접 또는 간접 수축-이완 기법을 선별적으로 적용할 수 있을 것으로 보인다.

본 연구를 통해 무릎 폼 관절가동 범위가 엉덩관절 굽힘 관절가동 범위에 제한이 있고, 직접적인 신장 기술을 적용하기 어려운 대상자들에게 반대쪽 다리에 수축-이완 기법을 이용하면 해당관절의 가동성 향상에 도움이 될 것으로 보인다. 그러나 본 연구는 예비연구로 연구 대상자 수가 적어 다양한 환자들에게 적용할 수 없는 제한점이 있다. 따라서 앞으로 연구는 일반화를 위한 더 많은 대상자들을 필요하며, 근전도나 동작분석 장비 등을 이용하여 반대쪽 다리 근활성도 변화를 관찰하고, 신체 다른 부위의 움직임 양상을 분석하여 더 세밀한 교차-교육 효과의 근거를 찾는 것이 중요할 것으로 사료됩니다.

V. 결론

본 연구는 일반적인 성인을 대상으로 한쪽 다리에 적용한 수축-이완 기법이 반대쪽 다리의 관절가동 범위에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 오른쪽 다리에 직접 수축-이완 기법과 간접 수축-이완 기법을 두 군에 각각 적용한 결과, 두 군의 오른쪽의 무릎관절 폼 범위가 유의하게 증가되었으며, 수축-이완 기법을 적용하지 않은 왼쪽 다리의 무릎관절 폼 범위도 유의

하게 증가되었다.

무릎관절에 직접적인 신장 기법을 적용하기 어려운 환자들에게 PNF의 방안을 이용한 수축-이완 기법을 반대쪽 다리에 적용하면 직접적인 중재 없이도 무릎관절의 폼 범위 증진을 위해 유용하게 사용될 것으로 여겨지며, 앞으로 연구는 신체의 다른 부분을 이용하여 무릎관절뿐만 아니라 어깨나 팔굽 관절 등 신체의 다른 관절에 적용하는 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

References

- Abreu R, Lopes AA, Sousa AS, et al. Force irradiation effects during upper limb diagonal exercises on contralateral muscle activation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2015;25(2):292-297.
- Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in practice, 4th ed. Hong Kong. Springer. 2014.
- Amann M, Venturelli M, Ives SJ, et al. Peripheral fatigue limits endurance exercise via a sensory feedback-mediated reduction in spinal motoneuronal output. *Journal of applied physiology*. 2013; 115(3):355-364.
- Behm DG, Chaouachi A. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European journal of applied physiology*. 2011; 111(11):2633-2651.
- Borges MO, Medeiros DM, Minotto BB, et al. Comparison between static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation on hamstring flexibility: systematic review and meta-analysis. *European Journal of Physiotherapy*. 2018;20(1):12-19.
- Chaouachi A, Padulo J, Kasni S, et al. Unilateral static and dynamic hamstrings stretching increases contralateral hip flexion range of motion. *Clinical physiology and functional imaging*. 2017;37(1):23-29.

- Cho IW, Park JC, Shin HS. A comparison of different compressive forces on graft materials during alveolar ridge preservation. *Journal of periodontal & implant science*. 2017;47(1):51-63.
- Choi JH, Lee MY. The effect of cross-education in nondominant arm with normal adult. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2011;23(2):31-36.
- Chow TP, Ng GY. Active, passive and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching are comparable in improving the knee flexion range in people with total knee replacement: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*. 2010;24(10):911-918.
- Cirer-Sastre R, Beltrán-Garrido JV, Corbi F. Contralateral effects after unilateral strength training: a meta-analysis comparing training loads. *Journal of sports science & medicine*. 2017;16(2):180.
- Costa PB, Herda TJ, Herda AA, et al. Effects of dynamic stretching on strength, muscle imbalance, and muscle activation. *Medicine and science in sports and exercise*. 2014;46(3):586-93.
- Davis WW. Cross-education. *Science*. (New York, N.Y.) 1899;10(236):20-21.
- Ehsani F, Nodehi-Moghadam A, Ghandali H, et al. The comparison of cross-education effect in young and elderly females from unilateral training of the elbow flexors. *Medical journal of the Islamic Republic of Iran*. 2014;28(1):138.
- Flaherty SA. Pain measurement tools for clinical practice and research. *Journal of the American Association of Nurse Anesthetists*. 1996;64(2):133-140.
- Gontijo LB, Pereira PD, Neves CC, et al. Evaluation of strength and irradiated movement pattern resulting from trunk motions of the proprioceptive neuromuscular facilitation. *Rehabilitation research and practice*. 2012;2012:281937.
- Gupta S, Hamdani N, Sachdev HS. Effect of irradiation by proprioceptive neuromuscular facilitation on lower limb extensor muscle force in adults. *Journal of Yoga & Physical Therapy*. 2015;5(2):1-7.
- Hwang YI, Park DJ. Comparison of abdominal muscle activity during abdominal drawing-in maneuver combined with irradiation variations. *Journal of exercise rehabilitation*. 2017;13(3):335-339.
- Kay AD, Husbands-Beasley J, Blazeovich AJ. Effects of contract-relax, static stretching, and isometric contractions on muscle-tendon mechanics. *Medicine and science in sports and exercise*. 2015; 47(10):2181-2190.
- Kay AD, Blazeovich AJ. Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: a systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*[®]. 2012;44(1):154-164.
- Kim KH, Park JW, Bae SS. Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation applied to the unilateral upper extremity on the muscle activation of contralateral lower extremity. *PNF and Movement*. 2006;4(1):9-18.
- 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.
- Kuegler P, Wurzer P, Tuca A, et al. Goniometer-apps in hand surgery and their applicability in daily clinical practice. *Safety in Health*. 2015;1(1):11-15.
- Kwak SK, Ki KI, Kim DY, et al. The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation applied to the lifting on the EMG activation of contralateral lower extremity. *PNF and Movement*. 2012;10(4):25-31.
- Laurin J, Peticci V, Dousset E, et al. Group III and IV muscle afferents: role on central motor drive and clinical implications. *Neuroscience*. 2015;290(1):543-551.
- Lee MK, Kim JM, Park HK, et al. The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation leg patterns on the muscle activation of the neck flexors. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2008;15(1):46-53.
- Lee SM, Lee SY. The effects of contralateral upper and lower

