

과제 지향적 트레드밀 훈련이 뇌졸중 환자의 보행 능력에 미치는 영향: 체계적 고찰 및 메타분석

한용구 · 김명권[†]

대구대학교 재활과학원, ¹대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

The Effect of Task-Oriented Treadmill Training on Gait Function in Patients with Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis

Yong-Gu Han, PT, MS · Myoung-Kwon Kim, PT, PhD[†]

Institute of Rehabilitation Sciences, Daegu University

¹Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Sciences, Daegu University

Received: December 31 2023 / Revised: January 2 2024 / Accepted: January 22 2024

© 2024 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study was a systematic review and meta-analysis of the literature comparing the differences between task-oriented treadmill training and general treadmill training for stroke patients.

METHODS: Literature published in the Cumulated Index to Nursing and Allied Health Literature (CINAHL), Embase, Physiotherapy Evidence Database (PEDro), and PubMed was reviewed. A total of 1,163 studies were initially retrieved, of which eight articles were included in the final review. A quality assessment of the included studies was conducted using the Risk of Bias (RoB) 2.0 tool, and Duval and

Tweedie's trim and fill method was used to evaluate publication bias. Data analysis was performed using R studio 4.2.1.

RESULTS: According to the quality assessment using RoB 2.0, three articles were evaluated as low risk, two as of some concern, and three as high risk. The overall effect size of task-oriented treadmill training was .35. Regarding gait function, the values were .76, .25, and .40, respectively, for gait endurance, gait speed, and gait pattern. According to Duval and Tweedie's trim and fill method, no publication bias was observed.

CONCLUSION: Study findings indicate that task-oriented treadmill training is the most effective intervention for improving gait endurance in patients with stroke. Therefore, applying this intervention to patients with stroke in the community is recommended.

Key Words: Gait analysis, Meta-analysis, Stroke, Systematic review

[†]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.

I. 서론

뇌졸중의 예후는 손상의 기전, 범위, 위치 등에 의하여 결정되고, 최근 10년 동안 수행된 연구에 따르면 뇌졸중 환자에게 가장 중요한 치료 목표 중 하나는 보행 능력의 개선이다[1-9]. 보행 능력을 개선하는 것은 뇌졸중 환자가 일상생활 능력을 높이고 외부 활동을 통한 사회활동을 증진하기 위해서 중요하며[5], 임상 현장에서는 뇌졸중 환자의 보행 능력을 개선하기 위해서 다양한 중재 장비가 사용되고 있다[10,11]. 특히, 트레드밀(Treadmill)은 급성기 또는 만성기 뇌졸중 환자의 재활에 지속적으로 사용되었고, 선행 연구에 따르면 뇌졸중 환자의 보행 및 균형 능력을 개선하는데 긍정적인 효과가 보고되었다[2-5].

현재, 재활 현장에서 사용되는 트레드밀은 제조회사에 따라서 경사도 및 속도, 안전 바와 같은 옵션이 포함되어 있다[12]. 하지만 속도 및 경사의 조절이라는 측면을 제외하면 중재의 방법론적인 측면에서는 다소 단조로운 단점이 있다. 따라서 이러한 트레드밀의 한계점을 보완하기 위해서 최근에는 장애물 보행, 이중 과제, 스피릿-벨트 트레드밀(spilt belt treadmill 등의 추가적인 옵션을 적용한 연구가 수행되었고, 뇌졸중 환자를 대상으로 일반적인 트레드밀 훈련과의 차이를 비교하여 더 효과적인 결과를 보고하였다[8,9,12]. 실제로 Choi 등[2]에 따르면 이중 과제를 적용한 트레드밀 보행 훈련이 일반적인 트레드밀 훈련과 비교해서 뇌졸중 환자의 정적 균형과 동적 균형에 효과적인 결과를 보고하였고, Kwon 등[4]에 따르면 과제지향적 트레드밀 훈련이 일반적인 트레드밀과 비교해서 뇌졸중 환자의 균형 및 보행에 유의한 효과를 보고하였다.

하지만 기존의 효과적인 결과에도 불구하고 뇌졸중 환자를 대상으로 수정된 트레드밀 훈련(Revised treadmill training)을 일반적인 트레드밀 훈련(Conventional treadmill training)과 비교한 연구는 대부분 개별 중재 연구로 수행되었으며, 질적 수준을 높이기 위한 체계적 고찰 및 메타분석으로 수행된 연구는 부족한 실정이다. 임상 현장에서 더 높은 근거의 의사결정을 위해서는 질 높은 연구가 필요하며, 기존에 수행된 연구의 상반된 결과를

통합해서 결론을 내릴 필요가 있다[13,14]. 특히 재활 현장에서는 특정 질환을 가진 대상자에게 중재 방법과 강도가 일관되지 않고 선택적으로 사용되고 있어서, 개별 연구의 한계를 보완하고 종합적인 결과를 도출해야 한다.

따라서 본 연구의 목적은 다음과 같다. 첫째로, 뇌졸중 환자를 대상으로 수정된 과제 지향적 트레드밀 훈련과 일반적인 트레드밀 훈련의 차이를 비교한 연구를 체계적으로 검토하기 위함이다. 두 번째로, 포함된 문헌의 효과크기를 확인하여 조절변수에 따른 효과의 차이를 규명하고 가장 효과적인 중재 방법에 대한 정보를 제공하기 위함이다.

