

Original Article

Open Access

## 사슬운동자세와 저항강도에 따른 PNF 다리패턴이 반대측 다리의 근활성도에 미치는 영향

석 힘 · 윤성영<sup>1</sup> · 허재석 · 이상열<sup>2†</sup>

경성대학교 대학원 물리치료학과, <sup>1</sup>동주대학교 물리치료과, <sup>2</sup>경성대학교 물리치료학과

### Effects of the PNF Leg Pattern according to Chain Exercise Postures and Resistance Intensity on the Contralateral Leg's Muscle Activity

Him Seok, P.T., M.S. · Sung-Young Yoon, P.T., M.S.<sup>1</sup> · Jae-Seok Heo, P.T., M.S. ·  
Sang-Yeol Lee, P.T., Ph.D.<sup>2†</sup>

*Department of Physical Therapy, Graduated school of Kyung Sung University*

*<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Dongju College*

*<sup>2</sup>Department of Physical Therapy, Kyung Sung University*

Received: December 12, 2021 / Revised: December 15, 2021 / Accepted: December 16, 2021

© 2021 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:** Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) is a method for promoting functional movements by facilitating neuromuscular responses through the stimulation of proprioceptors in the body using spiral and diagonal patterns. Irradiation, a basic principle of PNF, is a phenomenon in which the muscle activity of a body part caused by resistance is increased or spread into muscles in other parts via their connected muscles. Resistance training can be divided by body alignment into closed and open chain exercises.

**Methods:** In this study, 19 healthy men in their 20s and 30s were selected as subjects. They performed PNF hip flexion, abduction, and internal rotation motions on their dominant side in an open chain exercise posture in which the nondominant sole was away from the wall, and in a closed chain exercise posture in which the sole was fixed to the wall. The nondominant leg's muscle activity was measured while resistance was maintained with applied pressure at 0%, 25%, 50%, 75%, and 100% of the maximum muscle strength in the last range of motions. A two-way analysis of variance (ANOVA) was conducted for a comparative analysis of the contralateral leg's muscle activity according to the chain exercise postures and the intensity of resistance intensity during PNF hip flexion, abduction, and internal rotation. In addition, an independent sample T-test was conducted for a comparative analysis of each chain exercise posture according

†Corresponding Author : Sang-Yeol Lee (sjslh486@ks.ac.kr)

to the intensity of resistance. A one-way ANOVA and a Scheffe post-hoc test were also performed to analyze the contralateral leg's muscle activity according to the intensity of resistance in the closed and open chain exercise postures.

**Results:** Results of the two-way ANOVA found that the gluteus medius and the biceps femoris had statistically significant differences in both the chain exercise postures and resistance intensity ( $p < 0.05$ ), and that the vastus medialis and the gastrocnemius did not exhibit statistically significant differences in the chain exercise postures ( $p > 0.05$ ) but showed statistically significant differences in resistance intensity ( $p < 0.05$ ). As a result of the independent sample T-test, the application of the PNF hip flexion-abduction-internal rotation pattern led to a statistically significant difference in the contralateral gluteus medius during the closed chain exercise posture ( $p < 0.05$ ). According to the results of the one-way ANOVA and the Scheffe post-analysis, statistically significant differences were observed in the gluteus medius at 50%, biceps femoris at 75%, vastus medialis at 100%, and gastrocnemius at 100% during the closed chain exercise posture based on a resistance intensity of 0% ( $p < 0.05$ ). In the open chain exercise posture, statistically significant differences were found in the gluteus medius at 50%, biceps femoris at 50%, and vastus medialis at 75% based on the resistance intensity of 0% ( $p < 0.05$ ). In the same posture, there was no significant difference in the gastrocnemius's resistance intensity ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion:** When the PNF leg pattern is applied, each muscle requires effective chain exercise postures and resistance intensity to generate the contralateral leg muscle's irradiation.

**Key Words:** PNF, Kinematic chain position, Resistance strength, Irradiation

## I. 서론

고유수용성신경근축진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)은 나선형과 대각선 패턴을 사용하여 신체의 고유수용기를 자극함으로써 신경근 반응을 촉진시켜 기능적인 움직임을 증진시키는 방법이다. 그리고 신경근육계 자극 반응을 통하여 신체의 협응력을 증가시켜 운동단위(motor unit)가 최대로 반응하도록 함으로써 근력, 균형 능력, 유연성을 증진시킬 수 있는 효과적인 기법으로 알려져 있다(Klein et al., 2012). 이러한 PNF는 신체의 한 분절이나 특정부분만을 다루는 것이 아니라 신체의 전반적인 부분을 고려한 통합적 치료방법이며 운동조절과 운동학습의 원리를 통합하는 접근방법으로 기본원리, 기본절차, 테크닉으로 구성되어있다(Adler et al., 2014).

PNF의 기본원리 중 방산(irradiation)은 인체의 한 부위에서 발생한 근육 활동이 연결된 근육을 통해 다른 부위의 근육으로 반응이 확산되거나 증가되는 근

육 활동이며 한쪽의 근 수축을 통하여 반대측 근육의 근력 증가와 관절의 안정성을 향상시키는데 영향을 미치는 현상이다(Carroll et al., 2006; Lee & Carroll, 2007).

