

트레드밀 운동이 뇌졸중 환자의 폐기능과 보행능력에 미치는 효과 : 메타분석

조성현¹ · 최기복^{2*}

¹남부대학교 물리치료학과 교수, ^{2*}조선대학교병원 재활치료팀 물리치료사

Effects of Treadmill Exercise on Pulmonary Function and Gait Capacity in Stroke Patients : A meta-analysis

Cho Sunghyoun, PT, Ph.D¹ · Choi Kibok, PT, Ph.D^{2*}

¹*Dept. of Physical Therapy, Nambu University, Professor*

^{2*}*Team of Rehabilitation Therapy, Chosun University Hospital, Physiotherapist*

Abstract

Purpose : This study aimed to conduct a comprehensive meta-analysis to evaluate the effect size for pulmonary function and gait capacity of treadmill exercise in stroke patients. In addition, we aimed to examine the current status of treadmill interventions and compare the effect sizes of treadmill training to provide evidence-based practice for future development and application.

Methods : The meta-analysis study was conducted using research articles that applied treadmill exercise to stroke patients and were published between January 2005 and February 2020. For a systematic meta-analysis, we conducted a search using the PICOS framework and selected 25 domestic stroke- and treadmill-related studies. The Comprehensive Meta-Analysis program was used to calculate the effect sizes for lung function and gait capacity (6-minute walk test and 10 m walk test). As Cohen's d has a tendency to overestimate the effect size, we used Hedge's g to increase the accuracy in computing the effect size.

Results : Based on the results of the meta-analysis, the total effect size of treadmill exercise was 0.535, which was statistically significant, with a medium effect size ($p < 0.05$). The effects of treadmill exercise in stroke patients were divided into dependent variables, namely pulmonary function (0.372) and gait capacity (0.584). In addition, for gait capacity, the effect sizes were evaluated for both the 6-minute walk test (0.756) and the 10 m walk test (0.514).

Conclusion : This study provides objective evidence of the effectiveness of treadmill-based gait training programs. We hope that the results of this study will help support the development and implementation of treadmill-based gait training in stroke patients. Treadmill training is expected to improve not only pulmonary function, but also the gait capacity of stroke patients. Long-term investigations on the effects of treadmill training in stroke patients are necessary.

Key Words : gait capacity, meta-analysis, pulmonary function, stroke patients, treadmill exercise

*교신저자 : 최기복, kkipok@naver.com

논문접수일 : 2020년 4월 8일 | 수정일 : 2020년 4월 24일 | 게재승인일 : 2020년 5월 1일

※ 이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2017R1C1B5076499).

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

뇌졸중은 정상적인 뇌에 혈액을 공급하는 혈관이 막혀서 생기거나 혈관 출혈로 인한 발생빈도가 높은 질환이다(Eich 등, 2004). 뇌졸중 환자들은 뇌 손상 부위와 정도에 따라서 의식장애, 인지와 운동장애, 언어장애, 정서적 장애 등 복합적으로 문제를 일으킨다(Lee & Kwon, 2003). 그리고 손상된 뇌 반구 반대 측 팔과 다리에서 비정상적인 근 긴장도 같은 운동기능에 관련된 여러 신경학적 증상을 갖게 된다(Braun 등, 2006). 선 자세에서 편마비 환자들은 마비측 다리에 체중의 25~43 % 이하의 부하만을 지지함으로써 비대칭적인 자세가 나타난다(Yang 등, 2007).

뇌졸중 환자들에게 심혈관계 질환이 동반되는 경우가 많은데 이는 뇌혈관 질환과 심장질환은 동일한 위험 요소를 가지고 있기 때문이다(Chimowitz 등, 1994; Kim, 2011). 또한 신체활동 감소가 지속되면 심장의 기능이 저하되고, 정상인의 최대 산소섭취량보다 최대 산소섭취량의 수치가 50 % 정도 낮게 나타난다(Kelly 등, 2003). 심혈관계 기능은 신체의 항상성 유지와 적절한 양의 혈액공급을 위해 중요하기 때문에(Chimowitz 등, 1994; Kim, 2011), 최대운동과 유산소 운동을 통해 폐기능을 향상시킬 필요가 있으며, 이를 통해 호흡근의 운동 내성과 기능을 향상시켜야 한다(Kang & Kim, 2018; Kim & Choi, 2015).

더욱이 뇌졸중 환자는 보행속도와 보행주기가 느리며 보행 시 마비 측에서 발목관절 발등 굽힘의 어려움이 나타나 발뒤꿈치 닿기 시 지면에 충분히 닿지 못하고 앞발 바닥만 닿게 되어 짧은 디딤기(stance phase)와 상대적으로 긴 흔들기(swing phase), 그리고 비마비측 한발짝과 마비측 한발짝 간의 한발짝 길이(stride length)의 차이가 나타난다(Kim 등, 2001; Mauritz, 2002). 뚜렷하게 감소된 보행속도와 한발짝 길이의 차이로 마비측 하지의 디딤기 시간이 짧아짐으로써 몸통이 흔들리는 시간이 늘어나게 되어 한발짝률(cadence)이 감소된다(Park, 2016). 이에 따라 뇌졸중 환자는 균형과 보행능력에서 정상인에

비해 현저히 떨어지고 일상생활활동과 사회활동 참여에 많은 제약이 있다(Patterson 등, 2007).

제한된 움직임에 대한 기존의 재활 치료방법 이외에 다양한 방법들이 시도되고 있으며, 과제 지향적이고 반복적인 동작이 운동학습에 효과적인 방법으로 알려져 있다(Dean 등, 2000; Visintin 등, 1998). 그 중 트레드밀 운동은 임상에서 많이 사용되고 있으며, 평지를 걷는 것과 유사한 환경을 제공하며 과제 지향적이고 반복적 훈련 방법에 적절한 중재 방법이다(Ada 등, 2003; Dean 등, 2000; Kim, 2009; Visintin 등, 1998; Youn & Oh, 2016). 이처럼 트레드밀은 재활에서 다양한 환경을 제공하기 위해 뒤로 걷기, 현수장치를 이용하여 걷기, 속도를 점진적으로 변화시키며 걷기, 경사각을 변경하며 걷기 등 다양한 보행 훈련 방법이 시도되었다(Yoon 등, 2001).

트레드밀 운동은 뇌졸중 환자에게 심혈관계의 부담을 감소시키고, 최대 산소섭취량 및 보행지구력 증가로 인한 폐기능 개선에도 효과적인 재활방법으로 제시된다(Macko 등, 2005; Munari 등, 2018; Yun, 2010). 기존의 재활프로그램을 단독으로 적용하는 것보다 트레드밀 운동을 병행하였을 때 폐기능 증진에 긍정적인 효과를 보인다. 트레드밀 운동을 저항도로 30분 이상으로 적용하여 최대 산소섭취량의 증가를 보였고(Da Cunha Filho 등, 2001; Ivey 등, 2008; Macko 등, 2005), 발병 후 6개월 이상인 만성 뇌졸중 환자 61명을 대상으로 6개월간 주 3회 지속적인 트레드밀 운동을 시킨 연구에서 최대 산소섭취량이 17 % 증가하여 폐기능 개선에 효과적이라고 보고하였다(Macko 등, 2005). 그리고 트레드밀 운동은 서기만을 위한 치료가 아니라 뇌졸중 환자에게 중요한 독립적인 보행을 위해, 근력 강화, 균형, 정상적인 보행 패턴을 재인식시켜 보행능력을 향상시킨다(Sullivan 등, 2002). 이처럼 트레드밀 운동을 적용하였을 때 뇌졸중 환자의 폐기능과 보행이 향상되는 것을 확인하였다. 현재 트레드밀 운동이 뇌졸중 환자에게 긍정적인 효과를 보인다는 연구가 많아지고 있다(Kim, 2018; Kim 등, 2017; Park 등, 2017). 비슷한 주제의 연구들이 많아지고 있지만 서로 다른 결과물 때문에 통합하거나 비교하기가 어렵다(Eich 등, 2004; Jang, 2012).

