

# 장애물 넘기 여부에 따른 트레드밀 보행 훈련이 편마비 환자의 보행주기 중에 엉덩관절, 무릎관절 및 발목관절의 움직임에 미치는 영향

이지은, 이호성

단국대학교 대학원 운동의과학과

## Effects of Treadmill Gait Training According to Obstacle Crossing on the Hip, Knee and Ankle Joint Motion during Gait Cycle in Patients with Post Stroke Hemiplegia

Ji-Eun Lee, Ho-Seong Lee

Department of Kinesiology Medical Science, Graduate School, Dankook University, Cheonan, Korea

**PURPOSE:** The purpose of this study was to determine the effects of treadmill gait training according to obstacle crossing on the hip, knee and ankle joint motion during gait cycle in patients with post stroke hemiplegia.

**METHODS:** Twenty-one patients with post stroke hemiplegia were divided into 3 groups as treadmill gait training with obstacle crossing group (TOG, n=7), treadmill gait training without obstacle crossing group (TGG, n=7) and control group (CON, n=7). TOG and TGG were performed treadmill gait training with and without obstacle crossing for 20 minutes, three times a week, and for 8 weeks. Hip, knee and ankle joint motion were measured before and after treadmill gait training. Statistical analyses was done using the ANCOVA and paired *t*-test.

**RESULTS:** Hip, knee and ankle joint motion were significantly increased in TOG and TGG after 8 weeks compared to before ( $p < .05$ , respectively). Hip, Knee and ankle joint motion were significantly increased in TOG compared with CON and TGG ( $p < .05$ , respectively).

**CONCLUSIONS:** TOG was more effective than both TGG and CON in order to improve hip, knee and ankle joint motion in hemiplegia patients. Especially, treadmill gait training with obstacle crossing significantly improved to improve lower limb joint movement during the gait cycle.

**Key words:** Hemiplegia, Joint motion, Treadmill training with obstacle crossing

## 서론

편마비(post stroke hemiplegia) 환자는 인지, 감각, 정서, 언어 및 운동 등 다양한 장애가 나타나며, 운동기능 장애는 근육 조절이 어려워 관절의 굽힘 및 폼의 움직임을 감소시키는 원인이 된다[1]. 또한 편마비

환자의 감소된 관절 움직임은 계단 오르내리기, 일상생활 동작, 보행과 같은 기능적 활동에 있어서 제한적이며[2], 다리 관절의 움직임 감소는 보행 속도 및 보행 기능을 저하시킨다[3]. 특히 편마비 환자의 다리 관절의 굽힘 및 폼의 움직임은 보행 기능과 밀접한 관련성이 있다고 보고하였다[4].

Corresponding author: Ho-Seong Lee Tel +82-10-9248-6161 Fax +82-41-550-3838 E-mail hoseh28@dankook.ac.kr

Keywords 편마비, 관절 움직임, 장애물 넘기 트레드밀 보행 훈련

Received: 30 May 2019 Revised: 28 Jul 2019 Accepted: 20 Aug 2019

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

일반적으로 관절 움직임의 제한은 질환이나 외상 및 보행을 방해하는 원인이 되며, 편마비 환자는 마비측 다리의 관절 움직임이 감소되어 근골격계 질환과 같은 2차 손상이 발생하여 독립적인 보행이 어렵게 된다[5]. 또한 편마비 환자는 정상인과 비교하여 각 관절의 조절이 어려운 시너지패턴(synergy pattern)이 나타나 자세 조절 및 보행이 어려우며[6], 보행 주기 동안에는 초기 닿기, 중간 디딤기 및 후기 디딤기에서 엉덩관절 가쪽돌림이 나타나며, 흔들기 동안에는 자세 조절이 어려워 엉덩관절의 굽힘보다는 주로 펴의 패턴으로 움직임이 나타난다고 보고하였다[7]. 아울러 편마비 환자는 보행 시 엉덩관절이 불안정하여 무릎관절의 안짱다리(knock knee) 및 뻥정다리(stiff knee)가 나타나며[8], 무릎관절은 보행 시 디딤기 및 흔들기 동안에 젖힘(hyperextension)이 나타나고[9], 다리 관절 중에 변형이 자주 발생하는 발목관절은 장기간 동안의 경직으로 인해 관절의 변형이 나타나 발등 굽힘이 감소되며[10], 보행 주기 동안 초기닿기에서 발목관절의 발등 굽힘이 어려워 발꿈치가 아닌 발가락 및 발의 바깥쪽으로 지지하는 경우가 많다고 보고하였다[9]. 특히 편마비 환자는 후기 디딤기에서 발목관절의 발바닥 굽힘이 감소되며, 흔들기 동안에 발등 굽힘이 감소되어 발 처짐 및 발가락 끌림(toe dragging)이 나타나 독립적인 보행이 어렵다고 보고하였다[11]. 따라서 편마비 환자의 외상 방지 및 독립적인 보행을 위해서는 엉덩관절, 무릎관절 및 발목관절의 전체적인 움직임이 개선될 필요가 있다고 생각된다.

