PNF and Movement, 2017; 15(2): 177-183
https://doi.org/10.21598/JKPNFA.2017.15.2.177

Print ISSN: 2508-6227
Online ISSN: 2508-6472

Original Article

Open Access

PNF 팔·다리 패턴에 따른 반대측 다리의 근활성도 비교

김희권†
목포과학대학교 물리치료과

Comparison of Muscle Activity in the Contralateral Lower Extremity from the PNF Arm Pattern and Leg Pattern

Hee-Gwon Kim†
Department of Physical Therapy, Mokpo Science University

Received: April 19, 2017 / Revised: May 25, 2017 / Accepted: May 25, 2017
ⓒ 2017 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 compared and analyzed the effect of the proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) arm extension pattern and leg flexion pattern on the contralateral lower extremity muscles when the patterns were applied to the same subject.
Methods: In the study, 35 healthy men and women who understood the PNF patterns were selected as participants. The participants completed the PNF arm extension-abduction-internal rotation pattern and leg flexion-adduction-external rotation with knee flexion pattern in the supine position. While the patients' completed each pattern, the contralateral leg muscle activity was measured to examine the irradiation effect. The maximum isometric contraction time of the muscles to be measured was kept for 5 seconds, and the mean value was obtained by repeating the pattern three times.
Results: When the leg flexion-adduction-external rotation with knee flexion pattern was completed, the muscle activity in the vastus lateralis, vastus medialis, biceps femoris, tibialis anterior, and gastrocnemius of the contralateral lower extremity was significantly greater than that found in the PNF arm extension-abduction-internal rotation pattern.
Conclusion: The PNF leg flexion pattern showed greater muscle activity on the contralateral lower extremity than the arm extension pattern. Thus, the PNF leg extension pattern is more effective in the activation of the muscles associated with weight-bearing activity.

Key Words: PNF arm, Leg pattern, Irradiation, Weight bearing, Muscle activity

†Corresponding Author : Hee-Gwon Kim (lightgwon@hanmail.net)

Ⅰ. 서 론

고유수용성신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)은 신체의 한 분절이나 특정부분의 문제만을 다루는 것이 아니라 인간의 전반적인 부분을 고려한 통합적 치료방법이다. 그리고 인간에게 존재하는 잠재력을 동원하며, 기능의 가장 높은 수준을 달성하기 위해 운동조절과 운동학습의 원리를 통합하는 접근방법이다. 이러한 원리들을 고려한 PNF는 촉진을 위한 기본절차, 치료기법, 촉진패턴으로 구성되어 있다(Alder et al., 2014). PNF 기본원리 중에서 패턴은 대각선과 나선형 운동을 결합한 대단위운동(mass movement)으로 이루어진 기능적 움직임과 관련되어 있으며, 신체의 기능 중에서 근력, 지구력 그리고 안정성 및 관절가동범위 등을 증진시켜 일상생활동작 능력을 증진시키는 효과적인 방법 중 하나라고 하였다(Kofotolis & Kellis, 2007). 일상생활동작은 대단위 근육들이 결합한 운동형태가 나타나므로 근 약증으로 인해 기능제한이나 다른 근육으로 보상하는 경우 교정하여 올바른 움직임이 일어나도록 관련된 근육들의 동원을 강화시킬 수 있는 대단위 운동이 필요하다(Ma, 2008).

PNF는 기능적 활동을 수행하기 위한 대단위 근육그룹을 강화하는 운동방법으로 운동단위가 최대로 반응하도록 하는데 효과적이다(Ferber et al., 2002). 이 같은 PNF는 외부수용기에 시각적 자극과 청각 자극을 주고 내부수용기인 고유수용성 감각을 자극하여 신경-근육을 활성화시킴으로써 기능적 활동을 더 쉽게 만들어주기 위해 적용하는 통합적 치료방법이다.

