Research Article

Open Access

편마비 환자의 발목관절 전략 운동이 균형 조절 능력에 미치는 영향

박기현 · 김원복[†]

대구대학교 대학원 재활과학과, ¹대구대학교 물리치료학과

The Effects of Ankle Strategy Exercise on Balance of Patients with Hemiplegia

Ki-Hyeon Park, PT, MS, Won-Bok Kim, MD, MS[†]

Department of Rehabilitation Science, Daegu University Graduate School

¹Department of Physical Therapy, Daegu University

Received: December 16, 2013 / Revised: January 4, 2014 / Accepted: January 10, 2014

© 2014 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE:

PURPOSE: The purpose of this study was to analyze the effect and examine the feasibility of an intervention of ankle strategy exercise on balance of patients with hemiplegia.

METHODS: The subject were randomly allocated to three groups: ankle strategy exercise (group A), balance exercise (group B) and control (group C).

Group A was received the conventional physical therapy plus ankle strategy exercises for 20 minutes in one session. Group B was received the same conventional physical therapy plus balance exercises for 20 minutes in one session. Two active groups were performed in the session 3 times a week, for a total of 6 weeks. and Group C was only received the same conventional physical therapy.

Balance test was assessed using center of pressure (COP) in the anteroposterior (A-P), mediolateral (M-L) direction, Berg balance scale (BBS) and Timed Up and Go Test (TUG).

RESULTS: All groups showed improvements in balance

parameters. In especial, the Group A was statistically significant differences in almost part evaluation items and showed more improvements in BBS and TUG parameters than Group B and Group C. and moving distance of M-L COP was more improvements than Group B.

CONCLUSION: Ankle strategy exercises had more influence on balance than balance exercises and neurodevelopmental treatment.

Key Words: Ankle, Ankle strategy, Balance, Hemiplegia

I. 서론

뇌졸중은 혈관 파열 또는 혈행 막힘에 의해 뇌 혈액의 공급이 차단되었을 때 발생한다(Glanz 등, 1996). 이런 뇌혈관 질환은 인구 10만 명 당 50.7명이 사망하며, 암에 이어 사망 원인 2위인 질환이다(Korea National Statistical Office, 2011).

뇌졸중 발생 후 신경학적 · 기능적 결함이 잔존하고 (Chen과 Patten, 2006), 근력 약화와 균형 능력 저하로 인해 균형 및 보행 문제로 일상 생활 능력이 감소한다 (Janice와 Pei, 2007). 특히, 환경 안에서 여러 과제를

[†]Corresponding Author : ak0907@hanmail.net

수행하기 위해 기저면(base of support)위에서 신체의 균형을 유지하는 능력은 일상 생활에서 가장 중요한 운동 조절 요소 중 하나인데, 선 자세에서의 불균형은 뇌졸중 환자의 커다란 후유증으로 이러한 자세 조절의 어려움은 앉아서 일어나기, 보행 등의 기능적 수행까지도 좋지 않은 영향을 미친다(Carr와 Shepherd, 2003). 또한, 편마비 뇌졸중 환자들은 비 정상적인 균형 능력과 마비측으로 체중을 옮기는 능력 감소로 인해 기능적 활동을 영위하는데 있어서 상당한 불편과 어려움을 느끼게 되며(Kim, 2005), 균형과 보행 운동은 뇌졸중 환자의 재활 프로그램에서 중요한 요소 중 하나이다(Brouwer 등, 2003).

신체에 따르는 균형의 회복에는 발목관절 전략(ankle strategy)이나 고관절 전략(hip strategy), 또는 두 전략을 함께 사용해서 서 있는 균형을 유지한다(Horak와 Nashner, 1986). 발목관절 전략은 견고한 지지면에서 적은 동요가 있을 때 일상적으로 사용되며, 제일 먼저 나타나는 자세 조절 전략으로써(Shumway-Cook과 Woollacott, 2006), 발목관절의 근육 수축을 통해 똑바로 서기 균형을 일차적으로 회복하는 것을 말한다(Horak 등, 1989).

