

Original Article

Open Access

PNF 하지패턴이 편마비 환자의 반대편 하지 측부 근육 활성화도에 미치는 영향

김경환* · 박성훈 · 박노욱 · 이혜진
보니파시오병원 재활센터

The Effect of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Exercise Patterns Targeting the Lower Extremity on Lateral Muscle Activity of the Opposite Lower Extremity in Chronic Hemiplegia Patients

Kyung-Hwan Kim* · Sung-Hun Park · Noh-Wook Pak · Hye-Jin Lee
Bonifacio Hospital Rehabilitation Center

Received: February 1, 2018 / Revised: February 22, 2018 / Accepted: February 22, 2018

© 2018 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 investigate the influence of opposite lower extremity lateral muscle activation by proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) exercise targeting the lower extremities.

Methods: Nineteen patients with chronic hemiplegia volunteered to participate in this study. PNF flexion, abduction, and internal rotation patterns; initial, end range, and extension patterns; abduction and internal rotation patterns; and initial and end range patterns were applied to the dominant lower extremity. Activation of lateral muscles (multifidus, gluteus medius, tensor fascia lata, and peroneus longus) of the paralyzed leg was then measured by electromyography (EMG).

Results: There were significant differences in lateral muscle activation, depending on the PNF pattern applied, with the differences more significant in flexion, abduction, internal rotation, and end range patterns.

Conclusion: PNF flexion, abduction, and internal rotation patterns can improve lateral muscle activation of one leg in the standing position in the gait cycle.

Key Words: PNF, Leg pattern, EMG, Lateral muscle

*Corresponding Author : Kyung-Hwan Kim (ejptkh@hanmail.net)

I. 서론

뇌졸중으로 인한 편측 마비는 하지의 근력약화, 균형능력의 저하 등으로 환자의 기능적 이동성에 심각한 영향을 미친다. 특히 뇌졸중 후 보행능력의 부재는 심리적인 상실감을 느끼게 하며 삶의 질에 심각한 영향을 미친다고 하였다(Lord et al., 2006; Mumma, 1986). 이러한 하지 근력과 지지능력의 저하는 보행주기에서 입각기시 비정상적인 체중분배를 야기하고 한다리 서기로의 변화 동안 체중부하 능력의 결여로 이어진다(Geiger et al., 2001; Holt et al., 2000). 이와 같은 문제들을 해결하기 위하여 실시된 일반적인 운동이나 다양한 기구를 이용한 하지 근력강화 운동들은 균형과 보행능력을 향상시켰다는 연구들이 다양하게 발표되었다(Kim et al., 2011; Song, 2012).

한편 고유수용성 신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)에서는 뇌졸중 환자의 근력강화운동을 위해서 다양한 패턴과 방산(irradiation)을 결합한 치료적 중재방법을 임상에서 적용하고 있으며, 일반적으로 임상에서는 반대측 훈련(contralateral training), 교차훈련(cross-training) 또는 교차교육(cross-education)이라는 치료기법으로도 언급되어진다(Farthing et al., 2007). 이러한 방산의 이론적 기반을 바탕으로 Kim (2017)은 편측 상지와 하지에 PNF 패턴을 적용하여 반대측 다리의 폼근과 굽힘근의 활성도가 증가함을 보고하였고, Choi 등(2017)은 결합된 PNF 패턴이 균형 및 보행능력의 향상과 무릎관절 폼근의 강화를 가져온다고 보고하였다. 이 밖에도 PNF 패턴을 이용하여 하지 근육의 굽힘근과 폼근에 대한 강화훈련과 근 활성도를 알아보는 연구들이 다양하게 발표되었다(Jeong et al., 2012; Kwak et al., 2012; Park et al., 2011).

최근 Park과 Lee (2016)는 PNF 하지패턴을 적용하여 반대편 중간볼기근의 각 섬유별 활성도와 특성을 보고하였으며, 중간볼기근이 입각기에서 체중을 지지하고 엉덩관절을 안정화시키는 다양한 기능적 역할을 한다고 하였다. 또한 Neumann 등(1988)은 엉덩관절 벌림근들의 길이가 길어질 때 최대 토크(torque)를 생산하게 되며,

벌림 각도에 따른 토크가 다르게 나타난다고 하였다.

