

## 만성뇌졸중 환자에 시각적 되먹임 트레드밀 보행 훈련이 보행과 균형 능력에 미치는 효과

김지선 · 안진환 · 이현희 · 박효정<sup>1</sup> · 기경일<sup>2†</sup>

다빈치병원 재활치료부, <sup>1</sup>유성한가족병원 물리치료실, <sup>2</sup>대전보건대학교 물리치료과

### The Effect of Treadmill Gait Training Accompanied by Visual Feedback on the Gait and Balance of Chronic Stroke Patients

Ji-Seon Kim · Jin-Hwan Ahn · Hyeon-Hee Lee · Hyo-Jeong Park<sup>1</sup> · Kyong-Il Ki<sup>2†</sup>

*Department of Physical Therapy, Davinci Hospital*

*<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Yuseong Hangajok Hospital*

*<sup>2</sup>Department of Physical Therapy, Daejeon Health College*

Received: February 1, 2017 / Revised: February 20, 2017 / Accepted: February 20, 2017

© 2017 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:** This study compares the effects of treadmill gait training accompanied by visual feedback and general treadmill gait training on the gait and balance ability of patients with chronic stroke.

**Methods:** A total of 11 patients with chronic stroke were randomly divided into either the treadmill gait training accompanied by visual feedback group (six patients) or the general treadmill gait training group (five patients). The gait and balance ability of the two groups were measured before and after the interventions using the functional reach test, the Timed Up and Go (TUG) test, Berg's balance test, and the Biodex balance test. The treadmill gait training accompanied by visual feedback group performed the exercise under the supervision of a therapist after first being provided with a hat and a goal that was devised for the purpose of providing visual feedback information. The interventions were applied to the respective groups for four weeks. For the statistical analysis, we conducted a Mann-Whitney test to compare the results between the two groups. Additionally, the Wilcoxon test was used to compare the results from before and after the intervention in each group.

**Results:** The treadmill gait training accompanied by visual feedback group showed a significant difference in terms of the functional reach test after the intervention when compared to the general treadmill gait training group ( $p < 0.05$ ). Although there was no significant difference, the treadmill gait training accompanied by visual feedback group showed a larger improvement in the TUG test, Berg's balance test, and the Biodex balance test than the general treadmill gait training group ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion:** The results of this study suggest that treadmill gait training accompanied by visual feedback can be used as a beneficial intervention scheme for the recovery of the gait and balance ability of patients with chronic stroke.

**Key Words:** Visual feedback, Balance, Gait, Treadmill, Stroke

†Corresponding Author : Kyung-Il Ki ([ki3579@hanmail.net](mailto:ki3579@hanmail.net))

## I. 서론

뇌졸중(stroke)은 운동, 감각, 인지기능 등의 장애를 일으키며 이로 인해 균형, 보행과 같은 기능적인 움직임의 수행에 어려움을 동반하게 된다(Balasubramanian et al., 2007; Horak et al., 2009). 즉 뇌졸중으로 인한 마비와 운동 조절 장애, 비정상적인 근긴장도(muscle tone)와 감각이상 등이 비대칭적인 자세와 같은 문제를 일으키며 이로 인해 환자의 보행과 균형 능력에 직접적으로 영향을 미치게 된다(Jørgensen et al., 1995). 따라서 서 있거나 보행과 같은 동작들은 뇌졸중 환자들에게 있어 불안정을 유발하는 자세로 인식되며 이와 같은 동작 시 뇌졸중 환자들은 낙상에 대한 두려움으로 시선을 아래 방향으로 고정하고 동작을 수행하게 된다(Aoki et al., 2016; Horak et al., 2009).

뇌졸중 환자들의 보행과 균형 능력 향상이 중요한 재활의 목적이 되고 이를 위한 중재방법으로 트레드밀을 이용하는 훈련이 임상에서 흔히 사용되고 있다(Ujamaa et al., 2009). 트레드밀 훈련은 보행 속도와 보폭(step length)의 조절은 유의하게 향상시키는 것으로 나타났으나 시각적인 영향을 제거한 부자연스러운 훈련 환경이라는 제한점을 가지고 있어 보행 시 계획적인 움직임을 제한하는 것으로 알려져 있다(Druzicki et al., 2016; Lamontagne et al., 2007). 하지만 시각적인 정보를 추가하여 훈련을 실시하였을 때 움직임 조절 능력이 향상되는 것으로 나타났다(Lamontagne et al., 2007). 시각(vision)은 자세 안정성(postural stability) 조절에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Guerraz et al., 2000).

