

과제지향적 트레드밀 보행이 아급성기 뇌졸중 환자의 보행기능, 균형능력 및 기능적 활동 향상에 미치는 영향: 무작위 대조 실험

이명호 · 정용범 · 황세돈¹ · 김예지² · 김명권^{2†}

대구대학교 일반대학원 재활학과

¹㈜건강한 친구, ²대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

The Effect of the Task-oriented Treadmill Gait on the Improvement in Gait Function, Balance Ability and Functional Activities in Subacute Stroke Patients: Results of a Randomized Controlled Trial

Myoung-Ho Lee, PT, MS · Youg-Bum Jung, PT, MS · Se-Don Hwang¹ · Yae-Ji Kim, PT² · Myoung-Kwon Kim, PT, PhD^{2†}

Department of Rehabilitation Sciences, Graduate School, Daegu University

¹Strong Friends Company

²Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Sciences, Daegu University

Received: October 22 2023 / Revised: October 23 2023 / Accepted: November 8 2023

© 2023 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study aimed to determine the effects of task-oriented treadmill training on the gait and balance ability and functional activity in 20 patients with subacute stroke.

METHODS: The study subjects were twenty stroke patients, ten randomly placed in the experimental group and ten in the control group. Both the experimental and control groups received 30 minutes of traditional physical therapy

and an additional 15 minutes of functional electrical stimulation therapy. The experimental group was given task-oriented treadmill training, while the control group received general treadmill training. Each session lasted for 25 minutes, three times a week, over four weeks, totaling 12 sessions.

RESULTS: Both groups showed statistically significant differences in the 10-metre walk test (10MWT), timed up and go test (TUG), Fugl-Meyer Assessment (FMA), and Modified Barthel index (MBI). However, statistically significant differences in the Functional Ambulation Categories (FAC) and Berg Balance Scale (BBS) were seen only in the experimental group. There were statistically significant differences in the between-group differences value comparisons in the 10MWT, BBS, TUG, FMA, and MBI.

†Corresponding Author : Myoung-Kwon Kim

skybird-98@hanmail.net, <http://orcid.org/0000-0002-7251-6108>

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.

CONCLUSION: Task-oriented treadmill training positively impacts gait, balance, and daily function in subacute stroke patients. This study highlights the benefits of training on unstable surfaces and offers valuable insights for stroke rehabilitation and gait training.

Key Words: Balance, Functional activity, Gait, Stroke

I. 서론

뇌졸중 환자의 보행은 보상적인 움직임을 유발하고, 비효율적인 움직임 패턴으로 균형 감각 저하, 낙상 위험 및 부상을 초래한다[1-5]. 그렇기에 뇌졸중 환자의 목표 중 하나는 독립적이고 기능적인 보행 능력을 회복하는 것이다. 트레드밀을 이용한 보행 훈련은 편마비 보행을 개선하기 위해 많이 활용되는 전통적인 방법 중 하나이다[6-8].

균형은 지지 기저면이 지속적으로 변화할 때 중력 중심선을 유지하고 회복하는 능력으로 정의되며[9], 균형 조절에는 선행적 자세 조절, 자세 반응, 감각 기관 등 다양한 요소들이 관여한다[10]. 뇌졸중 환자에게 균형의 문제는 흔하며, 가동성[11] 및 낙상 위험과 관련이 있다[12].

뇌졸중을 겪는 환자에게 감각운동 기능의 손상은 흔하게 발생되며 일상생활 동작에 부정적인 영향을 미친다[13]. 뇌졸중 환자의 절반은 일상생활 동작의 문제를 경험하였으며, 이러한 이유로 치료사와 환자에게 일상생활 동작은 주요 관심사 중 하나이다[14]. 이전 연구에서 삶의 질과 일상생활 동작은 높은 관련성이 있는 것으로 보고되었으며[15], 이러한 문제로 재입원율이 높다고 보고하였다[16,17].

많은 뇌졸중 환자에게 광범위하게 트레드밀 보행 훈련이 사용되고 있으며[18], 보행과 균형의 능력 향상을 목적으로 트레드밀은 뇌졸중 환자에게 활용도가 높다[19]. 그렇지만 기존의 트레드밀 훈련은 다양한 조건에서 걷는 경험을 주기에는 어려운 점이 있다[20]. 일반적인 트레드밀 위에서 보행은 보행 혹은 달리기와 생리

적인 차이가 있다[21]. 트레드밀에서 보행은 지상 보행에 비해 걸음 속도가 느렸으며[22], 그 이유는 심리적인 이유에 의해 발생하는 것으로 보고되었다[23]. Hollman 등은 선행연구에서 지상 보행은 트레드밀 보행과 차이가 있는 것을 밝혔지만 건강한 사람을 대상으로 진행하였기에 임상적 유용성이 제한될 가능성이 있었고[24], Bishop 등은 트레드밀 위에서 진행한 보행 운동이 뇌졸중 환자의 비대칭적인 체중 이동을 개선시킨다는 보고가 있었으나 단일 사례 보고라는 제한점이 있었다[25].

선행연구를 통해 지상 보행과 트레드밀 훈련의 차이를 밝혔으나 지상보행과 유사한 과제 지향적 보행 훈련이 아급성 뇌졸중 환자에게 보행 기능, 균형 능력, 일상생활 동작에 미치는 영향에 관한 연구는 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 아급성기 뇌졸중 환자에게 4주 동안 실시한 과제 지향적 트레드밀 보행 훈련이 보행 기능, 균형 능력, 일상생활 동작을 어느정도 개선시킬 수 있는지 확인하고 아급성기 뇌졸중 환자에게 다방향 트레드밀 보행 훈련이 적합하지 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구참여자

본 연구는 경북 구미 소재 00병원에서 자기공명영상(Magnetic resonance imaging, MRI)과 전산화 단층 촬영(Computed tomography, CT)을 통해 뇌졸중을 진단 받은 2023년 1월부터 입원한 아급성기 환자를 대상으로 진행하였다. 연구에 참여하기 전 모든 실험 대상자는 본 연구의 목적과 방법에 대해 충분히 설명을 듣고, 자발적인 동의를 한 환자들을 대상으로 실시하였다. 과제지향적 트레드밀 보행훈련군 10명과 일반 트레드밀 보행훈련군 10명을 무작위로 분류하였고, 무작위 선정 방법은 제비뽑기로 균을 나누었다.