선행연구에 의하면, 편마비 환자의 관절 움직임 및 보행 기능을 향상시키기 위한 방법으로 관절가동술[12], 테이핑 적용[13], 근력강화운동[14] 등이 보고되고 있으며, 많이 사용되는 운동 훈련 중재 방법으로 트레드밀 보행 훈련이 적용되고 있다. 트레드밀 보행 훈련은 반복적인 보행 훈련으로 다리 관절의 움직임을 활성화시켜 보행 기능 회복에 효과적이며[15], 특히 보행 시 대칭성과 다리의 움직임을 개선하는 효과가 있다고 보고하였다[16]. 또한 트레드밀 보행 훈련은 편마비 환자의 관절 움직임을 향상시켜 마비측과 비마비측 다리의 비대칭적인 움직임을 개선하는 효과가 있다고 보고하였다[17]. 따라서 트레드밀 보행

훈련은 편마비 환자의 다리 관절의 움직임을 향상시키는 중요한 훈련 방법이라고 생각된다.

한편, Park et al. [18]은 트레드밀 보행 훈련은 다리 움직임이 단순 반복 동작으로써 기능 개선에 의문점을 제시하고 턱이나 장애물이 있는 실제 일상생활과 유사한 환경에서의 반복적인 보행 훈련이 필요하다고 주장하였으며, 편마비 환자는 보행 기능이 회복되더라도 무릎 및 발목관절의 움직임이 저하되어 굴곡진 도로 및 계단 오르기와 같은 장애물 넘기 동작에 대해 어려움이 있다고 보고하였다[19]. 이에 Said et al. [20]은 장애물 훈련은 편마비 환자의 다리 관절 움직임 및 보행 기능 향상에 효과적이라고 보고하였다. 따라서 편마비 환자의 다리 관절의 움직임 향상을 위해서는 일상생활과 유사한 환경에서의 반복적인 보행 훈련을 실시할 필요가 있다고 생각된다. 하지만 트레드밀 보행 훈련에 대한 연구가 지속적으로 이루어져 왔음에도 불구하고 각 관절의 움직임에 대한 장애물 넘기 트레드밀 보행 훈련의 효과를 실천적으로 상세히 검토한 연구는 부족한 실정이다.

이에 이 연구에서는 대조 집단 및 트레드밀 보행 훈련 집단과 비교하여 장애물 넘기 트레드밀 보행 훈련 집단이 다리 관절의 움직임을 유의하게 개선시킬 것이라는 가설을 세워서 실제로 편마비 환자를 대상으로 엉덩관절, 무릎관절 및 발목관절의 움직임이 8주간의 장애물 넘기 트레드밀 보행 훈련 전과 후에 어떠한 변화가 있는지를 밝히는데 그 목적이 있다.

## 연구 방법

### 1. 연구 대상

이 연구의 대상은 D시 보건소 재활운동치료실에 등록되어 있는 뇌졸중으로 인한 편마비 환자 21명을 대상으로 하였다. 대상자들은 장애물 넘기 트레드밀 보행 훈련 집단(Treadmill gait training with obstacle crossing group; TOG, n=7), 트레드밀 보행 훈련 집단(Treadmill gait training group; TGG, n=7) 및 대조 집단(Control group; CON, n=7)으로

**Table 1.** Physical characteristics and equivalence check of the subjects

Variables	TOG (n=7)	TGG (n=7)	CON (n=7)	F	p
Sex (male/female)	4/3	4/3	4/3	.00	.99
Age (yr)	75.00±8.35	76.57±6.21	78.29±4.82	.43	.66
Height (cm)	161.76±13.22	159.96±14.79	163.30±11.44	.11	.90
Weight (kg)	64.26±8.22	60.34±8.57	65.17±6.27	.77	.49
Stroke type (infarction/hemorrhage)	6/1	6/1	4/3	2.79	.09
Affected side (right/left)	6/1	2/5	3/4	1.00	.39
Onset time (month)	32.57±21.72	56.57±27.24	59.71±20.21	2.85	.09
MMSE-K (score)	26.43±1.13	27.43±1.51	26.48±1.44	1.78	.20

Values are means and SD. F: Verification statistics.

MMSE-K, Korean version of Mini mental state examination.

로 나누어 대상자의 참가 동의 순서대로 무작위 표집(random sampling)을 실시하였다. 연구 대상자의 선정기준은 뇌졸중으로 인한 편마비가 발병한 지 6개월 이상인 자, 보행 보조 도구 없이 독립적으로 10 m 이상 보행이 가능한 자, 마비측 다리의 경직평가척도(modified ashworth scale, MAS)에서 2등급 이하인 자로 하였으며, 그중 시각적 및 청각적 결손이 있는 자, 편측무시 검사(line bisection test, LBT)에서 6.3 mm 이상인 자, 한국판 간이 정신 상태 검사(Korean version of Mini mental state examination, MMSE-K)에서 24점 이하인 자는 연구 대상자에서 제외하였다. 대상자에게 연구 목적 및 방법에 대하여 충분히 설명한 후 자발적으로 참가 동의를 얻었으며, 운동 중재 및 측정은 1명의 물리치료사에 의해 시행되어 편향(bias)의 가능성이 있으나 객관성을 위해 동영상 촬영을 시행하였다. 대상자들의 특성은 Table 1과 같다.

