

고유수용성신경근촉진법이 만성 뇌졸중환자의 하지기능에 미치는 효과

송현승 · 김석환[†]

대전대학교 대학원 물리치료학과, ¹국립 전남대학교 사범대학 체육교육과

The Effects of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation on Lower Extremity Functions of Chronic Stroke Patients

Hyun-Seung Song · Seok-Hwan Kim[†]

Department of Physical Therapy, The Graduate School, Daejeon University

¹*Department of Physical Education, College of Education, ChonNam National University*

Received: November 17, 2014 / Revised: November 30, 2014 / Accepted: December 10, 2014

© 2014 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 is to determine the effects of proprioceptive neuromuscular facilitation on the lower extremity function of chronic stroke patients.

Methods: The participants consist of 26 chronic stroke patients. They were randomly assigned to either an experimental group (n=13) or a control group (n=13) and engaged in exercise three times per week for eight weeks. The experimental group engaged in proprioceptive neuromuscular facilitation exercises and the control group engaged in general mat exercises. To measure lower extremity strength, the sit to stand test and the static balance test (standing on one leg) were used. To measure the stability index (SI) and weight distribution index (WDI), a Tetrax Portable Multiple System (Tetrax Ltd, Israel) was used in addition to a static balance test (standing on one leg).

Results: Lower extremity strength and static balance showed a significant improvement in the experimental group ($p<.05$). The SI and WDI were significantly improved in the experimental group ($p<.05$) for tests of standing with their eyes open, standing with their eyes closed, and standing on a sponge with their eyes open.

Conclusion: Proprioceptive neuromuscular facilitation exercises have confirmed that lower extremity function improves after exercise interventions in chronic stroke patients.

Key Words: PNF, Chronic stroke, Lower extremity function

[†]Corresponding Author : Seok-Hwan Kim (ksh96690@jnu.ac.kr)

I. 서론

뇌졸중은 환자의 과반수가 편마비 및 편부전마비와 관련된 장애로 인하여 독립적인 삶과 사회적 참여에 제한을 받는다(Dobkin, 2008). 우리나라의 경우 국내에서 뇌졸중으로 입원한 신규 환자는 90,830 여명에 이른다(Statistics Korea, 2011). 또한 2013년 한국인의 인구 10만 명당 3대 사망원인을 보면 악성신생물이 149명, 뇌혈관질환이 50.3명, 심장질환이 50.2명으로 2012년에 비하여 2013년에 뇌혈관 질환이 증가하고 있음을 나타낸다(Statistics Korea, 2014). 뇌졸중 환자의 대부분은 시상면에서 신체의 한 쪽이 마비되는 편마비를 나타내고, 비마비측 하지에 체중을 유지시키는 비정상적인 정렬로 인하여 효과적인 근육활동과 체중이동을 방해하고 균형능력의 저하가 생긴다(Bohannon & Larkin, 1985). 뇌졸중으로 인한 운동장애는 신체의 불균형과 비대칭적 자세 및 자세 조절능력을 저하시키고(Ikai et al, 2003), 낙상의 두려움과 함께 신체활동 감소로 인한 보행 능력 감소를 가져온다(Tyson et al, 2006). 또한 뇌졸중으로 인한 편마비 환자들은 균형감소와 불충분한 자세조절로 인해 독립적인 기능 감소와 낙상의 위험이 증가하게 되며, 기능적 활동과 일상생활을 영위하는데 있어서 상당한 불편과 어려움을 느낀다(Kim & Kim, 2005). 이러한 균형능력의 상실은 하지의 근력 약화와 밀접한 관련이 있으며, 보행 체계에서 필수적인 요소가 균형능력이라고 하였다(Wolfson et al, 1995).

