

불안정지지면 훈련에 따른 만성 뇌졸중 환자의 다리 근활성도와 동요속도의 상관성 연구

서흥원 · 김명철*

보바스 기념병원, *을지대학교 물리치료학과

Study on the Correlation between Muscle Activity of Lower Extremity and Sway Speed of Chronic Stroke Patients according to Unstable Surface Training

Seo Heungwon, PT, MSc · Kim Mungchul, PT, Ph.D*

Bobath Memorial Hospital

**Department of Physical Therapy, Eulji University*

Abstract

Purpose : This research was conducted to see the correlation between sway speed and muscle activity for lower extremity of stroke patients through unstable surface training.

Methods : A total of 60 patients were randomly divided unstable surface group (30 peoples) and stable surface group (30 people). Then they were asked to carry out the same exercise program for 6 weeks. The unstable surface group and stable surface group performed the exercise program on the balance mat and on the hard wood block. We checked the changes of sway speed and the changes in muscle activity for lower extremity.

Results : The unstable surface group displayed significantly reduced sway speed, and improved muscle activity of lower extremity. There were significant correlation between change amount of muscle activity and sway velocity in Gastrocnemius, Biceps femoris during unstable surface training($r=.373, p<.05$)($r=.369, p<.05$). And there were not show significant differences during stable surface training.

Conclusion : Judging from this, we can have knowledge that the correlation between increase of muscle activity and decrease of sway velocity for Gastrocnemius, Biceps femoris in the unstable surface training.

Key Words : muscle activities, stroke, unstable surface

*교신저자 :

김명철 ptkmc@eulji.ac.kr, 031-940-7244

접수일 : 2013년 11월 06일 | 수정일 2013년 11월 25일 | 게재확정일 : 2013년 12월 10일

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

뇌졸중은 저산소증, 허혈증, 경색 등의 혈관 폐쇄와 머리 안 출혈에 의한 것으로 신경학적 문제 등을 유발시키는 질환이다(Park, 2009). 중추신경계의 조절능력이 소실되면서 경직과 같은 과도한 근 긴장으로 작용근과 대항근의 부조화를 보이며, 고유수용성 감각 및 평형각각이 소실되어 일상생활에 제한을 주게 된다(Park, 2008). 특히, 뇌졸중 환자들은 균형반응에 문제가 생기며, 기립 자세가 불균형하므로 낙상 발생률이 높아진다(Dickstein 등, 1984). 뇌졸중 환자의 낙상은 정상인의 2배이고 일상생활과 치료에 적극적이지 못한 주된 원인이다(Chu 등, 2004; Jorgensen 등, 2002; Nyberg & Gustafson, 1995). 그러므로 뇌졸중 환자에게 가장 먼저 회복되어야 할 기능 중 하나는 균형능력이다(Horak, 1997; Shumway-Cook & Woollacott, 2001). 뇌졸중 환자의 균형능력을 저하시키는 주요한 원인 중 하나는 근활성도의 감소이므로 근육을 활성화 시킬 수 있는 훈련을 통해 균형능력을 개선시킬 필요가 있다(Laroche 등, 2010; R yerson & Levit, 1997).

뇌졸중 환자의 균형능력을 증진시키기 위한 방법으로써 저항운동, 불안정지지면 균형운동, 트레드밀 운동, 가상현실 프로그램 등이 제시되고 있다(Kawanabe 등, 2007; Lee 등, 2011). 특히, 불안정지지면을 이용한 훈련은 다리 근력을 향상시킬 뿐만 아니라 고유수용성 감각을 향상시키며, 균형능력에도 긍정적인 영향을 미친다(Yu, 2010). Sheth 등(1997)은 균형판을 이용한 불안정지지면 훈련이 앞정강이근의 수축 반응 시간을 지연시켜 근육 수축 양상에 변화를 가져오고, 이를 통해 고유수용성 감각과 자세 균형조절 능력이 향상된다고 하였다. 이와 같이 불안정지지면은 안정지지면보다 자세 조절과 동적균형을 유지하는데 더 효과적이며 마비 측 다리에 체중을 부하하는 비율을

증가시키는데, 이는 다리 근육을 활성화시켜 신경근 동원패턴을 잠재적으로 변화시키기 때문이다(Bayouk 등, 2006; Hocherman 등, 1984; Kim 등 2010; Verhagen 등, 2005).