II. 연구방법

1. 연구설계

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 수정된 트레드밀 훈련과 일반적인 트레드밀 훈련의 차이를, 메타분석을 이용하여 분석한 연구이다. 본 연구의 절차는 Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis (PRISMA)의 절차에 따라서 수행되었다[15].

2. 자료 수집 및 선정

본 연구는 PICO (Participants, intervention, comparison and outcome)에 맞게 설계되었다[16]. 대상자는 뇌졸중으로 진단을 받은 자, 중재는 과제 지향적 트레드밀 훈련을 받은 집단, 비교 집단은 일반적인 트레드밀 훈련을 받은 집단, 결과는 보행기능과 관련된 결과로 선정하였다.

3. 자료 수집

자료 검색은 2023년 11월부터 2023년 12월 19일까지 시행하였고, PubMed, Cumulated index in nursing and allied health literature (CINAHL), Physiotherapy evidence database (PEDro), Embase에 게재된 문헌으로 선정하였다. 분석 자료의 출판 연도를 제한하지 않았으며 문헌의 언어는 영어로 통일하였다. 검색전략은 뇌졸중

(Stroke)과 트레드밀(Treadmill)에 관련된 키워드로 검색하였고, PubMed는 MeSh 언어 또는 Emtree 언어를 이용해서 검색을 수행하였다. 자료 검색에 사용된 검색식은 아래와 같다. (“task oriented”) OR (“dual task”) OR (task) OR (virtual reality) OR (“Task specific”) AND ((running machine) OR (treadmill*) OR (partial body weight support) OR (partial body weight)) AND ((stroke*) OR (Cerebrovascular Accident) OR (CVA) OR (Brain Vascular Accident) OR (Cerebral Stroke*) OR (Brain Vascular Accident)). 검색된 연구의 분류과정은 Endnote X7을 사용해서 중복 및 연구설계의 타당도를 확인하였으며, 문헌검색은 본 연구자 등이 검색전략에 따라 1차적으로 수행하였고, 두 연구자 간 합의를 통해 최종적으로 연구를 선정하였다.

본 연구의 선정기준은 아래와 같다.

- 첫째, 대상자가 뇌졸중으로 진단 받은 환자
- 둘째, 과제 지향적 트레드밀 훈련과 일반적인 트레드밀의 효과를 비교한 연구
- 셋째, 측정 결과에 보행 기능을 포함한 연구
- 넷째, 무작위 대조군 연구 (Randomized control trials)
- 다섯째, 영어로 작성된 연구

본 연구의 제외기준은 아래와 같다.

- 첫째, 대조군이 없는 연구
- 둘째, 제시된 표(Table) 또는 그림(Figure)의 결과에 오류가 있는 연구
- 셋째, 효과크기를 계산하기에 데이터가 충분하지 않은 연구
- 넷째, 트레드밀 훈련과 다른 종류의 중재를 비교한 연구
- 다섯째, 중복 출판물로 판단되는 연구

4. 연구의 질 평가(Quality assessment)

연구의 질은 Risk of bias (RoB) 2.0을 이용해서 평가를 수행하였다[17]. RoB 2.0은 총 5가지 영역(Domain)으로, (1) 무작위화 과정에서 발생하는 비뚤림, (2) 의도된 중재의 변경으로 인한 비뚤림, (3) 결과의 탈락으로 인

한 비뚤림, (4) 결과 측정과 관련된 비뚤림, (5) 보고된 결과의 선택에 의한 비뚤림, (6) 종합적인 비뚤림으로 구성되어 있다. 각 영역은 비뚤림 위험이 높음(High), 다소 우려(Some concerns), 낮음(Low)로 평가한다. 본 연구에서는 2명의 연구자가 독립적으로 RoB 2.0을 평가하고 논의를 통해서 최종적으로 확정하였다.

5. 자료 분석

본 연구는 R studio 4.2.1 (R Studio, Boston, MA, USA)를 이용해서 자료를 분석하였다. 연속형 변수의 효과크기 분석을 위하여 Cohen's d값을 기준으로 hedge's의 g값을 계산하였다[18]. 각 문헌에서 표본 수, 평균, 표준편차를 추출하였고, 결과 값으로 중위수 및 최대값-최소값, 4분위 범위로 보고한 문헌은 평균과 표준편차로 변환하여 분석하였다[13,14]. 효과크기의 기준은 .3보다 작을 경우 작은 효과크기, .5 정도는 중간 효과크기, .8보다 클 경우 큰 효과크기로 해석하였다[13]. 추가적으로 효과크기의 추정치가 .5 이상인 경우 임상적으로 의미있는 수치로 판단하였다[14]. 95% 신뢰구간이 0을 포함하는지 아닌지를 확인해서 통계적인 유의성을 확인했고, 각 문헌의 이질성을 고려해서 랜덤효과모형(Random effect model)을 사용해서 분석을 수행하였다[18]. 출판편향은 포함된 문헌 수가 적은 것을 고려해서 절삭과 채움 (Duval and tweedie's trim and fill) 방법을 사용하였다[19]. 절삭과 채움 방법은 문헌 수가 적을 때 출판 편향을 확인할 수 있는 방법으로 관측값과 기대값의 차이가 0.1 미만일 경우 출판편향이 없는 것으로 판단한다[19].

III. 연구결과

1. 포함된 연구들의 일반적인 특성

본 연구에 포함된 일반적인 특성은 다음과 같다. 문헌의 검색 결과 PubMed에서 245편, EMBASE에서 354편, CINAHL에서 532편, PEDro에서 32편으로 총 1163편의 연구가 검색되었다. 선정기준과 제외기준에 따라 최종적으로 8편의 연구가 분석에 포함되었다(Fig. 1).