균형능력은 최소한의 흔들림으로 지지 기저면 내에서 신체의 중력중심을 유지하는 능력이며(Nichols et al, 1996), Tyson 등(2006)은 균형은 기저면 내에서 무게중심을 유지하고 신체의 이동 시에 환경의 변화에 반응하여 신체의 자세를 지속적으로 유지할 수 있는 능력이라고 정의하였다. 또한 균형훈련 동안에는 신체적 안정성을 위해 엉덩관절과 발목관절이 균형 조절에 중요한 역할을 하며, 신체의 동요가 증가할

때는 발목관절이 주로 작용한다(Lee et al, 1996). 이와 같이 대부분의 뇌졸중 환자는 균형능력의 소실로 인하여 자세 흔들림이 증가하고 마비된 다리에 체중지지의 감소를 가져오고, 뇌졸중 환자에서 균형능력의 향상은 재활운동에서 중요한 요소 중 하나이다(Pohl & Mehrholz, 2006).

고유수용성신경근축진법(proprioceptive neuromuscular facilitation; PNF)은 치료적인 개념이며, 기본철학은 모든 인간은 발전 가능한 가소성을 지니고 있다는 점에서 시작한다. PNF는 특유의 대각선 패턴을 사용하여 근육과 힘줄 내의 고유수용기를 자극함으로써 신체기능을 향상시키고 근력, 유연성, 평형성을 증가시키는 운동요법이다(Klein et al, 2002). 최근의 고유수용성신경근축진법이 균형에 미치는 연구를 살펴보면, Lee 등(2005)은 PNF운동이 노인들의 균형능력을 증가시켰다고 하였고, Song과 Kim(2007)은 PNF 매트운동이 편마비환자의 균형능력에 증진을 주었다고 하였다. Lee 등(2009)은 결합된 PNF 패턴이 편마비환자의 균형능력 증진에 효과적이었다고 하였다. 또한 Kim과 Kim(2013)의 연구에서는 고유수용성신경근축진법이 여성노인의 신체기능 및 낙상효능감에 미치는 효과에 대하여 연구한 결과에서 균형의 증진을 나타냈다고 하였다. 이와 같이 고유수용성신경근축진법이 뇌졸중 환자의 균형에 관련된 연구들이 많이 있었지만, 만성 뇌졸중 환자의 하지기능에 대한 구체적인 연구들은 아직 미약한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 고유수용성신경근축진법이 만성뇌졸중환자의 하지기능에 미치는 효과를 알아보려고 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구는 J도의 H요양원의 뇌졸중 환자를 대상으로 제비뽑기를 통해 무작위로 실험군(n=13)과 대조군(n=13)에 배정하였다. 실험군은 고유수용성신경근축진법의 하지패턴을, 대조군은 일반적인 매트 운동을

시행하였다. 대상자 선정 기준은 첫째, 뇌졸중 진단을 받고 12개월 이상 경과한 자 둘째, 독립적으로 6분 이상 보행이 가능한 자 셋째, MMSE-K 24점 이상인 자로 하였다. 제외기준은 소뇌와 안뜰기관 및 시각과 청각장애를 가진 자로 하였다. 대상자는 모두 연구에 대한 충분한 설명을 듣고 참여에 동의하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

2. 연구절차 및 방법

실험군에는 미국 스포츠의학회(ACSM, 2007)의 운동처방지침을 참고하여, 고유수용성신경근축진법의 하지패턴을 총 8주 동안 주 3회 적용하였으며, 다른 매트 운동은 통제하였다. 미국 스포츠의학회의 운동처방의 지침은 최소 주 2-3회의 운동 빈도를 권장하고 건강증진을 위해서는 주 5회 이상의 운동 빈도를 권장한다. 본 연구에서는 실험군에 준비운동, 본 운동, 정리운동으로 구분하여 진행하였으며, 반복 횟수(1-2주;

Table 1. General characteristics of subjects

	Experimental group (n1=13)	Control group (n2=13)
Age (year)	73.5±4.2	72.5±5.1
Height (cm)	155.9±7.82	153.4±5.89
Weight (kg)	58.8±5.8	57.8±3.9
Disease duration (month)	12.3±4.9	13.5±3.6
Cerebellum. hemorrhage/ infarction	3/10	4/9
MMSE-K (score)	26.7±2.0	26.5±1.9