이와 같이 불안정지면 훈련은 뇌졸중 환자의 근활성도를 변화시키고 균형능력을 향상시킨다. 하지만 불안정지면 훈련을 통한 근활성도의 변화와 균형능력 간에 직접적인 근거는 미흡하여 근활성도의 변화와 균형능력 간에 상관성이 있을 것이라고 추론만 하고 있다. 그러므로 불안정지지면 훈련을 통한 근활성도의 변화와 균형능력의 변화 간에 상관성을 입증하므로써 불안정지지면 훈련을 통한 균형능력의 향상에 중요한 근거를 제시할 수 있을 것이다.

이에 본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 불안정지면 훈련을 통해 동요속도의 변화와 장딴지근, 앞정강근, 넙다리곧은근, 넙다리두갈래근의 근활성도 변화를 알아보고 동요속도와 각 근육의 근활성도 간의 상관성을 알아보고자 실시하였다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 다음과 같았다.

- 1) 안정지지면 훈련과 불안정지지면 훈련이 각각 뇌졸중 환자의 장딴지근, 앞정강근, 넙다리곧은근, 넙다리두갈래근 근활성도를 변화시키는지 알아보고 지지면 차이에 따른 근활성도의 변화를 비교해본다.
- 2) 안정지지면 훈련과 불안정지지면 훈련이 각각 뇌졸중 환자의 동요속도를 변화시키는지 알아보고 지지면 차이에 따른 동요속도의 변화를 비교해본다.
- 3) 안정지지면 훈련을 통한 뇌졸중 환자의 장딴지근, 앞정강근, 넙다리곧은근, 넙다리두갈래근 근활성도의 변화와 동요속도의 변화 간에 상관관계를 알아본다.
- 4) 불안정지지면 훈련을 통한 뇌졸중 환자의 장딴지근, 앞정강근, 넙다리곧은근, 넙다리두갈래근 근활성도의 변화와 동

요속도의 변화 간에 상관관계를 알아 본다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구의 연구대상자는 대전 D병원에 입원 중인 자로 아래와 같은 기준을 만족하는 만성뇌졸중 환자 60명을 무작위로 안정지지면군(USG, stable surface group) 30명, 불안정지지면군(SSG, unstable surface group) 30명으로 나누어 실험하였다.

- 1) 뇌졸중 발병 6개월 이상인 자
- 2) 3m 이상 독립 보행이 가능한 자
- 3) Mini-Mental State Examination-Korea(MMSE-K) 점수가 24점 이상인 자
- 4) Modified Motor Assessment Scale(MMAS) 2등급 이하인 자
- 5) 시청각, 전정감각에 이상이 없는 자
- 6) 정형외과적 문제가 없는 자
- 7) 자발적으로 연구 참여에 동의 한 자

2. 실험방법

1) 측정방법

다리의 근활성도를 확인하기 위하여 MP150(MP150, Biopac system, USA)을 이용하였으며, 전극은 Ag-Ag/Cl(Diameter 2cm, Biopac system, USA)을 사용하였다. 근전도의 신호는 1000Hz의 표본추출률의 신호획득률로 수집하였다. 전극의 부착 부위는 총 4군데로 장딴지근(gastrocnemius), 앞정강근(tibialis anterior), 넓다리두갈래근(biceps femoris), 넓다리곧은근(rectus femoris)이었다. 측정은 총 30초간 시행하였으며, 처음 5초와 마지막 5초를 제외한 동작 중간 20초간의 측정치 값을 사용하였다. 측정은 총 3회 진행되었다. 자료정리는 Acqknowledge 4.1(biopac system, USA)소프트웨어를 이용하여 30~500Hz에서

구간필터링(band pass filtering)하고 잡음제거를 위해 60Hz로 notch 필터링하여 신호를 처리하였다. 측정된 값은 표준화하기 위하여 측정된 원자료를 실효치(root mean square, RMS)로 변환하였다. 표면 근전도의 경우 각 측정치를 표준화하고 기준 수축 근전도 값(reference voluntary contraction, RVC)을 기준으로 하여 각 측정치의 비율로 나타냈다. RVC% 공식은 안정지지면 서기 근 활성도를 불안정지지면 서기 근 활성도로 나눈 값을 사용하였다.