## 2. 보행 훈련의 중재방법

장애물 넘기 트레드밀 보행 훈련 집단은 재활치료용 트레드밀(AP2010-2, Apsun Inc., Korea) 및 3가지의 장애물을 이용하여 대상자의 독립적인 10 m 보행 속도로 시작하여 주 1회에 0.1 km/h씩 속도를 증가시켜 1회 20분간, 주 3회의 8주간에 걸쳐서 실시하였다[21]. 장애물 적용 시간은 트레드밀 위에서 3가지의 장애물 넘기를 각 5분씩, 높이 순으로 15분간 단계적으로 실시한 후 5분 동안 장애물을 무작위로 적용하여 총 20분간 실시하였다. 대상자의 낙상 방지를 위하여 트레드밀 위에서 발생할 수 있는 문제점에 대해 숙지하도록 하였으며, 대상자가 트레드밀의 안전키 및 안전손잡이를 사용하도록 하였다. 장애물의 높이는 선행연구에서 제작된 도로의 장애물, 문턱, 보도블록, 화장실 등 일상생활에서 접하기 쉬운 다양한 장애물 높이 중에 높이 차이가 비슷하도록 선정하였으며[22,23], 장애물의 길이는 보행 주기에서의 대표

적인 한 발짝 너비의 두 배로 선정하고, 장애물의 폭은 선정한 장애물 중에 최소 크기인 장애물의 길이와 동일하게 선정하여 길이 250 mm, 폭 25 mm, 높이 25 mm (O1), 52 mm (O2), 80 mm (O3)의 3가지 장애물을 제작하였다. 장애물 재질은 대상자가 훈련 중에 장애물을 밟거나 낙상위험이 있어 단단하고 가벼운 재료인 폼팩스로 장애물을 제작하였다. 장애물 위치는 시상면을 기준으로 보행 주기에서 마비측 다리의 흔들기 단계에 시행하였으며[24], 장애물을 비마비측 다리와 동일선상에 위치시켜 마비측 다리가 초기 흔들기에서 중간 흔들기로 이동 시 장애물을 넘어갈 수 있도록 시행하였다(Fig. 1).

한편, 트레드밀 보행 훈련 집단은 장애물 넘기 트레드밀 보행 훈련과 동일한 재활치료용 트레드밀을 이용하여 대상자의 10 m 보행 속도로 시작해 주 1회에 0.1 km/h씩 속도를 증가시켰으며, 1회 20분간, 주 3회의 8주간에 걸쳐서 실시하였다. 대조 집단은 트레드밀 보행 훈련을 실시하지 않았다.

## 3. 관절 움직임의 측정

이 연구에서 관절 움직임은 대상자의 보행을 동영상으로 촬영하여 다탠피쉬 프로그램(Dartfish express, Dfkorea, Korea)을 사용하여 훈련 전(pre)과 훈련 8주 후(post)에 엉덩관절(Hip joint), 무릎관절(Knee joint) 및 발목관절(Ankle joint)의 움직임 측정을 위해 각도를 측정하였다. 동영상 촬영은 스마트 장치(LGM-V300S)를 이용하여 촬영 속도 60 fps로 대상자의 독립적인 10 m 보행을 시상면에서 촬영하였으며, 태블릿PC (LG-X760)와 다탠피쉬 프로그램을 이용하여 촬영된 동영상에서 대상자의 마비측과 비마비측 다리의 움직임이 한쪽으로 크게 기울지 않는 가장 대칭적인 보행 주기를 선정하여 마비측 다리의 엉덩관절, 무릎관절 및 발목관절의 움직임을 측정하였다. 동영상 촬영 시간 동안



**Fig. 1.** Obstacle crossing treadmill gait training. The obstacle was placed on a treadmill belt on the same line as the non-paralyzed leg. The obstacle was applied when the paralyzed leg moved from the initial swing to the mid-swing. (A) Initial swing, (B) mid-swing.

태블릿PC를 통해 관절의 중심점은 시상면에서 대상자의 마비측 다리를 기준으로 넓다리 가쪽관절용기(lateral condyle), 무릎 가쪽관절용기(lateral epicondyle), 발목 가쪽복사(lateral malleolus) 및 다섯번째 발가락 발허리발가락관절(metatarsophalangeal joint)로 하였다[25]. 닥트피쉬 프로그램의 오차는 3차원 동작 분석과 비교하여 최대 6% 정도로 보고되었으며[26], 신뢰도는 .81이다[27].

#### 4. 자료처리

이 연구에서 수집된 모든 자료는 SPSS WIN Ver. 19.0을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 집단(보행 시 장애물 여부) 및 시기(보행 훈련 전과 후) 간에 엉덩관절, 무릎관절 및 발목관절 움직임의 차이를 검정하기 위하여 훈련 전의 관절 움직임 값을 공변량으로 하여 공분산 분석(analysis of covariance, ANCOVA)을 실시하였으며, 집단 내 시기 간에 차이를 분석하기 위하여 대응표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였다. 통계적 유의수준은  $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

### 연구 결과

#### 1. 엉덩관절 움직임의 변화

엉덩관절 움직임의 변화는 Table 2에 제시된 바와 같다. 집단 간 비교에서 공분산 분석을 실시한 결과, 엉덩관절의 Loading response (LR), Pre swing (PSw), Initial swing (ISw), Mid swing (MSw) 및 Terminal swing (TSw)은 집단 간에 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다( $p < .05$ ). LR,

MSw 및 TSw는 CON 및 TGG와 비교해서 TOG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 증가하는 것으로 나타났으며( $p < .05$ ), ISw는 TGG와 비교하여 TOG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 증가하는 것으로 나타났다( $p < .01$ ). PSw는 CON과 비교하여 TOG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 증가하는 것으로 나타났다( $p < .001$ ). 특히 TSw는 CON과 비교해서 TGG에서, TGG와 비교해서 TOG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 증가하는 것으로 나타났다( $p < .05$ ). 또한 집단 내 비교에서 대응표본 t-검정을 실시한 결과, LR 및 ISw는 TOG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 증가하는 것으로 나타났으며( $p < .05$ ), Midstance (MS), PSw, MSw 및 TSw는 TOG 및 TGG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 증가하는 것으로 나타났다( $p < .05$ ). Terminal stance (TS)는 TGG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 유의하게 증가하는 것으로 나타났다( $p < .05$ ). 한편 Initial contact (IC)는 모든 집단 간 및 집단 내에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