방산에 관련된 이론은 Scripture 등(1894)과 Enoka (1988)에 의해 처음 보고되었으며 교차 훈련(cross training)과 교차 전이(cross transfer)에 관련성이 있으며 인체의 여러 근육에서 등척성, 구심성, 원심성 등의 모든 근수축 방법을 통해 힘의 전달이 발생하는 것을 말한다(Zhou et al., 2002). 이러한 방산은 저항이라는 자극에 대한 반응이 다른 부위로 확산되는 것으로 근육마다 연결된 협응 구조 상에서 일어난다(Lim et al., 2013). 특히 약한 부위의 근육활성도를 증가시키기 위해 강한 부위의 근육에 저항을 적용하여 사용되어진다(Munn et al., 2004).

이러한 방산에 대한 개념적 활용은 PNF에서 많이 활용되고 있는데 주로 대각선과 나선상형의 운동 패턴을 증진시키거나 건측에 대한 저항운동을 통하여

약화되거나 마비가 발생한 환측의 근 수축력을 촉진시키는 방법으로 사용되고 있다(Adler et al., 2014). Knott와 Voss (1968)는 PNF의 기본절차 중 하나인 저항은 근 수축과 운동조절 및 운동학습에 도움을 주고 특히 방산의 효과를 얻기 위한 방법으로 최대 저항(maximum resistance)이라는 용어를 사용하였다. 또한 최대 저항을 이용한 방산은 강한 쪽의 운동 패턴을 이용하여 약한 쪽을 강화하기 위한 것이라고 하였다.

저항운동은 성인의 약한 근력을 향상시킬 수 있는 효과적인 방법으로(Peterson et al., 2010) 신체정렬에 의해 닫힌 사슬 운동과 열린 사슬운동으로 구분 지을 수 있다(Kwon et al., 2012). 열린 사슬운동은 팔다리의 먼 쪽 부위는 자유롭게 움직이고 몸 쪽 부위는 고정된 상태로 운동을 시행하는 방법으로 제한된 관절가동범위를 가진 환자의 근력을 향상시키기 위해 중요한 역할을 한다(Jang, 2003). 닫힌 사슬 운동은 팔다리의 먼 쪽 부위는 고정되어 있는 상태에서 몸쪽 부위와 먼 쪽 부위에서 동시에 저항을 적용시킬 때 일어나는 운동이다(Iwasaki et al., 2006). 그리고 두 발이나 두 손이 서로 고정되어 있는 상태에서 여러 개의 관절 축에서 움직임이 발생하며 두 개 이상의 분절이 동시에 움직여 관절과 근육간의 협응 운동을 유발하여 기능적인 운동을 할 수 있는 특징이 있다(Kim, 2007).

PNF의 패턴운동 시 닫힌, 열린 사슬운동자세에 따른 방산의 효과차이를 검증한 선행논문들이 있었다. Park 등(2011)은 사슬운동자세에 따라 앉은 자세에서 4가지의 PNF 팔 패턴을 적용했을 때 반대측 다리의 근활성도를 측정하고 닫힌 사슬운동자세와 열린 사슬운동자세에서 모두 PNF 어깨관절 굽힘, 벌림, 가쪽돌림 패턴을 적용 시 넙다리두갈래근의 근활성도가 증가하였고 닫힌 사슬운동자세에서는 안쪽넓은근과 앞정강근의 근활성도가 증가하였다고 보고하였다. Kim과 Seo (2015)는 사슬운동자세에 따른 PNF 팔패턴이 반대측 다리의 근활성도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 PNF 어깨관절 굽힘, 벌림, 가쪽돌림 패턴을 사슬운동자세에 따라 적용한 결과 닫힌 사슬운동자세에서 넙다리두갈래근, 장딴지근, 앞정강근에서 근활

성도가 더 높게 나타났고 유의한 차이를 보였다고 보고하였다. 이렇듯 많은 선행논문에서 사슬운동자세에 따른 PNF의 방산효과를 검증한 논문은 많았으나 PNF 다리패턴 적용 시 사슬운동자세와 방산을 발생시키는 저항강도에 따른 반대측 다리의 방산효과를 동시에 측정하는 논문은 없었다.

따라서 본 연구는 PNF 다리패턴 적용 시 사슬운동자세 및 저항강도에 따른 반대측 다리의 근활성도를 알아보려고 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 건강한 일반인 20, 30대의 남성 19명을 대상으로 선정하였다. 본 연구의 전체적인 실험 절차와 방법 및 목적에 대해서 충분한 설명을 들은 후 대상자의 자발적인 동의를 얻어서 실험을 진행하였다.

대상자의 선정 기준은 다음과 같다.

- 1) 몸통 및 다리의 신경계와 근골격계에 문제가 없는 자
- 2) 동작 수행 중 통증을 호소하거나 관절에 구축이 없는 자

지적장애나 정신적 질환으로 통증을 정확하게 표현하지 못하는 자는 제외하였다.

