

기능적 훈련 시스템을 이용한 조절된 자세에서의 트레드밀 보행훈련이 만성 뇌졸중 환자의 보행 기능과 균형에 미치는 효과

박지응 · 이준호¹ · 차용준^{2†}

익산원광효도요양병원 물리치료실, ¹대전대학교 보건 의료 과학 대학 응급 구조 학 과
²대전대학교 보건 의료 과학 대학 물리 치료 학 과

The Effect of Treadmill Gait Training in an Adjusted Position from Functional Training System on Chronic Stroke Patients' Walking and Balance Ability

Ji-Eung Park, PT, MS · Jun-Ho Lee, Ph.D¹ · Yong-Jun Cha, PT, Ph.D^{2†}

Dept. of Physical Therapy, Iksan Wonkwang Hyodo Hospital

¹Dept. of Emergency Medicine, College of Health and Medical Science, Daejeon University

²Dept. of Physical Therapy, College of Health and Medical Science, Daejeon University

Received: September 21, 2016 / Revised: September 26, 2016 / Accepted: October 10, 2016

© 2017 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of this study was to examine the effects of treadmill gait training in an adjusted position from the functional training system on the gait and balance of chronic stroke patients.

METHODS: Thirty chronic stroke patients were randomly assigned to either the experimental group, who received treadmill gait training in an adjusted position, or the control group, who received regular treadmill gait training. Both groups underwent a 30-minute comprehensive rehabilitation treatment before receiving an additional 20-minute treadmill gait training. This routine was repeated five times a week for four weeks. To measure the difference

before and after training in walking and balance, patients were scored on the following: 10 m walking test (10 MWT), 6 minute walking distance (6 MWD), timed up and go test (TUG), and static standing balance test (stability index).

RESULTS: While post-training scores of 10 MWT, 6 MWD, TUG, and stability index for both groups increased significantly compared with pre-training ($p < .05$), the experimental group showed greater improvement than the control group ($p < .05$). The scores of the experimental group increased significantly by 9% in the 10 MWT, 11% in 6 MWD, 13% in the TUG, 8% in the stability Index (eye opened), and 10% in the stability index (eye closed).

CONCLUSION: Treadmill gait training in an adjusted position from the functional training system would be a useful gait training method to improve walking and balance of chronic stroke patients.

Key Words: Adjusted position, Stroke, Treadmill gait training

†Corresponding Author : cha0874@dju.kr

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.

I. 서론

뇌졸중은 허혈성 또는 출혈성 혈액 공급 장애로 인해 신경학적 손상이 발생하는 질환이다(Myklebust와 Gottlieb, 1997). 신체의 한쪽이 마비되는 편마비 증상이 일반적인 뇌졸중은 근력 및 감각 기능의 약화로 균형능력이 저하 된다(Goldie 등, 1996; Song과 Park, 2016). 균형능력의 저하는 뇌졸중 환자의 신체의 좌우 대칭성을 감소시키는 요인으로 작용하며, 정위반응과 평형반응에 부정적 영향을 주게 되어 궁극적으로는 자세조절 능력을 감소시키게 된다(Ikai 등, 2003; Jang과 Kim, 2016).

정상 자세조절이란 모든 일상생활동작의 수행을 위해 자발적으로 머리와 체간의 움직임 조절과 기립 자세 유지와 같은 신체를 안정화시키는 과정이다(Dietz, 1992; Johansson과 Magnusson, 1991). 이러한 정상 자세조절은 뇌졸중 환자의 독립성 향상에 반드시 필요한 요소이기 때문에 뇌졸중 환자의 기능 회복을 위한 중요한 훈련의 목표로 여겨지고 있다(Patterson 등, 2008), 따라서 뇌졸중 환자의 과제 수행 능력 및 기능 향상을 위해서는 정상 자세조절 전략을 재교육 하는 것이 무엇보다 필요하다.