#### 2. 무릎관절 움직임의 변화

무릎관절 움직임의 변화는 Table 3에 제시된 바와 같다. 집단 간 비교에서 공분산 분석을 실시한 결과, 무릎관절의 MS, TS, PSw, ISw 및 MSw는 집단 간에 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다( $p < .01$ ). MS는 CON 및 TGG와 비교하여 TOG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 감소하는 것으로 나타났으며( $p < .05$ ), TS, PSw, ISw 및 MSw는 CON 및 TGG와 비교하여 TOG에서 훈련 전과 비교하여 훈련

**Table 2.** Changes in sagittal plane hip joint motion before and after training

Group	Period	TOG (n=7)			TGG (n=7)			CON (n=7)			F (p)	ES
		Pre	Post	t (p)	Pre	Post	t (p)	Pre	Post	t (p)		
Hip Joint (degree)	IC	19.33 ± 5.64	23.81 ± 3.46	-1.65 (.15)	21.06 ± 6.95	22.4 ± 6.11	-1.35 (.225)	19.61 ± 3.86	18.7 ± 3.87	.62 (.561)	3.05 (.074)	.27
	LR	4.89 ± 2.02	2.66 ± 2.99	3.50* (.013)	3.10 ± 2.64	1.57 ± 1.79	2.53* (.045)	3.09 ± 2.00	2.11 ± 2.14	1.31 (.238)	11.67*** (.001)	.58
	MS	-7.77 ± 3.05	-8.73 ± 2.26	1.62 (.156)	-6.63 ± 3.87	-9.34 ± 4.68	2.69* (.036)	-6.16 ± 2.23	-6.74 ± 2.09	.83 (.438)	0.38 (.693)	.04
	TS	-7.77 ± 3.05	-8.73 ± 2.26	1.62 (.156)	-6.63 ± 3.87	-9.34 ± 4.68	2.69* (.036)	-6.16 ± 2.23	-6.74 ± 2.09	.83 (.438)	2.13 (.15)	.20
	PSw	-5.47 ± 1.30	-11.4 ± 2.53 <sup>†††</sup>	8.1*** (.001)	-6.46 ± 2.18	-10.04 ± 1.36 <sup>††</sup>	6.50*** (.001)	-7.46 ± 2.53	-7.26 ± 1.60	-.22 (.832)	13.97*** (.001)	.62
	ISw	13.6 ± 3.29	18.24 ± 2.97 <sup>††</sup>	-2.52* (.045)	15.54 ± 4.16	14.3 ± 3.08	1.27 (.253)	18.61 ± 3.01	17.94 ± 3.24	.80 (.454)	4.73* (.02)	.36
	MSw	19.34 ± 4.62	28.29 ± 2.89 <sup>†††††</sup>	-3.69** (.01)	18.07 ± 3.26	20.29 ± 3.99	-3.45* (.014)	20.09 ± 4.41	17.97 ± 4.55	1.35 (.226)	15.10*** (.001)	.64
TSw	18.73 ± 4.87	27.33 ± 3.82 <sup>††††</sup>	-3.11* (.021)	19.19 ± 5.33	22.56 ± 3.90 <sup>†</sup>	-3.04* (.023)	16.00 ± 6.31	15.27 ± 6.28	1.2 (.277)	12.18*** (.001)	.59	

Values are means and SD.

IC, Initial contact; LR, Loading response; MS, Midstance; TS, Terminal stance; PSw, Pre-swing; ISw, Initial swing; MSw, Mid-swing; TSw, Terminal swing; +, Hip flexion; -, Hip extension.

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$ . <sup>†</sup> $p < .05$ , <sup>††</sup> $p < .01$ , <sup>†††</sup> $p < .001$  vs. CON. \* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$  vs. TGG.

후에 각각 유의하게 증가하는 것으로 나타났다( $p < .05$ ). 특히 ISw는 CON과 비교해서 TGG에서, TGG와 비교해서 TOG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 증가하는 것으로 나타났다( $p < .001$ ). 또한 집단 내 비교에서 대응표본  $t$ -검정을 실시한 결과, MS는 TOG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 감소하는 것으로 나타

났으며( $p < .05$ ), TS 및 PSw는 TOG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 증가하는 것으로 나타났다( $p < .05$ ). ISw 및 MSw는 TOG 및 TGG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 증가하는 것으로 나타났다( $p < .01$ ). 한편 IC, LR 및 TSw는 모든 집단 간 및 집단 내에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

