

## 아급성기 뇌졸중 환자의 다리근력, 균형, 보행, 재활만족도에 대한 로봇 보조 기립경사대 훈련과 체중지지 트레드밀 훈련의 효과 비교

권승철 · 신원섭<sup>1†</sup>

대전대학교 보건의료대학원 물리치료학과, <sup>1</sup>대전대학교 물리치료학과

### Comparison of Robotic Tilt-table Training and Body Weight Support Treadmill Training on Lower Extremity Strength, Balance, Gait, and Satisfaction with Rehabilitation, in Patients with Subacute Stroke

Seung-Chul Kwon, PT · Won-Seob Shin, PT, PhD<sup>1†</sup>

Department of Physical Therapy, Graduate School of Health and Medicine, Daejeon University,

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, College of Health and Medical Science, Daejeon University

Received: October 8, 2020 / Revised: October 15, 2020 / Accepted: November 10, 2020

© 2020 J Korean Soc Phys Med

#### | Abstract |

**PURPOSE:** This study examined the effects of Robot Tilt-table Training (RTT) on the lower extremity strength, balance, gait, and satisfaction with rehabilitation, in patients with subacute stroke (less than six months after stroke onset), and requiring intensive rehabilitation.

**METHODS:** A total of 29 subacute stroke patients were divided into an RTT group (n = 14) and a Body Weight Support Treadmill Training (BWSTT) group (n = 15). The mean age of patients was 62 years. RTT and BWSTT were performed for four weeks, three times a week, for 30 minutes. Isometric strength of the lower extremities before and after intervention was compared by measuring the maximal voluntary isometric contraction of the lower extremity

muscles. To compare the balance function, the center of pressure (COP) path-length and COP velocity were measured. Timed Up & Go test (TUG) and 10 Meter Walking Test (10 MWT) were evaluated to compare the gait function. A satisfaction with rehabilitation survey was conducted for subjective evaluation of the subject's satisfaction with the rehabilitation training imparted.

**RESULTS:** In the intra-group comparison, both groups showed significant improvement in lower extremity strength, balance, gait, and satisfaction with rehabilitation, by comparing the parameters before and after the intervention ( $p < .05$ ). Comparison of the amount of change between groups revealed significant improvement for all parameters in the RTT group, except for the 10 MWT ( $p < .05$ ).

**CONCLUSION:** Both groups are effective for all variables, but the RTT group showed enhanced efficacy for variables such as lower extremity strength, balance, gait, and satisfaction with rehabilitation, as compared to the BWSTT group.

**Key Words:** Stroke, Subacute, Robotic, Strength, Balance, gait

†Corresponding Author : Won-Seob Shin  
suby96@naver.com, <https://orcid.org/0000-0002-6515-7020>

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. 서 론

뇌졸중은 성인의 대표적인 사망원인 중 하나이며 대뇌혈관의 허혈이나 출혈로 인한 손상으로 인해 신경계 재활분야에서 운동장애를 유발하는 주요 질환이다[1]. 뇌졸중 환자의 운동 기능을 회복시키기 위하여 많은 훈련 방법들이 제시되고 있는데, 그 중 과제 지향 훈련은 기능적인 과제를 수행하여 중추신경계의 가소적 변화를 일으킬 수 있다[2]. 과제지향적인 훈련 중 하나인 트레드밀을 이용한 보행 훈련에 대해 보행 훈련이 실제보행과 유사하게 이루어지므로 고식적인 재활 훈련 방법보다 보행능력을 더 향상시킬 수 있다고 하였다[3]. 뇌졸중 환자의 보행 문제점을 개선하기 위하여 지면 보행훈련 등의 기존 치료 방법 이외에 다양한 다른 방법들이 시도되고 있는데 그 중 하나인 체중 지지 트레드밀 훈련이 이용되고 있다[4]. 체중지지 트레드밀 훈련은 편마비 환자의 체중을 지지하여 다리의 협응과 운동조절을 촉진하고 보행에 필요한 근육 사용을 최소화하여 효과적인 운동전략 발달을 가능하게 한다[3].

뇌졸중의 회복은 발병 후 초기 3개월에서 6개월까지 가장 많이 일어난다고 알려져 있다. 이 시기의 재활치료는 신경학적 회복에 도움을 주어 기능적 회복을 촉진시킨다[5]. 재활치료에서 반복 훈련은 운동 학습에서 운동 기술 습득을 위한 반복 연습의 중요성을 미루어 볼 때 재활 치료의 중요한 요소이다[6]. 뇌졸중 환자의 재활치료에서 반복 훈련은 뇌의 가소성을 유도하고 유지하는데 필수적이다[7]. 뇌졸중환자에서 균형능력이나 보행기능회복을 위한 근력의 회복은 같은 동작을 여러 번 반복해야 얻을 수 있는 것으로 보고 되고 있다[8]. 그러나 보행 장애가 있는 환자를 대상으로 보행 훈련을 안전하게 반복적으로 시행하기 위해서는 물리치료사의 육체적 노력과 시간이 필요하며 물리치료사의 숙련도 등에 따라 보행 운동의 재연성이 떨어지는 문제점이 있다[9] 특히, 편마비 환자의 마비된 다리와 몸통을 지속적으로 도수 훈련 시키는 것은 환자에게 실시되는 훈련에는 지속성과 일관성 관점에서 제약이 있다[10,11]. 또한 선행 연구에서 체중지지 트레드밀은 체력적인 소모와 시간의 소비가 많이 필요하기 때문에

치료사가 다수의 환자를 치료하기 힘들고 매일 일정한 강도로 운동을 시켜 줄 수 없으므로 효율성이 낮고 치료사의 일의 강도가 높기 때문에 치료를 일반적으로 적용하는데 제한이 있다고 하였다[12].

