

불안정 지면에서 적용한 운동프로그램이 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 효과: 국내 연구의 메타분석

임재현
원광보건대학교 물리치료과

Effect of Exercise Programs Applied on Unstable Support Surfaces on Balance in Stroke patients: A Meta-analysis of Domestic Studies

Jae-Heon Lim

Department of Physical Therapy, Wonkwang Health Science University

요약 이 연구는 뇌졸중 환자에게 불안정한 지면에서 실시한 운동이 균형에 미치는 효과크기를 알아보고, 체계적이고 종합적으로 분석하고자 하였다. 연구의 선정기준은 연구대상 (뇌졸중 환자), 중재방법 (운동 프로그램), 비교집단(대조군 있는 연구), 연구결과(균형), 연구설계(무작위 배정 임상실험)로 하였다. 문헌 검색은 4개의 국내 데이터베이스에서 2014년 1월부터 2023년 6월까지 발행된 연구들을 검색하였다. 이 연구에 적합한 11편을 동질성 검정을 하고 랜덤효과 모형을 적용하여 효과크기를 산출하였다. 프로그램 R을 사용하여 개별 연구들의 효과크기를 산출한 결과, 평균 효과크기는 0.48(95% CI: 0.23-0.73)로 중간 효과크기로 유의한 차이가 있었다. 균형에 관한 하위 변수 효과크기로 일어나서 걸기 검사는 0.43(95% CI : 0.09-0.76), 버그 균형 척도검사는 0.57(95% CI : 0.13-1.02)로 중간 효과크기로 나타났다. 이같이 불안정 지면에서 실시한 운동 프로그램은 뇌졸중 환자의 균형 능력을 향상시키는데 긍정적인 영향을 미쳤다. 향후 뇌졸중 환자에게 다양한 중재 프로그램의 효과성 연구가 수행되기를 제언한다.

Abstract This study was undertaken to determine the effect size of balance exercises performed on unstable surfaces in stroke patients by systematic and comprehensive analysis. A randomly assigned clinical trial was performed on stroke patients who participated in an exercise program. Outcomes (balance results) were compared with those of age matched stroke patients who did not perform balance exercises. The literature was searched for studies published from January 2014 to June 2023 in four domestic databases. The 11 selected articles were tested for homogeneity, and effect sizes were calculated using a random effects model. The effect size of individual studies calculated using the R project for Statistical computing version (4.3.1) was 0.48 (95% CI: 0.23-0.73), indicating a medium effect size. Effect sizes determined by balance tests were 0.43 (95% CI : 0.09-0.76) for the timed up and go test (TUG) and 0.57 (95% CI : 0.13-1.02) for the Berg balance scale (BBS). Exercise programs conducted on unstable support surfaces had positive effects on the balance abilities of stroke patients. We recommend that future research be conducted on the effectiveness of various intervention programs for stroke patients.

Keywords : Exercise Program, Meta-Analysis, Postural Balance, Stroke, Support Surface

이 논문은 2023년도 원광보건대학교 교내연구비 지원에 의해서 수행됨.

*Corresponding Author : Jae-Heon Lim(Wonkwang Health Science University)

email: limjaecheon@wu.ac.kr

Received December 19, 2023

Revised January 2, 2024

Accepted January 5, 2024

Published January 31, 2024

1. 서론

1.1 연구의 필요성

뇌졸중은 뇌혈관의 색전, 혈전으로 인해 혈관이 막히거나 출혈로 인해 뇌 조직에 손상을 주어 신체적 장애를 일으키는 신경계 질환이다[1]. 이 질환은 가진 환자들은 고유수용성 감각이나 공간 지각이 소실되어 일상생활에서 어려움을 겪게 된다[2]. 뇌졸중 환자의 몸통은 기족 굽힘이 되어 마비 측이 C자형이고 골반은 뒤쪽으로 경사가 이루어져 비대칭적인 자세가 나타난다[3]. 뇌졸중의 증상으로는 협응 장애와 근 긴장도가 비정상적이며, 특히 마비된 측의 약증과 체중 부하 감소로 인하여 균형 능력의 장애가 발생한다[4].

뇌졸중 발병 후 균형 능력의 장애는 흔하게 나타나는 신체장애로 낙상의 위험이 증가시켜 일상생활에서의 제한을 받고 운동기능 회복에 부정적인 영향을 미친다[5]. 뇌졸중 환자의 균형 능력 저하는 비 마비측의 비효율적인 근육 동원과 마비 측의 근력의 감소로 나타나 기능적인 움직임을 방해한다[6].

균형 능력 조절은 안뜰계, 몸감각계, 시각계의 통합적인 상호작용으로 나타나므로, 이러한 감각시스템을 통합할 수 있도록 환자가 원하는 운동프로그램에 맞추어 적용되어야 한다[7]. 뇌졸중 환자의 균형 능력을 증진하기 위한 운동프로그램으로는 환자들에게 다양한 움직임의 반복리듬운동[8], 과제를 적용한 운동[9], 기구를 이용한 시각적 운동[10], 불안정 지면에서의 운동[11] 등이 실시되었다.

