

# 넙다리뒤근 단축 증후군이 있는 젊은 여성에서 오금각과 넙다리뒤근 순응성에 대한 신경가동화기법과 정적신장운동의 즉각적인 효과 비교

오덕원

청주대학교 보건의료대학 물리치료학과

## Comparison of the Immediate Effects of the Neural Mobilization Technique and Static Stretching Exercise on Popliteal Angle and Hamstring Compliance in Young Women With Short Hamstring Syndrome

Duck-won Oh, PhD, PT

Dept. of Physical Therapy, College of Health Science, Cheongju University

### Abstract

**Background:** Limitation of hamstring extensibility is often associated with various musculoskeletal problems such as alterations in posture and walking patterns. Thus, certain appropriate strategies need to be established for its management.

**Objects:** The aim of this study was to compare the effects of the neural mobilization technique and static stretching exercises on popliteal angle and hamstring compliance in young women with short hamstring syndrome (SHS).

**Methods:** Thirty-three women with SHS were randomly assigned to either group-1 ( $n_1=17$ ) that underwent the neural mobilization technique or group-2 ( $n_2=16$ ) that underwent the static stretching exercises. Outcome measures included the active popliteal angle (APA) and a hamstring's electromyographic (EMG) activity at a maximum popliteal angle of the baseline. Intervention for each group was performed for a total time of 3-min (6 sets of a 30-sec application).

**Results:** There were significant interactions between time and group in the APA [group-1 (pre-test to post-test):  $69.70\pm 8.14^\circ$  to  $74.14\pm 8.07^\circ$  and group-2:  $68.66\pm 7.42^\circ$  to  $70.52\pm 7.92^\circ$ ] ( $F_{1,31}=6.678$ ,  $p=.015$ ) and the EMG activity of the hamstring (group-1:  $1.12\pm .30\mu V$  to  $.69\pm .31\mu V$  and group-2:  $1.19\pm .49\mu V$  to  $1.13\pm .47\mu V$ ) ( $F_{1,31}=6.678$ ,  $p=.015$ ). Between-group comparison revealed that the EMG activity of the hamstring was significantly different at post-test between the groups ( $p<.05$ ). Furthermore, in within-group comparison, group-1 appeared to be significantly different for both variables between pre- and post-test ( $p<.05$ ); however, group-2 showed significant difference in only the APA between pre- and post-test ( $p<.05$ ).

**Conclusion:** These findings suggest that the neural mobilization technique and static stretching exercises may be advantageous to improve hamstring compliance in young women with SHS, resulting in a more favorable outcome in the neural mobilization technique.

**Key Words:** Active knee extension angle; Hamstring compliance; Neural mobilization; Stretching.

### I. 서론

신체 활동의 감소, 환경호르몬의 영향과 노화 과정은

사람들의 근육탄력성을 떨어뜨리고 근육구조를 취약하게 만들어 다양한 활동 중 근육 조직 내에서 발생하는 스트레스에 적절히 반응하지 못하게 만든다(Faulkner

Corresponding author: Duck-won Oh odduck@cju.ac.kr

This work was supported by the research grant of Cheongju University (2016.03.01.-2018.02.28).

등, 2007). 운동기능과 수행능력을 향상시켜 부상을 예방하기 위해서는 관절조직의 유연성 유지가 필수적이며 (Ogura 등, 2007) 허리, 엉덩이와 허벅지 같은 표재근육들을 유연하게 관리하는 것이 임상적으로 중요한 부분이다. 사무직 직장인들은 업무수행 중 장시간 앉아있는 자세를 유지하며 비활동적인 신체 습관을 갖게 되는데, 이로 인해, 넙다리뒤근(hamstring)은 다른 근육들에 비해 결합조직 혹은 지방과 같은 근육의 비수축성 조직이 증가하여 뻣뻣함과 단축이 발생하기 쉬운 것으로 알려져 있다(Kumar, 2011).

넙다리뒤근의 단축은 무릎관절의 구축(contracture)의 위험성을 높여 다리의 정상적인 체중지지 활동을 어렵게 만들며, 엉덩관절, 무릎관절, 골반의 움직임에 변화를 초래하여 자세불량과 보행이상을 유발하고, 요통과 같은 근골격계 손상을 야기하는 잠재적인 원인이 된다 (Kisner와 Colby, 2007). 또한 넙다리뒤근의 유연성 부족은 다리의 뼈영양증(osteoporosis)(Henderson 등, 1995) 혹은 병적 골절(pathological fracture)(Lingam과 Joester, 1994)의 증가와 관련되는 것으로 보고되고 있다. 넙다리뒤근의 기능인 엉덩관절의 폼(extension)과 무릎관절의 굽힘(flexion)이 서기, 걷기, 달리기, 계단 오르내리기 등의 신체 움직임을 수행하는 기본적인 요소이기 때문에 (Neumann, 2010), 넙다리뒤근의 유연성을 유지하는 것은 골반과 허리뼈의 리듬과 같은 근골격계 기능을 회복하는데 중요한 요소로 여겨지고 있다(Ayala 등, 2013).

넙다리뒤근의 유연성은 오금각(popliteal angle)으로 측정될 수 있으며 주동근의 운동에 대한 순응적 이완(compliant relaxation) 상태를 반영하는 것으로, 다리관절의 운동범위를 유지하고 운동 수행능력을 최적화하는데 중요한 역할을 한다(Schuback 등, 2004). 그러므로 넙다리뒤근의 순응성(compliance)과 이완을 촉진시키는 것은 신체의 기능적인 움직임과 활동을 향상시키고 관절의 구축(contracture)과 변형(deformity)을 감소시켜 근골격계 손상을 예방하는데 도움이 된다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 근육의 유연성을 증진시킬 수 있도록 마사지 및 신경가동화기법과 같은 이완운동, 신장운동(stretching), 근력강화 운동, 운동 조절 및 학습, 열전기치료 등의 방법들이 다양하게 사용되고 있다 (Barlow 등, 2007; Funk 등, 2003; Spornoga 등, 2001).