트레드밀 보행훈련은 임상적으로 뇌졸중 환자의 보행훈련을 위해 광범위하게 적용되고 있으며, 평지를 걷는 것과 유사한 보행 환경을 제공하는 것은 물론 과제 지향적인 훈련 방법의 하나로서 운동학습에 효과적인 중재 방법이다(Ada 등, 2003; Dean 등, 2000; Kim 등, 2009; Visintin 등, 1998). 트레드밀 보행훈련의 장점은 체중지지 및 자세조절과 같은 전략적 요소들을 통합시켜 기능적이고 반복적인 보행 움직임을 유도할 수 있다는 데 있다(Winstein 등, 1989; Winter, 1989). 하지만 뇌졸중 환자의 경우는 보행 시 마비측과 비마비측 근육의 근력 불균형에 의해 체중의 60~90%를 비마비측으로 지지하는 경향이 뚜렷하며(Laufer 등, 2000), 증가된 자세동요에 의해 보행훈련 시 각별한 주의가 필요하기 때문에(Nyberg와 Gustafson, 1995) 뇌졸중 환자의 경우에는 트레드밀 보행훈련의 장점을 완전히 취득하기에는 많은 제약이 따르고 있다.

지금까지의 뇌졸중 환자의 보행 기능 및 균형능력을

향상시키기 위하여 실시되어온 트레드밀 보행훈련 방법은 트레드밀 속도 조절 방법 및 경사도 조절(Lee, 2014; Kim, 2012)에 의한 효과를 규명한 연구들이 주를 이루고 있으며, 트레드밀 보행훈련의 장점을 극대화할 수 있는 자세조절 상태에서의 트레드밀 보행훈련의 효과를 규명한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 조절된 자세를 통한 트레드밀 보행훈련이 뇌졸중 환자의 보행 기능과 균형능력에 미치는 영향을 파악하는데 일차적 목적이 있으며, 일반 트레드밀 보행훈련 방법과의 효과 정도를 비교하여 뇌졸중 환자의 기능 개선을 위한 보다 효과적인 트레드밀 보행훈련 방법을 제시하는데 이차적인 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 뇌졸중으로 편마비 진단을 받은 후 W요양병원에서 입원 치료 중인 성인 뇌졸중 환자를 대상으로 실시하였다. 대상자의 선정기준은 뇌졸중으로 진단 받은 지 6개월 이상 2년 미만인 만성 질환자, 보조 도구 없이 독립적으로 10 m 이상 보행이 가능한 자, 한국형 간이 정신상태(Mini-Mental Status Examination-Korean version, MMSE-K) 검사에서 24점 이상으로 지시에 따를 수 있는 자, 보행에 영향을 미칠 수 있는 정형외과적 손상 이력이 없는 자로 하였다.

대상자 선정기준에 최종적으로 부합한 자는 30명이었다. 30명을 대상으로 조절된 자세에서의 트레드밀 보행훈련을 실시한 실험군 15명과 일반 트레드밀 보행훈련을 실시한 대조군 15명으로 배치하기 위하여 제비뽑기 과정을 통해 무작위 순서로 배정하였다.

2. 중재 방법

실험군과 대조군 모두 30분간의 일반적 신경계 물리치료 이후 실험군은 조절된 자세에서의 트레드밀 보행훈련 20분을, 대조군은 일반적 트레드밀 보행훈련 20분을 추가로 실시하였다. 두 군 모두 회 당 50분간 중재를 주 5회, 총 4주간 실시하였다.

1) 조절된 자세에서의 트레드밀 보행훈련(실험군)

조절된 자세에서의 트레드밀 보행훈련을 위하여 Functional Training System (Marpe, Korea)을 사용하였다. Functional Training System은 움직임이 일어나는 운동축과 운동면을 다양하게 사용할 수 있도록 고안된 수트를 착용한 상태에서 튜빙밴드를 이용하여 보행훈련 시 지속적인 정상 보행 주기를 유발할 수 있다. 따라서 보행 중에 발생할 수 있는 흔들림을 최소화 할 수 있고, 체중심의 편위 없이 중립 자세를 유지한 상태에서 보행훈련이 가능한 장비이다(Semenova, 1996). 트레드밀 보행훈련의 최초 시작 속도는 환자가 편안함을 느끼는 속도에서 시작하였고, 2주차에는 10% 증가된 속도, 3주차에는 20% 증가된 속도, 4주차에는 30% 증가된 속도로 점진적으로 증가시켰다. 증가된 속도에서 보행을 수행할 수 없는 대상자의 경우는 그 전 단계에서 실시할 수 있도록 하였다(Fig. 1).