균형 증진을 위하여 기존의 연구들은 발목의 근력 강화(Amiridis 등, 2005 ; Imms와 Edholm, 1981 ; Lord와 Castell, 1994 ; Lord 등, 1995 ; Robinovitch 등, 2002), 가동 범위 증진(Mills, 1994 ; Shigematsu 등, 2002) 등 여러 가지 방법들을 사용하였으며 최근들어 발목관절의 기능적인 운동을 통한 균형 증진 운동(Lee 등, 2008 ; Park, 2009)에 대한 연구가 늘어나고 있다. 최근에 발목관절 전략 운동에 관한 연구에서는 Choi와 Kim(2012)이 노인 여성에게 발목관절 전략 운동을 통하여 균형 능력이 유의하게 증가함을 보고하였으며, 정상 노인을 대상으로 연구가 많이 진행되고 있다.

본 연구는 발목관절 전략 운동이 편마비 환자에게 균형 증진 효과가 있는지 알아보려고 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자 및 기간

대구광역시 S병원에 뇌졸중으로 진단받고 입원중인 성인 편마비 환자를 대상으로 본 연구의 취지를 이해하고 연구 참여에 동의 한 대상자 중 의사소통에 어려움이 있거나 지시에 따르기가 어려운자, 하지에 관절 구축이 있는 자, 정형 외과적 문제가 있는 자를 제외하였다. 최종 선발된 30명을 대상으로 세 그룹으로 나누어 발목관절 전략 운동을 추가로 시행한 10명, 균형 운동을 추가로 시행한 10명, 신경 발달 치료만 시행한 10명으로 분류하여 실시하였다.

실험은 6주간 실시 하였으며, 실험 전 족저압 중심 이동의 거리비교, BBS, TUG를 이용하여 균형 평가를 하였고 실험 6주 후 재평가를 하여 균형의 변화를 알아 보았다.

2. 실험 도구 및 측정 도구

1) Aero-Step

Aero-Step (Aero-Step XL, TOGU, 독일)은 약 8cm 높이로 된 2개의 에어 공간으로 구성되어 있는데, 울퉁불퉁하고 공기가 들어있으며 이런 탄성이 있는 무른 지면은 서서 균형을 이루는 노력 자체만으로도 초당, 단위면적당 다양한 반작용력을 갖게 하며, 긴, 인대, 그리고 관절의 고유 수용기를 모두 활성화 시킬 수 있는 장비이다. Lee(2007)는 Aero-Step 운동은 폐쇄성 궤도운동을 통해 족관절 주위 근육의 편심성 수축을 제공할 뿐만 아니라 협조운동과 다축면의 체중부하 운동, 특히 외반 모멘트 부하 운동을 함으로써 족관절 주위의 구심성 자극을 제공하여 자세감각과 고유수용성 감각을 향상시킨다. 이를 통해 협력근 수축을 촉진하고 길항근의 근육 수축을 느리게 하는 작용을 하기 때문에 균형능력 증진 전략으로 적합하다고 하였다.

2) Mat scan system

기립시 COP의 이동 거리를 보기 위해서 저항식 압력 센서인 Mat Scan system (Tekscan Inc. 미국)을 사용하였

다. Mat system을 사용하여 측정하는 방법은 정적인 상태에서 대상자의 체중을 측정하여 프로그램에 입력하고 압력 측정판 위에서 대상자가 편하게 선 자세에서 시선은 전방을 보게 하여 10초간 측정하였다. COP의 이동거리는 녹화 시간동안 400 frame으로 저장된 COP의 이동 거리를 ASCII파일을 이용하여 각 frame의 순서에 따라 차이 값을 모두 절대값으로 더하여 0.33을 곱한 후 inch로 단위 변환하여 분석하였으며, 좌·우 중심의 이동 거리(Mediolateral moving distance of Center of pressure, M-L COP)와 전·후 중심의 이동 거리(Anteroposterior moving distance of Center of pressure, A-P COP)로 나누어 평가하였다.