이러한 어려움을 극복하기 위해 최근에는 보행운동학의 반복적 재연성을 개선하고 운동시간을 증가시킬 수 있는 방법으로 보행훈련을 보조해주는 로봇장치들이 개발되고 있다[13]. 로봇 장치를 이용한 훈련 중 로봇 보조 기립경사대 훈련이 이용되고 있으며 뇌졸중, 척수 손상, 외상성 뇌손상, 파킨슨병 등에 의한 중추신경계 손상으로 인하여 심혈관 및 순환계 시스템의 불안정 및 심각한 운동 장애를 겪고 있는 환자들의 초기 재활 시 사용하기 위한 장비이다[14,15]. 이 훈련은 점진적인 기립과 보행을 위한 다리의 움직임이 가능하고 안정성이 확보된 상태에서 바르게 선 자세로 체중 부하를 할 수 있으며 다리의 움직임에 대한 강화는 해당 주기의 움직임에 따른 강도 조절과 기능적 전기 자극이 결합하여 시행된다[16]. 이러한 로봇장치들은 조기 보행훈련을 통해 보행이행 시기를 앞당길 수 있을 것으로 기대되며 정상보행에 관한 정확한 역학적 패턴을 훈련시킬 수 있고, 보행 형태와 특징에 대한 되먹임이 가능하다. 또한 환자 개개인에 맞는 속도, 힘, 체중 부하량의 적절한 설정이 가능하므로 보행훈련의 난이도와 체중부하 정도를 정량적으로 측정 평가하여 손상 정도에 따른 적합한 보행훈련 프로그램적용을 통해 효과적인 보행 훈련효과를 가져올 수 있다[17].

뇌졸중 환자의 근력, 균형, 보행 그리고 재활만족도와 관련한 연구는 계속 이루어지고 있다. 그러나 로봇 보조 기립경사대 훈련과 함께 이루어지는 아급성기 뇌졸중 환자의 집중 재활치료를 통한 다리 근력, 균형, 보행능력 및 재활만족도에 대한 효과를 입증하는 선행 연구가 미비하다. 따라서 본 연구의 목적은 집중적인 재활 치료가 필요한 뇌졸중 발병 후 6개월 미만의 아급성기 뇌졸중 환자를 대상으로 로봇 보조 기립경사대 훈련이 다리근력, 균형, 보행능력, 및 재활만족도에 미치는 효과를 알아보고자 하였다. 본 연구의 가설은 다음과 같다. 첫째, 로봇 보조 기립경사대 훈련 전후에 다리근력, 균형, 보행능력 및 재활 만족도에서 유의한

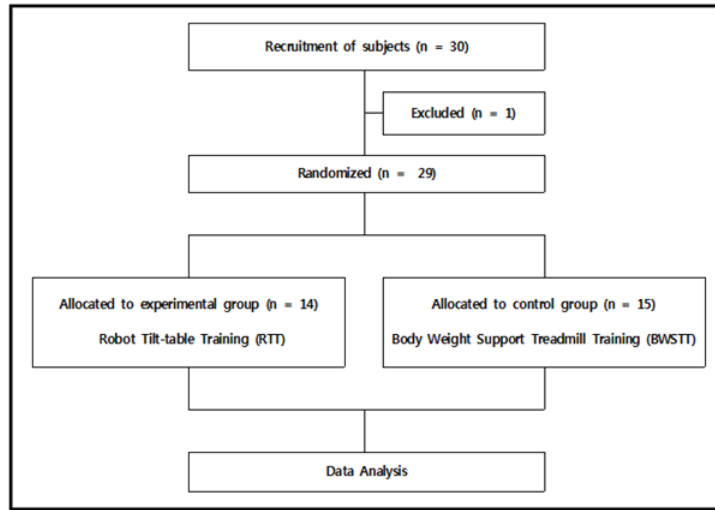


Fig. 1. Flow chart.

차이가 있을 것이다. 둘째, 로봇 보조 기립경사대 훈련 군과 체중지지 트레드밀 훈련 군간의 다리근력, 균형, 보행능력 및 재활 만족도에서 차이가 있을 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

대전광역시 소재하는 D 재활병원에 입원중인 뇌졸중 환자 30명을 모집하였다. 로봇 보조 기립경사대훈련군 15명과 체중지지 트레드밀훈련군 15명을 무작위로 분류하였고, 무작위 선정 방법은 제비뽑기로 정하였다. 대상자의 일반적인 특성으로 평균 연령은 62세, 키는 162.4 cm, 몸무게는 63.4 kg이었으며, 발병 후 기간은 평균 2.4개월이었으며 마비측은 오른쪽이 17명, 왼쪽이 13명이었다. 대상자의 선정기준은 발병 6개월 미만의 아급성기 뇌졸중 환자, 독립적으로 서 있는 자세가 30초 이상 유지 가능한자, 보조 도구 또는 치료사의 감독하에 보행이 10 m 이상 가능한 자, 한국판 간이 정신상태 검사(MMSE-K) 점수가 24점 이상인자로 연구 참여에 동의한 자로 하였다[18]. 기립경사보행 로봇 훈련 및 체중지지 트레드밀 훈련을 적절히 수행 할 수 없는 다른 질환이 있는 자, 이전에 로봇 치료 및 체중지지 트레드밀 훈련을 받은 적이 있는 자, 피부질환이나 상

처, 감염이 있는 자, 저혈압 또는 심장병 같이 실험에 영향을 끼칠 우려가 있는 자, 다리에 외과적 수술 병력이 있는 자, 연구기간 동안 포기의사를 밝힌 자, 참여율이 80% 미만인 자, 의학적 불안정이 발생한 자의 경우는 연구에서 제외하였다. 본 연구의 설계 단계에서 대전대학교 기관생명윤리위원회의 승인을 받은 후에 연구가 진행되었다(IRB:1040647-202006-HR-014-01).