지금까지 뇌졸중 환자에게 트레드밀 운동을 적용한 국내의 연구를 살펴보면, 트레드밀 운동 중재에 관련된

실험 연구가 대부분이다. 하지만 뇌졸중 환자에게 적용한 트레드밀의 효과에 대한 질적, 양적인 평가를 종합하고 체계화된 연구는 부족한 실정이다. 따라서 트레드밀 보행훈련 프로그램에 대한 여러 연구결과를 종합하는 체계적인 작업이 필요하다. 여러 분석 방법 중에서도 특정 주제의 선행 연구들을 체계적으로 종합하여 분석하는 메타분석 방법이 있다(Lim, 2016).

메타분석은 정해진 주제와 관련된 연구물들을 정확한 연구 방법과 목적으로 종합하여 비판적 평가를 하고, 확률적 오차(random error)와 비뚤림(bias)을 최소화하는 방법을 사용하여 다양한 연구물의 결과를 통합한다(Shin, 2015b). 즉, 시행된 연구물의 주제가 같거나 유사한 연구의 결과들을 수치화하고 객관적으로 종합시켜 고찰하는 연구 방법이다. 근거 중심 진료 지침(evidence-based guidelines)에서 메타분석과 체계적 문헌고찰을 포함하는 무작위비교 연구(randomized controlled trials; RCTs)는 가장 높은 수준의 근거로 제시되었다(Berman & Parker, 2002). 그러므로 본 연구에서는 트레드밀 훈련프로그램을 적용한 뇌졸중 환자의 기능향상에 대해 국내 선행 연구들을 메타분석 방법으로 종합적으로 분석하고자 한다.

2. 연구의 목적

본 연구는 뇌졸중 환자에게 다양한 트레드밀 운동을 적용할 때 폐기능, 보행능력에 미치는 효과를 메타분석을 통해 확인하고자 한다. 또한 뇌졸중 환자에게 트레드밀 운동을 적용한 중재방법의 치료적 근거를 찾고, 근거 중심의 임상자료를 마련하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 설계 및 선정기준

본 연구는 다양한 트레드밀 운동을 실시하여 뇌졸중 환자의 폐기능, 보행능력에 대해서 개별 연구들의 결과를 가지고 각 효과크기를 사용하여 체계적이고 종합적으로 트레드밀 운동치료의 효과를 알아보기 위한 메타

분석 연구이다.

국내연구에서 다양한 트레드밀 운동이 뇌졸중 환자의 주요변인에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 연구논문들을 PICOS 기준에 의거하여 분석하였다.

1) 연구대상(participants)

본 연구대상은 뇌졸중 진단을 받은 대상자이며, 편마비로 진단을 받고, 독립보행이 가능한 환자, 폐질환이나 내과 및 정형외과적 질환이 없는 자이며 의사소통이 가능한 환자를 대상으로 하였다.

2) 중재(intervention)

뇌졸중 환자에게 적용한 트레드밀 운동이다. 트레드밀 운동의 유형은 경사도, 자세조절, 체중지지와 같은 유형을 함께 실시한 복합중재도 포함하였다. 경사도 트레드밀은 0°, 5°, 10°로 지면경사를 증가하며 실시한 중재이며, 자세조절 트레드밀은 functional training system 장비를 착용하고 보행 중에 발생할 수 있는 흔들림을 최소화하여, 신체 중심의 편위 없는 중립 자세를 유지한 상태에서 보행을 실시한 중재이다. 체중지지 트레드밀은 몸무게의 40 % 정도의 체중을 보조한 상태에서 실시하며 보행능력에 따라 주당 5 %씩 점진적으로 체중지지 비율을 감소하면서 보행을 실시한 중재이다.

3) 비교 대상(comparisons)

본 연구는 뇌졸중 환자가 트레드밀 운동을 실시하지 않은 그룹을 비교 대상으로, 일상적인 중재(treatment as usual; TAU)와 대체(alternative) 중재 등이 포함된다. 일상적인 중재는 보호자 감독 또는 단독으로 실험군의 트레드밀 보행훈련과 동일한 시간 동안 편안한 속도에서 일반적인 보행운동을 시행한 중재를 말한다. 반면, 대체 중재는 보행훈련을 제외한 중추신경계 발달재활치료를 적용하고 충분한 휴식과 근피로의 최소화를 위해 다리 스트레칭과 근력강화운동을 시행한 중재를 말한다. 별도로 작업치료와 물리적 인자치료 등은 적용하지 않았다. 이외에도 고정식 상-하차 자전거타기, 7층 높이의 건물 계단 오르고 내리기 운동을 실시한 중재를 포함하였다.

4) 결과(outcomes)

뇌졸중 환자에게 적용한 트레드밀 운동의 효과를 측정하여 제시한 결과 값으로 6분 보행 검사(6MWT), 10 m 보행검사(10MWT), 폐기능 검사 및 심박수 검사 등을 대상으로 하였다.

5) 연구 설계(study design)

본 연구는 RCT, 비무작위 대조군 실험연구(non-randomized controlled trial; NRCT)로서 사전-사후 설계를 적용한 논문을 채택하였다. 또한 트레드밀을 이용하여 실험을 4주에서 12주 이하로 실시하여 중재 전·후의 사전, 사후 측정이 이루어지고, 구체적인 통계적 수치로 중재효과를 제시한 논문들을 선정하였다. 그리고 중재를 적용하지 않은 연구, 효과크기가 계산되지 않는 연구, 포스터 연구는 선정 과정에서 제외하였다.

2. 자료 검색 및 선정 과정

메타분석 연구는 2005년 1월부터 2020년 2월까지 출

판된 뇌졸중 환자를 대상으로 트레드밀 운동을 적용한 논문들을 대상으로 검색하였다. 출판편향을 제한하기 위해 학위논문, 학술지 논문, 회색문헌(gray literature) 등을 모두 포함하였으며, 학위논문과 학술지에 중복 게재된 경우 결과의 질을 고려하여 학술지로 선정하였다.

본 연구의 목적인 메타분석을 위해서 통계치(사레수, 평균, 표준편차 또는 표준오차, t, p, F값)를 제시한 논문으로 하였으며, 검색 주제어는 연구대상자인 “뇌졸중”, 중재방법인 “트레드밀”, “보행”을 중심으로 검색하였으며, 주요 검색어로는 “균형”, “기능”, “순환”, “영양”, “폐기능”, “훈련”과 같은 단어들을 사용하였다.

자료의 검색은 전자 검색사이트인 학술연구정보(<http://www.riss.kr>), DBpia(<http://dbpia.com>), KISS(<http://kiss.ksudy.com>), 스콜라(학지사·교보문고)(<http://scholar.kyobobook.co.kr>), 국립중앙도서관(<http://www.nl.go.kr>), 학술교육원(<http://www.earticle.net>)에서 실시하였다.

1차 검색을 통해 68편, 2차 검색을 통해 추가로 12편을 검색하여 총 80편의 논문을 선정하였으며, 중복되거나 연구에 적합하지 않은 논문들을 제거하여 최종적으로 25편의 논문을 확정하였다(Fig 1).