임상 현장에서 근육의 유연성과 순응성을 증진시키기 위한 목적으로 가장 보편적으로 사용되는 방법은 신장운동(stretching exercise)으로, 정적 혹은 동적인 방

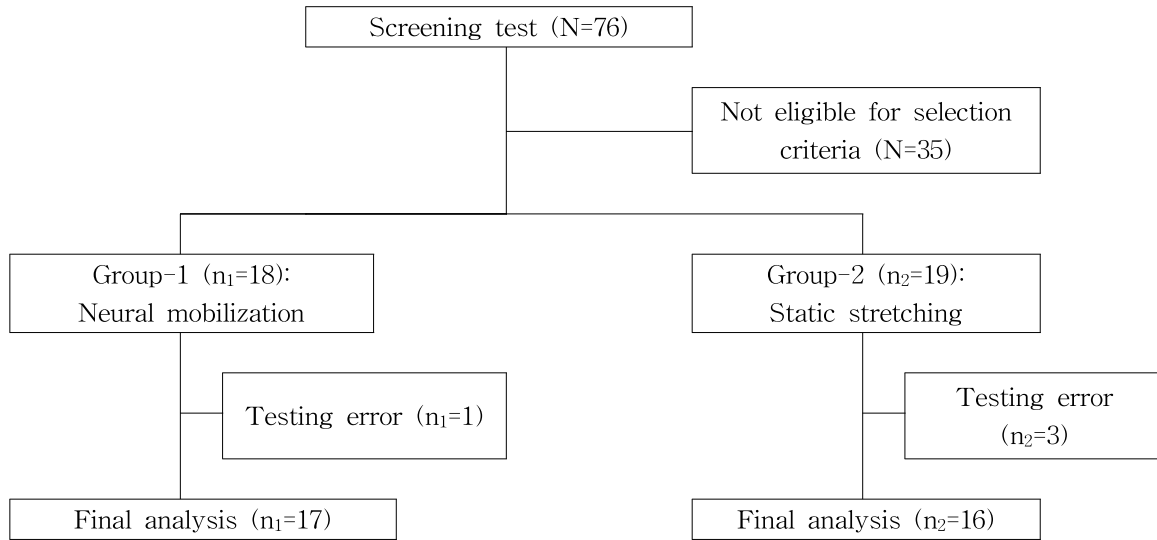
법을 사용하여 근육을 최대로 늘린 위치에서 일정 기간 동안 고정함으로써 근육의 길이를 증가시키는 것이다 (Bandy와 Irion, 1994). 신체활동 이전에 시행하는 신장운동은 근육, 막(fascia), 신경조직의 유연성을 증가시켜 활동 중에 발생할 수 있는 근육 상해의 위험성을 감소시키는데 사용한다(Ross, 1999). 신경가동화기법은 신경조직의 유연성을 확보하기 위해 시행되는 이완방법이다. 정상적인 운동기능은 근육조직은 물론 신경조직의 신장과 수축이 정상적으로 이루어질 때 가능하다(Butler 등, 1994). 신체 활동 동안 신경조직의 유연성(extensibility)과 근육의 순응성이 증진되면 신경의 역학적 민감도(mechanosensitivity)가 감소하여 관절이 보다 유연하게 움직일 수 있게 된다. 이것은 신경가동화기법을 시행하는 목적에 해당한다(Scrimshaw와 Maher, 2001).

넙다리뒤근에 대한 신경가동화기법과 정적신장의 효과에 대한 연구들은 대부분 관절운동범위, 넙다리내갈래근의 근력, 혹은 운동 기능에 미치는 영향에 대해 설명하고 있다(Ayala 등, 2013; Castellote-Caballero 등, 2014; Shin과 Chon, 2015). 그러나 현재까지 이러한 방법들의 적용 프로토콜 및 효용성에 대해서는 많은 이견이 있다(Barlow 등, 2007). 또한 신경가동화기법과 정적신장의 효과에 대한 기본적인 기전이 되는 넙다리뒤근의 이완과 순응성에 대해서 설명하고 비교하는 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 넙다리뒤근 단축이 있는 여성에게 신경가동화기법과 정적신장을 시행하여 능동적 오금각과 넙다리뒤근의 순응성을 증진시키는데 어느 방법이 효과적인지를 비교하기 위하여 시행되었다. 본 연구의 가설은 신경가동화기법이 정적신장에 비해 능동적 오금각과 넙다리뒤근의 순응성을 향상시키는데 도움이 될 것이라로 설정하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 넙다리뒤근 단축이 있는 33명의 젊은 여성을 대상으로 시행되었으며, 신경가동화기법군에 17명, 정적신장운동군에 16명이 무작위 배정되었다. 본 연구의 대상자는 하지직거상검사(straight leg raising test)에서 80° 이하인 자(Gajdosik 등, 1992), 다리 및 몸통에 정형외과적 또는 신경학적 문제가 없는 자, 최근 6개월 동안 규칙적인 신체활동 및 정규 트레이닝을 받지



**Figure 1.** Diagram for study.

않은 자, 정신과적 혹은 심리학적 문제가 없는 자를 포함시켰으며, 임신한 자는 실험 과정에서 제외하였다. 최초 실험 과정에는 76명의 대상자가 포함되었으나, 대상자 선정기준에 적합하지 않은 35명과 실험 참여를 거부한 4명의 대상자를 제외한 37명이 신경가동화기법군에 18명, 정적신장운동군에 19명이 무작위 배정되었다. 연구대상자들을 신경가동화기법군과 정적신장운동군으로 배정하기 위하여 동전 던지기를 시행하였으며, 동전의 앞면이 나올 경우 신경가동화기법군으로, 그리고 동전의 뒷면이 나올 경우 정적신장운동군으로 배정하였다. 실험 과정 중의 측정 오류가 발생한 5명(신경가동화기법군: 1명, 정적신장운동군: 3명)을 제외한 33명의 측정 자료가 최종 분석에 사용되었다(Figure 1). 실험 전 대상자들에게 전체적인 실험 절차와 안전성에 대해 설명하였으며, 모든 대상자들은 실험에 참여할 것을 동의하였다. Table 1은 연구대상들의 일반적인 특성을 설명하고 있다.