Fig. 1. Treadmill gait training in an adjusted position from functional training system

2) 일반적 트레드밀 보행훈련(대조군)

조절된 자세를 적용하지 않은 일반적 트레드밀 보행훈련은 실험군의 트레드밀 보행훈련과 동일한 시간 동안 실시하였으며, 트레드밀 속도 또한 실험군과 동일한 방법으로 편안한 속도에서 주차 별 점진적으로 10% 증가시켰다.

3. 평가 방법

1) 보행 속도 검사

보행 속도를 평가하기 위해 10 m 보행 속도 검사(10 m walking speed test, 10 MWT)를 실시하였다. 10 MWT는 뇌졸중 발병 후 6개월이 경과한 환자를 대상으로 보행 속도를 평가하는데 매우 유용한 방법으로 측정자간, 측정자내 신뢰도는 $r=0.95\sim0.96$ 로 높은 신뢰도를 가지고 있다(Dean 등, 2000; Van Loo 등, 2004). 본 연구에서는 대상자 별 총 3회를 측정하여 평균 시간을 최종적으로 기록 하였다.

2) 보행 지구력 검사

보행 지구력을 검사하기 위해 6분 보행 검사(6 minute walking distance, 6 MWD)를 실시하였다. 6 MWD는 20 m의 실내의 바닥 위에 출발점과 반환점의 기준점을 표시한 후 6분 동안 최대한 많은 반복으로 보행을 하도록 권고하여 전체 보행 거리를 측정하는 방법이다. 6 MWD는 높은 측정자내 신뢰도($r=0.91$)를 보이고 있다(Mossberg, 2003). 원활한 검사를 위해 매 분당 시간 경과를 알려주었다.

3) 동적 균형능력 검사

일어나 걸어가기 검사(timed up and go test, TUG)는 동적 균형능력을 나타내는 이동 능력과 운동성을 측정할 수 있는 검사 방법으로서, 50 cm 높이의 의자에 앉은 상태에서 3 m 거리의 반환점을 돌아 의자에 다시 앉기 까지 소요되는 시간을 측정하는 방법이다. 이 검사 방법은 높은 측정자내, 측정자간 신뢰도를 보이고 있다(Podsiadlo과 Richardson, 1991). 본 연구에서는 총 3회의 왕복 시간을 측정한 후 평균 시간을 기록 하였다.

4) 정적 균형능력 검사

정적 균형능력을 평가하기 위하여 Tetrax (Sunlight Medical Ltd., Israel)를 사용하여 정적 서기 자세 유지시의 안정성 지수를 측정하였다. Tetrax는 정적 서기 자세를 유지하는 동안 총 네 개의 힘판에 내장된 센서가 압력을 감지하여 데이터를 수집하는 장치로서, 서기

자세 유지 시 체중심의 좌우 측면 이동 정도와 전후 이동 정도를 합산하여 수치로 안정성 정도를 나타내며 타당도 높은 균형능력 측정 장비이다(Runge 등, 2000).

정적 균형능력을 측정하기 위하여 본 연구에서는 눈을 뜬 상태(eye opened; EO)에서와 눈 감은 상태(eye closed; EC)에서 검사를 시행하였다. EO에서의 정적 균형능력 측정은 대상자의 시선이 전방 15도 지점을 향하도록 한 후 32초 동안 정적 선 자세를 유지하는 동안 측정하였으며, EC에서의 측정은 동일한 시간 동안 선 자세를 유지하도록 하였다. 검사 시 발생할 수 있는 안전사고를 방지하기 위하여 본 연구에 가담하지 않은 검사자가 환자의 뒤에 위치하여 측정이 이루어 질 수 있도록 하였다.

