

Original Article

Open Access

자세변화에 따른 PNF 다리패턴 적용이 반대측 볼기근과 배가로근에 미치는 영향: 예비 연구

채정병 · 정주현[†] · 정다운²

마산대학교 물리치료과, ¹동의대학교 물리치료학과, ²김해대학교 물리치료과

Effect of PNF Leg Pattern Application According to Posture on Muscle Activation of the Contralateral Gluteus and Transverse Abdominis: A Preliminary Study

Jung-Byung Chae, P.T., Ph.D. · Ju-Hyeon Jung, P.T., Ph.D.[†] · Da-Eun Jung, P.T., Ph.D.²

Department of Physical Therapy, Masan University

¹*Department of Physical Therapy, College of Nursing Healthcare Sciences and Human Ecology, Dong-Eui University*

²*Department of Physical Therapy, Gimhae College*

Received: August 10, 2022 / Revised: August 17, 2022 / Accepted: August 17, 2022

© 2022 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 purpose of this study was to confirm that the activation of the contralateral muscles changes according to posture after applying the proprioceptive neuromuscular facilitation leg pattern.

Methods: Ten healthy adults (four males and six females) with no history of current musculoskeletal/neurological injuries were recruited for this study. Abdominal muscle (transverse abdominis) and hip joint muscle (gluteus maximus and gluteus medius) activation was assessed using surface electromyography (Ultium EMG, Noraxon Inc., USA). We evaluated muscle activation during the application of the PNF leg pattern. The data were analyzed using the SPSS version 21.0 program.

Results: The results were found to be statistically significantly different in the 90/90 supine posture and sitting posture for the gluteus maximus ($p < 0.05$). The results were found to be not statistically significantly different for the transverse abdominis according to posture ($p > 0.05$). The results were found to be not statistically significantly different for the gluteus medius according to posture ($p > 0.05$).

Conclusion: Application of the PNF leg pattern resulted in a significant change in the muscle activation of the contralateral segment according to posture, and the 90/90 supine posture induced high muscle activation of the gluteus maximus. In addition, the activation of the transverse abdominis was high in all three postures.

Key Words: Posture, Cross training, PNF leg pattern, Muscle activation

[†]Corresponding Author : Ju-Hyeon Jung (hyuni610@naver.com)

I. 서론

치료적 운동프로그램은 물리치료 서비스 제공의 핵심 요소이며 물리치료사는 신체 기능, 구조나 활동의 제한을 고려하여 움직임에 대한 위험 요소를 감소시키고 사회 참여의 확대와 삶의 질을 향상시키는 방법을 찾게 된다(Kim & Kim, 2014).

이러한 과정에서 대상자의 문제점을 정확하게 평가하고 효과적인 증제가 적용될 수 있는 다양한 방법 중에서 고유수용성 신경근 촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)이 있다(Kim & Seo, 2015), 특히, 정확하고 지속적인 PNF 기법의 적용은 신체의 움직임 개선에 탁월한 효과를 보인다고 보고된다(Hindle et al., 2012).

PNF 치료방법은 감각계와 운동계의 상호작용으로 근육이 고유수용기와 감각-운동정보에 대한 협응적 동작을 만들어 내도록 유도한다(Kim, 2017). 촉진을 통해 자극의 역치를 낮추어 움직임을 쉽게 하도록 하고(Docherty et al., 2004), 기능적인 동작수행을 위한 대단위 동작수행을 훈련하는데 효과적이라고 알려져 있다(Ferber et al., 2002).

PNF 치료방법에서 적용되는 패턴들은 신체 분절의 연관시스템을 이용하여 한 분절의 움직임 촉진과 적절한 저항을 통해 다른 부위의 약한 근육들에 대한 방산(irradiation)을 만들어 낸다(Beckers & Buck, 2021). 이러한 방산의 개념은 선행연구에서 교차훈련(cross-training) 또는 교차교육(cross-education), 반대쪽 훈련(contralateral training)으로 불린다(Cirer-Sastre et al., 2017; Manca et al., 2021). 한편, 최근연구에서는 손상 받지 않은 쪽에 대한 훈련제공이 손상 받은 쪽의 기능을 변화시킨다고 하였으며 교차훈련의 효과를 뒷받침을 해주고 있다(Cirer-Sastre et al., 2017; Hortobágyi et al., 1999). 이러한 결과는 신체 분절에 대한 힘의 제공이 반대측 근육에 영향을 줄 수 있으며, 신체 한 분절에 대한 저항의 적용은 운동 과흐름(motor overflow)의 작용으로 인해 상대적으로 약한 신체 분절의 근육 그룹에 방산 및 강화(reinforcement) 효과를

