

# 하지재활로봇이 뇌졸중 환자의 관절가동범위 및 균형에 미치는 영향

(The Effects of Lower Limb Rehabilitation Robots on Range of Motion and Balance in Patients with Stroke)

안명순\*, 백종선\*\*, 김현승\*\*\*

(Myung Soon Ahn, Jong Seon Baek, Hyun Seung Kim)

## 요약

본 연구는 하지재활로봇 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 관절가동범위 및 균형능력에 미치는 영향을 규명함으로써, 효과적인 재활 중재 전략을 위한 기초자료를 제공하는 데 목적이 있다. 연구방법은 연구 대상은 뇌졸중 환자 40명으로, 실험군 20명과 대조군 20명으로 무작위 배정하였다. 실험군은 교각 운동과 엔젤로보틱스 보행로봇을 이용한 보행 훈련을 20분간 실시하였으며, 대조군은 교각 운동과 치료사에 의한 도수 저항 운동을 실시하였다. 중재는 4주간 진행되었으며, 중재 전후 효과를 비교하기 위해 전자 각도계를 이용한 엉덩관절 및 무릎관절의 가동범위와 버그균형 척도를 측정하였다. 연구 결과, 첫째, 엉덩관절 굽힘과 무릎관절 굽힘의 가동범위 변화에서 하지재활로봇 훈련을 병행한 실험군이 대조군에 비해 통계적으로 유의한 향상을 보였다( $p < .05$ ). 둘째, 균형능력을 평가한 BBS 점수 변화에서도 실험군이 대조군보다 유의하게 높은 향상을 나타냈다( $p < .05$ ). 결론적으로 본 연구를 통해 하지재활로봇 훈련이 뇌졸중 환자의 하지 관절가동범위 확보와 균형능력 증진에 있어 단순 근력 강화 운동보다 더욱 효과적인 중재 방법임을 확인되었고, 하지 기능 회복과 자세 조절 능력을 개선하기 위한 유용한 치료 옵션으로 적용될 수 있음을 시사함과 동시에 뇌졸중 재활에서 최신 로봇 기술의 임상적 효용성을 검증하였다.

■ 중심어 : 뇌졸중 ; 하지재활로봇 ; 관절가동범위 ; 균형 ; 보행능력

## Abstract

The purpose of this study is to investigate the effect of lower extremity rehabilitation robot training on range of motion (ROM) and balance ability in chronic stroke patients, thereby providing basic data for effective rehabilitation intervention strategies. The subjects were 40 stroke patients who were randomly assigned to an experimental group ( $n=20$ ) and a control group ( $n=20$ ). The experimental group performed bridge exercises and gait training using the Angel Robotics walking robot for 20 minutes, while the control group performed bridge exercises and manual resistance exercises provided by a therapist. The intervention was conducted for 4 weeks. To compare the effects before and after the intervention, the ROM of the hip and knee joints was measured using an electronic goniometer, and the Berg Balance Scale (BBS) was assessed. First, regarding the changes in ROM for hip flexion and knee flexion, the experimental group, which combined lower extremity rehabilitation robot training, showed a statistically significant improvement compared to the control group ( $p < .05$ ). Second, regarding the changes in BBS scores evaluating balance ability, the experimental group also showed a significantly higher improvement than the control group ( $p < .05$ ). In conclusion, this study confirmed that lower limb rehabilitation robot training is a more effective intervention method than simple muscle strengthening exercises for securing ROM in the lower extremities and enhancing balance in stroke patients. These findings suggest that robot-assisted training can be applied as a useful clinical option to improve lower limb functional recovery and postural control, while also validating the clinical utility of advanced robotic technology in stroke rehabilitation.