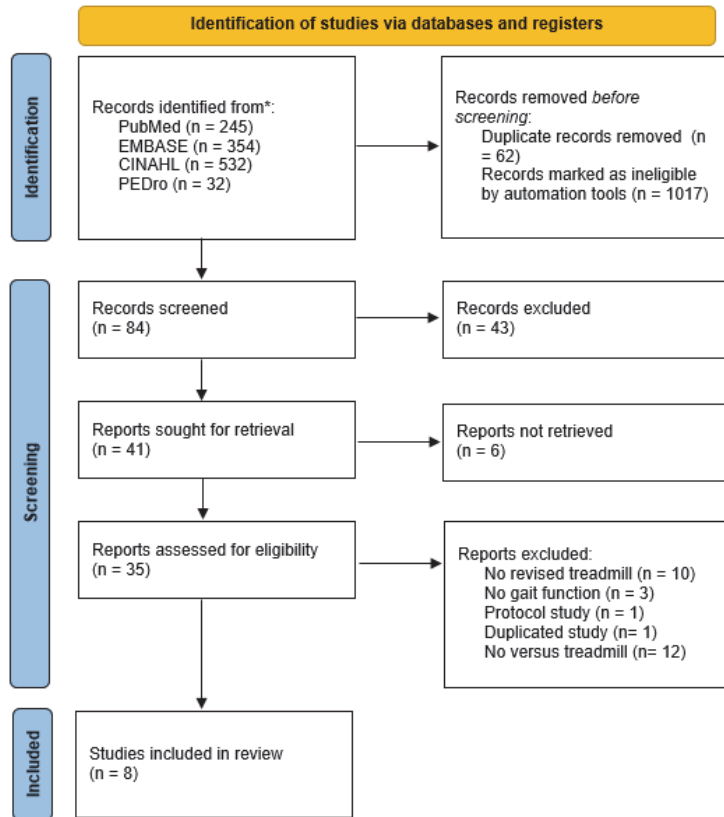


Fig. 1. Summary of the preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses (PRISMA) flow chart.

선정된 연구의 일반적인 특성은 다음과 같다. 연구자 간 논의에 의해서 코딩에는 연구 명(Study), 대상자 수(Participants), 나이(Age), 성별(Sex), 뇌졸중 시간(Time post stroke), 중재의 종류(Intervention), 강도(Duration), 측정도구가 포함되었다. 실험군에는 터닝 기반 트레드밀 훈련(Turning-based treadmill training), 경사를 사용한 부분적인 체중부하 트레드밀 훈련(Body weight-support treadmill training with inclination), 과제 지향적 트레드밀 훈련(Task-oriented treadmill training), 장애물 기반 트레드밀 훈련(Obstacle-crossing treadmill training), 이중과제 트레드밀 훈련(Treadmill with dual-task training)이 포함되었다. 포함된 문헌의 설계유형은 모두 무작위임상 대조군 연구이며, 참여자 수는 실험군의 경우 총 128명이었고, 대조군의 경우 123명이었다.

2. 연구의 질 평가 결과

총 8편의 문헌의 질 평가는 다음과 같다. 1번 영역인 ‘무작위화 과정에서 발생하는 비풀림’은 8편 모두 ‘비풀림 위험 낮음’으로 평가되었다. 2번 영역인 ‘의도된 중재의 변경으로 인한 비풀림’은 4편의 경우 ‘비풀림 위험 낮음’, 3편의 경우 ‘비풀림 위험 다소 우려’, 1편은 ‘비풀림 위험 높음’으로 평가되었다. 3번 영역인 ‘결과의 탈락으로 인한 비풀림’의 경우 5편은 ‘비풀림 위험 낮음’, 3편은 ‘비풀림 위험 높음’으로 평가되었다. 4번 영역인 ‘결과 측정과 관련된 비풀림’의 경우 7편은 ‘비풀림 위험 낮음’, 1편은 ‘비풀림 위험 높음’으로 평가되었다. 5번 영역인 ‘보고된 결과의 선택에 의한 비풀림’의 경우 8편 모두 ‘비풀림 위험 낮음’으로 평가되었다. 마지막으로 5가지 영역의 종합적인 판단인 ‘종합적인 비풀림’은 3편의 경우 ‘비풀림 위험 낮음’, 2편의 경우

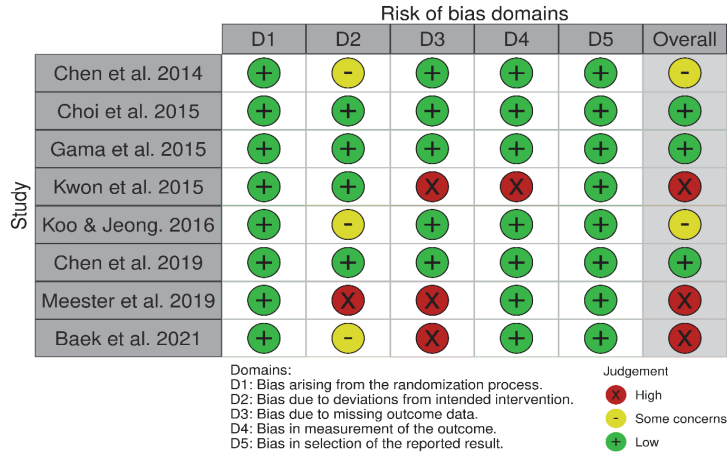


Fig. 2. Results of risk of bias (Traffic light plot).