연구대상자의 균형을 평가하기 위한 균형평가 시스템 장비(Biorescue; RM ingenierie, France)는 기립자세에서 발판의 감지기가 움직임을 감지하여 신체 중심의 동요속도, 동요면적, 동요거리를 등을 컴퓨터 화면상에 수치화 및 그래프 화하여 나타나게 한다. 균형평가를 위해 연구대상자의 압력중심점(center of pressure, COP)의 이동에 따라 그려지는 동요속도를 산출하였다. 동요속도는 느릴수록 정적균형이 안정적인 것을 의미한다. 연구대상자는 균형 평가 시스템 장비의 발판 위에 30초간 선 자세를 유지하도록 하였으며, 총 3회씩 실시하여 평균을 측정값으로 사용하였다.

2) 운동방법

본 연구에 사용된 훈련프로그램은 Verhagen 등(2005)의 연구에서 제안한 내용을 참고하여 실시하였으며, 불안정지지면군과 안정지지면군은 모두 동일한 훈련프로그램을 실시하였다. 단지, 불안정지지면군은 불안정지지면으로 균형매트(Aeromat, Ironcompany, 미국)를 사용하였고, 안정지지면군은 안정지지면으로 단단한 목재판을 이용한 것이 차이점이었다. 균형훈련은 환자의 환측에 대한 총 6단계로 구성되어 있으며, 각 단계별로 5세트를 실시하여 1세트 시행 후 1분간의 휴식을 취하도록 하였다. 훈련은 물리치료사와 환자가 1대 1로, 주 5회 6주간 시행되었으며, 안전사고를 예방하고자 평행봉 안에서 실시하였다.

구체적인 훈련프로그램은 다음과 같다(그림 1).

- 가. 균형매트(목재판) 위에 앉아서 양손을 잡고 앞으로 뺨기(10번)
- 나. 균형매트(목재판) 위에 서있기(30초)
- 다. 균형매트(목재판) 위에서 무릎 구부리고 펴기(10번)
- 라. 균형매트(목재판) 위에서 제자리 걷기 (30초)
- 마. 균형매트(목재판) 위에서 뒤꿈치 들기 (30초)
- 바. 균형매트(목재판) 위에 서서 양손을 잡고 앞으로 뺨기(10번)

