

Original Article

Open Access

대각선 패턴에서 저항운동 시 발생한 방산의 효과가 신경의 흥분성에 미치는 영향

이민형 · 최수홍 · 하경진¹ · 이상열^{2†}

부산대학교병원 재활의학팀, ¹동아대학교병원 재활치료실, ²경성대학교 물리치료학과

The Effect of Irradiation During Resistance Exercise Using a Diagonal Pattern on the Excitability of Nerves

Min-Hyung Rhee, P.T., Ph.D. · Su-Hong Choi, P.T., Ph.D. ·
Kyung-Jin Ha, P.T., Ph.D.¹ · Sang-Yeol Lee, P.T., Ph.D.^{2†}

Department of Rehabilitation Medicine, Pusan National University Hospital

¹Department of Rehabilitation Therapy Center Dong-a University Hospital

²Department of Physical Therapy, Kyungsung University

Received: January 14, 2021 / Revised: February 2, 2021 / Accepted: February 2, 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: The human body can experience a variety of injuries. As a result, it may be difficult to directly treat the damaged area. In such a case, indirect treatment is required. Indirect treatment is typically PNF treatment. Morphological changes in muscle have been confirmed through several previous studies; however, few studies have analyzed neurological changes. Therefore, the purpose of this study was to determine how irradiation during resistance exercise using a diagonal pattern affects neurological excitability.

Methods: Electromyography was performed on 13 healthy adults. A compound muscle action potential (CMAP) was obtained through a median motor nerve conduction velocity test, which was conducted before and after performing the irradiation exercise and general exercise.

Results: Compared to baseline measurements, there was no significant difference in the latency of the irradiation exercise and general exercise. The amplitude of the CMAP measured after the irradiation exercise was significantly higher than after general exercise.

Conclusion: Neurological excitability was high in irradiation during resistance exercise using a diagonal pattern. When clinically direct treatment is difficult, it is thought that irradiation can be used indirectly as a technique to induce nerve excitability.

Key Words: CMAP, Cross education, Irradiation, PNF

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

I. 서론

인간은 살아가며 다양한 원인으로 신체부위의 손상을 경험한다. 이는 통증, 근력 약화 등의 발생 원인이 되고, 일상생활에서의 기능 제한을 초래한다. 중추신경계 손상으로 발생된 근골격계통의 마비 증상, 근골격계통의 외상으로 생긴 절단 및 고정, 그리고 기타 화상 및 관절염 등으로 인한 손상 부위 조직의 유착은 2차적으로 근육 위축, 관절 구축, 연부 조직의 반흔 조직 생성 등의 문제를 야기할 수 있다(Kofotolis & Kellis, 2007). 이를 해결하기 위해 임상에서는 문제해결을 위한 수단으로서 다양한 중재를 고려하고, 임상 의사결정 과정을 통해 선택한다.

손상 부위의 기능 장애를 직접적으로 치료하는 방법으로 연부조직의 유착 제거를 목적으로 하는 마찰법(friction), 근경련의 이완과 순환 증진을 목적으로 시행하는 마사지법, 관절의 통증을 감소시키고 관절 운동 범위를 증가시키는 수기치료 방법(Bialosky et al., 2009), 중추 신경계 손상 회복을 위한 신경발달치료, 과제 지향적 치료 등의 다양한 접근 방법(Carr & Shepherd, 2010)들이 있다. 하지만 이는 손상부위의 극심한 통증, 마비, 화상 등 직접적인 중재가 어려운 경우 사용에 제한이 있고, 따라서 인체의 다른 분절을 이용한 간접적인 치료 방법 선택을 고려해야 한다(Jonas, 2018).

고유수용성 신경근 촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)은 신경생리학적 이론을 바탕으로 환자를 치료하는 기법으로 긍정적 접근, 기능적 접근, 전인적 고려, 운동 학습과 운동 조절, 잠재력 극대화의 철학을 가지고 치료를 한다. 그 중 전인적 고려와 긍정적 접근은 신경 마비나, 손상 받은 영역으로 인한 직접적인 치료 보다는 간접적인 치료를 요구하는 환자들에게 더욱 유용한 치료 방법이다. 특히 PNF의 기본 절차 중 방산(irradiation)은 주어진 자극에 대한 신경 신호 반응이 다른 부위로 전달되는 것으로, 직접적으로 운동을 시행하는 영역과 다른 부위의 근육 수축을 촉진시킬 수 있다(Adler et al., 2007).

