Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 22, No. 5 pp. 171-179, 2021

https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.5.171
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

전신진동운동이 뇌졸중 환자의 균형 및 보행 능력에 미치는 효과: 메타분석

조운수, 박세주*, 현지웅
남부대학교 물리치료학과

The Effects of Whole Body Vibration Exercise on Balance and Gait Ability in Stroke Patients: A meta-analysis

Woon-Su Cho, Se-Ju Park*, Ji-Woong Hyun
Department of Physical Therapy, Nambu University

요 약 본 연구는 뇌졸중 환자에게 전신진동운동을 시행한 선행 연구들을 종합하고 분석하여 전신진동운동이 뇌졸중 환자의 균형 및 보행 능력에 얼마나 효과적인지를 메타분석을 통해 알아보고자 하였다. 문헌 검색을 위한 전자 데이터베이스는 국회도서관, 한국교육학술정보(RISS), 한국학술정보(KISS) 및 누리미디어(DBPIA)를 사용하였다. 2010년 1월 - 2020년 8월까지 뇌졸중 환자에게 적용한 전신진동운동 선행연구를 조사하였다. 연구의 질 평가는 RCT(Randomized Controls Trials) 연구는 Cochrane group이 개발한 Risk of bias 2(RoB2) 도구를 사용하였다. 개별 연구들의 효과크기를 산출하기 위해 R version 4.0.3 프로그램을 이용하였다. 연구 결과는 전체 효과크기는 0.40으로 나타났으며 전신진동운동이 뇌졸중 환자의 균형 및 보행에 중간 정도의 효과가 있다는 것을 확인하였고, 균형의 효과크기는 0.44, 보행의 효과크기는 0.36으로 나타나 긍정적인 영향을 주는 것으로 확인되었다. 이와 같은 결과를 통해 뇌졸중 환자에게 전신진동운동이 효과적인 중재임을 알 수 있었으며, 더욱 다양한 연구가 필요할 것으로 생각한다.

Abstract This study was a meta-analysis of previous studies that subjected stroke patients to the whole-body vibration exercise, in an attempt to evaluate the effectiveness of such exercise in improving their balance and walking ability. The electronic databases used for literature search were the National Assembly Library, Korean Educational Academic Information (RISS), Korean Academic Information (KISS), and Nuri Media (DBPIA). We also investigated a prior study of the whole-body vibration exercise applied to stroke patients from January 2010 to August 2020. In assessing the quality of the study, the RCT (randomized controls trials) study used the risk of bias 2 (RoB2) tool developed by the Cochrane group. Meta-analysis was performed using R software for statistical computing version 4.0.3. The results of the study confirmed that the overall effect size was 0.40, and the whole-body vibration exercise used had a moderate effect on the balance and gait of stroke patients, the effect size of balance was 0.44, and the effect size of gait was 0.36, showing a positive effect. These results indicated that the whole-body vibration exercise is an effective intervention for stroke patients, and further research is needed.

Keywords : Balance, Gait Ablilty, Meta-Analysis, Stroke, Whole Body Vibration

본 논문은 2020년도 남부대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음
*Corresponding Author : Se-Ju Park(Nambu Univ.)
email: coolman55@naver.com
Received January 26, 2021 Revised March 8, 2021
Accepted May 7, 2021 Published May 31, 2021

1. 서론

뇌졸중은 보통 65세 이후에 뇌의 허혈성이나 출혈성 손상에 의해 발생되며 오랜기간 동안 장애가 남는 질병이다[1]. 뇌졸중으로 인한 운동 겉질 과 피라미드로의 손상은 편측 마비를 가져오며, 운동능력 또한 감소되어 운동신경과 감각신경 장애가 나타난다[2]. 이러한 신경장애로 인한 뇌졸중 환자는 신체 정렬의 비대칭과 자세 동요가 심하게 일어나 균형 능력이 감소한다[3]. 또한 뇌졸중 환자에게 발생하는 신경의 손상은 체중 지지를 할 수 없게 되어 균형 능력을 저하시킨다[4]. 균형은 뇌졸중 환자의 일상생활 동작의 성취와 퇴원 후 장애물을 예측하는 주요한 요인이다[5]. 그리고 균형 능력의 향상은 보행 능력과도 상관관계를 가지고 있으며, 이는 환자의 기능적인 상태와 회복의 척도를 사용한다[6]. 일반적으로 뇌졸중 환자는 이동성의 감소, 느린 보행속도 및 보행 지구력의 저하를 보인다[7]. 보행은 뇌졸중 환자에게 있어 중요한 요인이며, 재활프로그램의 궁극적인 목표이다[8]. 이처럼 뇌졸중 환자에게 균형과 보행 능력은 밀접한 관계가 있으며, 이러한 능력을 향상시키는 중재 방법이 필요하다.

