

Review Article

Open Access

뇌졸중 환자의 상지 기능에 기능적 전기 자극이 미치는 영향: 무작위대조군연구에 기초한 체계적 고찰

황수진¹ · 서연주^{1,2†}

백석대학교 보건학부 물리치료학과, ¹백석대학교 보건복지대학원 물리치료학과, ²광주365재활병원 재활센터

Effect of Electrical Stimulation on Upper Extremity Function in Stroke Patients: A Systematic Review Based on Randomized Controlled Trials

Su-jin Hwang., P.T., Ph.D.¹ · Yeon-ju Seo, P.T., B.S.^{1,2†}

Department of Physical Therapy, Division of Health Science, Baekseok University

¹Department of Physical Therapy, Graduate School of Health and Welfare, Baekseok University

²Rehabilitation Center, Gwangju 365 Hospital

Received: February 22, 2022 / Revised: March 29, 2022 / Accepted: April 9, 2022

© 2022 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

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.

| Abstract |

Objective: Electrical stimulation is an assistive technology used to aid the recovery of upper limb use after stroke. The purpose of this systematic review was to determine the effects of electrical stimulation on upper extremity function in individuals with hemiparetic stroke and to develop an evidence base that supports the use of electrical stimulation for upper limb recovery after stroke.

Design: A systematic review based on randomized controlled trials (RCTs).

Methods: Studies published before April 20 2021 were collected for this review by searching PubMed, four other databases, and RCTs that reported the effects of electrical stimulation on upper extremity function in individuals with the characteristic stroke type. Information on the following parameters was extracted from each study: surname of first author, published year, country, participants, intervention, intervention's intensity, comparison, outcomes, additional therapy, and summary of results. This review also evaluated the bias within each study, including any selection bias, performance bias, detection bias, attrition bias, and reporting bias.

Results: This review included five RCTs, and 208 stroke patients were included in the analysis. Stroke patients who underwent electrical stimulation showed significantly improved grip and pinch strengths, wrist range of motion, and basic daily living compared to those in the control group; however, there was no improvement in upper extremity function. Of

†Corresponding Author : seoyeonju (syj@gmail.com)

the selected papers, 60% showed a “high risk” of performance bias, and 20% showed a “high risk” of detection bias.

Conclusions: The results of this systematic review suggest that electrical stimulation provides some benefits to stroke patients, such as improved hand strength and range of motion. However, future studies are needed to provide clinical evidence of the effects of electrical stimulation on upper extremity function in stroke patients.

Key Words: Electrical stimulation, Randomized controlled trials, Stroke, Upper extremity

I. 서론

통계청의 사망원인별 사망률 추이를 보면 뇌혈관 질환은 2020년 인구10만명당 42.6명으로 우리나라 사망원인 중 암, 심장질환 다음으로 높은 수치를 보이고 있다(KOSIS, 2022). 우리나라 뇌졸중 환자 발생 수는 2020년 112,874명(남자 63,320명, 여자 49,554명)으로 높은 발병률을 보이며, 지속해서 국민의 건강한 삶을 위협하는 질환으로 남아 있다(KOSIS, 2022). 잠재적인 뇌졸중 생존자를 대입한다면, 통계적인 수치 이상의 뇌졸중 환자에 대한 재활 전문가의 개입과 지원이 필요하다고 판단되며, 뇌졸중은 우리나라의 사회경제적 측면에 큰 영향과 부담을 주는 것으로 판단된다(Kim & Bae, 2018)

뇌졸중 환자의 약 77%는 기능적으로 팔과 손을 사용하는데 어려움을 호소하며, 상지기능 장애로 일상생활과 직업 영유에 제한을 야기하며 궁극적으로 그들의 삶의 질을 저하시킨다(Lee & Cha, 2019; Raghavan, 2015; Rand & Eng, 2015; Sin & Lee, 2013). 뇌졸중 환자 재활에서 지속적인 개입에도 불구하고 상지의 대부분의 기능에 제한이 지속되거나, 상지운동능력은 향상되어도 일상생활에서 기능적 상지활동은 제한되는 경우가 대부분이다(An & Kim, 2021; Rand & Eng, 2015). 뇌졸중 환자가 치료실에서 보이는 상지운동기능 향상이 그들의 일상생활 및 사회적 활동으로 전이 되도록, 뇌졸중 환자에게 손 기능 사용의 성공을 반복적으로 경험시키는 것이 중요하다.