**Table 3.** Changes in sagittal plane knee joint motion before and after training

Group		TOG (n=7)			TGG (n=7)			CON (n=7)			F (p)	ES
Period		Pre	Post	t (p)	Pre	Post	t (p)	Pre	Post	t (p)		
Knee Joint (degree)	IC	4.3±2.72	3.64±2.30	.77 (.47)	5.33±2.16	4.59±2.11	.76 (.479)	3.56±1.29	4.11±1.84	-1.11 (.312)	0.34 (.721)	.04
	LR	8.46±4.40	8.94±3.40	-58 (.587)	12.26±8.53	14.21±8.83	-2.1 (.082)	10.53±3.90	13±3.63	-1.59 (.164)	1.17 (.335)	.12
	MS	4.76±1.98	1.94±1.69 <sup>†††</sup>	3.22* (.018)	3.96±1.46	4.36±2.33	-35 (.737)	6.21±3.33	6.94±3.08	-.84 (.432)	6.43** (.008)	.43
	TS	5.37±3.31	9.9±3.50 <sup>†††††</sup>	-4.31** (.005)	4.16±2.88	4.27±2.54	-.28 (.786)	6.16±2.92	6.44±3.67	-.7 (.513)	12.83*** (.001)	.60
	PSw	18.49±9.18	47.97±9.20 <sup>†††††</sup>	-6.36*** (.001)	17.51±12.25	20.09±12.74	-1.12 (.305)	18.17±9.82	18.83±10.23	-.71 (.505)	30.52*** (.001)	.78
	ISw	33.29±10.49	62.99±5.20 <sup>†††††</sup>	-6.10*** (.001)	34.43±9.35	45.07±3.85 <sup>†††</sup>	-3.76** (.009)	31.89±8.10	32.39±5.14	-.41 (.692)	77.98*** (.001)	.90
	MSw	17.61±4.32	26.46±2.38 <sup>††††</sup>	-4.86** (.003)	19.77±4.62	22.53±3.33	-3.71** (.01)	22.54±2.20	23.4±3.46	-1.06 (.332)	7.63** (.004)	.47
	TSw	2.56±1.67	3.73±2.13	-1.46 (.195)	5.30±2.71	5.21±2.85	.06 (.959)	3.49±1.38	3.4±1.93	.17 (.669)	0.58 (.57)	.06

Values are means and SD.

IC, Initial contact; LR, Loading response; MS, Midstance; TS, Terminal stance; PSw, Pre-swing; ISw, Initial swing; MSw, Mid-swing; TSw, Terminal swing; +, Knee flexion; -, Knee extension.

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$ . †† $p < .01$ , ††† $p < .001$  vs. CON. † $p < .05$ , †† $p < .01$ , ††† $p < .001$  vs. TGG.

**Table 4.** Changes in sagittal plane ankle joint motion before and after training

Group		TOG (n=7)			TGG (n=7)			CON (n=7)			F (p)	ES
Period		Pre	Post	t (p)	Pre	Post	t (p)	Pre	Post	t (p)		
Ankle Joint (degree)	IC	-1.71±0.69	1.47±1.37 <sup>††††</sup>	-5.83*** (.001)	-0.69±0.47	0.54±0.65	-3.40* (.015)	-0.79±0.71	-0.71±1.39	-.21 (.842)	7.57** (.004)	.47
	LR	-2.29±1.76	-3.53±1.00	2.53* (.045)	-4.4±1.22	-4.54±1.72	.26 (.806)	-3.91±1.84	-2.86±2.33	-1.33 (.232)	2.13 (.15)	.20
	MS	2.29±1.67	5.53±1.20 <sup>†††††</sup>	-5.77*** (.001)	3.64±1.64	4.4±1.38	-1.75 (.131)	1.27±1.61	1.91±2.17	-2.13 (.077)	12.05*** (.001)	.59
	TS	8.59±1.62	5.29±2.47	4.27** (.005)	9.37±2.86	4.9±2.13	3.98** (.007)	7.64±2.92	5.59±3.87	1.93 (.102)	0.77 (.48)	.08
	PSw	-18.11±3.66	-12.54±3.07 <sup>††††</sup>	-9.75*** (.001)	-17.84±2.69	-16.13±2.54	-.23 (.061)	-17.84±1.16	-18.89±4.36	.65 (.543)	9.28** (.002)	.52
	ISw	-11.43±2.31	-4.63±0.77 <sup>†††††</sup>	-9.69*** (.001)	-14.86±2.59	-11.51±3.08 <sup>†††</sup>	-3.23* (.018)	-14.84±3.50	-15.9±2.23	1.55 (.173)	41.33*** (.001)	.83
	MSw	-2.87±0.79	-0.40±0.22 <sup>†††</sup>	-7.21*** (.001)	-2.73±0.94	-0.73±0.43 <sup>†††</sup>	-6.14*** (.001)	-2.76±0.92	-2.84±0.80	.18 (.861)	40.35*** (.001)	.83
	TSw	-1.51±1.11	2.80±1.16 <sup>†††</sup>	-8.12*** (.001)	-1.53±0.79	2.71±1.15 <sup>†††</sup>	-9.37*** (.001)	-1.09±1.15	-0.91±1.37	-.30 (.774)	21.56*** (.001)	.72

Values are means and SD.

IC, Initial contact; LR, Loading response; MS, Midstance; TS, Terminal stance; PSw, Pre-swing; ISw, Initial swing; MSw, Mid-swing; TSw, Terminal swing; +, Ankle dorsiflexion; -, Ankle plantarflexion.

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$ . ††† $p < .001$  vs. CON. † $p < .05$ , †† $p < .01$ , ††† $p < .001$  vs. TGG.