Mean±SD

MMSE-K; mini mental state examination-korea

2sets, 3주-6주; 3sets, 7주-8주; 4sets)를 점증적으로 증가시키는 점증부하훈련(Progressive Resistnace Exercise, PRE)을 사용하였다. 실험군의 구체적인 운동방법은 Table 2와 같다. 대조군은 일반적인 매트 운동으로 구성하였으며, 8주 동안 주 3회, 1회 30분씩 적용하였고,

Table 2. Proprioceptive neuromuscular facilitation exercise

Procedures	PNF Interventions	Period(week)		
		1~2	3~6	7~8
Warm up	Stretching	5min		
Main Exercise	<ul style="list-style-type: none"> · Fl' - add' - ext' rotation - . Fl'-add'-ext' rotation with knee flexion - . Fl'-add'-ext' rotation with knee extension 			
	<ul style="list-style-type: none"> D1 · Ext' - abd' - int' rotation Patterns -. Ext'-abd'-int' rotation with knee extension - . Ext'-abd'-int' rotation with knee flexion 	2	3	4
		0	0	0
		m	m	m
	<ul style="list-style-type: none"> · Techniques : Rhythmic Initiation, Combination of Isotonic, Repeated stretch during range and Dynamic Reversal 	i	i	i
		(n	(n	(n
	<ul style="list-style-type: none"> · Fl' - abd' - int' rotation - . Fl'-abd'-ext' rotation with knee flexion - . Fl'-abd'-ext' rotation with knee extension 	2	3	4
		s	s	s
		e	e	e
		t	t	t
<ul style="list-style-type: none"> D2 · Ext' - add' - ext' rotation Patterns -. Ext'-add'-ext' rotation with knee extension - . Ext'-add'-ext' rotation with knee flexion 	s	s	s	
	(((
	· Techniques : Rhythmic Initiation, Combination of Isotonic, Repeated stretch during range and Dynamic Reversal			
Cool down	Stretching	5min		

Table 3. General mat exercise

Procedures	PNF Interventions	Period(week)
		1~8
Warm up	Stretching	5min
Mat Exercise	1. Rolling exercise 2. Quadruped exercise 3. Bridging exercise 4. Quadreped exercise 5. Kneeling exercise	20min
Cool down	Stretching	5min

구체적인 운동방법은 Table 3과 같다.

3. 평가도구

본 연구에서의 하지기능은 하지근력, 평형성, 하지 안정성 지수 및 하지 체중분포 지수로 정의하였으며, 각 평가도구에 대한 구체적인 적용방법은 다음과 같다.

1) 하지근력

대상자의 하지근력을 측정하기 위해 의자에 앉았다 일어서기 검사(sit to stand test; SST)를 사용하였다. SST는 의자와 초시계(HS-3, CASIO, Japan)를 사용하여 하지근력을 평가하는 검사로, 의자의 높이가 바닥으로부터 45cm인 의자를 사용하여 30초 동안 완벽하게 선 자세의 총 횟수가 점수가 되며, 점수가 높으면 하지근력이 높은 것으로 판정한다. 측정 방법은 허리를 펴고, 발은 바닥에 부치고, 팔은 'x'자 모양으로 가슴에 얹고 대상자를 의자 중간부분에 앉은 다음, "시작"소리와 함께 30초 동안 앉아서 완전하게 일어서 횟수를 기록한다(C. Jessie & Debra, 2005). 본 연구에서는 총 3회 측정하여 평균값을 기록하였다.

2) 평형성

대상자의 평형성을 측정하기 위해 한발 서기 검사(one leg stand test, OLST)를 사용하였다. OLST는 선 자세에서 정적 균형능력을 측정하는 도구로서, 하지근력과 상관관계가 높은 측정 도구이다. 측정 방법은 편평한 바닥 위에 발을 놓고, 양 팔을 허리 위에 올린 상태에서 눈을 뜬 상태로 "시작"소리와 함께 한 쪽

다리를 올리고, 다리를 들어 올림과 동시에 시간을 초시계(HS-3, CASIO, Japan)로 측정하여 바닥에 닿을 때까지의 시간을 측정한다(Bohannon et al, 1984). 본 연구에서는 총 3회 측정하여 평균값을 기록하였으며, 대상자의 신체적 특성을 고려하여 낙상예방을 위하여 검사 시 보호자가 옆에 서있도록 하였다.