3) Berg 균형 척도 (BBS)

균형 능력을 평가하기 위해 Berg 등(1992)의 Berg 균형 척도 (BBS)를 사용하였다.

이 검사의 평가시간은 대체로 15분이 소요되며 보행 속도와 상관관계가 매우 높은 것으로 알려져 있다. 한 명의 숙달된 검사자에 의해 6주 동안 2회의 평가를 실시하였으며 실험 전에 각 조건의 자세를 설명하고, 시범을 보인 후 몇 번의 연습을 거쳐 측정 자세와 방법에 익숙해진 다음에 측정하였다.

4) Timed Up and Go Test (TUG)

이 검사는 46cm 높이의 팔걸이가 있는 의자에 앉은 자세에서 일어나 3m를 왕복하여 다시 앉는 시간을 측정하였다. 측정 시 자신이 평소 신는 신발과 보조도구를 사용할 수 있으나 보호자 혹은 치료사의 도움은 받지 않는다. 이 검사는 동적 균형 및 기능적인 동작들을 평가하는데 타당도가 높은 것으로 나타났다(Podsiadlo와 Richardson, 1991).

3. 중재 방법

1) 그룹 A(발목관절 전략 운동 그룹)

발목관절 전략 운동으로는 딱딱한 맨바닥에서 서서 하는 운동, 쿠션볼을 이용하는 운동, Aero-Step을 이용한 운동(Lee 등, 2008) 등 세 가지 방법으로 구성 되었으

며, 운동 시에는 발목관절 전략을 위하여 고관절과 슬관절의 움직임을 실험자가 의식적으로 제한하며, 필요에 따라 치료사의 관찰 및 지도를 실시하였고, 발목관절 전략 운동이 어려운 환자는 운동 시간 내 치료사의 도움을 통하여 동작을 숙지 후 실시하였다. 환자의 안전을 위해 치료사는 항상 환자 앞에서 지켜보고 있었다. 운동 방법은 다음과 같다.

- 딱딱한 맨바닥에 서서 하는 운동
 - 천천히 양 발의 발뒤꿈치 들어 올리고 내리는 발목관절 전략 운동
 - 양 발의 앞쪽을 들어 올리고 내리는 발목관절 전략 운동
 - 교대로 한 발 서기 발목관절 전략 운동
- 쿠션 볼 위에서 하는 운동
 - 균형을 유지하고 정적으로 서 있는 발목관절 전략 운동
 - 앞·뒤, 좌·우, 그리고 대각선 방향으로 몸을 기울이는 발목관절 전략 운동
- Aero-Step 위에서 하는 운동
 - 균형을 유지하고 정적으로 서 있는 발목관절 전략 운동(Fig. 1)

Fig 1. Ankle strategy exercise on Aero-Step; Balance on two feet to Aero-Step. and solemnize affected side hand to arm support. (Necessary, give assistance for safety in front of patient.)

- 앞·뒤, 좌·우, 대각선 방향으로 몸을 흔드는 발목 관절 전략 운동(Fig. 2, 3)

Fig 2. Ankle strategy exercise on Aero-Step(weight bearing to affected side); Solemnize hand on arm support to weight bearing to affected side. And keep stay for 10 sec.

Fig 3. Ankle strategy exercise on Aero-Step(weight bearing to lesser affected side); Lift hand on arm support to weight bearing to lesser affected side. And keep stay for 10 sec.

딱딱한 맨바닥에 서서 하는 운동은 3분씩 2세트를 실시하였고, 1세트는 눈을 뜨고, 2세트는 눈을 감고하였다. 쿠션볼과 Aero-Step 위에서 하는 운동은 2분씩 2세트를 실시하였고, 눈을 뜨고 안전을 위하여 한 손을 팔 지지대 위에 올리고 실시하였다. 각 세트 운동 후에는 의자에 앉아 2분 동안 휴식을 하였다.