낼 수 있다는 개념을 기반으로 한다(Carroll et al., 2006; Jette et al., 2005; Munn et al., 2005). 많은 선행연구에서 교차훈련은 건강한 성인과 신경계 병변을 가진 대상자에 관계없이 근력증가 및 기능 회복에 도움을 줄 수 있는 방법으로 효과를 증명하고 있다(Bemben & Murphy, 2001; Munn et al., 2004; Shima et al., 2002). 또한, 환자의 하지기능 회복을 위한 PNF의 다리패턴 적용이 반대측 근육의 활성도를 향상시킨다는 결과를 통해 교차훈련의 효과를 검증하고 있다(Kang & Jung, 2020; Kim, 2017; Shin, 2019).

그러나 교차훈련을 통한 반대측 부위의 기능회복을 증명한 이전 연구가 풍부함에도 불구하고 훈련을 적용하기 위한 부하의 정도와 훈련방법에 따른 효과의 변화가 각각의 연구에서 일관성 있는 결과를 보여주지 못하고 있다(Cirer-Sastre et al., 2017). 이러한 선행 연구들의 결과로 인해 교차훈련의 효과에 대한 논쟁은 여전히 존재한다(Cirer-Sastre et al., 2017; Kwak S-K et al., 2012; Manca et al., 2021).

따라서 본 연구에서는 교차훈련의 효과에 영향을 미칠 수 있는 부하의 정도를 자세변화로 설정하고 자세변화의 따른 PNF 다리패턴이 반대측 엉덩관절 근육과 몸통근육의 근활성도에 미치는 영향을 확인함으로써 교차훈련의 효과를 위한 최적의 자세가 무엇인지 확인하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 M시 소재 M대학에 재학 중인 건강한 20대 대학생을 대상으로 12명을 모집하여 관련 부위 통증을 호소하는 2명을 제외하고 최종 10명을 선정하였으며, 모든 대상자는 연구의 내용과 목적을 충분히 이해하고 참여에 동의한 자로 선정하였다.

실험에 참여한 대상자는 근골격계 병변과 신경학적 병변이 없는 자로 척추에 외과적 수술의 이력이

없고 류머티스성 질환 및 대사성 질환이 없는 대상자로 실험을 실시하였다.

2. 실험절차

본 연구는 유사실험설계의 단일집단 검사전-검사후 설계로 진행하였다. 대상자에게 적용할 자세는 바로 누운 자세(발바닥은 벽에 고정)와 바로 누운 자세에서 엉덩·무릎관절 90도 굽힘자세(발바닥은 벽에 고정) 그리고 앉은 자세로 설정하였다. 모든 자세에서 반대쪽 다리의 발바닥은 벽이나 바닥에 닿게 하였고 척추의 만곡은 중립을 유지하도록 하였다(Fig. 1). 사전에 모든 대상자에게 세가지의 자세를 교육한 후 엉덩관절 근육과 몸통근육의 근활성도 변화를 확인하기 위해 작은 볼기근과 큰볼기근, 배가로근에 근전도 패드를 부착한 다음 PNF 다리패턴을 적용하였다. 각 자세 별 적용순서를 무작위로 실시하였으며, 동일한 자세에서 적용되는 동작 사이에 5분의 휴식을 제공하여 총3회 실시하였다. 새로운 자세에서 PNF 다리패턴을 적용하기 전 15분이상의 휴식시간을 제공하여 이월효과를 최소화하였다.