■ keywords : Stroke ; Lower Extremity Rehabilitation Robot ; Range of Motion Balance ; Gait Ability

## I. 서론

뇌졸중은 세계적으로 사망 원인 중 하나로서, 신경학적 장애를 유발하는 질환이다[1]. 뇌졸중

\* 정희원, 서영대학교 인공지능바이오헬스융합학과

\*\* 정희원, 서영대학교 인공지능바이오헬스융합학과

\*\*\* 정희원, 서영대학교 물리치료학과

접수일자 : 2025년 12월 01일

수정일자 : 2025년 12월 23일

게재확정일 : 2025년 12월 30일

교신저자 : 김현승 e-mail : kimhs@seoyeong.ac.kr

으로 인한 장애보정 생존연수도 143.0%나 증가하였다[2]. 또한, 뇌졸중 발생 환자 중 66.0% 정도가 발생 즉시 사망하거나 심각한 사후 장애를 겪게 되는데, 뇌 손상으로 인한 임상적 양상은 병변의 위치(lesion site)와 범위(extent)에 따라 다양하게 발현된다. 이는 편마비(hemiplegia)와 같은 운동 기능의 제한뿐만 아니라 언어, 감각, 지각 및 인지 기능을 포함한 복합적인 신경학적 결손(neurological deficits)을 초래한다[3,4]. 이러한 문제들은 하지의 운동 조절 저하와 약해진 근력이 보행능력을 저하시켜 삶의 질을 현저히 감소시키는 주요 요인으로 작용하게 되고, 신체 균형 및 자세조절 불안정성을 만들어 균형능력의 질적 저하 등 많은 문제들을 야기시킨다고 하였다[5,6]. 따라서 보행 및 균형 능력에 영향을 미치는 결정적 요인(determinants)을 규명하고, 이를 통해 보행 기능 저하로 야기될 수 있는 합병증을 예방하는 것은 임상적으로 매우 중요하다.

다양한 선행연구에 따르면, 연령이 증가하면서 보행 능력이 자연적으로 저하되고, 보행속도, 보폭, 분속수 등의 시공간적 변수들에 변화들이 나타났다고 하였다[7,8]. 즉, 결과적으로 연령이 증가함에 따라 보행능력의 변수들이 감소한다고 보고하였다[9]. 또한, 보행 능력에 관한 선행 연구들은 연령뿐만 아니라 근력 및 관절가동범위(ROM)가 보행 속도와 안정성에 유의한 영향을 미치는 주요 인자임을 보고하였다.[10,11].

이처럼 뇌졸중 재활에 있어서 하지근력 운동과 균형 운동을 병행함으로써 운동학습을 촉진하고 능동적인 움직임을 유도 및 하지근력과 보행능력 향상에 기여하는 것으로 알려졌다[12]. 또한, 하지재활로봇 역시 보행능력 및 균형능력에 효과를 극대화하여 정상적인 보행 패턴을 반복함으로써, 근육의 대칭적인 움직임과 신경가소성을 촉진과 운동학습에 도움을 준다고 하였다[13]. 그러나 하지근력강화 훈련에 대한 보행능력 및 균형능력에 대한 임상 연구는 많지만 하지재활로봇 훈련의 효과를 비교한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 하지재활로봇 훈련을 통해 효과를 비교함으로써, 효과적인 재활 전략에 기초자료를 제공하기 위함이다.

## II. 이론적 배경

### 가. Lower Extremity ROM

Lower Extremity ROM은 엉덩관절, 무릎관절, 발목관절을 포함한 하지 관절에서 관절이 움직일 수 있는 최대 가동 범위를 의미하며, 인간의 기본적인 이동 능력과 기능적 동작 수행에 핵심적인 요소로 작용한다. 하지 관절의 충분한 ROM은 보행, 계단 오르내리기, 앉기와 일어서기, 균형 유지 등 일상생활 동작의 효율성과 안정성을 결정짓는 중요한 기초 조건으로 간주된다.

하지 ROM은 단순한 관절 가동 범위를 넘어 기능적 움직임의 질과 밀접한 관련이 있다. 예를 들어 엉덩관절 굽힘 및 펴는 보행 시 보폭과 추진력 생성에 중요한 역할을 하며, 무릎관절 굽힘 ROM은 초기 디딤기와 흔들기에서 충격 흡수와 전진을 가능하게 한다. 또한 발목관절에서 ROM은 체중 이동과 균형 조절에 핵심적인 요소로 작용하며, 제한 시 보행 속도 감소 및 낙상 위험 증가와 연관이 있다.

뇌졸중 환자에서는 근긴장도 변화, 근력 저하, 근수축 장애로 인해 하지 ROM 제한이 빈번하게 관찰된다. 이러한 ROM 제한은 비대칭적 자세 정렬과 비효율적인 체중 부하를 초래하며, 균형 및 보행 기능 회복을 저해하는 주요 요인으로 작용한다.