방산(irradiation)은 저항 자극에 대해 반응이 다른 부위로 확산되는 것을 의미하고 근육의 연결된 협응구조 상에서 일어난다(Ko et al., 2013). 이러한 방산을 신체의 한부분의 근활동이 연결된 근조직을 따라 다른 신체부위의 반사적 근활동을 유발하는 것이라 하였으며(Marcel, 2007), 방산은 저항에 대항하기 위해 협동근 등에 까지 확산되어 운동패턴과 관련된 작용근 뿐만 아니라 협동근에 수축반응을 유발시키는 것을 말한다(Min et al., 2012)

저항운동에 의한 방산은 근수축이 감소된 손상 측의 근수축을 일으킬 수 있는 치료적 중재방법으로 기능적인 활동을 향상을 시키는데 도움을 준다(Jette et al., 2005). 이와 같이 저항은 신체의 일부분 중 강한 신체 분절에 적용하면 과흐름(overflow) 현상으로 인하여 약한 신체분절의 근육에서 방산 및 강화(reinforcement)를 유발한다(Munn et al., 2004). 이러한 개념은 신체 한쪽 부위에서 적용된 근력강화가 다른 신체부위의 근력에도 영향을 미치는 현상을 교차교육(cross education) 또는 교차훈련(cross training)이라고 한다(Carroll et al., 2006). 이 같은 교차훈련은 손상 받지 않는 측에서의 훈련이 손상 받은 측의 기능에 영향을 미친다는 연구결과들이 발표되면서 지지받기 시작하였다(Hortobagyi et al., 1999). 다리의 근력을 강화시키기 위한 운동방법에는 기능적 체중지지 훈련방법과 비체중지지 훈련방법이 있다(Carr & Shepherd, 2010). 인간의 다리 기능은 앉고 일어서는 동작뿐만 아니라 이동(locomotion) 등 다양한 기능적 활동을 위해 중요한 역할을 수행한다. 따라서 근뼈대계 손상이나 신경근계에 손상으로 인하여 다리 근육의 약화로 일상동작과 같은 기능적 활동이 제한된 환자에게 PNF의 방산을 이용하면 다리근육의 근활성화를 촉진시켜줌으로써 체중지지활동에 도움이되리라 사료된다.

물리치료와 그 밖의 영역에서 정상인과 환자를 대상으로 방산, 혹은 과흐름(overflow)을 이용한 간접적 방법으로 다른 신체부위의 기능을 촉진시키는 연구들이 진행되고 있다. 따라서 PNF 팔 또는 다리패턴을 적용하여 반대 측의 다리의 근활성도에 미치는 영향에 관한 연구문헌은 많으나 동일한 연구대상자에게 팔과 다리패턴을 적용하여 반대편의 다리의 근활성도를 비교 분석한 연구들은 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 동일한 대상자에게 PNF 팔 폄 패턴, PNF 다리 굽힘 패턴을 각각 실시하였을 때 방산효과가 어떤 패턴에서 반대편 다리의 근활성도에 더 영향을 미치는지를 비교분석함으로써 근뼈대계 환자나 신경근계환자에게 체중지지 활동과 관련된 다리근육의 근활

성도를 촉진하고자 할 때 이용할 수 있는 중재 자료로 제공하고자 한다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 M시 M대학의 물리치료과 재학생 중에서 최근에 근뼈대계, 신경계 또는 심혈관계 병력이 없고 관절 운동범위와 근력이 정상인 학생을 대상자로 정하였다. 그리고 PNF 기본절차와 패턴을 이해하고 학습된 남·여학생을 대상으로 연구목적과 방법에 대한 설명을 듣고 자발적으로 연구에 참여하고자 하는 35명을 무작위로 선정하여 진행하였다.

2. 연구 도구 및 방법

1) 연구 도구

연구대상자의 다리 근육의 근전도 신호의 수집과 신호처리를 위해 표면근전도(MP 150, BIOPAC system, Inc., USA)를 사용하여 측정하였으며, 기록전극의 표면전극(3M, USA)은 지름이 11.4mm인 Ag/AgCL 전극을 사용하였으며 근전도 신호 수집을 위한 표본추출률(sampling rate)은 1,000㎐로 하였으며, 주파수 대역통과필터(band-pass)는 20-500㎐로 하였고. 노치필터는 60Hz로 설정하였다. 부착하기 전에 피부표면의 저항을 최소화시키기 위하여 전극 부착부위의 털을 제거하고, 알코올 솜으로 닦아 피부를 청결하게 한 뒤 부착하였다. 그리고 측정된 근전도 신호는 Acqknowledge 4.1 software program (Biopac, USA)을 이용하여 분석하였다. 이를 통해 수집된 자료를 정량화하기 위해 실효치 진폭(root mean square, RMS)을 분석하였다.