### 3. 발목관절 움직임의 변화

발목관절 움직임의 변화는 Table 4에 제시된 바와 같다. 집단 간 비교에서 공분산 분석을 실시한 결과, 발목관절의 IC, MS, PSw, ISw, MSw 및 TSw는 집단 간에 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다 ( $p < .01$ ). IC, MS, PSw 및 ISw는 CON 및 TGG와 비교하여 TOG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 증가하는 것으로 나타났으며 ( $p < .05$ ), MSw 및 TSw는 CON과 비교하여 TOG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 증가하는 것으로 나타났다 ( $p < .001$ ). 특히 ISw는 CON과 비교해서 TGG에서, TGG와 비교해서 TOG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 증가하는 것으로 나타났다 ( $p < .001$ ). 또한 집단 내 비교에서 대응표본  $t$ -검정을 실시한 결과, LR, MS 및 PSw는 TOG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 증가하는 것으로 나타났으며 ( $p < .05$ ), IC, TS, ISw, MSw 및 TSw는 TOG 및 TGG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 증가하는 것으로 나타났다 ( $p < .05$ ).

## 논 의

이 연구에서는 장애물 넘기 여부에 따른 트레드밀 보행 훈련이 편마비 환자의 보행주기 중에 엉덩관절, 무릎관절 및 발목관절의 움직임에 미치는 영향을 검토한 결과, 엉덩관절, 무릎관절 및 발목관절의 움직임이 대조 집단(CON) 및 트레드밀 보행 훈련 집단(TGG)과 비교하여 장애물 넘기 트레드밀 보행 훈련 집단(TOG)에서 보다 유의하게 개선되었다는 사실을 증명하였다. 특히 특히 장애물 넘기 트레드밀 보행 훈련은 보행 주기 동안에 다리 관절의 움직임을 긍정적으로 향상시켰다. 따라서 이 연구의 가설이 성립되었다고 할 수 있다.

서론에서 언급한 것처럼, 편마비 환자는 다리 관절 움직임의 감소로 인해 근골격계 질환과 같은 2차 손상이 발생하여 보행에 어려움을 겪는다고 하였다[5]. 이에 Dietz [15]는 트레드밀 보행 훈련은 관절의 움직임을 활성화한다고 하였으며, Kwok et al. [19]은 편마비 환자는 보행 기능이 회복되더라도 다리 관절의 움직임이 감소하여 계단 오르기 및 장애물 넘기가 어렵다고 주장하였다. 이에 장애물 넘기 훈련은 엉덩관절의 움직임을 증가시켜 신체의 전체적인 관절의 움직임을 향상시킨다고 보고하였다[20]. 이 연구에서 엉덩관절의 움직임은 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 TOG 및 TGG에서 각각 유의하게 증가하였으며, 엉덩관절의 움직임은 CON 및 TGG와 비교하여 TOG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 증가하였다. 특히 엉덩관절의 굽힘은 흔들기에 속하는 MSw가 TOG에서 훈련 전의 19.34°와 비교하여 훈련 후에 28.29°로 증가하였다. 일반적으로 정상적인 보행 주기에서 엉덩관절의 굽힘은 약 30°이며, 중간 흔들기에서는 약 30° 이상의 최대 굽힘이 나타난다고 보고하였다[28]. 이 연구에서 엉덩관절의 굽힘은 8주간의 장애

물 넘기 보행 훈련에 의해 거의 정상적인 각도로 증가하였으며, 이는 편마비 환자의 엉덩관절의 움직임이 양호한 상태로 개선된 것으로 생각된다. Said et al. [20]의 연구에서도 편마비 환자의 장애물 훈련 후에 관절의 움직임이 증가되었으며, 특히 엉덩관절의 굽힘이 향상되었다고 보고하였다. 따라서 이 연구에서 엉덩관절의 움직임은 장애물 넘기 트레드밀 보행 훈련 및 트레드밀 보행 훈련에 의해 개선되었다는 사실을 확인하였으며, 특히 장애물 넘기 트레드밀 보행 훈련이 흔들기 동안에 엉덩관절의 움직임을 양호한 상태로 개선하는 데 영향을 주었다고 생각된다.

선행연구에 의하면, 편마비 환자는 보행 시 정강이뼈의 불안정한 상태로 인해 디딤기 및 흔들기 동안에 무릎관절의 굽힘이 감소되고 젖힘이 증가한다고 보고하였다[9]. Lum et al. [16]은 트레드밀 보행 훈련은 보행 주기를 반복적으로 훈련이 가능하여 보행 시 대칭성이 개선되며 다리의 움직임을 개선하는 효과가 있다고 보고하였으며, Kim et al. [29]은 장애물 넘기 훈련을 실시한 결과, 편마비 환자의 무릎관절의 움직임이 증가하여 보행 기능이 향상되었다고 보고하였다. 이 연구에서 무릎관절의 움직임은 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 TOG 및 TGG에서 각각 유의하게 증가하였으며, 무릎관절의 움직임은 CON 및 TGG와 비교하여 TOG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 증가하였다. 특히 무릎관절의 굽힘은 디딤기에 속하는 MS가 TOG에서 훈련 전의 4.76°에서 훈련 후에 1.94°로 감소하였다. 중간 디딤기는 양발이 지면에 놓이게 되는 시기로서 보행 주기의 기준이 되는 다리의 발가락떼기가 나타나는 시기이며, 정상적인 보행에서 무릎관절은 보행 시 다리로 전달되는 충격을 흡수하기 위해 0°의 완전 펴 상태가 아닌 5° 정도의 굽힘을 유지하며 디딤기 동안에 0° 이상 5° 내외의 굽힘이 나타나는 것으로 보고하였다[30]. 이 연구에서 중간 디딤기에서 무릎관절이 수직상으로 감소된 것은 정상적인 수치에 포함되어 유의하다고 생각되며, 이는 편마비 환자의 비정상적인 보행 주기가 장애물 넘기 보행 훈련을 통해 정상적인 보행 주기에 영향을 주어 디딤기 동안의 무릎관절 움직임이 정상적으로 변화된 것으로 생각된다. 또한 무릎관절은 흔들기에 속하는 ISw가 TOG에서 훈련 전의 33.29°에서 훈련 후에 62.99°로 증가하였다. 무릎관절은 보행 주기의 흔들기에서 약 60°의 최대 굽힘이 나타난다고 보고하였다[31]. 이 연구에서 무릎관절의 굽힘은 8주간의 장애물 넘기 보행 훈련에 의해 흔들기에서 거의 정상적인 각도로 증가하였으며, 이는 편마비 환자의 무릎관절 움직임이 양호한 상태로 개선된 것으로 생각된다. Neumann [32]의 연구에 의하면, 엉덩관절 움직임은 신체의 전체적인 움직임과 밀접한 관련성이 있다고 보고하였다. 따라서 이 연구에서 무릎관절의 움직임은 엉덩관절의 움직임 증가와 상호 관련성이 있을 가능성이 있다고 생각된다. 결과적으로 이 연구에서 무릎관절의 움직임은 장애물 넘기 트레드밀 보행 훈련 및 트레드밀 보행 훈련에 의해 개선되었다는 사실을 확인하였으며,

