

Original Article

Open Access

## 트레드밀 훈련 시 비마비측 하지에 적용한 인솔이 만성 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 영향 -예비 연구-

안보라 · 우영근<sup>†</sup> · 박규남<sup>1</sup> · 김수진<sup>1</sup>

라운후병원 물리치료실, <sup>1</sup>전주대학교 의과대학 물리치료학과

### Effects of Less Affected Lower Extremity Insole on Balance in Chronic Stroke Patients during Treadmill Walking -A Preliminary Study-

Bo-Ra An, P.T., M.S. · Young-Keun Woo, P.T., Ph.D.<sup>†</sup> · Kyeu-Nam Park, P.T., Ph.D.<sup>1</sup> · Su-Jin Kim, P.T., Ph.D.<sup>1</sup>

*Department of Physical Therapy, RAON HUE Hospital*

<sup>1</sup>*Department of Physical Therapy, Colleges of Medical Sciences, Jeonju University*

Received: March 26, 2020 / Revised: April 29, 2020 / Accepted: May 1, 2020

© 2020 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 study investigated the effect on chronic stroke patients' balance of a weight shift to the affected side using an insole on the less affected side during treadmill walking training.

**Methods:** The subjects were 7 patients who had been diagnosed with stroke 6-24 months prior to the study. In each case, an insole was applied on the patient's less affected side during treadmill walking training. Each training session lasted 30 minutes and was undertaken 5 times per week for 4 weeks. Biorescue equipment that measures shifts in center of pressure was used to assess balance ability as measured by the Korea-Berg balance scale (K-BBS) before and after each training intervention. The Wilcoxon signed-rank test was used to evaluate within-group effects.

**Results:** The results revealed statistically significant before and after differences in area, pressure, length, and mean velocity of the balance test and on K-BBS ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** In chronic stroke patients, using an insole to adjust the height of the shoe on the less affected side is an effective means of increasing weight-shifting on the paralyzed side during treadmill gait training.

**Key Words:** Balance, Shoe Insert, Stroke

<sup>†</sup>Corresponding Author : Young-Keun Woo (ykw092@naver.com)

## I. 서론

뇌졸중으로 인한 편마비 환자들은 고위 중추 통합 기능의 손상과 운동 감각 통로의 손상으로 근 긴장도를 적절히 조절하지 못하여 선택적인 운동 조절 기능을 방해 받는다(O'Sullivan et al., 2014). 편마비 환자들은 마비측보다 비마비측으로 더 많은 체중을 이동시킴으로써 비대칭적인 자세가 나타나 균형 능력이 감소되며(Yang et al., 2007), 균형 능력의 저하는 일상 생활 동작과 움직임의 회복을 지연시키며, 낙상률을 증가시킨다(Tyson et al., 2006). 따라서 뇌졸중이 발병하면 균형 능력이 저하되어 일상 생활 활동에 어려움이 따르며, 보행 시 비대칭적 자세로 인한 보행은 낙상과 같은 2차적인 문제점을 야기시킨다. 그러므로 뇌졸중 환자의 균형 능력을 향상시키기 위해서는 효과적이고 체계적으로 훈련을 시키는 것이 중요하다.

균형을 향상시키기 위한 훈련 프로그램은 대부분은 안정성 향상 방법에 초점을 두는 경우이며, 또 다른 균형 향상 방법은 근력 훈련을 강조하거나, 각각 다른 감각 입력을 사용하여 균형 능력을 향상 시키는 방법이 있다(Shumway & Woollacott, 2017). 또한, 편마비 환자에게 트레드밀 보행 훈련을 이용하여 마비측 하지의 체중 지지 시간을 늘리고, 대칭적 자세를 향상시켜 균형 능력 개선의 효과가 보고 되었다(Hesse et al., 1999). Mustafoglu 등(2018)은 뇌졸중 환자의 체중 지지 트레드밀 훈련을 이용하여 정적 및 동적 균형의 효과를 제시하였으며, Ada 등(2003)은 효과적인 보행 재활 훈련 방법으로 트레드밀 보행 훈련이 뇌졸중 환자의 보행 능력 개선 방법으로도 많이 사용되며 평지 보행과 같은 효과를 보여 준다고 하였다.