## 2. 측정장비 및 측정 방법

### 가. 측정지표 및 절차

우세측 넙다리뒤근(hamstring)의 순응성은 오금각(popliteal angle)과 근활성도를 통해 측정되었다. 오금각은 엉덩관절(hip joint)을 90° 굽힘으로 유지한 상태에서 무릎관절을 능동적으로 펼 수 있는 최대 각도를 의미한다(Gajdosik 등, 1992). 오금각을 측정하는 동안 표면 근전도(surface electromyography)를 사용하여 우

세측 넙다리뒤근의 근전도 신호는 지속적으로 수집되었으며, 최대 오금각에서의 넙다리뒤근의 근활성도를 결과값으로 결정하였다. 최대 오금각에서 기록된 넙다리뒤근의 근활성도는 무릎 펴기 동안 주어지는 신장력에 대한 넙다리뒤근의 저항성 수축 반응의 정도를 의미하는 것으로, 근활성도의 감소는 넙다리뒤근이 더 많이 이완되었으며, 또한 신장에 대해 덜 저항적이라는 것을 의미한다(Lee와 Ng, 2008). 넙다리뒤근의 근활성도와 최대 오금각의 측정값에 대한 신뢰도(reliability)를 구하기 위하여 본 연구에 포함되지 않은 14명의 대상자들을 모집하였다. 치료 중재를 시행하지 않고 모집 대상자들의 우세측 넙다리뒤근의 근활성도와 최대 오금각을 1분 휴식 간격을 두고 각각 2회씩 측정 후 측정값들의 측정-재측정 신뢰도를 평가하였다. 모든 측정과 분석은 본 연구와 관련되지 않은 연구자에 의해 시행되었다.

모든 측정은 바로 누운 자세에서 시행되었다. 측정하는 동안 엉덩관절의 90° 굽힘 위치를 안정적으로 유지할 수 있도록 테이블에 투명판으로 이루어진 목표막대(target bar)를 설치하여 고정된 후 막대의 장축을 몸통

**Table 1.** General characteristics of subjects (N=33)

	Group-1 <sup>a</sup> (n <sub>1</sub> =17)	Group-2 <sup>b</sup> (n <sub>2</sub> =16)
Age (year)	21.8±.8 <sup>c</sup>	21.5±1.6
Height (cm)	160.5±4.7	160.6±4.9
Weight (kg)	54.7±6.6	50.8±2.9

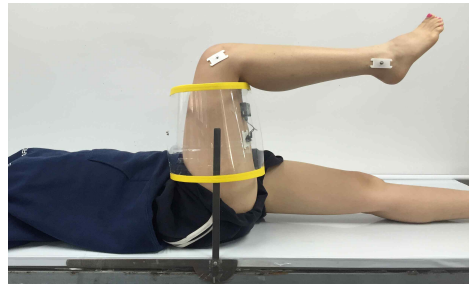
<sup>a</sup>neural mobilization technique group, <sup>b</sup>static stretching exercise group. <sup>c</sup>mean±standard deviations.



**Figure 2.** Electrodes' placement for hamstring muscle.

과 허벅지 바깥 중앙선에 맞추었다. 또한 투명관의 직경은 각 대상자의 허벅지 둘레에서 2 cm의 간격을 이루도록 조정되었다(Figure 2). 실험 과정에서 엉덩관절의 90° 굽힘 동안 대상자의 허벅지가 투명관에 닿을 경우 엉덩관절의 90° 굽힘 자세를 유지하지 못한 것으로 간주하여 결과 측정값에서 제외하였다. 오금각의 측정을 위하여 최초 엉덩관절과 무릎관절을 각각 90° 굽힘 위치에 놓은 후, 능동적으로 무릎관절을 펴도록 요구하였다. 각 대상자들이 무릎관절을 능동적으로 펼 수 있는 최대 각도를 측정하였으며, 이 각도에서 나타나는 넙다리뒤근의 근활성도를 기록하였다. 중재 후의 근활성도 측정값은 능동적 무릎 펴는 시행하는 동안 수집된 근활성도 중에서 중재 전에 측정된 최대 오금각을 통과하는 시점에서 나타나는 근활성도로 결정되었다.

최대 오금각의 측정과 이 각도에서 넙다리뒤근의 근활성도 측정의 정확도를 높이기 위하여 영상촬영시스템으로 능동적 무릎 펴는 동작의 동영상을 측면에서 촬영하였으며, 영상분석 프로그램(Dartfish 4.5 video software, Fribourg, Switzerland)을 사용하여 이 동영상을 분석하였다. 오금각의 정확한 측정을 위하여 우세측의 가쪽위관절융기(lateral epicondyle)와 가쪽복사(lateral malleolus) 부위에 마커를 부착하였다(Eltoukhy 등, 2012). 영상 분석을 통해 최대 오금각을 측정하였으며, 최대 각도에 이르는 시점과 이 시점에서의 근활성도를 측정함으로써, 오금각과 근전도 신호의 측정을 동기화하였다. 영상 분석 프로그램을 통한 엉덩관절과 무릎관절의 2D 비디오 분석은 높은 측정자간 신뢰도와 측정자내 신뢰도(intraclass correlation coefficient; ICC=.91) 및 시상면(sagittal plane)에서의 측각계 측정(goniometric



**Figure 3.** Position of popliteal angle and hamstring compliance.

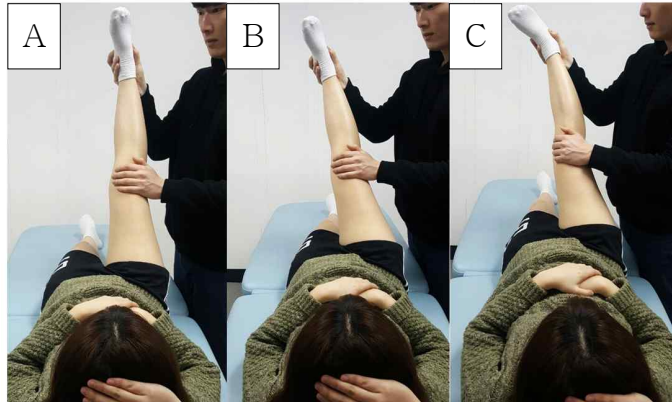
measure)과 높은 구성타당도(Pearson  $r=.95$ )를 갖는 것으로 보고되었다(Norris와 Olson, 2011). 모든 측정은 중재 전과 후에 시행되었으며, 각각 1분간 휴식을 두고 3회 반복 측정 하여 그 평균값을 계산하여 최종 분석에 사용하였다.