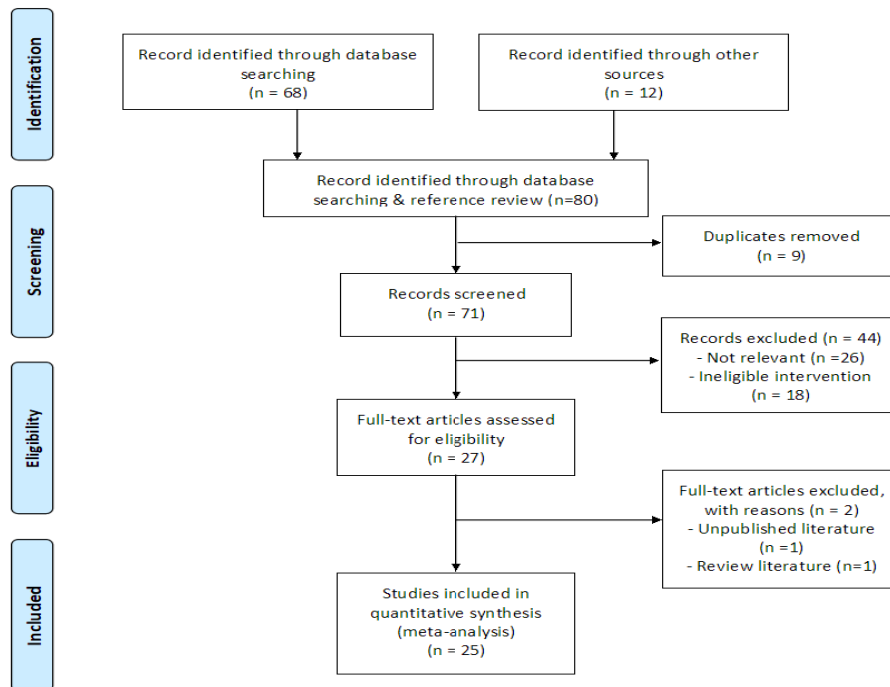


Fig 1. Flowchart of the study selection process

3. 코딩 및 자료 분석

연구대상으로 최종 선정된 25편의 연구가 갖고 있는 참여자의 특성 및 중재방법의 특성들에 대한 정보를 추출하여 코딩의 준거분석틀에 따라 자료를 코딩하였다(Kim 등, 2016). 이는 각 연구의 사전·사후 평균, 표본크기, 표준편차에 대한 정보를 취합하여, 각 연구가 가진 속성과 효과크기의 이질성에 대한 분석의 근거를 삼기 위한 것이다.

본 연구결과에 대한 평균효과크기는 각 연구의 연구방법, 표본, 중재 등이 서로 다양하다는 점을 인정하여 무선효과모형(random-effects model)을 적용하여 산출하였으며, 효과크기 분석을 위하여 메타분석 전용 프로그램인 Comprehensive Meta-Analysis(CMA ver. 3.0)를 이용하였다(Kim & Yang, 2017).

모든 연구결과에 대해 효과크기는 다수의 연구에서 표본크기가 크지 않다는 점을 인식하여 교정된 표준화된 평균효과크기(corrected standardized mean difference), 즉 표본이 작을 경우 과대 추정되는 Cohen's d를 보완한 방법으로 Hedges' g를 산출하였으며, 95 % 신뢰구간(confidence intervals; CI)을 계산하였고, 각 효과크기의 가중치(weight)는 분산의 역수(inverse of variance)를 이용하였다(Borenstein 등, 2009). 일반적으로 효과크기가 0.2, 0.5 및 0.8일 경우 각각 '작은', '중간', '큰' 효과 크기로 간주된다(Leppink 등, 2016).

효과크기의 통계적 이질성(heterogeneity)을 평가하기 위해서 숲 그림(forest plot)을 통해 시각적으로 살펴보았다. 그리고 전체 관찰된 분산인 Q값을 산출하여 카이스퀘어 검증을 하였으며, 보다 구체적으로 전체 관찰된 분산에 대한 실제 분산, 연구 간 분산 비율을 나타내는 I² 값을 산출하였다(Han & Lee, 2017). I²값은 총 효과크기의 분산에 대한 실제 분산의 비율을 의미하며 25 %에 가까울수록 작은 이질성으로, 50 %에 가까울수록 중간 크기의 이질성으로, 75 %에 가까울수록 이질성이 매우 큰 것으로 해석한다(Borenstein 등, 2009; Higgins 등, 2003; Lipsey & Wilson, 2001). 각 연구가 보여주는 효과크기의 이질성에 대한 추가적인 설명을 위해 연구 수준의 특성, 즉 조절변수의 속성에 따라 하위그룹분석(sub-group analysis)과 메타회귀분석(meta-regression

analysis)을 활용하여 조절효과분석을 실시하였다(Park 등, 2015). 최종적으로 전체 연구 결과의 타당성을 위해 출판오류(publication bias) 분석을 실시하여 연구 결과의 타당성을 검증하였다(Kim 등, 2016).

III. 결 과

1. 선정된 연구의 특성

본 연구에서 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 한 트레드밀 중재 연구 25편의 선정된 연구의 특성을 분석하였다(Appendix 1). 이에 따라 연구와 관련된 특성과 중재와 관련된 특성으로 구분하였다.

연구와 관련된 특성으로 첫째, 연구설계는 RCT 7편, NRCT 18편으로 나타났다. 둘째, 출판유형은 학술지에 게재된 논문 8편, 학위논문 17편으로 나타났다. 종속변수는 트레드밀 운동의 경사도 변화, 속도 변화, 평지에서 걷는 일반적인 방법, 시각적인 피드백을 주는 방법 등으로 나타났다. 종속변인에 의한 결과측정은 크게 폐기능과 보행능력 항목으로 구분하여 중재관련 특성을 분석하였다. 중재관련 하위 특성은 연구대상자의 연령, 중재요소(중재기간, 중재횟수, 매회 중재시간, 대상자의 수)를 중심으로 분석하였다. 중재요소의 중재기간은 4주 5편, 6주가 12편, 8주가 7편, 12주가 1편으로 나타났다. 중재횟수는 18회~40회기까지 있었으며, 18~30회기 22편, 30회기 초과 3편이었다. 트레드밀 운동의 1회 적용시간은 30분 이하 20편, 31분 이상 5편으로 나타났다. 실험집단의 대상자의 수는 15명 이하가 3편, 16명~30명까지 16편, 31명 이상이 6편으로 확인되었다.

2. 선정된 논문의 질 평가

연구방법의 질 평가 도구는 연구 설계별로 발생할 수 있는 위험을 잘 평가할 수 있는 도구를 사용하여 평가하는 것이 적합하여, RCT 연구는 Cochrane group이 개발한 Risk of Bias(RoB) 도구를 NRCT 연구는 Risk of Bias Assessment tool for Non-randomized Studies(RoBANS) 도

구로 평가하였다. 두 가지 질 평가 도구의 각 항목에 대하여 비뚤림 위험이 '높음(high)', '낮음(low)', '불확실(unclear)'의 세 가지로 구분하여 평가하였다. 낮음(low risk of bias)은 해당항목에 대해 비뚤림의 가능성이 낮음, 높음(high risk of bias)은 비뚤림 가능성이 높음, 불확실(uncertain risk of bias)은 비뚤림에 대한 위험을 판단하기 어려운 경우로 해석된다(Higgins & Green, 2011) (Table 1, 2).

RoB 도구에 의한 평가 결과는 다음과 같다. 첫째, 무작위 배정순서는 적절한 과정에 의해 수행되지 못한 무작위 배정으로 Low로 평가되었다. 둘째, 배정순서 은폐는 무작위 배정순서가 기재된 표를 이용한 무작위 이행, 교대 혹은 순환법 등의 순서를 사용하여 High로 평가되었다. 셋째, 연구 참여자, 연구자에 대한 눈가림은 연구 참여자와 연구자에 대한 눈가림이 시도되었으나 눈가림이 유지되지 않았을 것으로 판단되어 High로 평가되었다. 넷째, 결과평가에 대한 눈가림은 눈가림이 시도되었으나 눈가림이 유지되지 않았으며, 눈가림이 결과에 영향을 주었을 것으로 판단되어 High로 평가되었다. 다섯째, 불충분한 결과자료는 결측치가 중재군 간에 유사하게 발생하고 결측치가 발생한 원인도 유사하여 Low로 평가되었다. 여섯째, 선택적 보고는 일차, 이차 중재 결과들에 대한 분석이 사전에 정해진 방법대로 다루어졌

음을 확인할 수 있었기 때문에 Low로 평가되었다.