편마비 환자의 마비측 체중 이동은 균형 능력 회복을 위한 중요한 요소로서, 편마비 환자의 마비측 체중 이동 훈련이나 보행의 교정을 목적으로 보조기들이 사용되고 있다(Teasell et al., 2001). Nigg 등(1999)은 적절한 신발 안창과 교정구의 적용은 과도한 근육 활동을 감소시키고, 편안한 느낌을 주며 운동 수행 능력을 향상시킨다고 보고하였으며, Jin (2007)은 정상 성

인 25명을 대상으로 교정구 착용한 후에서 균형 능력의 변화의 유의한 차이를 보고하였다. Laufer 등(2000)은 편마비 환자에게 비마비측 하지의 신발 높이를 올려 줌으로써 마비측 하지로의 체중부하 유도를 제시하였으며, Chaudhuri과 Aruin (2000)은 편마비 환자의 비마비측 신발의 높이를 조절한 후, 마비측의 체중 부하를 유도하면서 신체의 좌우 대칭성의 개선을 보여주었다. Aruin 등(2000)은 1cm, 2cm의 인soles을 이용하여 비마비측 하지의 신발 높이를 올려 6주간의 체중 이동 훈련 후 보행 속도가 향상되고 일어 서기 시 대칭성도 증가 된다고 하였다.

따라서 본 연구에서는 비마비측 신발의 높이를 올림으로써 마비측으로의 체중 이동을 유도하여 실제 효과가 많이 입증된 트레드밀 보행 훈련 시에 적용하여, 만성 뇌졸중 환자의 균형능력의 변화를 자세하게 알아보고, 향후 보행 훈련이나 다른 중재 훈련의 가능성을 알아보고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 서울시 양천구 소재의 R 병원 에서 뇌졸중으로 진단 받고 입원한 환자 중 본 연구의 목적을 이해하고 실험 참여를 서면으로 동의한 남자 4명 여자 3명 총 7명의 환자를 대상으로 실시하였다. 연구 대상자의 선정 기준은 다음과 같았다: 1) 최초 뇌졸중으로 진단을 받은 자, 2) 뇌졸중 후 6개월 이상 24개월 이하인 자, 3) 20세 이상 70세 미만인 자, 4) 국형 간이 정신 상태 검사(Korean-mini mental status examination, K-MMSE) 점수가 24점 이상인 자, 5) 기능적 보행지수(functional ambulation category, FAC)가 3 점 이상인 자(Pohl et al., 2002), 6) 연구의 절차와 목적을 이해하고 본 연구에 자발적으로 참여한 자로 하였다(Table 1).

보행에 영향을 줄 수 있는 골절, 절단 등의 정형

외과적 문제가 있거나, 다른 신경학적 결함이 있는 자는 연구 대상자에서 제외하였다. 본 연구는 OO대학교 생명윤리위원회의 승인을 받은 후 시행되었다.

2. 측정 도구

1) 균형 평가

본 연구에서 연구 대상자의 정적 및 동적 균형을 측정하기 위해 균형 능력 측정 장비(BioRescue, RM Ingenierie Marseille, France)를 사용하였으며 본 장비는 신체 압력 중심의 동요 거리와 면적, 안정성 한계를 정밀하게 측정할 수 있는 측정 장비이다(Fig. 1). BioRescue는 압력 중심(center of pressure, COP)의 이동으로 균형을 측정하는 장비로서, 610×580×10mm의 힘판(force plate)으로 구성된 총 1600개의 압력 감지기가 있고, 힘판 센서를 통하여 수집된 데이터의 표본 수집률은 100Hz로 얻어진다(Won, 2012). 균형 능력 측정 시스템은 환자 및 일반인 등을 대상으로 특정한 움직임 수행 동안 압력 중심의 이동 경로를 길이, 평균 속도와 면적 등으로 측정된다. 측정 방법으로 선 자세에서 눈금이 그려진 힘판 위에 양 발을 동일하게 놓고 맞춰 선 후, 전방의 모니터를 주시하며 측정을 시작한다. 모든 측정은 동영상으로 된 측정법을 모니터로 보여주고 시범을 통하여 측정 방법을 설명하고 총 3회를 측정하여 얻은 결과 값의 평균값을 이용하였다.