#### 나. 근전도 측정 및 자료 처리

우세측 넙다리뒤근(hamstring)의 근활성도는 표면 근전도 시스템(QEMG-4 System, LXM 3204 Laxtha, Daejeon, South Korea)을 사용하여 측정되었다. 우세측 다리는 대상자들이 어느 쪽 다리로 공을 차는지 관찰하는 것을 통해 결정되었으며(Edwards 등, 2008), 모든 대상자들은 오른쪽 다리를 우세측으로 사용하고 있었다. 근전도 측정 동안 측정오차를 줄이기 위하여, 전극 부착부위를 제모하고 의료용 알코올로 깨끗이 닦아낸 후 표면전극(지름 11.4 mm)(Red Dot, 3M)을 부착하였다. 근전도 전극은 넙다리 뒤쪽에서 무릎 오금과 엉덩이 주름 중심부를 연결한 선의 중간 부분에 3~4 cm 간격을 두고 부착되었다(Cram 등, 1998)(Figure 3). 표집율(sampling rate)은 1024 Hz로 설정하였으며, 증폭율(overall gain)은 1785로 결정되었다. 잡신호를 제거하기 위해 20~450 Hz의 대역필터(band-pass filter) 및 60 Hz의 노치필터(notch filter)를 사용하였다. 측정된 근전도 신호는 근전도 소프트웨어(Telescan 2.89, Laxtha, Daejeon, South Korea)를 이용하여 디지털 신호로 전환되었으며, 최종 분석을 위하여 제곱근평균제곱근(root mean square, RMS) 값으로 계산되었다.

#### 다. 중재방법

신경가동화기법군의 대상자들에게는 궁둥신경(sciatic nerve)을 이완시키는 신경가동화기법이 적용되었다. 신경가동화기법은 바로 누운 자세에서 시행되었으며, 전체 3단계로 구성되었다. 1단계는 두 다리를 곧게 펴는



**Figure 4.** Neurodynamic mobilization technique procedure. (A) Straight leg raising and neck flexion, with (B) adding hip adduction internal rotation and (C) adding hip internal rotation.

상태에서 우세측 다리를 불편감이 없는 최대의 범위로 하지직거상(straight leg raise)시킨 후 바닥과 수직을 이루도록 머리를 굽혀 유지하였다. 2단계는 최대 하지직거상 상태에서 불편감을 느끼지 않는 범위 내에서 엉덩관절을 모음(adduction)시킨 후 머리를 굽혀 유지하였다. 3단계는 궁둥신경의 최대 긴장을 유도하기 위하여 최대 하지직거상 상태에서 엉덩관절을 모음 및 안쪽 돌림(internal rotation)을 한 후 머리를 굽혀 유지하였다(Figure 4)(Butler, 1991). 각 단계의 자세를 30초 동안 유지하는 것을 2회 시행하여, 각 단계를 1분씩 총 3분의 시간을 소요하였다(Shacklock, 2005). 정적신장운동군의 대상자들을 위한 정적신장운동은 바로 누운 자세에서 우세측 다리를 능동적으로 최대 하지직거상시킨 위치에서 유지하는 것이었다. 정적 신장은 30초씩 6회, 총 3분 동안 시행하였다. 각 시도에서 모두 능동적 하지직거상을 시행하여 정적 신장 위치를 결정하였다.

#### 4. 분석방법

모든 측정값들의 통계학적 분석을 위해 윈도우용 SPSS ver. 12.0(Statistical Package for Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL)를 이용하였다. 측정값에 대한 신뢰도(reliability)를 구하기 위하여 본 연구에 포함되지 않은 14명의 대상자들을 모집하였다. 넙다리뒤근의 근활성도와 최대 오금각에 대한 측정-재측정 신뢰도는 급간내상관계수(ICC)를 사용하여 분석하였다. 무릎관절 폼 각도와 넙다리뒤근의 근활성도의 측정값이 정규 분포하는지 알아보기 위해 단일-표본 콜모고로프-스미르노프(one-sample Kolmogorov-Smirnov) 검정을 실시하였으며, 검정 결과 측정된 자료는 정규 분포하는 것

으로 나타났다( $p=.06\sim.20$ ). 이를 근거로 측정값에 대한 모수검정을 시행하였다. 신경가동화기법군과 정적신장운동군 사이의 무릎관절 폼 각도와 넙다리뒤근의 근활성도의 비교를 위해 모든 측정값들은 평균 및 표준편차로 설명되었다.  $2\times 2$  반복측정분산분석(repeated measures analysis of variance)(측정시기: 중재 전과 후, 중재군: 신경가동화기법군과 정적신장운동군)을 사용하여 각 측정값들에 대한 주효과(main effect)와 교호작용(interaction)을 분석하였다. 교호작용이 있는 것으로 나타난 경우, 군간 비교와 군내 비교를 위해 각각 독립 t-검정과 대응표본 t-검정을 시행하였다. 통계학적 유의 수준은  $p<.05$ 로 설정하였다.

### III. 결과

넙다리뒤근의 유연성을 나타내는 넙다리뒤근의 근활성도와 최대 오금각의 측정-재측정 신뢰도를 설명하는 ICC값은 각각 .955와 .942로 매우 높은 신뢰도를 보이는 것으로 나타났다(Portney와 Watkins, 2000).