1) 중재방법

대상자의 우세측 다리에 PNF의 다리패턴을 적용하였으며, 모든 대상자는 중재적용 전 세가지의 자세

조건에 대한 실험순서를 무작위로 선정하였다. 대상자의 다리에 적용한 PNF의 다리패턴은 무릎굽힘을 동반한 굽힘-벌림-안쪽돌림(flexion-abduction-internal rotation with knee flexion)패턴으로 숙련된 물리치료사가 적용하였으며, 평가장비 조작에 숙련된 평가자가 측정을 담당하여 평가자와 중재 치료사가 결과를 예측할 수 없도록 맹검법을 사용하였다(Beckers & Buck, 2021).

자세 조건에 따른 PNF의 다리패턴이 동일한 강도와 운동범위로 적용될 수 있도록 대상자의 전체 엉덩관절 가동범위의 중간범위에서 다리패턴이 적용되었고 각 자세조건별 동일한 저항의 적용과 보상작용을 통제하기 위해 최대하 저항을 적용하였다(Shin, 2019) (Fig. 1).

3. 측정도구

1) 표면근전도

엉덩관절의 근육과 몸통근육의 근활성도를 측정하기 위해 표면근전도 측정장비(TeleMyo Desktop DTS, Noraxon, USA)와 수집된 자료분석을 위해 분석시스템(MyoResearch Master Edition 3.10, Noraxon, USA)을 사용하였다. 모든 대상자는 근전도 전극 부착부위를 펜으로 표시한 후 피부 저항을 줄이기 위해 알코올 솜으로 닦은 후 전극을 배치하였다. 근전도 신호 추출



Fig. 1. Application of PNF leg pattern according to posture (A: Supine, B: 90/90 Supine, C: Sitting).

률은 2000Hz로 설정하고, 잡음제거를 위해 필터 (bandpass-filtered)를 20~400 Hz 주파수영역으로 설정하였다. 표면 근전도로 수집된 각 근육의 근전도 신호는 제곱평균 제곱근(root mean square, RMS)값으로 처리하였다. 모든 데이터의 측정은 5초간 측정된 값을 사용하였다(Criswell et al., 2010).

측정된 근전도 값의 정규화를 위해 실험 전 각 대상자의 측정근육에 대한 최대 수의적 등척성 수축 (maximal voluntary isotonic contraction, MVIC)값을 수집하여 %MVIC로 산출하였다. 각 근육의 MVIC를 값을 수집하기 위해 대상자에게 각 근육의 맨손근력 검사자세에서 연구대상자가 최대 근력을 유도할 수 있도록 최대 도수저항을 주었다(Kendall et al., 2005). 측정된 근전도 값은 총 3회에 걸쳐 6초간 수집된 앞뒤구간 1초를 제외한 4초간 측정된 각 근육에 평균 제곱근 값을 측정변수로 사용하였다(Criswell et al., 2010).

사전에 무작위로 선정된 자세 순서에 따라 대상자에게 PNF의 다리패턴을 적용하였으며 중재 적용과 동시에 반대측 중간 볼기근과 큰볼기근, 배가로근의 활성도를 확인하였다. 대상자가 엉덩관절의 중간 가동범위에서 4초간 정적수축을 수행하는 동안 기록된 각 근육의 근활성도 값을 이용하여 미리 측정된 MVIC과 함께 측정 근육의 %MVIC를 산출하였다(Kang & Jung, 2020).

2) 전극 부착부위

일회용 표면 전극은 실험 대상자의 해당근육의 힘살부위에 부착하였다. 중간볼기근은 뒤쪽엉덩뼈와 큰돌기 사이길이에 1/3 지점에 부착하였고 큰볼기근은 근육 가운데 중간에서 약간 아래쪽 넙다리의 큰돌기 높이와 엉덩이 주름위 3~5cm 높이에 부착하였다(O'Sullivan et al., 2010). 배가로근의 전극은 배속빚근의 활동과 같이 기록된다는 선행연구의 방법을 참고하여 위앞엉덩뼈가시에서 내측으로 2cm에 위치에 부착하였다(Criswell, 2010; Marshall & Murphy, 2003).