(1) 정적 균형 평가

정적 균형 능력을 측정하기 위해 바로 선 자세에서 30°정도 엉덩 관절을 바깥돌림 한 후 전방에 표시된 점을 주시하게 하여 눈을 뜬 자세와 눈을 감은 자세에서 각각 1분간 자세를 유지하도록 하였다. 균형을 유지하는 동안 신체의 압력 중심의 이동 정도인 자세 동요를 접지 면적(area), 압력 분포(pressure), 압력 중심 거리(length), 압력 중심 평균 속도(mean velocity)로 측정하였다.

(2) 동적 균형 평가

동적 균형의 평가는 앉은 자세에서 선 자세로 움직일 때의 안정성을 측정하기 위한 것으로 선 자세에서 최대한 앉았다 일어서는 동작을 수행하였다. 평가하는 동안 대상자들의 낙상을 예방하고 안전성을 확보하기 위하여 치료용 매트를 환자 뒤에 위치하고, 치료사 보조 하에 실시하였다. 눈을 뜨고, 눈을 감은 상태에서 무릎이 발 끝을 넘지 않고 최대한 앞으로 하여 측정하였으며, 수행하는 동안의 접지 면적(area), 압력 분포(pressure), 압력 중심 거리(length), 압력 중심 평균 속도(mean velocity)를 측정하였다.

2) 임상 균형 평가

(1) 한국판 버그 균형 척도(Korea Berg balance scale, K-BBS)

한국판 버그 균형 척도(Korea Berg balance scale)는

Table 1. General characteristics of participants (N=7)

Subject	1	2	3	4	5	6	7
Sex <sup>a</sup>	F	M	F	M	F	M	M
Age (years)	48	65	70	58	50	68	43
height (cm)	160	165	152	170	163	178	176
Weight (kg)	65	58	55	70	65	75	80
Duration of onset (months)	12	7	11	12	13	7	11
Side of hemiparesis <sup>b</sup>	L	L	L	R	R	L	L
Type of lesion <sup>c</sup>	I	I	H	I	H	I	I

<sup>a</sup>F: female, M: male, <sup>b</sup>R: right-side hemiparesis, L: left-side hemiparesis, <sup>c</sup>I: infarction, H: hemorrhage



Fig. 1. Equipment for measuring balance ability.

노인들의 낙상 위험도를 평가하는 목적으로 개발되었으나, 최근에는 연령과 무관하게 균형능력 평가에 적용되고 있으며, 또한 일상 생활에서 독립 보행의 가능성을 예측하기 위해서도 사용되고 있다(Berg et al., 1992). 이 척도는 14개 과제로 구성되어 있으며, 각 항목의 점수는 0점에서 4점까지 줄 수 있는 5점 척도로 되어있다. 전체 총점의 최소 점수는 0점이고, 최대 점수는 56점이며, 점수가 높을수록 균형 능력이 좋은 것이며, 버그 균형 척도의 과제들은 일반적으로 일상 생활 활동을 수행하는 데에 필요한 기능들로 구성되어 있다. 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구에서, 측정자 내 신뢰도 켄델 일치 계수는 0.97, 측정자간 신뢰도 스피어만 상관 계수는 0.96으로 매우 높은 신뢰도가 보고되고 있다(Jung et al., 2006).

### 3. 중재 방법

본 예비 연구는 단일 집단의 사전-사후 검사로, 모든 대상자들은 병원에서 시행하고 있는 전통적인 물리치료를 받았고, 대상자들은 추가적으로 하루에 30분씩, 일주일에 5회, 총 4주간 인솔을 적용한 트레드밀 훈련을 실시하였다. 트레드밀(MT2000, Sungdomc, Korea)은 속도 조절이 가능하도록 전면에 계기판이 부착되

어 있으며, 속도는 최저 0.1km/h부터 최고 20.0km/h까지이며, 속도 조절은 0.1km/h씩 증·감이 가능하다. 또한, 안전키를 환자의 몸과 계기판에 부착하여, 안전키가 분리되면 트레드밀이 중지되어 낙상 사고를 방지하도록 설계되어 있다.