뇌졸중 환자의 균형 및 보행 능력을 향상시키는 방법으로는 근육의 근력증진운동[9], 과제 지향적 훈련[10], 청각적 피드백 훈련[11]과 시각적 피드백 훈련[12] 및 전신진동훈련[13] 등이 임상에서 사용되고 있다. 그 중 전신진동운동은 여러 연구들을 통해 뇌졸중 환자의 기능향상에 긍정적인 영향을 미친다고 하였다[14]. 이에 대한 선행연구들로는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 전신진동운동의 단기적 효과를 알아본 연구에서 전신진동운동을 시행한 실험군에서 자세 동요 수치가 감소 됨을 알 수 있었다고 하였고[15], 또 다른 연구에서는 전신진동운동이 뇌졸중 환자의 낙상 예방에 효과적이었으며, 실험군의 보행 능력을 향상 시키는데 효과적이다라고 보고하였다[16]. 이에 반해 전신진동운동을 중재로 사용하여 신경학적 질환 환자를 대상으로 한 10편의 연구들의 체계적 문헌 고찰을 실행한 결과 신경학적 질환을 가진 환자들의 기능적 활동과 몸의 균형 능력, 보행 능력, 근력과 생활의 질에 있어서 전신진동운동의 효과는 근거가 불충분하다고 주장하였다[17]. 또한 전신진동운동에 대한 메타분석 연구가 다수 존재하지만[18,19], 분석대상의 일반적 특성이나 개별연구의 효과크기 및 연구 결과는 본 연구와는 상이하며, 최신 데이터를 중심으로 분석한 연구는 부족한 실정이다.

이와같이 뇌졸중 환자에게 적용된 전신진동운동의 효과성 검증은 필요한 실정이며 각각의 연구들을 체계적이고 과학적으로 효과를 검증하는 것이 필요하다.

메타분석은 각각의 다른 연구의 결과를 효과 크기라는 수치로 통합, 분석하는 통계적 기법을 말한다[20]. 효과크기는 메타분석에 포함된 연구들의 결과를 통합하는 과정 중 상이한 연구들의 변인들을 표준화 시켜주는 정량적인 지수이다[21]. 메타분석은 연구 간의 다른 결과들이 도출되더라도 연구 결과 일부에만 치우치지 않고 포괄적이고 체계적인 결과를 도출할 수 있다[22].

이에 본 연구에서는 메타분석을 통해 뇌졸중 환자를 대상으로 전신진동운동의 균형 및 보행에 관련된 연구들을 포함하여 정량적으로 통합 및 분석하여 전신진동운동의 효과크기를 알아보고자 한다.

2. 본론

2.1 연구 설계 및 선정기준

본 연구는 뇌졸중 환자들에게 전신진동운동을 시행했을 때 균형 및 보행에 미치는 영향을 검증하고자 국내 연구들을 토대로 체계적으로 분석한 메타분석 연구이다.

전신진동운동을 중재로 적용한 문헌들을 PICOS (Patient, Intervention, Comparison, Outcome, Study design) 이하 PICOS)기준에 준하여 2010년 1월부터 2020년 6월까지 발행된 연구들을 검색하였다.

본 연구에서 대상자 (P)는 의사로부터 뇌졸중 진단을 받은 환자이며, 중재 방법 (I)은 전신진동운동 및 전신진동운동과 다른 중재 방법을 같이 적용한 연구를 포함하였다. 비교 대상 (C)은 전신진동운동을 시행하지 않고 다른 중재 방법을 실시한 대조군으로 정하였고, 중재 결과 (O)는 균형 및 보행 능력으로 하였고, 연구 설계 (S)는 무작위 배정한 실험연구 (RCT : randomized controlled trials)를 적용한 문헌을 설정하였다.

2.2 문헌 검색 및 선정과정

문헌 검색은 국내 데이터베이스 학술연구정보서비스 (RISS), 한국학술정보 (KISS), 국회전자도서관, 누리미디어 (DBPIA) 등의 전자 데이터베이스를 사용하였다. 문헌 수집과 문헌 선정 과정은 PRIMA 가이드 라인에 따라 수행하였다. 검색 키워드는 검색 키워드로는 “뇌졸중”, “편마비”, “전신진자”, “전신진동”, “전신진동 운동”, “전신진자 운동”, “Whole Body Vibration”, “Stroke”, “Hemiplegia”, “Full bodypendulum”, “Whole body

vibration exercise", "Whole body pendulum movement"로 설정하였다. Fig 1과 같이 총 910개의 연구 중 제외논문은 중복문헌, 본문과 초록의 내용, 중재 결과, 본 주제에 적합하지 않은 문헌을 제거하고 본 연구에 적합한 8개의 문헌을 선정하였다.