2) 그룹 B(균형 운동 그룹)

Heo(2007)의 연구에서 사용한 운동 프로그램으로 Janda의 감각운동 훈련 프로그램을 참고하여 정적, 동적, 기능적 단계에서의 자세 변화를 통해 기저면과 체중심의 변화를 제공하였다. 필요에 따라 치료사의 관찰 및 지도를 실시하였다. 운동 방법은 다음과 같다.

- 몸통 회전 운동
 - 양 발을 어깨 넓이로 벌리고 신체 정렬을 맞춘 후 몸통을 좌·우로 회전
- 옆으로 걷기 운동
 - 마비측·건측으로 옆으로 걷기 운동
- 체중 이동 운동
 - 딱딱한 바닥에서 반 무릎자세 자세로 좌·우로 체중지지

몸통 회전 운동은 3분씩 2세트를 실시하였고, 1세트는 눈을 뜨고, 2세트는 눈을 감고하였다. 옆으로 걷기 운동과 체중 이동 운동은 2분씩 2세트를 하였다. 각 세트 운동 후에는 2분 동안 휴식을 하였다.

3) 그룹 C(대조 그룹)

운동 치료는 운동 발달 이론에 기초한 신경 발달 치료를 실시하였으며, 하루에 30분씩 6주 동안 주 5회 적용하였다.

4. 통계 처리

통계 처리는 SPSS 18.0 for window를 이용하였고, 각 그룹 내 전·후의 균형의 변화를 비교하기 위하여 paired t test를 사용하였고, 그룹 간 균형의 변화를 비교하기 위하여 One-way Anova를 사용하였다. 통계적 유의수준 α 는 .05로 하였다.

III. 결 과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자 총 30명의 평균 연령은

73.46세이었고, 남자가 8명, 여자가 22명이었다. 마비 부위는 왼쪽 편마비가 15명, 오른쪽 편마비가 15명이었고, 뇌졸중 발병 기간은 평균 33.66개월이었다. 평균 신장은 162.2cm, 평균 체중은 58.43kg이었다.

2. 균형 능력의 변화

1) 족저압 중심의 이동 거리 비교

각 그룹 별 전·후의 균형의 차이에서 그룹 내 M-L COP 비교에서 그룹 A와 그룹 B가 유의한 차이가 있었다(Table 1). 각 그룹 간 균형의 차이값 비교에서도 유의한 차이가 있었으며, 사후검정 결과 그룹A와 그룹B가 유의하였다(Table 2). A-P COP 비교에서는 그룹 A와

그룹 B가 유의하게 차이가 있었고(Table 1), 각 그룹 간 차이값 비교에서는 유의한 차이가 없었다(Table 2).

2) 균형 능력 비교

각 그룹 내 BBS의 전·후 차이에서 모든 그룹에서 유의하게 차이가 있었다(Table 1). 각 그룹 간 차이값 비교에서도 유의한 차이가 있었으며, 사후검정 결과 그룹A가 그룹B와 그룹C와 유의한 차이가 있었다(Table 2). 또한 TUG도 각 그룹 내 전·후 차이에서 모든 그룹에서 유의하게 차이가 있었다(Table 1). 각 그룹 간 차이값 비교에서도 유의한 차이가 있었으며, 그룹 간 사후검정 결과 그룹A가 그룹B와 그룹C와 유의한 차이가 있었다(Table 2).