전기자극(electrical stimulation)은 뇌졸중 환자의 상지 기능 회복을 보조하는 보조기술(assistive technology)

중 하나로, 정상적인 신경지배를 받지 못하는 근육에 전기자극을 적용하여 근수축을 유도하는 중재이다(Niu et al., 2019; Park, 2013; Yang et al., 2019). 일반적으로 뇌졸중 환자의 상지 회복을 지원하기 위하여 적용하는 전기자극은 자극시작을 생체피드백(biofeedback)으로 촉진하여 환자의 능동운동을 유도하는 방식으로 학습전략을 제공한다(Burridge & Ladouceur, 2001; Chan, 2008; de Kroon, 2005; Howlett et al., 2015). 전기자극으로 인한 뇌졸중 환자의 능동학습전략은 상지의 성공적인 움직임을 경험시키며 뇌손상 이후 운동 재학습을 촉진할 수 있다. 임상적으로, 기능회복은 뇌졸중 발병 후 운동재활에 의해서 달성되는데, 재활과정에서 병변주변겉질(perilesional cortex)이나 손상된 뇌 영역에 연결된 원격영역(remote area)에 발생하는 신경가소성(neuroplasticity)에 의존하여 구조적·기능적 재형성으로 달성된다(Bae et al., 2020). 따라서, 상지 기능회복을 위한 전기자극은 뇌졸중 환자 상지 움직임의 반복(repetition)과 성공(success)을 경험시킬 수 있는 전기자극은 뇌졸중 환자의 신경가소성에 영향을 미칠 수 있다(Bae et al., 2020). 임상에서 뇌졸중 환자에게 운동학습을 위하여 신체말단 운동부위에 직접 적용하는 전기자극은 신경근전기자극(neuromuscular electrical stimulation)과 기능적전기자극(functional electrical stimulation), 대표적이며, 이외에 경피신경전기자극치료(transcutaneous electrical nerve stimulation)가 활용된다(Freeman et al., 2009; Hatem et al., 2016; Park et al., 2017).

신체말단에 전기자극을 적용하여 운동 재학습을 제공하는 연구는 뇌졸중 재활에 포괄적으로 적용되고

있으나, 로봇보조치료(robot-assisted therapy) 혹은 보행보조치료로 적용되는 것이 대부분이며 상대적으로 상지에 대한 임상연구 비중이 낮다(Kim & Kim, 2020; Zhang et al., 2017). 또한, 전기자극이 뇌졸중 환자의 상지재활에 미치는 효과성을 입증하고 예상치 못한 부작용을 낮추기 위한 적절한 전기자극 조건을 고려한 임상적 근거를 제공하는 연구는 향후 더 진행되어야 할 과제로 남아 있다. 본 연구의 목적은 뇌졸중 환자에게 제공된 전기자극이 그들의 상지기능 회복에 효과적이었는지를 알아보고, 뇌졸중 환자 상지기능 회복에 적용하는 전기자극치료의 임상적 근거를 제시하기 위함 이었다.

II. 연구방법

본 연구는 PRISMA(the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)의 체계적고찰과 메타분석을 위한 등록 절차를 마치고 PRISMA 성명과 점검표에 기반하여 진행하였다(등록번호 : CRD 42021248811). 체계적 고찰을 위한 논문 선정과 정량적 합성의 전과정은 2명의 연구자(YJ & SJ)가 독립적으로 진행하였다. 논문의 선정은 PICOTS-SD(Patient/Participants/Population/Problem, Intervention, Comparison, Outcome with Timing, Setting and Study Design)를 기준으로 하였다. 본 연구는 논문 선정과정에서 2명의 연구자의 의견이 일치하지 않은 경우, 제3자(동일학문분야에서 10년 이상 관련 연구를 진행한 연구자)의 의견을 기준으로 결정하였다.

1. 문헌 검색

전기자극이 뇌졸중 환자의 상지기능 회복에 미치는 영향을 체계적으로 고찰하기 위하여 본 연구는 5개의 의학중심 국외 검색 데이터베이스(PubMed, ProQuest, JAMAS, Embase, Cochrane)를 이용하여 2021년 4월 20일까지 게재된 무작위대조연구를 중심으로

검색하였다. 검색어는 PICOTS-SD 중 질환, 중재, 연구설계를 이용하였으며, 용어는 의학주제표목(medical subject headings, MeSH)의 계층화된 통제 의학용어를 사용하였다. 본 연구에서 검색에 실제 적용한 검색어는 “Stroke OR cerebrovascular accident) AND (electric stimulation OR FES) AND (upper extremity OR upper limb) AND (Randomized controlled trials OR randomized clinical trials)” 이었다. 추가적으로 세부검색 조건은 인간대상연구와 영문으로 작성된 연구로 설정하였다.