2.3 개별 연구들의 질 평가

각각의 연구의 질 평가를 위해 RoB 2.0을 활용하였다. RoB 2.0 도구에는 무작위로 인한 편의, 누락 된 결과 데이터로 인한 편의, 결과 측정의 대한 편의, 보고된 결과 선택 편의, 5가지 항목에 대해 평가한다. 질 평가항목에 대해 낮음 (low), 일부 우려(some concern), 높음 (high)으로 평가하였다.

2.4 자료분석

개별 연구들의 효과크기 통합에 대한 분석을 하기 위해 R 프로그램 (The R Project for Statistical Computing version 4.0.3)의 'meta' 패키지를 사용하였다. 또한 개별 연구들의 샘플 수에 차이가 있다는 가정을 교정해주는 표준화된 효과크기(standardized mean difference)의 Hedges's g를 이용하여 표준화된 효과크기를 계산하였으며, 95%로 신뢰구간도 구하였다. 선정된 연구 총 8편의 문헌을 가지고, 대상자의 일반적 특성과 중재 유형별 특성들에 대한 자료를 검토하여 엑셀 프로그램에 코딩을 하였다. 메타분석에 포함된 연구들의 효과크기의 이질성을 알아보기 위해 숲 그림 (forest plot)을 활용하였고, 연구 결과의 타당성을 검증하기 위하여 출간 편의 (publication bias) 분석을 시행하였다.

2.5 연구내용 분석

전신진동운동을 측정한 중재에 따른 균형과 보행능력의 종속변수로는 버그 균형 척도 (berg balance scale, BBS), 일어나 걸어가기 검사 (timed up and go test, TUG), 기능적 팔 뻗기 검사(function reach test, FRT), Wii 균형판 검사, Bioresque, 10m 걷기 검사, 6분 걷기 검사, GAITRite system 및 기능적 걷기 검사 (dynamic gait index, DGI)가 있다.

3. 결과

3.1 분석에 포함된 연구의 일반적 특성

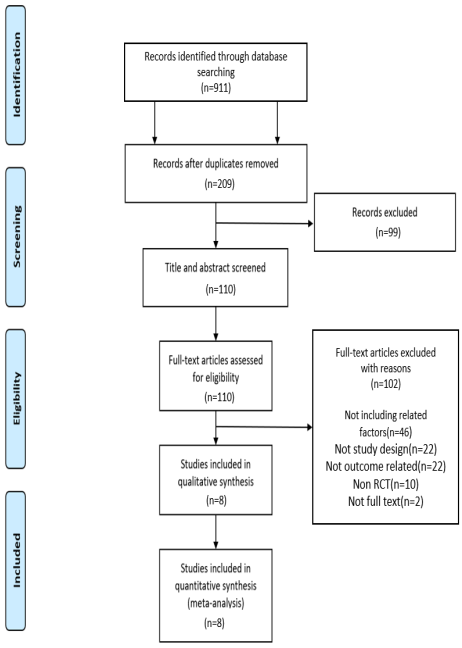

Fig. 1. PRISMA flow chart

최종 선정문헌 8편의 일반적 특성은 Appendix 1과 같다. 문헌 최종 검색일은 2020년 6월 30일 이었고, 연구에 포함된 총 대상자수는 199명이 이었으며, 연령 분포는 51-68세이었다.

3.2 개별연구의 질 평가

본 연구의 메타분석에 포함된 8편에 대한 질 평가를 수행한 결과는 Fig 2와 같다. 4편에서 편견에 일부 우려가 있다고 하였고, 나머지 4편에 대해서는 편견위험이 낮은 것으로 나타났다.

Fig. 2. Study of Risk of bias

3.3 전신진동운동이 뇌졸중 환자에 미치는 효과

Fig 3가 같이 전신진동운동이 뇌졸중 환자에게 미치는 전체 결과는 총 8편 균형과 보행에 관한 종속변수와 관련된 하위그룹은 총 71개로 효과크기는 g=0.40 (95% CI: 0.29-0.51) 으로 중간 수준의 효과를 나타내며, 0을 포함하지 않아 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