본 연구에서 적용한 인솔(동우무역, 부산, 한국)은 이브이에이(ethylene vinyl acetate, EVA) 재질로 두께 10mm이며 남, 여 한국식 표준 신발 사이즈에 맞추어 사용하였다(Fig. 2). 인솔은 대상자 신발 사이즈에 맞춰 비마비측에 적용하여 트레드밀 보행 훈련을 하였으며, 트레드밀 보행 훈련의 최초 시작 속도는 환자가 편안함을 느끼는 속도에서 시작하였으며, 2주차에는 10% 증가된 속도, 3주차에는 20% 증가된 속도로 점진적으로 증가시켰다. 또한, 증가된 속도에서 보행을 수행할 수 없는 대상자의 경우는 그 전 단계에서 실시할 수 있도록 하였다(Lau & Mak, 2011). 피로감이 있을 시에는 5분간 휴식을 허용하였고, 실제 트레드밀 훈련 시간은 휴식시간을 제외된 총 30분으로 구성되었다. 속도의 증가로 인해 속도를 유지 못하거나, 균형을 잡을 수 없는 경우에는 다시 전 단계로 속도를 감속하고, 다음 훈련 시에는 마지막에 사용하였던 속도에서부터 다시 시작하도록 하였다(Kesar et al., 2011). 보행 훈련 동안 대상자들의 낙상을 예방하고 안전성을 확보하기 위하여 담당 치료사는 환자의 뒤에 위치하여 보행 훈련 실시하였다.



Fig. 2. Insole.

4. 자료 분석

본 연구의 모든 자료는 컴퓨터용 SPSS 23.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계프로그램을 사용하였다. 연구 대상자의 일반적인 특성은 기술 통계를 사용하였으며, 인솔을 적용한 트레드밀 보행 훈련 전후의 효과를 비교하기 위하여 Wilcoxon 부호 서열 검증을 사용하였다. 모든 통계학적 유의 수준은 0.05로 하였다.

III. 연구 결과

본 예비 연구에서 시행 한 인솔을 적용한 트레드밀 보행 훈련 후 균형 능력의 결과는 Table 2와 같았다. 총 7명의 대상자에게 실시한 한국판 버그 균형 척도에서는 44.86±7.78점에서 50.71±3.64점으로 통계적으로 유의하게 증가하였다(p<0.05). 눈을 뜬 상태에서 정적 균형 접지 면적은 마비측과 비마비측에서 유의하게 증가하였고(p<0.05), 압력 분포에서도 통계적으로 유

의하게 차이를 보여주었으며(p<0.05), 압력 중심 거리와 압력 중심 평균 속도에서 통계적으로 유의하게 감소하였다(p<0.05). 눈을 감은 상태에서 정적 균형 접지 면적은 마비측과 비마비측에서 통계적으로 유의하게 증가 하였고(p<0.05), 압력 분포에서 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다(p<0.05). 압력 중심 거리와 압력 중심 평균 속도에서 통계적으로 유의한 감소가 나타났으며(p<0.05), 눈을 뜬 상태의 동적 균형 마비측 접지 면적은 통계적으로 유의한 증가를 보였주었다(p<0.05). 또한, 비마비 측에서는 유의한 차이는 없었으며(p>0.05), 압력 분포의 마비측과 비마비측에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나고(p<0.05), 압력 중심 거리와 압력 중심 평균 속도가 통계적으로 유의하게 감소하였다(p<0.05). 눈을 감은 상태의 동적 균형 마비측의 접지 면적은 통계적으로 유의하게 나타났으며(p<0.05), 비마비측의 접지 면적의 평균 값은 증가 하였으나 통계적으로 유의한 변화는 보이지 않았다(p>0.05). 그리고, 압력 중심 거리와 평균 속도는 통계적으로 유의하게 감소하였다(p<0.05).