### 2. 연구방법 및 도구

#### 1) 휴대용 근력측정기(hand-held dynamometer)

휴대용 근력 측정기는 엉덩관절의 굽힘, 벌림, 안쪽돌림 동작 시 최대 근력을 알아보고 최대 근력의 0%, 25%, 50%, 75%, 100%의 저항을 지속적으로 적용시키기 위해 사용하였다(Chon et al., 2010). 엉덩관절의 굽힘, 벌림, 안쪽돌림 동작에 따른 최대 근력은 동작의 끝범위에서 5초 동안 유지하였으며 3회 반복하여 측

정된 값들 중 가장 높은 값으로 정하였다. 이 기구는 단일 검사자에 대한 높은 검사-재검사신뢰도(test-retest reliability)를 가졌다( $ICC=0.86\sim0.94$ )(Knols et al., 2009).

## 2) 근전도측정기기

바로누운자세에서 PNF 엉덩관절 굽힘, 벌림, 안쪽 돌림 동작 시 활성화되는 반대측의 안쪽넓은근(vastus medialis), 중간볼기근(gluteus medius), 넓다리두갈래근(biceps femoris), 장딴지근(gastrocnemius)의 자료 수집을 위해 표면근전도 시스템(BS EMG V100, PhysioLab, Korea)을 사용하였고 근전도 신호의 표본 추출율(sampling rate)은 1000Hz로 설정하고 주파수 대역 필터는 20~450Hz로 설정하였다.

전극의 배치는 SENIAM project (Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles, 2009)의 제시 방법을 이용하여 안쪽넓은근은 무릎뼈의 위쪽 테두리에서 2 cm 안쪽지점, 중간볼기근은 엉덩뼈의 능선과 넓다리뼈 큰 돌기 사이의 거리의 가까운 쪽 1/3 지점, 넓다리두갈래근은 궁둥뼈거친면과 종아리뼈머리 사이의 중앙부위 지점, 장딴지근은 장딴지근 근복의 면쪽부위에서 발 뒤꿈치 힘줄의 앞·안쪽 사이 지점에 부착하였다. 안쪽넓은근, 중간볼기근, 넓다리두갈래근, 장딴지근 각각의 근섬유의 주행방향과 평행한 방향으로 부착하였다.

반대측 다리근육에서 측정된 근전도 신호는 제곱평균제곱근(root mean square)값으로 처리하여 기록하였다. 모든 근전도 신호는 최대 수의적 등척성 수축(maximum voluntary isometric contraction, MVIC)을 통해 백분율로 정규화시켜 분석하였다

## 3. 실험 절차

실험 전 각각의 근육에 대한 근활성도 변화량을 비교하기 위한 표준화 과정으로 Kendall 등(2005)이 제시한 자세에서 최대 수의적 등척성 근수축력을 측정하였다. 최대 수의적 등척성 근수축력은 대상자의

비우세측 다리에서 측정하였다. 최대 수의적 등척성 수축은 2회 반복 측정하였으며 측정간 1분의 휴식을 실시하였다.

사슬운동자세와 저항강도의 순서는 무작위로 설정하여 측정하였으며 PNF패턴은 대상자의 우세측 다리에 적용하였다. 실험을 시작하기 전에 모든 대상자에게 PNF 엉덩관절 굽힘, 벌림, 안쪽돌림 동작에 대한 교육을 시행하였으며 사전 연습 후 충분한 시간의 안정을 취한 뒤에 측정을 실시하였다. 대상자는 바로누운자세에서 PNF 엉덩관절 굽힘, 벌림, 안쪽돌림을 실시하였으며 대상자의 반대측 다리에 사슬운동자세변화를 주기 위해 발목을 바닥에서 10cm 높이로 슬링을 걸어 실시하였다. 반대측 발바닥이 벽에서 떨어져 있는 열린 사슬운동자세와 발바닥이 벽에 붙어 고정되어 있는 닫힌 사슬운동자세에 PNF 엉덩관절 굽힘, 벌림, 안쪽돌림 동작을 실시하였으며 동작의 끝범위에서 최대 근력의 0%, 25%, 50%, 75%, 100%의 저항으로 유지 및 압박을 적용하는 동안 반대측의 다리근활성도를 측정하였다. 대상자에게 휴대용 근력측정기에 나타나는 저항량을 보면서 시각적피드백을 받도록 하여 선택적 저항값이 되었을 때 등척성수축을 유지할 수 있도록 하였다. 근 수축 시간은 5초를 유지하였으며 3회 반복 측정하였고 각각의 측정 사이에는 근 피로방지를 위하여 휴식시간은 1분이 제공되었다. 모든 실험은 3번 반복 측정 후 대상자에게 2분의 휴식을 제공하였다.

## 4. 자료 분석

PNF 엉덩관절 굽힘, 벌림, 안쪽돌림 동작 시 사슬운동자세와 저항강도에 따른 반대측 다리의 근활성도를 비교 분석하기 위해 이원배치 분산분석(two way measures ANOVA)을 실시하였다. 추가적으로 저항강도에 따른 사슬운동자세를 각각 비교분석하기 위해 독립표본 T 검정(independent T-test)을 실시하였으며, 닫힌 사슬운동자세와 열린 사슬운동자세에서 저항강도에 따른 반대측 다리의 근활성도를 분석하기 위해 일원배치 분산분석(one way measures ANOVA)과

Scheffe 사후분석을 실시하였다. 통계 프로그램은 SPSS 25.0(IBM SPSS Inc., USA)을 사용하고 유의수준 ( $\alpha$ )은 0.05로 설정하였다.