4. 자료처리 및 분석

본 연구 전체 참가자 10명으로부터 수집된 자료의 분석은 SPSS version 21.0을 사용하여 평균값과 표준편차를 산출하였고, 참가자의 일반적인 특성은 기술통계와 빈도분석을 사용하였으며, Kolmogorov-Smirnov에 의한 정규성 검정을 충족하여 모수검정의 통계방법으로 분석하였다. 세가지 자세에 따른 각 근육의 활성도 비교를 위해 반복측정분산분석(repeated ANOVA)을 사용하였고, 사후검정은 대비검정을 통해 확인하였으며 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구의 대상자는 정상성인 10명(남자:4명, 여자:6명)이 참여하였으며, 일반적특성은 다음과 같다(Table 1).

2. 자세에 따른 근 활성 비교

근 활성의 비교에서 배가로근의 활성도는 서로 다른 자세 간의 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$). 중간 볼기근의 활성도는 서로 다른 자세 간의 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$). 큰 볼기근의 활성도는 엉덩·무릎관절 90도 굽힘 자세에서 앉은 자세와 유의한 차이를 보였고($p<.05$), 바로 누운 자세와 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$) (Table 2)(Fig. 2).

Table 1. General characteristics of subjects (n=10)

Characteristics	Mean±SD
Gender (male/female)	4/6
Age (years)	23.80±4.28
Height (cm)	164.80±6.98
Body weight (kg)	61.60±16.10

Table 2. Comparison of the Muscle activation among three posture (n=10)

Variable	Supine	90/90 Supine	Sitting	F	p
TrA	116.46±72.05	65.88±29.95	87.41±36.20	2.69	0.09
G _{med}	41.86±24.44	39.26±21.48	36.53±21.47	0.29	0.74
G _{max}	27.48±12.59	36.36±23.28 _b	19.23±10.16 _b	5.83	0.01

Mean±SD, Unit: %MVIC, 90/90 Supine: knees and hip flexed at 90°, TrA: transverse abdominis, G_{med}: Gluteus medius, G_{max}: Gluteus maximus, p<.05

^a significant difference between supine and 90/90 supine & sitting

^b significant difference between 90/90 supine and supine & sitting

^c significant difference between sitting and supine & 90/90 supine

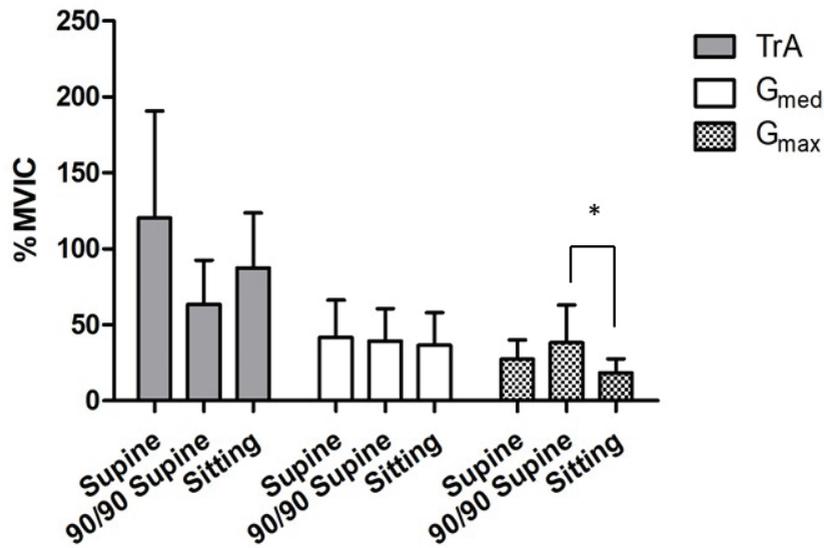


Fig. 2. Comparison of muscle activity in three different postures and muscle activity between three different muscles in each posture. TrA: transverse abdominis, G_{med}: Gluteus medius, G_{max}: Gluteus maximus

IV. 고찰

본 연구는 건강한 일반 성인을 대상으로 PNF 다리 패턴 적용 시 자세의 변화가 반대측 큰볼기근과 중간 볼기근 그리고 배가로근 활성화도에 미치는 영향을 확인 함으로써 교차훈련 효과를 검증하고 최대의 효과를 발휘하기 위한 최적의 자세를 제시하고자 사전연구를 실시하였다.