Table 1. A comparison of period for each groups.

		pre week	6 weeks	t	p
M - L COP	Group A	0.97±0.33	0.44±0.31	7.68	0.00**
	Group B	0.57±0.41	0.4±0.37	4.31	0.02*
	Group C	0.66±0.34	0.36±0.32	2.08	0.06
A - P COP	Group A	0.38±0.27	0.16±0.15	5.02	0.01*
	Group B	0.27±0.26	0.06±0.05	2.7	0.02*
	Group C	0.13±0.2	0.22±0.26	0.96	0.35
BBS	Group A	44±3.52	51.7±3.09	-11.25	0.00**
	Group B	42.1±8.25	47.8±6.71	-9	0.00**
	Group C	44.5±6.22	48.5±6.29	-7.74	0.00**
TUG	Group A	21.6±4.47	16.6±4.59	10.6	0.00**
	Group B	25.6±8.54	21.8±8.44	13.07	0.00**
	Group C	23.7±3.88	20.7±4.13	6.36	0.00**

* $p < .05$, ** $p < .01$

Table 2. A comparison of difference value of post variation - pre variation value for each groups.

	Group A	Group B	Group C	F	p	Post-hoc
M - L COP	0.52±0.21	0.18±0.11	0.43±0.29	6.57	0.05*	B < A
A - P COP	0.22±0.13	0.21±0.24	0.2±0.24	0.01	0.98	
BBS	7.7±2.16	5.7±2	4±1.63	9.06	0.00**	B,C < A
TUG	5±1.49	3.8±0.91	3±1.49	5.74	0.00**	B,C < A

* $p < .05$, ** $p < .01$

IV. 고 찰

본 연구에서는 편마비 환자를 대상으로 6주간의 발목관절 전락 운동(그룹 A)과 균형 운동(그룹 B), 운동 치료(그룹 C)를 적용하여 균형 증진 효과를 알아보고자 하였다. 각 그룹별 M-L COP는 그룹 A와 그룹 B에서 유의하게 감소하였고 대응표본 검정에서도 두 그룹만 유의하였다. 또한 각 그룹 간 차이값 비교에서도 유의하게 감소하였다. 사후검정 결과 그룹A가 그룹B와 유의한 차이가 있었다. 이런 결과는 발목관절 전락 운동 그룹의 균형 능력이 향상되었음을 나타내는 것으로 Kim 등(2007)은 8주간 발목 강화 운동과 기능적 전기 자극 치료를 병행하여 적용하였을 때 실험 전에 비해 실험 후 균형 능력은 10.5%, 자세 동요는 22.6% 감소하였다고 한다. Jean-Francois 등(2005)은 과제 지향적 운동과 발목관절 고유수용성 감각 입력을 받은 실험 그룹에서 COP의 유의한 차이가 있었다고 하였다. 또한 Sheth 등(1997)은 돔 형식 보드 위에서 균형 유지 운동시 발목 관절 주변 근육의 강화와 장딴지 근의 수축하는 시간이 줄어드는 효과가 있다고 하였으며, 본 연구와 같은 결과가 나왔다.

A-P COP는 그룹 A와 그룹 B에서 유의하게 감소했고 대응표본 검정에서도 두 그룹만 유의한 차이가 있었지만, 각 그룹 간 차이값 비교에서는 유의한 차이가 없었다. Lee 등(2008)은 균형 손상 노인을 대상으로한 연구에서 자세에 따른 정적 균형능력은 눈을 뜬 자세와 눈을 감은 자세에서 좌·우 방향 동요보다 앞·뒤 방향 동요가 더 증가하였다고 보고하였으며, 발목 전락 운동군이 근력 강화 운동군과 대조군에 비해 자세 동요가 유의하게 감소하였지만 본 연구에서는 그룹 간 차이는 보이지 않았다. 이는 동요 시 흐트러진 균형을 회복하려는 안쪽 장딴지 근의 근 수축개시 시간 및 앞정강근과 안쪽 장딴지 근의 수축개시 시간차의 단축 그리고 발목 관절의 발등쪽 굽힘 각도의 감소에 기인한 결과로 생각된다고 하였다.