3) 하지 안정성 지수

대상자의 안정성 지수(stability index; SI)를 측정하기 위해 Tetrax Potable Multiple System(56 Miryam St, Tetrax Ltd, Ramat Gan, Israel)를 사용하였다. SI는 4개의 힘판에 가해지는 수직 압력을 각각의 압력변환기를 통해 34Hz의 속도로 감지하여 압력의 변동양상을 측정하였다. 측정 전, 모든 대상자에게 측정방법을 충분히 설명한 후에 실험자가 시범을 보였으며, 맨발로 측정 판에 올라서서 눈을 뜬 선 자세, 눈을 감고 선 자세, Tetrax 검사용 스폰지 위에서 눈을 뜬 선 자세, 스폰지 위에서 눈을 감고 선 자세의 총 네 가지 자세에서 10초 동안 검사의 안정성 여부를 확인하고 난 후에 38초 동안 측정하였고, 총 3회 측정하여 평균값을 기록하였다.

4) 하지 체중분포 지수

대상자의 체중분포 지수(weight distribution index; WDI)를 측정하기 위해 Tetrax Potable Multiple System(56 Miryam St, Tetrax Ltd, Ramat Gan, Israel)를 사용하였다. WDI는 4개의 힘판에 가해지는 수직 압력을 각각의 압력변환기를 통해 34Hz의 속도로 감지하여 압력의 변동양상을 측정하였다. 측정 전, 모든 대상자에게

Table 4. Comparison of measured Lower extremity strength and static balance

	Experimental group(n1=13)	Control group(n2=13)	t	p
Sit to stand test(score)	12.89±6.54	11.67±3.27	2.42	0.04*
One leg standing test(sec)	11.38±7.22	12.02±3.77	2.62	0.05*

Mean±SD, Test by independent t-test

*p<0.05

측정방법을 충분히 설명 한 후에 실험자가 시범을 보였으며, 맨발로 측정 판에 올라서서 눈을 뜬 선 자세, 눈을 감고 선 자세, Tetrax 검사용 스폰지 위에서 눈을 뜬 선 자세, 스폰지 위에서 눈을 감고 선 자세의 총 네 가지 자세에서 10초 동안 검사의 안정성 여부를 확인하고 난 후에 38초 동안 측정하였고, 총 3회 측정하여 평균값을 기록하였다. Tetrax Potable Multiple System의 신뢰도는 r=.90이었으며, 검사자 간 신뢰도는 r=0.93이다.

4. 자료 처리

수집된 자료는 SPSS Ver 21.0을 이용하여 연구대상자의 일반적 특성은 기술통계를 사용하였으며, 각 집단의 차이 비교를 위하여 독립표본 t-검정을 실시하였다. 자료의 통계적 유의수준은 p<0.05로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 고유수용성신경근축진법 운동그룹과 일반운동그룹의 변화

1) 하지근력과 평형성의 변화

하지 근력에서 실험군은 12.89±6.54로 대조군

11.67±3.27 보다 유의한 차이가 있었고(p<0.05), 평형성에서 실험군은 11.38±7.22로 대조군 12.02±3.77 보다 유의한 차이가 있었다(p<0.05). 하지근력과 평형성에 대한 결과는 Table 4와 같다.

2) 하지 안정성 지수 변화

하지 안정성 지수는 눈을 뜬 선 자세에서 실험군은 25.02±4.24으로 대조군 21.97±1.85, 눈을 감고 선 자세에서 실험군은 33.96±6.54로, 대조군 27.84±2.12 보다 유의한 차이가 있었다(p<0.05). 스폰지 위에 눈을 뜨고 선 자세에서 실험군은 25.92±5.95로 대조군 22.54±3.92 보다 유의한 차이가 있었다 (p<0.05). 스폰지 위에서 눈을 감고 선 자세는 실험군은 27.47±5.98 대조군 26.89±3.04로 두 군간 유의한 차이가 없었다. 안정성 지수는 실험군은 38.75±0.83로 대조군 36.79±0.89 보다 유의한 차이가 있었다(p<0.05). 하지 안정성 지수에 대한 결과는 Table 5와 같다.