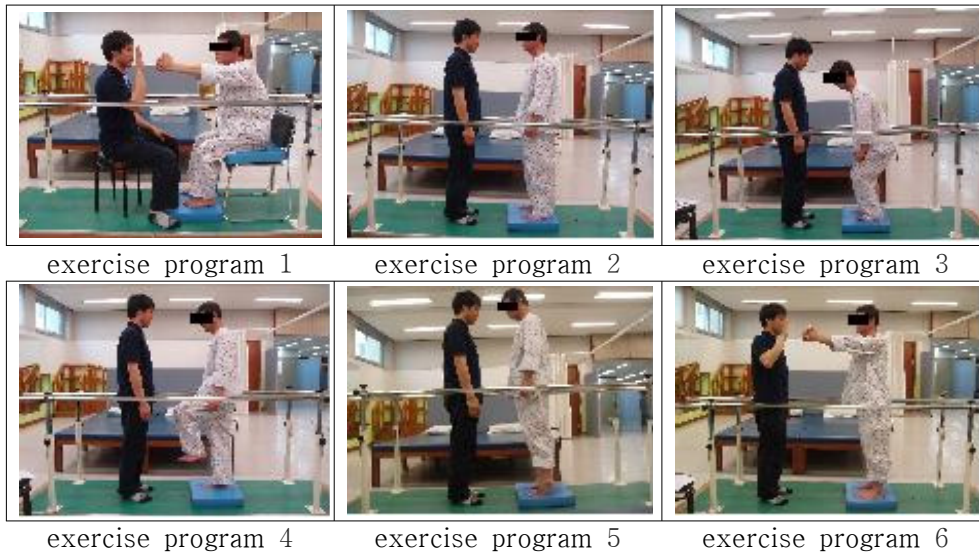


그림 1. 운동 프로그램

3. 자료 분석

본 연구에서의 결과 처리는 SPSS 20.0 for window를 사용하여 분석하였다. 그룹별 훈련 전·후의 변화를 알아보기 위하여 대응표본 t-검정을 시행하였으며, 그룹 간 차이를 알아보기 위하여 훈련 전·후의 변화량을 독립표본 t-검정을 시행하였다. 그리고 훈련으로 인한 근활성도의 변화량과 동요속도의 변화량 간에 상관관계를 알아보기고자 Pearson의 상관분석

을 사용하여 분석하였다. 유의수준은 .05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

연구대상자의 일반적인 특성은 표 1과 같았다.

표 1. General characteristics of subjects (N=60)

	USG(n=30)	SSG(n=30)	T	p
Affected side(right/left)	17/13	15/15	-	-
Gender(male/female)	16/14	14/16	-	-
Age(year)	54.97± 8.97 ¹⁾	55.97±9.92	-0.41	0.68
Height(cm)	159.65±10.85	161.94±9.26	-0.88	0.38
Weight(kg)	65.57±11.83	62.65±9.46	1.06	0.30

¹⁾mean±SD, USG: unstable surface group, SSG: stable surface group

2. 다리 근활성도와 동요속도의 변화

장딴지근과 앞정강근의 근활성도는 두 그룹 모두 훈련 전에 비해 훈련 후 유의하게 증가하였으며(p<.05), 넙다리두갈래근과 넙다리곧은근의 근활성도는 두 그룹 모두 훈련 전에 비해 훈련 후 증가하였으나 불안정지지면군에서만 유의한 차이가 있었다(p<.05)

그룹 간 차이에서는 장딴지근, 앞정강근, 넙다리두갈래근, 넙다리곧은근의 근활성도

는 모두, 불안정지지면군이 안정지지면군보다 더 유의하게 증가하였다(p<.05)(표 2).

3. 동요속도의 변화

동요속도는 두 그룹 모두 훈련 전에 비해 훈련 후 유의하게 감소하였으며(p<.05), 불안정지지면군이 안정지지면군보다 더 유의하게 감소되었다(p<.05)(표 2).

표 2. A comparison of EMG and sway speed between pre-post

		USG(n=30)	SOG(n=30)	T	p
GA(RVC%)	pre	207.65± 50.19 ¹⁾	210.91± 77.19	-0.19	0.85
	post	350.87±155.61	276.60±138.26	1.95	0.06
	diff ²⁾	143.23±142.00	65.70±111.22	2.35	0.02*
	T	-5.53	-3.24		
	p	<.01**	<.01**		
TA(RVC%)	pre	454.86±240.24	390.89±192.70	1.13	0.26
	post	971.65±334.47	734.94±272.73	3.00	<0.01**
	diff	516.80±240.65	344.05±258.72	2.67	0 .01*
	T	-11.762	-7.28		
	p	<.01**	<.01**		
BF(RVC%)	pre	372.00±246.07	362.43±199.51	0.16	0.87
	post	474.86±218.81	382.07±207.42	1.68	0.10
	diff	102.86±121.64	19.64± 61.50	3.34	<0.01**
	T	-4.63	-1.75		
	p	<.01**	.09		
RF(RVC%)	pre	434.29±102.99	447.46±130.20	-.43	0.67
	post	584.25±188.20	475.50±148.51	2.48	0.02*
	diff	149.96±188.67	28.04±115.42	3.01	<0.01**
	T	-4.35	-1.33		
	p	<.01**	.194		
SS(mm/s)	pre	1.74±.63	1.67±.58	0.485	0.63
	post	0.92±.29	1.28±.67	-2.64	0.01*
	diff	-0.82±.70	-0.39±.95	1.99	0.04*
	T	6.43	2.26		
	p	<.01**	.03*		