2. 검색논문의 문헌선택

본 연구는 검색논문의 문헌선택을 위하여 의학중심 검색엔진을 통하여 검색한 논문목록을 통합하여 전체 논문목록을 구성하였다. 문헌선택을 하기 전에, 본 연구는 논문제목에 기준으로 중복된 연구를 제거하였고, 무작위대조연구 이외의 연구도 다. 중복 연구가 제거된 논문목록을 바탕으로 1차 선택은 논문의 제목과 초록을 확인하여 진행하였고, 2차 선택은 전문을 확보하여 진행하였다. 최종평가에 포함된 문헌을 선택하기 위하여 두 연구자가 독립적으로 진행한 2차 문헌선택과정을 마친 후에 합의를 진행하였고, 최종 문헌 선정과정에서 두 연구자의 불일치는 없었다.

본 연구의 문헌선택과정에서 적용한 문헌 선정기준은 (1) 18세 이상의 뇌졸중 환자로 초발 뇌졸중 이외에 다른 신경학적인 질환이 없는 자를 대상으로 한 연구, (2) 상지에 전기자극치료를 적용한 무작위대조군연구, (3) 전문이 보고서로 출판된 연구로 하였다. 본 연구는 검색 세부조건으로 인간대상연구와 영문으로 작성된 연구를 설정하였으나, 검색결과에 포함된 경우 배제하였다.

3. 선정된 문헌 정성적 합성 및 비뮌림 위험평가

본 연구는 문헌선택을 완료한 후 체계적 고찰을 위한 정성적 합성을 위하여 자료추출을 진행하였다. 선정된 문헌에서 자료추출은 (1)제1저자의 성과 출판

연도, (2) 연구 국가, (3) 연구대상자와 표본수, (4) 중재법, (5) 중재강도, (6) 대조군, (7) 측정변수, (8) 추가 중재법, (9)연구결과요약 등의 9개 요소로 수행하였다.

선택된 문헌을 바탕으로 체계적 문헌고찰을 위한 비뚤림 위험평가는 두 명의 연구자가 독립적으로 시행하였고, 비뚤림 위험평가의 결과를 취합하였을 때 의견일치를 이루지 못하는 경우 제3자의 개입으로 결정하였다. 본 연구에서 분석한 비뚤림위험은 (1)선택 비뚤림, (2)실행 비뚤림, (3)결과확인 비뚤림, (4) 탈락 비뚤림, (5) 보고 비뚤림을 진행하였다. 선택 비뚤림은 비교대상군의 기저상태의 체계적 차이를 알아보기 위하여 무작위배정순서생성 및 배정순서 은폐를 평가하였고, 실행 비뚤림은 제공되는 중재가 계통적으로 차이가 있거나 관심 중재 이외의 다른 인자에 노출되는 경우를 알아보기 위하여 연구 참여자, 연구자에 대한 눈가림, 타당도를 위협하는 다른 잠재적 비뚤림을 평가하였다. 결과 확인 비뚤림은 중재결과를 확인하는 방법에서 집단간 체계적인 차이를 알아보기 위하여 결과평가에 대한 눈가림, 타당도를 위협하는 다른 잠

재적 비뚤림을 평가하였다. 탈락 비뚤림은 탈락률에 있어서 실험집단간에 체계적인 차이를 알아보기 위하여 진행하였고, 불완전한 결과 자료 여부를 평가하였고, 보고 비뚤림은 보고여부에 따른 결과간의 체계적인 차이를 알아보기 위하여 선택적 결과보고를 평가하였다. 비뚤림 평가를 위하여 본 연구는 RevMan 5.4.1(<http://ims.cochrane.org/revman>)을 사용하였다.

III. 연구결과

1. 문헌선택과 선택된 문헌의 특성

전기자극이 뇌졸중 환자의 상지기능 회복에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 본 연구에서 5개 의학중심 검색엔진을 통하여 검색된 문헌목록은 총 1443편이었다. 본 연구는 검색된 문헌목록에서 중복된 연구 314편과 다른 질환을 대상으로 한 38편을 제외한 1,091편의 연구를 대상으로 1차 선택을 진행하였다. 1차 선택에