연구 대상자 선정 기준은 다음과 같다.

1. 뇌졸중으로 진단 받은 이후 3개월에서 6개월 사이인 자[26]
2. 한국판 간이 정신상태 검사(Korean version of minimal status examination, K-MMSE)의 점수가 24

점 이상인 자[27]

3. 보행에 영향을 줄 수 있는 정형외과적 질환이 없는 자
4. 전기적 자극에 관해 특별한 이상 징후가 없으며, 하지 경직의 정도를 나타내는 수정된 Ashworth 척도(Modified Ashworth Scale, MAS)의 점수가 1 등급 또는 2등급 이하인자[28]
5. 10m 이상 도움을 받지 않고 보행을 수행할 수 있는 자[29].

또한 연구 대상자의 제외 기준은 다음과 같다.

1. 정신적 기능 장애와 인지 손상이 있는 자
2. 균형 능력에 영향을 줄 수 있는 동시 질병이 있는 자[26,28].

2. 실험방법

본 연구는 실험 전 대구대학교 생명연구윤리위원회의 승인을 받고 난 후 진행하였다(1040621-202209-HR-072). 본 연구에서 표본 수는 사전 연구(pilot study) 데이터를 토대로 G-power 3.1.9.7 프로그램을 이용하여, 유의수준 .05, 효과크기 .55, 검정력 80% 설정을 기준으로 최소 필요한 표본수 20명을 모집하였다. 본 연구 대상자의 선정을 위해 경북 구미 소재 00병원에 입원중인 환자들 중 실험과정에 대한 설명을 듣고, 본 연구의 목적을 이해하고 동의한 환자 20명을 선정하여 훈련을 실시하였다. 실험에 참여하기 전 의사의 진료를 통해 성별, 몸무게, 키, 연령 등 일반적 특성을 조사하였다. 각 그룹의 모든 대상자들은 근강화, 근길이 신장, 보행 등을 포함한 기존의 중추신경계발달치료를 30분간 실시하였고, 별도로 기능적 전기 자극 치료를 15분간 실시하였다.

중추신경계 발달치료를 의사의 처방에 따라 운동학습과 운동발달 이론에 근거한 운동 치료를 시행하였다. 중추신경계 발달치료를 본원에 재직 중인 5년차 이상의 물리치료사에 의해 근육 길이 증가를 위한 스트레칭 5분, 근력운동 10분, 보행훈련 10분, 마무리 운동 5분 순으로 총 30분 진행하였고, 환자의 기능적인 수준에 맞게 개인별로 시행하였다. 기능적 전기 자극 치료는 기준 전극을 앞정강근에 배치하고 활동전극이 온종아리신경을 자극할 수 있게 부착하여 온종아리신경의 신

경지배를 받는 발목관절과 발가락 근육이 자극되도록 하였다. 기능적 전기자극의 파형은 구형파, 주파수는 80Hz, 펄스폭은 300 μ s로 설정하였고, 전기 자극은 근육의 수축이 눈에 보이면서 대상자가 견딜 수 있는 강도로 진행하였다[30,31].

모든 대상자들은 실험 전후 균형 능력의 변화에 대한 차이를 알아보기 위해, 기능적 보행지수(functional ambulation categories, FAC), 버그 균형 척도(Burg balance test, BBS), 퓨글-마이어 평가 척도(Fugl-Meyer Assessment Lower Extremity, FMA-LE), 10M 보행 검사(10meter walking test, 10MWT), 수정 바텔지수(Modified Barthel Index, MBI), 일어나서 걷기 검사(Timed Up and Go Test, TUG)를 실시하여 기능 회복 변화를 평가하였다.

3. 중재방법

1) 과제지향적 트레드밀 보행 훈련

불안정한 동요를 통한 보행 훈련은 과제지향적 트레드밀 (Fave walk, (주)건강한 친구, 한국)과 체중지지 현수장치(Fave walk, (주)건강한 친구, 한국)를 이용하였다. 보행을 하는 동안 안전을 위해 한 명의 치료사가 보조하고 환자의 훈련 상황을 체크하였다. 보행 속도는 환자 스스로 적절한 보행속도를 선택하였으며, 환자가 불안하지 않게 20초 이상 걸을 수 있을 경우[32], 회당 0.1km/h씩 속도를 증가시켰다[33].

과제지향적 트레드밀 훈련 기기인 Fave walk의 바닥의 크기는 가로 900mm 길이 1800mm로 6방향으로 움직임이 가능하다. 6축 자유도 구현이 가능하며 회전운동은 피치(Pitch), 롤(Roll), 야우(Yaw) 방향으로 움직임이 가능하고 직선운동은 서지(Surge), 스웨이(Sway), 히브(Heave) 방향으로 움직임이 가능하도록 제작하였다. 피치(오름과 내림 경사도 움직임) $\pm 5^\circ$ 이내, 롤(좌우 경사도 움직임) $\pm 5^\circ$ 이내, 야우(시계방향과 반시계방향 움직임) $\pm 5^\circ$ 이내, 서지(앞, 뒤로의 직선 움직임) ± 50 mm이내, 스웨이(좌, 우로의 직선 움직임) ± 50 mm이내, 히브(위, 아래 수직 움직임) ± 50 mm이내로 움직임이 가능하다. 몰입형 가상현실프로그램을 보여주기 위한 모니터와 결합되어 있고, 모니터에서 가상의 보행환경과 연결

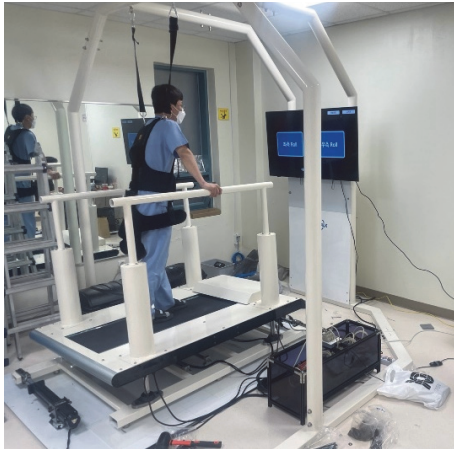


Fig. 1. Fave walk.