보행 시 엉덩관절은 다축관절로서 굽힘과 폼, 안쪽 돌림과 바깥돌림, 벌림과 모음의 움직임으로 하지의 움직임을 조절한다. 또한 골반이 하나의 다리만으로 지지되어 있을 때 체중은 지지축 엉덩관절에서 골반이 반대측으로 기울어지도록 작용하기 때문에 골반의 안정성은 지지축 벌림근 단독의 힘으로 유지된다고 하였다(Kim & Son, 2009). 이때 중간볼기근의 힘을 강력히 돕는 것은 작은볼기근이나 넓다리근막긴장근이며, 정상적인 보행에 있어서 필수적인 요소로 작용한다(Gottschalk et al., 1989). 또한 긴종아리근과 짧은종아리근은 보행의 중간과 후기 입각기 동안 가장 활동적이다(Marchetti et al., 2008). 따라서 이들 근육에서 어느 하나에 기능부전이 생긴다면 신체에 작용 하는 체중과 균형이 바르게 잡히지 않게 된다(Perry, 1992).

이처럼 하지 측부 근육들의 활성도가 체중지지와 보행에 있어서 매우 중요한 요소로 작용하고 벌림근육은 각도에 따른 토크가 다름에도 불구하고, 이에 대한 연구가 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 편마비 환자를 대상으로 건측 하지에 PNF의 벌림 패턴을 각도에 따라 적용하여 마비 측 하지 측부 근육의 활성도를 알아보려고 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 대전광역시 B 병원에 입원 중인 만성 뇌졸중 환자 19명을 대상으로 하였으며, 대상자 선정 기준은 다음과 같았다. 뇌졸중 발병기간이 6개월 이상인 자, 보조 도구를 이용하거나 이용하지 않고 독립적으로 선 자세가 가능한 자, 시각적 유도에 이상이 없는 자, 한국형 간이 정신상태 검사(mini-mental status examination-Korean version, MMSE-K)에서 24점 이상인 자, 그리고 근육 뼈대계 질환이나 심폐 호흡계 질환이 없는 자로 하였다.

2. 실험 절차

본 연구의 실험 절차에서 모든 피험자는 바로 누운 자세(supine)에서 마비 측 하지를 벽면에 고정시킨 상태에서 건 측 하지에 굽힘/벌림/안쪽돌림(flexion/abduction/internal rotation) 패턴과 펴/벌림/안쪽돌림(extension/abduction/internal rotation) 패턴을 각각 시작과 끝 범위에서 최대의 저항을 적용하였다. 또한 패턴 적용의 순서는 무작위로 배정하였고 피험자의 개인적 의지 행위의 반영을 배제하기 위해 실험 전 절차적 과정만 설명하였으며, 목적에 관한 내용은 설명하지 않았다.

각 패턴의 시작과 끝 범위에서 적용된 최대 저항은 5초간의 유지 시간을 각 3회씩 실시하였으며, 시작과 끝의 각 1초를 제외한 중간 3초간의 평균값의 자료를 활용하였다. 또한 피험자의 피로를 최소화하기 위해 각 패턴의 적용 시 1분간의 휴식시간을 적용하였다.

3. 측정 방법 및 도구

본 연구에서 마비 측 하지의 측부 근육 활성도를 측정하기 위하여 4개 채널의 표면 근전도(QEMG-4 system, LXM 3204, Laxtha, Korea)를 사용하였으며, 표면전극은 Ag-AgCl 재질의 지름 11mm의 일회용 전극(Electrode 223, 3M, USA)을 사용하였다. 피부 저항을 줄이기 위해서 표면 전극을 부착하기 전에 전극 부착 부위의 체모를 제거하고, 의료용 알코올 솜으로 깨끗이 닦아낸 후 건측 체간의 뭇갈래근(multifidus, MF)과

마비 측 하지의 중간볼기근(gluteus medius, GM), 넓다리근막긴장근(tensor faciae latae, TFL), 긴종아리근(peroneus longus, PL)의 근 섬유와 같은 방향으로 부착하였다. 각 전극의 부착부위는 Seniam project (2006)에서 제시한 방법을 이용하여 환자의 신체적 특성에 맞게 조절하여 부착하였으며(Table 1), 접지전극(ground)은 건측 상지의 노뼈 볼돌기(radius styloid process)에 부착하였다.