Table 2. Balance abilities after the training (N=7)

test		Pre - test	Post - test	Z	p
Berg balance scale		44.86±7.78	50.71±3.64	-2.21	0.03
Static balance (eye open)	Area (mm <sup>2</sup> )				
	Affected side	78.20±18.27	89.54±15.15	-2.33	0.02
	Non affected side	90.72±17.89	96.55±15.17	-2.19	0.03
	Pressure (%)				
	Affected side	42.93±3.37	47.24±1.95	-2.36	0.02
	Non affected side	57.07±3.37	52.76±1.95	-2.36	0.02
	Length (cm)	40.85±13.36	26.3±9.39	-2.36	0.02
Mean velocity (cm/s)	1.22±0.45	0.65±0.23	-2.36	0.01	
Static balance (eye close)	Area (mm <sup>2</sup> )				
	Affected side	90.26±16.84	101.4±10.66	-2.19	0.03
	Non affected side	98.23±15.85	106.45±11.36	-2.19	0.03
	Pressure (%)				
	Affected side	45.79±2.51	48.8±0.84	-2.35	0.02
	Non affected side	54.21±2.51	51.2±0.84	-2.36	0.02
	Length (cm)	54.33±17.59	45.94±12.99	-2.36	0.02
Mean velocity (cm/s)	0.95±0.29	0.69±0.13	-2.37	0.02	

Dynamic balance (eye open)	Area (mm <sup>2</sup> )				
	Affected side	84.92±15.82	93.48±13.36	-2.33	0.02
	Non affected side	101.04±18.53	102.46±15.16	-.51	0.61
	Pressure (%)				
	Affected side	43.52±3.10	48.03±1.11	-2.36	0.02
	Non affected side	56.48±3.10	51.97±1.11	-2.35	0.02
Dynamic balance (eye close)	Length (cm)	24.43±5.52	17.05±3.34	-2.36	0.02
	Mean velocity (cm/s)	3.14±0.68	1.93±0.25	-2.37	0.02
	Area (mm <sup>2</sup> )				
	Affected side	87.20±13.66	99.9±7.02	-2.36	0.02
	Non affected side	101.76±14.67	104.86±9.68	-.85	0.34
	Pressure (%)				
Affected side	42.02±2.38	47.68±0.98	-2.33	0.02	
Non affected side	57.98±2.38	52.32±0.98	-2.36	0.02	
Length (cm)	32.31±14.66	23.65±11.85	-2.37	0.02	
Mean velocity (cm/s)	3.70±0.82	2.65±0.64	-2.36	0.02	

#### IV. 고 찰

본 예비 연구는 비마비측의 신발 높이를 올림으로써 마비측으로의 체중 이동을 유도하여 실제 효과가 많이 입증된 트레드밀 보행 훈련 시에 만성 뇌졸중 환자의 균형 능력에 미치는 효과를 알아보고자 하였다.

본 연구에서는 한국판 버그 균형 척도는(K-Berg balance scale) 통계적으로 유의하게 증가하였다. Sungkarat 등(2011)은 뇌졸중 환자 40명을 대상으로 한 연구에서, 대칭적인 체중 지지율을 촉진하기 위한 인솔과 압력 센스를 적용하여 보행 속도와 버그 균형 척도에서 유의한 향상을 보고 하였으며, 실험군의 버그 균형 척도 점수가 대조군보다 3배 향상되었다고 하였다. 또한, 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 경사도에 따른 트레드밀 보행 훈련을 연구한 결과 0°, 5°, 10° 경사 트레드밀에서 일어서서 걷기 검사(timed up and go test)와 버그균형척도에서 유의한 향상을 나타내었다. 이는 일반적인 트레드밀 보행 훈련도 균형 능력을 향상시키지만, 인솔을 적용한 트레드밀 보행 훈련이 균형 능력 향상에 있어서 보다 효과적인 중재임을 알 수 있다.

본 연구에서 정적 균형 요소 검사 시 눈을 뜬 상태와

감은 상태에서 마비측과 비마비측의 접지 면적이 유의하게 증가하였으며, 마비측의 압력 분포는 증가하였으나 비마비측의 압력 분포는 감소하였다. 또한, 압력 중심 거리는 통계적으로 유의하게 감소하였으며, 압력 중심 평균 속도 또한 통계적으로 유의하게 감소하였다. 이러한 변화는 동적 균형 요소 검사 시 눈을 뜬 상태와 눈을 감은 상태 모두에서 마비측과 비마비측에서 같은 결과를 보여 주었다.