각 그룹 내 Berg 균형 척도의 수행 점수에서 세 그룹 모두 유의하게 증가하였다. 대응표본 검정에서도 모든 그룹이 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 각 그룹

간 차이값 비교에서는 유의한 차이가 있었으며, 사후검정 결과 그룹A가 그룹B와 그룹C에 대해 유의한 차이가 있었다. Seo 등(2010)은 발목 시·지각 자극을 이용한 감각피먹임 훈련에서 동적 보행 지수 평가를 하였는데 실험 전·후에서는 실험 그룹과 대조 그룹 모두에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고 그 이유로 각 그룹에 실시한 기본적인 물리치료의 효과로 설명하였다. 그러나 실험 전·후의 변화율의 비교에서는 실험군이 대조군에 비해 더 많이 향상된 것으로 나타났으며, 이는 발목관절 전락 운동의 효율성을 보여준다고 하였다. Kim(2002)은 편마비 환자에게 하지 재정렬 프로그램을 시행한 후 BBS의 수행 점수가 실험 전·후 유의하게 감소하였다고 본 연구와 같은 결과가 나왔다.

각 그룹 내 TUG 수행 시간에서 세 그룹 모두 유의하게 감소하였고, 대응표본 검정에서도 세 그룹 모두 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 각 그룹 간 차이값 비교에서는 유의한 차이가 있었으며, 사후검정 결과 그룹A가 그룹B와 그룹C에 대해 유의한 차이가 있었다. Park(2009)은 발목관절 고유수용성 운동 조절 프로그램 훈련에서 훈련 그룹의 TUG 점수가 유의하게 감소하였고 그는 발목관절 고유수용성 운동 조절을 통해 발목관절의 위치 감각이나 근력 및 다양한 체중 지지율의 증가에 따른 동적 균형 능력이 향상된 것으로 생각된다 하였다.

본 연구는 뇌졸중으로 인한 편마비 환자에게 일정 기간 발목관절 전락 운동과 균형 운동을 실시하였을 때 환자의 균형 능력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 시행하였다. 연구 결과 발목관절 전락 운동 그룹이 균형 운동 그룹이나 운동 치료 그룹보다 전반적인 균형 능력이 향상된 것으로 나타났다.

본 연구의 제한점으로 짧은 훈련기간과 추적 평가 기간이 없어 치료 효과의 지속 여부를 단정하는 데 제한점이 있다.

뇌손상으로 인한 편마비 환자의 기능 회복 중 균형 능력의 개선은 삶의 질을 결정하는 중요한 요인이 되므로 편마비 환자의 기능 능력의 수준에 따라 발목관절 전락 운동을 시키면 균형 능력 향상이 필요한 환자에게 유용한 훈련 방법이 된다고 생각한다.

V. 결 론

본 연구는 발목관절 전락 운동이 균형에 미치는 영향을 보았다. 본 연구는 발목관절 전락 운동이 균형 운동보다 환자의 균형 능력을 향상 시키는데 더 효과적이라는 것을 확인할수 있었다.