시각적 되먹임을 적용한 트레드밀 훈련은 비대칭성, 균형 능력과 특정 근육의 근력과 지구력 등을 회복시켜 보행 기능을 향상시킨다. 또한 되먹임을 이용한 중재방법은 뇌졸중 환자들의 하지 기능 회복에 효과적이며, 전통적인 치료 방법들과 비교하여 치료 효과가 높은 것으로 나타났다(Stanton et al., 2011).

임상에서는 뇌졸중 환자들의 보행과 균형 능력 향상을 위해 일반적인 트레드밀 훈련 방법이 주로 사용

되고 있다(Ujamaa et al., 2009). 선행 연구들에서 시각적 되먹임을 적용한 트레드밀 훈련이 일반적인 트레드밀 훈련보다 보행과 균형 능력의 향상에 더 큰 효과를 보이는 것을 알 수 있었다(Polese et al., 2013). 이와 같은 선행 연구들에서는 시각적 되먹임을 적용할 때 일관적인 시각의 방향과 체중의 대칭성 등에 대한 정보를 제공하거나 시각적 되먹임 적용 유무에 따른 연구가 주를 이루고 있다(Aoki et al., 2016; Druzicki et al., 2016). 따라서 본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 각 대상자들의 신체 정렬과 눈높이에 맞는 시각적 되먹임을 적용한 트레드밀 훈련을 제공한 후 그 효과를 알아보려고 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 대전광역시 소재 H 병원에 입원중인 성인 뇌졸중 환자 총 11명을 대상으로 하였다. 구체적인 연구대상자의 선정 기준은 다음과 같다. 뇌경색이나 뇌출혈로 인한 뇌졸중으로 편마비 진단을 받은 후 6개월 이상 경과한 자, 한국판 간이정신상태검사 결과(mini mental state examination korea)가 24점 이상인 자, 독립적으로 트레드밀 보행이 30분 이상 가능한 자, 근골격계 질환이나 심호흡계 질환이 없는 자를 대상으로 하였다. 모든 대상자는 실험 전 본 연구의 내용을 충분히 이해하고 자발적으로 참여하기를 동의하였으며, 제비뽑기를 통해 무작위로 시각적 되먹임 훈련군과 일반 트레드밀 훈련군으로 나누어 배정하였다.

### 2. 측정 도구

1) 기능적 팔 뻗기 검사(Functional Reach Test, FRT)  
FRT를 이용해 균형능력을 측정하였다. 본 연구에서는 FRT의 방향을 전방과 측방으로 실시하였다. FRT 측정을 위해 치료실 벽면에 대상자들의 어깨 높이에 맞추어 줄자를 수평 방향으로 부착하였다. 전방 FRT

(Forward-FRT, F-FRT) 측정을 위해 대상자들은 줄자와 평행한 방향으로 5cm 거리를 두고 선 자세를 취하였다. 측방 FRT (Side-FRT, S-FRT) 측정시에는 벽과 반대 방향을 향하여 선 자세를 취하였다. 두 검사 모두 비마비측 팔을 직각으로 들어 전방과 측방으로 최대한 내밀게 한 후 팔 뺨기 전과 후의 중수지관절의 거리 차이를 기록하였다. FRT는 기능적 과제 수행 시 동적 균형 및 유연성을 측정하여 안정성의 한계를 평가하기에 적합한 평가 도구로 알려져 있다. 측정자간 신뢰도와 측정자내 신뢰도 (ICC $\geq$ 0.85) 모두 높은 검사 방법이다(Duncan et al., 1990). 자료값은 3회 반복 측정후 평균값을 사용하였다.

2) 일어나 걷기 검사(Timed Up and Go, TUG)

TUG를 이용해 보행의 동적 균형능력을 측정하였다. TUG 검사는 일어서기, 걷기, 장애물 돌기, 앉기 등의 과제들이 복합적으로 구성되어 있기 때문에 보행 시 동적 균형 능력을 평가하기 위한 방법으로 많이 사용되고 있다. 측정 방법은 측정자의 출발 신호와 함께 의자에서 일어난 후 3m 전방에 위치한 장애물을 되돌아온 후 의자에 다시 앉는 시간까지를 기록하였다(Podsiadlo & Richardson, 1991). 자료값은 3회 반복 측정후 평균값을 사용하였다.