하지 ROM 평가는 기초적인 신체 기능 상태를 파악하는 데 중요한 역할을 하며, 중재 전과 후 변화를 통해 치료 효과를 정량적으로 분석할 수 있다. 이에 따라 하지 ROM 평가는 재활 계획 수립과 중재 효과 검증을 위한 핵심 변수로 간주된다.

### 나. 버그균형 척도(Berg Balance Scale)

버그균형 척도는 기능적 균형 능력을 정량적으로

평가하기 위해 개발된 대표적인 임상 균형 평가 도구로, 특히 노인 및 신경계 손상 환자 집단에서 널리 활용되고 있다. BBS는 총 14개 항목으로 구성되어 있으며, 앉기, 서기, 체중 이동, 방향 전환 등 일상생활에서 요구되는 다양한 자세 조절 과제를 포함함으로써 정적 및 동적 균형 능력을 종합적으로 평가한다.

균형은 감각 입력(시각, 전정감각, 체성감각)과 중추신경계의 통합 처리, 그리고 근골격계의 운동 출력이 상호작용하여 유지되는 복합적인 기능이다. BBS는 이러한 균형 조절 기전을 기능적 과제 수행 능력이라는 관점에서 평가하도록 설계된 도구로, 단순한 자세 유지 능력뿐 아니라 체중 이동과 자세 전환 과정에서의 균형 조절 능력을 반영한다.

BBS 수행은 하지 근력, 관절 가동 범위, 체간 안정성에 크게 의존함. 특히 엉덩관절과 무릎관절의 안정적인 지지 능력은 서기, 앉기-서기 전환, 한 발 지지 과제 수행에 필수적이며, 족관절 가동성과 감각 입력은 미세한 자세 조절과 체중 이동 조절에 중요한 역할을 한다. 하지 ROM 제한이나 근력 저하는 체중 이동의 비대칭성과 보상 전략을 증가시켜 BBS 점수 저하로 이어질 수 있다.

뇌졸중 환자에서는 감각, 운동 통합 능력 저하, 체간 조절 장애, 하지 비대칭적 체중 부하로 인해 균형 능력이 현저히 감소하는 경우가 많다. BBS는 균형 기능 저하를 단계별 과제를 통해 세분화하여 평가할 수 있어, 신경계 손상 환자의 균형 회복 정도를 판단하는 핵심 평가 도구로 활용된다.

BBS는 검사 신뢰도와 타당도가 높고, 반복 측정에 따른 변화 감지 능력이 우수하여 중재 효과를 평가하는 데 적합한 도구로 평가된다. 이에 따라 BBS는 하지 기능 및 균형 회복을 목표로 하는 재활 중재 연구에서 핵심 결과 변수로 빈번히 활용된다.

### III. 연구 방법

#### 1. 연구 대상자

본 연구의 연구대상자는 뇌출혈로 진단받은 후 6개월 이상 지난 만성 뇌졸중 환자로 2025년 3월 3일부터 2025년 3월 28일까지 G광역시 소재 W병원에서 입원한 뇌졸중 환자 40명을 대상으로 진행하였다. 실험 중 탈락자는 없었으며, 최종 분석 대상은 40명이었다. 선정기준은 뇌졸중으로 진단받은 후 6개월 이상 경과한 자, 인지장애가 없는 자, 체중부하관절의 수술이 없는 자로 하였다. 반면 제외대상으로 중증 인지장애로 인하여 의사전달이 불가능한 자, 기저질환으로 인하여 2차적 문제가 생길 수 있는 자, 체중부하가 불가능 및 로봇 착용 시 불편감을 가지는 자는 제외하였다. 모든 피험자들에게 사전에 본 연구에 대해 충분한 설명을 한 후 연구에 적합한 피험자에게 동의서를 구하였다.

#### 2. 연구설계

본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 하지재활 로봇을 이용한 훈련이 관절가동범위 및 균형에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

뇌졸중 환자 40명 대상을 무작위로 배정하여 최종적으로 실험군에 20명, 대조군에 20명을 배정하는 과정을 수행하였다. 훈련 시작 전에 실험군과 대조군 모두 Lower Extremity ROM, Berg balance test(BBS)측정을 하고 실험군에게 교각운동 1set 10회, 총 3set(1set 후 10초 휴식)를 하였고, 엔젤로보틱스 보행로봇 보행훈련 20분을 실시하였다. 반면에, 대조군에게 교각운동과 안정적 지지면에서 하지 근력강화운동(벌림, 모음 도수저항운동)1set 10회, 총 3set(1set 후 10초 휴식)를 진행하였다. 실험측정은 훈련 전 사전검사, 훈련 2주 후 검사, 훈련 4주 후 검사를 시행하였다. 본 연구의 설계는 다음과 같다.