2) 연구 방법

측정하고자 하는 근육의 기록전극은 다음과 같은 위치에 부착하였다. 안쪽넓은근(vastus medialis)은 위앞엉덩뼈가시와 무릎관절 안쪽사이의 거리 20% 위치, 가쪽넓은근(vastus lateralis)은 위앞엉덩뼈가시와 무릎관절 바깥쪽사이의 거리 25% 위치, 넙다리두갈래근(biceps femoris)은 종아리뼈머리와 궁둥뼈 거친면 사이의 거리 50% 위치, 앞정강근(tibialis anterior)은 무릎관절 바깥쪽과 복사뼈 바깥쪽사이의 거리 75% 위치, 장딴지근(gastrocnemius)은 무릎관절 안쪽과 발꿈치뼈 거친면 사이의 거리 35% 위치에 부착하였으며, 접지전극은 정강뼈 거친면에 부착하여 측정하였다(Hermens et al., 2000).

본 연구에서는 측정된 근전도 자료를 표준화하기 위해 실험 전 측정 근육에 대해 Kendal 등(2005)이 권장한 자세에서 최대 수의적 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)을 3회 측정하여 평균값을 구하였다. 그리고 바로누운자세에서 PNF 팔 폄-벌림-안쪽돌림 패턴(D1 팔 폄 패턴)(Fig. 1), PNF 다리 굽힘-모음-가쪽돌림 패턴과 무릎 굽힘 패턴(D1 다리 굽힘과 함께 무릎 굽힘 패턴)(Fig. 2)을 적용하였다. 또한 각각

Fig. 1. PNF D1 arm extension pattern.

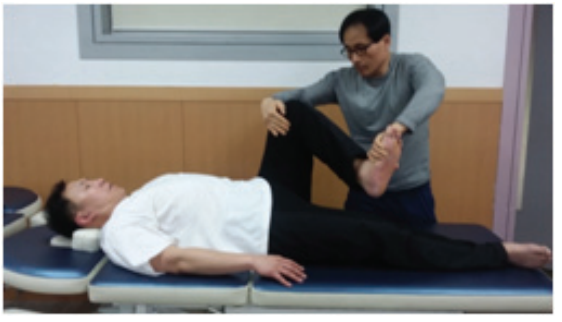

Fig. 2. PNF D1 leg flexion pattern.

의 패턴을 적용하는 동안 방산효과에 의한 반대편 다리의 안쪽넓은근, 가쪽넓은근, 넙다리두갈래근, 앞정강근, 장딴지근의 근활성도를 측정하였다. 그리고 실험 전에 PNF 기본절차와 패턴을 이해하고 학습된 연구 대상자들이지만 패턴의 방향을 정확히 숙지하도록 반복적인 연습을 실시하였다. 그리고 측정하고자 하는 D1 팔 폄 패턴, D1 다리 굽힘과 함께 무릎 굽힘 패턴에서 최대 등척성 수축 시간은 5초를 유지하도록 하고 3번 반복 측정하였으며, 각각의 패턴을 적용하는 사이에 근피로 방지를 위해 휴식시간은 1분으로 하였다. 또한 측정 오류를 방지하기 위해 보조자 한 명은 측정시간과 휴식시간을 점검하고 두 명은 근전도 사용에 전문성을 지닌 물리치료사로 구성하였다.

3) 연구 자료 처리 및 분석

측정된 근전도 자료는 정량화(normalization)를 위해 %MVIC로 계산하였다. 측정하고자 하는 다리근육의 최대 수의적 수축을 실시하는 동안에 해당 근육의 실효치 진폭의 평균값과 PNF D1 팔 폄 패턴, D1 다리 굽힘과 함께 무릎 굽힘 패턴을 적용하는 동안의 실효치 진폭의 평균값을 산출하였다. 근전도 값은 근수축 시 초기 1초와 마지막 1초 값을 제외한 중간 3초의 평균값을 이용하였다. 그리고 PNF D1 팔 폄 패턴, D1 다리 굽힘과 함께 무릎 굽힘 패턴을 적용할 때에 따른 반대 측 다리근육의 근활성도(%MVIC)를 비교 분석하기 위해 독립표본 T 검정을 실시하였다. 수집된 자료는 Windows SPSS version 21.0 통계프로그램을 이용하여 분석하였으며, 통계적 유의성을 검증하기 위해 유의수준은 0.05로 설정하였다.