### III. 결 과

#### 1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구의 대상자는 총 19명이며, 평균 연령 27.42±3.85세, 평균 신장은 172.68±4.23cm, 평균 체중은 73.84±9.35kg, 신체질량지수는 24.72±2.58kg/m<sup>2</sup>이었다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects (n=19)

Characteristics	Mean±SD
Age (years)	27.42±3.85 <sup>a</sup>
Height (cm)	172.68±4.23
Weight (kg)	73.84±9.35
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24.72±2.58

<sup>a</sup>Mean±SD

#### 2. PNF 패턴 적용 시 사슬운동자세와 저항강도에 따른 반대측 다리의 근활성도 비교

##### 1) 중간볼기근

PNF 패턴 적용 시 사슬운동자세와 저항강도에 따

른 반대측 다리의 중간볼기근의 근활성도를 비교하기 위해 이원배치 분산분석을 실시한 결과 사슬운동자세와 저항강도에 따른 상호작용은 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 그리고 사슬운동자세와 저항강도에서 모두 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ )(Table 2).

추가적으로 독립 T검정을 실시하였을 때 닫힌 사슬운동자세 그룹과 열린 사슬운동자세 그룹은 각 저항강도 0%, 25%, 50%, 75%, 100%에서 모두 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 일원배치 분산분석에서 닫힌 사슬운동자세, 열린 사슬운동자세 모두 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 사후분석의 결과, 닫힌 사슬운동자세에서 저항강도 0%를 기준으로 25%에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ), 50%, 75% 100%에서는 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 저항 강도 25%는 0%, 50%에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p<0.05$ ), 75%, 100%에서는 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 저항강도 50%는 25%, 75%와 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ), 0%, 100%에서는 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 저항강도 75%는 50%와 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ), 0%, 25%, 100%에서는 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 저항강도 100%는 0%, 25%, 50%, 75%에서 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ).

열린 사슬운동자세에서 저항강도 0%를 기준으로 25%에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ), 50%, 75% 100%에서는 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 저항 강도 25%는 0%, 50%에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ), 75%, 100%에서는 유의

Table 2. Comparison of gluteus medius of contralateral lower extremity according to kinetic chain posture and resistance intensity (n=19)

		0%	25%	50%	75%	100%	F	p
Gluteus medius	CKC	7.02±4.88 <sup>a</sup>	15.92±7.26	27.18±11.43	35.30±15.27	53.28±17.93	62.70	0.00 <sup>*</sup>
	OKC	4.36±2.22	8.92±5.61	16.34±9.38	19.87±10.79	31.08±14.28		
	F			53.21				
	p			0.00 <sup>†</sup>				

<sup>a</sup>Mean±SD

<sup>\*</sup>Significance according to resistance intensity  $p<0.05$ , <sup>†</sup>Significance according to chain type  $p<0.05$

CKC: close kinetic chain, OKC: open kinetic chain

한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 저항강도 50%는 25%, 75%와 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ), 0%, 100%에서는 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 저항강도 75%는 저항강도 50%와 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ), 0%, 25%, 100%에서는 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 저항강도 100%는 0%, 25%, 50%, 75%에서 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ).

2) 넙다리두갈래근

PNF 패턴 적용 시 사슬운동자세와 저항강도에 따른 반대측 다리의 넙다리두갈래근의 근활성도를 비교하기 위해 이원배치 분산분석을 실시한 결과 사슬운동자세와 저항강도에 따른 상호작용은 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ). 그리고 사슬운동자세와 저항강도에서 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ )(Table 3).

추가적으로 독립 T검정을 실시 하였을 때 닫힌 사슬운동자세 그룹과 열린 사슬운동자세 그룹은 각 저항강도 0%, 25%, 50%, 75%, 100%에서 모두 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ). 일원배치 분산분석에서 닫힌 사슬운동자세, 열린 사슬운동자세 모두 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 사후분석의 결과, 닫힌 사슬운동자세에서 저항강도 0%를 기준으로 25%, 50%에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ), 75% 100%에서는 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 저항강도 25%는 0%, 50%, 75%에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ), 100%에서는 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 저항강도 50%는 0%, 25%, 75%, 100%

에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ). 저항강도 75%는 25%, 50%, 100%와 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ), 0%에서는 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 저항강도 100%는 50%, 75%와 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ), 0%, 25%에서는 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ).

열린 사슬운동자세에서 저항강도 0%를 기준으로 25%에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ), 50%, 75% 100%에서는 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 저항강도 25%는 0%, 50%, 75%에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ), 100%에서는 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 저항강도 50%는 25%, 75%, 100%와 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ), 0%에서는 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 저항강도 75%는 저항강도 25%, 50%, 100%와 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ), 0%에서는 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 저항강도 100%는 50%, 75%와 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ), 0%, 25%에서 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ).