선행연구에서 교차훈련의 효과는 근육적응과 신경 적응의 조화에 의해 반대측 사지에 근력과 기능이 증

진된다고 보고하고 있다(Cirer-Sastre et al., 2017). 특히, 신경적응의 관점에서 훈련하는 사지의 신경활성이 증가함으로써 반대측 사지의 신경활성으로 확장되는 “교차활성화” 이론과 훈련하는 사지와 유사한 운동단위와 신경전도의 구조를 변화하고자 하는 “양방향성 접근” 이론을 통해 반대측 사지의 기능 증진은 설명될 수 있다(Cirer-Sastre et al., 2017; Lee & Carroll, 2007). 또한, PNF 패턴을 사용하여 교차훈련의 효과를 검증한 많은 연구들은 반대측 신체 분절의 근활성도가 증가한다는 결과를 도출하였다(Kang T-W & Jung J-H,

2020; Kim, 2017; Lee & Lee, 2018). 그러나 각 연구들의 적용방법이 다양하고 규정된 부하의 방법에 대한 기준이 명확하지 않다는 것은 PNF 패턴을 사용한 교차훈련의 효과에 대한 치료사 개인의 변동성이 크게 나타날 수 있다는 것을 시사한다. 이러한 문제점을 보완하고자 본 연구는 자세변화라는 부하의 변화를 통해 교차훈련의 효과를 효과적으로 도출할 수 있는 기준을 검증하였다.

이전 연구에서 자세변화가 어깨근육 및 골반근육의 활성화에 영향을 준다고 보고하고 있다(Bø & Finckenhagen, 2003; Saeterbakken & Fimland, 2013). 본 연구의 결과에서도 각 자세변화에 따라 반대측 볼기근과 배가로근 활성화가 변화하는 결과를 보여주었다.

바로 누운 자세에서 배가로근의 활성화가 엉덩·무릎관절 90도 굽힘 자세와 앉은 자세보다 높은 활성도를 보인 것은 대상자가 PNF 다리패턴을 적용하는 다리의 반대측 다리를 치료대와 벽에 고정하려는 노력에 의한 것으로 생각된다. 선행연구에서 배가로근은 외부의 동요에 따라 방향성에 관계없이 항상 선행적인 수축이 이루어지는 근육이라 보고하고 있다(Hodges, 1999). 본 연구 결과에서 바로 누운 자세는 다른 두가지 자세보다 무릎과 엉덩관절이 펴진 상태이며 지렛팔의 길이가 길어진 상태이다(Neumann, 2002). 이러한 자세를 유지하기 위해 몸통을 안정화에 근육의 요구도가 증가하게 되고 자세동요에 선제적으로 작용하는 배가로근의 활성화도가 높게 나타난 것으로 생각된다.

한편, 중간 볼기근의 결과에서 자세변화는 반대측 중간 볼기근의 활성화에 영향을 미치지 않는다고 해석할 수 있다. 그러나 본 연구의 세가지 자세에서 일정한 근활성도를 유지하는 것은 자세변화에 관계없이 반대측의 PNF 다리패턴을 적용하면 반대측 엉덩관절의 안정화를 위해 지속적으로 중간 볼기근이 작용한 결과라고 해석할 수도 있다. 이러한 해석은 중간 볼기근이 체중이 지지된 상태에서 다리가 모음되고 안쪽 돌림 되는 것을 방지하며 엉덩관절의 안정화에 기여한다는 선행연구의 결과에서 근거를 찾을 수 있다

(Powers, 2010; Chmielewski et al., 2007; Earl et al., 2001). 따라서 본 연구의 방법과 같이 반대측 PNF 다리패턴을 적용할 시 반대측 다리를 지지면에 고정하게 된다면 반대측 엉덩관절의 안정화를 위해 중간 볼기근의 활성도를 높일 수 있음을 시사한다. 또한, 어떠한 자세에서도 이러한 교차효과를 통해 중간 볼기근을 활성화시킬 수 있음을 보여준 결과라고 생각된다.