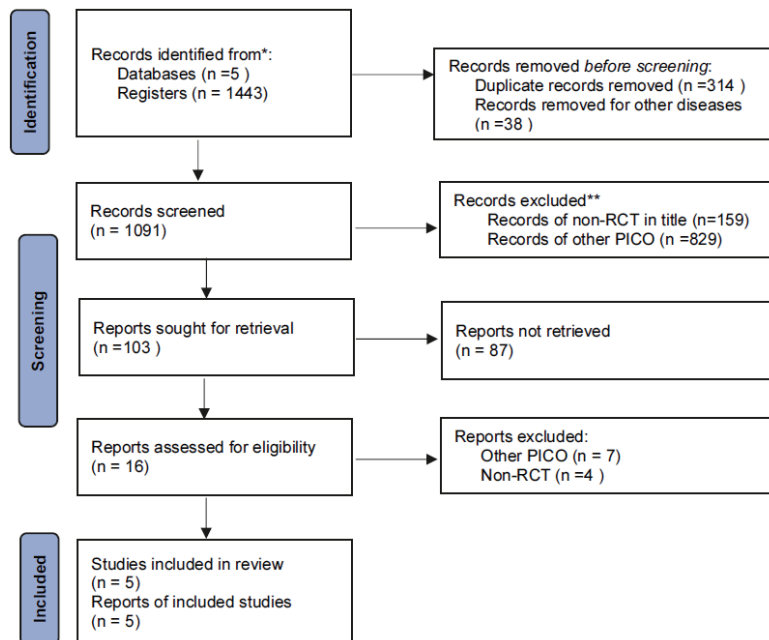


Fig. 1. Flow diagram of the systematic review.

서 문헌의 제목과 초록을 바탕으로 본 연구의 목적에 부합하지 않는 연구 829편과 무작위대조연구가 아닌 연구 159편을 제외하였다. 1차 선택 이후 남은 연구 103편은 전문을 다운 받아서 2차 선택을 진행한 결과, 87편이 연구 주제와 부합하지 않았다. 마지막으로 논문의 적절성을 평가한 결과 7편이 본 연구목적에 부합하지 않는 연구대상자와 중재를 진행하여서 배제되었고, 무작위추출이 아닌 연구가 4편 추가로 배제되었다. 본 연구에서 정성적 합성에 활용된 최종 선정 문헌은 총 5편이었다. 그림 1은 본 연구에서 논문을 검색하고 문헌선정 및 최종 정성적 합성을 진행한 전 과정을 도식화하고 있다.

2. 뇌졸중 환자의 상지기능 회복을 위한 전기자극

본 연구에서 최종 선정된 5편의 무작위대조연구에 참여한 뇌졸중 환자는 208명(여자 95명)이었다. 최종 선정된 문헌의 수행국가는 중국 2편(Au-Yeung &

Hu-Chan, 2014; Lin et al., 2011), 터키 2편(Karakus, 2013; Yuzer, 2017), 영국 1편(Fletcher-Smith et al., 2019)이었다. 5편의 연구 중에서 신경근전기자극치료를 제공한 문헌은 3편이었고(Au-Yeung & Hu-Chan, 2014; Fletcher-Smith et al., 2019; Lin et al., 2011), 기능적 전기 자극치료를 제공한 문헌은 2편(Karakus, 2013; Yuzer, 2017)이었다. 중재의 강도는 10회기 1편(Karakus, 2013), 15회기 1편(Lin et al., 2011), 20회기 2편(Au-Yeung & Hu-Chan, 2014; Yuzer, 2017), 120회기 1편이었고(Fletcher-Smith et al., 2019), 치료 회기마다 제공된 치료시간은 30분이 3편(Karakus, 2013; Lin et al., 2011; Yuzer, 2017), 60분이 2편이었다(Au-Yeung & Hu-Chan, 2014; Fletcher-Smith et al., 2019). 대조군에게 적용한 치료는 위약치료 1편(Au-Yeung & Hu-Chan, 2014) 과 보존적 치료 4편이었고(Fletcher-Smith et al., 2019, Karakus, 2013; Lin et al., 2011; Yuzer, 2017), 위약 치료를 한 연구는 보존적치료를 추가치료프로그램으로 두 실험집단에 모두 제공하였다(Table 1).

Table 1. Qualitative synthesis of the selected studies in the systematic review (N=5)

Author year	Nation	Population	Intervention	Therapeutic intensity	Comparison	Outcomes	Additional therapy	Summary of results
Au-Yeung 2014	China	73 (female: 34)	ES	20 sessions, 60 minutes	Placebo therapy	Hand Grip, Index pinch, ARAT	Conventional therapy	Hand grip, Index pinch: EG>CG ARAT: No differential effects
Fletcher-Smith 2019	UK	40 (female: 20)	ES	120 sessions, 60 minutes	Usual care therapy	NIHSS, ARAT, BADLI, SPI, MRS	None	No differential effects
Karakus 2013	Turkey	28 (female: 13)	FES	10 sessions, 30 minutes	Standard rehabilitation program group	BS, MI, Flex. PT, Ext.PT -Brunnstrom upper extremity & hand stage	None	No differential effects BS upper: EG>CG
Yuzer 2017	Turkey	30 (female: 13)	FES	20 sessions, 30 minutes	Conventional treatment	BI, BS, wrist ROM, MAS, RMA, UEFT	None	wrist ROM, BI, MAS: EG>CG RMA, BS, UEFT: No differential effects