되어 보행훈련이 가능하게 제작이 되었다(Fig. 1). 치료하는 환자에게 체중지지도구인 하네스를 이용하여 체중 부하를 덜어주어 기립할 수 있도록 제공하고 보행 훈련은 하루 25분, 주 3회, 4주간 매주, 총 12회 시행하였다.

2) 일반 트레드밀 보행 훈련

일반적인 트레드밀 훈련은 트레드밀(fitex 6080, fitex, korea) 장비를 활용하였으며 보행 속도는 환자 스스로 적절한 보행속도를 선택하였으며, 환자가 불안하지 않게 20초 이상 걸을 수 있을 경우[32], 회당 0.1km/h씩 속도를 증가시켰다[33]. 보행 훈련은 하루 25분, 주 3회, 4주간 매주, 총 12회 시행하였다.

4. 측정방법

1) 기능적 보행지수(Functional Ambulation Categories, FAC)

기능적 보행 지수는 뇌졸중 환자의 보행에 있어서 기능적인 보행 수준을 평가하기 위한 도구로 지구력은 포함되지 않는다. 대상자가 약 3m를 걸을 때 대상자의 보행능력을 관찰하여 0-5단계로 평가한다. 5단계의 평가를 위해서 계단과 평평하지 않은 면도 보행하며 보조자의 도움 유무와 도움의 정도에 따라 보행을 6단계로 구분한다. 검사-재검사 신뢰도는 0.95, 검사자 간 신뢰도는 0.905이다[34].

2) 버그 균형 척도(Burg Balance Test, BBS)

버그 균형 척도는 정적균형과 동적균형을 모두 평가하는 척도로 원래 낙상위험도를 측정하기 위해 개발된 도구이다. 14개의 항목들은 앉은 자세와 선 자세부터 한 발 서기 자세까지 점점 지지면을 좁혀가며 자세를 유지하거나 움직이는 것으로 구성되어 있고, 각 항목은 0-4까지의 순서 척도로 이루어져 5단계로 나뉘며 만점인 56점에 가까울수록 안전하고 독립적이라고 볼 수 있다. 검사-재검사 신뢰도는 0.98[35], 측정자 내 신뢰도는 0.97[36], 측정자 간 신뢰도는 0.97[36]이며, 구성타당도 연구에서 버그 균형 척도와 바텔 지수 및 퓨글-메이어 척도의 감각운동회복 영역 사이에 높은 타당도를 보였다. 입원환자의 퇴원시기를 예측하고 보조도구의 사용기간을 예측하는 데 사용되기도 한다.

3) 퓨글-마이어 평가 척도(Fugl-Meyer Assessment Lower Extremity, FMA-LE)

뇌졸중 환자의 운동기능의 회복단계를 기반으로 뇌졸중 환자의 기능적 회복을 평가하는 도구인 퓨글-마이어 평가 척도는 환자의 팔과 다리의 운동기능, 균형, 통증, 관절가동범위의 평가항목 중 다리의 운동기능 평가 척도이다. 다리 운동기능 평가의 총점은 34점으로, 수행할 수 없으면 0점, 부분적으로 수행할 수 있으면 1점, 완전하게 수행할 수 있으면 2점을 부여하는 3점 척도이다. 검사자 간 신뢰도는 0.99[30], 검사자 내 신뢰도는 0.94-0.98[37]이다.

4) 10M 보행 검사(10meter Walking Test, 10MWT)

대상자의 보행 능력을 평가하는 검사 중 하나인 10m 보행검사는 검사자가 한명이 필요하고, 간단하게 평가가 가능하다. 이 평가도구는 대상자의 보행속도를 계산하기 위해 14m 거리를 걷게 하고, 가속기간 2m와 감속기간 2m를 제외한 나머지 10m 거리의 걷는 속도를 측정하였다. 본 연구에서는 연습시간을 제공하여 적응시간을 가진 후 대상자가 걸을 수 있는 최대 속도로 걷도록 하고, 3회 측정하여 평균시간을 사용하였다. 이때 검사자는 안전에 유의하며 안전하게 평가하였다. 시간측정은 전자 초시계를 사용하였고, 소수점 이하 둘째 자리까지 측정 후 초당 걸은 거리로 환산하였다.

이 검사 방법은 검사-재검사 신뢰도가 .96을 보이며 보행 속도를 평가하는데 유용한 방법이다[35].

5) 수정 바텔지수(Modified Barthel Index, MBI)

수정 바텔지수는 환자의 기능적 독립성과 일상생활 동작에서의 도움이 필요한 정도를 측정하기 위한 도구이며, 환자들의 기능장애를 평가하는데 사용되고 일상 생활동작 에서 얼마만큼의 도움이 필요한지를 반영한다. 일상생활활동에 관한 항목들의 점수를 합산하고, 대상자의 점수를 기록하고 합산할 수 있는 총 점수는 100점이다. 0점에서 24점은 완전하게 도움을 받아야 하고, 25점에서 49점은 최대한 도움을 받아야 하고, 50점에서 74점은 중등도의 도움을 받아야 하고, 75점에서 90점은 약간의 도움을 받아야 하며, 91점에서 99점은 최소의 도움을 받아야 함을 나타낸다[38]. 점수가 높을수록 도움 없이 일상생활수행을 할 수 있음을 나타낸다. 이 검사도구는 기능적 독립성 평가(functional independence measure) 도구와 높은 내적일치도를 보인다[39].