### 2. 실험 절차

본 연구는 두 그룹 사전사후 검사 설계(Two-Group Pretest-Posttest Design)로 본 중재연구에 선정된 대상자들은 일반 물리치료(운동치료, 기립 훈련, 기능적 전기자극치료)를 실시하고 있는 환자이며 일반 물리치료는 치료사와 1 대 1로 시행되는 몸통 및 보행 기능 회복을 위한 운동 물리치료, 전동 기립훈련기를 사용한 기립훈련과 마비측 사지의 근력 증가 및 근육의 재학습을 위한 기능적 전기자극치료(Functional electrical stimulation, FES)이다. 단일 맹검법을 이용하여 무작위로 로봇 보조 기립경사대훈련군(n = 14), 비교집단인 체중지지 트레드밀훈련군(n = 15)으로 배정하였으며 30분 동안 훈련을 하였으며, 총 4주 동안 주 3일 시행하였다. 실험군 1명이 퇴원으로 탈락하여 총 29명이 4주간 훈련 후, 사전검사와 동일한 사후검사를 받았다(Fig. 1).



Fig. 2. Robot tilt-table training.

### 3. 중재방법

로봇 보조 기립경사대 훈련군은 ERIGO Pro® (Hocoma AG, Switzerland)를 사용하여 훈련을 받았다. 대상자는 신발을 벗고 경사판 위에 올라간 후 반듯이 누워 엉덩관절 부위를 매트 아래 선에 맞추고 발은 발판에 올려 정렬 한다. 어깨, 허리, 골반, 발목을 벨트 및 스트랩으로 채워 고정하며 무릎 커프는 무릎뼈 위 손가락 두 개(약 2-3 cm)위에 위치하도록 채워 대상자의 안전을 확보하며 경사대 각도는 환자의 적응 능력에 따라 단계적으로 0°에서 시작하여 환자의 적응 능력에 따라 점진적으로 90°까지 변경하여 다리의 체중 부하를 제공한다. 무릎관절의 굽힘, 폼의 움직임 각도와 발판으로부터 환자의 발바닥에 가해지는 부하량, 속도에 관련하여 환자의 상태에 따라 좌우 각각 다른 값의 수동적인 보조력을 조절하여 제공할 수 있다(Fig. 2).

체중지지 트레드밀훈련군은 FITEX(T-5050, 한신 스포츠산업, 한국), 체중부하 하네스는 SHUMA DA-2000 (㈜대안의료기, 한국)를 사용하여 훈련을 받았다. 체중지지 트레드밀훈련은 시작 전 부분 체중 부하 하네스를 착용한 후 안전 사고 예방을 위해 안전핀과 연결된 집게



Fig. 3. Body weight support treadmill training.

를 대상자의 옷에 부착한 후 트레드밀을 사용하여 보행 훈련을 실시하였다. 체중 지지와 속도는 훈련 시 대상자의 운동능력을 관찰하여 조절한다. 훈련을 시작할 때는 체중의 40%를 체중지지하면서 보행훈련을 시작한다. 이후 환자의 적응 정도에 따라 20%, 0%로 점차적으로 체중 지지를 줄여나가며 경사도는 수평경사로 시행한다. 실험자는 대상자의 뒤에서 마비측 다리와 몸통 및 골반의 움직임을 보조하여 안정적인 상태에서 보행 움직임을 학습하도록 하여 체중 지지가 잘 되도록 유도하였으며 음성명령과 함께 정상 보행 패턴을 촉진한다 (Fig. 3).

### 4. 평가도구와 측정방법

#### 1) 다리 등척성 근력

다리의 근력을 비교하기 위해 휴대용 근력측정기 (Power Track II Commander, J-Tech, U.S.A.)를 사용하였다. 이 도구는 등척성 움직임에 대한 근육의 힘을 측정하며 단위는 뉴턴(N)을 사용하였다. 휴대용 근력 측정기는 다리의 움직임에 따른 최대 수의적 등척성 수축력을 알아보고 이 수축력의 50% 저항을 지속적으로 유지

하기 위해 사용하였다[19]. 마비측 다리의 근력 측정 시 보상작용 및 약증으로 측정의 진행이 불가능 할 경우를 감안하여 비 마비측 다리의 근력을 측정하였다. 다리 움직임에 따른 최대 수의적 등척성 수축력은 엉덩관절 굽힘/펴, 무릎관절 굽힘/펴에 대해 측정하였다. 3회씩 반복 측정하여 그 평균값을 사용하였으며, 운동 전, 운동 4주 후에 동일한 방법으로 동일 한 치료사에 의해 각각 측정하였다. 단일 검사자에 대한 검사와 재검사 신뢰도(Test-retest reliability)가 높다(ICC = .86~.94)[20].

## 2) 균형

균형을 능력을 평가하기 위해 Wii Balance Board (Nintendo, Kyoto, Japan)는 Nintendo사에서 개발한 가정용 게임기를 사용하였으며 사각형 판의 각 모서리에 압력센서가 장착되어 있어 체중분포와 COP (Center of pressure)를 측정할 수 있다. 본 연구에서 뇌졸중 환자의 선 자세에 대한 COP (Center of pressure)정보를 분석하기 위해 발란시아 프로그램(Balancia software ver.2.0, Mintosys, Seoul, Korea)을 사용하였다. 대상자들은 Wii 균형판(Nintendo, Kyoto, Japan) 위에 두 발로 올라선 후 양 팔은 편안하게 내리고 시선에 따라 발생하는 자세 동요를 통제하기 위해 전방 3m 앞에 그려진 원점을 주시하도록 하고, 안정된 자세를 유지한 후부터 시작하여 30초 동안 측정하였다. 대상자의 COP 정보는 30 cm × 45 cm 크기에 Wii 균형판을 이용하며, 4개의 모서리에 위치한 로드셀 (내부 압력 센서)을 통해 연속적으로 수집된 COP 정보는 블루투스로 연결된 컴퓨터 장치에 기록된다. 분석된 COP 정보의 결과는 X, Y축에 대한 이동거리 및 속도, 좌우 체중분포 등을 나타내며, 본 연구에서는 총 이동거리(cm)와 평균속도(cm/s)를 사용하였으며 모든 자료는 100 Hz로 샘플링 하여 추출하였으며, 총 3회 측정하여 평균값을 사용하였다. Wii 균형판의 측정자내 신뢰도는 ICC = .92~.98로 높았으며[21], Balancia의 검사-재검사의 측정자내 신뢰도는 ICC = .79~.93이고, 측정자간 신뢰도는 ICC=.79~.96이다[22].