불안정 지면은 안정되지 않거나 안정성이 없는 지면을 말하며, 계단, 균형 운동 도구, 모래바닥 등이 있다[11]. 뇌졸중 환자의 불안정 지면에서의 운동은 외적인 자세 동요를 일으켜서 효과적으로 자세 조절 능력을 개선시킨다[12]. 또한 불안정 지면에서 감각 운동프로그램의 적용은 감각수용기인 근방추의 역할을 증진시켜 근육의 수축과 이완을 하는데 빠르게 반응을 일으킨다[13].

이에 대한 선행연구로는 불안정 지면에서의 균형 훈련이 발목관절과 무릎관절 손상과 자세를 조절하는 능력이 향상된다고 보고하였고[14], Schilling(2009) 등은 바로 서 있는 자세에서 인체의 중심의 압력이 불안정 지면에서 안정 지면 보다 더욱 증가 되었다고 하였다[15]. 또 다른 연구에서는 불안정 지면에서의 운동군과 안정 지면에서의 운동군을 비교하였는데 브루넬 균형 검사 중 계단 걷기에서 불안정 지면에서의 운동군이 유의하게 증진된 것으로 보고되었다[16]. 불안정 지면에서의 뇌졸중

환자에 대한 체계적 문헌고찰 연구에서는 불안정 지면에서의 몸통 운동을 한 군이 안정 지면에서의 운동을 군보다 균형 능력이 향상되었다고 하였고[11], 선 있는 자세에서 불안정 지면에서의 운동이 일반적인 재활치료보다 균형과 보행 능력이 개선되었다고 하였다[17].

메타분석에서의 자료에 대한 독립성 가정 위반은 항상 이슈가 되고 있다. 독립성 가정 위반은 한 개의 연구에서 한 개 이상의 효과크기를 산출하게 되면 각각의 효과크기는 독립적이지 않기 때문에 연구 결과가 정확하게 분석되지 않을 수 있다[18]. 이러한 독립성 가정에 대한 해결법으로는 각 자료가 독립적으로 추정하여 분석하였고, 또 다른 방법으로는 샘플 수가 큰 효과크기를 정하여 분석하거나 평균 효과크기를 구하는 것이었다[19]. 선행연구에서는 국외 데이터베이스를 이용한 불안정한 지면에서 뇌졸중 환자에게 균형과 보행에 관한 연구들을 알아보는 연구[20]가 있었지만, 아직 높은 질적 수준의 근거로는 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 Cooper(2017)가 주장한 분석단위로 메타분석을 적용하였다[20]. 한 개의 연구에서 많은 변수들을 산출하지 않고 균형에 관한 효과크기만을 추출하였다. 즉 불안정 지면에서 뇌졸중 환자에게 적용한 운동프로그램이 균형에 미치는 영향에 대한 연구들과 균형을 평가하는 척도를 선정하여 메타분석을 실시하여 독립성 가정을 위반을 최소화하여 메타분석을 시행하였다.

1.2 연구목적

이 연구의 목적은 국내에 보고된 연구를 가지고 불안정 지면에서 적용한 운동프로그램이 뇌졸중 환자의 균형 능력에 미치는 효과에 대한 효과크기를 알아보는 것이다. 연구목적에 따른 연구문제는 다음과 같다.

- 연구문제 1. 불안정 지면에서의 운동프로그램이 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 효과크기는 어떠한가?
- 연구문제 2. 불안정 지면에서의 운동프로그램이 뇌졸중 환자의 균형에 관한 하위 변인의 효과크기는 어떠한가?

2. 본론

2.1 연구설계

이 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 불안정 지면에서 수행된 운동 프로그램이 균형에 미치는 효과를 보고한

국내 연구들을 체계적이고 통합적으로 분석하기 위한 메타분석 연구이다.

2.2 연구 선정 기준 및 제외 기준

이 연구의 선정 기준은 불안정 지면에서 뇌졸중 환자에게 증재한 운동프로그램을 적용한 연구들을 P(Patient), I(Intervention), C(Comparison), O(Outcome), S(Study design), PICOS 기준에 의해 2014년 1월부터 2023년 6월까지 발행된 연구들이다. 이 연구에서 P(대상자)는 의사로부터 뇌졸중 진단을 받은자, I(중재)는 불안정 지면에서의 운동프로그램, C(비교대상)는 안정 지면에서 운동프로그램, O(결과)는 균형, S(연구설계)는 사전-사후 실험군, 대조군 연구 및 무작위 배정 실험연구로 설정하였다.

이 연구의 제외 기준은 뇌졸중 진단을 받고 6개월이 지나지 않은 환자를 대상으로 한 연구, 뇌졸중 환자의 평가도구로 균형(일어나서 걷기 검사(timed up and go test, TUG), 버그 균형 검사(Berg balance scale, BBS))를 제시하지 않은 연구, 통계적인 수치(표본 수, 평균, 표준편차)를 제시되지 않은 연구, 무작위 배정 임상 실험 및 사전-사후 연구 설계 방식의 실험연구가 아닌 연구로 정하였다.