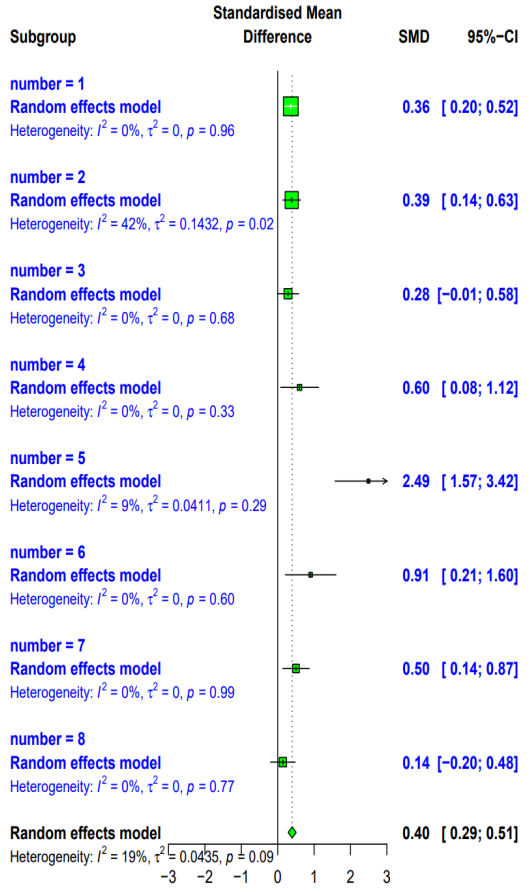

Fig. 3. Forest plots for overall effect size after whole body exercise

3.4 전신진동운동이 균형에 미치는 효과

Fig 4와 같이 전신진동운동이 뇌졸중 환자에게 미치는 균형에 대해 분석한 결과, 균형과 관련된 하위그룹은 43개이며, 효과크기는 g=0.44 (95% CI: 0.27-0.60)으로 중간 수준의 효과를 나타내며, 신뢰구간에 0을 포함되지 않아 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 균형에 대한 하위항목에 대해 분석한 결과는 Fig 5와 같다.

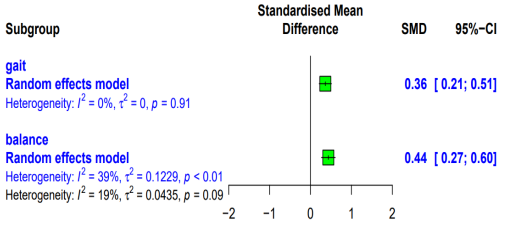

Fig. 4. Forest plots for balance and gait effect size after whole body exercise

TUG는 6개의 하위그룹이 문헌 분석에 포함되었으며, 훈련 후 실험군과 대조군의 TUG 차이는 SMD 0.46 (95% CI 0.14-0.79), 신뢰구간에 0을 포함되지 않아 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

BBS는 7개의 하위그룹이 문헌에 포함되었으며, 훈련 후 실험군과 대조군의 BBS의 차이는 SMD 0.37 (95% CI 0.06-0.68), 신뢰구간에 0을 포함되지 않아 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

Wii balance board는 24개의 하위그룹이 문헌에 포함되었으며, 훈련 후 실험군과 대조군의 Wii balance board의 차이는 SMD 0.36(95% CI 0.12-0.60), 신뢰구간에 0을 포함되지 않아 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

FRT는 3개의 하위그룹이 문헌에 포함되었으며, 훈련 후 실험군과 대조군의 FRT의 차이는 SMD 0.43 (95% CI -0.30-1.16), 신뢰구간에 0이 포함되어 유의한 차이는 없었다.

Bioresque는 3개의 하위그룹이 문헌에 포함되었으며, 훈련 후 실험군과 대조군의 Bioresque의 차이는 SMD 1.76 (95% CI 0.11-3.40), 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

3.5 전신진동운동이 보행에 미치는 효과

Fig 4와 같이 전신진동운동이 뇌졸중 환자에게 미치는 보행에 대해 분석한 결과, 보행과 관련된 하위그룹은 28개이며 효과크기는 g=0.36 (95% CI: 0.21-0.51) 으로 중간 수준의 효과를 나타내며, 0을 포함하지 않아 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 보행에 대한 하위항목에 대해 분석한 결과는 Fig 6과 같다.

Gait rite는 20개의 하위그룹이 문헌 분석에 포함되었으며, 훈련 후 실험군과 대조군의 Gait rite의 차이는 SMD 0.35 (95% CI 0.17-0.53), 신뢰구간에 0을 포함되지 않아 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