3) 버그균형검사(Berg Balance Scale, BBS)

BBS를 이용해 정적 균형과 동적 균형능력을 측정하였다. BBS는 총 14항목으로 구성되어있으며 총 점 56점으로 원래 노인 대상으로 만들어졌으나 현재는 다양한 뇌질환 환자들에게도 사용되고 있는 방법이다(Kim, 2013). BBS는 균형 능력에 대한 기능적 수행의 정도를 측정하기 위한 도구로서 정적 균형 능력과 동적 균형능력을 객관적으로 평가하는 척도로서 측정자내 신뢰도(r=0.99)와 측정자간 신뢰도(r=0.98) 모두 높게 나타나 신뢰도와 타당도가 인정된 평가 도구이다(Berg et al., 1992).



Fig. 1. The device of Biodex for balance.

4) Biodex 균형 검사

정적 균형을 평가하기 위해 균형 측정장비인 바이오텍스(Stability System Biodex, Shirley, USA)를 이용하였다. Biodex의 발판은 자료를 수집하여 분석하는 컴퓨터와 연결되어 있어 발판 위에서의 무게 중심 이동의 상황을 화면에 무게 중심점이 점으로 표시되어 나타난다(Fig. 1). 균형능력 측정을 위해 먼저 대상자들은 발판 위에 골반 너비로 발을 벌리고 선 자세를 취하였다(Kim et al., 2011; Kim & Oh, 2012; Park et al., 2013). 측정은 20초 동안 자세를 유지한 후 10초간 휴식을 취하는 형태로 실시하였으며 3번 측정 후 평균값을 자료값으로 사용하였다. 산출된 값이 작을수록 균형능력이 좋은 것을 의미한다. 측정 장비의 측정자내 신뢰도와 측정자간 신뢰도는 각각 r=0.90과 r=0.94로 높은 수준이다(Cachupe et al., 2001).

3. 연구 절차

모든 연구대상자들은 트레드밀 보행 훈련 전에 F-FRT, L-FRT, TUG, BBS, Biodex를 이용하여 사전 평가를 실시하였다. 실험군에게는 시각적 피먹임 트레드밀 보행 훈련을 실시하였으며, 대조군에게는 일반 트레드밀 보행 훈련을 실시하였다. 시각적 피먹임 트레드밀 보행 훈련군은 중재기간 동안 시각적 피먹임 정보 제공을 위해 레이저 포인터를 부착한 모자를 착용한 후 30분간 보행 훈련을 트레드밀에서 실시하였다. 보행 훈련 기간은 총 4주간 1주일에 5일, 하루에 30분씩 트레드밀을 이용하여 중재를 제공하였다. 4주간의 보행 훈련 후 균형능력의 변화를 알아보기 위하여 F-FRT, L-FRT, TUG, BBS, Biodex를 이용하여 사후 평가를 실시하였다.



Fig. 2. The treadmill training methods with visual feedback.

#### 4. 중재 방법

##### 1) 시각적 되먹임 트레드밀 보행 훈련군

연구대상자들의 트레드밀 훈련 중 시각적 되먹임 훈련을 위해 일반적으로 쉽게 구할 수 있는 장비 있는 모자와 빨간색 레이저 포인터(DPRC-0824/4in1, China OEM, China)를 사용하였다. 먼저 레이저 포인터를 모자 창 정중앙에 부착하였으며 시각적 되먹임의 목표를 설정하기 위해 A4 용지 중앙에 지름이 15cm인 원을 만들어 출력하였다. 훈련 시 대상자가 트레드밀에 선 자세를 취하면 치료사는 레이저 포인터가 정중앙을 향할 수 있도록 환자에게 모자를 씌워 주었다. 레이저 포인터를 켜 후 빨간 점의 위치가 원 정중앙에 위치할 수 있도록 A4 용지를 트레드밀 전방에 있는 거울에 부착하였다(Fig. 2). 레이저 포인터의 빨간 점이 원 밖으로 나가지 않도록 치료사의 지도 감독하에 보행 훈련을 실시하였다. 훈련 시 환자의 신체적 특징을 고려하여 위와 같은 절차를 반복하였다. 보행속도는 연구대상자가 5분간 안정적으로 보행을 유지할 수 있는 최고 속도를 적용하였으며 (Pohl et al., 2002), 회당 0.1km/hr씩 증가시켰다(Ditor et al., 2005).