#### 3. 실험 방법

본 연구는 실험군은 하지근력 운동으로 교각운동 시행 하지근력강화 운동은 1set 10회, 총 3set을 하였고, 1set 후 10초 휴식을 하고 다음 세트를 적용하

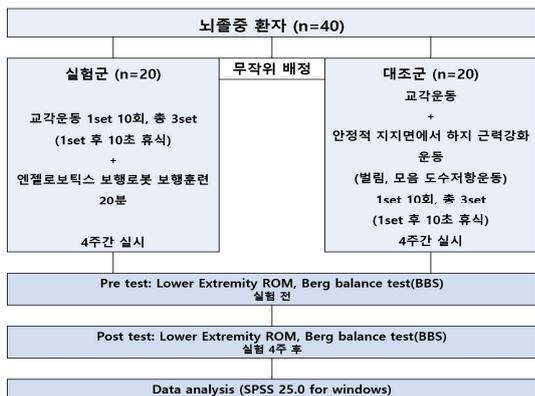


그림 1. 연구설계

였다. 운동은 바로누운 자세에서 엉덩관절의 바른 수축을 통한 허리의 굽힘이나 회전이 발생하지 않은 상태를 유지하면서 하지를 굽힘, 펴는 것으로 허리 엉덩이의 근력을 증진하기 위하여 실시하였다

하지 근력강화를 위한 교각운동을 1set 10회, 총 3set을 실시하였고, 1set 후 10초 휴식하고 다음 세트를 진행하였다.

교각운동은 누운 자세에서 엉덩관절 45° 및 무릎관절 90° 굽히고 양팔은 약 30° 벌림하여 지면을 지지하였다. 다음 목은 일자로 유지한 상태에서 척추세우근과 복근의 동시 수축을 통해 몸통의 안정성을 확보하며 골반을 들어 올리는 동작을 하였다.

실험군은 연구자로부터 설명을 듣고 대상자와 치료사가 함께 운동치료와 병행하며 엔젤로보틱스 보행로봇을 이용하여 측정하였다. 일어서기, 앉기, 서있기, 걷기 모드를 사용하며 주로 20분간은 걷기모드를 사용하여 훈련하였다.

앉은자세에서 착용 후, 일어서기모드로 전환하여 일어서기, 일어선상태에서 서있기모드로 선상태 유지, 선상태에서 걷기모드로 전환하여 치료사의 보조하에 훈련을 시행하였다.

대조군은 하지 근력강화를 위한 교각운동을 1set 10회, 총 3set을 실시하였고, 1set 후 10초 휴식하고 다음 세트를 진행하였다. 다음으로 안정적 지지면에서 하지 근력강화운동인 벌림, 모음 도수저항운동을 하였고, 하지 근력운동은 누운 자세에서 엉덩관절을 반무릎세운 상태에서 무릎관절에 저항을 주어 환자는 치료사의 반대방향으로 힘을 주고 유지하였다.

#### 4. 측정 도구 및 평가 방법

##### 가. 버그균형척도 (Berg Balance Scale)

버그균형척도는 낙상 위험 예측 및 기능적 정적/동적 균형을 평가하기 위한 도구이며 앉기, 서기 자세, 자세 변환의 3개 영역으로 총 14개 항목으로 구성되어 있다. 최저 0점에서 최대 4점까지 5점 척도로 총합은 56점이다. 점수가 높을수록 균형 정도가 좋은 것으로 나타나며, 측정자 내 신뢰도 r=.99, 측정자 간 신뢰도 r=.98로써 높은 신뢰도와 내적 타당도를 가지고 있다[14].

##### 나. 관절 가동 범위

관절 가동 범위는 전자 각도계(Baseline®, Fabrication Enterprises Inc, White Plains, NY, USA)를 이용하여 엉덩관절, 무릎관절, 발목관절의 관절 가동 범위를 운동 전 (pre)과 운동 후(post)에 측정하였으며, 3번 측정하여 평균값을 구하였다[15].