2.3 데이터베이스 검색 및 선정 과정

이 연구는 PRIMA의 체계적 문헌고찰 흐름도에 따라서 실시하였고. 문헌 검색 주제어는 뇌졸중 AND 불안정 지면 운동, 뇌졸중 AND 안정 지면 운동의 주제어를 혼합하여 검색을 하였다. 데이터베이스를 통해 검색된 문헌들은 EndNote(EndNote X9)와 Microsoft Excel 2020을 사용하여 중복된 문헌을 정리하였다.

총 1597편의 연구가 검색되어 1차로 중복된 연구 1345편을 제거하였고, 2차로 논문 제목과 초록을 검토하여 212편을 제거하였다. 또한 제거한 후 40편 중 본 연구와 관련되지 않은 연구 8편, 본 연구의 균형과 관련되지 않은 연구 10편, 본 연구의 연구 설계가 다른 연구 8편, 무작위 배정 실험연구가 아닌 연구 3편을 제거하고 최종적으로 11편을 가지고 메타분석을 시행하였다(Fig. 1).

2.4 데이터의 코딩

메타분석에 포함된 개별 연구들에서 연도, 저자, 제목, 연구 설계, 증재 종류, 측정 도구, 표본 수, 증재 시간, 증재 횟수, 증재 기간, 평균, 표준편차 등을 표로 정리하였다.

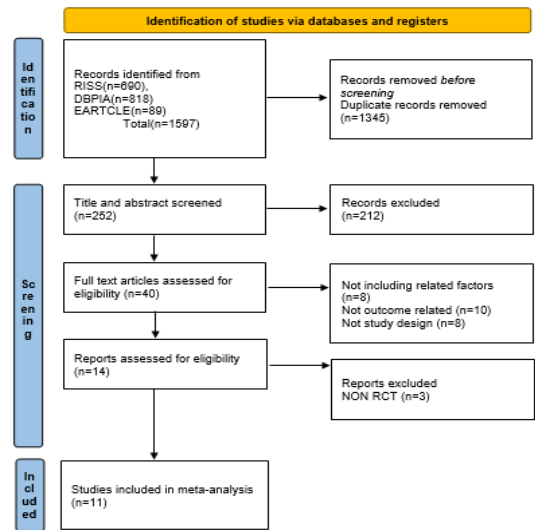


Fig. 1. PRISMA flow diagram

2.5 메타분석에 포함된 연구들의 질 평가

이 연구에서 문헌에 대한 질을 평가하기 위해 Rob 2.0을 사용하였다. 이 도구는 무작위로 발생한 편이, 결과 데이터 누락으로 인한 편이, 연구 결과를 측정에 대한 편이 연구 보고가 된 결과를 선택하는 편이 등 5가지를 평가한다[21]. 이러한 평가영역에 대해 편이 높음(high), 일부 우려(some concern), 편이 낮음(low)으로 평가하였다. 선정된 연구의 질 평가는 2인의 연구자가 독립적으로 하였고, 일치되지 않은 문항에 대해서는 연구자가 합의점에 이를 때까지 함께 논의하여 결과를 도출하였다.

2.6 자료분석

이 연구의 이질성 및 동질성을 알아보기 위해서 사용하는 시각적인 방법을 통해서 메타분석에 포함된 연구들의 효과크기와 효과크기의 신뢰구간을 이용하여 연구들의 이질성 및 동질성을 파악하였다. 메타분석 연구의 타당성을 검정하기 위해 시각적으로 평가하는 방법으로 깔때기 그림을 사용하여 평가하였다. 이 방법은 깔때기 그림이 비대칭인지를 분석하여 출간 편이 분석을 사용하였다. 통계 방법은 표준화된 효과크기를 의미하는 Hedges'g를 계산하였고, 효과크기의 신뢰구간을 산출하였다. 메타분석에 포함된 연구들의 효과크기 해석은 Cohen[22]이 제시한 0.2는 작은 효과크기, 0.2~0.8은 중간 효과크기, 0.8 이상은 큰 효과크기를 의미한다. 개별 연구들의 효과크기를 비교하기 위하여 R 프로그램(4.1.2)을 사용하였다.

Study	Risk of bias domains					Overall
	D1	D2	D3	D4	D5	
Kim(2022)	⊖	⊕	⊕	⊕	⊕	⊖
Kang et al(2022)	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Cha(2020)	⊖	⊕	⊕	⊕	⊕	⊖
Kang & Kim(2019)	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Kim et al(2018)	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Bong & Kim(2018)	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Oh(2018)	⊖	⊕	⊕	⊕	⊕	⊖
Hwang(2018)	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Ham(2017)	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Lim & Kim(2015)	⊖	⊕	⊕	⊕	⊕	⊖
Park et al(2013)	⊖	⊕	⊕	⊕	⊕	⊖

Domains:
 D1: Bias arising from the randomization process.
 D2: Bias due to deviations from intended intervention.
 D3: Bias due to missing outcome data.
 D4: Bias in measurement of the outcome.
 D5: Bias in selection of the reported result.