따라서 신경학적, 정형외과적 문제로 직접적인 치료가 어려운 인체 영역에 방산을 통하여 간접적인 치료를 적용할 수 있다.

PNF의 방산을 이용한 운동 방법은 임상에서 다양하게 시도되고 있다. 특히 최근에는 PNF의 방산을 이용하여 환자의 체중 지지 능력을 개선 시키는 연구(Lee & Yun 2012; Yang et al., 2018; Yang et al., 2019), PNF의 방산을 이용하여 환자의 반대측 지질의 근육 활성도를 변화 시키는 연구(Choi et al., 2019; Lee & Lee, 2018) 등이 시행되었다. 하지만 상기 연구는 근육의 형태학적인 변화와 기능 수준을 확인한 연구이고, PNF를 활용한 운동 방법이 신경계의 변화를 이끌어 낸다는 것을 확인한 연구는 드물다. 선행 연구에서 대각선 운동을 적용하여 중추신경계 활성도를 확인하였으나(Lee & Lee, 2016), 이는 방산의 효과를 본 것이 아니라 직접적으로 적용한 부위의 대뇌 활성도를 확인한 연구로서 방산의 효과를 신경학적인 영역에서 확인한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 PNF 대각선 패턴에서 저항운동시 발생한 방산의 효과가 반대측의 신경흥분성에 어떤 영향을 미치는지 연구하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구설계 및 대상

본 연구는 근전도를 이용하여 안정상태에서 측정된 정중운동신경 흥분성을 기준으로 PNF패턴을 활용한 방산 운동과 직선 방향을 기초한 일반운동에서 정중운동신경 흥분성을 비교하는 단일그룹 반복측정 실험으로 설계하였다. 연구대상자는 연구의 목적과 연구과정에서 수반되는 운동에 따른 근피로 및 검사에 의한 위험성에 대하여 충분한 설명을 듣고 자발적인 의사에 의해 본 실험의 연구에 동의한 신경학적, 정형외과적 손상 없고, 본 실험에 영향을 미칠 수 있는 신경학적 손상의 과거력이 없는 건강한 20-30대 성인

남녀 13명을 대상으로 실시하였다. 본 실험에 필요한 대상자의 수를 산정하기 위하여 G-power 프로그램을 통해 power 분석을 실시하였고, 효과 크기 0.5, 검정력 50%, 유의수준 $\alpha=0.05$ 로 설정하여 산출된 10명과 탈락률 20%를 고려하여 최종 12명으로 선정하였다.

2. 측정 도구 및 방법

본 연구의 설계된 운동에 의한 신경 흥분성 변화 정도를 비교 관찰하기 위하여 근전도 기기(Keypoint, Danteck, Denmark)를 이용하였으며, 검사실의 실내 온도는 22°C 이상, 검사 부위의 피부 온도는 30~34°C를 유지하고 검사를 시행하였다(Preston & Shapiro, 2012). 신경 흥분성 변화의 정도를 분석하기 위하여, 정중운동신경 전도속도(median motor nerve conduction velocity) 검사를 통해 복합근 활동 전위(compound muscle action potential, CMAP)를 획득하였다. 정중운동신경 전도 속도 검사는 정행 측정방법을 통하여 측정하였다. 정중운동신경 전도 속도 검사를 위한 전극의 부착은 3극 전극을 사용하였고, 힘살-힘줄 방법(belly-tendon method)에 의해 부착하였다. 기록 전극(recording electrode)의 부착 부위는 짧은엄지벌림근(abductor pollicis brevis)의 힘살(muscle belly), 관련 전극(reference electrode)의 부착부위는 짧은엄지벌림근의 힘줄, 접지전극(ground electrode)의 부착부위는 아래팔로 설정하였다(Kim, 2009).