*p<.05 **p<.01, ¹⁾mean±SD, ²⁾diff: post - pre, USG: unstable surface group, SOG: stable surface group, GA: gastrocnemius, TA: tibialis anterior, BF: biceps femoris, RF: rectus femoris, SS: sway speed

4. 근활성도와 동요속도 간의 상관성

두 그룹 모두 훈련 전 장딴지근, 앞정강근, 넙다리두갈래근, 넙다리곧은근의 근활성도와 동요속도 간에 유의한 상관성을 확인할 수 없었다(p>.05). 불안정지지면군에서는 장딴지근과 넙다리두갈래근의 근활성도의

변화량과 동요속도의 변화량 간에서만 보통의 양의 상관성을 확인할 수 있었으나(r=.37, p=.04), 안정지지면군에서는 훈련을 통한 변화량에서 장딴지근, 앞정강근, 넙다리두갈래근, 넙다리곧은근의 근활성도 모두, 동요속도와 유의한 상관관계를 확인할 수 없었다(p>.05)(표 3).

표 3. Pearson correlation analysis between EMG-sway speed

	GA		TA		BF		RF	
	r	p	r	p	r	p	r	p
pre	-0.14 ¹⁾	0.46	0.00	0.99	-0.27	0.17	-0.08	0.68
diff ²⁾	0.37	0.04*	0.14	0.46	0.37	0.04*	0.202	0.29
pre	0.24	0.21	-0.06	0.30	-0.36	0.05	0.31	0.10
diff	0.24	0.19	-0.08	0.67	0.24	0.19	-0.34	0.07

*p<.05 **p<.01, ¹⁾coefficient of correlation, ²⁾diff: post - pre, USG: unstable surface group, SSG: stable surface group, GA: gastrocnemius, TA: tibialis anterior, BF: biceps femoris, RF: rectus femoris

IV. 고찰

본 연구는 불안정지지면 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 근활성도와 동요속도의 변화에 미치는 영향을 알아보고 근활성도와 동요속도 간의 상관성을 규명하기 위해 실시하였다.

Kim 등(2010)은 불안정지지면에서의 훈련이 편마비 환자의 보행요소와 하지 근활성도에 미치는 영향을 알아본 결과 앞정강근, 넙다리두갈래근, 넙다리곧은근의 근활성도에 통계적으로 의미있는 차이를 보였다고 하였다. 본 연구에서도 불안정지지면군은 장딴지근, 앞정강근, 넙다리두갈래근, 넙다리곧은근 근활성도가 유의한 증가하였고(p<.05) 안정지지면군은 장딴지근과 앞정강근 근활성도만 유의하게 증가하였다(p<.05). 이에 대해 Shumway-Cook과 Woollacott 등(2007)과 Dean 등(2007)은 불안정지지면에서 안정성을 확보하기 위하여 더 많은 근육의 활동이 요구되는 것이라고 하여, 본 연구를 뒷받침해준다.

Irion(1992)은 불안정지지면에서 훈련이 안정지지면에서의 훈련보다 자세 조절과 동적 균형을 촉진시킨다고 하였다. 본 연구에서도 불안정지지면군과 안정지지면군에서 모두, 동요속도가 유의하게 감소하였으나(p<.05) 불안정지지면군이 안정지지면군보다 더 유의하게 감소하여(p<.05) 불안정지지면 훈련이 뇌졸중 환자의 균형능력 향상에 더 효과적인 것을 확인할 수 있었다.