##### 다. 자료 분석

본 연구에서 하지재활로봇이 뇌졸중 환자의 관절 가동범위 및 균형에 미치는 보행능력의 영향을 분석하기 위해 연구 결과는 IBM SPSS Statistics 23.0 software를 이용하여 통계처리 하였다. 각 변인에 관한 기술 통계량 및 평균과 표준편차를 산출하였다. 모든 자료는 정규성분포를 확인하기 위하여 shapiro-wilk검정을 시행하였다. 정규성을 만족하는 변수는 모수검정인 독립 t 검정, 대응 t 검정을 사용하였고, 정규성을 만족하지 않는 변수는 Friedman 검정, Kruskal-Wallis 검정을 사용하여 집단 내 시기에 따른 변화와, 집단 간 차이를 비교 분석하였다. 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준  $\alpha$ 는 .05로 하였다.

### IV. 연구 결과

#### 가. 일반적인 특성

표 1에서 본 연구는 뇌졸중 대상으로 총 40명을 대상으로 진행하였다. 연구 대상은 실험군 20명(남성 17명, 여성3명)과 대조군 20명(남성 11명, 여성9명)으로 나누어 구성되어 진행하였다. 대상자들의 일반적 특성으로는 성별, 마비측, 종류, 나이, 키, 몸무게를 비교하였으며, 집단 간 비교에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ).

표 1. 연구대상자의 일반적 특성 (N=40)

Variables	실험군 (n=20)	대조군 (n=20)
Gender (Male/Female)	17/3	11/9
Affected side (right/left)	11/9	10/10
Ischemic/Hemorrhagic	9/11	9/11
Age(year)	65.60±10.76	69.00±13.88
Height(cm)	168.70±8.14	161.80±8.51
weight(kg)	66.90±9.64	63.65±6.35

#### 나. 엉덩관절 가동범위의 변화

엉덩관절 가동범위의 정규성 검정 결과, 유의하지 않았다( $p>.05$ ). 표 2에서 엉덩관절 가동범위의 변화는 굽힘에서 실험군이 중재 전 27.50±8.51에서 중재 후 31.25±8.72로 통계적으로 유의하게 증가하였으며 ( $p<.05$ ), 대조군에서도 중재 전 23.75±10.75에서 중재 후 24.75±11.18로 통계적으로 유의하게 증가하였다 ( $p<.05$ )(그림 2).

표 2. 엉덩관절 가동범위의 변화

Flex	실험군		대조군		t	p
	pre	post	pre	post		
	27.50±8.51	31.25±8.72	23.75±10.75	24.75±11.18	1.22	0.23
Δ		3.75±0.21		1±0.43	2.05	0.05
t		-2.88		-2.18		

p	0.01*	p	0.04*
---	-------	---	-------

∴  $p<.05$

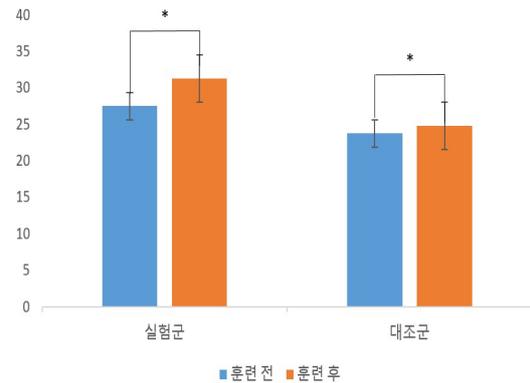


그림 2. 엉덩관절 굽힘 가동범위의 변화

#### 다. 무릎관절 가동범위의 변화

무릎관절 가동범위의 정규성 검정 결과, 유의하지 않았다( $p>.05$ ). 표 3에서 무릎관절 가동범위 변화는 굽힘에서 실험군이 중재 전 11.00±3.48에서 중재 후 24.25±13.31로 통계적으로 유의하게 증가하였으며 ( $p<.05$ ), 대조군에서도 중재 전 16.25±12.55에서 중재 후 16.80±12.84로 통계적으로 유의하게 증가하였다( $p<.05$ )(그림 3).