Dickstein 등(2000)은 비마비측의 신발 높이를 올려 체중 이동 훈련을 한 결과 마비측으로 체중 지지율이 증가를 보고 하였으며, Aruin과 Rodriguez (2002)는 비마비측 하지의 췌기형 인솔 각도를 증가함에 따라 체중 부하율의 대칭성 개선을 보고하였다. 또한, Goodwin 등(2007)은 정상인을 대상으로 췌기형 인솔이 보행에 미치는 효과를 알아본 결과 인솔을 적용하지 않은 사람에 비해 입각 중기에서 체중 지지율의 유의하게 증가하는 것을 제시하고, 입각 말기에서 무게 중심 압력의 효과적인 감소를 보여 보행의 효율성을 입증하였다. 그리고, Corbin 등(2007)은 발바닥 표면 자극을 유도할 수 있는 인솔을 이용한 훈련에서, 구심성 정보 변호는 자세 조절 능력에 영향을 주고 신체 동요(body sway)을 증가를 보고 하였다.

뇌졸중 환자들은 시각 정보의 역할이 우세하다고 알려져 있으며 과도한 시각 정보는 균형 및 보행 능력에 방해 요소로 작용한다(Bonan et al., 2004). 시각은 감각이 저하되어 있는 편마비 환자에게 바디 이미지(body image)를 형성하는 중요한 역할을 하며(Sackley et al., 1992), 이러한 시각적 정보는 중추 신경계에서 통합되어 의사 결정이 완성되며, 다른 영역과 서로 상호 협력하여 운동을 조절하게 된다(Warren, 2001). 또한, 시각 정보의 차단은 체성 감각과 전정 감각 자극을 촉진하여 시각 의존을 감소시킬 수 있으며 균형을 향상시킬 수 있다(deHaart et al., 2004). 따라서, 본 연구에서 비마비측 하지에 인솔을 적용한 트레드밀 보행 훈련이 시각을 차단한 균형 능력 평가에서 더 유의한 결과를 얻은 것은 마비측으로 체중 부하를 유도하여 자세 조절에 필요한 체성 감각과 전정 감각의 향상으로 인한 균형을 유지하는데 도움을 주었을 것으로 생각된다.

본 예비 연구에서 비마비측의 인솔을 적용하여 마비측으로의 의도적인 체중 부하를 유도하여 균형 능력에 미치는 효과를 알아보려고 하였으나, 중재 기간이 3주로 비교적 짧고 추적 관찰이 이루어지지 않아 훈련 효과가 얼마나 지속되는지 알 수 없었으며, 인솔을 이용한 트레드밀 보행 훈련을 적용한 연구가 부족하여 이전 연구와의 비교가 어려웠다. 향후, 이러한 점을 보완하여 뇌졸중 환자에게 적용 될 수 있는 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결론

본 연구는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 비마비측 하지에 인솔을 적용하여 의도적으로 마비측으로의 체중 지지 비율을 증가시켜 트레드밀 보행 훈련 시 뇌졸중 환자의 균형 능력의 변화를 알아보려고 하였다. 연구 결과, 보행 훈련 시 의도적인 체중 이동은 환자의 균형 능력에 유의한 차이를 보여 주었으며, 향후 비마비측 하지에 인솔을 적용한 다양한 훈련은 뇌졸중 환

자의 균형뿐만 아니라 보행 훈련, 그리고 다른 중재 방법에 적용할 수 있는 가능성을 보여 주었다.

## References

- Ada L, Dean CM, Hall JM, et al. Treadmill and overground walking program improves walking in persons residing in the community after stroke: a placebo-controlled:randomized trial. *Canadian Journal of Sport Sciences*. 2003;84(10):1486-1491.
- Aruin AS, Hanke T, Chaudhuri G, et al. Compelled weight bearing in persons with hemiparesis following stroke the effect of a lift insert and goal-directed balance exercise. *Journal of Rehabilitation Research and Development*. 2000;37(1):65-72.
- Aruin AS, Rodriguez GM. The effect of shoe wedges and lifts on symmetry of stance and weight bearing in hemiparetic individuals. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2002;83(4):478-482.
- Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams JI, et al. Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Canadian Journal of Public Health*. 1992;83(2):S7-S11.
- Bonan IV, Colle FM, Guichard JP, et al. Reliance on visual information after stroke. Part 1: balance on dynamic posturography. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(2):268-273.
- Chaudhuri S, Aruin AS. The effect of shoe lifts on static and dynamic postural control in individuals with hemiparesis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2000;81(11):1498-1503.
- Corbin DM, Hart JM, McKeon PO, et al. The effect of textured insoles on postural control in double and single limb stance. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2007;16(4):363-372.
- deHaart M, Geurts AC, Huidekoper SC, et al. Recovery of standing balance in post acute stroke patients:

- a rehabilitation cohort study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(6):886-895.
- Dickstein R, Laufer Y, Marcovitz E, et al. Weight bearing shifts of hemiparetic and healthy adults upon stepping on stairs of various heights. *Clinical Rehabilitation*. 2000;14(2):125-129.
- Goodwin CR, Perry SD, Radtke A. Influence of footwear midsole material hardness on dynamic balance control during unexpected gait termination. *Gait & Posture*. 2007;25(1):94-98.
- Hesse S, Konrad M, Uhlenbrock D. Treadmill walking with partial body weight support versus floor walking in hemiparetic subjects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1999;80(4):421-427.
- Jin SH. The effects of custom orthotics on foot biomechanics, posture, pressure, balance, and pain. Ewha Womans University. Dissertation of Master's Degree. 2007
- Jung HY, Park JH, Shim JJ, et al. Reliability test of Korean version of Berg balance scale. *Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine*. 2006;30(6): 611-618.
- Kesar TM, Reisman DS, Perumal R, et al. Combined effects of fast treadmill walking and functional electrical stimulation on post-stroke gait. *Gait & Posture*. 2011;33(2):309-313.
- Lau KW, Mak MK. Speed-dependent treadmill training is effective to improve gait and balance performance in patients with sub-acute stroke. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2011;43(8):709-713.
- Laufer Y, Dickstein R, Resnik S, et al. Weight-bearing shifts of hemiparetic and healthy adults upon stepping on stairs of various heights. *Clinical Rehabilitation*. 2000;14(2):125-129.
- Mustafaoglu R, Erhan B, Yeldan I, et al. The effects of body weight-supported treadmill training on static and dynamic balance in stroke patients: a pilot, single-blind, randomized trial. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2018;64(4): 344-352.
- Nigg BM, Nurse MA, Stefanyshyn DJ. Shoe inserts and orthotics for sport and physical activities. *Medicine and Science in Sports*. 1999;31(7):421-428.
- O'Sullivan SB, Schmitz TJ, Fulk GD. Physical rehabilitation. 6<sup>th</sup> ed. Philadelphia. F.A. Davis. 2014.
- Pohl M, Mehrholz J, Ritschel C, et al. Speed-dependent treadmill training in ambulatory hemiparetic stroke patients: a randomized controlled trial. *Stroke*. 2002;33(2): 553-558.
- Sackley CM, Baguley BI, Gent S, et al. The use of a balance performance monitor in the treatment of weight-bearing and weight-transference problems after stroke. *Physical Therapy*. 1992;78(12):907-913.
- Shumway CA, Woollacott MH. Motor control theory & practical applications, 5th ed. Baltimore. Williams & Wilkins. 2017.
- Sungkarat S, Fisher BE, Kovindha A. Efficacy of an insole shoe wedge and augmented pressure sensor for gait training in individuals with stroke: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. 2011;25(4): 360-369.
- Teasell RW, McRae MP, Foley N, et al. Physical and functional correlations of ankle-foot orthosis use in the rehabilitation of stroke patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2001;82(8):1047-1049.
- Tyson SF, Hanley M, Chillala J, et al. Balance disability after stroke. *Physical Therapy*. 2006;86(1):30-38.
- Warren M. Evaluation and treatment of visual deficit. In: Pedretti LW, occupational therapy practice skill for physical dysfunction, 5th ed. St. Louis. Mosby. 2001.
- Won JI. Effects of using a mobile phone on postural control. *Physical Therapy Korea*. 2012;19(3):61-71.
- Yang YR, Chen YC, Lee CS, et al. Dual-task-related gait changes in individuals with stroke. *Gait & Posture*. 2007;25(2):185-190.