Fig. 3. Results of risk of bias (Summary plot).

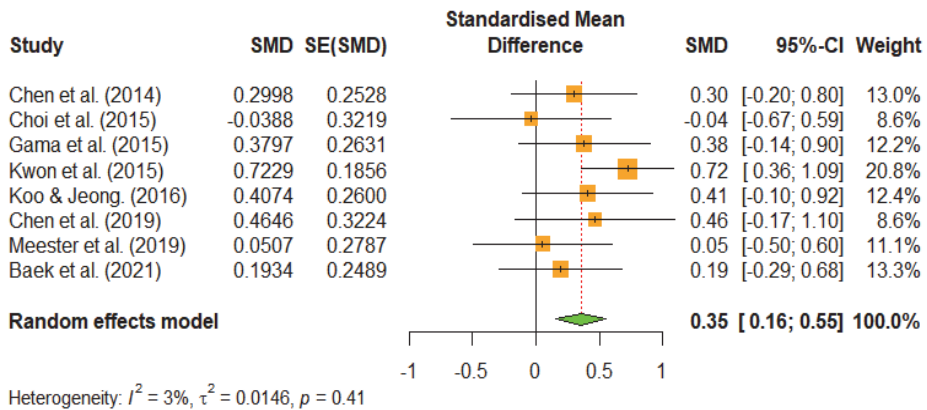


Fig. 4. Homogeneity test.

‘비뿔림 위험 다소 우려’, 3편의 경우 ‘비뿔림 위험 높음’으로 평가되었다(Fig. 2, 3).

3. 효과크기의 동질성 검정

포함된 모든 문헌의 결과에 대한 동질성 검정을 수행하였고, 이질성은 관찰되지 않았다($Q = 7.23, p = .41, I^2 = 3\%$). 하지만 시각적인 관찰에서 효과크기의 분포가 일관되지 않았고, 포함된 연구들의 방법론적 특성이 이질하기 때문에 랜덤효과모형을 사용하여 전체 효과크기를 확인하였다. 전체 효과크기에는 보행 지구력, 보행 속도, 보행 패턴이 모두 포함되었다. 측정 결과에

따르면 포함된 모든 문헌의 전체 효과크기는 .35 ($CI = .16-.55, p < .001$)로 통계적으로 유의하였으며 중간 정도의 효과크기가 관찰되었다(Fig. 4).

4. 보행 지구력에 대한 효과크기

보행 지구력에 대한 효과크기는 랜덤효과모형을 사용하였고, 2편의 연구에서 수행된 6미터 보행검사가 포함되었다. 측정 결과에 따르면 효과크기의 추정치는 .76 ($CI = .28-1.24, p = .002$)로 통계적으로 유의하였으며 중간 정도의 효과크기가 관찰되었다(Fig. 5).

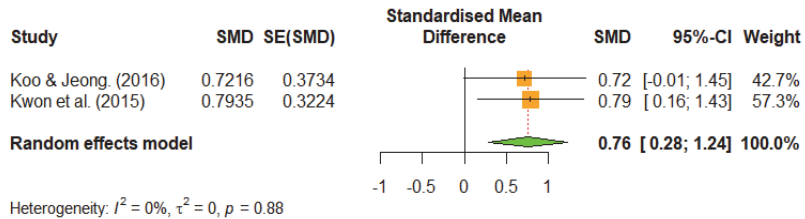


Fig. 5. Effect size for gait endurance.

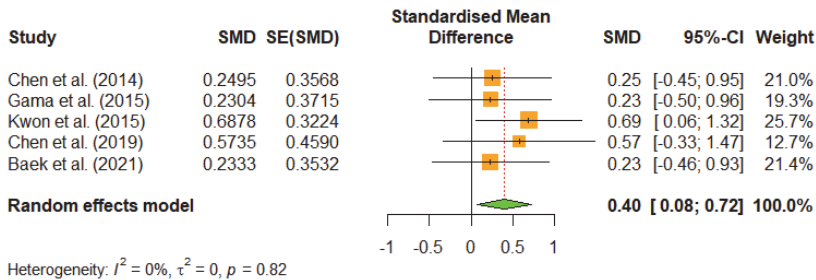


Fig. 6. Effect size for gait pattern.

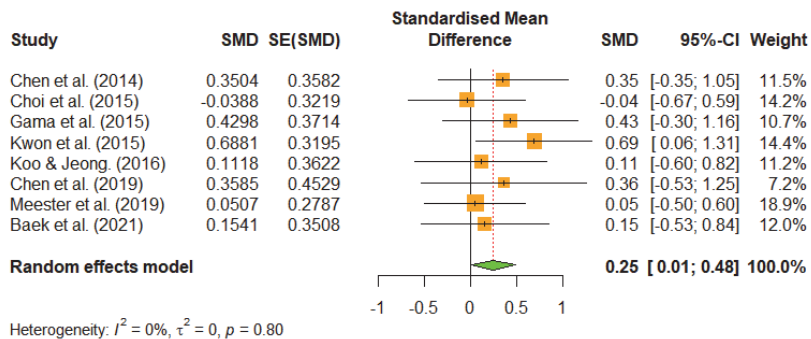


Fig. 7. Effect size for gait speed.