표 3. 무릎관절 가동범위의 변화

Flex	실험군		대조군		t	p
	pre	post	pre	post		
	11.00±3.48	24.25±13.31	16.25±12.55	16.80±12.84	-1.80	0.09
Δ		13.25±9.83		0.55±0.29	1.18	0.08
t		-4.67		-2.77		
p		0.02*		0.01*		

∴  $p<.05$

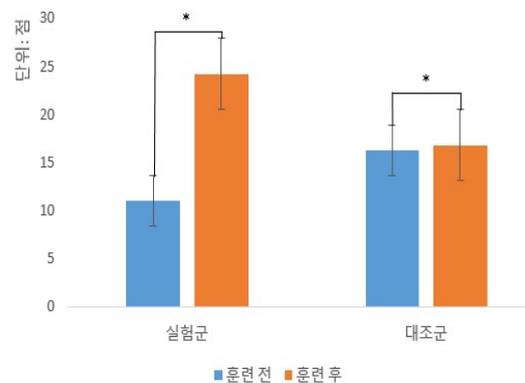


그림 3. 무릎관절 굽힘 가동범위의 변화

## 라. 균형능력의 변화

균형능력의 정규성 검정 결과, 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 표 4에서 균형능력의 변화는 실험군이 중재 전  $21.95 \pm 13.10$ 에서 중재 후  $32.70 \pm 12.09$ 로 통계적으로 유의하게 증가하였으며( $p < .05$ ), 대조군에서도 중재 전  $12.20 \pm 10.35$ 에서 중재 후  $17.20 \pm 10.88$ 로 통계적으로 유의하게 증가하였다( $p < .05$ ). 균형능력의 변화에 대한 실험군과 대조군의 집단 간 비교에서는 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ).

표 4 균형능력의 변화

	실험군		대조군		df	p
	pre	post	pre	post		
BBS	$21.95 \pm 13.10$	$32.70 \pm 12.09$	$12.20 \pm 10.35$	$17.20 \pm 10.88$	1	$0.01^*$
					1	$0.00^*$
$\Delta$	$10.75 \pm 1.01$		$5 \pm 0.53$			
$\chi^2$	15.00		6.25			
p	.000*		.012*			

::  $p < .05$

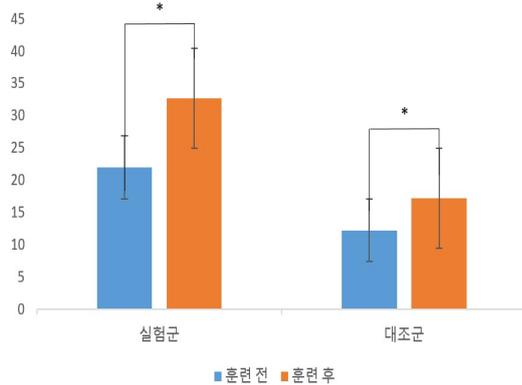


그림 4. 균형능력의 변화

## V. 논의

본 연구는 뇌졸중 환자 대상으로 하지재활로봇으로 통해 관절가동범위 및 균형에 미치는 보행능력의 효과를 평가하였다. 연구결과, 하지재활로봇 훈련을 병행한 실험군이 일반적인 하지 근력 강화 운동을 시행한 대조군에 비해 엉덩관절과 무릎관절의 가동범위 및 균형능력(BBS)에서 유의한 향상을 보였다. 이와 같이 엉덩관절과 무릎관절의 가동범위 및 균형능력의 선행연구[16]에서도 결과가 일치하였다.

첫째, 하지 관절가동범위의 변화에서 실험군은 대조군에 비해 엉덩관절 굽힘과 폼, 그리고 무릎관절 굽힘의 가동범위가 통계적으로 유의하게 증가하였다. 이러한 엉덩관절 굽힘과 폼, 그리고 무릎관절 굽힘에 대해 로봇 재활 훈련이 가동범위 증진에 더 효과적이었던 이유는 로봇 보조 장치가 보행 주기(Gait cycle)에 맞춰 정확하고 반복적인 관절 운동을 유도했기 때문이라고 생각된다. 특히 '엔젤로보틱스'와 같은 착용형 로봇은 환자가 능동적으로 움직이기 힘든 범위까지 기계적 보조를 제공하여, 관절 주변의 구축된 근육과 결합 조직을 지속적으로 신장(Stretching)시키는 효과를 주었을 것으로 판단된다. 이는 로봇 보조 보행훈련이 정상 보행 패턴을 반복하게 함으로써 근육의 대칭적 움직임을 촉진한다는 선행 연구의 결과[17]와 일치한다.