6) 일어나 걷기 검사(Timed Up and Go Test, TUG)

일어나 걷기 검사는 일반적으로 노인을 대상으로 낙상위험도를 평가하기 위해 균형을 빠르고 간단하게 검사하는 도구로 동적균형검사이다. 대상자는 팔걸이의자의 등받이에 엉덩이가 닿도록 바른 자세로 앉은 자세에서 일어나서 3m를 걸어 표시된 지점을 돌아 제자리로 돌아오는 과제를 수행한다. 평소에 보행보조도구를 사용한다면 보조도구를 사용해 과제를 수행할 수 있지만

다른 사람의 도움을 받아서는 안 된다. 보통 10초 이내로 수행할 수 있으면 정상으로 판단한다. 약한 노인인 경우 11~20초 정도 소요되고, 20초 이상 걸리면 보행 시 도움이 필요하다고 평가한다. 검사-재검사 신뢰도는 0.96 이며[40], 보행속도(-0.55), 버그 균형 척도(-0.72), 바텔 지수(-0.51)와 높은 타당도를 보인다.

5. 자료분석

본 연구에서 측정된 자료는 그룹별로 10명씩 총 20명을 대상으로 자료를 분석하였고 통계처리는 SPSS version 27.0 program을 사용하였다. 대상자의 일반적인 특성 분석은 샤피로-윌크스 검정(Shapiro-Wilk test)을 사용하여 정규성검정을 하였으며, 정규성을 만족하여 모수 검정을 사용하여 분석하였다. 그룹 내 중재 전·후 변화를 알아보기 위해서 대응표본 t-검정(Paired t-test)을 실시하였고, 두 그룹 간의 중재 전·후 비교를 위해서 독립표본 t-검정(Independent t-test)을 실시하였다. 통계학적 유의수준(α)은 .05로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자는 각 그룹 당 10명씩 총 20명으로, 실험군과 대조군의 평균 나이, 키, 몸무게와 환자의 인지기능을 검사하기 위하여 사용한 한국판 간이정신상태검사(Mini-Mental State Examination, MMSE-K),

Table 1. General and medical characteristics of the subjects

Variable	EG (n = 10)	CG (n = 10)	p
Age (year)	48.40 ± 14.75	53.5 ± 10.29	.382
Height (cm)	170.54 ± 8.75	168.800 ± 10.86	.698
Weight (kg)	68.40 ± 12.84	68.40 ± 18.71	1.000
MMSE-K (score)	27.50 ± 1.08	28.50 ± 1.58	.116
Onset duration (day)	88.27 ± 12.78	99.17 ± 12.24	.324
Gender (Male/Female)	6/4	6/4	1.000
Diagnosis (Infarction/Hemorrhage)	5/5	6/4	.673

EG: Experimental Groups, CG: Control Groups, M ± SD: Mean ± Standard Deviation

환자의 발병기간(일), 성별, 뇌졸중 형태(뇌경색, 뇌출혈) 모두에서 두 그룹 간 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p > .05$)(Table 1).

2. 보행 기능 비교

대상자의 보행 기능을 평가하기 위하여 기능적 보행 지수(Functional Ambulation Category, FAC)와 10m 보행 검사(10-Meter Walk Test, 10MWT)를 사용하였다. 기능적 보행지수의 중재 전-후 비교에서 실험군에서만 통계학적으로 유의한 차이가 있었고($p < .05$), 각 그룹의 중재 전-후 변화량 차이에서 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p > .05$). 10m 보행검사의 중재 전-후 비교에서 실험군과 대조군 모두 통계학적으로 유의한 차이가 있었고($p < .05$), 각 그룹의 중재 전-후의 변화량 차이에서도 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$)(Table 2).

3. 균형 능력 비교

대상자의 균형 능력을 평가하기 위하여 버그 균형 척도(Berg Balance Scale, BBS), 일어나 걷기 검사(Timed Up And Go Test, TUG)를 사용하였다. 버그 균형 척도의 중재 전-후 비교에서 실험군에서만 통계학적으로 유의한 차이가 있었고($p < .05$), 각 그룹의 중재 전-후 변화량 차이에서도 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 일어나 걷기 검사의 중재 전-후 비교에서 실험군과 대조군 모두 통계학적으로 유의한 차이가 있었고($p < .05$), 중재 전-후 변화량 차이에서도 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$)(Table 3).

4. 기능적 활동 비교

대상자의 기능적 활동을 평가하기 위하여 푸글-마이 어 평가(Fugl-Meyer Assessment, FMA)와 한국판 수정

Table 2. Changes in the walking test scores between the two groups (M \pm SD)

		EG	CG	t	p
FAC (unit:score)	Pre	3.10 \pm 1.28	2.90 \pm 1.10	.37	.713
	Post	4.00 \pm 1.24	3.00 \pm 1.24		
	Difference value	.90 \pm 1.10	.10 \pm .31	2.20	.050
	t	-2.58	-1.00		
	P	.029*	.343		
10MWT (unit:sec)	Pre	29.40 \pm 2.22	28.90 \pm 2.23	.50	.622
	Post	25.60 \pm 2.36	28.00 \pm 2.10		
	Difference value	-3.80 \pm 1.31	-.70 \pm 1.16	-5.58	.000*
	t	9.12	2.86		
	p	.000*	.019*		

M \pm SD: Mean \pm Standard Deviation, EG: Experimental Group, CG: Control Group, FAC: Functional ambulation category, 10MWT: 10 meter walk test, * $p < .05$

Table 3. Changes in the balance test scores between two groups (M \pm SD)

		EG	CG	t	p
BBS (unit:score)	Pre	33.50 \pm 13.13	35.40 \pm 6.48	-.41	.687
	Post	48.80 \pm 7.02	36.40 \pm 7.45		
	Difference value	15.30 \pm 11.75	1.00 \pm 1.63	3.81	.004*
	t	-4.11	-1.93		
	p	.003*	.085		

Table 3. (Continued)