표면 근전도 측정을 위한 환경 설정은 표본 추출률(sampling rate) 1024Hz, 대역 통과(band pass) 필터는 20~450Hz, 노치(notch) 필터는 60Hz로 설정하였다.

실험에서 수집된 근 활성화 신호는 근전도 소프트웨어인 Telescan 3.11(Laxtha, Korea)를 사용하여 제공 평균 제곱근법(root mean square, RMS)으로 기록하였으며, 각 패턴의 데이터 값은 굽힘, 벌림, 안쪽돌림 패턴의 시작자세(pattern 1)에서 측정된 4가지 근육의 활성도를 기준 수의적 수축 백분율(%reference voluntary contraction, %RVC) 값으로 적용하여 데이터를 분석하였다.

4. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 윈도우용 SPSS version 18.0 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 각 패턴에 따른 근 활성화 차이를 알아보기 위하여 반복 측정된 일요인 분산분석(repeated one-way ANOVA)을 사용하였으며, 사후검정은 LSD (least significant difference

Table 1. Attached position of surface electrode

Channel	Muscles	Attached position
1	Multifidus	Placed on and aligned with a line from caudal tip posterior spina iliaca superior to the interspace between L1 and L2 interspace at the level of L5 spinous process (i.e. about 2~3 cm from the midline).
2	Gluteus medius	Placed at 50% on the line from the crista iliaca to the trochanter.
3	Tensor facia lata	On the line from the anterior spina iliaca superior to the lateral femoral condyle in the proximal 1/6.
4	Peroneus longus	Placed at 25% on the line between the tip of the head of the fibula to the tip of the lateral malleolus.

test)를 사용하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계량(descriptive statistics)을 이용하였다. 통계적 유의수준(α)은 0.05로 하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

연구 대상자의 일반적인 특성은 Table 2와 같았다.

Table 2. General characteristics of subjects

Participants (N=19)	
Gender	
Male	13(68.42%)
Female	6(31.57%)
Age (yr)	63.21±11.41 [†]
Height (cm)	160.26±8.93
Weight (kg)	59.26±9.79
BMI	23.06±3.27

Mean±SD[†]

2. PNF 운동패턴에 따른 뭇갈래근의 근 활성화도 비교

PNF 운동패턴에 따른 뭇갈래근의 근 활성화도 차이를 알아본 결과, 운동패턴에 따라 유의한 결과가 나타

났다($p<0.05$). 사후검정 결과, 폼, 벌림, 안쪽돌림 패턴의 시작자세에서 유의하게 높은 근 활성도를 보였다($p<0.05$)(Table 3)(Fig. 1).

3. PNF 운동패턴에 따른 중간볼기근의 근 활성화도 비교

PNF 운동패턴에 따른 중간볼기근의 근 활성화도 차이를 알아본 결과, 운동패턴에 따라 유의한 결과가 나타났다($p<0.05$). 사후검정 결과, 폼 패턴보다 굽힘 패턴 적용 시 유의하게 높은 근 활성도를 보였고($p<0.05$), 굽힘, 벌림, 안쪽돌림 패턴의 끝 범위에서 유의하게 높은 근 활성도를 보였다($p<0.05$)(Table 3)(Fig. 1).

4. PNF 운동패턴에 따른 넓다리근막긴장근의 근 활성화도 비교

PNF 운동패턴에 따른 넓다리근막긴장근의 근 활성화도 차이를 알아본 결과, 운동패턴에 따라 유의한 결과가 나타났다($p<0.05$). 사후검정 결과, 굽힘, 벌림, 안쪽돌림 패턴의 끝 범위에서 유의하게 높은 근 활성도를 보였다($p<0.05$)(Table 3)(Fig. 1).