3) 하지 체중분포 지수 변화

하지체중분포 지수에서 눈을 뜬 선 자세에서 실험군이 7.86±3.12로 대조군 6.24±1.95 보다 유의한 차이를 보였고(p<0.05), 눈을 감고 선 자세는 실험군이 7.39±3.27로 대조군 5.72±1.88 보다 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 스폰지 위에서 눈을 뜬 선 자세는 실험군

Table 5. Comparison of measured Lower extremity stability index

	Experimental group(n1=13)	Control group(n2=13)	t	p
Standing with eye opening	25.02±4.24	21.97±1.85	2.55	0.04*
Standing with eye close	33.96±6.54	27.84±2.12	2.37	0.01*
Sponge Standing with eye open	25.92±5.95	22.54±3.92	2.18	0.05*
Sponge standing with eye close	27.47±5.98	26.89±3.04	0.07	0.85
Static stability index	38.75±.825	36.79±.89	2.79	0.02*

Mean±SD, Test by independent t-test

*p<0.05

이 6.75 ± 2.54 로 대조군 6.56 ± 1.87 보다 유의한 차이를 보였으며($p < 0.05$), 스폰지 위에서 눈을 감고 선 자세는 실험군은 7.77 ± 2.95 , 대조군 7.58 ± 1.89 로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 하지 체중 분포 지수에 대한 결과는 Table 6과 같다.

IV. 고 찰

뇌졸중 환자의 하지기능은 보행의 개선을 위한 필수적인 요소로 제시되어 왔다. 특히 하지근력 및 평형성과 하지의 안정성 지수 및 하지 체중분포 지수는 뇌졸중 환자의 보행 기능 개선을 위해 중요한 신체 기능이다. 따라서 본 연구는 고유수용성신경근축진법이 만성뇌졸중환자의 하지기능에 미치는 효과를 알아보고자 하였다. 뇌졸중으로 인한 편마비 환자는 근력 감소, 체중부하의 불균형 및 균형감각의 결여와 과도한 신장반사 및 길항근의 공동수축, 운동조절 능력의 저하 등의 요인으로 인하여 기립 시 마비 측 하지로 체중부하를 하지 않으려는 비대칭적 자세를 취하게 되며 그 결과 보행의 장애를 초래하게 된다(Brandstater et al, 1983). 또한 균형 능력의 저하로 보행이 어렵거나 보폭의 증가, 보장의 감소, 보행속도의 감소 등의 문제와 비대칭적인 자세를 유발시킨다(Kim et al, 2009).

본 연구에서는 고유수용성신경근축진법 운동그룹과 일반적인 운동그룹으로 나누어 하지근력과 평형성 및 하지 안정성 지수와 체중분포 지수의 변화에 대하여 알아보았다. 하지근력은 의자 앉았다 일어 서기

검사로 측정하였는데, 연구결과 실험군에서 유의한 차이를 보였다. 이는 기능적인 반복훈련으로 이루어진 치료 중재가 환자의 기능회복에 유의한 영향을 주고 특히 능동적인 저항운동이 기능회복에 영향을 준다는 Chan 등(1998)의 연구결과와 PNF패턴을 포함한 운동이 뇌졸중환자의 마비측 하지의 운동능력을 증진시켰다는 연구결과(Kawahira et al, 2004)와 일치하였다.

평형성은 한쪽 다리 들고 오래 버티기 검사로 측정하였으며, 연구결과 실험군에서 유의한 차이를 보였다. 이러한 결과는 고유수용성신경근축진법의 하지패턴을 적용한 결과 편마비환자의 균형이 향상되었다는 연구결과(Gweon et al, 2007)와도 일치하였다.

하지 안정성 지수는 눈을 뜬 선 자세, 눈을 감고 선 자세, Tetrax 검사용 스폰지 위에서 눈을 뜬 선 자세에서는 유의하였고, 스폰지 위에서 눈을 감고 선 자세는 유의하지 않았다. 또한 전체적인 안정성 지수는 유의한 차이를 보였는데 이런 결과는, Lee 등(2007)의 고유수용성신경근축진법이 편마비 환자의 균형에 미치는 영향에 대한 연구 결과와 Kim 등(2007)의 고유수용성신경근축진법 하지 패턴에 기초한 탄력밴드 훈련이 만성 편마비환자의 보행에 미치는 영향에서의 연구결과와도 일치하였다.