		EG	CG	t	p
TUG (unit:sec)	Pre	29.30 ± 2.11	29.80 ± 1.75	-.57	.571
	Post	22.70 ± 3.16	28.10 ± 1.37		
	Difference value	-6.60 ± 1.83	-1.70 ± 1.63	-6.29	.000*
	t	11.35	3.28		
	p	.000*	.009*		

M ± SD: Mean ± Standard Deviation, EG: Experimental Group, CG: Control Group, BBS: Berg balance scale, TUG: Timed up and go test, *p < .05

Table 4. Changes in the functional activities test scores between the two groups (M ± SD)

		EG	CG	t	p
FMA-LE (unit:score)	Pre	21.80 ± 4.41	20.70 ± 4.49	.55	.588
	Post	27.60 ± 0.51	21.50 ± 4.35		
	Difference value	5.80 ± 4.49	.80 ± .63	3.48	.006
	t	-4.08	-4.00		
	p	.003*	.003*		
MBI (unit:score)	Pre	56.60 ± 27.33	55.30 ± 18.83	.12	.903
	Post	59.60 ± 27.11	56.50 ± 19.36		
	Difference value	3.00 ± 2.30	1.20 ± 1.03	2.25	.037*
	t	-4.10	-3.67		
	p	.003*	.005*		

M ± SD: Mean ± Standard Deviation, EG: Experimental Group, CG: Control Group, FMA-LE: Fugl-Meyer Assessment-Lower Extremity, MBI: Modified Barthel index, *p < .05

바텔지수(Modified Barthel Index, K-MBI)를 사용하였다. 푸글-마이어 평가의 중재 전-후 비교에서 실험군과 대조군 모두 통계학적으로 유의한 차이가 있었고(p < .05), 중재 전-후 변화량 차이에서도 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p < .05). 한국판 수정 바텔지수의 중재 전-후 비교에서 실험군과 대조군 모두 유의한 차이가 있었고(p < .05) 중재 전-후 변화량 차이에서도 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p < .05)(Table 4).

IV. 고 찰

본 연구에서는 과제지향적 트레드밀 보행훈련이 아

급성기 뇌졸중 환자의 보행 기능, 균형 능력 및 기능적 활동에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. 대조군과 실험군 모두 중추신경계발달치료를 30분간 실시하였고, 별도로 15분간 기능적 전기 자극 치료를 시행하였다. 실험군에서는 추가적으로 과제지향적 트레드밀 보행훈련을, 대조군은 일반적인 트레드밀에서 보행훈련을 각각 하루 25분, 주 3회, 4주간 매주, 총 12회 시행하였다.

뇌졸중 환자들이 보행을 수월히 하기 위해서는 편평하지 않은 표면을 넘어지지 않고 걸을 수 있어야 하고, 장애물이나 환경적인 장벽을 극복할 수 있어야 한다 [41]. 일정한 환경을 제공하는 일반적인 트레드밀 훈련을 통해 습득한 보행 기술은 실제 환경의 보행으로의

전환이 어려울 수 있다[24]. 따라서 일반적인 트레드밀 기반의 보행 훈련은 실제 환경의 요소를 통합하여, 습득한 보행기술을 현실에서 최대한 사용할 수 있도록 고려하고[25], Kim 은 보행 환경도 실제 생활에 가깝게 설정하여 치료를 해야한다는 것을 제안하였다[42]. 실제 환경에서 보행하는 동안 예상하지 못한 상황들이 발생할 수 있고, 환경적인 장벽에 의해 갑작스런 신체 동요가 나타날 수 있기 때문에 균형을 빠르게 회복하고 안정성을 높여야 한다는 점에서 다양한 경사각을 통하여 실제 환경과 유사한 환경을 제공하는 과제지향적 트레드밀 보행훈련이 더욱 유용하다고 생각된다.

본 연구의 보행기능의 결과 중 기능적 보행지수의 변화에서 실험군은 전·후에서 유의하게 증가한 반면에, 대조군은 중재 전·후 유의한 차이가 없었고, 변화량 비교에서 실험군과 대조군의 유의한 차이는 없었다. 보행의 다른 측정값인 10m 보행검사에서는 실험군과 대조군 모두에서 중재 전·후 유의한 감소를 보였고, 변화량 비교에서 실험군과 대조군의 유의한 차이가 나타났다.

인공잔대와 같은 불안정한 지면은 보폭 대칭을 증가시킬 수 있는 환자들에게 평탄한 지면보다 발바닥에 더 많은 체성 감각정보를 제공할 수 있으며[43], 다양한 표면에서의 운동은 전체적인 균형감각, 마비된 신체부분의 기능, 하지의 협응 및 근력, 좌우 체중부하, 몸의 중심 위치 변화에 영향을 미친다[44]. Van Duijnhoven 등은 뇌졸중 환자를 대상으로 한 운동치료에 대해 체계적 문헌 고찰 및 메타분석 연구를 수행한 결과 뇌졸중 환자를 위한 보행 훈련과 다중 감각훈련 프로그램이 뇌졸중 환자의 근력, 평형 및 근육 지구력의 개선에 도움이 되었다고 보고하였다[45].

Hsiao 등은 뇌졸중 환자들이 보행속도를 증가시키는 일차적인 요인으로 비마비측의 전진 추진력의 증가를 보고하였고[46], Pohl 등은 트레드밀 훈련에서 하지의 반복적인 움직임과 집중적으로 훈련을 받는 강도의 정도로 인해서 보행 속도를 향상시킬 수 있다고 보고하였다[47]. 또한 트레드밀에서 걸을 때 각 관절의 움직임이 지면에서 걷는 것보다 크게 나타나고 지속적으로 움직이는 트레드밀 벨트의 속도에 맞춰 신체 중심을 적절하게 유지하기 위해 더 많은 노력이 필요하다[48]. 그러므

로 본 연구에서는 운동학적 분석은 수행되지 않았지만, 실제 환경과 유사한 환경을 제공하는 과제 지향적 트레드밀 훈련이 일반적인 트레드밀 보행훈련 군과 비교하여 더 많은 감각정보와 운동강도를 제공하였을 것으로 생각되며, 이것이 보행기능에 영향을 미칠 수 있다고 사료된다. 이러한 결과는 다방향 트레드밀의 긍정적인 효과를 지지하고 있다. 추후 보행훈련 프로그램의 관찰된 효과의 운동학적 변화에 대한 추가 연구가 필요하다.