큰 볼기근은 엉덩관절의 폼, 가쪽돌림에 작용하는 근육으로 바닥에 고정된 다리에서 넙다리근막긴장근의 단축으로 인해 엉덩관절의 과도한 안쪽돌림이 일어나지 않도록 신장성 조절을 통해 엉덩관절을 안정화시키는 근육이다(Comerford & Mottram, 2019; Neumann, 2002; Sahrman, 2001). 본 연구결과에서 큰 볼기근이 엉덩·무릎관절 90도 굽힘자세에서 바로 누운 자세와 앉은 자세보다 높은 활성도를 보였다. 이러한 결과는 엉덩·무릎관절 90도 굽힘자세가 다른 자세보다 반대측의 다리를 지지면에 고정하기 쉬운 자세가 되고 그 상태에서 PNF 다리패턴을 적용하는 다리에 의해 벽에 고정된 다리 쪽으로 몸통이 회전된다. 이러한 몸통의 회전을 조절하기 위해 큰볼기근이 신장성 수축을 한 결과로 보인다. 또한, 선행연구에서 과도하거나 잘못된 부하는 적절한 근육의 작용을 유도하지 못한다는 문제점을 제시하고 있다 (Kang & Jung, 2020). 본 연구의 결과에서 한다리 서기와 유사한 자세인 앉은자세에서 큰볼기근에 활성화도가 가장 낮게 나타난 원인은 앉은 자세를 통해 반대측 다리에 체중을 동반한 부하의 정도가 과도해짐으로써 큰볼기근이 제대로 작용되지 않았기 때문이라 생각된다.

이와 같이 PNF 다리패턴의 적용이 자세변화에 따라 반대측 볼기근과 배가로근의 활성화 변화에 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 이를 통해 향후 임상에서 PNF의 다리패턴을 적용하여 반대측 배가로근의 수축력 향상을 위한 중재 시 바로누운 자세를 적용할 것을 추천한다. 또한, 엉덩관절의 큰볼기근에 향상을 위한 중재 시 엉덩·무릎관절 90도 굽힘자세에서 적용을 시도한다면 보다 효과적이고 정확한 교차훈련 효과를 유도할 수 있을 것이라 사료된다.

본 연구의 제한점은 자세변화에 따른 PNF 다리패턴의 적용시 즉각적 근활성도 변화를 확인하여 장기간의 중재효과를 확인하지 못하였고 참여한 대상자의 수가 적어 결과를 일반화하기에 미흡한 부분이 존재한다.

따라서, 향후 후속 연구에서는 많은 수의 환자를 대상으로 자세에 따른 PNF 다리패턴의 적용이 근활성도에 장기적 변화를 검증한 연구가 이루어져야 할 것이며 각 자세별 신뢰도 있는 표면 근전도의 결과수집을 위한 장치가 필요할 것으로 여겨진다.

V. 결론

본 연구는 일반성인 10명을 대상으로 자세변화에 따른 PNF 다리패턴 적용이 반대측 볼기근과 배가로근에 미치는 효과를 확인하였다. 엉덩·무릎관절 90도 굽힘자세에서 바로 앉은자세보다 반대측 큰볼기근의 활성도가 높은 활성도를 보였고, 모든 자세에서 가로근의 활성도가 높은 활성도를 보였다. 또한, 모든 자세에서 PNF 다리패턴 적용은 반대측 중간볼기근의 수축을 유도할 수 있음을 확인하였다. 따라서, PNF 다리패턴 적용에서 자세변화를 통해 교차훈련의 효과를 효과적으로 유도할 수 있으며 각 근육별 훈련을 위한 자세변화의 결과가 향후 재활 프로그램 구성에 반영되어야 할 것으로 생각된다.