Judgement
 ⊖ Some concerns
 ⊕ Low

Fig. 2. Study of risk of bias

3. 결과

3.1 메타분석에 포함된 연구의 일반적 특성

이 연구의 포함된 개별 연구들의 일반적인 특성을 보

Study	Experimental			Control		
	Total	Mean	SD	Total	Mean	SD
Kim(2022)	13	2.160	4.470	13	0.800	5.120
Kim(2022)	13	2.070	9.240	13	0.920	8.170
Kang et al(2022)	10	3.000	2.860	10	1.700	2.330
Cha(2020)	13	2.810	6.410	13	2.290	5.180
kang & Kim(2019)	10	16.700	4.180	10	9.300	3.580
Kim et al(2018)	5	4.680	8.900	10	0.200	8.400
Kim et al(2018)	5	1.400	10.680	5	0.200	4.970
Bong & Kim(2018)	8	7.870	2.520	8	3.500	2.430
Oh(2018)	15	6.330	2.880	15	4.930	2.520
Hwang(2018)	15	3.740	1.310	15	1.780	2.430
Ham(2017)	23	4.800	13.600	23	0.380	9.890
Lim & Kim(2015)	15	10.530	4.950	15	10.930	4.900
Park et al(2013)	10	2.000	2.060	9	0.450	2.950
Common effect model	155			159		
Random effects model						
Heterogeneity: $I^2 = 27\%$, $\tau^2 = 0.0299$, $p = 0.17$						

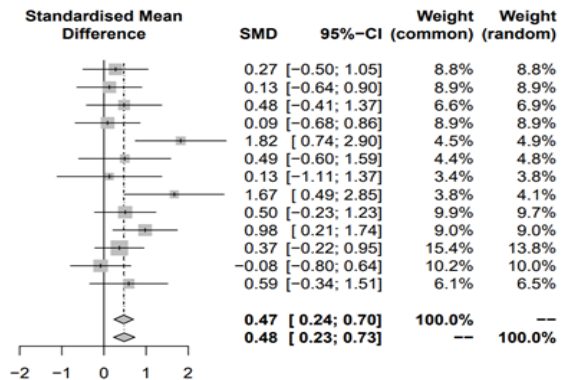


Fig. 3. Effect size of individual studies

Study	Experimental			Control		
	Total	Mean	SD	Total	Mean	SD
Kim(2022)	13	2.160	4.470	13	0.800	5.120
Cha(2020)	13	2.810	6.410	13	2.290	5.180
Kim et al(2018)	5	4.680	8.900	10	0.200	8.400
Hwang(2018)	15	3.740	1.310	15	1.780	2.430
Ham(2017)	23	4.800	13.600	23	0.380	9.890
Common effect model	69			74		
Random effects model						
Heterogeneity: $I^2 = 0\%$, $\tau^2 = 0$, $p = 0.57$						

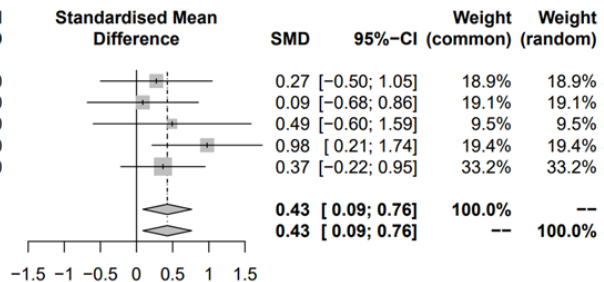


Fig. 4. Forest plots for TUG effect size

면, 2014년 1월부터 2023년 6월까지 간행된 논문들이었고, 학술지 논문 6편, 학위 논문 5편이었다. 총 11편의 논문 중 종속변인인 균형의 하위 그룹으로는 TUG는 5개, BBS가 8개로 나타났다. 연구에 포함된 대상자인 실험군은 137명, 대조군은 136명이었다(Appendix 1).

3.2 메타분석에 포함된 연구의 질 평가

이 연구의 포함된 11편에 대한 연구의 질 평가 결과는 녹색으로 나타난 6편은 편견이 낮은 것으로 나타났고, 노란색을 나타난 5편은 일부 우려의 결과가 나타났다(Fig. 2).

3.3 효과크기

불안정 지면에서의 운동 프로그램이 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 전체 효과크기는 $g=0.48$ (95% confidence interval : 0.23-0.73) 중간 효과크기로 나타났고, 신뢰구간이 0을 포함하지 않아 통계적으로도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Fig. 3).