균형능력의 결과 중 버그 균형 검사의 비교에서 실험군은 중재 전·후에서 유의하게 증가한 반면에, 대조군은 중재 전·후 유의한 차이가 없었고, 변화량 비교에서 실험군과 대조군의 유의한 차이가 나타났다. 균형의 다른 측정값인 일어나 걷기 검사에서는 실험군과 대조군 모두에서 중재 전·후 유의한 감소가 있었고, 변화량 비교에서 실험군과 대조군의 유의한 차이가 나타났다.

일반적인 트레드밀에서의 보행은 하지의 반복적인 운동을 통해 보행 대칭성, 하지 근력 및 협응을 향상시키고[49], 지면에서의 보행은 하지의 근력과 지면 반작용 힘의 생성능력을 향상시킨다[50]. Mudge 등은 뇌졸중 환자를 대상으로 트레드밀 보행 훈련을 하였을 때 균형을 향상시키는데 도움이 된다고 보고하였고[51], Kim 등은 일반적인 트레드밀 환경에서의 운동보다는 지면에서의 걷기운동이 보행지구력과 균형에 더 효과적이라고 보고 하였으며[52], Liu 등은 뇌졸중 환자의 보행, 균형 향상 및 부상 추락 위험 감소를 위해 다양한 표면에서의 운동을 강조하고 안정된 평형 운동을 피해야 한다고 제안하였다[53]. 본 연구에서 다방향 트레드밀을 사용 후 균형 능력이 개선됨을 관찰하였고, 이는 선행연구의 결과와 일치한다. 다방향 트레드밀에서의 보행훈련이 실제환경에서의 보행훈련과 유사하다고 생각되며, 훈련강도가 일반적인 트레드밀 보행훈련보다 높았을 것으로 사료되고, 고강도훈련이 회복을 촉진한다는 점에서 뇌졸중 재활의 원리와 일치한다[54].

기능적 활동의 결과 중 퓨글-마이어 평가척도 비교에서 실험군과 대조군 모두에서 중재 전·후에서 유의하게 증가하였고, 변화량 비교에서 실험군과 대조군의 유의한 차이가 나타났다. 기능적 활동의 다른 측정값인 수정바벨지수에서 실험군과 대조군 모두에서 중재 전·

후 유의한 증가를 보였고, 변화량 비교에서 실험군과 대조군의 유의한 차이가 나타났다.

편마비 환자에서의 능동근육수축 손실, 근육약화, 신체불균형 및 발목불안정성은 일상생활 수행능력을 제한하고 부상 위험을 증가시킨다[55]. Rhyu와Rhi는 뇌졸중 환자를 대상으로 서로 다른 지면에서의 훈련을 적용하였을 때 동적균형능력이 보행의 스태스 및 스윙 단계에서 상하체의 조화에 영향을 미치며, 엉덩관절 기능 향상, 체중 이동 능력 향상 및 지지 안정성 증가로 이어져 보행 보폭이 더 길어지고 보행 단계 시간에 영향을 미친다고 보고하였고, Hwang은 뇌졸중 환자들의 근육활동이 감소함에 따라 어려운 환경에서의 보행훈련을 통해 안정된 지면에서의 보행에서도 근육효율의 증가와 근육의 기능적 향상으로 이어진다는 것을 보고하였다[56]. Mochizuki 등은 균형에 따라 보행 속도와 보폭의 변화를 관찰하였으며, 이것이 보행 능력과 낙상 위험 개선과 관련이 있다고 보고하였고[57], 보행은 편마비 뇌졸중 환자의 일상생활 수행능력에 중요한 요소이며, 이는 걷기, 오르내리기, 화장실 가기와 같은 독립 생활 동작과 특히 관련이 있기 때문에 보행과 균형능력의 향상이 기능적 활동의 개선에 영향을 미칠 수 있다고 사료된다.

선행 연구와 본 연구에서 관찰된 환자들이 다르더라도 일정한 지면을 제공하는 트레드밀 환경에 비하여 다양한 경사각과 더불어 실제 환경과 유사한 환경을 제공하는 과제 지향적 트레드밀 보행훈련이 근력, 근지구력 및 균형 능력을 향상시키는 데 더 큰 개선을 가져오며, 이로써 보행기능과 기능적 활동을 더 크게 향상시킨다는 것을 시사한다. 따라서 과제 지향적 트레드밀을 사용한 보행훈련이 보행능력과 신체균형을 향상시키며, 지속적이고 장기적인 프로그램의 시행이 기능적 활동에 긍정적인 영향을 미친다고 할 수 있다.

본 연구의 제한점은 첫째로, 유병기간이 3개월에서 6개월 사이인 아급성기 뇌졸중 환자 20명을 대상으로 한정하여, 이러한 결과를 모든 뇌졸중 환자에 대해 일반화하기 어렵다는 점이 있다.

둘째로, 과제 지향적 트레드밀의 효과를 입증하는 과정에서 발목관절과 무릎관절의 운동학적 변화에 대한 평가가 이루어지지 않았다는 한계가 있다.

셋째로, 다방향 트레드밀과 지면 보행을 비교하기

위해 실험군을 다양하게 구성하여 포괄적인 결과를 얻는 것이 중요하다.