Table 2는 신경가동화기법군과 정적신장운동군의 중재 전과 후에 측정된 측정값들의 결과를 보여주고 있다. 넙다리뒤근의 근활성도( $F_{1,31}=7.702$ ,  $p=.009$ )와 최대 오금각( $F_{1,31}=6.678$ ,  $p=.015$ )의 측정값에서 측정시기와 중재조건 사이에 유의한 교호작용이 나타났다. 교호작용이 유의한 것으로 나타났으므로, 주효과를 설명보다는 사후검정으로 군내 비교 및 군간 비교를 시행하였다. 군내 비교에서, 신경가동화기법군은 넙다리뒤근의 근활성도( $t=4.69$ ,  $p<.001$ )와 최대 오금각( $t=-6.05$ ,  $p<.001$ )에서 모

**Table 2.** Comparison of the results of maximum popliteal angle and muscle activities of hamstring between the nerve mobilization technique and static stretching exercise groups (N=33)

		Group-1 <sup>a</sup> (n <sub>1</sub> =17)	Group-2 <sup>b</sup> (n <sub>2</sub> =16)
Muscle activities of hamstring ( $\mu V$ )	Pre-test	1.12 $\pm$ .30 <sup>c</sup>	1.19 $\pm$ .49
	Post-test	.69 $\pm$ .31 <sup>§</sup>	1.13 $\pm$ .47 <sup>f</sup>
Max. popliteal angle ( $^{\circ}$ )	Pre-test	69.70 $\pm$ 8.14	68.66 $\pm$ 7.42
	Post-test	74.14 $\pm$ 8.07 <sup>§</sup>	70.52 $\pm$ 7.92 <sup>§</sup>

<sup>a</sup>neural mobilization technique group, <sup>b</sup>static stretching exercise group, <sup>c</sup>mean $\pm$ standard deviations, <sup>§</sup>significant difference in comparison between pre- and post-test, <sup>f</sup>significant difference in comparison between groups.

두 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나, 정적신장운동군은 최대 오금각( $t=-4.54$ ,  $p<.001$ )에서만 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 군간 비교에서, 중재전 넙다리뒤근의 근활성도의 넙다리뒤근의 근활성도( $t=-.456$ ,  $p=.651$ )와 최대 오금각( $t=.381$ ,  $p=.706$ )은 유의하게 차이 나지 않았으나, 중재후 넙다리뒤근의 근활성도( $t=-3.165$ ,  $p=.003$ )는 유의하게 차이 나는 것으로 나타났으며, 최대 오금각( $t=1.214$ ,  $p=.234$ )은 유의한 차이가 없었다.

#### IV. 고찰

넙다리뒤근은 다른 근육들에 비해 유연성이 감소되기 쉬운 근육으로, 신체활동 동안 수동적 저항을 증가시키고 무릎-넙다리 압박력(patella-femoral compressive force)을 높이며 생리학적인 스트레스를 야기하여 정상적인 보행을 방해하고 근육상해를 초래하는 요인이 된다(Vakhariya 등, 2016). 본 연구는 넙다리뒤근의 유연성과 순응성을 증진시키기 위한 정적 신장과 신경가동화기법의 효과를 비교하기 위해 시행되었으며, 본 연구의 결과는 두 방법 모두 넙다리뒤근의 오금각을 증진시키는데 도움이 되지만, 넙다리뒤근의 순응성은 신경가동화기법에서 더욱 긍정적인 변화를 발생시키는 것으로 나타났다.

관절 움직임에 대한 저항은 대항근의 근육 동시활성과 같은 능동적 요소 및 연부조직의 역학적 구속(mechanical restrains)과 같은 수동적 요소들에 의해 발생한다(Lee와 Ng, 2008). 관절에 움직임 범위가 충분하지 않은 경우, 이것이 능동적 요소 때문인지 수동적인 요소 때문인지 명확히 설명하기는 어렵다. 이러한 측면에서 표면 근전도를 사용하여 넙다리뒤근의 근육 활동을 측정하는 것은 무릎관절을 능동적으로 펴는 동안 대항근의 동시활성 정도를 파악하는데 도움이 된다(Lee와 Ng, 2008). 또한 임상적으로, 넙다리뒤근의 유연

성은 ‘오금각(popliteal angle)’ 혹은 ‘하지직거상 각도(straight leg raising angle)’를 사용하여 평가한다(Gajdosik 등, 1993). 일반적으로, 측각계(goniometer)를 사용하여 움직인 각도를 측정하지만, 측각계의 사용은 측정 절차에 대한 기준 설정이 불분명할 수 있기 때문에 측정에 대한 신뢰도가 낮게 나타난다(Kilgour 등, 2003). 이에 본 연구에서는 오금각 측정에 대한 신뢰성을 높이기 위하여 동영상 촬영과 관절 움직임 분석 프로그램을 사용하여 오금각을 측정하였다. 넙다리뒤근의 근전도 측정값과 오금각 측정에 대한 측정-재측정 신뢰도를 설명하는 ICC 값은 각각 .955와 .942로 매우 높은 신뢰도를 보이는 것으로 나타났다(Portney와 Watkins, 2000).

본 연구의 결과는 신경가동화기법군과 정적신장운동군 모두에서 오금각이 증가된 것으로 나타났다. 이러한 결과는 신경가동화기법과 정적신장운동이 모두 넙다리뒤근의 유연성 향상에 도움이 된다는 것을 의미한다. 유연성은 불편감 혹은 제한 없이 관절을 움직일 수 있는 능력으로(Woods 등, 2007), 신체 활동에서 근육 기능의 효율성을 높이고 경기력을 향상시키기 위한 중요한 조건이다(Shrier, 2008). 충분한 유연성이 확보되지 않을 경우, 비정상적인 동작이 나타나고 근육 경축 혹은 염증과 같은 손상이 발생하게 된다(Cornbleet와 Woolsey, 1996). 근육조직은 액틴과 마이오신과 같은 수축성조직과 결합조직(connective tissue)과 같은 비수축성조직으로 이루어져 있다(Farmer와 James, 2001). 비활동성으로 인한 단축된 근육은 상대적으로 결합조직의 비율이 증가되며, 결합조직 섬유들 사이에서 비정상적인 교차섬유(cross-fibers)가 발달하게 되기 때문에 근육은 더욱 뻣뻣해진다(Alter, 1996). 정적 신장운동은 근육의 신장을 통해 근육 조직의 길이를 증가시키는 것이며, 이러한 효과는 근육 내 수축성 조직과 비수축성 조직에서 모두 나타난다(Farmer와 James, 2001). 정적 신장은 근육과 힘줄의 점탄적 특성(viscoelastic prop-