균형의 하위요소인 TUG의 효과크기는 $g=0.43$ (95%

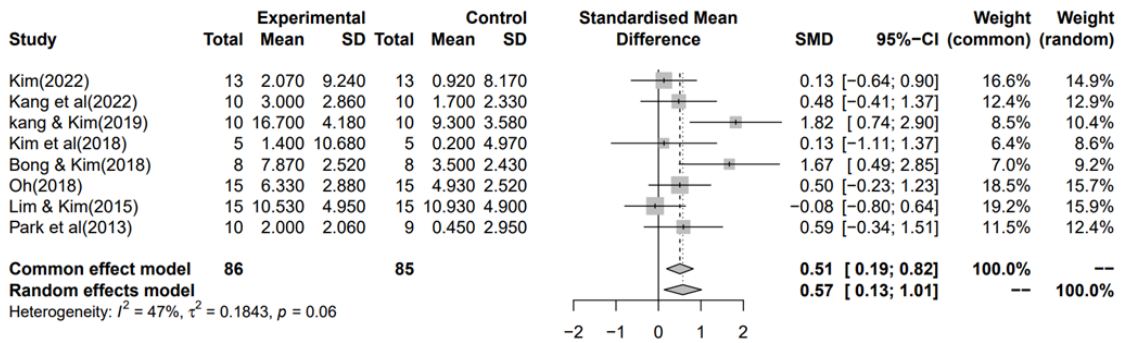


Fig. 5. Forest plots for BBS effect size

confidence interval : 0.09-0.76) 중간 효과크기로 나타났다, 신뢰구간이 0을 포함하지 않아 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Fig. 4). 균형의 하위요소인 BBS의 효과크기는 $g=0.57$ (95% confidence interval : 0.13-1.02) 중간 효과크기로 나타났다, 신뢰구간이 0을 포함하지 않아 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Fig. 5).

3.4 출간 편의 분석

메타분석에 포함된 연구들의 출간 편의는 편의가 없는 경우에는 깔때기 그림에서 효과크기를 가운데에 두고 그래프가 대칭을 이루게 되며, 출간 편의가 있는 경우에는 비대칭으로 나타난다[22]. 본 연구는 출간 편의 분석 결과 양쪽이 대칭으로 나타나기 때문에 출간 편의가 없는 것으로 나타났다(Fig. 6).

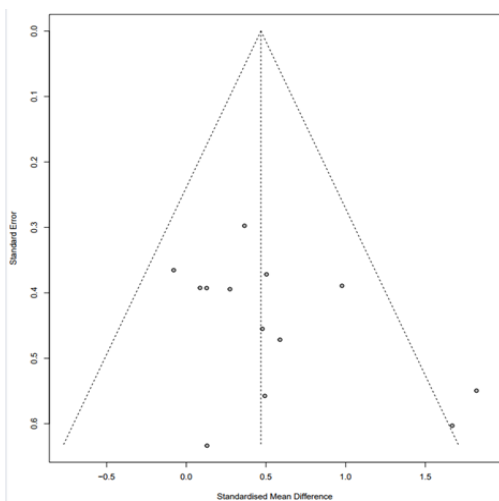


Fig. 6. Funnel plot of publication bias

4. 논의

불안정 지면은 안정 지면보다 발바닥을 통한 부정확한 감각의 입력으로 불안정성의 동요가 증가가 되어 자세 조절능력을 효율적으로 변화시킨다[16]. 불안정 지면에서의 자세 유지 운동은 고유수용성 감각을 자극하여, 신체의 자세인식 능력 개선을 통해 균형 능력이 향상된다[23]. 메타분석은 어떤 분야의 출간된 연구들에서 연구 결과를 추출하여 합성시키는 통계 방법이다[24]. 뇌졸중 환자에게 지면을 다르게 적용한 운동프로그램이 뇌졸중 환자의 균형 능력에 어떻게 영향을 미치는지 대한 각각의 연구들의 독립성을 가정하면서 분석을 하였다.

본 연구는 불안정 지면에서의 운동프로그램이 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 효과를 알아보기 위해 각 연구들의 효과크기를 산출하였고, 이에 대해서 논의하고자 한다.

본 연구는 2014년 1월부터 2023년 6월까지 진행된 뇌졸중 환자를 대상으로 불안정 지면에서 운동프로그램을 적용한 연구들에서 최종적으로 11편의 논문을 토대로 메타분석과 함께 개별 연구들의 질 평가를 실시하였다.

뇌졸중 환자들에게 지면에 따른 운동 프로그램을 실시한 연구들을 분석한 결과, 전체 효과크기는 $g=0.48$ (95% confidence interval : 0.23-0.73)로 나타났다, 신뢰구간이 0을 포함하지 않아서 통계적으로도 유의한 변화가 있다고 나타났다. Cohen(1988)이 제시한 효과크기 기준에 의하면 0.1~0.3은 작은 효과크기, 0.4~0.7은 중간정도의 효과크기, 0.8 이상은 가장 큰 효과크기라고 하였다[22]. 이 기준을 적용한 결과 전체 효과크기는 중간 이상으로 불안정 지면에서 뇌졸중 환자에게 시행한 운동 프로그램이 안정 지면에서 실시한 운동프로그램 보다 균형 능력을 향상시키는데 긍정적인 영향을 미친 것으로

보인다. 선행연구에 의하면 뇌졸중 환자를 대상으로 불안정 지면과 안정 지면에서의 과제 지향적 균형 운동을 시행하였는데 불안정 지면에서 균형 능력이 더욱 증진되었다고 하였고[25], 또한 뇌졸중 환자를 대상으로 불안정 지면에서 실시한 몸통 운동이 안정 지면에서 실시한 몸통 운동보다 균형 능력을 향상시키는 효과적인 방법이라고 하였다[26].