##### 2) 일반 트레드밀 보행 훈련군

일반 트레드밀 보행 훈련군은 중재기간 동안 트레드밀에서 보행 훈련을 실시하였다. 시각적 되먹임 트

레드밀 보행 훈련군과 동일한 시간동안 보행 훈련을 실시하였다. 보행속도는 연구대상자가 5분간 안정적으로 보행을 유지할 수 있는 최고 속도를 적용하였으며(Pohl et al., 2002), 회당 0.1km/hr씩 증가시켜 시각적 되먹임 트레드밀 보행 훈련군과 동일하게 적용하였다 (Ditor et al., 2005).

#### 5. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS 18.0 for Windows 프로그램을 이용하여 통계처리 하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계로 처리하여 평균 표준편차로 제시하였다. 각 FRT, TUG, BBS, Biodex 균형 검사 별 두 그룹 간 비교를 위해 Mann Whitney 검정을 실시하였고, 각 그룹 별 중재 적용 전후 비교를 위해 Wilcoxon 검정을 실시하였다. 통계적 유의수준은 0.05로 하였다.

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구는 11명의 만성 뇌졸중 환자로 시각적 되먹임군 6명, 대조군 5명이었다. 시각적 되먹임군의 평균 연령은  $56.67 \pm 9.22$ 세, 키는  $172.67 \pm 7.06$ cm, 몸무게는  $65.50 \pm 12.74$ kg, 발병기간은  $28.37 \pm 12.11$ 개월이었다. 대조군의 평균연령은  $59.20 \pm 18.86$ 세, 키는  $171.00 \pm 6.52$ cm, 몸무게는  $66.80 \pm 9.31$ kg, 발병기간은  $21.00 \pm 21.95$ 개월이었다(Table 1).

#### 2. 중재 전후 시각적 되먹임 트레드밀 보행 훈련군과 일반 트레드밀 보행 훈련군의 균형 능력 검사 결과 비교

중재 적용 전보다 중재 적용 후 시각적 되먹임 트레드밀 보행 훈련군에서 전방 FRT와 측방 FRT가 유의하게 증가하였나( $p < 0.05$ ), 일반 트레드밀 보행 훈련군에서는 유의한 차이를 보이지 않았다( $p > 0.05$ ). 또한 중재 적용 전후 TUG, BBS, Biodex 균형 검사는 시각적 되먹

Table 1. General characteristics of subjects

(N=11)

Source of variation	Visual feedback group (n=6)	Control group (n=5)
Age (years)	56.67±9.22 <sup>1</sup>	59.20±18.86
Height (cm)	172.67±7.06	171.00±6.52
Weight (kg)	65.50±12.74	66.80±9.31
Onset (months)	28.37±12.11	21.00±21.95
Gender (male/female)	5/1	3/2
Cause (infarction/hemorrhage)	2/4	4/1

<sup>1</sup>Mean±SD

임 트레드밀 보행 훈련군과 일반 트레드밀 보행 훈련군 모두 유의한 차이를 보이지 않았으나(p>0.05) 시각적 되먹임 트레드밀 보행 훈련군이 일반 트레드밀 보행 훈련군보다 TUG, BBS, Biodex 균형 검사의 변화가 더 큰 것으로 나타났다(Table 2).

#### IV. 고찰

뇌졸중 환자의 보행과 균형 능력 회복을 위해 트레드밀을 이용한 훈련이 흔히 사용되고 있다. 일반적인 트레드밀 훈련보다 시각적 되먹임을 이용한 트레드밀이 뇌졸중 환자의 기능회복에 더 효과적임은 기존 연구들에서 입증되었다(Polese et al., 2013). 하지만 각

Table 2. Mean value of between groups

Source of variation	Visual feedback group (n=6)	Control group (n=5)	z	
FRT (forward)	pre	11.53±2.71 <sup>1</sup>	11.46±3.81	-0.37
	post	15.42±4.64	11.84±4.06	-1.10
	z	-2.21*	-0.73	
FRT (side)	pre	10.43±4.30	13.68±6.03	-1.10
	post	13.30±4.45	13.42±5.67	-0.18
	z	-2.21*	-0.73	
TUG	pre	32.50±24.30	24.52±11.80	-0.37
	post	30.65±24.22	24.66±12.71	-0.18
	z	-0.94	-0.41	
BBS	pre	40.50±11.10	36.40±10.81	-0.64
	post	41.67±11.04	36.80±10.69	-0.73
	z	-1.84	-1.00	
Biodex	pre	0.90±0.48	0.98±0.29	-1.11
	post	0.82±0.48	1.58±0.90	-1.37
	z	-0.95	-1.22	