Table 3. Difference of muscle fiber activation at lateral muscles according to PNF pattern

Subdivision	Using PNF pattern				F	P
	Pattern 1	Pattern 2	Pattern 3	Pattern 4		
Multifidus	100.00±0.00	110.51±37.38 [†]	167.29±82.45	153.66±113.22	3.76	0.03*
Gluteus medius	100.00±0.00	114.72±36.60	52.96±25.87	56.46±23.46	26.55	0.00*
Tensor fascia lata	100.00±0.00	139.45±52.04	82.23±42.59	88.51±52.73	9.82	0.00*
Peroneous longus	100.00±0.00	103.89±36.83	73.49±34.79	70.81±32.99	6.65	0.00*

Unit: %RVC, Mean±SD[†], $p<0.05^*$

Pattern 1: resistance in flexion, abduction, internal rotation initial range

Pattern 2: resistance in flexion, abduction, internal rotation end range

Pattern 3: resistance in extension, abduction, internal rotation initial range

Pattern 4: resistance in extension, abduction, internal rotation end range

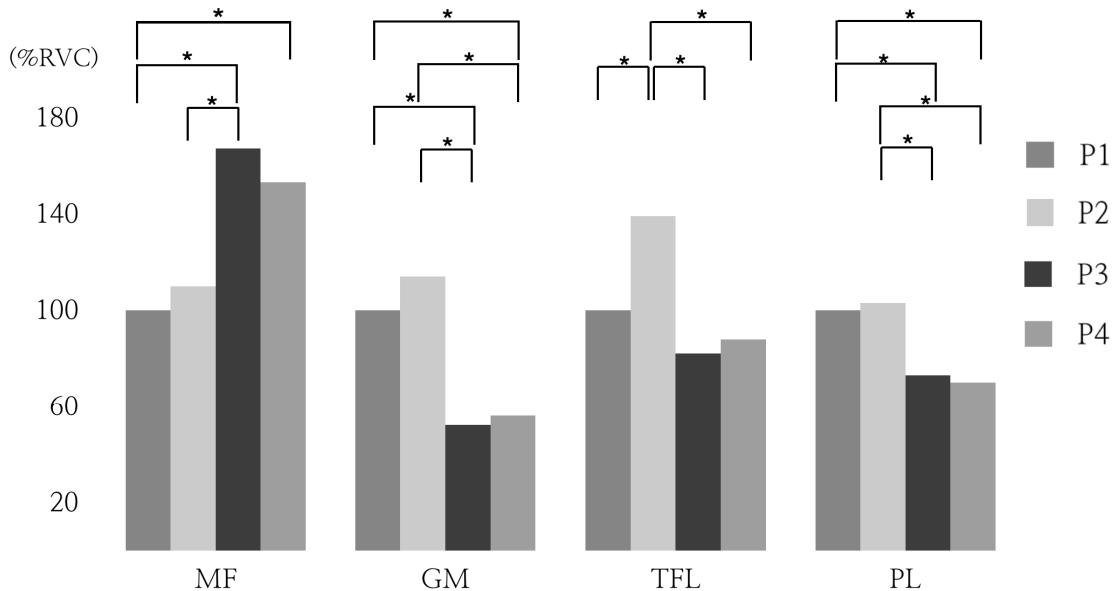


Fig. 1. Comparison of muscle fiber activation at lateral muscles within each PNF pattern.

5. PNF 운동패턴에 따른 긴종아리근의 근 활성화도 비교

PNF 운동패턴에 따른 긴종아리근의 근 활성화도 차이를 알아본 결과, 운동패턴에 따라 유의한 결과가 나타났다($p < 0.05$). 사후검정 결과, 폼 패턴보다 굽힘 패턴 적용 시 유의하게 높은 근 활성도를 보였고 ($p < 0.05$), 굽힘, 벌림, 안쪽돌림 패턴의 끝 범위에서 유의하게 높은 근 활성도를 보였다($p < 0.05$)(Table 3)(Fig. 1).