본 연구에서도 이 연구들을 메타분석을 수행한 결과, 각각의 효과크기가 $g=1.82(0.74-2.90)$, $g=1.67(0.49-2.85)$ 로 나타나 뇌졸중 환자에게 불안정 지면에서의 과제 지향적 운동프로그램이 효과적이라는 것을 알 수 있었다. 또 다른 연구에서는 지면의 변화에 따라 하지패턴의 교차혼련을 뇌졸중 환자에게 적용하였는데, 불안정 지면에서의 교차혼련이 균형능력의 향상에 유의한 증가를 보였다고 하였다[34]. 본 연구에서도 이 연구들을 메타분석을 수행한 결과, 각각의 효과크기가 $g=0.98(0.21-1.74)$ 로 큰 효과크기로 나왔다. 이는 불안정 지면을 통한 동요가 고유 감각을 자극하여 반사적 근수축을 일으켜 다리 근육 활성화에 영향을 주었을 것이라 생각된다[10].

본 연구의 전체 효과크기를 검증하기 위해 11편의 연구를 가지고 동질성 검정을 실시하였다. 본 연구는 개별 연구들의 효과크기 간 이질하다는 것을 가정을 하여 랜덤효과모형으로 동질성 검정을 하였다. 이질성을 나타내는 값이 $I^2=27\%$ 로 이질성이 낮은 것으로 나타났다. 이는 개별 연구들이 동질성이 있다는 것으로 연구 간 비교적 효과크기가 일관성을 보이는 것이다[27].

본 연구의 포함된 개별 연구들의 효과크기의 전체적인 분포를 확인하기 위해 출간 편의를 분석하였다. 메타분석 연구에서는 출간되지 않은 연구보다 출간된 연구들이 효과크기가 과대 추정될 수 있으므로 출간 편의가 있는지 분석한다[28]. 본 연구의 출간 편의는 깔때기 그림으로 분석하여 그래프가 비교적 대칭을 이루어서 비교적 출간 편의가 없는 것으로 나타났다.

본 연구의 제한점으로는 메타분석에 포함된 연구들의 운동프로그램에 부가적으로 시행된 치료에 대해서 어떠한 영향을 주는지에 대한 분석에는 한계가 있었다. 향후 연구에서는 뇌졸중 환자들에게 일상생활활동에서의 운동 프로그램을 개발하고 가이드라인을 제시하는 연구들이 축적되어야 할 것이다. 더불어 불안정 지면에서 다양한 운동프로그램을 실시한 연구들에 대한 장기적으로 효과 검증에 대한 노력이 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

5. 결론

본 연구는 2014년 1월부터 2023년 6월까지 국내 데이터베이스에 검색된 뇌졸중 환자를 대상으로 불안정 지면에서의 운동프로그램을 실시한 최종 11편의 연구를 대상으로 메타분석을 수행하였다. 향후 적절한 뇌졸중 환자들에게 적용할 운동프로그램을 임상에 적용하기 위한 근거를 마련하기 위해 수행하였다. 본 연구의 결과는 불안정 지면에서의 운동프로그램이 안정 지면에서의 운동프로그램보다 뇌졸중 환자의 균형 능력이 증진된 것으로 나타났다. 이는 최근에 뇌졸중 환자를 대상으로 운동프로그램이 진행되고 있는데 체계적이고 객관적인 효과크기 통해 임상에서 표준적인 매뉴얼을 제시하는데 의의가 있다고 생각한다. 앞으로도 다양한 환경에서의 운동프로그램을 적용한 연구와 연구의 질이 높은 후속 연구들이 필요할 것으로 사료된다.

References

- [1] S. J. Murphy, & D. J. Werring. "Stroke: Causes and Clinical Features". *Medicine*, vol.48, No.9, pp.561-566, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mpmed.2020.06.002>
- [2] C. M. Kim, & J. J. Eng. "The Relationship of Lower-Extremity Muscle Torque to Locomotor Performance in People with Stroke". *Physical Therapy*, vol.83, No.1, pp.49-57, 2003.
DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/pti/83.1.49>
- [3] D. S. Nichols. "Balance Retraining after Stroke Using Force Platform Biofeedback". *Physical Therapy*, vol.77, No.5, pp.553-558, 1997.
DOI: <https://doi.org/10.1093/pti/77.5.553>
- [4] M. Y. Liaw, C. L. Chen, Y. C. Pei, C. P. Leong, & Y. C. Lau. "Comparison of the Static and Dynamic Balance Performance in Young, Middle-Aged, and Elderly Healthy People". *Chang Gung Medical Journal*, vol.32, No.3, pp.297-304, 2009.
- [5] S. F. Tyson, M. Hanley, J. Chillala, A. Selley, & R. C. Tallis. "Balance Disability after Stroke". *Physical Therapy*, vol.86, No.1, pp.30-38, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1093/pti/86.1.30>
- [6] K. L. Harburn, K. M. Hill, J. F. Kramer, S. Noh, A. A. Vandervoort, & R. Teasell. "Clinical Applicability and Test-Retest Reliability of an External Perturbation Test of Balance in Stroke Subjects". *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol.76, No.4, pp.317-323, 1995.
DOI: [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(95\)80656-3](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(95)80656-3)