<sup>1</sup>Mean±SD, \*p<0.05

FRT: Functional Reach Test, TUG: Timed Up and Go, BBS: Berg Balance Scale

대상자들의 신체 정렬과 눈높이에 맞는 시각적 되먹임을 적용한 트레드밀 훈련을 적용한 후 일반트레드밀과 비교한 연구의 결과는 찾아보기 힘들었다. 따라서 본 연구는 각 대상자들의 신체 정렬과 눈높이에 맞는 시각적 되먹임 트레드밀과 일반 트레드밀의 효과를 비교하기 위해 실시하였다. 연구의 결과 시각적 되먹임 트레드밀을 적용한 군에서 전방 FRT와 측방 FRT의 유의한 향상을 보였다. 또한 TUG, BBS, Biodex 균형 검사는 유의한 차이를 보이지 않았으나 이들 모두 일반 트레드밀보다 변화가 크게 나타났다.

본 연구에서는 시각적 되먹임 트레드밀 보행 훈련과 일반 트레드밀 보행 훈련을 뇌졸중 환자들에게 적용하였다. 선행 연구들에서 시각적 되먹임을 이용한 훈련이 뇌졸중 환자의 보행과 균형 능력 향상에 효과적이라고 하였다(Aoki et al., 2016; Druzbecki et al., 2016; Polese et al., 2013). 또한 뇌졸중 환자들에게 짧은 거리 내에 시각적 목표를 두고 정보를 제공하는 중재를 적용하였을 때 서 있는 자세나 보행 시 체간의 조절 능력이 증가된다고 하였다(Aoki et al., 2014). 이에 본 연구에서는 대상자들에게 실시간으로 시각적 되먹임 정보를 제공하기 위해 레이저 포인터를 모자 창 정중앙에 부착하였으며, 트레드밀 전방에 위치한 거울에 시각적 되먹임의 정확한 목표를 설정하여 제공하였다.

본 연구의 결과 시각적 되먹임 트레드밀 보행 훈련 군에서 전방 FRT와 측방 FRT의 유의한 향상을 보였으며, TUG, BBS, Biodex 균형 검사는 유의한 차이를 보이지 않았으나 이들 모두 일반 트레드밀보다 변화가 크게 나타났다. 시각적 되먹임 트레드밀 보행 훈련군이 일반 트레드밀군보다 보행과 균형 능력의 향상에 더 효과적이었다는 선행 논문들의 결과가 본 논문의 결과를 지지한다(Aoki et al., 2016; Druzbecki et al., 2016; Polese et al., 2013). 시각적 되먹임을 이용한 중재방법은 보행 훈련 시 대상자들에게 실시간으로 정보를 제공하며, 이와 같은 되먹임을 이용한 보행 훈련이 보행과 기능적인 신체 활동 능력의 향상에 효과적인 것으로 알려져 있다(Heeren et al., 2013; Tate & Milner, 2011). 시각적 되먹임 트레드밀 보행 훈련은 대상자들

에게 실시간으로 동작에 대한 정보를 제공하여 잘못된 동작을 실시간으로 수정하면서 보행 훈련이 가능하여 보행과 균형 같은 기능적인 신체 활동 능력이 향상된 것으로 보인다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 대상자 수가 작아 실험 결과를 모든 뇌졸중 환자에게 일반화시키기에는 어려움이 있다. 둘째, 4주 동안 중재를 적용하여 그 결과를 제시하여 장기적인 중재의 효과를 알 수 없다. 따라서, 향후 연구에서는 더 많은 수의 대상자들과 장기적인 효과를 밝힐 수 있는 유사한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

#### IV. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자의 보행과 균형 능력에 시각적 되먹임 트레드밀 보행 훈련이 미치는 효과를 알아보기 위해 시행하였다. 그 결과 시각적 되먹임 트레드밀 보행 훈련이 일반 트레드밀 보행 훈련보다 뇌졸중 환자의 보행과 균형 능력의 향상에 효과적인 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 나타난 결과는 뇌졸중 환자의 보행과 균형 능력 회복을 위한 유의한 중재 방법 중 하나로 적용할 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구는 작은 수의 대상자로 하여 모든 뇌졸중 환자의 치료에 일반화하기에는 어려움이 있으므로, 향후 많은 수의 대상자를 통한 연구가 계속 이루어져야 할 것이다.