정중신경을 자극하기 위한 전기 자극은 손목 주름에서 정중신경을 자극하였으며, 움직임에 따라 자극 위치가 변화하는 것을 막기 위하여, 부착식 의료용 전극을 사용하였다. 자극 주파수는 정방향의 1Hz 자극으로 자극하였으며, 저역통과 필터링(low-pass filtering) 10kHz, 고역통과 필터링(high-pass filtering) 10Hz, 민감도 5mV/D, 그리고 소인 속도(sweep speed)는 5ms/D로 설정하였다(Kim, 2020). 정중운동신경 전도 속도 검사의 잠복시는 자극 전극으로부터 기록전극까지 정중운동신경 섬유가 전도에 필요한 시간으로 복합근 활동 전위가 기초선에서 최초 음의 위상으로 변위되는 지점을 측

정하였으며, 진폭은 자극에 의해 활성화된 신경섬유의 활성도를 나타내는 것으로, 양극정점(positive peak)에서 음극 정점(negative peak)까지 측정하였다(Aminoff, 1998).

연구대상자의 기초선(baseline)을 설정하기 위하여 정중운동신경을 초최대 자극(supramaximal stimulation) 후 정중운동신경 잠복시와 진폭을 참고선(reference line)으로 기록하였다. 초최대 자극 진폭의 1/3 정도로 자극 강도를 낮추어 자극하여 복합근 활동 전위의 진폭이 획득하여 연구대상자의 기초선(baseline)의 잠복시와 진폭을 측정하였다.

기초선을 설정한 후, 측정을 시행한 팔의 반대쪽에 중재를 적용하였으며, 중재 방법은 PNF를 활용한 방산 운동과 직선방향을 기초로 한 일반 운동을 적용하였다. PNF를 활용한 방산 운동은 위팔-굽힘-벌림-바깥돌림 패턴(upper extremity flexion abduction external rotation pattern)을 시행하였으며, 동일한 저항을 적용하기 위하여 도수 접촉을 시행하지 않고 자가로 시행하였다. 저항은 운동의 끝범위에 고무밴드를 이용하여 동일한 저항을 적용하여 실시하였으며, 운동의 속도는 메트로놈을 이용하여 50BPM의 동일한 속도로 운동의 끝범위에서 50번 실시하였다. 운동을 실시한 후, 기초선과 동일한 조건으로 자극하여 방산 운동선(PNF)의 잠복시와 진폭을 구하였다. 직선 방향을 기초로 한 일반 운동은 어깨관절 굽힘 운동을 시상면을 따라 운동을 자가로 시행하고, 저항, 속도, 횡수는 방산 운동 방법과 동일하게 적용하였다. 일반 운동을 실시한 후, 기초선과 동일한 조건으로 자극하여 일반 운동선(GNR)의 잠복시와 진폭을 구하였다. 각 운동방법에 의한 영향을 배제하기 위하여 중재 방법의 순서는 무작위로 적용하였고, 각 운동 후 연구대상자들에게 5분간의 휴식을 취하도록 한 다음, 다른 운동을 적용하였다.

3. 분석방법

본 연구의 결과 분석은 통계 패키지 SPSS for Windows (ver. 22.0)를 이용하여 분석하였고, 유의 수

준 α 는 0.05로 설정하였다. 연구 대상자의 일반적 특성은 평균 및 표준 편차를 산출하였고, 안정시 초최대 자극의 1/3 자극 강도(기초선)에서 획득된 정중운동 신경 전도 속도 검사의 잠복시와 진폭, PNF를 활용한 방산 운동선(PNF)의 잠복시와 진폭, 그리고 직선 방향을 기초한 일반 운동선(GNR)의 잠복시와 진폭을 바탕으로 신경의 흥분성 정도 차이를 비교하기 위해 반복 측정 분산분석(repeated measure ANOVA)을 실시하였고, 사후 검정은 LDS방법을 실시하였다

Ⅲ. 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구의 대상자들은 총 13명으로 연구 대상자들의 평균 연령은 33.46세, 평균 신장은 177.38cm, 평균 몸무게는 75.38kg이었다(Table 1).