IV. 고찰

편마비 환자의 균형과 자세조절 능력의 향상은 독립적인 보행에 중요한 요소 중 하나이며(Balasubramanian et al., 2007), 적절한 체중 부하를 통한 안정성과 보행능력의 증진은 매우 중요하다(Huxham et al., 2001). 효율적인 보행을 위해서는 하지의 지지능력이 필요하며, 이는 폼근과 굽힘근의 동시 협응적 수축과 더불어 입

각기 시 다양한 측부 근육들의 활성화가 조절되어야 마비 측으로의 체중부하가 이루어져 좌우의 안정성이 만들어진다고 하였다(Perry, 1992). 따라서 본 연구는 PNF의 두 가지 하지 벌림 패턴을 시작과 끝 범위에서 적용하여 반대 측 하지의 측부 근육 활성화도에 미치는 영향을 알아보려고 하였으며, 이를 통해 마비 측 하지로의 체중부하 안정성을 제공하는 치료적 중재 방법으로 제안하고자 실시하였다.

한다리 서기 동안, 엉덩관절 벌림 근육들에서 중간볼기근은 엉덩관절을 가로지르는 압박력의 대부분을 생산한다(Chumanov et al., 2008). 외측 골반의 버팀을 지지하기 위한 기본적인 근육들은 볼기근과 복근들이며, 특히 중간볼기근은 모음 움직임에 대항하기 위해 필요하고 보행 주기의 초기입각기 동안 대퇴 안쪽돌림을 조절한다고 하였다(Page et al., 2010). 본 연구에서 마비측 하지를 단한사슬로 벽면에 고정하고 건측 하지를 열린사슬로 적용한 모든 패턴에서 중간볼기근의 근 활성화도가 유의하게 나타난 것은 골반의 안정성을 제공하기 위한 결과라고 사료된다. 또한 넙다리근

막긴장근의 활성화도는 중간볼기근과 유사한 결과를 나타내었는데, 이는 넓다리근막긴장근이 중간볼기근, 작은볼기근, 큰볼기근의 상부 섬유와 더불어 전면에서 골반의 안정성을 위해 원심성 수축을 하고 보행 주기의 중간입각기 동안 모음근에 대항하여 벌림근의 강한 반대 역할로 인한 결과라 생각된다(Page et al., 2010). 긴종아리근의 수축은 입각기에서 발의 가쪽에서부터 안쪽으로의 체중 이동을 촉진하여 발 안쪽 세로활을 안정시키고 좌우의 안정성을 확보하는 근육으로서의 역할을 하며(Mulier et al., 2003), Neuman (2002)은 이 시기 동안 발등굽힘하고 있는 목말종아리 관절을 발바닥쪽굽힘으로 방향을 빠르게 전환시킴에 따라 목말밑관절은 안쪽돌림을 한다고 하였다.

이처럼 측부 근육들의 기능적 연결성을 Myer (2014)는 측부 연결선(lateral line)과 나선 연결선(spiral line)이 볼기근을 포함하여 넓다리근막긴장근, 엉덩정강근 막띠를 지나 긴종아리근까지의 근육 사슬과 연결됨을 강조 하였는데, 이는 본 연구에서 적용된 두 가지 벌림 패턴의 특성이 방산의 효과와 연관되어 마비 측 하지의 측부 근육에 유의한 활성화도를 증가시킨 결과라 생각된다.

또한 본 연구에서 적용된 굽힘, 벌림, 안쪽돌림 패턴이 폼, 벌림, 안쪽돌림 패턴에서보다 유의하게 높은 근 활성화도가 나타난 것은 반대편 하지에 교차 신전굴 곡반사를 유도하여 더 큰 활성화도를 만들어 낸 것이라 사료되며, 이는 Park과 Lee (2016)의 연구와 유사한 결과를 보였다. 그리고 Neumann 등(1988)은 엉덩관절 벌림근들의 각도에 따른 최대 토크(Torque)는 약간 벌림되거나 중립 위치(0도)에 있을 때 생산되고, 40도 벌림에 해당하는 거의 짧아진 길이에서 최소가 된다고 하였다. 하지만 Kendal 등(2005)은 최대로 벌림된 엉덩관절의 위치에서 전통적인 도수 근력 검사를 실시하였고, 본 연구의 결과에서 굽힘, 벌림, 안쪽돌림 패턴의 끝 범위에서 유의하게 높은 근 활성화도가 나타난 것은 엉덩관절 벌림 근육들의 최소 토크에 따른 반대편 하지의 측부 근육들에서의 보상작용의 결과라고 사료된다.