erty)과 근육 섬유 길이/긴장도 관계에 변화를 일으킨다(Ramos 등, 2007). 그러나 이러한 변화가 근육의 긴장도에 영향을 미칠 수 있는지에 대해서는 논란의 여지가 많다(Araujo 등, 2012). 넙다리뒤근에 대한 신경활주, 신경긴장, 정적신장의 효과를 비교한 최근의 연구는 신경활주 및 신경긴장이 정적신장과 함께 사용할 수 있는 유용한 방법으로 보고하고 있다(Sharma 등, 2016). 또한 Castellote-Caballero 등(2014)은 신경동적활주기법(neurodynamic sliding technique)이 정적신장운동보다 넙다리뒤근의 유연성을 증진시키는데 더 큰 효과를 발생시킬 수 있는 것으로 보고하고 있다. 이러한 결과는 본 연구의 결과와 유사한 것이다. 그러나 선행 연구에서는 평균 7° 이상의 향상이 있어야 임상적인 유의성을 설명할 수 있는 것으로 보고하고 있지만(Castellote-Caballero 등, 2014), 본 연구의 결과는 이러한 기준에 적합하지 않으므로 결과 해석 시 이를 고려하여야 한다.

정적신장운동군과 비교하였을 때, 신경가동화기법군의 대상자들은 기초선에서 측정된 최대 오금각에서의 넙다리뒤근의 근활성도에서 유의한 변화가 있는 것으로 나타났다. 이는 능동적인 무릎 펴기에 대한 넙다리뒤근의 순응성이 신경가동화기법을 적용하였을 때 더 크게 나타났다는 것을 의미한다. 근육의 긴장도는 중추신경계 및 말초신경계의 완전성(integrity)에 영향을 받을 수 있다(Ramos 등, 2007). 궁둥신경에 대한 신경가동화기법은 신경전도 섬유들(neurotransmission fibers)을 활성화시키고, 넙다리뒤근의 이완을 촉진시킴으로써, 신경생리학적으로 대항근(antagonistic muscle)의 작용을 억제시켜 다리의 작용근 운동 기능을 향상시킬 수 있다(Cleland 등, 2006; Fox, 2006). 본 연구에서 시행된 신경가동화기법은 궁둥신경(sciatic nerve)의 유연성을 증진시키려는 목적으로 시행되었다. 말초신경은 여러 경로를 거치면서 인접한 근육들의 기능에 간접적으로 영향을 미칠 수 있으므로, 최적의 관절운동 기능을 회복하기 위해서는 신경조직에 대한 치료적인 접근 또한 필요하다(Millesi, 1986). 예를 들어, 넙다리뒤근과 같은 방향으로 이어져 있는 궁둥신경의 유연성이 감소되면, 넙다리뒤근의 기능에 변화가 생겨 엉덩관절과 무릎관절의 운동성은 감소된다. 또한 신경계 고유의 역할인 신경전도에 문제가 발생하여 직접적인 운동장애 혹은 감각장애가 발생할 수도 있다(Nee와 Butler, 2006). 신경가동화기법의 효과는 신경조직에 역학적인 자극을 적용함으로써 신경조직의 유동성을 증가시키는 것이다. 즉,

신경조직의 기능적인 측면을 강조하는 것으로 신경계의 고유기능인 신경 전도를 향상시키는 것뿐만 아니라 근육의 질을 향상시켜 주는 효과가 있다(Butler 등, 1994). 그러므로 본 연구의 결과는 신경가동화기법을 적용하면 신경조직의 이완을 통해 간접적으로 근육의 순응성이 정적신장운동보다 더 크게 나타날 수 있음을 의미한다.

신체 활동 동안 신경계는 늘어나고 미끄러지며 굽혀지고 압박되는 역학적인 스트레스를 받게 되며, 이에 적응하는 것은 매우 중요하다. 이러한 동적 보호기전인 신경계의 적응능력이 손상되면, 신경계는 신경부종(neural edema), 허혈(ischaemia), 섬유화(fibrosis), 저산소증(hypoxia) 등으로 손상받기 쉬워지며, 신경역학(neurodynamics)은 변화될 수 있다(Shacklock, 2005). 신경가동화기법의 주목적은 이론적으로 신경조직의 상대적인 움직임과 주변의 역학적 사이공간(mechanical interface) 사이의 동적 균형을 회복하는 것이며, 이를 통해 신경조직의 내부압력을 감소시키고 최적의 생리학적 기능을 향상시키는 것이다(Butler 등, 1994; Shacklock, 2005). 이러한 효과는 신경 활주(nerve gliding)의 촉진, 신경 고착(nerve adherence)의 감소, 유해 체액(noxious fluid)의 분산, 신경 혈관분포(neural vascularity)의 증가, 축삭형질 흐름(axoplasmic flow)의 향상 등으로 인해 나타난다(Coppieters 등, 2003; Nee와 Butler, 2006; Scrimshaw와 Maher, 2001). 신경가동화기법은 신경조직의 역학민감성(mechanosensitivity)을 자극함으로써, 근육을 포함한 연부조직의 긴장도를 변화시키고, 활동과 운동 역학을 향상시키는데 도움이 된다(Junior 등, 2007). 선행 연구들에서는 신경가동화기법이 넙다리뒤근의 유연성과 무릎 펴기의 근력 증진에 기여하는 것으로 보고하고 있다(Cha와 Oh, 2010; Shin과 Chon, 2015). 그러나 넙다리뒤근의 유연성 증진만을 가지고 무릎 펴기의 근력 증진 효과를 직접적으로 설명하기는 부족할 수 있다. 근육 수행도는 작용근의 수의적 신경활성이 증가되고 동시에 대항근의 동시활성이 감소될 때 향상되며, 이는 근력을 증진시키는 중요한 요인으로 고려된다(Häkkinen 등, 1998). 그러므로 본 연구의 결과에서처럼 무릎 펴기 동안 넙다리뒤근의 동시활성 정도가 감소된 것은 무릎 펴기의 근력 향상과 관련된 것으로 여겨질 수 있다.