4. 자료 분석

측정된 자료는 윈도우용 SPSS version 18.0을 사용하여 통계처리 하였다. 실험군과 대조군의 두 군간 대상자의 일반적 특성 비교를 위해 카이제곱 검정과 독립 t-검정을 실시하였다. 각 군내 중재 전과 후의 보행 기능 및 균형능력을 비교하기 위해 대응표본 t-검정을, 두 군간 중재 전과 후의 보행 기능 및 균형능력 변화량의 차이를 비교하기 위해 독립표본 t-검정을 실시하였다. 통계적 검증을 위한 유의 수준은 .05로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

연구 대상자 30명 중 실험군 15명, 대조군 15명에

대한 일반적인 특성은 Table 1과 같다. 성별, 마비 부위, 키, 몸무게, 발병기간, 나이에 대한 두 군간 비교에서 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>.05$).

2. 두 군간 중재 전과 후의 보행 속도 비교

실험군과 대조군의 중재 전과 후의 보행 속도를 나타내는 10 MWT에 대한 비교 결과는 Table 2와 같다. 두 군 모두 중재 전에 비하여 중재 후의 보행속도가 유의한 증가를 보였으며, 실험군이 대조군에 비하여 16% 더 유의한 향상을 나타내었다($p<.05$).

3. 두 군간 중재 전과 후의 보행 지구력 비교

보행 지구력을 나타내는 6 MWD에 대한 실험군과 대조군의 중재 전과 후의 비교 결과는 Table 2에서와 같이 두 군 모두 중재 전에 비하여 중재 후의 보행 지구력이 유의한 증가를 보였으며, 실험군이 대조군에 비하여 11% 더 유의한 향상을 나타내었다($p<.05$).

4. 두 군간 중재 전과 후의 동적 균형능력 비교

실험군과 대조군의 중재 전과 후의 동적 균형능력인 TUG에 대한 비교 결과는 Table 2와 같다. 두 군 모두 중재 전에 비하여 중재 후의 동적 균형능력이 유의한 향상을 보였으며, 실험군이 대조군에 비하여 13% 더 유의한 향상을 나타내었다($p<.05$).

5. 두 군간 중재 전과 후의 정적 균형능력 비교

정적 균형능력을 나타내는 서기 자세 유지시의 안정성 지수에 대한 실험군과 대조군의 중재 전과 후의 비교 결과는 Table 2에서와 같이 두 군 모두 중재 전에 비하여

Table 1. General characteristics of all the subjects

	Experimental group (n=15)	Control group (n=15)	t/x^2
Sex (male/female)	7/8	9/6	.714
Affected side (right/left)	7/8	6/9	-.481
Height (cm)	163.06±5.93	166.73±7.42	-1.495
Weight (kg)	57.46±10.72	60.06±9.19	-.712
Onset time (months)	19.80±5.69	21.00±7.79	-.481
Age (years)	69.26±6.77	64.86±8.74	1.540

Values are expressed as means ± standard deviations or numbers.

Table 2. Comparison of pulmonary function and gait endurance before and after training within each group and between the two groups

		Experimental group (n=12)	Control group (n=12)	t
10 MWT (m/sec)	Pre	17.72±3.36	18.77±3.14	-.886
	Post	14.78±2.64	17.43±2.95	-2.593*
	t	9.851*	10.358*	
	change	-2.94±1.15	-1.34±.54	-4.918*
6 MWD (m)	Pre	171.80±12.14	166.53±8.59	1.371
	Post	212.80±15.01	187.66±11.49	5.149*
	t	-19.916*	-11.941*	
	change	41.00±7.97	21.13±6.85	7.318*
TUG (m/sec)	Pre	19.02±3.44	20.73±3.67	-1.312
	Post	15.13±3.40	19.22±3.40	-3.288*
	t	11.187*	9.744*	
	change	-3.89±1.34	-1.51±.59	-6.254*
ST (EO)	Pre	22.19±3.78	21.60±2.01	.525
	Post	19.53±2.99	20.73±1.88	-1.315
	t	5.821*	5.969*	
	change	-2.66±1.76	-.87±.56	-3.719*
ST (EC)	Pre	29.73±3.34	29.32±3.08	.352
	Post	24.14±2.96	26.91±2.85	-2.605*
	t	13.405*	5.352*	
	change	-5.59±1.61	-2.41±1.74	-5.175*

Values are expressed as means ± standard deviations

10 MWT, 10 m walking test; 6 MWD, 6 minute walking distance; TUG, timed up and go; ST, stability index; EO, eye opened; EC, eye closed.