PNF 패턴은 사지의 근위관절에서 일어나는 운동을 기준으로 정해지며, 정상적인 기능 운동은 사지의 대단위 운동 패턴과 협력관계가 있는 체간근으로 구성되고, 이러한 협력근의 결합은 PNF의 촉진패턴을 형성한다고 하였다(Kabat, 1960). Hodges와 Richardson (1997a, 1997b)은 배빗근(obliques), 뭇갈래근(multifidus), 배곧은근(rectus abdominis)과 같은 체간근육들은 사지 움직임의 특정 방향 즉, 하지의 엉덩관절 굽힘, 벌림, 그리고 폼에 따라 움직임의 반대방향에 있는 근육들이 다양하게 활성화 된다고 하였다. 본 연구에 적용된 하지 벌림 패턴은 동측 골반의 움직임이 후방거상과 후방하강의 움직임과 기능적 연관성이 있으며, 이때 작용하는 근육은 동측의 등쪽근육과 반대측의 배빗근이 작용하게 된다고 하였다(Adler et al., 2000). 이처럼 뭇갈래근의 활성화도는 반대편 측부 근육의 활성화도와 관련이 있다고 생각되었으나, 본 연구에서는 이에 대한 상관관계를 제시하지 못하였다. 또한 사진 실험에서 실제 보행과 유사한 한발서기와 같은 보다 기능적인 자세에서 실험을 진행하고자 하였으나, 마비 측 지지능력의 약화로 피험자의 자세 불안정성이 유발되어 정확한 최대 근 활성화도의 측정이 불가하여 누운 자세에서 실험을 진행하였기 때문에 일반화하기에는 제한점이 있었다.

V. 결론

본 연구는 만성 편마비 환자를 대상으로 건측 하지에 적용된 PNF 외전 패턴들이 마비 측 하지의 측부 근육들의 활성화도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 운동패턴에 따른 반대편 하지의 중간볼기근, 넓다리근막긴장근, 긴종아리근의 활성화도에서 굽힘 패턴이 폼 패턴보다 높은 근 활성화도를 보였고, 굽힘 패턴에서 시작범위보다 끝 범위에서 높은 근 활성화도를 보였다. 따라서 보행주기에서 한다리 서기 동안 패턴의 적용은 측부 근육의 안정성을 제공할 수 있을 것이라 생각된다. 추후 환자에게 치료적 중재 목적에 따른 패턴의

선택과 최대의 저항 또는 최적의 저항을 제공한다면 보다 효과적인 결과를 얻을 수 있을 것이라 사료되며, 이러한 중재를 기반으로 근 수행력과 보행능력의 변화 등 다양한 기능적 평가를 통한 일반화된 연구가 진행되어야 할 것이다.