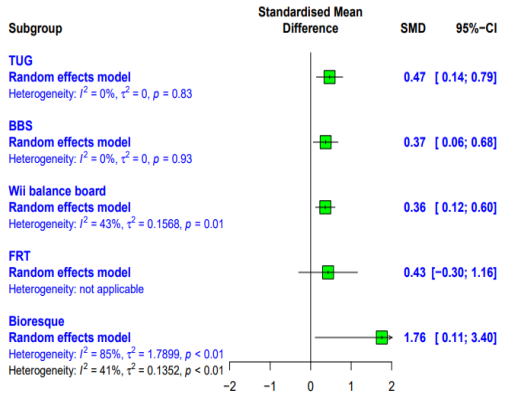

Fig. 5. Forest plots effect size for subgroups on balance

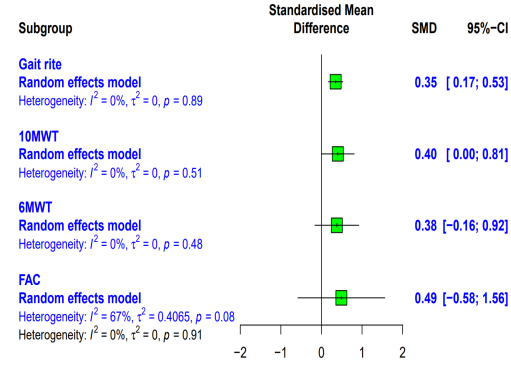

Fig. 6. Forest plots effect size for subgroups on gait

10MWT는 4개의 하위그룹이 문헌 분석에 포함되었으며, 훈련 후 실험군과 대조군의 10MWT의 차이는 SMD 0.40 (95% CI 0.0004-0.81), 신뢰구간에 0을 포함되지 않아 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

6MWT는 2개의 하위그룹이 문헌에 포함되었으며, 훈련 후 실험군과 대조군의 6MWT의 차이는 SMD 0.38 (95% CI -0.16-0.92), 신뢰구간에 0이 포함되어 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

DGI는 2개의 하위그룹이 문헌에 포함되었으며, 훈련 후 실험군과 대조군의 DGI의 차이는 SMD 0.49 (95% CI −0.58-1.56), 신뢰구간에 0이 포함되어 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

3.6 출간 편의 분석

Fig 5과 같이 깔때기 그림 (funnel plot)과 egger's 회귀분석을 수행하여 출간 편의를 분석하였다.

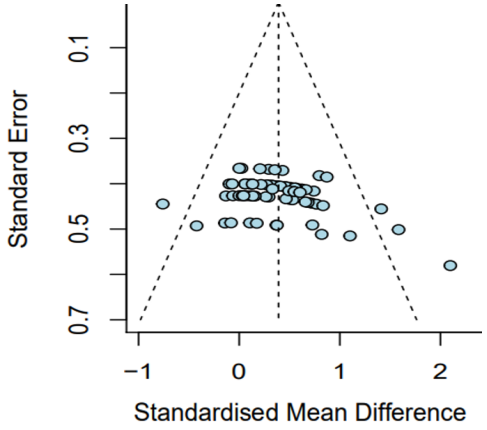

Fig. 7. Publication bias plot

본 연구에서 출간 편의 분석 결과 bias=5.52 (t=5.18, df=69, p>0.05)로 나타나 출간 편의가 거의 없음을 확인하였다.

4. 고찰

전신진동운동은 뇌졸중 환자의 재활에서 체성감각 자극에 있어 새로운 유형의 중재 방법으로 뇌졸중 환자의 자세 조절과 보행에 장점이 있다[23]. 현재 다양한 유형의 물리치료 중재 방법이 실시되고 있으며 그중에서 전신진동운동은 낮은 강도의 안전한 운동 중재 방법으로 회복 중인 신체에 적용할 수 있으며, 움직임의 제약이 있는 환자에게 효과적인 운동이라고 하였다[24]. 최근에는 뇌졸중 환자에게 전신진동운동과 결합한 다양한 중재 방법들이 적용되고 있다[25]. 본 연구는 뇌졸중 환자에게 전신진동운동을 적용하여 균형 및 보행능력을 측정한 8편의 연구를 기반으로 메타분석을 수행하였다.

전신진동운동에 대한 전체 효과크기는 g=0.40 (CI=0.29-0.51)으로 나타났다. 이는 Cohen이 제시한 기준에 의하면 0.10-0.30은 작은 효과크기, 0.40-0.70은 중간 효과크기, 0.8 이상은 큰 효과크기라 하였는데 [26], 본 연구는 중간 정도의 효과크기로 전신진동운동이 뇌졸중 환자의 균형 및 보행능력에 긍정적인 영향을 미친다는 것으로 나타났다. 선행연구의 의하면 뇌졸중 환자 17명을 대상으로 전신진동운동을 시행한 실험군이 통제군에 비해 신체 중심 이동 거리가 통계적으로 유의한 증가를 보였다고 보고하였다[27]. 또한 노인을 대상으로 전신진동 감각운동훈련을 6주간 중재한 실험군과 근력 강

화운동을 시행한 대조군과의 비교연구에서 실험군의 균형능력이 통계학적으로 유의한 증가를 보였다고 하였다[28]. 본 연구에서도 메타분석을 실시한 결과, 전신진동운동이 뇌졸중 환자의 균형에 대한 효과크기가 g=0.44(CI=0.27-0.61)로 중간 수준의 효과가 있다고 나타나 전신진동운동이 뇌졸중 환자에게 효과적인 중재 방법임을 확인하였다. 또한 균형에 관한 하위변수들도 중간 이상의 효과크기로 나타났다.