References

- Amiridis IG, Arabatzi P, Violaris P, et al. Static balance improvement in elderly after dorsiflexors electrostimulation training. *Eur J Appl Physiol.* 2005;94(4):424-33.
- Berg KO, Maki BE, Williams JJ, et al. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73(11):1073-83.
- Brouwer BJ, Walker C, Rydahl SJ, et al. Reducing fear of falling in seniors through education and activity programs: a randomized trial. *J Am Geriatr Soc.* 2003;51(6):829-834.
- Choi SH, Kim CY. The Influences of the Intensive Ankle Joint Strategy Training on the Muscular Strength and Balancing Ability in the Elderly Women. *J KAIS.* 2012;13(12):5909-19.
- Carr JH, Shepherd RB. *Stroke rehabilitation : guidelines for exercise and training to optimize motor skill.* Butterworth-Heinemann. 2003.
- Chen G, Patten C. Treadmill training with harness support: selection of parameters for individuals with poststroke hemiparesis. *J Rehabil Res Dev.* 2006;43(4):485-98.
- Glanz M, Klawansky S, Stason W, et al. Functional electrostimulation in poststroke rehabilitation: a meta-analysis of the randomized controlled trials. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996;77(6):549-53.
- Heo BH. *The Effect of Balance Exercise on Unstable Surface on Balance Abilities of Individuals with Visual Impairment.* Sahmyook University. Korea. 2007.
- Horak FB, Nashner LM. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *J Neurophysiol.* 1986;55(6):1369-81.
- Horak FB, Shupert CL, Mirka A. Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. *Neurobiol Aging.* 1989;10(6):727-38.
- Imms FJ, Edholm OG. Studies of gait and mobility in the elderly. *Age Ageing.* 1981;10(3):147-56.
- Janice JE, Pei FT. Gait training strategies to optimize walking ability in people with stroke: Expert Rev Neurother. 2007;7(10):1417-36.
- Jean-Francois B, Jean P, Boucher L et al. Balance training following stroke: effects of task-oriented exercises with and without altered sensory input. *Int J Rehabil Res.* 2005;29(1):51-9.
- Kim YH. *Effects of Realignment at Lower Extremities on the Balance and Walking in the People with Chronic Stroke.* Graduate School of Rehabilitation Health science, YonIn University. Korea. 2002.
- Kim KH. *Effects of weight transfer training using visual perception on balance in hemiplegic patients.* Dankook University. Korea. 2005.
- Korea National Statistical Office. *Cause of death statistics* 2011. 2011.
- Lee JW, Kwon OY, Lee CH, et al. Effect of Ankle Strategy Exercise on Improvement of Balance in Elderly with Impaired Balance. *Korean J Health Promot Dis Prev.* 2008;8(3):158-67
- Lee SH. *The Differences between Aero step Exercises and Weight training on Posture, Physical Fitness, Balance, and Hormone Levels in the Elderly.* Ewha Womans University. Korea. 2007.
- Lord SR, Castell S. Physical activity program for older persons: Effect on balance, strength, neuromuscular control, and reaction time. *Arch Phys Med Rehabil.* 1994;75(6):648-52.
- Lord SR, Ward JA, Williams P, et al. The effect of a 12 month exercise trial on balance, strength and falls

- in older women: A randomized controlled trial. J Am Geriatr Soc. 1995;43(11):1198-206.
- Mills EM. The effect of low-intensity aerobic exercise on muscle strength, flexibility, and balance among sedentary elderly persons. Nurs Res. 1994;43(4):207-11.
- Nurse MA, Nigg BM. The effect changes in foot sensation on plantar pressure and muscle activity. Clin Biomech. 2001;16(9):719-27
- Park YH. The Effects of Ankle Proprioceptive Control Program on the Balance and Walking in the Persons with Stroke. Sahmyook University. Korea. 2009.
- Podsiadlo D, Richardson S. The timed UP & GO: A test basic functional mobility for frail elderly person. J Am Geriatr Soc. 1991;39(2):142-8.
- Robinson SN, Heller B, Lui A, et al. Effect of strength and speed of torque development on balance recovery with the ankle strategy. J Neurophysiol. 2002;88(2):613-20.
- Seo DK, Oh DW, Lee SH. Effectiveness of Ankle Visuoperceptual-Feedback Training on Balance and Gait Functions in Hemiparetic Patients. KPTSA. 2010;22(4):35-41.
- Sheth P, Yu B, Laskowski ER, et al. Ankle disk training influences reaction times of selected muscle in a stimulated ankle sprain. Am j Sports med. 1997;25(4):538-43.
- Shigematsu R, Chang M, Yabushita N, et al. Dance based aerobic exercise may improve indices of falling risk in older women. Age Ageing. 2002;31(4):261-6.
- Wilson EL, Madigan ML, Davidson BS, et al. Postural strategy changes with fatigue of the lumbar extensor muscles. Gait Posture. 2006;23(6):348-54.