Author year	Nation	Population	Intervention	Therapeutic intensity	Comparison	Outcomes	Additional therapy	Summary of results
Lin 2011	China	37 (female: 15)	ES	15 sessions, 30 minutes	Standard rehabilitation program	FMA, MAS, MBI	None	FMA, MBI: EG>CG MAS: No differential effects

ABAT, Action research arm test; BADLI, Barthel activities of daily living index; BS, Brunnstrom stage; ES, electrical stimulation; FMA, Fugl-Meyer motor assessment; MAS, Modified Ashworth scale; MBI, Modified Barthel index; MI, Motricity index; MRS, Modified Rankin scale; NIHSS, National institute for health stroke scale; PT, Peak torque; RMA, Rivermead motor assessment; SPI, Scale of pain intensity; UEFT, Upper extremity function test; CG: conventional therapy group

본 연구에서 최종 선정한 5편의 연구에서 평가한 성과측정은 상지근력측정, 상지기능평가도구, 일상생활평가도구를 사용하여 진행되었다. 사용된 근력평가방법은 손의 잡기(grip)와 집기(pinch) 근력과 임상평가도구인 Motricity지수를 사용하였다. 상지기능평가도구는 활동연구팔검사(action research arm test), 푸글-마이어운동검사-상지평가(Fugl-Meyer motor assessment), 상지기능검사(upper extremity function test), 리버메드운동평가(Rivermead motor assessment)가 사용되었다. 일상생활평가는 바텔 일상생활지수(Barthel activities of daily living index), 수정된 바텔지수(modified Barthel index), 수정된 란킨척도(modified Rankin scale), 국립보건원 뇌졸중척도(National institute for health stroke scale)를 사용하였다. 또한 뇌졸중 회복정도를 평가하는 브론스트롬척도와 수정된애쉬워스척도도 측정하였다.

본 연구에서 최종 선정된 5편의 문헌의 결과를 요약해 보면, 보존적 치료를 제공한 대조군에 비하여 전기자극치료의 효과가 유의한 차이가 없었던 문헌은 1편(Fletcher-Smith et al., 2019)이었고, 남은 4편은 성과측정변수의 일부에서 전기자극치료군이 대조군보다 상지기능을 유의하게 개선한 것으로 보고되었다(Au-Yeung & Hu-Chan, 2014; Karakus, 2013; Lin et al., 2011; Yuzer, 2017). 성과측정에서 보존적치료보다 전기자극치료가 유의한 개선을 보인 변수는 손의 잡기와 집기 근력, 브론스트롬척도-상지, 손목관절 가동범위, 바텔지수, 수정된애쉬워스척도, 푸글-마이어운동검사-상지, 수정된바텔지수 이었다(Table 1).

3. 선택한 연구의 비뿔림 위험

본 연구에서 선택한 5편의 문헌의 비뿔림 위험평가를 진행한 결과, 선택 비뿔림(무작위배정순서 생성, 배정순서 은폐), 탈락 비뿔림, 보고 비뿔림은 5편 모두 ‘비뿔림 위험 낮음’으로 평가되었다. 반면에 실행 비뿔림은 “비뿔림 위험 낮음”평가가 1편(Yuzer et al., 2017)으로 비뿔림 위험평가영역에서 가장 위험한 것으로 평가되었다. 실행 비뿔림은 3편이 “비뿔림 위험 높음” 평가를 받았고(Fletcher-Smith, 2019; Karakus, 2013; Lin, 2011), 1편은 “비뿔림 위험 불확실”로 평가되었다(Au-Yeung et al., 2014). 마지막으로 결과 확인 비뿔림은 1편의 연구가 “비뿔림 위험 높음” 평가되었고(Fletcher-Smith, 2019), 남은 4편은 “비뿔림 위험 낮음” 평가되었다. (Figure 2, Figure 3).