- [7] S. L. Patterson, L. W. Forrester, M. M. Rodgers, A. S. Ryan, F. M. Ivey, J. D. Sorkin, & R. F. Macko. "Determinants of Walking Function after Stroke: Differences by Deficit Severity". *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol.88, No.1, pp.115-119, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.10.025>
- [8] C. M. Dean, C. L. Richards, & F. Malouin. "Task-Related Circuit Training Improves Performance of Locomotor Tasks in Chronic Stroke: A Randomized, Controlled Pilot Trial". *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol.81, No.4, pp.409-417, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1053/mr.2000.3839>
- [9] J. F. Bayouk, J. P. Boucher, & A. Leroux. "Balance Training Following Stroke: Effects of Task-Oriented Exercises with and without Altered Sensory Input". *International Journal of Rehabilitation Research*, vol.29, No.1, pp.51-59, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1097/01.mrr.0000192100.67425.84>
- [10] A. Shumway-Cook, & M. Woollacott. *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice*. Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
- [11] T. Van Crielinge, W. Saeys, L. Vereeck, W. De Hertogh, & S. Truijen. "Are Unstable Support Surfaces Superior to Stable Support Surfaces During Trunk Rehabilitation after Stroke? A Systematic Review". *Disability and Rehabilitation*, vol.40, No.17, pp.1981-1988, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1323030>
- [12] A. Shumway-Cook, D. Anson, & S. Haller. "Postural Sway Biofeedback: Its Effect on Reestablishing Stance Stability in Hemiplegic Patients". *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol.69, No.6, pp.395-400, 1988.
- [13] U. Granacher, A. Gollhofer, & D. Strass. "Training Induced Adaptations in Characteristics of Postural Reflexes in Elderly Men". *Gait and Posture*, vol.24, No.4, pp.459-466, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.12.007>
- [14] W. Taube, M. Gruber, & A. Gollhofer. "Spinal and Supraspinal Adaptations Associated with Balance Training and Their Functional Relevance". *Acta Physiologica (Oxford, England)*, vol.193, No.2, pp.101-116, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.2008.01850.x>
- [15] B. K. Schilling, M. J. Falvo, R. E. Karlage, L. W. Weiss, C. A. Lohnes, & L. Z. Chiu. "Effects of Unstable Surface Training on Measures of Balance in Older Adults". *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol.23, No.4, pp.1211-1216, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181918a83>
- [16] K. S. Jung, H. Y. Cho, & T. S. In. "Trunk Exercises Performed on an Unstable Surface Improve Trunk Muscle Activation, Postural Control, and Gait Speed in Patients with Stroke". *The Journal of Physical Therapy Science*, vol.28, No.3, pp.940-944, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1589/jpts.28.940>
- [17] S. C. Yang, J. H. Jung, & S. W. Lee. "The Effects of Unstable Surface Training on Balance and Gait in Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis". *Physical Therapy Rehabilitation Science*, vol.12, No.1, pp.62-71, 2023.
DOI: <https://doi.org/10.14474/ptrs.2023.12.1.62>
- [18] M. Cumpston, T. Li, M. J. Page, J. Chandler, V. A. Welch, J. P. Higgins, & J. Thomas. "Updated Guidance for Trusted Systematic Reviews: A New Edition of the Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions". *Cochrane Database of Systematic Reviews*, vol.10, No.10, pp. ED000142, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.ED000142>
- [19] J. P. Higgins, S. G. Thompson, & D. J. Spiegelhalter. "A Re-Evaluation of Random-Effects Meta-Analysis". *Journal of the Royal Statistical Society*, vol.172, No.1, pp.137-159, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-985X.2008.00552.x>
- [20] H. Cooper, *Research Synthesis and Meta-Analysis: A Step-by-Step Approach*, SAGE publications, 2017.
- [21] J. H. Littell, J. Corcoran, & V. Pillai, *Systematic Reviews and Meta-Analysis*, Oxford University Press, 2018.
- [22] A. K. Cohen. "An Instrumental Variables Approach to Assess the Effect of Class Size Reduction on Student Screen Time". *Social Science and Medicine*, vol.201, pp.63-70, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2018.02.005>
- [23] T. Stanton, & G. Kawchuk. "The Effect of Abdominal Stabilization Contractions on Posteroanterior Spinal Stiffness". *Spine*, vol.33, No.6, pp.694-701, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318166e034>
- [24] J. Lee. "Meta-Analysis". *Journal of Korean Endocrine Society*, vol.23, pp.361, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.3803/jkes.2008.23.6.361>
- [25] T. W. Kang, & B. R. Kim. "Comparison of Task-Oriented Balance Training on Stable and Unstable Surfaces for Fall Risk, Balance, and Gait Abilities of Patients with Stroke". *Journal of The Korean Society of Physical Medicine*, vol.14, No.2, pp.89-95, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.13066/kspm.2019.14.2.89>
- [26] S. Y. Bong, & Y. N. Kim. "Effects of Additional Trunk Exercises on an Unstable Surface on the Balance and Walking Ability of Individuals with Chronic Stroke". *PNF and Movement*, vol.16, No.2, pp.249-257, 2018.
DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.21598/JKPNFA.2018.16.2.249>
- [27] M. W. Cheung. "A Model for Integrating Fixed-, Random-, and Mixed-Effects Meta-Analyses into Structural Equation Modeling". *Psychological Methods*, vol.13, No.3, pp.182-202, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1037/a0013163>
- [28] J. Hunter, & F. Schmidt, *Methods of Meta-Analysis Corrected Error and Bias in Research Findings*, SAGE publications, 2004.