Table 1. General characteristics of the study subjects (n=35)

Classification	value
Age (Year)	22.20±1.89
Hight (cm)	168.29±8.05
Weight (kg)	67.68±14.18

Value are mean±standard deviation

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 연구 대상자 35명의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1).

2. PNF 팔・다리 패턴에 따른 반대측 다리의 근활성도 비교

PNF D1 팔 폄 패턴, D1 다리 굽힘과 함께 무릎 굽힘 패턴을 적용했을 때 안쪽넓은근, 가쪽넓은근, 넙다리두갈래근, 앞정강근, 장딴지근의 근활성도를 비교한 결과 반대측 다리의 근활성도 변화는 Table 2와 같이 나타났다. 그리고 PNF 팔・다리패턴에 따라 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). 안쪽넓은근은 D1 팔 폄

Table 2. Comparison of muscle activations according to the application of the PNF patterns (%MVIC)

Muscles	Arm pattern	Leg pattern	t	P
Vastus medialis	16.51±25.38	32.69±30.13	-2.43	0.02*
Vastus lateralis	16.86±24.74	34.28±32.76	-2.51	0.01*
Biceps femoris	27.06±18.60	57.03±27.06	-5.40	0.00*
Tibialis anterior	10.37 ±11.16	17.88±20.58	-1.88	0.07
Gastrocnemius	6.83 ±7.65	17.85±25.51	-2.45	0.02*

Arm pattern: extension-abduction-external rotation
Leg pattern: flexion-adduction-external rotation with knee flexion
Value are mean±standard deviation
* $p<0.05$

패턴(16.51±25.38)보다 D1 다리 굽힘과 함께 무릎 굽힘 패턴(32.69±30.13)을 적용할 때 유의하게 높은 근활성도가 나타났다(p<0.05). 가쪽넓은근은 D1 팔 폄 패턴(16.86±24.74)보다 D1 다리 굽힘과 함께 무릎 굽힘 패턴(34.28±32.76)을 적용할 때 유의하게 높은 근활성도가 나타났다(p<0.05). 넙다리두갈래근은 D1 팔 폄(27.06±18.60)보다 D1 다리 굽힘과 함께 무릎 굽힘 패턴(57.03±27.06)을 적용할 때 유의하게 높은 근활성도가 나타났다(p<0.05). 앞정강근은 D1 팔 폄 패턴(10.37±11.16)보다 D1 다리 굽힘과 함께 무릎 굽힘 패턴(17.88±20.58)에서 근활성도가 높게 나타났으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 장딴지근은 D1 팔 폄 패턴(6.83±7.65)보다 D1 다리 굽힘과 함께 무릎 굽힘 패턴(17.85±25.51)을 적용할 때 유의하게 높은 근활성도가 나타났다(p<0.05).

Ⅳ. 고 찰

인간은 내재적인 운동프로그램에 의해 보행주기에서 한쪽 팔을 몸 뒤로 흔들 때 동측다리는 흔듦기(swing ohase), 반대 측 팔은 몸 앞으로 흔들고 동측다리는 디딤기(stance phase) 등과 같이 교대적인 움직임이 발생한다. 이와 같은 보행주기를 근거로 하여 본 연구에서는 PNF D1 팔 폄 패턴, D1 다리 굽힘과 함께 무릎 굽힘 패턴을 적용하였을 때 반대 측 다리의 근활성도에 미치는 영향을 비교함으로써 근뼈대계나 신경근계 환자에게 방산에 의한 체중지지 활동과 관련된 다리근육의 근활성도를 촉진하고자 할 때 이용할 수 있는 중재 자료를 제공하고자 실시하였다. PNF는 대각선과 나선형 패턴을 이용하여 기능을 증진시키는 통합적 접근법이며, 기능증진을 위해 방산을 이용한다. 방산의 신경생리학적 정의는 반응의 강도가 증가된 것으로 반응이 다른 부위로 확산되는 것을 의미하며, 방산은 자극빈도나 자극강도가 증가할 때 나타나는 현상이다(Alder et al., 2008).