또 다른 연구에서는 전신진동자극운동을 뇌졸중 환자에게 실시하였는데 일반적인 운동치료를 시행한 대조군보다 보행속도 및 이동성의 효과가 향상되었다고 하였고[29], Chan 등(2012)도 만성 뇌졸중 환자에게 일회성 전신진동훈련을 시킨 후 보행속도가 증가를 확인하였다고 하였다[30]. 본 연구에서도 메타분석을 실시한 결과, 전신진동운동이 뇌졸중 환자의 보행에 대한 효과크기는 g=0.36(CI=0.21-0.51)으로 중간 수준의 효과가 있다고 나타나 전신진동운동이 뇌졸중 환자에게 효과적인 중재 방법임을 확인되었다. 또한 보행에 관한 하위변수들도 중간 이상의 효과크기로 나타났다. 이는 전신진동운동이 뇌졸중 환자의 체성 감각에 자극을 주어 균형 능력을 개선 시킨 것으로 보인다[31]. 또한 뇌졸중 환자에게 전신진동운동을 적용할 때 진폭, 진동 주파수, 다양한 진동의 유형들이 뇌졸중 환자의 운동 자세에 영향을 주어 보행능력을 향상시킨 것으로 생각된다.

메타분석은 개별 연구 결과들을 종합하여 체계적으로 분석하여 통합적인 결론을 제공할 수 있으며, 임상적 의사결정을 하는데 불필요한 반복적인 연구들을 지양함으로써 정량적이고 타당한 근거를 설정할 수 있다. 이에 본 연구는 향후 뇌졸중 환자를 위한 중재 방법의 기준을 정하여 임상적인 의사결정에 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점은 선행연구의 중재 방법에 전신진동운동 뿐만 아니라 추가로 병행된 중재에 관해서 어떠한 영향이 갖는지에 대한 분석에는 어려움이 있었다. 따라서 뇌졸중 환자의 전신진동운동 중재 프로그램의 내용이나 장기적인 효과성 검증에 대한 노력이 계속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구는 2020년 6월까지 뇌졸중 환자를 대상으로 전신진동운동의 균형과 보행 능력에 미치는 효과를 비교하고자 실시된 메타분석 연구로, 뇌졸중 환자의 중재 방법을 위한 임상 적용에 있어서 근거를 마련하고 향후 연구를 진행하는데 도움을 주기 위해 실시하였다. 문헌의 선정과 배제 과정을 통해 최종 8편이 메타분석에 포함되어 뇌졸중 환자의 균형 및 보행 능력에 미치는 효과크기를 비교한 결과, 균형과 보행 능력에서 두 그룹 간에 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 이는 최근 뇌졸중 환자를 대상으로 한 전신진동운동 적용이 증가되고 있는 상황에서 객관적이고 체계적인 효과성 검정을 통해 임상현장에서 제시할 수 있는 표준적인 기준을 제시하는 데 긍정적인 영향을 줄 것으로 생각된다. 또한 추후 뇌졸중 환자를 위한 다양한 중재 방법이나 임상 실무에서 의사결정을 하는 데 있어 지침으로 사용될 수 있을 것이다.

References

[1] American Heart Association. Heart disease and strokestatistics 2004 update. Dallas, TX: American Heart Association. 2003.
DOI: https://doi.org/10.1093/europace/eus275

[2] S. H. Cho, T. H. Kim, Effect of Respiration Rehabilitation Program on Pulmonary Function in the Chronic Stroke Patients : Meta-Analysis, *Journal of the Society of Rehabilitation and Welfare Engineering,* Vol.12, No.4, pp.300-311, Nov. 2018.
DOI: https://doi.org/10.21288/resko.2018.12.4.300

[3] H. N. Kong, W. S. Shin, Effects of balance training on different support surface on balance and gait in patients with chronic stroke, *Journal of the Korean Society of Physical Medicine,* Vol.10, No.3, pp.275-283, Oct. 2015.
DOI: https://doi.org/10.13066/kspm.2015.10.3.57

[4] D. M. Haar, A. C. Greurts, S. C. Huidekoper et al, Recovery of standing balance in postacute stroke patients: A rehabilitation cohort study, *Arch Phys Med Rehabil,* Vol.285, No.6, pp.886-95, Jun. 2004.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.05.012

[5] S B Jeong, *The effect of 8 weeks of exercise to strengthen lower extremity muscle strength on balance and gait in stroke patients,* Master's Thesis, Yongin University, Yong in, 2013.