둘째, 균형능력의 변화를 살펴본 결과, 버그균형척도 점수 변화량에서 실험군이 대조군보다 유의하게 높은 향상을 보였다. 이는 실험군에서의 뚜렷한 균형능력 향상은 하지재활로봇이 제공하는 '과제 지향적 훈련(Task-oriented training)'의 특성에 기인한 것으로 판단이 된다. 또한, 로봇을 착용한 상태에서의 보행훈련은 앉기, 서기, 걷기 등의 동작을 포함하며, 환자에게 지속적인 체중 부하와 무게 중심의 이동을 경험 통해 반복적인 체중 지지 경험은 마비측 하지의 고유수용성 감각(Proprioception)을 자극하고, 자세 조절에 필요한 몸통 및 하지 근육의 협응력을 증진시켜 결과적으로 균형능력을 향상시킨 것으로 보인다.

본 연구의 결과를 바탕으로 뇌졸중 환자에게 있어 단순한 근력 강화 운동보다 로봇을 이용한 기능적 보행 훈련이 신체 기능 회복에 더욱 효율적일 수 있음을 시사한다.

본 연구의 제한점으로 뇌졸중 환자 40명을 대상으로 하였기에 일반화하기에는 무리가 있었으며, 중재 기간이 4주로 비교적 짧아 장기적인 유지 효과(Follow-up)를 확인하지 못했다. 또한, 하지재활로봇 훈련 외에 약물치료나 다른 일상적 활동 변수를 완벽하게 통제하기 어려웠다는 한계가 있다.

## VI. 결 론

본 연구는 뇌졸중 환자 40명을 대상으로 하지재활 로봇훈련이 관절가동범위 및 균형능력에 미치는 보행능력 효과를 규명하고자 실시하였다. 이를 위해 실험군 하지재활로봇훈련을, 대조군은 일반적인 하지 근력 강화 운동을 4주간 시행하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 엉덩관절과 무릎관절의 가동범위 변화에서 하지재활로봇 훈련을 병행한 실험군이 대조군에 비해 통계적으로 유의한 향상을 보였다. 이는 로봇이 제공하는 반복적이고 정확한 보행 패턴 훈련이 관절의 구축을 예방하고 가동범위를 확보하는 데 효과적임을 시사한다.

둘째, 균형능력(BBS)의 변화에서도 실험군이 대조군보다 유의하게 높은 점수 향상을 나타냈다. 이는 하지재활로봇 훈련을 통해 제공된 체중 부하와 자세 조절 경험이 환자의 균형 감각을 개선하는 데 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단된다.

이러한 결과를 종합해 볼 때, 하지재활로봇 훈련은 뇌졸중 환자의 하지 기능 회복과 자세 조절 능력을 증진시키는 데 있어 단순 근력 운동보다 더욱 효율적인 중재 방법으로 생각된다. 본 연구는 하지재활로봇이 임상 현장에서 만성기 뇌졸중 환자의 재활을 위한 유용한 치료 옵션이 될 수 있음을 입증하였다는 데 의의가 있다. 향후에는 본 연구의 제한점을 보완하여 더 다양한 변수와 장기적인 추적 관찰을 포함한 후속 연구가 지속되어야 할 것이다.

## REFERENCES

[1] Avan, A., and Hachinski, V. "Stroke and dementia, leading causes of neurological disability and death, potential for prevention." *Alzheimer's & Dementia*, vol. 17, no. 6, pp. 1072-1076, 2021.

[2] Feigin, V. L., Brainin, M., Norrving, B., Martins, S., Sacco, R. L., Hacke, W., et al. "World Stroke Organization (WSO):Global stroke fact sheet 2022." *International Journal of Stroke*, vol. 17, no. 1, pp. 18-29, 2022.

[3] Thrift, A. G., Thayabaranathan, T., Howard, G., Howard, V. J., Rothwell, P. M., Feigin, V. L., et

al. "Global stroke statistics. *International Journal of Stroke*, vol. 12, no. 1, pp. 13-32, 2017.