2. 운동 방법에 따른 잠복시의 변화

운동 적용 전 기초선 자극으로 획득된 잠복시는 2.30ms였다. PNF를 활용한 방산 운동 후 획득된 잠복시는 2.30ms, 직선 방향을 기초로 한 일반 운동 후 잠복시는 2.28ms로 기초선 자극과 비교하여 잠복시의 유의한 차이는 없었다($p>0.05$)(Table 2).

3. 운동 방법에 따른 진폭의 변화

운동 적용 전 기초선 자극으로 획득된 진폭은 33.18mV였다. PNF를 활용한 방산 운동 후 획득된 진폭은 45.05mV, 직선 방향을 기초로 한 일반 운동 후 획득된 진폭은 37.17mV로 기초선 자극과 비교하여 운동 적용 후 유의한 차이를 보였다($p<0.05$)(Table 3). 사후 검정을 시행한 결과, 기초선에 비해 운동 후에 획득된 두 조건에서 진폭의 유의한 차가 있었다($p<0.05$). PNF를 활용한 방산 운동과 직선 방향을 기초로 한 일반 운동에 따른 차이를 비교한 결과 유의한 진폭의 차이가 있었다($p<0.05$)(Table 4).

Table 1. General characteristics of subjects

(n=13)

Variables	Mean±SD
Age (years)	33.46±4.85
Height (cm)	177.38±5.59
Weight (kg)	75.38±8.10

Table 2. Mean of terminal latency under each exercise

Interval	Mean±SD	F	p
Baseline	2.30±0.22		
Irradiation exercise	2.30±0.24	0.37	0.69
General exercise	2.28±0.20		

Table 3. Mean CMAP amplitude for each exercise

Interval	Mean±SD	F	p
Baseline	33.18±12.77		
Irradiation exercise	45.05±17.64	7.83	0.01
General exercise	37.17±15.22		

Table 4. Post-hoc test of CMAP amplitude among the four different exercise

Contrast time	P
Baseline vs. Irradiation exercise	0.01
Baseline vs. General exercise	0.01
Irradiation exercise vs. General exercise	0.01

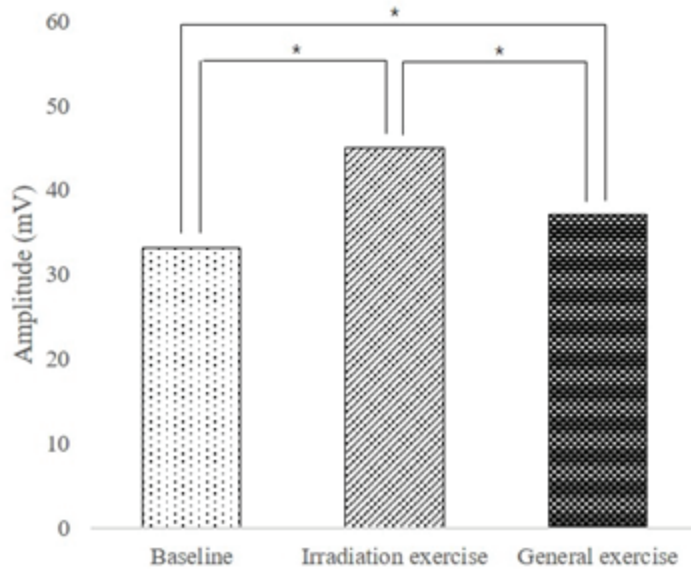


Fig. 1. Mean CMAP amplitude for each exercise.

IV. 고 찰

PNF의 방산 효과는 중심운동경로의 많은 자극과 수축을 하는 근육으로부터 원심성 되먹임을 통하여 반대편 운동 뉴런을 자극하게 된다. 이러한 효과는 환자들에게 부정적인 요소인 통증을 최소화하는 재활 프로그램으로 기능 회복에 중요한 역할을 하고, 방산의 효과는 교차 교육(cross education)과 연관성이 있다 (Carroll et al., 2006). 교차 교육은 한쪽 사지의 근육 활동이 반대편과 연관이 있다는 이론으로써, 다양한 교차 운동, 교차 훈련, 교차 전이 방법이 있다. Zhou (2000)은 교차교육만을 이용하여 훈련을 하지 않은 측의 근력이 훈련을 한 측보다 약 60%의 근력을 획득하였다고 보고하였고, Shinohara 등(2003)은 편측 등척성 운동을 손 근육에 적용하였을 때 반대편 손 근육의