Table 1. General characteristics of the included studies

Study	Participants (N)	Age (years)	Sex (M/F)	Time post-stroke (month)	Intervention	Duration	Measuring Instrument
Chen et al. 2014	EG: 15	54.80±8.10	14/1	26.4±24	Turning-based treadmill training + General exercise program	30 min × 3 d × 4 wk (Turning-based treadmill)	Asymmetry ratio Cadence Gait speed Stride length Turning speed
						10 min × 3 d × 4 wk (General exercise)	
	CG: 15	53.70±11.10	13/2	34.8±21.6	Regular treadmill training + General exercise program	30 min × 3 d × 4 wk (Regular treadmill)	
						10 min × 3 d × 4 wk (General exercise)	
Choi et al. 2015	EG: 19	49.11±11.93	17/2	18.16±6.83	Treadmill training with random auditory cues (Dual-task)	15 min × 3 d × 4 wk	Gait speed Balance
						CG: 18	
Gama et al. 2015	EG: 14	52.92±9.51	9/19	35.36±26.87	Body weight-support treadmill training with inclination	20 min × 3 d × 4 wk	Balance Cadence Gait speed Motor function Stance time (D/S)
						CG: 14	
Kwon et al. 2015	EG: 14	50.70±15.16	14/6	14.25±6.27	Task-oriented treadmill training	30 min × 5 d × 8 wk	Cadence Gait cycle Gait speed Stance time Step length Stride length
						CG: 14	

Table 1. (Continued)

Study	Participants (N)	Age (years)	Sex (M/F)	Time post-stroke (month)	Intervention	Duration	Measuring Instrument
Koo & Jeong, 2016	EG: 15	73.67±3.78	10/5	9.17±2.32	Active/passive exercise + Obstacle-crossing treadmill training	30 min × 5 d × 4 wk (Obstacle treadmill)	Balance Gait endurance Gait speed
						30 min × 5 d × 4 wk (Active/passive exercise)	
	CG: 14	71.43±4.12	6/8	10.00±2.89	Active/passive exercise + Regular treadmill training	30 min × 5 d × 4 wk (Regular treadmill)	Balance Gait endurance Gait speed
						30 min × 5 d × 4 wk (Active/passive exercise)	
Chen et al. 2019	EG: 9	54.67±8.32	9/0	34.32±28.80	Turning-based treadmill training + Ambulation training	30 min × 3 d × 4 wk (Turning-based treadmill)	Asymmetry ratio Gait speed
						10 min × 3 d × 4 wk (Ambulation training)	
	CG: 9	50.33±10.95	8/1	36.96±26.04	Regular treadmill training + Ambulation training	30 min × 3 d × 4 wk (Regular treadmill)	Asymmetry ratio Gait speed
						10 min × 3 d × 4 wk (Ambulation training)	
Meester et al. 2019	EG: 26	60.85±14.86	15/11	60.19±62.15	Dual-task treadmill training	30 min × 2 d × 10 wk	ADL Cognitive function Physical activity QoL Step activity
						CG: 24	
	EG: 16	56.94±8.79	12/4	56.31±21.00	Dual-task treadmill training	60 min × 2 d × 6 wk	Balance Cadence Gait speed Response rate Stride length Variability
						CG: 15	

EG: Experimental group, CG: Control group

Table 2. Result of the application of Duval and Tweedie's trim and fill method

Value	Study	Point estimate	95% CI Upper	95% CI Lower
Observed		0.35	0.16	0.55
Adjusted	3	0.40	0.00	0.31

5. 보행 패턴에 대한 효과크기

보행 패턴에 대한 효과크기는 랜덤효과모형을 사용하였고, 총 8편의 연구가 포함되었다. 사용된 측정도구는 보폭, 입각기 시간, 대칭 비율, 보행주기, 보행수 등이 포함되었다. 측정 결과에 따르면 효과크기의 추정치는 .40 (CI = .08-.72, $p = .015$)으로 통계적으로 유의하였으며 중간 정도의 효과크기가 관찰되었다(Fig. 6).

6. 보행 속도에 대한 효과크기

보행 속도에 대한 효과크기는 랜덤효과모형을 사용하였고, 총 8편의 연구가 포함되었다. 사용된 측정도구는 Biodex를 이용한 측정, 10미터 보행검사, 일어서서 걷기 검사, 2분 걷기검사 등이 포함되었다. 측정 결과에 따르면 효과크기의 추정치는 .25 (CI = .01-.48, $p = .043$)로 통계적으로 유의하였으며 낮은 정도의 효과크기가 관찰되었다(Fig. 7).

7. 출판편향 결과

Duval과 Tweedie의 절삭과 채움 방법에서 기대값과 관측값의 차이가 각각 .10 미만으로(Observed = .35, Adjusted = .40) 관찰되어 출판편향은 없는 것으로 확인되었다(Table 2).

IV. 고찰

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 과제 지향적 트레이드밀 훈련과 일반적인 트레이드밀 훈련의 효과를 비교하기 위해서 수행되었으며, 체계적 고찰 및 메타분석을 이용해서 분석을 수행하였다. 총 8편의 연구가 포함되었고 결과변수의 특성에 따라서 보행 지구력, 보행 속도, 보행 패턴으로 분류해서 분석을 수행하였다. 실험

군은 과제 지향적 훈련을 포함한 트레이드밀 훈련을 받은 그룹으로 선정하였고, 대조군은 일반적인 트레이드밀 훈련을 받은 그룹을 포함하였다.