본 연구는 향후 연구에서 보완될 수 있는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 본 연구의 목적이 증재방법들의 초기 효과를 비교한 것이기 때문에 본 연구의 결과를 장기 효과로 인식해서는 안 된다. 둘째, 본 연구는 모두

젊은 여성만을 대상으로 하였다. 일반적으로, 신체의 인체계측적 특성과 근육의 상태는 성별 차이가 있으므로 (Doherty, 2001), 남성과 여성을 모두 연구대상자에 포함시키는 것은 측정값의 정량적인 분포에 대한 오류를 유발할 수 있다. 그러나 여성만을 대상으로 한 본 연구의 결과는 남성 혹은 다른 연령대의 사람들에게 대한 결과와 다를 수 있다. 셋째, 본 연구에서는 무릎 펌 동안 넙다리뒤근의 동시활성 정도를 평가하기 위하여 표면 근전도를 사용하였다. 측정의 특성 상 넙다리뒤근의 강한 수축이 아닌 안정 시 반응을 평가하는 것이므로 전체적인 근전도 신호는 매우 낮은 값으로 나타날 것이다. 이 때문에 근전도 신호에 대한 필터링 시행하였다고 하더라도 다른 잡신호(crosstalk)에 의한 영향을 배제할 수 없을 것이다. 넷째, 본 연구에서 사용한 정적신장운동은 능동적으로 취해진 자세를 고정하는 것이었다. 그러므로 다양하게 시행되는 모든 신장운동의 방법에 대한 결과로 이해되지는 않는다. 그러므로 향후에는 이러한 제한점들을 보완하여 다양한 인구학적 특성을 반영한 장기간 중재효과를 평가하는 연구가 이어져야 할 것이다.

## V. 결론

산업화 및 현대화에 따라 사람들의 활동은 다양한 움직임을 추구하기보다는 앉은 자세에서의 정적 업무를 선호하게 된다. 신체 활동 감소와 오래 앉아 있는 습관으로 인해 넙다리뒤근은 비교적 쉽게 단축되고, 유연성 또한 감소된다. 본 연구의 목적은 신경가동화기법과 정적신장운동의 효과를 비교함으로써, 넙다리뒤근의 유연성과 순응성을 향상시키는데 도움이 되는 방법을 알아보는 것이었다. 연구의 결과는 신경가동화기법과 정적신장운동 모두 넙다리뒤근의 유연성을 향상시키는데 도움이 되지만, 정적신장운동보다는 신경가동화기법이 넙다리뒤근의 순응성을 향상시키는데 더 긍정적인 것으로 나타났다. 본 연구의 결과로 볼 때, 신경가동화기법은 무릎 펌 동안 넙다리뒤근의 순응성 증가를 위해 임상적으로 유용하게 사용될 수 있는 것으로 여겨질 수 있다. 아울러 넙다리뒤근의 긴장도 증가로 발생하는 근골격계 질환의 예방과 치료에 도움이 되는 물리치료 기술로서 타당하다고 할 수 있다. 향후의 연구는 본 연구에서 나타난 제한점을 보완하여 남녀의 성별 모두를 포함한 다양한 연령대의 사람들을 대상으로 시행되어야 할 것이다.

## References

- Alter MJ. Science of Flexibility, 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996:39-57.
- Araujo BF, Nascimento CMD, Busarello FDO, et al. Assessment of hand grip strength after neural mobilization. *Rev Bras Med Esporte.* 2012;18(4):242-245. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922012000400005>
- Ayala F, Sainz de Baranda P, De Ste Croix M, et al. Comparison of active stretching technique in males with normal and limited hamstring flexibility. *Phys Ther Sport.* 2013;14(2):98-104. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2012.03.013>
- Bandy WD, Irion JM. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther.* 1994;74(9):845-850.
- Barlow A, Clarke R, Johnson N, et al. Effect of massage of the hamstring muscles on selected electromyographic characteristics of biceps femoris during sub maximal isometric contraction. *Int J Sports Med.* 2007;28(3):253-256.
- Butler DS, Shacklock MO, Slater H. Treatment of altered nervous system mechanics. In: Boyling J, Palastanga N, eds. *Grieve's Modern Manual Therapy: The vertebral column.* 2nd ed. Edinburgh, UK, Livingstone Churchill, 1994:693-703.
- Butler DS. Mobilization of the Nervous System, 1st ed. Edinburgh, Churchill Livingstone, 1991:127-135.
- Castellote-Caballero Y, Valenza MC, Puenteadura EJ, et al. Immediate effects of neurodynamic sliding versus muscle stretching on hamstring flexibility in subjects with short hamstring syndrome. *J Sports Med (Hindawi Publ Corp).* 2014;2014:127471. <https://doi.org/10.1155/2014/127471>
- Cleland JA, Childs JD, Palmer JA. Slump stretching in the management of non-radicular low back pain: A pilot clinical trial. *Man Ther.* 2006;11(4):279-286. <https://doi.org/10.1016/j.math.2005.07.002>
- Coppieters MW, Stappaerts KH, Wouters LL, et al. The immediate effects of a cervical lateral glide treatment technique in patients with neurogenic