IV. 고찰

본 연구는 전기자극치료가 뇌졸중 환자의 상지기능 회복에 미치는 영향에 대한 임상적 근거를 강화하기 위하여, 뇌졸중 환자를 대상으로 상지기능 회복을 위하여 전기자극치료를 중재로 제공한 무작위대조군 연구를 선정하여 체계적으로 고찰하였다. 선정된 문헌을 정성적으로 합성한 결과는 전기자극치료는 뇌졸중 환자의 손 집기와 잡기 근력을 개선하였고, 손목관절 가동범위를 개선하였고, 뇌졸중 회복속도를 개선하였다. 반면에 전기자극치료는 뇌졸중 환자의 일상

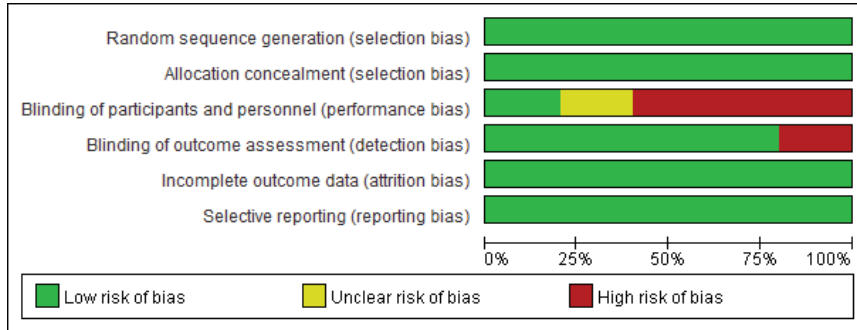


Fig. 2. Risk of bias graph: the review's judgements about each risk of bias item presented as percentages across all included studies.

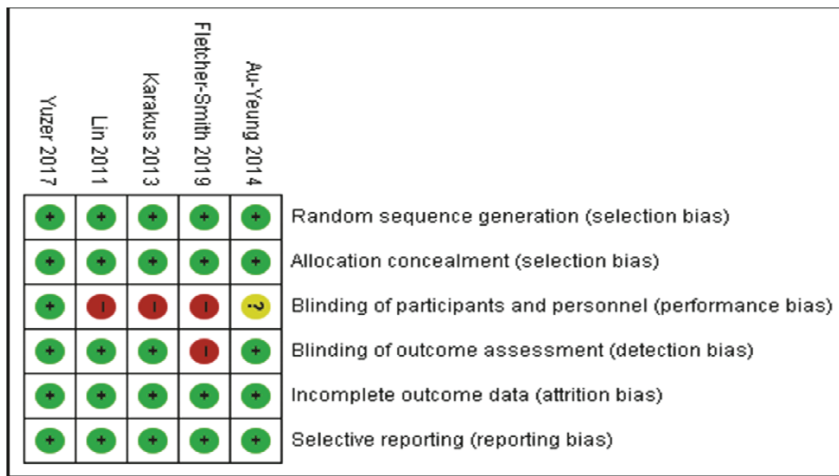


Fig. 3. Risk of bias summary: the review's judgements about each risk of bias item for each included study. Green circle, low risk of bias; Yellow circle, unclear risk of bias; Red circle, high risk of bias.

생활동작 수행력과 근육의 긴장도에 효과적인 영향을 미치지 않았다.

선정된 5편의 연구에서 적용한 치료적 중재의 강도는 10회기에서 120회기까지 다양하였고, 1회기 당 치료제공시간도 30분과 60분으로 문헌마다 다르게 나타났다. 또한 1회기당 60분 전기자극치료를 120회기 제공한 연구에서는 전기자극치료가 뇌졸중 환자의 상지 기능 회복에 영향을 미치지 않았다(Fletcher-Smith, 2019). 본 연구결과를 바탕으로 뇌졸중 환자에게 적용하는 전기자극의 효율적인 강도에 대한 임상적 근거는 부족한 것으로 사료된다. 뇌졸중 환자의 약화된

근육에 전기자극에 대한 피로는 적게 하면서 성공적으로 동작을 완성하도록 보조할 수 있는 치료강도에 관한 연구가 지속되어야 할 것이다.

본 연구는 선정된 문헌의 비뮌 위험평가를 실시하였다. 실행 비뮌은 '결과의 신뢰도를 심각하게 약화시키는 비뮌 가능성'으로 해석되는 '비뮌 위험 높음'으로 평가된 문헌이 선정 문헌 중 60%로 높은 비율을 차지하였다. 실행 비뮌은 연구 참여자와 연구자에 대한 눈가림과 연구타당도를 위협하는 다른 잠재적 비뮌을 볼 수 있다. 본 연구에서 선정한 문헌은 모두 무작위대조군연구로 내적타당도를 높일 수