활성도를 비교하였는데, 편측 등척성 운동시 반대편 근육의 활성도가 높아 졌으며, 특히 연령에 따른 비교에서 노인의 편측 등척성 운동시 반대편 손 근육의 활성도가 높게 나타났다. 또한 Abreu 등(2015)의 연구에 의하면 편측 상지 대각선 운동 시행시 반대편 상지의 근활성도를 연구하였는데, 그 결과에 운동 반대편 상지의 근활성도가 최대 등척성 자발적 수축(maximum isometric voluntary contractions)의 27%정도 증가하였음을 확인할 수 있었다. 이러한 선행연구를 바탕으로 방산을 이용한 치료방법은 효과적으로 알려져 있다. 방산(irradiation) 또는 교차 훈련(cross-training)에 PNF 패턴 적용한 선행연구들이 많이 발표되고 있지만 대부분 일정하지 않은 저항과 방향을 적용한 경우가 많다(Choi et al., 2019; Lee & Lee, 2018; Lee & Yun 2012; Yang et al., 2018; Yang et al.,

2019). PNF 대각선 패턴은 근육의 길이와 장력에 의한 구심성 흥분을 발생하는 근방추인 고유수용기를 자극하여 신경근의 흥분성 메커니즘을 촉진하여 운동 단위를 증가시킨다. 그리고 손상 받지 않은 측의 교차 훈련은 손상 받은 측의 기능 향상에 영향을 미친다 (Hortobágyi et al., 1999). 이는 근육의 형태학적 변화에 방산의 효과를 설명하는 이론적 근거가 될 수 있다고 사료된다. 하지만 근육을 활성화 시키는 신경계의 흥분성을 설명하기엔 연구가 부족한 실정이다.

Dietz (2009)은 방산을 이용하여 근활성도 향상을 보고하였다. 방산 기전은 아직 명확하게 밝혀지지 않았으나, 근육성, 신경성, 피질하성일 수 있으며, 운동 방산으로 인한 다른 부위의 근력 증가는 조직학적 변화로 인한 것이 아님을 밝혔다(Carroll et al., 2006). 이러한 선행연구 결과를 바탕으로 근력 훈련의 교차 훈련 효과는 근생리기전보다 상위 척수 기전으로 인해 발생하는 것일 수도 있다고 제안하고 있다 (Lagerquist et al., 2006). 본 연구에서는 신경흥분성에 미치는 영향을 알아보기로 근전도를 이용하여 정중운동신경의 활성도를 알아보았다. 본 연구에서 측정된 운동 방법에 따른 정중운동신경 잠복시에는 유의한 차이가 없었는데, 이는 신경전도 속도에서는 유의한 변화가 없었으며 신경학적 손상이 없고 동일한 신경을 동일 시점에서 자극 후 측정되었다고 사료된다. 운동 방법에 따른 진폭의 변화차이에서는 운동 적용 전 기초선 자극으로 획득된 진폭은 33.18mV, PNF를 활용한 방산 운동 후 획득된 진폭은 45.05mV, 직선 방향을 기초로 한 일반 운동 후 획득된 진폭은 37.17mV로 기초선 자극과 비교하여 운동 적용 후 유의한 차이를 보였고, 특히 PNF를 활용한 방산 운동 후 더 높은 진폭을 나타내었다. PNF 방산 운동 후 직접적으로 운동하지 않은 쪽의 진폭이 높게 나온 것은 임상적으로 의미가 있고, 이는 간접적으로 적용한 PNF의 운동이 방산으로 인하여 신경학적 흥분성을 증가시킨 것으로 사료된다.