성인 남녀 26명을 대상으로 PNF D1・D2 다리 굽힘과 함께 무릎굽힘 패턴을 적용한 결과 두 패턴에서 체간근육의 근활성도에 유의한 차이를 보였다(Kim et al., 2011). 건강한 성인 남성을 대상으로 선 자세에서 테이블에 한손을 접촉하고 반대측은 한발서기를 유지한 상태에서 운동측에 PNF 네 가지 다리패턴을 적용한 연구결과에서 중간볼기근의 앞・중간・뒤 섬유 중에서 PNF 다리 폄-벌림-안쪽돌림 패턴 적용 시 앞 섬유, 굽힘-벌림-안쪽돌림 패턴에서 뒤 섬유의 근활성도가 가장 높게 나타났다(Park & Lee, 2016). 치료사의 보조나 자신이 능동적으로 PNF 패턴을 적용한 연구결과에서 훈련을 시행하지 않는 반대측 다리의 넙다리네갈래근의 근력이 증가하는 것으로 나타났다(Park & Han, 2012). 수술 및 질병이 없는 성인 남녀를 대상으로 PNF 들어올리기(lifting) 패턴을 적용한 연구에서 안쪽넓은근, 앞정강근 그리고 안쪽장딴지근에서 근활성도가 높게 나타났으며, 유의한 차이를 보였다(Kwak et al., 2012). 정상 성인 22명을 대상으로 열린 사슬운동과 닫힌 운동사슬에서 PNF 네 가지 팔 패턴을 적용한 결과에서 열린 사슬운동보다 닫힌 사슬운동에서 안쪽넓은근과 앞정강근에서 근활성도가 증가하였다(Park et al., 2011).

남자 대학생을 대상자로 선정하여 두 개의 에어로스텝(Aero-step XL, TOGU, Germany)위에서 운동 강도를 점증적으로 증가시키는 5단계의 운동프로그램을 주 3회 6주간 시행한 연구결과에서 앞정강근과 장딴지근의 근활성도에 유의한 차이를 나타냈다(Park, 2014). 건강한 성인 22명을 대상으로 앉은 자세에서 한쪽 팔에 PNF 4가지 팔 패턴을 열린 사슬운동과 닫힌 사슬운동에서 적용했을 때 방산현상이 반대쪽 다리의 안쪽넓은근, 넙다리두갈래근, 앞정강근, 장딴지근의 근활성도에 미치는 영향을 측정한 결과 열린-닫힌 사슬운동 모두 D2 굽힘 패턴을 적용할 때 넙다리두갈래근의 근활성도가 증가 되었고 닫힌 사슬운동에서는 안쪽넓은근과 앞정강근에서 근활성도가 증가하였다(Park, 2010).

대학생 10명을 대상으로 운동사슬에 따라 편측 팔에 PNF 패턴을 적용하였을 때 양쪽 다리의 안쪽넓은

근, 넙다리두갈래근, 장딴지근, 앞정강근의 근활성도 차이를 비교한 결과 오른쪽 다리와 왼쪽 다리에서 유의한 차이를 나타났으며, 오른쪽 다리보다 왼쪽 다리에서 근 활성도의 크기가 증가한 것은 PNF 방법의 방산효과 때문이라고 생각한다고 하였다(Han, 2009). 젊은 성인을 대상으로 운동사슬에 따른 운동기간별 근활성도 변화를 살펴본 결과 운동기간에 따른 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도가 운동 4주 후부터 두 운동사슬 그룹에서 모두 유의하게 증가하였고 가쪽넙다리뒤근과 안쪽넙다리뒤근도 두 운동사슬 그룹 모두에서 운동 2주 후부터 유의하게 증가하는 것으로 나타났다(Kwon, 2009).

본 연구에서도 선행연구들의 결과처럼 PNF D1 팔 폄 패턴, D1 다리 굽힘과 함께 무릎 굽힘 패턴을 적용할 때 모두 반대측 다리의 안쪽넓은근, 가쪽넓은근, 넙다리두갈래근, 장딴지근에서는 근활성도가 높게 나타났으며, 유의한 차이가 나타났다. 앞정강근에서는 근활성도가 높게 나타났으나 유의한 차이는 없었다. 그리고 D1 다리 굽힘과 함께 무릎 굽힘 패턴에서 근활성도가 더 높게 나타난 원인은 팔 근육보다는 다리 근육의 운동단위(motor unit) 숫자가 더 많고 지배하는 근섬유가 많아 최대 등척성 수축을 더 일으킬 수 있기 때문에 근활성도에 차이가 발생된 것으로 사료된다.