3) 안쪽넓은근

PNF 패턴 적용 시 사슬운동자세과 저항강도에 따른 반대측 다리의 안쪽넓은근의 근활성도를 비교하기 위해 이원배치 분산분석을 실시한 결과 사슬운동자세와 저항강도에 따른 상호작용은 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ). 그리고 사슬운동자세에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p>0.05$ ), 저항강도에

Table 3. Comparison of biceps femoris of contralateral lower extremity according to kinetic chain posture and resistance intensity (n=19)

		0%	25%	50%	75%	100%	F	p
Biceps femoris	CKC	4.42±5.07	8.20±7.08	13.70±11.16	15.26±13.00	20.55±12.62	16.79	0.00*
	OKC	3.06±2.18	11.94±12.38	17.00±12.10	21.58±14.53	25.78±15.29		
F							4.41	
p							0.04 <sup>†</sup>	

<sup>a</sup>Mean±SD

\*Significance according to resistance intensity  $p<0.05$ , <sup>†</sup>Significance according to chain type  $p<0.05$

CKC: close kinetic chain, OKC: open kinetic chain

Table 4. Comparison of vastus medialis of contralateral lower extremity according to kinetic chain posture and resistance intensity (n=19)

		0%	25%	50%	75%	100%	F	p
Vastus medialis	CKC	2.26±1.55	4.60±3.64	7.67±7.91	9.18±10.83	17.61±13.57	17.93	0.00*
	OKC	2.03±1.35	3.09±2.46	4.52±3.79	10.22±8.45	13.71±11.79		
F							1.86	
p							0.17	

\*Mean±SD

\*Significance according to resistance intensity p<0.05, †Significance according to chain type p<0.05

CKC: close kinetic chain, OKC: open kinetic chain

서는 유의한 차이가 나타났다(p<0.05)(Table 4).

추가적으로 독립 T검정을 실시 하였을 때 닫힌 사슬운동자세 그룹과 열린 사슬운동자세 그룹은 각 저항강도0%, 25%, 50%, 75%, 100%에서 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>0.05). 일원배치 분산분석에서 닫힌 사슬운동자세, 열린 사슬운동자세 모두 유의한 차이가 나타났다(p<0.05). 사후분석의 결과, 닫힌 사슬운동자세에서 저항강도 0%를 기준으로 25%, 50%, 75%와 유의한 차이가 나타나지 않았으며 (p>0.05), 100%에서는 유의한 차이가 나타났다 (p<0.05). 저항 강도 25%는 0%, 50%, 75%에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며(p>0.05), 100%에서는 유의한 차이가 나타났다(p<0.05). 저항강도50%는 0%, 20%, 75%에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며 (p>0.05), 100%에서는 유의한 차이가 나타났다 (p<0.05). 저항강도 75%는 0%, 25% 50%, 100%와 유의한 차이가 나타나지 않았으며(p>0.05). 저항강도 100%는 75%와 유의한 차이가 나타나지 않았으며(p>0.05), 0%, 25%, 50%에서는 유의한 차이가 나타났다(p<0.05).

열린 사슬운동자세에서 저항강도 0%를 기준으로 25%, 50%와 유의한 차이가 나타나지 않았으며 (p>0.05), 75%, 100%에서는 유의한 차이가 나타났다 (p<0.05). 저항 강도 25%는 0%, 50%에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며(p>0.05), 75%, 100%에서는 유의한 차이가 나타났다(p<0.05). 저항강도 50%는 0%, 20%, 75%에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며 (p<0.05), 100%에서는 유의한 차이가 나타났다 (p<0.05). 저항강도 75%는 50%, 100%와 유의한 차이가

나타나지 않으며(p>0.05), 0%, 25%에는 유의한 차이가 나타났다(p<0.05). 저항강도 100%는 75%와 유의한 차이가 나타나지 않았으며(p>0.05), 0%, 25%, 50%에서는 유의한 차이가 나타났다(p<0.05).

#### 4) 장딴지근

PNF 패턴 적용 시 사슬운동자세와 저항강도에 따른 반대측 다리의 장딴지근의 근활성도를 비교하기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과 사슬운동자세와 저항강도에 따른 상호작용은 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>0.05). 그리고 사슬운동자세에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며(p>0.05), 저항강도에서는 유의한 차이가 나타났다(p<0.05)(Table 5).

추가적으로 독립 T검정을 실시 하였을 때 닫힌 사슬운동자세 그룹과 열린 사슬운동자세 그룹은 각 저항강도0%, 25%, 50%, 75%, 100%에서 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>0.05). 일원배치 분산분석에서 닫힌 사슬운동자세는 유의한 차이가 나타났으며 (p<0.05), 열린운동사슬에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>0.05). 사후분석의 결과, 닫힌 사슬운동자세에서 저항강도 0%를 기준으로 25%, 50%, 75%와 유의한 차이가 나타나지 않았으며(p>0.05), 100%에서는 유의한 차이가 나타났다(p<0.05). 저항 강도 25%는 0%, 50%, 75%에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며 (p>0.05), 100%에서는 유의한 차이가 나타났다 (p<0.05). 저항강도50%는 0%, 20%, 75%, 100%에서 유의한 차이가 나타나지 않았다(p<0.05). 저항강도 75%

Table 5. Comparison of gastrocnemius of contralateral lower extremity according to kinetic chain posture and resistance intensity (n=19)

		0%	25%	50%	75%	100%	F	p	
Gastrocnemius	CKC	2.87±1.80	4.55±6.43	5.24±5.37	5.94±6.10	11.51±9.27	4.79	0.00*	
	OKC	3.74±5.35	3.97±4.63	5.11±8.25	5.71±7.15	7.80±10.25			
F								0.58	
p								0.45	

\*Mean±SD

\*Significance according to resistance intensity  $p < 0.05$ , †Significance according to chain type  $p < 0.05$

CKC: close kinetic chain, OKC: open kinetic chain

는 0%, 25% 50%, 100%와 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p > 0.05$ ). 저항강도 100%는 50%, 75%와 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $p > 0.05$ ), 0%, 25%에서는 유의한 차이가 나타났다( $p < 0.05$ ).