* $p < .05$

중재 후의 정적 균형능력이 유의하게 향상되었으며, 실험군이 대조군에 비하여 눈을 뜬 상태에서는 8%, 눈을 감은 상태에서는 11% 더 유의한 균형능력의 향상을 나타내었다($p < .05$).

IV. 고찰

본 연구는 뇌졸중 후 편마비 환자를 대상으로 조절된 자세에서의 트레드밀 보행훈련을 실시한 실험군과 일반 트레드밀 보행훈련을 한 대조군간의 보행 기능과 균형능력 향상 정도를 비교하여 뇌졸중 환자의 보행 기능과 균형능력이 더 효과적인 트레드밀 보행훈련방법을 제시하기 위하여 실시하였다. 그 결과, 실험군과 대조군 두 군 모두 보행 기능과 균형능력이 유의한 향상을

을 나타내었고, 실험군이 대조군에 비하여 더 유의한 향상을 나타내었다.

Shumway-Cook과 Woollacott (2007)의 독립적인 보행을 위해서는 보행속도, 보행 지구력 향상이 필요하다고 한 연구는 본 연구에서의 실험군이 대조군에 비하여 중재 후의 보행 속도와 보행 지구력이 더 유의한 향상이 있었기 때문에 실험군의 중재방법이 뇌졸중 환자의 보행 독립성 향상에 더 효과적인 것으로 볼 수 있다. 또한 실험군의 조절된 자세에서의 트레드밀 보행훈련이 더 효과적이었던 이유는 슬링을 이용한 수트 착용과 튜빙 밴드를 이용한 올바른 보행 주기의 지속적이고 반복된 적용이 효과를 나타내었기 때문으로 생각되며 자세 조절에 의한 고유 감각 정보가 더욱 활성화되었기 때문으로 판단된다(Hesse 등, 1997). 이는 Massion (1994)의 자세

조절 체계는 중력에 저항하여 자세를 바로잡아 균형을 유지하는 과정이라고 정의한 관점에서 볼 때, 조절된 자세에서의 트레드밀 보행훈련이 일반 트레드밀 보행보다 중력에 대항한 올바른 자세 잡기에 더 용이하였기 때문에 보행 기능 향상이 두드러졌던 것으로 판단된다.

동적 균형능력을 알아보기 위한 TUG 검사에서 실험군의 균형능력이 대조군의 균형능력 보다 더 유의한 향상을 나타내었다. TUG 검사에서 14초 이상은 낙상의 위험성이 높은 단계로 인식되고, 30초 이상이면 독립적 이동이 불가능해 혼자서 실외 이동을 할 수 없는 것으로 간주된다(Podsiadlo과 Richardson, 1991; Shumway-Cook 등, 2000). 따라서 실험군의 중재 후의 TUG 변화 정도가 더 유의한 감소를 보였고 그 수치가 15초에 근접하는 결과로 볼 때, 조절된 자세에서의 트레드밀 보행훈련은 뇌졸중 환자의 낙상 위험성도 감소시킬 수 있을 것으로 본다. 또한 Geiger 등(2001)의 보행 시 정상 체중 이동에 의한 자세조절 훈련은 TUG 소요시간 감소에 효과적이었다고 보고한 연구결과는 본 연구에서의 조절된 자세에서의 트레드밀 보행훈련 결과와 부분 유사함을 보이고 있다.