RoBANS 도구에 의한 평가 결과는 다음과 같다. 첫째, 대상군 선정은 주로 Low로 평가되었으며, 환자-대조군 연구가 명백히 정의되었고, 대상군은 연속적으로 모집된 것을 확인이 되었다. 두 개의 논문에서는 환자군과 대조군이 비교할만한 집단이 아니거나 연구 참여 시점에 연구 대상에서 결과가 있음을 확인하지 않아서 High로 평가되었다. 둘째, 교란변수는 전·후 연구 이외의 무작위 연구나 전·후 연구에서 교란변수를 다루지 않았으며 적절히 고려하지 못하여 High로 평가되었다. 셋째, 중재 측정은 조사자의 비뚤림이 명백하거나 자기 응답에 의해 얻은 결과로 인해 High로 평가되었다. 넷째, 결과 평가에 대한 눈가림은 눈가림 이루어지지 않거나 눈가림 여부가 결과에 영향을 주는 것으로 판단되어 High로 평가되었다. 다섯째, 불완전한 자료는 주로 Low로 평가되었는데, 결측치가 결과와 관련성이 있을 것 같지 않거나 실험군과 대조군간 유사하게 결측치가 발생되었다. 네 개의 논문에서는 High로 평가되었는데, 이는 결측치가 결과에 영향을 줄 것으로 판단되었다. 여섯째, 선택적 결과 보고는 주로 Low로 평가되었는데 사전에 정의한 일차, 이차 중재 결과가 정확히 기술되었다. 두 개의 논문에서는 High로 평가되었는데 사전에 정의되지 않거나 정해지지 않은 방법으로 중재 결과가 보고되지 않았다.

Table 1. Methodological evaluation of RCT study using RoB tool

Study	Random sequence generation	Allocation concealment	Blinding of participants	Blinding of outcome assessment	Incomplete outcome	Selective reporting
Chun(2016)	Low	High	High	High	Low	Low
Lee & Oh(2011)	Low	High	High	High	Low	Low
Park et al.(2016)	Low	High	High	High	Low	Low
Park et al.(2017)	Low	High	High	High	Low	Low
Park(2017a)	Low	High	High	High	Low	Low
Park(2017b)	Low	High	High	High	Low	Low
Park(2017c)	Low	High	High	High	Low	Low

Table 2. Methodological evaluation of NRCT study using RoBANS tool

Study	Selection of participants	Confounding variables	Measurement of intervention	Blinding of outcome assessment	Incomplete outcome data	Selective reporting
An et al.(2007)	Low	High	High	High	High	Low
Choi(2014)	Low	High	High	High	Low	High
Jung et al.(2009)	High	High	High	High	Low	Low
Kim & Bae(2010)	Low	High	High	High	High	Low
Kim et al.(2011)	Low	High	High	High	High	Low
Kim(2005)	Low	High	High	High	Low	Low
Kim(2009)	Low	High	High	High	Low	Low
Kim(2010)	Low	High	High	High	Low	Low
Kim(2011)	Low	High	High	High	Low	Low
Kim(2013)	Low	High	High	High	Low	Low
Kim(2016)	Low	High	High	High	Low	Low
Kim(2018)	Low	High	High	High	Low	Low
Lee(2011)	Low	High	High	High	Low	Low
Lee(2014a)	High	High	High	High	Low	High
Lee(2014b)	Low	High	High	High	Low	Low
Lim & Kang(2017)	Low	High	High	High	Low	Low
Lim(2018)	Low	High	High	High	Low	Low
Shin(2015a)	Low	High	High	High	High	Low

3. 트레드밀 운동의 전체 효과크기

최종 선정된 25편의 논문을 이용하여 트레드밀 운동

의 전체 평균효과크기는 Hedges's g를 산출한 결과를 숲그림으로 제시하였다(Fig 2). Hedges's g=0.535(95 % CI=0.386~0.684)로 나타나 중간 효과크기를 보이며

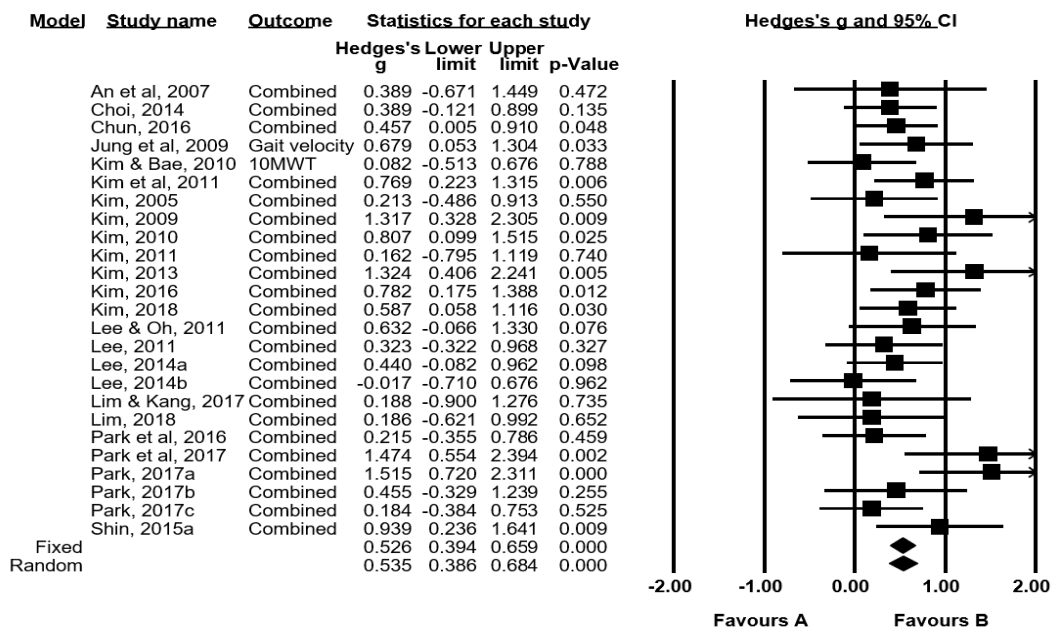


Fig 2. Forest plots for overall effect size after treadmill exercise

($p < .05$), 이질성은 $I^2=18.6 \%$ ($Q=29.478$)로 작은 크기의 이질성이 나타났다.

4. 종속변인에 대한 효과크기 비교

1) 폐기능의 전체 평균 효과크기

측정한 트레드밀 운동이 뇌졸중 환자의 폐기능에 미치는 효과크기는 Hedges's $g=0.372$ (95 % CI: 0.156~0.588)로 중간 크기의 효과크기를 보이며($p < .05$). 이질성은 $I^2=0 \%$ ($Q=4.391$)로 나타나 이질성이 없는 것으로 나타났다(Table 3).

2) 보행능력의 전체 평균 효과크기

측정한 트레드밀 운동이 뇌졸중 환자의 보행능력에 미치는 효과크기는 Hedges's $g=0.584$ (95 % CI: 0.397~0.772)로 중간 크기의 효과크기를 보이며($p < .05$),

이질성은 $I^2=39.6 \%$ ($Q=34.782$)로 나타나 중간 크기의 이질성을 보였다(Table 3).

(1) 6분 보행 검사(6MWT)의 효과크기

측정한 트레드밀 운동이 뇌졸중 환자의 6MWT에 미치는 효과크기는 Hedges's $g=0.756$ (95 % CI: 0.328~1.184)로 높은 크기의 효과크기가 나타났으며($p < .05$), 이질성은 $I^2=69.7 \%$ ($Q=29.703$)로 나타나 높은 크기의 이질성을 보였다(Table 3).

(2) 10미터 보행 검사(10MWT)의 효과크기

측정한 트레드밀 운동이 뇌졸중 환자의 10MWT에 미치는 효과크기는 Hedges's $g=0.514$ (95 % CI: 0.330~0.698)로 중간 크기의 효과크기가 나타났으며($p < .05$), 이질성은 $I^2=9.1 \%$ ($Q=13.208$)로 나타나 낮은 크기의 이질성을 보였다(Table 3).

Table 3. Effect size by dependent variable of treadmill exercise

Variables	N	Hedges's g	95 % CI		Heterogeneity		
			Lower limit	Upper limit	Q	p	I ² (%)
Pulmonary function	9	0.372	0.156	0.588	4.391	0.820	0.000
Gait capacity	22	0.584	0.397	0.772	34.782	0.030	39.624
6MWT	10	0.756	0.328	1.184	29.703	0.000	69.700
10MWT	13	0.514	0.330	0.698	13.208	0.354	9.146

N; number of effect size, 95 % CI; 95 % confidence interval, Q; total variability, 6MWT; 6min walking test, 10MWT; 10 meter walking test

5. 조절변인에 따른 하위그룹 분석 결과

출판유형에 따른 효과크기는 학위논문(Hedges's $g=0.528$; 95 % CI=0.371~0.686)이 학술지(Hedges's $g=0.521$; 95 % CI=0.277~0.766) 보다 효과크기가 더 높게 나타났지만 두 집단 간의 이질성은 $Q=0.005$ 로 출판유형

간 효과크기 차이는 통계적으로 유의하지 않았다($p > .05$). 연구 설계에 따른 효과크기는 RCT(Hedges's $g=0.551$; 95 % CI=0.312~0.790), NRCT(Hedges's $g=0.516$; 95 % CI=0.357~0.674)로 나타났으며, 두 집단 간의 이질성은 $Q=0.135$ 로 나타나 통계적으로 유의하지 않았다 ($p > .05$)(Table 4).