- cervicobrachial pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003;33(7):369-378. <https://doi.org/10.2519/jospt.2003.33.7.369>
- Cornbleet SL, Woolsey NB. Assessment of hamstring muscle length in school-aged children using the sit and reach test and the inclinometer measure of hip joint angle. *Phys Ther.* 1996;76(8):850-855.
- Cram JR, Kasman GS, Holtz, JH. *Introduction to Surface Electromyography.* Gaithersburg, Md: Aspen Publishers, 1998:368.
- Doherty TJ. The influence of aging and sex on skeletal muscle mass and strength. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2001;4(6):503-508.
- Edwards L, Dixon J, Kent JR, et al. Effect of shoe heel height on vastus medialis and vastus lateralis electromyographic activity during sit to stand. *J Orthop Surg Res.* 2008;3:2. <https://doi.org/10.1186/1749-799X-3-2>
- Eltoukhy M, Asfour S, Thompson C, et al. Evaluation of the performance of digital video analysis of human motion: Dartfish tracking system. *International Journal of Scientific and Engineering Research.* 2012;3(3):1-6.
- Farmer SE, James M. Contractures in orthopaedic and neurological conditions: A review of causes and treatment. *Disabil Rehabil.* 2001;23(13):549-558.
- Faulkner JA, Larkin LM, Claflin DR, et al. Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2007;34(11):1091-1096. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.2007.04752.x>
- Fox M. Effect on hamstring flexibility of hamstring stretching compared to hamstring stretching and sacroiliac joint manipulation. *Clinical Chiropractic.* 2006;9(1):21-32. <https://doi.org/10.1016/j.clch.2006.01.005>
- Funk DC, Swank AM, Mikla BM, et al. Impact of prior exercise on hamstring flexibility: A comparison of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching. *J Strength Cond Res.* 2003;17(3):489-492.
- Gajdosik RL, Hatcher CK, Whitsell S. Influence of short hamstring muscles on the pelvis and lumbar spine in standing and during the toe touch test. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 1992;7(1):38-42. [https://doi.org/10.1016/0268-0033\(92\)90006-P](https://doi.org/10.1016/0268-0033(92)90006-P)
- Gajdosik RL, Rieck MA, Sullivan DK, et al. Comparison of four clinical tests for assessing hamstring muscle length. *J Orthop Sports Phys Ther* 1993;18(5):614-618.
- Häkkinen KI, Kallinen M, Izquierdo M, et al. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *J Appl Physiol* (1985). 1998;84(4):1341-1349.
- Henderson RC, Lin PP, Greene WB. Bone-mineral density in children and adolescents who have spastic cerebral palsy. *J Bone Joint Surg AM.* 1995;77(11):1671-1681.
- Hyon-gyu Cha, Duck-won Oh. Effects of sciatic nerve mobilization technique on perceived pain and knee strength in patient with chronic low back pain. *Phys Ther Korea.* 2010;17(3):31-39.
- Junior HFO, Teixeira ÁH. Mobilização do sistema nervoso: Avaliação e tratamento. *Fisioterapia em Movimento.* 2007;20(3):41-53.
- Kilgour G, McNair P, Stott NS. Intrarater reliability of lower limb sagittal range-of-motion measures in children with spastic diplegia. *Dev Med Child Neurol.* 2003;45(6):391-399.
- Kisner C, Colby LA. *Therapeutic Exercise: Foundations and techniques.* 5th ed. Philadelphia: F.A. Davis, 2007.:716.
- Kumar GP. Comparison of cyclic loading and hold relax technique in increasing resting length of hamstring muscles. *Hong Kong Physiotherapy Journal.* 2011;29(1):31-33. <https://doi.org/10.1016/j.hkpj.2011.03.002>
- Lee GP, Ng GY. Effects of stretching and heat treatment on hamstring extensibility in children with severe mental retardation and hypertonia. *Clin Rehabil.* 2008;22(9):771-779. <https://doi.org/10.1177/0269215508090067>

- Lingam S, Joester J. Spontaneous fractures in children and adolescents with cerebral palsy. *BMJ*. 1994;309(6949):265.
- Millesi H. The nerve gap. Theory and clinical practice. *Hand Clinics*. 1986;2(4):651-663.
- Nee RJ, Butler D. Management of peripheral neuropathic pain: Integrating neurobiology, neurodynamics, and clinical evidence. *Phys Ther Sport*. 2006;7(1):36-49. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2005.10.002>
- Neumann DA. *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for rehabilitation*. 2nd ed. St Louis, MO: Mosby/Elsevier, 2010:550.
- Norris BS, Olson SL. Concurrent validity and reliability of two-dimensional video analysis of hip and knee joint motion during mechanical lifting. *Physiother Theory Pract*. 2011;27(7):521-530. <https://doi.org/10.3109/09593985.2010.533745>
- Ogura Y, Miyahara Y, Naito H, et al. Duration of static stretching influences muscle force production in hamstring muscles. *J Strength Cond Res*. 2007;21(3):788-792. <https://doi.org/10.1519/R-18785.1>
- Portney LC, Watkins MP. *Foundations of Clinical Research: Applications and practice*. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall Health, 2000:65.
- Ramos GV, Santos RRD, Goncalves A. Influência do alongamento sobre a força muscular: Uma breve revisão sobre as possíveis causas. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2007;9(2):203-206.
- Ross M. Effect of lower-extremity position and stretching on hamstring muscle flexibility. *J Strength Cond Res*. 1999;13(2):124-129.
- Schuback B, Hooper J, Salisbury L. A comparison of a self-stretch incorporating proprioceptive neuromuscular facilitation components and a therapist-applied PNF technique on hamstring flexibility. *Physiother*. 2004;90(3):151-157. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2004.02.009>
- Scrimshaw SV, Maher CG. Randomized controlled trial of neural mobilization after spinal surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(24):2647-2652.
- Shacklock M. Improving application of neurodynamic (neural tension) testing and treatments: A message to researchers and clinicians. *Man Ther*. 2005;10(3):175-179. <https://doi.org/10.1016/j.math.2005.03.001>
- Sharma S, Balthillaya G, Rao R, et al. Short term effectiveness of neural sliders and neural tensioners as an adjunct to static stretching of hamstrings on knee extension angle in healthy individuals: A randomized controlled trial. *Phys Ther Sport*. 2016;17:30-37. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2015.03.003>
- Shin YH, Chon SC. The effects of sciatic nerve mobilization on hamstring flexibility, lower limb strength and gait performance in patients with chronic stroke. *Phys Ther Korea* 2015;22(4):8-16. <https://doi.org/10.12674/ptk.2015.22.4.008>
- Shrier I. Warm up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports Medicine*. 2008;38(10):879-880.
- Spernoga SG, Uhl TL, Arnold BL, et al. Duration of maintained hamstring flexibility after a onetime modified hold-relax stretching protocol. *J Athl Train*. 2001;36(1):44-48.
- Vakhariya P, Panchal S, Patel B. Effects of various therapeutic techniques in the subjects with short hamstring syndrome. *Int J Physiother Res* 2016;4(4):1603-1610. <https://doi.org/10.16965/ijpr.2016.147>
- Woods K, Bishop P, Jones E. Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports Med*. 2007;37(12):1089-1099. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737120-00006>

---

---

This article was received February 24, 2017, was reviewed February 24, 2017, and was accepted April 26, 2017.