[6] Michal Katz-Leurer, S. Mara, Early cycling test as apredictor of walking performance in stroke patients, *Physiotherapy Research International,* Vol.10, No.1, pp. 1-9, Jan. 2006.
DOI: https://doi.org/10.1002/pri.19

[7] G. Koch, S. Bonnì, E. P. Casula, M. Iosa, M. Paolucc et al, Effect of cerebellar stimulation on gait and balance recovery in patients with hemiparetic stroke: a randomized clinical trial, *JAMA neurology,* Vol.76,

No.2, pp.170-178, Nov. 2019.
DOI: https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2018.3639

[8] V. Sharma, J. Kaur, Effect of core strengthening with pelvic proprioceptive neuromuscular facilitation on trunk, balance, gait, and function in chronic stroke, *Journal of exercise rehabilitation,* Vol.13, No.2, pp.200, Apr. 2017.
DOI: https://doi.org/10.12965/jer.1734892.446

[9] R. W. Bohannon, Muscle strength and muscle training after stroke. J Rehabil Med, Vol.39, No.1, pp.14-20, Nov. 2007.
DOI: https://doi.org/10.2340/16501977-0018

[10] S. M. Waller, J. Whitall, T. Jenkins, L. Magder, D. F. Hanley, A. Goldberg et al, Sequencing bilateral and unilateral task-oriented training versus task oriented training alone to improve arm function in individuals with chronic stroke. BMC neurol, 14(1), 1. 2014.
DOI: https://doi.org/10.1186/s12883-014-0236-6

[11] J. H. Park, Y. Chung, The effects of providing visual feedback and auditory stimulation using a robotic device on balance and gait abilities in persons with stroke: a pilot study, *Physical Therapy Rehabilitation Science,* Vol.5, No.3, pp.125-131. Sept. 2016.
DOI: https://doi.org/10.14474/ptrs.2016.5.3.125

[12] D. Kumar, S. Verma, S. Bhattacharya, U. Lahiri, Audio-visual stimulation in conjunction with functional electrical stimulation to address upper limb and lower limb movement disorder, *Eur J Translational Myol,* Vol.26, No.2. pp.140-144, Jun. 2016.
DOI: https://doi.org/10.4081/ejtm.2016.6030

[13] E. Tankisheva, A. Bogaerts, S. Boonen, H. Feys, S. Verschueren, Effects of intensive whole-body vibration training on muscle strength and balance in adults with chronic stroke: a randomized controlled pilot study, *Arch Phys Med Rehabil,* Vol.95, No.3, pp.439-446, Mar. 2014.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.09.009

[14] D. J Yang, J. H. Kim, S. H. Oh, J. I. Kang, S. K. Park, et al, Influence of Bridge Exercise Combined with Whole Body Vibration on Muscle Activity and Balance of Stroke Patient Korean, *Journal of Integrative Medicine,* Vol.7, No.4, pp.291-300, Dec. 2019.
DOI: https://doi.org/10.15268/ksim.2019.7.4.291

[15] I. J. van Nes, A. C. Geurts, H. T. Hendricks, J. Duysens, Short-term effects of whole-body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients: preliminary evidence, *American journal of physical medicine & rehabilitation*, Vol.83, No.11, pp.867-873. Nov. 2004.
DOI: https://doi.org/10.1097/01.phm.0000140801.23135.09

[16] M. Cardinale, R. L. Soiza, J. B. Leiper, A. Gibson, W. R. Primrose, Hormonal responses to a single session of whole body vibration exercise in older individuals, Br J Sports Med, Vol.44, No.4, pp.284-288, Apr. 2010.
DOI: https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.043232

[17] M. S. Rabert, D. R. Comas, A. F. Vanmeerhaeghe, C. S., Medina, M. R. Figuls et al, Whole-body vibration training for patients with neurodegenerative disease. Cochrane Database of Systematic Reviews, (2). 2012.
DOI: https://doi.org/10.1002/14651858.CD009097.pub2

[18] Yang, F., Lees, J., Simpkins, C., & Butler, A. (2021). Interventions for preventing falls in people post-stroke: a meta-analysis of randomized controlled trials. Gait & Posture, Vol.84, pp377-388. Feb. 2021.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.12.034

[19] Yang, Z., Miller, T., Xiang, Z., & Pang, M. Y. (2021). Effects of different vibration frequencies on muscle strength, bone turnover and walking endurance in chronic stroke. Scientific Reports, Vol.11 No.1. pp. 1-10. Jan. 2021.
DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-020-80526-4

[20] J. Y. Lee, Meta-analysis, *Endocrinology and metabolism,* Vol.23, No.6, pp.361-378. Nov. 2008.
DOI: https://doi.org/10.3803/jkes.2008.23.6.361

[21] K. O. McGraw, S. P. Wong, A common language effect size statistic, *Psychological bulletin,* Vol.111, No.2, p.361-365. Jul. 1992.
DOI: https://doi.org/10.1037/0033-2909.111.2.361

[22] A. Rubin, Practitioner's guide to using research for evidence-based practice, p.1-360, John Wiley & Sons, 2008.