Ⅴ. 결 론

본 연구는 M대학의 물리치료과 재학생 중에서 최근에 근뼈대계, 신경계 또는 심혈관계 병력이 없고 관절 운동범위가 정상이며, 저항에 대항할 수 있는 근력을 지닌 35명을 대상자로 선정하여 PNF D1 팔 폄 패턴, PNF D1 다리 굽힘과 함께 무릎 굽힘 패턴을 적용할 때 반대 측 다리의 근활성도에 어떤 패턴이 더 영향을 미치는지를 비교하기 위해 실시하였다. 그 결과에서 PNF D1 팔 폄 패턴보다 D1 다리 굽힘과 함께 무릎 굽힘 패턴을 적용할 때 반대 측 다리의 안쪽넓은근, 가쪽넓은근, 넙다리두갈래근, 장딴지근, 앞정강근 등에서 근활성도가 높게 나타났다. 따라서 반대측 다리의 근육 활성화를 촉진하기 위해서는 팔 패턴보다는 다리패턴을 사용하는 것이 더 효과적이라고 사료된다. 그러나 본 연구의 결과를 일반화하기에는 한계점이 있으므로 근뼈대계 환자나 신경근계 환자에게 적용하여 체중지지 활동과 관련된 다리근육의 근활성도 결과를 분석하는 연구가 이루어져야 할 것이다.

References

Alder SS, Beckers D, Buck M. PNF in practice: an illustrated guide, 3rd ed. Philadelphia. Springer. 2008.

Alder SS, Beckers D, Buck M. PNF in practice: an illustrated guide, 4th ed. Berlin. Springer-Verlag. 2014.

Carr JH, Shepherd RB. Neurological rehabilitation: optimizing motor performance, 2nd ed. New York. Churchill Livingstone. 2010.

Carroll TJ, Herbert RD, Munn J, et al. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. *Journal of Applied Physiology Published.* 2006;101(5):1514-1522.

Ferber R, Ostering LR, Gravelle DC. Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology.* 2002;12(5):391-397.

Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology.* 2000;10(5):361-374.

Han HW. Effect of close kinematic chain and open kinematic chain position on proprioceptive neuromuscular facilitation applied to the unilateral upper extremity on the muscle activation of lower extremity. Korea University. Dissertation of Master's Degree. 2009.

Hortobagyi T, Scott k, Lambert J, et al. Cross-education of muscle strength is greater with stimulated than

voluntary contractions. *Journal of Motor Control.* 1999;3(2):205-219.

Jette DU, Latham HK, Smout RJ, et al. Physical therapy interventions for patients with stroke in inpatient rehabilitation facilities. *physical Therapy.* 2005;85(3): 238-248.

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. *Journal of Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association.* 2012;10(4):25-31.

Kendal FP, McCreary EK, Provance PG, et al. Muscles: testing and function with posture and pain, 5th ed. Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins. 2005.

Kim KH, Ki KI, Youn HJ. The effects of PNF leg flexion patterns on EMG activity of the trunk. *Journal of Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association.* 2011;9(3):19-24.

Kofotolis ND, Kellis E. Cross-training effects of a proprioceptive neuromuscular facilitation exercise programme on knee musculature. *Physical Therapy in Sport.* 2007;8 (3):109-116.

Ko HE, Lim JH, Lee MK, et al. The combination of PNF patterns for coordinative locomotor training. *Journal of the Korean Association of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation.* 2013;11(1):17-25.

Kwon YJ. The effect of dynamic balance recovery and muscle activation by exercises on normal adults. Daegu University. Dissertation of Master's Degree. 2009.

Ma SY. The effects of FES and PNF on improvement of gait of stoke patients. Daegu University. Dissertation of Doctorate Degree. 2008.

Marcel G. Indirect treatment approach of proprioceptive neuromuscular facilitation in the recovery of function PNF Seoul Seminar. 2007.

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 Applied Physiology.* 2004;96(5):1861-1866.

Park IS, Lee SY. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation leg patterns on activity of gluteus medius at opposite side. *Journal of korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association.* 2016;14(3): 195-202.

Park IS, Han DW. The effects of self-induced and therapist-assisted lower-limb PNF pattern training on the activation of contralateral muscles. *Journal of Physical Therapy Science.* 2012;24(11):1123-1126.

Park JS. Effect of exercise program by type on balance and muscle activity in a standing posture. Sehan University. Dissertation of Master's Degree. 2014.

Park TJ. The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation in upper extremity patterns on activation of leg muscles according to kinematic chain. Seonam University. Dissertation of Master's Degree. 2010.

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.