- limb and trunk muscle activation during ipsilateral upper limb D2 pattern exercise. *PNF and Movement*. 2018;16(1):151-159.
- Lee M, Carroll TJ. Cross education. *Sports Medicine*. 2007;37(1):1-14.
- Levangie PK, Norkin CC. Joint structure and function: a comprehensive analysis, 5th ed. Philadelphia. FA Davis. 2011.
- Manca A, Pisanu F, Ortu E, et al. A comprehensive assessment of the cross-training effect in ankle dorsiflexors of healthy subjects: a randomized controlled study. *Gait & posture*. 2015;42(1):1-6.
- Medeiros DM, Cini A, Sbruzzi G, et al. Influence of static stretching on hamstring flexibility in healthy young adults: systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy theory and practice*. 2016; 32(6):438-445.
- Mitchell UH, Myrer JW, Hopkins JT, et al. Acute stretch perception alteration contributes to the success of the PNF “contract-relax” stretch. *Journal of sport rehabilitation*. 2007;16(2):85-92.
- Mitchell UH, Myrer JW, Hopkins JT, et al. Neurophysiological reflex mechanisms’ lack of contribution to the success of PNF stretches. *Journal of sport rehabilitation*. 2009;18(3):343-357.
- Mondin D, Owen JA, Negro M, et al. Validity and reliability of a non-invasive test to assess quadriceps and hamstrings strength in athletes. *Frontiers in Physiology*. 2018;9(1):1702-1708.
- Oh YT. Effect of hold-relax technique for college students with hamstring shortening. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2013;8(3):433-441.
- Opplert J, Babault N. Acute effects of dynamic stretching on muscle flexibility and performance: an analysis of the current literature. *Sports Medicine*. 2018;48(2):299-325.
- 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 SK, Yoon SJ. Effects of electrical cross-training on cross section area and muscle strength following cast immobilization of quadriceps muscles. *The Korean Journal of Physical Education*. 2015;54(5):781-790
- Park JW, Kim JM, Seo JH, et al. Reorganization of motor network and the effect of cross education derived from unilateral coordination training. *Physical Therapy Korea*. 2002;9(3):67-76.
- Reznik JE, Biros E, Bartur G. An electromyographic investigation of the pattern of overflow facilitated by manual resistive proprioceptive neuromuscular facilitation in young healthy individuals: a preliminary study. *Physiotherapy theory and practice*. 2015;31(8):582-586.
- Rhee MH, Kim LJ. Muscle tone changes in the lower limbs of stroke patients induced by trunk stabilization exercises. *Journal of physical therapy science*. 2015;27(8):2663-2664.
- 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.
- Støve MP, Hirata RP, Palsson TS. Muscle stretching—the potential role of endogenous pain inhibitory modulation on stretch tolerance. *Scandinavian journal of pain*. 2019;19(2):415-422.
- Taylor D, Fryer G, McLaughlin P. The effect of cervical spine isometric contract-relax technique on hamstring extensibility. *Australasian Chiropractic & Osteopathy*. 2003;11(1):21-26.
- Toohy LA, De Noronha M, Taylor C, et al. Is a sphygmomanometer a valid and reliable tool to measure the isometric strength of hip muscles? A systematic review. *Physiotherapy theory and practice*.

2015;31(2):114-119.

Wellmon RH, Gulick DT, Paterson ML, et al. Validity and reliability of 2 goniometric mobile apps: device, application, and examiner factors. *Journal of sport rehabilitation*. 2016;25(4):371-379.

Witvrouw E, D'Ameeels L, Asselman P, et al. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*.

2003;31(1):41-46.

Woo YK, Cho GH, Yoo EY. Effect of PNF applied to the unaffected side on muscle tone of affected side in patients with hemiplegia. *Physical Therapy Korea*. 2002;9(2):157-168.

Yuktasir B, Kaya F. Investigation into the long-term effects of static and PNF stretching exercises on range of motion and jump performance. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2009;13(1):11-21.