References

- Beckers D, Buck M. Pnf in practice: An illustrated guide, 4th ed. Berlin. Springer Nature. 2021.
- Bemben MG, Murphy RE. Age related neural adaptation following short term resistance training in women. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2001;41(3):291-299.
- Bø K, Finckenhagen HB. Is there any difference in measurement of pelvic floor muscle strength in supine and standing position? *Acta Obstetric Gynecologica Scand*. 2003;82(12):1120-1124.
- 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.
- Chmielewski TL, Hodges MJ, Horodyski M, et al. Investigation of clinician agreement in evaluating movement quality during unilateral lower extremity functional tasks: a comparison of 2 rating methods. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2007;37(3):122-129.
- Cirer-Sastre R, Beltrán-Garrido JV, Corbi F. Contralateral effects after unilateral strength training: A meta-analysis comparing training loads. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2017;16(2):180-186.
- Comerford M, Mottram S. Kinetic control revised edition: the management of uncontrolled movement, 1th ed. Amsterdam. Elsevier. 2019.
- Criswell E. Cram's introduction to surface electromyography, 2th ed. Burlington. Jones & Barlett Publishers. 2010.
- Earl JE, Schmitz RJ, Arnold BL. Activation of the VMO and VL during dynamic mini-aquat exercises with and without isometric hip adduction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2001;11(6):381-386.
- Docherty CL, Arnold BL, Zinder SM, et al. Relationship between two proprioceptive measures and stiffness at the ankle. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2004;14(3):317-324.
- Ferber R, Osternig 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.
- Hindle KB, Whitcomb TJ, Briggs WO, et al. Proprioceptive neuromuscular facilitation (pnf): Its mechanisms and

- effects on range of motion and muscular function. *Journal of Human Kinetics*. 2012;31:105-113.
- Hodges PW. Is there a role for transversus abdominis in lumbo-pelvic stability? *Manual Therapy*. 1999;4(2):74-86.
- 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.
- Jette DU, Latham NK, Smout RJ, et al. Physical therapy interventions for patients with stroke in inpatient rehabilitation facilities. *Physical Therapy*. 2005;85(3):238-248.
- Kang TW, Jung JH. Effect of pnf lower extremity pattern on selective muscle contraction of the contralateral lower extremity in healthy subjects. *PNF and Movement*. 2020;18(2):255-263.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. *Muscles: Testing and function with posture and pain*, 5th ed. Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins. 2005.
- Kim HG. Comparison of muscle activity in the contralateral lower extremity from the pnf arm pattern and leg pattern. *PNF and Movement*. 2017;15(2):177-183.
- Kim HG, Kim G. The effect of arm • leg flexion patterns of pnf on muscle activation of contralateral lower extremity. *PNF and Movement*. 2014;12(3):173-179.
- 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.
- 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.
- Lee M, Carroll TJ. Cross education: possible mechanisms for the contralateral effects of unilateral resistance training. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. 2007;37(1):1-14.
- 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.
- Manca A, Hortobágyi T, Carroll TJ, et al. Contralateral effects of unilateral strength and skill training: Modified delphi consensus to establish key aspects of cross-education. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. 2021;51(1):11-20.
- Marshall P, Murphy B. The validity and reliability of surface emg to assess the neuromuscular response of the abdominal muscles to rapid limb movement. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2003;13(5):477-489.
- Munn J, Herbert RD, Gandevia SC. Contralateral effects of unilateral resistance training: A meta-analysis. *Journal of Applied Physiology*. 2004;96(5):1861-1866.
- Munn J, Herbert RD, Hancock MJ, et al. Training with unilateral resistance exercise increases contralateral strength. *Journal of Applied Physiology*. 2005;99(5):1880-1884.
- Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system*. Saint Louis. Mosby Inc. 2002.
- O'Sullivan K, Smith SM, Sainsbury D. Electromyographic analysis of the three subdivisions of gluteus medius during weight-bearing exercises. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology* 2010;2:17.
- Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2010;40(2):42-51.
- Saeterbakken AH, Fimland MS. Effects of body position and loading modality on muscle activity and strength in shoulder presses. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013;27(7):1824-1831.
- Sahrmann SA. *Diagnosis and treatment of movement*

- impairment syndromes. Missouri. Mosby. 2001.
- Shima N, Ishida K, Katayama K, et al. Cross education of muscular strength during unilateral resistance training and detraining. *European Journal of Applied Physiology*. 2002;86(4):287-294.
- Shin SS. The immediate effects of unilateral contract-relax stretching on contralateral knee extension range -a preliminary study. *PNF and Movement*. 2019;17(2): 263-274.