#### IV. 고 찰

PNF는 수축을 하는 근육과 중심운동경로의 많은 자극이 원심성 되먹임을 통하여 반대측 운동 뉴런을 자극하는 것을 방산효과라 한다(Carroll et al., 2006). PNF 패턴을 적용 시 발생하는 방산을 검증한 선행연구들이 많이 발표되고 있지만(Choi et al., 2019; Yang et al., 2018; Yang et al., 2019) 방산을 발생시키는 저항강도에 따른 PNF의 방산효과의 변화를 측정하는 논문 거의 없다. 따라서 본 연구에서는 PNF 다리패턴의 적용 시 사슬운동자세와 저항강도에 따른 반대측 다리 근활성도의 차이를 알아보려고 하였다.

본 연구는 사슬운동자세에 따른 반대측다리의 근활성도를 알아보았으며, 닫힌 사슬운동자세에서 중간볼기근이 유의하게 증가하는 것으로 나타났다. 중간볼기근은 엉덩뼈능선에서 넙다리뼈의 큰돌기로 연결되는 근육으로 엉덩관절 펌, 벌림, 가쪽돌림 동작을 한다. 이러한 중간볼기근은 특히 한발서기라는 체중부하 자세에서 골반의 균형유지에 결정적인 역할을 한다(Egol et al., 1998). 또한 입각기에서 체중의 2배 가량의 토크를 형성하여 골반과 엉덩관절에 안정성을 제공한다(Neumann, 1996). 또한 닫힌 사슬운동자세는

관절 압박력 증가, 관절 일치성 증가로 인해 발생하는 안정성 증가, 고유수용기 자극, 동적 안정성 증가와 같은 체중부하 활동과 관련성이 있으며(Palmitier et al., 1991), 닫힌 사슬운동자세 시 엉덩관절 벌림근의 근활성도는 넙다리근막긴장근에 비해 중간볼기근이 더 높은 것으로 나타났다(Kim, 2006). 이러한 선행연구를 바탕으로 본 연구의 측정자세는 한발서기와 유사한 자세이기 때문에 닫힌 사슬운동자세에서 유의한 차이가 나타났을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 PNF패턴 적용 시 저항강도에 따른 방산효과를 검증하기 위해 반대측 다리의 근활성도를 사후분석하였다. 그 결과 닫힌 사슬운동자세에서는 저항강도 0%를 기준으로 중간볼기근은 50%, 넙다리두갈래근은 75%, 안쪽넓은근은 100%, 장딴지근은 100%에서 유의한 차이가 나타났으며 열린 사슬운동자세에서는 저항강도 0%를 기준으로 중간볼기근은 저항강도 50%, 넙다리두갈래근은 50%, 안쪽넓은근은 75%, 장딴지근은 유의한 저항강도가 없는 것으로 나타났다.

Kabat (1961)에 의하면 특정 패턴에서 근육 활동이 퍼진다고 하였으며 앞선 선행연구에서 굽힘, 벌림, 무릎굽힘의 패턴에서 중간볼기근의 근활성도가 가장 높게 측정되었다고 보고하였다(Nemeth & Steinhausz, 2008). 이러한 연구를 바탕으로 동측 다리의 굽힘은 반대측 다리의 신전에, 동측 다리의 벌림은 반대측 다리의 바깥 돌림에, 동측 다리의 안쪽 돌림은 반대측 다리의 벌림에 영향을 준 것으로 보여진다.