## 3) 일어나 걸어가기 검사

일어나 걸어가기 검사(Timed Up & Go test)는 노인의

균형능력과 기능적인 운동성을 측정하여 낙상의 위험을 예측하기 위하여 개발한 것으로 일정시간 동안 발생하는 보행이동에 대한 균형을 유지하는 능력을 평가한다. 고정된 의자에서 일어서서 전방 3m의 지점을 돌아 다시 의자에 앉을 때까지의 시간을 측정한다. 검사자는 대상자가 일어나 다시 돌아와 앉을 때까지의 시간을 초시계를 이용하여 기록하였으며 처음 1회 연습 과정을 거친 후 총 3회 반복 측정하여 평균값을 사용 하였다. 검사자내 신뢰도는  $r = .99$ 이며, 검사자간 신뢰도는  $r = .98$ 로 신뢰할 만한 도구이다[23].

## 4) 10 m 걷기 검사

10 m 걷기 검사는 뇌졸중환자의 임상적 추이와 전제적인 기능 상태를 평가한다. 걷기 검사는 총 14 m의 직선거리를 편안한속도로 걷게 하였으며 걷게 하고, 가속과 감속을 감안하여 처음 2m와 마지막 2 m를 측정에서 제외한 10 m 구간을 이동하는데 소요된 시간을 초 시계를 이용하여 측정하였다. 보조도구 또는 치료사의 도움으로 시행하였다. 처음 1회 연습 과정을 거친 후 총 3회 반복 측정한 값의 평균값을 사용하였다. 검사자간, 검사자내 신뢰도는  $r = .89$ ~ $1.00$ 로 매우 높은 수준이다[24].

## 5) 재활 만족도 평가

Jung HS 등의 연구에서 리커트 5점 척도를 응용하여 실시한 물리치료 만족도 조사를 참고하여 재활 훈련의 적용 후 기능 회복과 관련하여 재활훈련에 대한 대상자의 주관적인 만족도를 알아보기 위해 만족도 조사를 실시하였다[25]. 만족도의 최소점수는 0점이며 최대 점수는 100점이다. 가장 불만족한 경우 0점을 부여하며 점수가 높을수록 재활훈련에 대한 전반적인 만족도가 높음을 의미한다. 0에서부터 100까지 10의 배수로 나열된 표에 환자가 생각하는 재활치료의 만족 정도를 선택하도록 하여 기록하였다.

## 5. 통계처리

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 분석하였다. 아급성 뇌졸

Table 1. General Characteristics of Subjects

	Experimental Group (n = 14)	Control Group (n = 15)	$\chi^2/t$	p
Sex (Male / Female)	8 / 6	7 / 8	.318	.715
Age (years)	60.6 ± 7.78	62.9 ± 7.21	-.825	.417
Height (cm)	162.79 ± 9.74	161.80 ± 8.74	.287	.776
Weight (kg)	66.21 ± 11.77	60.40 ± 10.38	1.413	.169
Hemi-side (Lt./Rt.)	6/8	11/4	2.773	.139
Onset Duration (days)	69.93 ± 22.99	77.27 ± 24.84	-.824	.417
MMSE-K (score)	26.36 ± 1.74	26.00 ± 1.51	.592	.559

Mean ± Standard Deviation

중 연구대상자의 일반적 특성은 기술통계를 사용하였다. 대상자들의 정규성 검정은 Shapiro-Wilk test를 사용하여 정규분포 함을 확인하였다. 그룹 내 전-후 비교는 Paired t-test를 사용하였으며 다리근력, 균형, 보행, 재활 만족도의 변화량에 대한 그룹 간 비교는 Independence t-test를 사용하였다. 본 연구의 통계학적 유의 수준은  $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

### III. 결 과

#### 1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1).

#### 2. 다리 등척성 근력 비교

Hip Extensors (HE)의 등척성 근력에서 실험군의 훈련 전 평균값은 82.24 N이었으며, 훈련 후 평균값은 107.97 N으로서 훈련 전에 비해 유의하게 증가하였다( $p < .01$ ). 대조군의 훈련 전 평균값은 88.68 N이었으며, 훈련 후 101.93 N으로서 훈련 전에 비해 유의하게 증가하였다( $p < .01$ ). Knee Extensors (KE)의 등척성 근력에서 실험군의 훈련 전 평균값은 105.87 N이었으며, 훈련 후 142.16 N으로서 훈련 전에 비해 유의하게 증가하였다( $p < .01$ ). 대조군의 훈련 전 평균값은 105.58 N이었으며, 훈련 후 119.33 N으로서 훈련 전에 비해 유의하게 증가하였다( $p < .01$ ). 그룹 간의 변화량을 비교한 결과, 실험군이 대조군에 비해 높은 다리 근력을 확인할 수 있었다( $p < .05$ )(Table 2).

#### 3. 정적 균형능력의 비교

##### 1) COP 동요거리

실험군의 훈련 전 평균값은 127.12 cm 이었으며, 훈련 후 평균값은 84.24 cm으로서 훈련 전에 비해 유의하게 감소하였다( $p < .01$ ). 대조군의 훈련 전 평균값은 130.13 cm이었으며, 훈련 후 102.08 cm으로서 훈련 전에 비해 유의하게 감소하였다( $p < .01$ ). 그룹 간의 변화량을 비교한 결과, 실험군이 대조군에 비해 동요거리가 감소한 것을 확인할 수 있었다( $p < .05$ )(Table 3).