[4] K.M. Kim, and A.L. Kim. "Influence of sleep quality, social support and fall efficacy on depression in hemiplegia patients." *Journal of The Korean Data Analysis Society*, vol. 22, no. 5, pp. 2095-2108, 2020.

[5] Oliveira, C. B., Medeiros, Í. R., Greters, M. G., Frota, N. A., Lucato, L. T., Scaff, M., and Conforto, A. B. "Abnormal sensory integration affects balance control in hemiparetic patients within the first year after stroke." *Clinics*, vol. 66, pp. 2043-2048, 2011.

[6] Bohannon R. W. "Knee extension strenght and body weight determine sit-to-stand independence after stroke." *Physiother Theory Pract*, vol. 23, no. 5, pp. 291-297, 2007.

[7] Callisaya, M. L., Blizzard, L., Schmidt, M. D., McGinley, J. L., & Srikanth, V. K. "Sex modifies the relationship between age and gait: a population-based study of older adults." *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, vol. 63, no. 2, pp. 165-170, 2008.

[8] Haber N, Erbas B, Hill KD et al. "Relationship between age and measures of balance, strength and gait: linear and non-linear analyses." *Clin Sci(Lond)*. vol. 114, no. 12, pp. 719-27, 2008.

[9] Herssens N, Verbecque E, Halleman A et al. "Do spatiotemporal parameters and gait variability differ across the lifespan of healthy adults? A systematic review." *Gait Posture*. vol. 64, pp. 181-90, 2018.

[10] Stotz A, Hamacher D, Zech A. "Relationship between muscle strength and gait parameters in healthy older women and men." *Int J Environ Res Public Health*, vol. 20, no. 7, pp. 5362, 2023.

[11] Winter D. A. "Biomechanics of normal and pathological gait: implications for understanding human locomotor control." *J Mot Behav*. vol. 21, no. 4, pp. 337-55, 1989.

[12] J. H. Park. "The Effect of Robot-assisted Gait Training using Functional Electrical Stimulation and Auditory Stimulation on Balance and Gait Abilities for Stroke Patients." *Korean Society of Physical Medicine*, vol. 20, no. 3, pp. 91-102, 2025.

[13] Colombo G, Wirz M, Dietz V. "Driven gait orthosis for improvement of locomotor training in paraplegic patients." *Spinal Cord*. vol. 39, pp. 252-5, 2001.

[14] Liston R. A, Brouwer B. J. "Reliability and validity of measures obtained from stroke

- patients using the Balance Master.” *Arch Phys Med Rehabil.* vol. 77, no. 5, pp. 425-430, 1996.
- [15] Fp, K. “McCreary EK: Muscles, Testing and Function.” *Baltimore: Williams,* vol. 8, pp. 214-219, 1983.
- [16] Y. H. Kim, S. Y. Kim, H. J. Jang. “Correlation of hip joint range of motion and femur head anterior mobility with gait ability in stroke patients.” *J Korean Soc Phys Med.* vol. 9, no. 1, pp. 35-44, 2014.
- [17] S. H. Lee, J. H. Kim, B. M. Lim, H. J. Lee and Y. H. Kim. “Exercise with a wearable hip assist robot improved physical function and walking efficiency in older adults.” *Scientific Reports,* vol. 13, no. 1, pp. 7269, 2023.

---

 저 자 소 개
 

---



## 안명순(정회원)

2015년 서영대학교 물리치료과 전문학사 졸업.  
 2022년 서영대학교 물리치료학과 학사 졸업.  
 2026년 서영대학교 대학원 인공지능바이오헬스융합학과 (물리치료학) 석사 재학중.

<주관심분야 : 바이오 헬스, Smart Information>



## 백종선(정회원)

2015년 서영대학교 물리치료과 전문학사 졸업.  
 2022년 서영대학교 물리치료학과 학사 졸업.  
 2026년 서영대학교 대학원 인공지능바이오헬스융합학과 (물리치료학) 석사 재학중.

<주관심분야 : 바이오 헬스, Smart Information>



## 김현승(정회원)

2016년 남부대학교 물리치료학과 학사 졸업.  
 2018년 남부대학교 일반대학원 물리치료학과 물리치료석사 졸업.  
 2022년 남부대학교 일반대학원 통합의학과 보건학박사 졸업.  
 2023 - 현재 서영대학교 물리치료학 교수

<주관심분야 : 바이오 헬스, Smart Information>