우선 전체 효과크기는 .35로 중간 정도의 효과크기가 관찰되었고 통계적으로 유의한 차이가 발견되었다. 하지만 임상적으로 의미 있는 .50의 효과크기 보다는 낮은 값이 관찰되었다. 이 결과는 비록 과제 지향적 트레이드밀 훈련이 일반적인 트레이드밀 훈련보다 뇌졸중 환자의 보행 능력을 개선하는 데 긍정적인 효과가 있지만, 임상적인 관점에서는 다소 부족하다는 점을 시사한다. 하지만 포함된 문헌의 설계 및 결과변수에서 차이가 발견되었고, 더 구체적인 분석을 위해서 하위 그룹 분석을 수행하였다.

흥미롭게도, 보행 기능의 각 하위 그룹별로 효과크기에서 다소 상이한 결과가 발견되었다. 먼저 보행 지구력의 경우 .76으로 보행 속도 및 보행 패턴과 비교해서 상대적으로 높은 효과크기가 관찰되었고 통계적으로 유의한 결과가 나타났다. 더욱이 트레이드밀 훈련의 효과크기 추정치가 .50 이상으로 임상적으로 의미있는 결과가 관찰되었는데, 이 결과는 과제 지향적 훈련을 결합한 트레이드밀 훈련이 뇌졸중 환자의 보행 지구력을 개선하는 데 일반적인 트레이드밀 훈련보다 효과적이라는 점을 시사한다. 실제로 과제 지향적인 트레이드밀 훈련이 일반적인 트레이드밀 훈련에 비해서 난이도가 높고, 환자에게 다양한 환경에서 적응을 요구한다[2,5]. 특히, 보행 지구력을 확인한 연구에서는 방향, 경사도, 보행 속도, 체중 지지의 방법 등을 변화시키거나 장애물을 넘는 등의 대상자에게 어려운 과제가 제공되었다[4,5]. 실제로, 보행 지구력을 개선하기 위해서는 하지의 근력 강화가 필요하고, 장애물을 이용한 과제는 일반적인 보행보다 엉덩관절 및 무릎관절의 더 높은 활성을 요구한다[5]. 더욱이 선행 연구에 따르면 과제의 난이도가 더 도전적이거나 변화된 환경에서 훈련은 습관 의존적인 과제에 비해서 뇌의 활성화 및 동기부여가 더 효과적으로 촉진된다[20,21]. 본 연구의 결과는 뇌성마비 환자를 대상으로 보행 지구력에 의미 있는 트레이드밀의 효과를 확인한 기존의 메타분석과 유사한 결과이며[22], 앞서 언급한 이유로 보행 지구력에서는 임상적으로 의미 있는 효과크기가 관찰된 것으로 생각된다.

한편, 보행 패턴의 경우 중간 정도의 효과크기가 관찰되었고, 통계적으로 유의한 차이가 발견되었다. 하지만 임상적으로 의미 있는 .50 보다는 다소 작은 효과크기가 관찰되었다. 이러한 결과가 나타난 이유로 본 연구에 포함된 연구의 대조군은 일반적인 트레드밀 훈련을 받은 집단으로 설정되었다. 따라서 대조군 역시 반복적인 보행 훈련을 통해 하지의 근력강화 및 중앙 패턴 생성기(Central pattern generator)의 활성을 유도하여, 대부분의 그룹 내 차이에서 유의하게 개선된 결과가 보고되었다[22]. 반면에 실험군의 경우 일반적인 트레드밀 훈련에서 과제 지향적 훈련이 추가되었고, 다양한 방향 및 경사, 장애물을 동반한 훈련이 제공되었다 [1,3,4,6,9]. 선행 연구에 따르면 실험군에서 제공된 과제는 대상자의 체간의 안정화와 균형 능력의 개선, 근육의 활성화에 더욱 효과적인 것으로 보고되었고[1,3,4], 본 연구의 보행 패턴에는 좌우의 대칭, 환측 및 건측의 체중 부하, 흔들림 등이 포함되었다. 특히, 실험군은 장애물 넘기, 방향을 전환 상지를 통한 이중 과제 등을 수행하면서 반대측 다리로 체중 지지 및 상 하지의 협응력을 촉진하는 방향으로 훈련을 제공 받았고[1,3,4,6], 이와 같은 과제는 환측과 건측의 불균형을 개선하는데 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각된다. 다만 임상적으로 다소 부족한 효과크기가 관찰된 이유로 포함된 문헌의 중재 시간 및 강도가 다소 부족하고, 대조군에서 수행된 일반적인 트레드밀 훈련 역시 뇌졸중 환자의 보행 패턴을 개선하는데 효과적인 중재였기에 상대적으로 낮은 효과크기가 관찰된 것으로 생각된다. 따라서 이후의 연구에서는 기존 과제 지향적 중재 방법의 부족한 점을 보완하고 중재의 강도 및 기간을 늘려서 효과를 확인할 필요가 있다.