References

- Adler S, Beckers D, Buck M. PNF in practice: an illustrated guide. Heidelberg. Springer. 2000.
- Balasubramanian CK, Bowden MG, Neptune RR, et al. Relationship between step length asymmetry and walking performance in subjects with chronic hemiparesis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2007;88(1):43-49.
- Choi GY, Geong HY, Maeng GC. The effect of the PNF pattern combined with whole-body vibration on muscle strength, balance, and gait in patients with stroke hemiplegia. *Journal of the Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association*. 2017;15(2):185-194.
- Chumanov ES, Wall-Scheffler C, Heiderscheit BC. Gender differences in walking and running on level and inclined surfaces. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*. 2008;23: 1260-1268.
- Farthing JP, Borowsky R, Chilibeck PD. Neurophysiological adaptations associated with cross-education of strength. *Brain Topography*. 2007;20(2):77-88.
- Geiger RA, Allen JB, O'Keefe J, et al. Balance and mobility following stroke: effects of physical therapy interventions with and without biofeedback/forceplate training. *Journal of Physical Therapy Science*. 2001;81(4):995-1005.
- Gottschalk F, Kourosh S, Leveau B. The functional anatomy of tensor fasciae latae and gluteus medius and minimus. *Journal of Anatomy*. 1989;166(1):179-189.
- Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Journal of Physical Therapy Science*. 1997a; 77(2):132-142.
- Hodges PW, Richardson CA. Feedforward contraction of transversus abdominus is not influenced by the direction of arm movement. *Experimental Brain Research*. 1997b;114(2):362-70.
- Holt RR, Simpson D, Jenner JR, et al. Ground reaction force after a sideways push as a measure of balance in recovery from stroke. *Clinical Rehabilitation*. 2000;14(1):88-95.
- Huxham FE, Goldie PA, Patla AE. Theoretical considerations in balance assessment. *Australian Journal of Physiotherapy*. 2001;47(2):89-100.
- Jeong WS, Park SK, Park JH, et al. Effect of PNF combination patterns on muscle activity of the lower extremities and gait ability in stroke patients. *The Journal of the Korea Contents Association*. 2012;12(1):318-328.
- Kabat H. Central mechanisms for recovery of neuromuscular function. *Science*. 1960;112(2897):23-24.
- Kendal FP, McCreary EK, Provance PG, et al. Muscles: testing and function with posture and pain, 5th ed. Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins. 2005.
- Kim BG, Son JH. The effect of tensor fasciae latae length on the rotation of pelvis during one leg stance. *Korean Journal of orthopedic manual therapy*. 2009; 15(2):63-68.
- Kim CS. The effects of lower extremity muscle strengthening exercise and treadmill walking exercise on the gait and balance of stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*. 2011;23(3):405-408.
- Kim EJ, Hwang BY, Kim JH. The effect of core strength exercises on balance and walking in patient with stroke. *The Journal Korean Society of Physical Therapy*. 2009;21(4):17-22.
- Kim HG. Comparison of muscle activity in the contralateral

- lower extremity from the PNF arm pattern and leg pattern. *Journal of the Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association*. 2017; 15(2):177-183.
- 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 the Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association*. 2012;10(4):25-31.
- Lord SE, Rochester L, Weatherall M, et al. The effect of environment and task on gait parameters after stroke: a randomized comparison of measurement conditions. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2006;87(7):967-973.
- Marchetti GF, Whitney SI, Blatt PJ, et al. Temporal and spatial characteristics of gait during performance of the dynamic gait index in people with and people without balance or vestibular disorders. *Physical Therapy*. 2008;88(5):640-651.
- Mulier T, Piennar H, Dereymaeker G, et al. The management of chronic achilles tendon ruptures: gastrocnemius turnover flap with or without flexor hallucis longus transfer. *Journal of Foot Ankle Surgery*. 2003; 9(3):151-156.
- Mumma CM. Perceived losses following stroke. *Rehabilitation Nursing Journal*. 1986;11(3):19-24.
- Myer T. *Anatomy trains*, 3rd ed. London. Churchill Livingstone. 2014.
- Neumann DA, Soderberg GL, Cook TM. Comparison of maximal isometric hip abductor muscle torques between hip sides. *Physical Therapy*. 1988; 68(4):496-502.
- Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system*. Saint Louis. Mosby Inc. 2002.
- Page P, Frank C, Lardner R. *Assessment and treatment of muscle imbalance: the Janda approach*. Chelsea. Sheridan Books. 2010.
- Park IS, Lee SY. Effects proprioceptive neuromuscular facilitation leg patterns on activity of gluteus medius at opposite side. *Journal of the Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association*. 2016;14(3): 195-202.
- Park TJ, Park HK, Kim JM. The effects of PNF arm patterns on activation of leg muscles according to open and closed kinetic chains. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2011;6(2):215-223
- Perry J. Gait analysis. Normal and pathological function. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 1992;12(6):815.
- Seniam project management group. <http://www.seniam.org>. 2006.
- Song GB. Effects of lower limbs strengthening exercise and therapeutic exercise on balance and gait in patients with stroke. Daegu University. Dissertation of Master's Degree. 2012.