Table 4. Results of sub-group analysis by moderator variable

Category	Subgroup	N	Hedges's g	95 % CI		Heterogeneity	
				Lower limit	Upper limit	Q	p
Publication type	Journal	8	0.521	0.277	0.766	0.005	0.946
	Thesis	17	0.528	0.371	0.686		
Study design	NRCT	18	0.516	0.357	0.674	0.135	0.713
	RCT	7	0.551	0.312	0.790		

N; number of effect size, 95 % CI; 95 % confidence interval, Q; total variability, RCT; randomized controlled trial, NRCT; non-randomized controlled trial

6. 조절변인에 따른 메타 회귀분석 결과

본 연구의 특성 중 출판 연도, 대상자의 평균연령, 중재요인(중재기간, 중재횟수, 매회 중재시간, 대상자의 수)을 조절변인으로 하여 효과크기의 이질성을 설명하기 위한 방법으로 메타 회귀분석을 실시하였다.

출판 연도와 연령에 대한 회귀분석 결과, 트레드밀 운

동 연구와 출판 연도의 관계는 약한 양(+)의 방향으로 나타났다. 중재 기간과 중재횟수, 매회중재시간, 대상자의 수에 대한 회귀분석 결과, 트레드밀 운동 연구와 출판 연도의 관계는 약한 음(-)의 방향으로 나타났다. 하지만 모든 조절변인에 대하여 회귀선의 기울기 계수가 통계적으로 유의하지 않았다($p>.05$)(Table 5).

Table 5. Meta regression analysis of intervention related characteristics

Category	Parameter	Estimate	95% CI		p
			Lower limit	Upper limit	
Publication year	Intercept	-14.3986	-103.7306	74.9334	0.7521
	Slope	0.0074	-0.0369	0.0518	0.7432
Age	Intercept	0.1282	-2.9247	3.1812	0.9344
	Slope	0.0062	-0.0494	0.0617	0.8282
Duration of session	Intercept	0.7037	0.1449	1.2625	0.0136
	Slope	-0.0262	-0.1105	0.0581	0.5417
Number of session	Intercept	0.8140	0.1569	1.4711	0.0152
	Slope	-0.0111	-0.0368	0.0145	0.3934
Length of session	Intercept	0.5696	-0.0050	1.1443	0.0520
	Slope	-0.0011	-0.0204	0.0181	0.9069
Sample size	Intercept	0.6039	0.1130	1.0948	0.0159
	Slope	-0.0023	-0.0183	0.0137	0.7771

7. 출판 편의 분석

출판 편의를 확인하고자 깔대기 점도표(funnel plot)를 이용하였다. 이때, 출판 편의가 존재한다면 통합된 효과 크기를 중심으로 점들이 한쪽으로 치우쳐 비대칭적 형태를 보이게 된다(Cha & Kim, 2014). 본 연구에서는 깔대기 점도표의 경우 출판편의가 존재한다고 보기는 어려우나 소수의 높은 효과크기가 존재하는 것으로 나타

났다. Egger 등(1997)이 제시한 방법에 대한 검증결과는 Egger의 회귀절편은 1.41, 표준오차 0.95로 회귀절편의 유의성을 알아본 결과, $p=0.151$ 로 유의하지 않았다. 민감도 분석인 ‘trim and fill’ 방법에 대한 검증결과는 조율된 연구들의 보정 값과 관찰 값이 일치하였다. 두 통계치를 종합한 결과 본 연구의 분석대상이 된 연구 결과물들에 출판 편의가 존재한다고 보기 어려웠다(Fig 3).

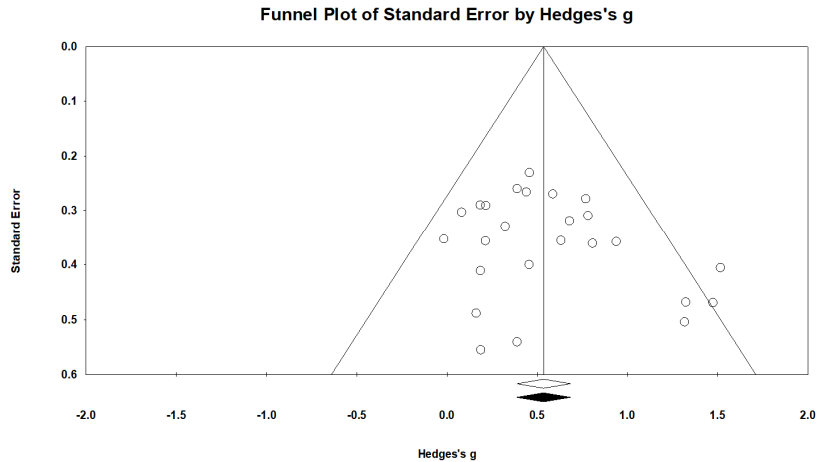


Fig 3. Funnel plot of standard error by Hedges's g

IV. 고 찰

본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 2005년 1월부터 2020년 2월까지 출판된 국내 선행연구를 토대로 트레드밀 운동프로그램의 효과를 종합적으로 분석하여 근거 기반의 학문적 기초자료를 제공하고자 하였다. 또한 트레드밀의 보행속도, 경사도 등과 같은 다양한 변인들을 고려하였으며 대상자의 평균연령, 중재요인(중재기간, 중재횟수, 매회 중재시간, 대상자의 수)을 조절변수로 구분하여 효과를 비교 분석하였다.

국내 트레드밀 운동의 다양한 적용이 뇌졸중 환자에게 어떠한 영향을 줄 수 있는지에 대한 연구들의 독립성을 인정하고 연구 간 분산을 인정하며, 연구결과를 다른 집단에도 일반화하여 적용하고자 무선효과모형을 사용

하여 전체 효과크기를 추정하였다(Borenstein 등, 2009). 다양한 트레드밀 운동을 뇌졸중 환자에게 적용하였을 때 전체 평균 효과크기는 0.535로 나타났으며, 통계학적으로 유의하였다($p<.05$). 즉 연구물들 간에 동질성이 있고, 이러한 효과크기는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 한 트레드밀 보행훈련 프로그램이 지속적으로 연구가 진행되어 축적된 연구물을 통합하여 분석할 수 있었고 긍정적인 결과라고 할 수 있다.

또한 하위범주를 폐기능과 보행능력으로 크게 나누어 변인별 분석을 시행하였다. 폐기능과 관련하여 볼 때 뇌졸중 환자는 신체활동의 감소로 심장의 기능이 약화되어 심혈관계 질환이 동반되는 경우가 많으며(Kim, 2011; Stoller 등, 2012), 뇌졸중 환자에게 트레드밀 운동을 적용했을 때 심폐 기능이 향상되었다는 결과를 보였다(Park, 2017b; Park, 2017c). 본 연구에서 트레드밀 운동이 만성

뇌졸중 환자의 폐기능과 보행능력에 미치는 효과크기는 각각 0.372와 0.584로 중간크기의 효과크기가 나타났고, 폐기능의 효과크기가 보행능력에 비해 작게 나타났다. 이는 트레드밀 보행훈련을 실시하기 전 연구자 선별기준에서 독립보행이 가능한 자를 대상으로 했기 때문에 심폐 기능에 있어서의 효과크기가 낮게 나왔을 것으로 생각된다. 또한 다른 변인들에 비해 적은 연구물 수와 본 연구에 이용된 논문들마다 적용기간이 4주에서 12주 까지 차이가 보여 서로 다른 연구기간으로 인한 중재기간의 한계성이 있었다(Park, 2017b; Park, 2017c). 그 외에도 다양한 호흡 패턴과 보행 수준을 가지는 모든 뇌졸중 환자들을 대상으로 일반화하기에는 어렵다는 점도 확인할 수 있었다. 이러한 제한점들을 바탕으로 추가적인 연구를 통한 더 많은 후속 연구물들의 확보가 필요하다고 생각된다. 또한, 보행능력과 관련하여 볼 때 뇌졸중 환자는 체중지지 능력, 균형, 근 활동의 감소로 독립적인 이동이 제한된다(Den Otter 등, 2006).