있는 무작위화과정을 체계적으로 이행하였다(Jung et al., 2022; Zeiger, 1999). 반면에 연구자에서 나타날 수 있는 호오손 효과(Hawthorne effect)나 존헨리효과(John Henry effect), 연구자 효과 등의 외적 타당도를 위협하는 요인들은 배제되지 않았다고 볼 수 있다(Jung et al., 2022; Zeiger, 1999). 따라서, 본 연구는 선정 문헌의 정성적 합성을 고찰함에 있어 실험의 외적 타당도가 위협받았다고 해석되는 실행비뮌림에서 위협 높음과 불확실을 보인 연구를 제외하고자 한다. 실행 비뮌림 위험 낮음 문헌인 Yuzer 등의 연구는 뇌졸중 환자를 30명을 대상으로 손목관절 펌근(긴노쪽손목 펌근, 짧은노쪽손목펌근, 자쪽손목펌근, 손가락펌근) 운동점에 기능적전기자극을 1회기에 30분씩 20회기를 제공하였고, 대조군은 보존적치료(수동관절가동 범위운동, 신장운동, 손목-손가락고정보호대)를 제공하였다. 연구결과 전기자극치료는 손목관절 가동 범위, 상지기능, 일상활동에서 효과적이고, 보존적 치료를 제공한 집단과 비교하였을 때, 손목관절 가동범위와 일상활동이 개선되었으나, 상지기능은 개선되지 않았다(Yuzer et al., 2017).

본 연구결과를 기반으로 전기자극치료는 뇌졸중 환자의 상지기능 회복에 일부 이점이 있다고 볼 수 있다. 실제로, 전기자극치료는 전류(current), 빈도(frequency), 자극지속시간(duration of stimulation), 선정된 문헌내와 문헌간 연구참여자의 실험전 기능수준 등의 고려하여야 한다(Eraifej et al., 2017). 본 연구결과 선정된 5개 문헌 모두 전기자극을 제공한 중재강도가 다르기 때문에 동일한 자극 프로토콜을 사용하였다고 볼 수 없다. 자극 프로토콜이 불일치하기 때문에, 본 연구 결과를 통해서 전기자극의 뇌졸중 환자 상지기능 회복에 대한 치료적 이점을 논의하는 데는 한계가 있다.

본 연구를 통해서 연구설계단계에서 연구자의 예상과 달리 뇌졸중 환자를 대상으로 상지기능 회복에 전기자극치료에 대한 임상적 근거가 부족한 것을 알 수 있었다. 또한, 본 체계적 고찰의 결과는 선정된 문헌의 전기자극 프로토콜의 불일치로 뇌졸중 환자의 상지기능 회복에 대한 전기자극의 치료적 이점을 희석시킬 수 있다. 향후 연구에서는 뇌졸중 환자의 상지기

능 회복을 위한 전기자극치료의 효과적인 자극 프로토콜을 알아보는 연구가 지속되어야 할 것이다. 마지막으로, 본 연구에서 선정한 문헌은 상지기능평가를 위하여 다양한 평가도구를 활용하였으나, 특징적으로 상지기능을 평가하는 도구는 부족했던 것이 사실이다. 향후 연구에서는 뇌졸중 환자의 상지기능 평가 및 기능적 일상생활을 알아볼 수 있는데 중심이 되는 평가도구를 공통적으로 적용해 볼 필요가 있다. 마지막으로, 뇌졸중 환자를 대상으로 상지기능 회복에 전기자극이 미치는 영향도 연구가 계속되어 임상적 근거를 축적을 지속하여야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 그들의 상지기능 회복에 전기자극치료가 미치는 영향을 알아보고자, 핵심어를 사용하여 무작위대조군연구를 검색하여 체계적으로 고찰하였다. 연구 결과, 뇌졸중 환자의 손잡기와 집기 근력, 손목관절가동범위, 일상활동에 전기자극은 이점이 있는 것으로 나타났다. 반면에 선정된 문헌은 동일한 자극 프로토콜을 사용하지 않았고, 성과측정에 활용한 방법도 다양하며, 실행 비뮌림에 위험이 크기 때문에, 향후 연구에서 이 부분에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

References

- An H, Kim D. Effects of activities of daily living-based dual-task training on upper extremity function, cognitive function, and quality of life in stroke patients. *Osong Public Health and Research Perspectives*. 2021;12(5): 304-313.
- Au-Yeung S, Hui-Chan C. Electrical acupoint stimulation of the affected arm in acute stroke: A placebo-controlled randomized clinical trial. *Clinical Rehabilitation*. 2014;28(2):149-158.