#### Reference

- Aoki O, Otani Y, Morishita S, et al. Influence of gaze distance and downward gazing on postural sway in hemiplegic stroke patients. *Experimental Brain Research*. 2014;232(2):535-543.
- Aoki O, Otani Y, Morishita S, et al. The effects of various visual conditions on trunk control during ambulation

- in chronic post stroke patients. *Gait & Posture*. 2016;52(11):301-307.
- Balasuubramanian CK, Bowden MG, Neptune RR, et al. Relationship between step length asymmetry and walking performance in subjects with chronic hemiparesis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2007;88(1):43-49.
- Berg KO, Maki BE, Williams JI, et al. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1992;73(11):1073-1080.
- Cachupe WJ, Shifflett B, Kahanov L. Reliability of biodex balance system measures. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*. 2001;5(2):97-108.
- Ditor DS, Kamath MV, MacDonald MJ, et al. Effects of body weight-supported treadmill training on heart rate variability and blood pressure variability in individuals with spinal cord injury. *Journal of Applied Physiology*. 2005;98(4):1519-1525.
- Druzbecki M, Guzik A, Przysada G, et al. Changes in gait symmetry after training on a treadmill with biofeedback in chronic stroke patients: a 6-month follow-up from a randomized controlled trial. *Medical Science Monitor*. 2016;22(11):4859-4868.
- Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, et al. Functional reach: a new clinical measure of balance. *The Journal of Gerontology*. 1990;45(6):192-197.
- Guerraz M, Sakellari V, Burchill P, et al. Influence of motion parallax in the control of spontaneous body sway. *Experimental Brain Research*. 2000;131(2):244-252.
- Heeren A, van Ooijen M, Geurts AC, et al. Step by step: a proof of concept study of C-Mill gait adaptability training in the chronic phase after stroke. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2013;45(7):616-622.
- Horak FB, Wisley DM, Frank J. The balance evaluation systems test (BESTest) to differentiate balance deficits. *Physical Therapy*. 2009;89(5):484-498.
- Jørgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, et al. Recovery of walking function in stroke patients: the Copenhagen stroke study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1995;76(1):27-32.
- Kim EJ. Assessment of balance and posture in brain disorders. *Brain & Neurorehabilitation*. 2013;6(2):58-63.
- Kim JS, Oh DW. Effect of submerged treadmill gait training on gait and balance function in people with stroke: a single subject experimental research design. *Korea Journal of Neural Rehabilitation*. 2012;2(1):52-58.
- Kim JS, Son YH, Hwang YB, et al. Effect of submerged treadmill gait training on gait and balance function in people with hemiparesis. *Korea Journal of Neural Rehabilitation*. 2011;1(2):63-70.
- Lamontagne A, Fung J, McFadyen BJ, et al. Modulation of walking speed by changing optic flow in persons with stroke. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 2007;4(6):22.
- Lee HS. A study of postural control characteristics in schoolchild with intellectual disability. *Rehabilitation research*. 2010;14(3):225-256.
- Oujamaa L, Relave I, Froger J, et al. Rehabilitation of arm function after stroke. Literature review. *Annals of Physical Rehabilitation Medicine*. 2009;52(3):269-293.
- Park SD, Kim JS, Kim SY. Reliability and validity of the postural balance application program using the movement accelerometer principles in healthy young adults. *Journal of Korean Physical Therapy*. 2013;20(2):52-59.
- Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1991;39(2):142-148.
- 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.

Polese JC, Ada L, Dean CM, et al. Treadmill training is effective for ambulatory adults with stroke: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*. 2013;59(2):73-80.

Stanton R, Ada L, Dean CM, et al. Biofeedback improves activities of the lower limb after stroke: a systematic

review. *Journal of Physiotherapy*. 2011;57(3):145-155.

Tate JJ, Milner CE. Real-time kinematic, temporospatial, and kinetic biofeedback during gait retraining in patients: a systematic review. *Physical Therapy*. 2010;90(8):1123-1134.