마지막으로, 보행 속도의 경우 낮은 크기의 효과크기가 관찰되었고, 통계적으로 유의한 차이가 발견되었다. 더욱이 임상적으로 의미 있는 효과크기가 관찰되지 않았고, 중간 정도 이상의 효과크기가 관찰된 보행 지구력 및 보행 패턴에 비해 부족한 효과가 관찰되었다. 실제로 Jeong 등[5]에 따르면, 과제지향적 트레드밀 훈련의 대상자는 장애물 넘기 등의 과제를 수행하면서 보행 자체보다는 안정성을 유지하면서 과제를 수행하

는데 더 집중하게 된다. 더욱이 트레드밀 훈련은 특별한 과제 및 코멘트를 제공하지 않아도 뇌졸중, 뇌성마비, 파킨슨 환자 등의 신경학적 질환을 가진 대상자의 보행 속도를 개선하는데 효과적인 중재 방법이고 [23,24,14], 기존의 메타분석을 살펴보면 트레드밀이 포함된 유산소 운동이 대상자의 보행속도는 .49, 보행 패턴은 .32로 관찰되었다. 이 결과는 과제가 포함되지 않은 트레드밀 훈련이 대상자의 보행속도에 가장 효과적인 중재임을 시사한다[25]. 따라서 실험군의 수정된 트레드밀 훈련이 대조군의 일반적인 트레드밀에 비해서 더 효과적이라는 결과를 도출하기에는 충분한 역치에 도달하기 어려웠을 것으로 생각된다. 다만 포함된 연구의 결과에서는 실험군과 대조군 간에 통계적으로 유의한 차이가 발견되었는데, 본 연구의 모든 보행 결과에서 마찬가지로 신뢰구간인 0을 포함하지 않았다. 이는 95%의 신뢰구간에서 통계적으로 유의했지만, 보행 속도의 경우 임상적인 효과가 다소 부족하다는 점을 의미한다[22,13,14]. 실제로 기존의 개별연구는 실험군과 대조군의 그룹 간 차이를 검정하는 결과에 초점을 맞추었고, 효과크기를 계산해서 실제적인 차이를 확인하지 않았다. 따라서 본 연구의 결과는 이전의 중재연구의 한계점을 보완할 수 있는 결과로 생각된다.

메타분석의 결과와는 별개로 포함된 문헌의 질 평가의 결과는 포함된 문헌이 모두 무작위 대조군 연구임에도 불구하고, 결과를 해석하는데 비뚤림의 위험이 존재함을 의미한다. 특히 포함된 연구 중 비뚤림의 위험이 낮은 연구는 3편, 다소 우려는 2편, 높은 연구는 3편으로 포함된 문헌의 질적 수준이 혼재되어 있음을 알 수 있다. 따라서 이후의 체계적 고찰에서는 관련 문헌을 더 추가하고, 질적 수준에 따른 하위 그룹 분석을 수행할 필요가 있다. 출판편향은 포함된 문헌 수가 부족하여 깔대기 그림을 제시하지 않았고, 비모수적 방법으로 보고된 절삭과 채움 방법을 사용하였다[19]. 출판편향은 낮은 것으로 관찰되었지만, 이후의 연구에서는 관련 결과를 추가해서 더 검정력이 높은 방법으로 수행할 필요가 있다.

효과크기는 기존의 유의수준을 이용한 검정의 한계를 보완하고 실질적인 차이를 확인할 수 있는 지표이

며, 표준화된 효과크기가 높을수록 임상적인 효과의 정도가 높음을 의미한다[18]. 본 연구의 결과를 정리해보면 일반적인 트레드밀 훈련과 비교해서 뇌졸중 환자를 대상으로 과제 지향적 트레드밀 훈련은 보행 지구력에서 가장 높은 효과크기가 관찰되었다. 보행 패턴은 중간 정도의 효과크기, 보행 속도는 낮은 효과크기가 관찰되었고 임상적인 효과가 다소 부족한 것으로 관찰되었다. 효과크기의 방향은 모두 긍정적으로 관찰되었고, 본 연구의 결과는 변수에 따라 다소 차이는 있지만 과제지향적 트레드밀 훈련의 긍정적인 효과를 입증한다. 따라서 본 연구의 결과는 임상 현장에서 트레드밀의 활용도를 높이고 트레드밀을 이용한 새로운 의료장비의 개발에 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 우선 포함된 문헌의 수가 부족하기 때문에 이후의 연구에서는 추가적인 연구를 포함해서 다시 수행할 필요가 있다. 두 번째로 보행 기능에는 보행 지구력, 보행 속도, 보행 패턴 외에도 다른 요소들이 존재하고 더욱 세밀하게 결과를 보고할 필요가 있다. 세 번째로 추적 관찰에 대한 결과가 포함되지 않았다. 즉, 연구에서 확인된 과제 지향적 트레드밀 훈련의 효과가 얼마나 지속되는지 확인할 수 없다. 네 번째로 중재의 강도 및 대상자의 일반적인 특성에 따른 하위그룹 분석을 수행하지 못했다. 마지막으로 뇌졸중 환자의 외부 보행을 고려해서, 보행검사를 불안정한 지지면에서 수행할 필요가 있다. 하지만 본 연구에 포함된 보행 능력의 측정도구는 실내에서 측정되어 외부활동에 대한 효과를 확인할 수 없었다. 따라서 본 연구에서 부족한 점을 보완해서 이후의 연구에서는 뇌졸중 환자를 위한 과제 지향적 트레드밀 훈련의 효과를 더욱 세부적으로 검증해야한다.

V. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 과제 지향적 트레드밀 훈련과 일반적인 트레드밀 훈련의 차이를 비교한 문헌을 체계적 고찰과 메타분석을 실시하였다. 총 8편의 연구가 포함되었고, 보행 지구력, 보행 속도, 보행

패턴으로 나누어 비교를 분석하였다. 연구 결과에 따르면 뇌졸중 환자에게 과제 지향적 트레드밀 훈련은 일반적인 트레드밀 훈련과 비교해서 보행 지구력에 가장 효과적인 결과가 관찰되었고, 보행 패턴, 보행 속도 순서로 높은 효과가 관찰되었다. 뇌졸중 환자를 대상으로 과제 지향적 트레드밀 훈련의 효과를 확인한 연구는 중재의 강도 및 절차가 일관되지 않았고, 일반적인 트레드밀 훈련과 비교한 연구는 부족한 실정이다. 본 연구의 결과에 따르면 과제 지향적 트레드밀 훈련은 보행 지구력에 가장 효과적인 것으로 확인되었고, 임상에서 과제 지향적 트레드밀 훈련의 효과를 규명하는데 임상적 의의가 있는 것으로 제안한다.

Acknowledgements

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

References

- [1] Chen IH, Yang YR, Chan RC, et al. Turning-based treadmill training improves turning performance and gait symmetry after stroke. *Neurorehabil. Neural Repair.* 2014;28(1):45-55.
- [2] Choi W, Lee G, Lee S. Effect of the cognitive-motor dual-task using auditory cue on balance of survivors with chronic stroke: a pilot study. *Clin. Rehabil.* 2015;29(8):763-70.
- [3] Gama GL, de Lucena Trigueiro LC, Simão CR, et al. Effects of treadmill inclination on hemiparetic gait: controlled and randomized clinical trial. *American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists.* 2015;94(9):718-27.
- [4] Kwon OH, Woo Y, Lee JS, et al. Effects of task-oriented treadmill-walking training on walking ability of stroke patients. *Top. Stroke Rehabil.* 2015;22(6):444-52.

- [5] Jeong Y-G, Koo J-W. The effects of treadmill walking combined with obstacle-crossing on walking ability in ambulatory patients after stroke: a pilot randomized controlled trial. *Top. Stroke Rehabil.* 2016;23(6):406-12.
- [6] Chen IH, Yang Y-R, Lu C-F, et al. Novel gait training alters functional brain connectivity during walking in chronic stroke patients: a randomized controlled pilot trial. *J Neuroeng Rehabil.* 2019;16(1):N.PAG-N.PAG.
- [7] Hornby TG, Henderson CE, Plawecki A, et al. Contributions of stepping intensity and variability to mobility in individuals poststroke: a randomized clinical trial. *Stroke.* 2019;50(9):2492-9.
- [8] Meester D, Al-Yahya E, Dennis A, et al. A randomised controlled trial of a walking training with simultaneous cognitive demand (dual task) in chronic stroke. *European Journal of Neurology.* 2019;26(3):435-41.
- [9] Baek CY, Chang WN, Park BY, et al. Effects of dual-task gait treadmill training on gait ability, dual-task interference, and fall efficacy in people with stroke: a randomized controlled trial. *Phys. Ther.* 2021;101(6).
- [10] Cho W-S, Park S-J, Hyun J-W. The effects of whole body vibration exercise on balance and gait ability in stroke patients: a meta-analysis. *KAIS.* 2021;22(5):171-9.
- [11] 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.
- [12] Moradian N, Ko M, Hurt CP, et al. Effects of backward-directed resistance on propulsive force generation during split-belt treadmill walking in non-impaired individuals. *Front. Hum. Neurosci.* 2023;17.
- [13] Han Y-G, Kim M-K. Effectiveness of whole-body vibration in patients with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. *Medicine.* 2023;102(48):e36441.
- [14] Han Y, Park S. Effectiveness of virtual reality on activities of daily living in children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *PeerJ.* 2023;11:e15964.
- [15] Sarkis-Onofre R, Catalá-López F, Aromataris E, et al. How to properly use the PRISMA Statement. *Systematic Reviews.* 2021;10(1):1-3.
- [16] Eriksen MB, Frandsen TF. The impact of patient, intervention, comparison, outcome (PICO) as a search strategy tool on literature search quality: a systematic review. *J Med Libr Assoc.* 2018;106(4):420.
- [17] Eldridge S, Campbell M, Campbell M, et al. Revised cochrane risk of bias tool for randomized trials (RoB 2.0): additional considerations for cluster-randomized trials. *Cochrane Methods. Cochrane Database Syst Rev.* 2016;10.
- [18] Borenstein M, Hedges LV, Higgins JP, et al. *Introduction to meta-analysis.* John Wiley & Sons. 2021.
- [19] Schwarzer G, Carpenter JR, Rücker G, et al. Small-study effects in meta-analysis. *Meta-analysis with R.* 2015: 107-41.
- [20] Mastos M, Miller K, Eliasson A-C, et al. Goal-directed training: linking theories of treatment to clinical practice for improved functional activities in daily life. *Clin. Rehabil.* 2007;21(1):47-55.
- [21] French B, Thomas LH, Coupe J, et al. Repetitive task training for improving functional ability after stroke. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2016(11).
- [22] Han Y-G, Yun C-K. Effectiveness of treadmill training on gait function in children with cerebral palsy: meta-analysis. *J Exerc Rehabil.* 2020;16(1):10.
- [23] Mehrholz J, Thomas S, Elsner B. Treadmill training and body weight support for walking after stroke. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2017(8).
- [24] Robinson AG, Dennett AM, Snowdon DA. Treadmill training may be an effective form of task-specific training for improving mobility in people with Parkinson's disease and multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy.* 2019;105(2):174-86.
- [25] Zhen K, Zhang S, Tao X, et al. A systematic review and meta-analysis on effects of aerobic exercise in people with Parkinson's disease. *npj Parkinson's Disease.* 2022;8(1):146.