Adler 등(2014)은 적절히 적용한 저항은 반대측 다리에 방산을 일으켜 근육을 수축시킨다고하였고 다른



선행연구에서는 저항이 고유수용성 감각을 촉진시키고 이러한 촉진이 몸쪽에서 먼쪽으로 변지게 된다고 하였다(Gellhorn, 1948; Loofbourrow & Gellhorn, 1948). 또한 방산은 저항에 대항하기 위해 운동패턴과 관련된 주동근 뿐만 아니라 협력근에 수축반응을 유발시킨다고 하였다(Min et al., 2012). 이러한 선행 연구를 바탕으로 중간볼기근과 넙다리두갈래근은 몸쪽 근육이자 엉덩관절 굽힘, 벌림, 안쪽돌림 PNF패턴에 직접적으로 방산의 영향을 받는 근육으로 적은 저항강도에서도 방산의 효과를 나타냈을 것으로 생각되고, 먼쪽 근육이자 엉덩관절 굽힘, 벌림, 안쪽돌림 PNF패턴에 간접적으로 방산의 영향을 받는 안쪽넓은근과 장딴지근은 보다 큰 저항강도에서 방산의 효과를 나타냈을 것으로 사료된다. 또한 넙다리두갈래근과 안쪽넓은근은 열린 사슬운동자세에서 닫힌 사슬운동자세보다 낮은 저항강도에서 유의한 차이를 나타냈다. 이는 열린 사슬운동자세가 닫힌 사슬운동자세 일 때 보다 관절의 압박력, 안정성 등이 감소될 것이고 엉덩관절의 중간볼기근의 근활성도가 감소되면서 열린 사슬운동자세에서 엉덩관절의 안정성이 감소될 것이다. 그러므로 열린 사슬운동자세에서 다리의 안정성을 보상하기 위해 넙다리두갈래근과 안쪽넓은근의 근활성도가 증가한 것으로 사료된다. 또한 장딴지근은 제일 먼쪽 근육이자 열린 사슬운동자세 변경 시 중력으로 인한 발목관절의 각도변화가 장딴지근의 근 길이에 영향을 주어 열린 사슬운동자세에서는 유의한 차이가 나지 않았을 것으로 사료된다.

따라서 중간볼기근의 닫힌 사슬운동자세와 열린 사슬운동자세는 저항강도 50%, 넙다리두갈래근의 닫힌 사슬운동자세는 저항강도 75%, 열린 사슬운동자세는 50%, 안쪽넓은근의 열린 사슬운동자세는 저항강도의 75%가 반대측 다리의 방산을 일으키기 위한 최소한의 저항강도라고 생각된다.

Adler 등(2014)은 저항을 줄 때 통증 또는 불필요한 피로가 발생하지 않도록 강조하였고, Feland와 Marin (2004)는 최대 근수축은 지연성 근육통(delayed onset muscle soreness)을 유발하고 부상의 위험성을 증가시

킬 수도 있다고 보고하였다. 이러한 선행논문의 결과를 바탕으로 본 연구 결과의 의미를 확장해본다면 저항강도 100%의 경우 근피로도 증가로 인한 근육의 손상을 유발시킬 수 있을 것으로 생각된다. 또한 방산을 일으키기 위한 PNF패턴을 적용 시 손상 예방 및 선택적인 근력강화를 위하여 다리의 저항강도는 중간볼기근은 닫힌 사슬운동자세와 열린 사슬운동자세에서 최대 근력의 50%의 저항강도, 넙다리두갈래근은 닫힌 사슬운동자세에서 75%의 저항강도, 열린 사슬운동자세에서 50%의 저항강도, 안쪽넓은근은 열린 사슬운동자세에서 75%의 저항강도가 가장 적절한 것으로 사료된다. 안쪽넓은근과 장딴지근의 경우 닫힌 사슬운동자세에서 100%의 저항강도에서 유의한 차이가 나타났으므로 닫힌 사슬운동자세에서 안쪽넓은근과 장딴지근에 방산을 일으키기 위해 다리패턴 적용할 시에는 부상의 위험성에 대해 고려해야 될 것으로 사료된다. 이렇듯 근육마다 방산에 필요한 저항강도가 다르므로 임상적용 시 치료사는 근육마다 저항강도를 선택적으로 다르게 설정하여 중재해야 할 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 첫번째 대상자의 수가 적으며 남성으로만 모집하였기 때문에 모든 일반인들에게 일반화하기 어려울 것으로 생각된다. 따라서 향후 연구에는 다양한 성별 및 연령대의 대상자를 모집한 추가연구가 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결론

본 연구는 PNF 다리패턴 적용 시 사슬운동자세 및 저항강도가 반대측 타리의 근활성도에 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위하여 실시하였다. 그 결과 중간볼기근의 닫힌 사슬운동자세와 열린 사슬운동자세는 저항강도 50%, 넙다리두갈래근의 닫힌 사슬운동자세는 저항강도 75%, 열린 사슬운동자세는 50%, 안쪽넓은근의 열린 사슬운동자세는 저항강도의 75%에서 각각 효율적으로 방산을 발생시켰다.

따라서 본 연구의 결과는 PNF 다리패턴 적용 시 반대측 다리근육의 방산을 일으키기 위해서 근육마다 효율적인 시슬운동자세와 저항강도가 필요하다고 생각되며 더 나아가 임상에서 다른 PNF 패턴 적용 할 시에도 방산을 일으키기 위한 시슬운동자세와 적절한 저항강도의 근거가 되는 기초자료로 활용될 것으로 생각된다.