##### 2) COP 동요속도

실험군의 훈련 전 평균값은 4.22 cm/s 이었으며, 훈련 후 평균값은 2.81 cm/s로서 훈련 전에 비해 유의하게 감소하였다( $p < .01$ ). 대조군의 훈련 전 평균값은 4.33 cm/s이었으며, 훈련 후 3.40 cm/s로서 훈련 전에 비해 유의하게 감소하였다( $p < .01$ ). 그룹 간의 변화량을 비교한 결과, 실험군이 대조군에 비해 동요속도가 감소한 것을 확인할 수 있었다( $p < .05$ )(Table 3).

#### 4. 보행 능력의 비교

##### 1) 일어나 걸어가기 검사

실험군의 훈련 전 평균값은 51.88 sec이었으며, 훈련 후 평균값은 39.86 sec으로서 훈련 전에 비해 유의하게 감소하였다( $p < .01$ ). 대조군의 훈련 전 평균값은 52.06 sec이었으며, 훈련 후 42.47 sec으로서 훈련 전에 비해

Table 2. Change of Isometric Strength

(unit : N)

		Experimental Group (n = 14)	Control Group (n = 15)	T (p)
HF	pre	103.96 ± 26.76	108.62 ± 14.00	-.571 (.568)
	post	135.11 ± 24.83	125.75 ± 14.35	1.254 (.221)
	T (p)	-9.067 (.000)**	-5.787 (.000)**	
	change	31.14 ± 12.85	17.13 ± 11.46	3.104 (.004)*
HE	pre	82.24 ± 20.27	88.62 ± 22.58	-.799 (.431)
	post	107.97 ± 22.85	101.93 ± 24.01	.693 (.494)
	T (p)	-9.119 (.000)**	-10.468 (.000)**	
	change	25.74 ± 10.56	13.31 ± 4.92	4.015 (.001)**
KF	pre	78.44 ± 20.48	78.51 ± 10.98	-.012 (.991)
	post	104.26 ± 22.98	93.11 ± 15.98	1.526 (.139)
	T (p)	-6.874 (.000)**	-6.814 (.000)**	
	change	25.82 ± 14.05	14.60 ± 8.30	2.640 (.014)*
KE	pre	105.87 ± 27.26	105.58 ± 17.13	.035 (.973)
	post	142.16 ± 35.47	119.33 ± 17.77	2.214 (.035)*
	T (p)	-8.443 (.000)**	-7.953 (.000)**	
	change	36.28 ± 16.08	13.37 ± 7.37	4.990 (.000)**

Mean ± Standard Deviation, \*p < .05, \*\*p < .01

HF: Hip flexors; HE: Hip extensors; KF: Knee flexors; KE: knee extensors

Table 3. Change of Balance Abilities

(unit : cm, cm/s)

		Experimental Group (n = 14)	Control Group (n = 15)	T (p)
COP Path-length	pre	127.12 ± 23.18	130.13 ± 17.17	-.400 (.692)
	post	84.24 ± 16.49	102.08 ± 14.69	-3.081 (.005)*
	T (p)	11.696 (.000)**	13.417 (.000)**	
	change	-42.88 ± 13.72	-28.05 ± 8.10	-3.574 (.001)*
COP Velocity	pre	4.22 ± 0.79	4.33 ± 0.58	-.424 (.675)
	post	2.81 ± 0.55	3.40 ± 0.49	-3.075 (.005)*
	T (p)	10.896 (.000)**	12.892 (.000)**	
	change	-1.41 ± 0.48	-.93 ± .28	-3.334 (.002)*

Mean ± Standard Deviation, \*p < .05, \*\*p < .01

COP: Center of Pressure

유의하게 감소하였다(p < .01). 그룹 간의 변화량을 비교한 결과, 실험군이 대조군에 비해 평균 시간(sec)이 감소한 것을 확인할 수 있었다(p < .05)(Table 4).

## 2) 10 m 걷기 검사

실험군의 훈련 전 평균값은 52.40 sec이었으며, 훈련 후 평균값은 42.23 sec으로서 훈련 전에 비해 유의하게 감소하였다(p < .01). 대조군의 훈련 전 평균값은 51.39

Table 4. Change of Gait Abilities

(unit : sec)

	Experimental Group (n = 14)	Control Group (n = 15)	T (p)	
TUG	pre	51.88 ± 4.68	52.06 ± 4.77	-.103 (.919)
	post	39.86 ± 4.96	42.47 ± 4.62	-1.472 (.153)
	T (p)	29.807 (.000)**	19.515 (.000)**	
	change	-12.02 ± 1.51	-9.59 ± 1.90	-3.800 (.001)*
10 MWT	pre	52.40 ± 6.90	51.39 ± 4.01	.484 (.632)
	post	42.23 ± 6.56	39.53 ± 4.25	1.030 (.312)
	T (p)	32.472 (.000)**	27.176 (.000)**	
	change	-10.16 ± 1.17	-11.86 ± 1.69	3.118 (.004)*

Mean ± Standard Deviation, \*p &lt; .05, \*\*p &lt; .01

TUG: Timed Up &amp; Go test; 10 MWT: 10 Meter Walking Test

Table 5. Change in Satisfaction with Rehabilitation Treatment

	Experimental Group (n = 14)	Control Group (n = 15)	T (p)	
Satisfaction	pre	22.14 ± 6.99	20.67 ± 8.84	.496 (.624)
	post	47.86 ± 11.22	34.00 ± 8.28	3.803 (.001)*
	T (p)	-7.870 (.000)**	-6.325 (.000)**	
	change	25.71 ± 12.22	13.33 ± 8.16	3.228 (.003)*

Mean ± Standard Deviation, \*p &lt; .05, \*\*p &lt; .01

sec이었으며, 훈련 후 39.53 sec으로서 훈련 전에 비해 유의하게 감소하였다(p < .01). 그룹 간의 변화량을 비교한 결과, 대조군이 실험군에 비해 평균 시간(sec)이 감소한 것을 확인할 수 있었다(p < .05)(Table 4).