넷째로, 중재 후 장기 추적 관찰이 이루어지지 않아 장기 효과를 정량화하고 비교하는데 한계가 있다. 따라서 본 연구의 결과를 일반화하기 위해서는 다양한 변수를 측정하고 향후 이러한 제한점을 보완하는 연구가 계속 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 과제 지향적 트레드밀에서의 보행 훈련이 아급성기 뇌졸중 환자의 보행, 균형 및 기능적 활동에 미치는 영향을 조사하였다. 실험군과 대조군 모두에게 중추신경계발달치료와 기능적 전기자극이 적용되었으며, 실험군은 추가로 과제 지향적 트레드밀 보행훈련을 받았고, 대조군은 일반 트레드밀에서 보행 훈련을 받았다. 연구 결과, 실험군에서는 보행기능, 균형능력, 기능적 활동 모두에서 유의한 개선이 관찰되었고, 대조군에서는 보행기능 중 10 m 보행검사와 균형능력 중 일어나 걷기 검사 및 기능적 활동에서 유의한 개선이 관찰되었다. 변화량 비교에서 실험군은 대조군과 비교하여 10 m 보행검사, 균형능력, 기능적 활동에서 유의한 차이가 나타났다.

이러한 결과는 과제 지향적 트레드밀에서의 보행훈련이 뇌졸중 환자의 보행기능, 균형능력을 향상시키는 데 긍정적인 영향을 미치며, 이를 통해 일상생활 수행 능력과 기능적활동 향상에 기여할 수 있음을 시사하고, 뇌졸중 환자의 재활에 이러한 환경을 포함시키는 것이 유용할 것으로 보인다. 이러한 연구 결과는 뇌졸중 환자의 재활 및 보행 훈련에 대한 실제 임상적인 적용을 위한 중요한 정보를 제공한다.

Acknowledgements

본 연구는 2023년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임[RS-2023-00227266].

References

- [1] Srinayanti Y, Widianti W, Andriani D, et al. Range of motion exercise to improve muscle strength among stroke patients: A literature review. *IJNHS*. 2021;4(3):332-43.
- [2] Zhang B, Li D, Liu Y, et al. Virtual reality for limb motor function, balance, gait, cognition and daily function of stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *J Adv Nurs*. 2021;77(8):3255-73.
- [3] Park S, Jeong H, Kim B. Effects of vibration rolling on ankle range of motion and ankle muscle stiffness in stroke patients: a randomized crossover study. *JAPTR*. 2021;12(1):2272-8.
- [4] Dickstein R, Dunsy A, Marcovitz E. Motor imagery for gait rehabilitation in post-stroke hemiparesis. *Phys Ther*. 2004;84(12):1167-77.
- [5] Olney SJ, Richards C. Hemiparetic gait following stroke. part i: characteristics. *Gait Posture*. 1996;4(2):136-48.
- [6] Aaslund MK, Helbostad JL, Moe-Nilssen R. Walking during body-weight-supported treadmill training and acute responses to varying walking speed and body-weight support in ambulatory patients post-stroke. *Physiother Theory Pract*. 2013;29(4):278-89.
- [7] Fung J, Richards CL, Malouin F, et al. A treadmill and motion coupled virtual reality system for gait training post-stroke. *Cyberpsychol Behav*. 2006;9(2):157-62.
- [8] Smith PS, Thompson M. Treadmill training post stroke: Are there any secondary benefits? A pilot study. *Clin Rehabil*. 2008;22(10-11):997-1002.
- [9] Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, et al. What is balance? *Clin Rehabil*. 2000;14(4):402-6.
- [10] Horak FB, Wrisley DM, Frank J. The balance evaluation systems test (bestest) to differentiate balance deficits. *Phys Ther*. 2009;89(5):484-98.
- [11] Bland MD, Sturmoski A, Whitson M, et al. Prediction of discharge walking ability from initial assessment in a stroke inpatient rehabilitation facility population. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012;93(8):1441-7.
- [12] Xu T, Clemson L, O'Loughlin K, et al. Risk factors for falls in community stroke survivors: A systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2018;99(3):563-73. e565.
- [13] Shamay NS, William TW, Patrick KW, et al. Sensorimotor impairments of paretic upper limb correlates with activities of daily living in subjects with chronic stroke. *S Afr J Physiother*. 2011;67(1):9-16.
- [14] Crichton SL, Bray BD, McKeivitt C, et al. Patient outcomes up to 15 years after stroke: Survival, disability, quality of life, cognition and mental health. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2016;87(10):1091-8.
- [15] Mayo NE, Wood-Dauphinee S, Côté R, et al. Activity, participation, and quality of life 6 months poststroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83(8):1035-42.
- [16] Mast BT, Azar AR, MacNeill SE, et al. Depression and activities of daily living predict rehospitalization within 6 months of discharge from geriatric rehabilitation. *Rehabil Psychol*. 2004;49(3):219.
- [17] Sager MA, Franke T, Inouye SK, et al. Functional outcomes of acute medical illness and hospitalization in older persons. *Arch Intern Med*. 1996;156(6):645-52.
- [18] Ivey FM, Hafer-Macko CE, Macko RF. Task-oriented treadmill exercise training in chronic hemiparetic stroke. *J Rehabil Res Dev*. 2008;45(2):249.
- [19] Oujamaa L, Relave I, Froger J, et al. Rehabilitation of arm function after stroke. literature review. *Ann Phys Rehabil Med*. 2009;52(3):269-93.
- [20] Jeong GY, Im BJ, Park CD, et al. The effects and trends of full-body vibration devices integrated with virtual reality in IT converged medical device technology. *State of the Art Report*. 2011;23(1):24-32.
- [21] Jochymczyk-Woźniak K, Nowakowska K, Polechoński J, et al. Physiological gait versus gait in vr on multidirectional treadmill—comparative analysis. *Medicina*. 2019;55(9):517.
- [22] Malatesta D, Canepa M, Menendez Fernandez A. The effect of treadmill and overground walking on preferred