- [29] J. H. Kim. (2022). *Effect of Weight Shift and Support Exercise on Balance and Gait Ability of Stroke Patients According to the Support Surface*, Master's thesis, Nambu University, Kwangju, Korea, 2022.
- [30] J. I. Kang, S. Y. Baek, & D. K. Jeong. "The Effect of Dual-Task Exercise on an Unstable Surface on Involuntary Arm and Leg Movement and Balance in Stroke Patients". *Journal of The Korean Society of Physical Medicine*, vol.17, No.1, pp.85-92, 2022. DOI: <https://doi.org/10.13066/kspm.2022.17.1.85>
- [31] J. H. Cha. *Effect of Center of Pressure Movement Tracking Training on an Unstable Surface on Balance and Gait Ability in Stroke Patients*, Master's thesis, Daejeon University, Daejeon, Korea, 2020
- [32] E. J. Kim, I. T. Ryu, & H. J. Park. "Effects of Virtual Reality Training on the Balance of Chronic Stroke Patients on an Unstable Surface". *Neurotherapy*, vol.22, No.2, pp.7-11, 2018. DOI: <http://doi.org/10.17817/2018.04.20.111260>
- [33] G. S. Oh. *The Effects of Step-up Training on Unstable Surface on Gait and Balance Ability in Stroke Patients*, Master's thesis, Daejeon University, Daejeon, Korea, 2017.
- [34] J. G. Hwang. *Effects of Lower Extremity Pattern Surface Cross Training on Strengthening, Balance, and Gait in Patients with Stroke*, Master's thesis, Seonam University, Namwon, Korea, 2018.
- [35] M. H. Ham. *Effects of Trunk Exercise with Unstable Surface on Trunk Control Ability & Balance Ability in Chronic Stroke Patients*, Master's thesis, Korea National University of Transpotation, Chungju, Korea, 2017.
- [36] J. Y. Lim, & D. Y. Kim. "The Changes of Lumbar Stabilization Exercise on Balance with a Variety of Supporting Surface in Chronic Hemiplegia". *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine*, vol.3, No.3, pp.9-16, 2015. DOI: <https://doi.org/10.15268/ksim.2015.3.3.009>
- [37] J. Park, Y. K. Woo, & S. Park. "Effects of Sit-to-Stand Training on Unstable Surface on Balance in Subject with Stroke". *Physical Therapy Korea*, vol.20, No.3, pp.1-8, 2013. DOI: <https://doi.org/10.12674/ptk.2013.20.3.001>

임 재 현(Jae-Heon Lim)

[정회원]



- 2010년 9월 : 동신대학교 일반대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2013년 8월 : 서남대학교 일반대학원 물리치료학과 (보건학박사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 원광보건대학교 물리치료과 교수

<관심분야>

보건학, 신경계물리치료, 근거중심물리치료

Appendix 1. Characteristics of primary studies included in the analysis

Author	Group		Exercise programs				Scale
	EG	CG	Study design	Duration(week)	Session(count)	Time(min)	
Kim(2022)[29]	13	13	RCT	4	20	30	TUG, BBS
Kang et al(2022)[30]	10	10	RCT	4	12	30	BBS
Cha(2020)[31]	13	13	RCT	6	18	30	TUG
Kang & Kim(2019)[25]	10	10	RCT	6	30	30	BBS
Kim et al(2018)[32]	10	10	RCT	6	30	60	TUG, BBS
Bong & Kim(2018)[26]	5	5	RCT	6	30	60	BBS
Oh(2018)[33]	8	8	RCT	3	15	30	BBS
Hwang(2018)[34]	15	15	RCT	5	25	30	TUG
Ham(2017)[35]	23	23	RCT	6	18	30	TUG
Lim & Kim[36]	15	15	RCT	8	24	40	BBS
Park et al(2013)[37]	15	15	RCT	4	12	30	BBS

BBS: berg balance scale, CG: control, EG: experimental group, RCT: randomized controlled trials, TUG: timed up and go test