#### 5. 뇌졸중 회복의 주관적 만족도

실험군의 훈련 전 점수는 22.14점이었으며, 훈련 후 점수는 47.86점으로서 치료전에 비해 유의하게 증가하였다(p < .01). 대조군의 훈련 전 점수는 20.67점이었으며, 훈련 후 점수는 34.00점으로서 치료전에 비해 유의하게 증가하였다(p < .01). 그룹 간의 변화량을 비교한 결과, 실험군이 대조군에 비해 높은 재활치료 만족도를 확인할 수 있었다(p < .05)(Table 5).

### IV. 고 찰

뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 특징적인 증상은

균형 능력의 저하이며, 이러한 문제는 이차적으로 기능적 동작을 어렵게 하여 일상생활의 활동을 저하시키는 이차적 요소로 작용하게 되므로, 독립적 보행은 뇌졸중 환자에게 중요한 치료적 목표라고 할 수 있다[26]. 보행 능력의 습득을 위해서는 다리의 근력을 회복과 체중지지 및 중심의 이동, 힘 조절이 함께 조화를 이루어야 한다[12].

본 연구는 발병 6개월 미만의 아급성기 뇌졸중 환자를 대상으로 로봇 보조 기립경사대가 다리 근력, 균형 능력, 보행능력 및 재활만족도에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다.

로봇 보조 기립경사대훈련을 적용한 결과 다리 등척성 근력 검사에서 대조군에 비해 유의한 향상을 보였으며 균형 검사에서 측정된 COP의 동요거리와 속도에서도 대조군에 비해 유의한 향상을 보였다. 보행 평가인 TUG와 10 m 걷기 검사에서는 실험군 그룹내 전후 차이에서는 유의한 향상을 보였으며 그룹간 변화량 차이에



서 TUG는 대조군에 비해 유의한 향상을 보였으나 10 m 걷기 검사는 유의한 향상을 보이지 않았다. 편마비 환자는 신체의 한쪽에 근력 약화와 운동 장애를 보이며, 대부분의 경우 다리 근육의 약화를 보인다. 근력 약화는 팔보다 다리에서 더 빠르게 시작되며, 다리근력은 일상생활 동작과 높은 상관관계가 있으며, 일반적으로 편마비 환자들은 넙다리네갈래근과 넙다리뒤근에서 근력 약화를 보인다고 하였다[27].

Mayr 등[28]은 뇌졸중 환자를 대상으로 6주간 로봇 보조 보행 훈련을 시행한 결과 보행기능과 지구력 근력에서 일반적 물리치료를 시행한 군보다 좀 더 효과적이었다고 보고하였으며, Suraj Kumar 등[29]은 급성기 뇌졸중 환자를 대상으로 4주간 로봇 보조 기립경사대 훈련과 90일 후 추적관찰을 시행한 결과 다리 근력에서 일반적 물리치료를 시행한 군보다 효과가 있었다고 하였다. 다리에서 감소된 근육의 기능은 신체의 지지, 이동, 균형을 유지하는데 많은 영향을 준다. 또한 적절한 힘을 발휘하는 능력의 제한과 함께 움직임의 시작, 타이밍, 근력의 발휘 순서, 힘의 유지, 균형에 영향을 줄 정도로 빠른 힘을 생산하는데 어려움을 겪는다[30]. Flansbjerg 등의 뇌졸중 환자를 대상으로 무릎관절에 등속성 근력, 보행 수행에 관한 연구에서 무릎뮈근( $r = -.65$ ), 무릎굽힘근( $r = -.64$ )과 일어나 걸어가기 검사 사이에서 음의 상관관계가 있다고 하였으며 이는 관련 다리 근력의 향상이 보행 수행능력 향상에 영향을 끼친다는 것을 의미한다[31]. 본 연구에서 실시한 TUG검사의 그룹간 변화량 차이에서 실험군이 대조군에 비해 유의한 향상을 보인 이유가 로봇 보조 기립경사대 훈련을 통한 다리의 근력 향상으로 앉기와 일어서기 수행능력의 기능개선에 있다고 사료된다. Miller 등과 Malouin 등은 체중지지 트레드밀훈련이 특정 과제연습이 아닌 실제 보행환경과 유사한 과제지향적 접근법이라고 하였다[8,32]. Kwon 등[33]의 연구에서 아급성기 뇌졸중 환자들을 대상으로 트레드밀훈련 후 10 m 걷기검사에서 유의한 차이를 확인하였으며, 선행연구의 결과를 미루어 볼 때 본 연구에서 적용한 체중지지 트레드밀훈련에서 재연되는 반복적인 직선보행 훈련에 대한 효과로 10 m 걷기검사의 그룹간 변화량 차이에서 대조군이

유의한 향상을 보인것으로 사료된다.

재활치료 만족도에서는 실험군 그룹내 전·후 차이에서는 유의한 향상을 보였으며 그룹간 변화량 차이에서 대조군에 비해 유의한 향상을 보였다. Kuznetsov 등[34]은 다리 재활로봇치료에 대한 환자들의 만족도는 상당히 높으며, 로봇재활을 통해 보행 경험을 할 수 있다는 것에 대해 만족도가 높다고 하였다. Kim [12]의 연구에 의하면 뇌졸중 환자의 독립 보행을 통한 이동성과 관련하여 로봇 보행 훈련 후 일상 생활 활동의 참여도가 높아졌다고 하였다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 로봇 보조 기립경사대의 적용으로 치료사의 부담을 최소화 하여 환자의 안전성 확보와 정확한 동작을 재연할 수 있는 작업 특이적 훈련(Task-specific training)이 가능하다는 점과 몸통과 사지가 안정된 직립 상태에서 훈련이 이루어지며 보행 패턴의 운동학습(Motor learning)과 관련한 다리의 움직임에만 집중 할 수 있는 점에서 환자의 만족도에 영향을 끼쳤을 것으로 사료된다.