PNF의 방산은 임상적으로 적용할 때 시행자의 저항량, 운동방향, 운동범위에 따라 그 효과의 차이가

크다. 따라서 본 연구는 저항량과 운동방향 그리고 운동범위를 일정하게 조절하여 방산의 효과를 확인하고자 하였다. 하지만 위팔-굽힘-별림-바깥돌림 패턴 (upper extremity flexion abduction external rotation pattern)으로만 대각선 운동을 실시하였고, 탄력 밴드를 이용한 일정한 단일 저항 강도로만 운동을 실시하여, 다양한 각도의 운동과 다양한 강도의 운동을 고려하지 못하였다. 또한 대상자 수가 적고 건강한 성인을 대상으로 실험을 하였기에 일반화하기에 제한점이 있었고, 특정 근육 근활성도만으로 다른 근육의 근활성도를 대변하기에는 제한이 있다고 생각한다. 따라서 본 연구에서 측정하지 못한 다양한 패턴 적용과 다른 근육들에 대한 근활성도 측정과 다양한 환경에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

건강한 성인 13명을 대상으로 정중운동신경 흥분성을 확인하여 PNF패턴을 활용한 방산 운동과 직선 방향을 기초한 일반 운동에서 정중운동신경 흥분성에 미치는 영향을 분석하기 위한 본 연구를 진행하였다. 본 연구 결과 PNF패턴을 활용한 방산 운동과 직선 방향을 활용한 일반 운동간 신경 흥분성 활성도에서 PNF패턴을 활용한 방산 운동에서 신경학적 흥분성이 높게 나타났으며, 이는 방산 효과로 임상적 의의가 있다고 사료된다. 본 연구 결과를 바탕으로 임상에서 통증이 심한 경우 반대측의 운동으로 중추신경계 활성도를 이용한 신경 흥분성을 유발하는 기법으로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

References

- Abreu R, Lopes AA, Sousa ASP, 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 S, Beckers D, Buck M. PNF in practice: an illustrated guide. Berlin. Springer. 2007.
- Aminoff MJ. Electromyography in clinical practice: clinical and electrodiagnostic aspects of neuromuscular disease. London. Churchill Livingstone. 1998
- Bialosky JE, Bishop MD, Price Dd, et al. The mechanisms of manual therapy in the treatment of musculoskeletal pain: a comprehensive model. *Manual Therapy*. 2009;14(5):531-538.
- Carr JH, Shepherd RB. Neurological Rehabilitation: optimizing motor performance. 2. utg. Edinburgh. Churchill Livingstone Elsevier. 2010.
- 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
- Dietz B. Let's sprint, let's skate. Berlin. Springer Science & Business Media. 2009.
- Hortobágyi T, Scott K, Lambert J, et al. Cross-education of muscle strength is greater with stimulated than voluntary contractions. *Motor Control*. 1999;3(2): 205-219.
- Jonas C. Musculoskeletal therapies: osteopathic manipulative treatment. *FP Essentials*. 2018;470:11-15.
- Kim, JS. Changes in compound muscle action potential depending on pressure level of blood flow during KAATSU training. *PNF and Movement*. 2020;18(3): 393-401.
- Kim LJ. Changes of compound muscle action potential after low-intensity exercise with transient restriction of blood flow: a randomized, placebo-controlled trial. *Journal of Physical Therapy Science*. 2009;21(4): 361-366.
- 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.
- Lagerquist O, Paul Zehr E, Docherty D. Increased spinal reflex excitability is not associated with neural plasticity underlying the cross-education effect. *Journal of Applied Physiology*. 2006;100(1):83-90.
- Lee BK, Yun JH. Influence of body weight support and walking speed in the static posture of stroke patients using indirect PNF treatment: a case report. *Journal of the Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association*. 2012;10(4):71-76.
- 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 SY, Lee MH. The comparison of the cerebral motor area activation between diagonal and straight exercises of the lower extremity -a case study-. *PNF and Movement*. 2016;14(3):231-236.
- Preston DC, Shapiro BE. Electromyography and neuromuscular disorders e-book: clinical-electrophysiologic correlations (Expert Consult-Online). Amsterdam. Elsevier Health Sciences. 2012.
- Shinohara M, Keenan KG, Enoka RM. Contralateral activity in a homologous hand muscle during voluntary contractions is greater in old adults. *Journal of Applied Physiology*. 2003;94(3):966-974.
- 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, et al. 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. Chronic neural adaptations to unilateral exercise: mechanisms of cross education. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2000;28(4):177-184.