- Bae SC, Khan A, Song R, et al. Rewiring the lesioned brain: electrical stimulation for post-stroke motor restoration. *Journal of Stroke*. 2020;22(1):47-63.
- Burridge J, Ladouceur M. Clinical and therapeutic applications of neuromuscular stimulation: a review of current use and speculation into future. *Neuromodulation: Journal of the International Neuromodulation Society*. 2001;4(4):147-154.
- Chan C. A Preliminary Study of Functional Electrical Stimulation in Upper Limb Rehabilitation After Stroke: An Evidence-Based Review. *Hong Kong Journal of Occupational Therapy*. 2008;18(2):52-58.
- de Kroon J, Ijzerman M, Chae J, et al. Relation between stimulation characteristics and clinical outcome in studies using electrical stimulation to improve motor control of the upper extremity in stroke. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2005;37(2):65-74.
- Eraifej J, Clark W, France B, et al. Effectiveness of upper limb function electrical stimulation after stroke for the improvement of activities of daily living and motor function: A systematic review and meta-analysis. *Systematic Reviews*. 2017;6(40):1-21.
- Fletcher-Smith J, Walker D, Allatt K, et al. The ESCAPS study: a feasibility randomized controlled trial of early electrical stimulation to the wrist extensors and flexors to prevent post-stroke complications of pain and contractures in the paretic arm. *Clinical Rehabilitation*. 2019;33(12):1919-1930.
- Freeman C, Hughes A, Burridge J, et al. A model of the upper extremity using FES for stroke rehabilitation. *Journal of Biomechanical Engineering*. 2009;131(3):1-12.
- Hatem SM, Saussez G, Faille MD, et al. Rehabilitation of Motor function after Stroke: A Multiple Systematic Review Focused on Techniques to Stimulate Upper Extremity. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2016;10(442):1-22.
- Howlett O, Lannin N, Ada L, et al. Functional electrical stimulation improves activity after stroke: A systematic review with meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2015;96(5):934-943.
- Jung A, Balzer J, Braun T, et al. Identification of tools used to assess the external validity of randomized controlled trials in reviews: a systematic review of measurement properties. *BMC Medical Research Methodology*. 2022;22:100.
- Karakus D, Ersöz M, Koyuncu G, et al. Effects of functional electrical stimulation on wrist function and spasticity in stroke: A randomized controlled study. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2013;59(2):97-102.
- Kim D, Kim K. The effects of virtual reality training with upper limb functional electrical stimulation to improve on muscle strength, AROM, and function of upper limb joints in patient with chronic stroke. *Journal of The Korea Society of Integrative Medicine*. 2020;8(2):211-220.
- Kim JY, Bae HJ. Stroke statistics in Korea. *Weekly Health and Disease*, 2018;12(43):1845-1860.
- Korean Statistical Information Service (KOSIS). Annual report on the cause of death statistics. 2022.
- Lee S, Cha H. The effect of motor imagery and mirror therapy on upper extremity function according to the level of cognition in stroke patients. *International Journal of Rehabilitation Research*. 2019;42(4):330-336.
- Lin Z, Yan T. Long-term effectiveness of neuromuscular electrical stimulation for promoting motor recovery of the upper extremity. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2011;43(6):506-510.
- Niu C, Bao Y, Zhuang C, et al. Synergy-based FES for post-stroke rehabilitation of upper-limb motor functions. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2019;27(2):256-264.

- Park J. The systematic consideration about study on how to apply functionally electric stimulation therapy for improving upper extremity of domestic patients. *The Journal of Korea Aging Friendly Industry Association*. 2013;5(1):81-88.
- Park S, Cho K, Cho Y. Effect of exercise with functional electrical stimulation and transcutaneous electrical nerve stimulation on muscle tone, stiffness of calf muscle, and balance ability in patients with stroke. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2017;12(2):43-52.
- Persson H, Opheim A, Lundgren-Nilsson A, et al. Upper extremity recovery after ischaemic and haemorrhagic stroke: Part of the SALGOT study. *European Stroke Journal*. 2016;1(4):310-319.
- Raghavan P. Upper limb motor impairment after stroke. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. 2015;26(4):599-610.
- Rand D, Eng J. Predicting daily use of the affected upper extremity 1 year after stroke. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2015;24(2):274-283.
- Sin H, Lee G. Additional virtual reality training using Xbox Kinect in stroke survivors with hemiplegia. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2013; 92(10):871-880.
- Yang J, Liao C, Huang S, et al. Effectiveness of electrical stimulation therapy in improving arm function after stroke: a systematic review and a meta-analysis of randomized controlled trials. *Clinical Rehabilitation*. 2019;33(8):1286-1297.
- Yun D, Choi J. Relationships among person-centered care environment, patient engagement, and patient outcomes in stroke rehabilitation patients: *A Path Model Analysis*. *Korean Journal of Adult Nursing*. 2021;33(6):576-587.
- Yuzer G, Köse Dönmez B, Özgür N. A Randomized controlled study: effectiveness of functional electrical stimulation on wrist and finger flexor spasticity in hemiplegia. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2017;26(7):1467-1471.
- Zhang C, Li-Tsang C, Au R. Robotic approaches for the rehabilitation of upper limb recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Rehabilitation Research*. 2017;40(1): 19-28.