뇌졸중 후 초기에 시행하는 재활적 접근은 기능 회복과 신체적 수준을 향상시키는데 매우 중요하며 조기에 실시하는 집중적인 치료는 보행 및 균형, 그리고 일상 생활동작 수행 능력을 회복하는데 도움이 된다[35]. 따라서 본 연구는 발병 초기 적극적인 재활치료 접근이 필요한 뇌졸중 발병 후 6개월 이내의 아급성기 뇌졸중 환자를 대상으로 연구를 실시하였다. 체중지지 트레드밀은 보행 패턴과 관련하여 많은 반복 훈련이 가능하며 이러한 반복적인 훈련이 뇌졸중 환자의 기능향상에 긍정적인 영향을 미친다는 운동학습 이론에 기초를 두고 있다[36]. 그러나 앞에서 언급했듯이 Kim [12]은 체중지지 트레드밀 훈련은 효율성이 낮고 치료사의 육체적 부담이 높기 때문에 치료를 일반적으로 적용하는데 제한이 있다고 하였다.

보행 재활치료 로봇의 장점으로는 임상 현장에서의 적용은 환자를 보행 훈련하는데 있어서 반복적인 동작을 연습하도록 할 때 치료사 양과 강도를 조절 가능하며, 모델에 따라서는 체중을 지지할 수 있도록 설계되어 있어 보행 재활치료를 안전하게 실시할 수 있다는 것에 있다[37]. 로봇 보조 기립경사대의 장점은 환자의

손상 정도 및 기능상태에 따라 Guidance force를 조절할 수 있고 능동 보조 모드 및 수동 모드가 가능하다는 점이며 뇌가소성을 촉진시키고 근위축을 예방하기 위해 구심성(Concentric) 및 편심성(Eccentric) 근수축을 시킬 수 있는 기능적 전기자극을 포함한다. 특히 로봇에 의한 신체의 수직화는 한 다리에서 다른 다리로 체중을 이동시키는 것을 이용하여 다리 근력 강화 운동을 가능하게 하는데, 이것은 급성기 뇌졸중 환자들에게 쉽게 시행할 수 없는 방법이다[38]. 이에 치료사는 환자에게 독립적으로 동작과 연습을 더 많이 반복하게 함으로써 신체적 활동을 하는 데 시간을 증가시킬 수 있고 장비들을 사용하면서 되먹임을 제공하고, 신체적 참여를 이끌 수 있으며 연습의 강도와 동기를 향상시킬 수 있다[39].

본 연구는 다음과 같은 제한점이 있다. 첫째, 연구 선정 기준에 적합한 대상자 모집에 어려움이 있어 대상자 수가 적었기 때문에 전체 뇌졸중 환자에게 일반화하기 어렵다는 점 둘째, 4주간의 짧은 실험기간과 추적관찰 및 재평가가 이루어지지 않아 명확한 효과에 대한 판단이 어려운 점 셋째, 손상 정도 및 기능상태에 따른 훈련 강도 및 중재 횟수, 시간의 규례를 제시하지 못하였다. 이러한 제한점을 보완할 수 있는 새로운 연구가 이루어져야 할 것으로 사료되며, 환자의 빠른 기능회복과 삶의 질 향상을 위해 기존의 다양한 재활 치료방법과 재활로봇 치료가 함께 이루어지는 효율적이고 효과적인 재활 프로그램에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

본 연구의 결과 다리근력, 균형능력, 보행능력, 재활 만족도에서 두 군 모두 훈련 전에 비해 훈련 후에 향상을 보였으며, 아급성기 뇌졸중 환자를 대상으로 시행되는 로봇 보조 기립경사대 훈련군이 대조군에 비해 효과적이라는 것을 확인하였다. 향후 조기재활이 필요한 아급성기 뇌졸중 환자의 기능수준에 맞는 최적의 재활 치료의 적용과 함께 치료사의 육체적 부담을 최소화하여 환자의 재활 참여도를 향상시키고 나아가 효과적인 예후를 기대할 수 있도록 하며 기존 치료의 단점을 보완할 수 있는 로봇 보조 재활과 함께 이루어지는 재활

프로그램에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

## References

- [1] Feigin VL, Lawes CM, Bennett DA, et al. Stroke epidemiology: a review of population-based studies of incidence, prevalence, and case-fatality in the late 20th century. *The lancet neurology*. 2003;2(1):43-53.
- [2] Johansson BB. Brain plasticity and stroke rehabilitation: the Willis lecture. *Stroke*. 2000;31(1):223-30.
- [3] Miller EW, Quinn ME, Seddon PG. Body weight support treadmill and overground ambulation training for two patients with chronic disability secondary to stroke. *Physical Therapy*. 2002;82(1):53-61.
- [4] 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):421-7.
- [5] Kim YH, Han TR, Jung HY, et al. Clinical practice guideline for stroke rehabilitation in Korea. *Brain & Neurorehabilitation*. 2009;2(1):1-38.
- [6] Lee J, Kim BR. Role of Intensity and Repetition in Rehabilitation Therapy. *Brain & Neurorehabilitation*. 2012;5(1):6-11.
- [7] Bayona NA, Bitensky J, Salter K, et al. The role of task-specific training in rehabilitation therapies. *Topics in stroke rehabilitation*. 2005;12(3):58-65.
- [8] Ahn MH, Park KD, You YY. The effect of feedback on somesthetic video game training for improving balance of stroke patients. *Journal of Korean Society of Physical Medicine*. 2012;7(4):401-9.
- [9] Jezernik S, Colombo G, Keller T, et al. Robotic orthosis lokomat: A rehabilitation and research tool. *Neuromodulation: Technology at the neural interface*. 2003;6(2):108-15.
- [10] Hidler J, Nichols D, Pelliccio M, et al. Multicenter randomized clinical trial evaluating the effectiveness of the Lokomat in subacute stroke. *Neurorehabilitation and neural repair*. 2009;23(1):5-13.
- [11] Colombo G, Joerg M, Schreier R, et al. Treadmill training