독립적인 일상생활과 삶의 질을 높이기 위해 보행능력의 향상은 재활에 있어 중요한 목표가 된다(Werner 등, 2002). 보행변인에 대한 메타분석을 실시한 결과 트레드밀 중재 후 보행에 미치는 효과크기는 0.584로 중간 크기로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 또한 트레드밀 중재 후 보행능력과 관련하여 하위범주를 두 가지로 나눠 분석한 결과, 효과크기가 6MWT(0.756)는 높은 크기로 나타났고, 10MWT(0.514)는 중간 크기로 나타났으며, 모두 통계학적으로 유의하였다($p < .05$). 이는 공통적으로 6MWT와 10MWT를 측정된 선행논문에서 모두 유의한 증가로 나온 결과와 일치하였다(Kim, 2018; Lee & Oh, 2011; Lim, 2018; Lim & Kang, 2017; Park 등, 2016; Park 등, 2017; Park, 2017a).

다만 본 연구에서 6MWT와 10MWT의 모든 결과값은 증가하였다. 또한 이질성은 6MWT($I^2=69.7\%$), 10MWT($I^2=9.1\%$)로 6MWT에서만 이질성이 높은 수준으로 나타났다. 이러한 이유는 첫째, 6MWT 효과크기의 최솟값 0.120, 최댓값 2.370으로 다른 하위범주에 비해 차이가 많이 나기 때문에 높은 이질성이 나타난 것으로 생각된다(Lim & Kang, 2017; Park, 2017a). 둘째, 다른 항목들에 비해 오랜 시간의 측정 방법으로 검사자의 주관 이 들어갈 수 있고 실험자의 능력이 크게 다를 수 있음

을 고려하지 않은 상태의 동일한 검사 때문이라고 생각된다. 따라서 향후 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구에서는 결과값에 따른 보행 측정 방법의 가이드라인을 제시할 것을 제안한다.

마지막으로 제한점으로는 첫째, 메타분석을 통해 운동의 효과를 일반화하기 어렵다. 충분하지 못한 문헌의 수, 트레드밀 운동의 중재가 복합적으로 다른 중재와 혼용되어 적용이 되어 정확한 효과크기를 확인할 수 없었다. 둘째, 폐기능과 트레드밀 운동 변인들 간의 관계를 알아보는 연구가 제한적이었다. 셋째, 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 한 임상연구가 제한적이었다. 임상에서는 뇌졸중 환자의 낙상 위험으로 인해 속도변화 보다는 경사도 변화를 통한 강도 조절이 폐 기능과 보행 능력 향상을 위해 효율적일 것이라 생각된다. 넷째, 연구의 질적 평가에 근거기반실기(evidence based practice; EBP) 수준을 고려하지 못했다. 다섯째, NRCT 연구는 18편인 반면에 RCT 연구는 7편으로 제한적이었다. 따라서 본 연구에서 제한점들을 보완하여 다양한 트레드밀 운동에 대해 더욱 폭넓은 연구 분석과 검증이 요구되며, 질적으로 우수한 후속 연구가 끊임없이 수행되어야 할 것이다.

V. 결론

본 연구결과, 뇌졸중 환자의 트레드밀 운동이 폐기능과 보행능력에서 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 뇌졸중 환자의 주된 증상 개선을 위해 트레드밀 운동과 같은 물리치료 중재를 적용한다면, 뇌졸중 환자의 삶의 질의 향상에 기여할 수 있을 것이다. 또한, 트레드밀 중재 후 지속적인 효과에 대한 장기간에 걸친 추적조사 연구와 환자가 흥미를 가질 수 있는 효율적이고 구체적인 트레드밀 운동의 개발이 필요할 것으로 생각되며, 이를 위해 질 높은 임상연구가 계속되어야 할 것이다.

참고문헌

- Ada L, Dean CM, Hall JM, et al(2003). A treadmill and overground walking program improves walking in persons residing in the community after stroke: A placebo-controlled, randomized trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 84(10), 1486-1491. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(03\)00349-6](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(03)00349-6).
- An SH, Kim SH, Shin YI(2007). The effect of progressive speed increase training on electromechanical gait trainer and treadmill training for stroke patients. *JCD*, 9(1), 113-125.
- Berman NG, Parker RA(2002). Meta-analysis: neither quick nor easy. *BMC Med Res Methodol*, 2, Printed Online. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-2-10>.
- Borenstein M, Hedges LV, Higgins JPT, et al(2009). *Introduction to meta-analysis*. 1st ed, West Sussex, John Wiley & Sons, Ltd, pp.21-32.
- Braun SM, Beurskens AJ, Borm PJ, et al(2006). The effects of mental practice in stroke rehabilitation: A systematic review. *Arch Phys Med Rehabil*, 87(6), 842-852. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.02.034>.
- Cha YJ, Kim SY(2014). Effect of community-based rehabilitation on patients with brain injury: Meta-analysis based on the ICF model. *J Korea Contents Assoc*, 14(3), 203-214. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2014.14.03.203>.
- Chimowitz MI, Weiss DG, Cohen SL, et al(1994). Cardiac prognosis of patients with carotid stenosis and no history of coronary artery disease. Veterans Affairs Cooperative Study Group 167. *Stroke*, 25(4), 759-765. <https://doi.org/10.1161/01.STR.25.4.759>.
- Choi MS(2014). Effects of treadmill gait training according to different inclination on pulmonary function and standing balance in patients with chronic stroke. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Chun SK(2016). Walking ability stroke patients according to various feedback systems based on treadmill training. Graduate school of Hallym University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Da Cunha Filho IT, Lim PA, Qureshy H, et al(2001). A comparison of regular rehabilitation and regular rehabilitation with supported treadmill ambulation training for acute stroke patients. *J Rehabil Res Dev*, 38(2), 245-255.
- Dalgas U, Severinsen K, Overgaard K(2012). Relations between 6 minute walking distance and 10 meter walking speed in patients with multiple sclerosis and stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 93(7), 1167-1172. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.02.026>.
- Dean CM, Richards CL, Malouin F(2000). Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: A randomized, controlled pilot trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 81(4), 409-417. <https://doi.org/10.1053/mr.2000.3839>.
- Den Otter AR, Geurts AC, Mulder T, et al(2006). Gait recovery is not associated with changes in the temporal patterning of muscle activity during treadmill walking in patients with post-stroke hemiparesis. *Clin Neurophysiol*, 117(1), 4-15. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2005.08.014>.
- Eich HJ, Mach H, Werner C, et al(2004). Aerobic treadmill plus Bobath walking training improves walking in subacute stroke: A randomized controlled trial. *Clin Rehabil*, 18(6), 640-651. <https://doi.org/10.1191/0269215504cr779oa>.
- Egger M, Davey Smith G, Schneider M, et al(1997). Bias in meta-analyses detected by simple, graphical test. *BMJ*, 315(7109), 629-634. <https://doi.org/10.1136/bmj.315.7109.629>.
- Han MH, Lee KH(2017). Effects of communication ability enhancement program for nursing students in Korea: A systematic review and meta-analysis. *J Korean Acad Soc Nurs Educ*, 23(1), 15-26. <https://doi.org/10.5977/jkasne.2017.23.1.15>.
- Higgins JPT, Green S(2011). *Cochrane handbook for*