Jung 등(2011)은 스플린터 패튼을 적용한

결과, 뇌졸중 환자의 다리 근활성도와 균형능력 간에 유의한 상관성이 있다고 보고하였고 Daubney와 Culham(1999)은 발등 굽힘근과 버그균형척도 간에 유의한 상관성이 있다고 하였고 기능적 뻗기 검사, 일어나 걸어가기 검사와 각각 발바닥쪽 굽힘근 간에 유의한 상관성이 있다고 하였다. 본 연구에서도 불안정지지면군에서 장딴지근과 넙다리두갈래근 근활성도의 변화량과 동요속도의 변화량 간에 유의한 상관성이 나타났다(p<.05). 인체의 무게중심은 일반적으로 발목 관절의 앞쪽에 위치하므로 인체는 앞으로 넘어지는 것을 방지하기 위해 지속적으로 발바닥쪽 굽힘근이 다양하고 지속적으로 활동해야 한다(Woo 등, 2004). 반면, 뇌졸중 환자들은 넘어짐에 대한 두려움과 무게중심 이동능력의 저하에 따라 무게중심을 상대적으로 뒤쪽에 위치시킨다(Yun, 2002). 본 연구에서도 불안정지지면 훈련은 안정지지면 훈련에 비해 지속적으로 넘어지는 것에 대해서 대응하는 능력이 요구되었고, 이에 따라 장딴지근과 넙다리두갈래근의 활동이 증가하므로 무게중심 이동능력이 향상되어 동요속도가 유의하게 감소한 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 주 5회 물리치료를 질적 정량화 하기에는 어려움이 있었으며 개개인의 근력 및 균형능력 차이에 따른 훈련 시간과 환경적 변수를 통제할 수 없었다는 한계점이 있었으며 일부 만성 뇌졸중 환자들만 대상으로 연구가 진행되어 본 연구 결과를 모든 뇌졸중 환자에 일반화하여

확대 해석하기에 어려움이 있었다.

앞으로 이러한 제한점들을 보완하고 극복하기 위해 대상자 군을 세분화 하여 비교를 해볼 필요가 있으며 훈련 횟수증가와 오랜 기간의 추적 관찰을 통해 효율적인 운동방법 개선과 다양한 형태의 연구들이 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 불안정지지면 훈련을 통해 만성 뇌졸중 환자의 다리 근활성도와 동요속도의 변화를 알아보고 각 근육의 근활성도와 동요속도 간의 상관관계를 알아보고자 실시하였다. 이에 만성 뇌졸중 환자 60명을 무작위로 불안정지지면군(30명), 안정지지면군(30명)으로 구분하여 6주 동안(5회/주) 각각 불안정지지면과 안정지지면에서 훈련을 실시하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같다.

- 1) 장딴지근과 앞정강근의 근활성도는 두 그룹 모두 유의하게 증가하였으며, 불안정지지면군이 안정지지면군에 비해 더 유의하게 증가되었다. 넙다리두갈래근과 넙다리곧은근의 근활성도는 불안정지지면군에서만 유의하게 증가되었다.
- 2) 동요속도는 두 그룹 모두 유의하게 감소되었으며, 불안정지지면군이 안정지지면군에 비해 더 유의하게 감소되었다.
- 3) 불안정지지면군의 장딴지근과 넙다리두갈래근 근활성도의 변화량과 동요속도의 변화량 간 유의한 상관성이 있었으며, 안정지지면군에서는 근활성도와 동요속도 간에 상관성을 확인할 수 없었다.

이상의 결과를 종합하면 불안정지지면 훈련이 안정지지면 훈련에 비해 만성 뇌졸중 환자의 다리 근활성도의 증가와 동요속도의 감소에 더 효과적이었으며, 불안정지지면 훈련을 통한 장딴지근과 넙다리두갈래근 근활

성도의 증가와 동요속도의 감소 간에 유의한 상관성을 확인할 수 있었다.

본 연구는 불안정지지면 훈련을 통해 근활성도 변화와 균형능력 향상 간에 상관성이 있다는 실험적 근거를 제시했다는 것에 의의가 있으며, 앞으로 이를 바탕으로 선택적 근활성도 변화를 통해 균형능력을 향상시키기 위한 치료프로그램 개발에 기초자료가 될 것이다.