- of paraplegic patients using a robotic orthosis. *Journal of rehabilitation research and development*. 2000; 37(6):693-700.
- [12] Kim JH. Effects of robot-assisted therapy on lower limb in patients with subacute stroke. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. 2016;17(7): 459-66.
- [13] Jung KH, Ha HG, Shin HJ, et al. Effects of Robot-assisted Gait Therapy on Locomotor Recovery in Stroke Patients. *Journal of the Korean Academy of Rehabilitation Medicine*. 2008;32(3):258-66.
- [14] Saengsuwan J, Nef T, Laubacher M, et al. Comparison of peak cardiopulmonary performance parameters on a robotics-assisted tilt table, a cycle and a treadmill. *PLoS one*. 2015 Apr 10;10(4):e0122767
- [15] Wieser M, Haefeli J, Bütler L, et al. Temporal and spatial patterns of cortical activation during assisted lower limb movement. *Experimental brain research*. 2010 May 1;203(1):181-91.
- [16] Calabro RS, Naro A, Russo M, et al. Do post-stroke patients benefit from robotic verticalization? A pilot-study focusing on a novel neurophysiological approach. *Restorative neurology and neuroscience*. 2015 Jan 1;33(5): 671-81.
- [17] Park DS, Kim EJ, Park SW, et al. The Effectiveness of the Robot-assisted Gait Training in Non-ambulatory Chronic Stroke Patients. *Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of Korea*. 2010; 95-96
- [18] Polese JC, Teixeira-Salmela LF, Nascimento LR, et al. The effects of walking sticks on gait kinematics and kinetics with chronic stroke survivors. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2012;27(2):1317.
- [19] Chon SC, Chang KY, You JS. Effect of the abdominal draw-in manoeuvre in combination with ankle dorsiflexion in strengthening the transverse abdominal muscle in healthy young adults: A preliminary, randomised, controlled study. *Physiotherapy*. 2010;96(2):130-136.
- [20] Knols RH, Aufdenkampe G, De Bruin ED, et al. Hand-held dynamometry in patients with haematological malignancies: measurement error in the clinical assessment of knee extension strength. *BMC musculoskeletal disorders*. 2009;10(1):1.
- [21] Holmes JD, Jenkins ME, Johnson AM, et al. Validity of the Nintendo Wii® balance board for the assessment of standing balance in Parkinson’s disease. *Clin Rehabil*. 2013;27(4):361-366.
- [22] Park DS, Lee DY, Choi SJ, et al. Reliability and validity of the balancia using “Wii” balance board for assessment of balance with stroke patients. *J Korea Acade Industr Coop Soc*. 2013;14(6):2767-72.
- [23] 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): 142-8.
- [24] Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age-and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Physical therapy*. 2002;82(2):128-37.
- [25] Jung HS, Park HS, Park TS, et al. A survey of patient satisfaction with physical therapy services. *Physical Therapy Korea*. 2002;9(1):97-110.
- [26] Han KB, Shin WS. Effects of trunk position sense through visual cue deprivation balance training in subacute stroke. *Journal of Korean Society of Physical Medicine*. 2013;8(3):327-35.
- [27] Bohannon RW. Muscle strength and muscle training after stroke. *Journal of rehabilitation Medicine*. 2007;39(1): 14-20.
- [28] Mayr A, Kofler M, Quirbach E, et al. Prospective, blinded, randomized crossover study of gait rehabilitation in stroke patients using the Lokomat gait orthosis. *Neurorehabilitation and neural repair*. 2007;21(4):307-14.
- [29] Kumar S, Yadav R. Comparison between Erigo tilt-table exercise and conventional physiotherapy exercises in acute stroke patients: a randomized trial. *Archives of*

- Physiotherapy. 2020;10(1):3.
- [30] Di Fabio RP. Adaptation of postural stability following stroke. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 1997;3(4):62-75.
- [31] Flansbjer UB, Downham D, Lexell J. Knee muscle strength, gait performance, and perceived participation after stroke. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2006;87(7):974-80.
- [32] Malouin F, Potvin M, Prévost J, et al. Use of an intensive task-oriented gait training program in a series of patients with acute cerebrovascular accidents. *Physical Therapy*. 1992;72(11):781-9.
- [33] Kwon OH, Woo JH, Woo YK. The Effects of task-oriented treadmill gait training on the walking ability and balance of sub-acute stroke patient. *J Korean Acad Ther*. 2013;5(1):13-23
- [34] Kuznetsov AN, Rybalko NV, Daminov VD, et al. Early poststroke rehabilitation using a robotic tilt-table stepper and functional electrical stimulation. *Stroke research and treatment*. 2013.
- [35] Ji SG, Nam GW, Kim MK, et al. The effect of visual feedback training using a mirror on the balance in hemiplegic patients. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2011;6(2):153-63.
- [36] Dobkin BH. An overview of treadmill locomotor training with partial body weight support: a neurophysiologically sound approach whose time has come for randomized clinical trials. *Neurorehabilitation and neural repair*. 1999;13(3):157-65.
- [37] Poli P, Morone G, Rosati G, et al. Robotic technologies and rehabilitation: new tools for stroke patients' therapy. *BioMed Research International*. 2013.
- [38] Calabro RS, Naro A, Russo M, et al. Do post-stroke patients benefit from robotic verticalization? A pilot-study focusing on a novel neurophysiological approach. *Restorative neurology and neuroscience*. 2015;33(5): 671-81.
- [39] Mehrholz J, Werner C, Kugler J, et al. Electromechanical-assisted gait training with physiotherapy may improve walking after stroke. *Stroke*. 2008;39(6):1929-30.