- systematic reviews of interventions. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd.
- Higgins JPT, Thompson SG, Deeks JJ, et al(2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ*, 327(7414), 557-560. <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557>.
- Ivey FM, Hafer-Macko CE, Macko RF(2008). Task-oriented treadmill exercise training in chronic hemiparetic stroke. *J Rehabil Res Dev*, 45(2), 249-259. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2007.02.0035>.
- Jang TY(2012). A meta-analysis of the effects of exercise programs in the elementary school students and elderly people. Graduate school of Cheongbuk National University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Jung CY, Hur JG, Woo JH, et al(2009). The effects of treadmill training on stroke patients walking speed, balance, ADL and anxiety disorder. *J Korean Acad Ther*, 1(1), 89-98.
- Kang TW, Kim BR(2018). Effects of respiratory muscle training on the respiratory function, balance, and activities of daily living in patients with stroke. *J Kor Phys Ther*, 30(2), 58-62. <https://doi.org/10.18857/jkpt.2018.30.2.58>.
- Kelly JO, Kilbreath SL, Davis GM, et al(2003). Cardiorespiratory fitness and walking ability in subacute stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil*, 84(12), 1780-1785. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(03\)00376-9](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(03)00376-9).
- Kim AR, Yang IS(2017). Effects of exercise on endothelial progenitor cells in cardiovascular disease patients: A systematic review. *JKAIS*, 18(4), 366-379. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.4.366>.
- Kim CB, Choi JD(2015). Effects of chest expansion resistance exercise on chest expansion and maximal inspiratory pressure in patients with stroke. *J Korean Soc Phys Med*, 10(1), 15-21. <https://doi.org/10.13066/kspm.2015.10.1.15>.
- Kim CS, Bae SS(2010). The comparison of effect of treadmill and ergometer training on gait and balance in stroke. *J Korean Soc Phys Med*, 5(3), 435-443.
- Kim EJ(2009). The effects of gait training on treadmill and unstable surface and muscular activity in stroke patients. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim EY, Hwang SD, Kim EJ(2016). Stimulation-oriented interventions for behavioral problems among people with dementia: A systematic review and meta-analysis. *J Korean Acad Nurs*, 46(4), 475-489. <https://doi.org/10.4040/jkan.2016.46.4.475>.
- Kim HC, Park SW, Yoo HC, et al(2011). The effect of treadmill aerobic exercise in stroke patients. *Brain Neurorehabil*, 4(1), 50-56.
- Kim JJ(2005). The effect of body weight supported treadmill training on the ambulation of stroke. Graduate school of Pusan Catholic University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim JS, Ahn JH, Lee HH, et al(2017). The effect of treadmill gait training accompanied by visual feedback on the gait and balance of chronic stroke patients. *PNF & Mov*, 15(2), 133-140. <https://doi.org/10.21598/JKPNFA.2017.15.2.133>.
- Kim JH(2011). The effects of treadmill gait and STS exercise on cardiopulmonary function, muscular cross-sectional area and insulin resistance for patients with stroke. Graduate school of Yong-in University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Kim RB, Choi JY, Shin JM(2001). The influence of step length and walking speed on the angle and ROM of the lower limb joint. *The Korean Journal of Physical Education*, 40(4), 997-1009.
- Kim SC(2013). The effect of treadmill and body weight support treadmill training on balance and gait ability in hemiplegia patients with subacute stroke. Graduate school of Jeju National University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim SG(2010). Effect of treadmill gradient training on lower limb muscle activity and gait in chronic stroke patient. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim SW(2016). Effect of underwater and ground gait

- training on the cardiovascular endurance in stroke patient's. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim YJ(2018). Effects of underwater and ground treadmill walking training on the foot pressure and the walking ability in chronic stroke patients. Graduate school of Youngsan University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Lee HS(2011). The effect of treadmill-based leg weight loading training on balance and gait in stroke patients. Graduate school of Sahmyook University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Lee JH(2014a). The effects on the function recovery, balance and walking of chronic stroke patients by applying repetitive exercise therapy, balance training with machines, and walking training on treadmill. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Lee JM(2014b). The effects of ambulation and balance according to different velocity of treadmill ambulation training in post-stroke patients. Graduate school of Daegu Catholic University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Lee JS, Oh DW(2011). Effects of fast-speed treadmill training with on balance and walking ability of patients with chronic stroke. *Kor J Neuromuscul Rehabil*, 1(2), 31-39.
- Lee SR, Kwon HC(2003). The relationship between activities of daily living and cognitive score in stroke patients. *Phys Ther Korea*, 10(3), 41-51.
- Leppink J, O'Sullivan P, Winston K(2016). Effect size-large, medium, and small. *Perspect Med Educ*, 5(6), Printed Online. <https://doi.org/10.1007/s40037-016-0308-y>.
- Lim JW(2018). Effects of treadmill exercise training on cardiorespiratory endurance, balance and gait in patients with chronic stroke. Graduate school of Korea National University of Transportation, Republic of Korea, Master's thesis.
- Lim JW, Kang SH(2017). Effects of treadmill exercise training on aerobic capacity, balance and gait in patients with chronic stroke: A pilot study. *AOSPT*, 13(2), 97-108. <https://doi.org/10.24332/aospt.2017.13.2.12>.
- Lim JY(2016). A meta-analysis of effectiveness of co-op education program. Graduate school of Sookmyung Women's University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Lipsey MW, Wilson DB(2001). *Practical meta-analysis*. 1st ed, London, SAGE publications, Ltd.
- Macko RF, Ivey FM, Forrester LW, et al(2005). Treadmill exercise rehabilitation improves ambulatory function and cardiovascular fitness in patients with chronic stroke: a randomized, controlled trial. *Stroke*, 36(10), 2206-2211. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000181076.91805.89>.
- Mauritz KH(2002). Gait training in hemiplegia. *Eur J Neurol*, 9(s1), 23-29. <https://doi.org/10.1046/j.1468-1331.2002.0090s1023.x>.
- Munari D, Pedrinolla A, Smania N, et al(2018). High-intensity treadmill training improves gait ability, VO₂peak and cost of walking in stroke survivors: preliminary results of a pilot randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*, 54(3), 408-418. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.16.04224-6>.
- Park JE(2017a). Effects of treadmill gait training with controlled posture on walking function and balance in patients with chronic stroke. Graduate school of Daejeon University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Park JE, Lee JH, Cha YJ(2017). The effect of treadmill gait training in an adjusted position from functional training system on chronic stroke patients' walking and balance ability. *J Korean Soc Phys Med*, 12(1), 35-42. <https://doi.org/10.13066/kspm.2017.12.1.35>.
- Park JJ(2017b). Effects of circuit aerobic exercise on gait ability and pulmonary function in patients after chronic stroke. Graduate school of Daejeon University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Park KD(2016). The effect of stair square step exercise on gait and balance ability in stroke patients. Graduate school of Korea National University of Transportation,