특히 장애물 넘기 트레드밀 보행 훈련이 흔들기 동안에 무릎관절의 움직임을 양호한 상태로 개선하는 데 영향을 주었다고 생각된다.

이 연구에서 발목관절의 움직임은 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 TOG 및 TGG에서 각각 유의하게 증가하였으며, 발목관절의 움직임은 CON 및 TGG와 비교하여 TOG에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후에 각각 유의하게 증가하였다. 특히 발목관절의 발등 굽힘은 디딤기에 속하는 MS가 TOG에서 훈련 전의 2.29°에서 훈련 후에 5.53°로 증가하였다. 또한 발목관절의 발바닥 굽힘은 흔들기에 속하는 ISw가 TOG에서 훈련 전의 11.43°에서 훈련 후에 4.63°로 감소하였다. 선행연구에 의하면, 발목관절은 지면에 발가락이 걸리지 않도록 디딤기 및 흔들기에서 발바닥 굽힘이 감소되고 발등 굽힘이 증가한다고 보고하였다[30]. 이 연구에서 발목관절의 움직임은 발바닥 굽힘이 감소되어 발등 굽힘이 증가된 것으로 나타났으며, 이는 편마비 환자의 발목관절의 움직임이 양호한 상태로 개선된 것으로 생각된다. Chou & Draganich [33]의 연구에 의하면, 장애물 보행 훈련은 발목관절의 움직임을 증가시켰다고 하였으며, Said et al. [20]은 장애물 넘기 훈련 후에 편마비 환자의 발가락 들림(toe lift)이 증가되어 발목관절의 움직임이 증가되었다고 보고하였다. 따라서 이 연구에서 발목관절의 움직임은 장애물 넘기 트레드밀 보행 훈련 및 트레드밀 보행 훈련에 의해 개선되었다는 사실을 확인하였으며, 특히 장애물 넘기 트레드밀 보행 훈련이 편마비 환자의 발가락 들림을 증가시켜 보행 주기 동안에 발목관절 움직임을 개선시켰다고 생각된다.

## 결론

이 연구에서는 장애물 넘기 트레드밀 보행 훈련이 편마비 환자의 다리관절의 움직임에 미치는 영향을 검토한 결과, 엉덩관절, 무릎관절 및 발목관절의 움직임은 대조 집단 및 트레드밀 보행 훈련 집단과 비교하여 장애물 넘기 트레드밀 보행 훈련 집단에서 보다 유의하게 개선되었다는 사실을 증명하였으며, 특히 장애물 넘기 트레드밀 보행 훈련은 보행 주기 동안에 다리 관절의 굽힘과 폼의 움직임을 향상시키는 데 보다 효과적이라고 생각된다. 향후 연구에서는 보다 다양한 유형의 편마비 환자를 대상으로 장애물 넘기 보행 훈련이 관절 움직임의 변화에 따른 근육의 활성화 및 피로도에 어떠한 영향을 미치는지 근육의 생리학적 검토가 필요할 것으로 생각된다.

## CONFLICT OF INTEREST

이 논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며, 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