[23] I. J. van Nes, H. Latour, F. Schils, R. Meijer, A. van Kuijk, Long-term effects of 6-week whole-body vibration on balance recovery and activities of daily living in the postacute phase of stroke: a randomized, controlled trial, *Stroke,* Vol.37, No.9, pp.2331-2335. Aug. 2006.
DOI: https://doi.org/10.1161/01.STR.0000236494.62957.f3

[24] M. Mikhael, R. Orr, M. A. F. Singh, The effect of wholebody vibration exposure on muscle or bone morphology and function in older adults: A systematic review of the literature, *Maturitas,* Vol.66, No.2, pp.150-157, Jun. 2010.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2010.01.013

[25] T. K. Tihanyi, M. Horváth, G. Fazekas, I. T. Hortobágy J. Tihanyi, One session of whole body vibration increases voluntary muscle strength transiently in patients with stroke. *Clinical rehabilitation,* Vol.21, No.9, pp.782-793. Sep. 2007.
DOI: https://doi.org/10.1177/0269215507077814

[26] J. Cohen, Statistical power analysis for the behavioral sciences, p.1-378, NJ : Erlbaum.

[27] B. K. Song, Effect of somatosensory stimulation on upper limb in sensory, hand function, postural control and ADLs within sensorimotor deficits after stroke, *Journal of Korean Physical Therapy,* Vol.24, No.5, pp.291-299. Oct. 2012.

[28] T. G. Jeong, J. S. Park, J. D. Choi, J. Y. Lee, J. S. Kim, The effects of sensorimotor training on balance and muscle activation during gait in older adults, *The Journal of Korean Physical Therapy*, Vol.23, No.4,

pp.29-36. Aug. 2011.

[29] S. H. Shin, *Unilateral whole body vibration training to improve muscle strength and dynamic balance in patients with chronic post-stroke hemiplegia,* Ph.D dissertation, Samyu university, Seoul. 2015.

[30] K. S. Chan, C. W. Liu, T. W. Chen, M. C. Weng, C. Huang et al, Effects of a single session of whole body vibration on ankle plantarflexion spasticity and gait performance in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial, *Clinical rehabilitation,* Vol.26, No.12, pp.1087-1095. Oct. 2012. DOI: https://doi.org/10.1177/0269215512446314

[31] A. A. Priplata, B. L. Patritti, J. B. Niemi, R. Hughes, D. C. Gravelle et al, Noise-enhanced balance control in patients with diabetes and patients with stroke, *Annals of neurology,* Vol.59, No.1, p.4-12. Dec. 2006. DOI: https://doi.org/10.1002/ana.20670

조 운 수(Woon-Soo Cho) [정회원]

- 2006년 8월 : 남부대학교 보건경영대학원 물리치료학과 (물리치료학석사)
- 2010년 8월 : 서남대학교 일반대학원 물리치료학과 (보건학박사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 남부대학교 물리치료학과 부교수

〈관심분야〉
근골격계 물리치료

박 세 주(Se-Ju Park) [정회원]

- 2016년 2월 : 남부대학교 일반대학원 물리치료학과 (물리치료학석사)
- 2021년 2월 : 남부대학교 일반대학원 통합의학과 (물리치료학박사)
- 2019년 1월 ~ 현재 : 하나로의원 물리치료 실장

〈관심분야〉
근골격계 물리치료, 메타분석

현 지 웅(Ji-Woong Hyun) [준회원]

- 2020년 2월 : 남부대학교 보건대학 물리치료학과 (물리치료학사)
- 2020년 3월 ~ 현재 : 남부대학교 일반대학원 물리치료학과 (석사과정)

〈관심분야〉
근골격계 물리치료, 메타분석

Appendix 1. Characteristics of primary studies included in the analysis

No	Author (year)	Effect size	Study design	Group		Whole body vibration exercise			Scale	
				Ex	Con	Duration (week)	Session (count)	Length (min)	Balance	gait
1	Park (2014)	0.36	RCT	13	12	6	30	20	TUG BBS	Gait rite
2	Choi (2015)	0.39	RCT	11	11	4	12	10	Wii B. B. FRT TUG	10M WT
3	Kim (2016)	0.28	RCT	16	14	6	18	20	FRT BBS TUG	10M WT 6M WT FAC
4	In & Song (2010)	0.60	RCT	16	16	6	30	10	BBS TUG	
5	Kim (2013)	2.49	RCT	10	10	6	30	16	Biorescue	
6	Hwang (2018)	0.91	RCT	10	10	4	20	30	BBS	FAC
7	Choi (2017)	0.50	RCT	16	17	4	20	30	Biorescue BBS TUG	10M WT 6M WT
8	Kim et al (2019)	0.14	RCT	8	9	4	12	30	Wii B. B. BBS TUG	

* 6MWT=6 minute walking test, 10MWT=10m walking test, BBS=berg balance scale, FAC=functional ambulation category, FRT=functional reach test, TUG=timed up and go test, Wii B. B.=Wii balance board