- walking speed and gait kinematics in healthy, physically active older adults. *Eur J Appl Physiol.* 2017;117:1833-43.
- [23] Traballasi M, Porcaccia P, Averna T, et al. Energy cost of walking measurements in subjects with lower limb amputations: A comparison study between floor and treadmill test. *Gait Posture.* 2008;27(1):70-5.
- [24] Hollman JH, Watkins MK, Imhoff AC, et al. A comparison of variability in spatiotemporal gait parameters between treadmill and overground walking conditions. *Gait Posture.* 2016;43:204-9.
- [25] Bishop L, Khan M, Martelli D, et al. Exploration of two training paradigms using forced induced weight shifting with the tethered pelvic assist device to reduce asymmetry in individuals after stroke. *Am J Phys Med Rehabil.* 2017;96(10):S135-S40.
- [26] Lindquist AR, Prado CL, Barros RM, et al. Gait training combining partial body-weight support, a treadmill, and functional electrical stimulation: effects on poststroke gait. *Phys Ther.* 2007;87(9):1144-54.
- [27] Lancu I, Oliner A. The minimal state examination—an up-to-date review. *Harefuah.* 2006;145(9):687-90.
- [28] Yang CY, Kim TJ, Lee JH, et al. The effect of functional electrical stimulation on the motor function of lower limb in hemiplegic patients. *Journal of the Korean Academy of Rehabilitation Medicine.* 2009;33(1):29-35.
- [29] Kim J-H, Uhm Y-H. The effects of biofeedback fusion postural control training using functional electrical stimulation on the muscle activity and balance ability of the stroke patient. *Convergence.* 2019;17(12):319-27.
- [30] Duncan PW, Propst M, Nelson SG. Reliability of the fugl-meyer assessment of sensorimotor recovery following cerebrovascular accident. *Phys Ther.* 1983;63(10):1606-10.
- [31] Sanford J, Moreland J, Swanson LR, et al. Reliability of the fugl-meyer assessment for testing motor performance in patients following stroke. *Phys Ther.* 1993;73(7):447-54.
- [32] Yang Y-R, Tsai M-P, Chuang T-Y, et al. Virtual reality-based training improves community ambulation in individuals with stroke: A randomized controlled trial. *Gait Posture.* 2008;28(2):201-6.
- [33] 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. *J Appl Physiol.* 2005;98(4):1519-25.
- [34] Mehrholz J, Wagner K, Rutte K, et al. Predictive validity and responsiveness of the functional ambulation category in hemiparetic patients after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(10):1314-9.
- [35] Liston RA, Brouwer BJ. Reliability and validity of measures obtained from stroke patients using the balance master. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996;77(5):425-30.
- [36] Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams J. The balance scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scand J Rehabil Med.* 1995;27(1):27-36.
- [37] Lin J-H, Hsueh I-P, Sheu C-F, et al. Psychometric properties of the sensory scale of the fugl-meyer assessment in stroke patients. *Clin Rehabil.* 2004;18(4):391-7.
- [38] Shah S, Vanclay F, Cooper B. Improving the sensitivity of the barthel index for stroke rehabilitation. *J Clin Epidemiol.* 1989;42(8):703-9.
- [39] Hobart J, Thompson A. The five item barthel index. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2001;71(2):225-30.
- [40] Flansbjerg U-B, Holmbäck AM, Downham D, et al. Reliability of gait performance tests in men and women with hemiparesis after stroke. *J Rehabil Med.* 2005;37(2):75-82.
- [41] Perry J, Garrett M, Gronley JK, et al. Classification of walking handicap in the stroke population. *Stroke.* 1995;26(6):982-9.
- [42] Kim Y. The factors related to the community mobility in disabled person. *Disabil Rehabil.* 2007;11(3):146-67.
- [43] Sekiguchi Y, Honda K, Izumi S-I. Effect of walking

- adaptability on an uneven surface by a stepping pattern on walking activity after stroke. *Front Hum Neurosci*. 2022;15:762223.
- [44] Rhyu H-S, Rhi S-Y. The effects of training on different surfaces, on balance and gait performance in stroke hemiplegia. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2021;27:592-6.
- [45] van Duijnhoven HJ, Heeren A, Peters MA, et al. Effects of exercise therapy on balance capacity in chronic stroke: Systematic review and meta-analysis. *Stroke*. 2016; 47(10):2603-10.
- [46] Hsiao H, Awad LN, Palmer JA, et al. Contribution of paretic and nonparetic limb peak propulsive forces to changes in walking speed in individuals poststroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2016;30(8):743-52.
- [47] 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):553-8.
- [48] Sohn R, Choi H, Son J, et al. The comparison of overground walking and treadmill walking according to the walking speed: Motion analysis and energy consumption. *J Biomed Eng Res*. 2009;30(3):226-32.
- [49] AM M. Treadmill training and body weight support for walking after stroke (review). *The cochrane library*. The Cochrane Collaboration. 2007;3.
- [50] Dean CM, Richards CL, Malouin F. 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.
- [51] Mudge S, Rochester L, Recordon A. The effect of treadmill training on gait, balance and trunk control in a hemiplegic subject: a single system design. *Disabil Rehabil*. 2003; 25(17):1000-7.
- [52] Kim CY, Park IM, Oh DW. Comparison of the effect of treadmill gait training and overground gait training on gait function in stroke patients. *Kor J Neuromuscul Rehabil*. 2011;1(1):13-20.
- [53] Liu M, Chen J, Fan W, et al. Effects of modified sit-to-stand training on balance control in hemiplegic stroke patients: A randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2016;30(7): 627-36.
- [54] Langhorne P, Bernhardt J, Kwakkel G. Stroke rehabilitation. *The Lancet*. 2011;377(9778):1693-702.
- [55] Beyaert C, Vasa R, Frykberg GE. Gait post-stroke: Pathophysiology and rehabilitation strategies. *Neurophysiol Clin*. 2015;45(4-5):335-55.
- [56] Hwang B-H, Kim T-H. The effects of sand surface training on changes in the muscle activity of the paretic side lower limb and the improvement of dynamic stability and gait endurance in stroke patients. *J Exerc Rehabil*. 2019;15(3):439.
- [57] Mochizuki L, Bigongiari A, Franciulli PM, et al. The effect of gait training and exercise programs on gait and balance in post-stroke patients. *MedicalExpress*. 2015;2.