정적 서기 자세 유지 시 안정성 지수로 알아본 정적 균형능력은 눈을 뜬 상태와 감은 상태 모두에서 실험군의 안정성 지수가 대조군의 안정성 지수보다 더 유의한 감소를 보였고 이는 정적 균형능력 또한 실험군의 중재 방법이 더 효과적인 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 실험군의 조절된 자세에서의 보행이 두부 및 체간의 안정화에 더 유효한 영향을 미친 결과로 판단된다. Kohen-Raz (1991)는 안정성 지수 값이 크다는 것은 자세 유지 시 불안정하다는 것을 의미하고, 낮은 안정성 지수는 흔들림의 감소로 보다 안정함을 의미한다고 하였으므로 본 연구의 임상적 가치를 지지하고 있다. 또한 Baer와 Wolf (2001)의 보행속도는 뇌졸중 환자의 균형 유지능력과 양의 상관성을 보인다고 한 연구결과를 감안할 때, 본 연구에서의 실험군의 보행 속도 향상이 실험군의 정적 균형능력 향상에도 긍정적 효과를 미친 것으로 볼 수 있다.

본 연구에서는 조절된 자세에서의 트레드밀 보행훈련이 일반 보행훈련에 비해 뇌졸중 환자의 보행 기능

개선과 균형능력 향상에 더 효과적인 것으로 판명되었다. 하지만 본 연구의 결과를 일반화 시켜 해석하기에는 제한점이 있다. 시간적 공간적 제약으로 인해 4주라는 비교적 짧은 기간의 중재 기간과 연구 참여자의 수적 제한이 따랐기 때문이다. 하지만 본 연구는 정상 보행을 위한 자세 조절이 뒷받침된 트레드밀 보행훈련 효과를 제시하였다는 점에서 뇌졸중 환자의 트레드밀 보행훈련 효과를 향상시킬 수 있는 새로운 중재 방법을 제시하였다는 점에서 임상적으로 가치가 있을 것으로 판단되며, 향후 본 연구의 제한점을 보완한 보다 긴 중재 기간과 보다 많은 대상자 수 확보로 조절된 자세에서의 트레드밀 보행훈련의 효과를 입증하는 연구들이 이루어진다면, 조절된 자세에서의 트레드밀 보행훈련은 뇌졸중 환자의 보행 기능과 균형능력 향상을 위한 일반화된 트레드밀 보행훈련방법으로 적용될 수 있을 것으로 본다.

V. 결론

본 연구는 조절된 자세에서의 트레드밀 보행훈련과 일반 트레드밀 보행훈련이 뇌졸중 환자의 보행 능력과 균형능력에 미치는 영향에 대하여 알아보고자 실시하였다. 그 결과, 조절된 자세에서의 트레드밀 보행훈련이 일반 트레드밀 보행훈련 보다 보행 기능 및 균형능력에 더 유의한 향상을 나타내었다. 따라서 조절된 자세에서의 트레드밀 보행훈련은 뇌졸중 환자의 보행 기능과 균형능력 개선에 효과적인 중재방법으로 사료된다.

References

- Ada L, Dean CM, Hall JM, et al. A treadmill and over ground walking program improves walking in persons residing in the community after stroke: a placebo-controlled, randomized trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84(10):1486-91.
- Baer HR, Wolf SL. Modified emory functional ambulation