하지 체중분포 지수는 눈을 뜬 선 자세, 눈을 감고 선 자세, Tetrax 검사용 스폰지 위에서 눈을 뜬 선 자세에서는 유의하였고, 스폰지 위에서 눈을 감고 선 자세는 유의하지 않았다. 또한 전체적인 안정성 지수는 유의한 차이를 보였는데 이런 결과는, 뇌졸중 환자의 체중지지 능력은 기능적 수행력과 상관관계가 있고,

Table 6. Comparison of measured Lower extremity weight distribution index

	Experimental group(n1=13)	Control group(n2=13)	t	p
Standing with eye opening	7.86±3.12	6.24±1.95	2.37	0.02*
Standing with eye close	7.39±3.27	5.72±1.88	2.02	0.04*
Sponge Standing with eye open	6.75±2.54	6.56±1.87	2.23	0.03*
Sponge standing with eye close	7.77±2.95	7.58±1.89	0.07	0.91

Mean±SD, Test by independent t-test

*p<0.05

선 자세에서 좌, 우로 체중을 옮길 수 있다는 것은 운동 기능 및 독립적인 생활과도 관련이 있으며, 입원 기간과도 관련이 있다는 Hart 등(2004)의 연구결과를 뒷받침한다. 한편 하지 안정성 지수 및 하지 체중분포 지수에서의 시각 자극 유무에 대한 결과는 인간의 균형능력이 머리의 위치와 움직임에 대한 정보를 제공하는 시각계와 전정계, 신체의 움직임과 위치를 감지하는 체성감각계 등의 상호작용에 의해 이루어진다 (Kim, 2011)는 연구결과를 반영한 것으로 생각된다.

이상의 연구결과를 종합해보면 고유수용성신경근축진법이 만성뇌졸중환자의 하지기능 향상에 기여할 수 있는 운동으로 생각된다. 하지만 본 연구는 연구대상자가 한정 되어 있어 모든 만성뇌졸중 환자에게 일반화하기에는 어려움이 있다고 판단되며, 추후 연구에서는 하지기능 및 보행과의 상관관계 등을 통한 후속 연구들이 진행되어야 할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 고유수용성신경근축진법이 만성뇌졸중환자의 하지기능에 미치는 효과를 알아 보았다. 연구 결과 하지근력과 평형성에서 유의한 차이를 보였으며, 하지 안정성 지수에서는 스폰지 위에서 눈을 감고 선 자세에서만 유의하지 않았고, 눈을 뜬 선 자세와 눈을 감고 선 자세, 스폰지 위에서 눈을 뜬 선 자세는 모두 유의하였다. 또한 하지 체중 분포 지수에서도 스폰지 위에서 눈을 감고 선 자세에서만 유의하지 않았고, 눈을 뜬 선 자세와 눈을 감고 선 자세, 스폰지 위에서 눈을 뜬 선 자세는 모두 유의하였다. 따라서, 고유수용성신경근축진법이 만성 뇌졸중환자의 하지기능 변화에 도움이 될 수 있는 운동 중재임을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- ACSM's Guidelines For Exercise Testing and Prescription seventh edition. Lippincott Williams & Wilkins. 2007.
- Bohannon RW & Larkin PA, Cook AC et al. Decrease in timed balance test score with aging. *Phys Ther.* 1984;64(7):1067-1070.
- Bohannon RW & Larkin PA. Lower extremity weight bearing under various standing conditions in independently ambulatory patients with hemiparesis. *Phys Ther.* 1985;65:1323-1325.
- Brandstater ME, Bruin H, Gowland C et al. Hemiplegic gait: analysis of temporal variables. *Arch Phys Med Rehabil.* 1983;64(12):583-587.
- Chan J, Bethous F & Bohinc T. Neuromuscular stimulation for upper extremity motor and functional recovery in acute hemiplegia. *Stroke.* 1998;29:975-979.
- C. Jessie Jones & Debra J Rose. Physical Activity Instruction of older Adults. Human kinetics Publishers. 2005.
- Dobkin BH. Training and Exercise to Drive Poststroke Recovery. *Nat Clin Pract Neurol.* 2008;4(2):76-85.
- Gweon GH, Jung YW, Bae SS. Effect of lower extremity patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation on balance ability in patients with hemiplegia. *Journal of the Korean proprioceptive neuromuscular facilitation association.* 2007;5(2):21-35.
- Haart MD, Geurt AC, Huidekoper SC et al. Recovery of standing balance in postacute stroke patients: a rehabilitation cohort study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(6): 886-895.
- Ikai T, Kamikubo T, Takehara I, et al. Dynamic postural control in patients with hemiparesis. *Am J Phys Med Rehabil.* 2003;82(6):463-469.
- Kawahira K, Simodozone M, Ogata A. et al. Addition of intensive repetition of facilitation exercise to multidisciplinary rehabilitation promotes motor functional recovery of the hemiplegic lower limb. *Journal of Rehabilitation*