참고문헌

- Bayouk JF, Boucher JP, Leroux A(2006). Balance training following stroke: Effects of task-oriented exercises with and without altered sensory input. *Int J Rehabil Res*, 29(1), 51-59.
- Chu KS, Eng JJ, Dawson AS et al(2004). Water-based exercise for cardiovascular fitness in people with chronic stroke: A randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 85(6), 870-874.
- Daubney ME, Culham EG(1999). Lower-extremity muscle force and balance performance in adults aged 65 years and older. *Phys Ther*, 79(12), 1177-1185.
- Dean CM, Channon EF, Hall JM(2007). Sitting training early after stroke improves sitting ability and quality and carries over to standing up but not to walking: A randomised trial. *Aust J Physiother*, 53(2), 97-102.
- Dickstein R, Nissan M, Pillar T et al(1984). Foot-ground pressure pattern of standing hemiplegic patients. Major characteristics and patterns of improvement. *Phys Ther*, 64(1), 19-23.
- Hocherman S, Dickstein R, Pillar T(1984). Platform training and postural stability in hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil*,

- 65(10), 588-592.
- Horak FB(1997). Clinical assessment of balance disorders. *Gait Posture*. 6(1), 76-84.
- Irion JM(1992). Use of the gym ball in rehabilitation of spinal dysfunction. *Orthop Phys Ther Clin North Am*, 1(2), 375-399.
- Jørgensen L, Engstad T, Jacobsen BK(2002). Higher incidence of falls in long-term stroke survivors than in population controls: Depressive symptoms predict falls after stroke. *Stroke*, 33(2), 542-547.
- Jung WS, Jeong JY, Kim CK et al(2011). Effect of lower limb muscle activity on balancing through sprinter patterns of PNF. *J Contents Assoc*, 11(3), 281-292.
- Kawanabe K, Kawashima A, Sashimoto I et al(2007). Effect of whole-body vibration exercise and muscle strengthening, balance, walking exercises on walking ability in the elderly. *Keio J Med*, 56(1), 28-33.
- Kim EJ, Hwang BG, Lee SY et al(2010). The effects of gait component and muscular activity on unstable surface balance training in stroke patients. *J Rehabil Res*, 14(4), 329-346.
- LaRoche DP, Cremin KA, Greenleaf B et al(2010). Rapid torque development in older female fallers and nonfallers: A comparison across lower-extremity muscles. *J Electromyogr Kinesiol*, 20(3), 482-488.
- Lee JH, Park SW, Kang JI et al(2011). Effects of virtual reality exercise program on muscle activity and balance abilities in elderly women. *J Kor Soc Phys Ther*, 23(4), 37-44.
- Nyberg L, Gustafson Y(1995). Patient falls in stroke rehabilitation. A challenge to rehabilitation strategies. *Stroke*, 26(5), 838-842.
- Park JS(2009). Comparison of the effects of exercise in water and land on the rehabilitation of chronic stroke patients. Graduate school of Education, Eulji University, Master's thesis.
- Park YH(2008). The effects of ankle proprioceptive control program on the balance and walking in the persons with stroke. Graduate school of Education, Sahmyook University, Master's thesis.
- Ryerson S, Levit K(1997). Functional movement reeducation: A contemporary model for stroke rehabilitation. New York, Churchill Livingstone.
- Sheth P, Yu B, Laskowski ER et al(1997). Ankle disk training influences reaction times of selected muscles in a simulated ankle sprain. *Am J Sports Med*, 25(4), 538-543.
- Shumway-cook A, Woollacott MH(2001). *Motor control : Theory and practical applications*. 2th ed, Philadelphia, Williams & Wilkins.
- Verhagen E, Bobbert M, Inklaar M et al(2005). The effect of a balance training programme on centre of pressure excursion in one-leg stance. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 20(10), 1094-1100.
- Woo YG, Park JW, Choi JD et al(2004). Electromyographic activities of lower leg muscles during static balance control in normal adults. *J Kor Acad Univ Trained Phys Therapists*, 11(2), 35-45.
- Yu JH(2010). Comparison of the effects on balance control of 3 balance training programs among some

female students. Chosun University,
Doctor's Thesis.
Yun JS(2002). The effects of the
difference in muscle strength on EMG

study between affected and unaffected
lower extremity of hemiplegic patients
on ambulation. Dankook University,
Master's thesis.