- profile: An outcome measure for the rehabilitation of poststroke gait dysfunction. *Stroke*. 2001;32(2): 973-9.
- Dean CM, Richards CL, Malouin F, et al. Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: a randomized, controlled pilot trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000;81(4):409-17.
- Dietz V. Human neuronal control of automatic functional movement: Interaction between central programs and afferent input. *Physiological Reviews*. 1992;72(1): 33-69.
- Geiger RA, Allen JB, O'Keefe J, et al. Balance and mobility following stroke: effects of physical therapy interventions with and without biofeedback/force plate training. *Phys Ther*. 2001;81(4):995-1005.
- Goldie PA, Matyas TA, Evans OM, et al. Maximum voluntary weight bearing by the affected and unaffected legs in standing following stroke. *Clin Biomech*. 1996; 53(11):333-42.
- Hesse S, Helm B, Krajnik J, et al. Treadmill training with partial body weight support: influence of body weight release on the gait of hemiparetic patients. *J Neurol Rehabil*. 1997;11(1):15-20.
- Ikai T, Kamikubo T, Takehara I, et al. Dynamic postural control in patients with hemiparesis. *AM J Phys Med Rehabil*. 2003;82(6):463-9.
- Jang JY, Kim SY. Effects of trunk control exercise performed on an unstable surface on dynamic balance in chronic stroke patients. *J Korean Soc Phys Med*. 2016;11(1): 1-9.
- Johansson R, Maqunsson M. Human postural dynamics. *Crit Rev Biomed Eng*. 1991;18(6):413-37.
- Kim EJ, Jung JM, Kim TH, et al. The effects of plantar foot pressure and muscular activity on treadmill gait training in stroke patients. *J Korean Soc Phys Med*. 2009;4(3):165-74.
- Kim SG. Effect of treadmill gradient training on lower limb muscle activity in chronic stroke patient. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. 2012;13(1):220-6.
- Kohen-Raz R. Application of tetra-ataxiometric posturography in clinical and developmental diagnosis. *Perceptual and motor skills*. 1991;73(2):635-56.
- Laufer Y, Dickstein R, Resnik S, et al. Weight-bearing shifts of hemiparetic and healthy adults upon stepping on stairs of various heights. *Clin Rehabil*. 2000;14(2): 125-9.
- Lee HS. The effect of gait pattern in hemiplegia patients through progressive speed increase treadmill training. *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine*. 2014;2(1):23-34.
- Massion J. Postural control system. *Current Opinion in Neurobiology*. 1994;4(6):977-87.
- Mossberg KA. Reliability of a timed walk test in persons with acquired brain injury. *Am J Phys Med Rehabil*. 2003;82(5):385-90.
- Myklebust BM, Gottlieb GL. Spinal reflex organization in early developments: Electro physiological measures and proposed motor path ways. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*. 1997;3(2):175-83.
- Nyberg L, Gustafson Y. Patient falls in stroke rehabilitation. A challenge to rehabilitation strategies. *Stroke*. 1995;26(5):838-942.
- Patterson KK, Parafianowicz I, Danells CJ, et al. Gait asymmetry in community-ambulating stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89(2):304-10.
- Podsiadlo D, Richardson S. The timed Up & Go: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991;39(2):142-8.
- Runge M, Rehfeld G, Resnicek E, et al. Balance Training and Exercise in Geriatric Patients. *J Musculoskeletal Neuronal Interact*. 2000;1:54-8.
- Semenova K. The basis for application of the method of dynamic proprioceptive correction in the restorative therapy of patients with infantile cerebral paralysis in the residual stage. *Korsakov's J Neurol Psychiatr*. 1996;

- 96(3):47-50.
- Shumway-Cook A, Woollacott M. *Motor Control Translating Research into Clinical Practice*. Maryland. Lippincott Williams & Wilkins. 2007.
- Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M, et al. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther*. 2000;80(9):896-903.
- Song GB, Park EC. The effects of balance training on balance pad and sand on balance and gait ability in stroke patients. *J Korean Soc Phys Med*. 2016;11(1):45-52.
- Van Loo MA, Moseley AM, Bosman JM, et al. Test-re-test reliability of walking speed, step length and step width measurement after traumatic brain injury: A pilot study. *Brain Inj*. 2004;18(10):1041-8.
- Visintin M, Barbeau H, Korner-Bitensky N, et al. A new approach to retrain gait in stroke patients through body weight support and treadmill stimulation. *Stroke*. 1998;29(6):1122-8.
- Winstein CJ, Gardner ER, McNeal DR, et al. Standing balance training: effect on balance and locomotion in hemiparetic adults. *Arch Phys Med Rehabil*. 1989;70(10):755-62.
- Winter DA. Biomechanics of normal and pathological gait: implication for understanding human locomotor control. *J Mot Behav*. 1989;21:337-56.