- Medicine*. 2004;36(4):159-164.
- Kim HG. The effect of therapeutic exercise program on static • dynamic balance performance in hemiplegic patients. *Journal of the korean proprioceptive neuromuscular facilitation association*. 2011;9(4):13-21.
- Kim JH, Jang SH, Kim CS, et al. Use of virtual reality to enhance balance and ambulation in chronic stroke: a double-blind, randomized controlled study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2009;88(9):693-701.
- Kim JH, Kim JS. Effects of Virtual Reality Program on Balance, Gait and Brain Activation Patterns in Stroke Patients. *Journal of the korean society of physical therapy*. 2005;17(3):351-367.
- Kim JJ, Kim GI, Kim DW et al. The effect of elastic theraband exercise based of PNF L/E pattern on the gait of the chronic hemiplegic patients. *Journal of the korean proprioceptive neuromuscular facilitation association*. 2007;5(2):47-54.
- Kim SH & Kim DH. The effects of PNF exercise on body functions and fall efficacy of elderly women. *The korean journal of physical education*. 2013;52(2): 495-512.
- Klein DA, William JS, & Wayne TP. PNF training and physical function in assisted-living older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2002;41(10):476-488.
- Lee HO, Kim DK, Ryu SG et al. The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation on balance in patients with hemiplegia : application of rhythmic stabilization and combination of isotonic technique. *Journal of the korean proprioceptive neuromuscular facilitation association*. 2007;5(2):55-62.
- Lee HS, An YH, Kang HJ et al. Effect of elastic band exercise based of PNF L/E pattern on the balance in the elderly people. *Journal of the korean proprioceptive neuromuscular facilitation association*. 2005;17(1): 61-70.
- Lee HS, Choi HS, Kwon OY. A literature review on balance control factors. *Journal of the korean research society of physical therapy*. 1996;3(3):82-91.
- Lee MK, Lee JS, Jeong WS et al. The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation on balance ability in patients with hemiparetic. *Journal of the korean proprioceptive neuromuscular facilitation association*. 2009;7(1):9-16.
- Nichols DS, Miller L, Colby LA et al. Sitting balance: Its relation to function in individuals with hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil*. 1996;77(9):865-869.
- Pohl M & Mehrholz J. Immediate effects of an individually designed functional ankle-foot orthosis on stance and gait in hemiparetic patients. *Clin. Rehabil*. 20(4): 324-330, 2006.
- Song JM, Kim SM. The effect of mat activities in PNF on improvement of balance performance in stroke patients. *Journal of the korean proprioceptive neuromuscular facilitation association*. 2007;5(2): 11-19.
- Statistics Korea. 2009, Cause of death statistics. 2011.
- Statistics Korea. 2013, Cause of death statistics. 2014.
- Tyson SF, Hanley M, Chillala J et al. Balance disability after stroke. *Phys. Ther*. 2006;86(1):30-38.
- Wolfson LI, Judge J & Whipple RH. Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. *J. Gerontol*. 1995;50:64-67.