### References

- Adler S, Beckers D, Buck M. PNF in practice: an illustrated guide, 4th ed. Berlin. Springer. 2014.
- Carroll TJ, Herbert RD, Munn J, et al. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. *Journal of Applied Physiology*. 2006;101(5):1514-1522.
- Choi SH, Rhee MH, Ha KJ, et al. Effects of irradiation on the muscle activity around an amputation site during proprioceptive neuromuscular facilitation pattern exercise for upper extremity and scapular exercise on the non-amputated part-a case study. *PNF and Movement*. 2019;17(1):11-18.
- Chon SC, Chang KY, You JSH. Effect of the abdominal draw-in manoeuvre in combination with ankle dorsiflexion in strengthening the transverse abdominal muscle in healthy young adults: a preliminary, randomised, controlled study. *Physiotherapy*. 2010;96(2):130-136.
- Egol KA, Koval KJ, Kummer F, et al. Stress fractures of the femoral neck. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1998;(348):72-78.
- Enoka RM. Muscle strength and its development. *Sports Medicine*. 1988;6(3):146-168.
- Feland J, Marin H. Effect of submaximal contraction intensity in contract-relax proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *British Journal of Sports Medicine*. 2004;38(4):18-19.
- Gellhorn E. Proprioception and the motor cortex. *Brain*. 1949;72(1):35-62.
- Iwasaki T, Shiba N, Matsuse H, et al. Improvement in knee extension strength through training by means of combined electrical stimulation and voluntary muscle contraction. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*. 2006;209(1):33-40.
- Jang J. The change of muscle activation in quadriceps femoris muscle during taking open kinetic chain exercise and closed kinetic chain exercise: on the subject of soccer players. Korea University. Dissertation of Master's Degree. 2003.
- Kabat H. Proprioceptive facilitation in therapeutic exercise. In: Light S Johnson EW (eds). *Therapeutic exercise*, 2nd ed. Waverly. Baltimore. 1961.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. *Muscles: testing and function with posture and pain*, 5th ed. Baltimore. Williams & Wilkins. 2005.
- Kim ER. The effect of closed and open kinetic chain exercises on the activation of Hip abductors. Inje University. Dissertation of Master's Degree. 2006.
- Kim HG, Seo YS. The effect of PNF arm flexion pattern on the muscle activation of lower extremity by kinematic chain positions. *PNF and Movement*. 2015;13(2):95-102.
- Kim YJ. The effects of closed kinetic chain exercises on the stability of the knee joints of patients with anterior cruciate ligament reconstruction. Daegu University. Dissertation of Master's Degree. 2007.
- Klein DA, Stone WJ, Phillips WT, et al. PNF training and physical function in assisted-living older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2002;10(4):476-488.
- Knols RH, Aufdemkampe G, De Bruin ED, et al. Hand-held dynamometry in patients with haematological malignancies: measurement error in the clinical assessment of knee extension strength. *BMC*

- Musculoskeletal Disorders*. 2009;10(1):1-11.
- Knott M, Voss DE. Proprioceptive neuromuscular facilitation, 3rd ed. New York. Harper & Row. Publishers. 1968.
- Kwon YU, Park SJ, Kim K. The effect of open and closed chain exercise on lower extremity muscle activity in adults. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2012;7(2):173-182.
- Lee M, Carroll TJ. Cross education: possible mechanisms for the contralateral effects of unilateral resistance training. *Sports Medicine*. 2007;37(1):1-14.
- Lim JH, Lee MK, Kim TY, et al. The combination of PNF patterns for coordinative locomotor training. *PNF and Movement*. 2013;11(1):17-25.
- Loofbourrow G, Gellhorn E. Proprioceptively induced reflex patterns. *American Journal of Physiology-Legacy Content*. 1948;154(3):433-438.
- Min KO, Kang KY, Kwon MJ, et al. Therapeutic exercise for nervous system. Seongnam. Hanulbook Company. 2012
- Munn J, Herbert RD, Gandevia SC. Contralateral effects of unilateral resistance training: a meta-analysis. *Journal of Applied Physiology*. 2004;96(5):1861-1866.
- Nemeth E, Steinhausz V. PNF induced irradiation on the contralateral lower extremity with EMG measuring. Budapest. Proceedings of 3rd Hungarian Conference. 2008
- Neumann DA. Hip abductor muscle activity in persons with a hip prosthesis while carrying loads in one hand. *Physical Therapy*. 1996;76(12):1320-1330.
- Palmitier RA, An KN, Scott SG, et al. Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. *Sports Medicine*. 1991;11(6):402-413.
- Park TJ, Park HK, Kim JM. The effects of PNF arm patterns on activation of leg muscles according to open and closed kinematic chains. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2011;6(2):215-223.
- Peterson MD, Rhea MR, Sen A, et al. Resistance exercise for muscular strength in older adults: a meta-analysis. *Ageing Research Reviews*. 2010;9(3):226-237.
- Scripture E, Smith TL, Brown EM. On the education of muscular control and power. *Studies From the Yale Psychological Laboratory*. 1894;2(5):114-119.
- SENIAM. <http://www.seniam.org/>. 2009.
- Yang JM, Lee JH, Kang SW. The effect of foot pressure on the irradiation of a PNF upper arm pattern on standing posture with an elastic band: a randomized control trial. *PNF and Movement*. 2018;16(3):425-432.
- Yang JM, Yeo GE, Kim DW. The relationship of pelvic pressure and irradiation of the PNF upper arm pattern in the sitting position with an elastic band-a randomized control trial. *PNF and Movement*. 2019;17(3):421-429.
- Zhou S, Oakman A, Davie AJ. Effects of unilateral voluntary and electromyostimulation training on muscular strength on the contralateral limb. *Hong Kong Journal of Sports Medicine and Sports Science*. 2002;14:1-11.