## REFERENCES

- Pang MYC, Eng JJ, Miller WC. Determinants of satisfaction with community reintegration in older adults with chronic stroke: role of balance self-efficacy. *Phys Ther.* 2007;87(3):282-91.
- Duncan PW. Stroke disability. *Phys Ther.* 1994;74(5):399-407.
- Schindler-Ivens S, Desimone D, Grubich S, Kelley C, Sanghvi N, et al. Lower extremity passive range of motion in community-ambulating stroke survivors. *JNPT.* 2008;32(1):21.
- Sharp SA, Brouwer BJ. Isokinetic strength training of the hemiparetic knee: effects on function and spasticity. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997; 78(11):1231-6.
- Gracies J. Pathophysiology of spastic paresis. I: Paresis and soft tissue changes. *Muscle Nerve Off J Am Assoc Electrodiagn Med.* 2005;31(5): 535-51.
- Caillet F, Mertens P, Rabaséda S, Boisson D. Three dimensional gait analysis and controlling spastic foot on stroke patients. In: *Annales de Readaptation et de Medecine Physique: Revue Scientifique de La Societe Francaise de Reeducation Fonctionnelle de Readaptation et de Medecine Physique.* 2003;46:119-31.
- Chen CL, Chen HC, Tang SF, Wu CY, Cheng PT, et al. Gait performance with compensatory adaptations in stroke patients with different degrees of motor recovery. *Am J Phys Med Rehabil.* 2003;82(12):925-35.
- Perry J, Davids JR. Gait analysis: normal and pathological function. *J Pediatr Orthop.* 1992;12(6):815.
- Kerrigan DC, Karvosky ME, Riley PO. Spastic paretic stiff-legged gait: joint kinetics. *Am J Phys Med Rehabil.* 2001;80(4):244-9.
- Bohannon RW, Larkin PA, Smith MB, Horton MG. Relationship between static muscle strength deficits and spasticity in stroke patients with hemiparesis. *Phys Ther.* 1987;67(7):1068-71.
- Kottink AI, Hermens HJ, Nene AV, Tenniglo MJ, Van der Aa HE, et al. A randomized controlled trial of an implantable 2-channel peroneal nerve stimulator on walking speed and activity in poststroke hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(8):971-8.
- Kaltenborn FM. Manual mobilization of the joint. *Extrem.* 1999:21-8.
- Mulligan BR. *Manual Therapy: Nags, Snags, Prps, Etc.* Plane View Services; 1992.
- Salbach NM, Mayo NE, Wood-Dauphinee S, Hanley JA, Richards CL, et al. task-orientated intervention enhances walking distance and speed in the first year post stroke: a randomized controlled trial. *Clin*

- Rehabil. 2004;18(5):509-19.
15. Dietz V. Body weight supported gait training: From laboratory to clinical setting. *Brain Res Bull.* 2009;78(1):I-VI.
16. Macko RF, Smith GV, Dobrovolny CL, Sorkin JD, Goldberg AP, et al. Treadmill training improves fitness reserve in chronic stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(7):879-84.
17. Hesse S, Werner C, Paul T, Bardeleben A, Chaler J. Influence of walking speed on lower limb muscle activity and energy consumption during treadmill walking of hemiparetic patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(11):1547-50.
18. Park SJ. The effects of trunk and pelvic stabilization exercise using a sling on functional improvement in chronic stroke patient. Seoul, Dankook University. 2010.
19. Kwok T, Lo RS, Wong E, Wai-Kwong T, Mok V, et al. Quality of life of stroke survivors: a 1-year follow-up study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(9):1177-82.
20. Said CM, Goldie PA, Patla AE, Sparrow WA. Effect of stroke on step characteristics of obstacle crossing. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001; 82(12):1712-9.
21. Ditor DS, Macdonald MJ, Kamath MV, Bugaresti J, Adams M, et al. The effects of body-weight supported treadmill training on cardiovascular regulation in individuals with motor-complete SCI. *Spinal Cord.* 2005;43(11):664-73.
22. Amatachaya S, Thaweewannakij T, Adirek-udomrat J, Siritaratiwat W. Factors related to obstacle crossing in independent ambulatory patients with spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2010;33(2):144-9.
23. Chen HC, Ashton-Miller JA, Alexander NB, Schultz AB. Stepping over obstacles: gait patterns of healthy young and old adults. *J Gerontol.* 1991;46(6):M196-M203.
24. Erni T, Dietz V. Obstacle avoidance during human walking: learning rate and cross-modal transfer. *The Journal of Phy siology.* 2001;534(1): 303-12.
25. Hayes HB, Chang YH, Hochman S. An in vitro spinal cord-hindlimb preparation for studying behaviorally relevant rat locomotor function. *J Neurophysiol.* 2009;101(2):1114-22.
26. Eltoukhy M, Asfour S, Thompson C, Latta L. Evaluation of the performance of digital video analysis of human motion: Dartfish tracking system. *Int J Sci Eng Res.* 2012;3(3):1-6.
27. Borel S, Schneider P, Newman CJ. Video analysis software increases the interrater reliability of video gait assessments in children with cerebral palsy. *Gait Posture.* 2011;33(4):727-9.
28. Ganley KJ, Powers CM. Gait kinematics and kinetics of 7-year-old children: a comparison to adults using age-specific anthropometric data. *Gait Posture.* 2005;21(2):141-5.
29. Kim SN, Lee SH, Cheon YJ, Cha DY, Choi JY. Crossing obstacles of different heights in hemiplegic stroke patients. *J Korean Acad Rehabil Med.* 2009;33(6):668-74.
30. Decker MJ, Torry MR, Wyland DJ, Sterett WI, Steadman JR. Gender differences in lower extremity kinematics, kinetics and energy absorption during landing. *Clin Biomech.* 2003;18(7):662-9.
31. Schache AG, Baker R. On the expression of joint moments during gait. *Gait Posture.* 2007;25(3):440-52.
32. Neumann DA. *Kinesiology of the Musculoskeletal System-e-Book: Foundations for Rehabilitation.* Elsevier Health Sciences; 2013.
33. Chou LS, Draganich LF. Increasing obstacle height and decreasing toe-obstacle distance affect the joint moments of the stance limb differently when stepping over an obstacle. *Gait Posture.* 1998;8(3):186-204.