- Master's thesis.
- Park SH(2017c). Change on walking ability and pulmonary functions of stroke patients according to the method of changing treadmill speed. Graduate school of Daejeon University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Park SH, Cha YJ, Choi YH(2016). Effects of treadmill walking training with randomized walking speed on pulmonary function in persons with chronic stroke. *J Korean Soc Phys Med*, 11(4), Printed Online. <https://doi.org/10.13066/kspm.2016.11.4.71>.
- Park WJ, Park SJ, Hwang SD(2015). Effects of cognitive behavioral therapy on attention deficit hyperactivity disorder among school-aged children in Korea: A meta-analysis. *J Korean Acad Nurs*, 45(2), 169-182. <https://doi.org/10.4040/jkan.2015.45.2.169>.
- Patterson SL, Forrester LW, Rodgers MM, et al(2007). Determinants of walking function after stroke: Differences by deficit severity. *Arch Phys Med Rehabil*, 88(1), 115-119. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.10.025>.
- Shin HS(2015a). Effects of inclination treadmill training for dynamic stretching on the spasticity and gait of chronic stroke patients. Graduate school of Daejeon University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Shin WJ(2015b). An introduction of the systematic review and meta-analysis. *HMR*, 35(1), 9-17. <https://doi.org/10.7599/hmr.2015.35.1.9>.
- Stoller O, de Bruin ED, Knols RH, et al(2012). Effects of cardiovascular exercise early after stroke: systematic review and meta-analysis. *BMC Neurol*, 12, Printed Online. <https://doi.org/10.1186/1471-2377-12-45>.
- Sullivan KJ, Knowlton BJ, Dobkin BH(2002). Step training with body weight support: effect of treadmill speed and practice paradigms on poststroke locomotor recovery. *Arch Phys Med Rehabil*, 83(5), 683-691. <https://doi.org/10.1053/apmr.2002.32488>.
- Visintin M, Barbeau H, Korner-Bitensky N, et al(1998). A new approach to retrain gait in stroke patients through body weight support and treadmill stimulation. *Stroke*, 29(6), 1122-1128. <https://doi.org/10.1161/01.STR.29.6.1122>.
- Werner C, Von Frankenberg S, Treig T, et al(2002). Treadmill training with partial body weight support and an electromechanical gait trainer for restoration of gait in subacute stroke patients. *Stroke*, 33(12), 2895-2901. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000035734.61539.F6>.
- Yang YR, Chen YC, Lee CS, et al(2007). Dual task-related gait changes in individuals with stroke. *Gait Posture*, 25(2), 185-190. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.03.007>.
- Yoon NS, Yi KO, Kim JY(2001). The kinematic and kinetic analysis of treadmill gait with various inclination and speed. *The Journal of Korean Society of Aerobic Exercise*, 5(1), 49-68.
- Youn HJ, Oh DW(2016). Comparison of the effects of task-oriented circuit training and treadmill training on walking function and quality of life in patients with post-stroke hemiparesis: Randomized controlled pilot trial. *Phys Ther Korea*, 23(2), Printed Online. <https://doi.org/10.12674/ptk.2016.23.2.001>.
- Yun H(2010). An influence of aerobic exercise for obese students with mental retardation on their body composition, anthropometry, cardiopulmonary endurance and training avoidance. Graduate school of Chosun University, Republic of Korea, Master's thesis.

Appendix 1. Characteristics of primary studies included in the analysis

Author (year)	Effect size	Type	RCT	Phase	Group		Treadmill exercise intervention			Outcome		
					EXP	CON	Exercise type	Duration of session (week)	Number of session (count)	Length of session (min)	Lung function	Gait capacity
An et al. (2007)	0.389	Journal	NRCT	Chronic	12	X	Auto treadmill, universal treadmill	8	24	30		FMA, GV
Choi (2014)	0.389	Thesis	NRCT	Chronic	44	X	5° treadmill 10° treadmill universal treadmill	6	30	30	FVC, FEV ₁ , PEF	
Chun (2016)	0.457	Thesis	RCT	Chronic	40	X	Visual feedback and mirror treadmill, visual feedback treadmill	8	24	30		Cadence, STa, STb, SW, SLa, SLb, SP, 10MWT
Jung et al. (2009)	0.679	Journal	NRCT	Chronic	20	20	Treadmill	12	36	45		GV
Kim & Bae (2010)	0.082	Journal	NRCT	Chronic	20	22	Progressive speed increase treadmill	6	18	30		10MWT
Kim et al. (2011)	0.769	Journal	NRCT	Chronic	21	X	Treadmill	8	24	40	VO ₂ MAX, HR, BP, RPP, MV, RPE, RER	WS, FMA, FTS, mDGI
Kim (2005)	0.213	Thesis	NRCT	Chronic	15	15	Treadmill, ground gait	6	30	15		GV, WA, cadence, FAC, MMAS, GQ
Kim (2009)	1.317	Thesis	NRCT	Chronic	30	X	Gait training on treadmill	8	40	20		SW, SLb, FA, MA
Kim (2010)	0.807	Thesis	NRCT	Chronic	32	X	0° inclination treadmill 5° inclination treadmill 10° inclination treadmill	6	18	30		10MWT, MA
Kim (2011)	0.162	Thesis	NRCT	Chronic	8	7	Progressive speed increase treadmill	8	24	30	VO ₂ peak, VE, VO ₂ kg, VO ₂ max time, RER, HR, ED, MS	
Kim (2013)	1.324	Thesis	NRCT	Chronic	16	X	Weight bearing treadmill, universal treadmill	4	20	40		6MWT
Kim (2016)	0.782	Thesis	NRCT	Chronic	27	X	Aqua treadmill, universal treadmill	6	18	30	FVC, FEV ₁ , PEF, HR, RPE	6MWT
Kim (2018)	0.587	Thesis	NRCT	Chronic	30	X	Aqua treadmill, universal treadmill	6	18	30		10MWT, 6MWT, GTR, FW
Lee & Oh (2011)	0.632	Journal	RCT	Chronic	16	X	Progressive speed increase treadmill, universal treadmill	4	32	25		10MWT, 6MWT, LCWT

Author (year)	Effect size	Type	RCT	Phase	Group		Treadmill exercise intervention			Outcome		
					EXP	CON	Exercise type	Duration of session (week)	Number of session (count)	Length of session (min)	Lung function	Gait capacity
Lee (2011)	0.323	Thesis	NRCT	Chronic	26	X	Unaffected weight load treadmill, affected weight load treadmill, universal treadmill	6	30	20		GV, cadence SLa, SLb, SLS, % stance, % swing
Lee (2014a)	0.440	Thesis	NRCT	Chronic	28	15	Progressive speed increase treadmill	8	24	30		CA, SLb, stride, STb, H-H, GV 10MWT
Lee (2014b)	-0.017	Thesis	NRCT	Chronic	18	X	Comfortable speed treadmill, slow speed treadmill, maximal speed treadmill	4	20	30		SLa, SLb, STa, STb, cadence, FR, SW, STP, SWP, LR, SLS, PSP, DLS
Lim & Kang (2017)	0.188	Journal	NRCT	Chronic	6	5	Treadmill	6	30	45	VO ₂ max	10MWT, 6MWT, mDGI
Lim (2018)	0.186	Thesis	NRCT	Chronic	11	11	Progressive heart rate reserve increase treadmill	6	30	45	VO ₂ max	10MWT, 6MWT, mDGI
Park et al. (2016)	0.215	Journal	RCT	Chronic	21	X	Treadmill training with randomized speed, treadmill training without speed change	6	30	20	FVC, FEV ₁ , MVV	
Park et al. (2017)	1.474	Journal	RCT	Chronic	30	X	Controlled posture treadmill, universal treadmill	4	20	20		10MWT, 6MWT
Park (2017a)	1.515	Thesis	RCT	Chronic	30	X	Controlled posture treadmill	4	20	20		10MWT, 6MWT
Park (2017b)	0.455	Thesis	RCT	Chronic	12	12	Progressive speed increase treadmill	6	18	30	FVC, FEV ₁ , MVV	10MWT, 6MWT
Park (2017c)	0.184	Thesis	RCT	Chronic	31	X	Randomize speed control treadmill, Progressive speed increase treadmill, maintain speed treadmill	6	30	20	FVC, FEV ₁ , MVV	10MWT, 6MWT
Shin (2015a)	0.939	Thesis	NRCT	Chronic	22	X	Inclination treadmill	4	20	20		10MWT

10MWT; 10 meter walking test, 6MWT; 6 minute walking test, BP; blood pressure, CA: contact area, DLS; double limb support, FA; foot angle, FAC; functional ambulatory category, FEV₁; forced expiratory volume in 1 second, FMA; fugal-meyer motor function assessment, FR: foot rotation, FTS; five times sit to stand test, FVC; forced vital capacity, GQ; gait quality, FW: foot width, GTR: gait time ratio, GV: gait velocity, H-H: H-H base of support, HR; heart rate, LCWT; local community walking test, LR: loading response, MA: muscle activity, mDGI; dynamic gait index, MMAS; modified motor assesment scale, MS; maximal speed, MVV; maximal voluntary ventilation, PEF; peak expiratory flow, PSP; pre-swing phase, RER; respiratory exchange ratio, RPE; rating of perceived exertion, RPP; rate pressure product, SLa: stride length, SLb; step length, SLS; single limb support, SP; stance phase, STa: stride time, STb: step time, STP: stance phase, SW; stride width, SWP: swing phase, VE; ventilation minute, VO₂kg; oxygen uptake per unit weight, VO₂max time: maximum value time of VO₂, VO₂peak; maximum value of VO, WA; walking ability, WS; walking speed