

뇌졸중 환자의 가상현실 프로그램이 상지기능에 미치는 영향 : 메타분석

조성현¹, 최기복^{2*}

¹남부대학교 물리치료학과, ²조선대학교병원 재활치료팀

The Effect of Virtual Reality Programs on Upper Extremity Function in Stroke Patients : A Meta-Analysis

Sung-Hyoun Cho¹, Ki-Bok Choi^{2*}

¹Department of Physical Therapy, Nambu University

²Team of Rehabilitation Therapy, Chosun University Hospital

요약 본 연구의 목적은 메타분석을 통해 가상현실 프로그램이 뇌졸중 환자의 상지기능에 미치는 효과크기를 알아보고자 한다. 데이터베이스는 한국교육학술정보원(RISS), 한국학술정보(KISS), 국립중앙도서관, 한국학술지인용색인(KCI), 국가과학기술정보센터(NDSL)를 활용하였다. 2010년 1월부터 2019년 6월까지 가상현실 프로그램을 실시한 선행연구들을 조사하였다. 본 연구는 PICO(Patient, Intervention, Comparison, Outcome, PICO)기준에 의거하여 최종 14편을 선정하여 메타분석을 실시하였다. 질 평가도구로 RCT(Randomized Control Trials) 연구는 RoB(Risk of Bias) 도구, NRCT(Non-Randomized Control Trials) 연구는 RoBANS(Risk of Bias Assessment tool for Non-randomised Study) 도구를 사용하였다. 선정된 각 연구들의 효과크기를 산출하기 위해 CMA 3.0 프로그램을 사용하였다. 추가적으로 하위집단분석과 메타회귀분석 및 출판편의 분석을 실시하였다. 가상현실 프로그램이 상지기능에 대한 전체 효과크기는 Hedges's $d=0.390$ (95 % CI: 0.192~0.587)으로 확인되었다($p<.05$). 가상현실 프로그램은 뇌졸중 환자의 상지기능에 긍정적인 영향을 미친다. 따라서, 4차 산업에 발맞추어 뇌졸중 환자를 위한 다양한 가상현실 프로그램과 산학 협력 기술 개발이 요구된다. 향후 가상현실 프로그램에 대한 RCT연구들과 세부적인 상지기능에 대한 연구가 질적 및 양적으로 확보되어야 할 것이다.

Abstract This study examined the effect size of virtual reality programs on the upper extremity function of stroke patients through a meta-analysis. Databases, such as the Research Information Sharing Service, the Korean Studies Information Service System, the National Library of Korea, the Korean Citation Index, and the National Digital Science Library, were used. Previous articles were surveyed for virtual reality programs between January 2010 and June 2019. A meta-analysis was performed by selecting the final 14 studies based on the PICO standard. The RoB and RoBANS tools were used as quality assessment tools for randomized and non-randomized control trials, respectively. The CMA 3.0 program was used to calculate the effect size of each study. Sub-group analysis, meta-regression analysis, and publication bias were performed. The total effect size of the virtual reality programs on the upper extremity function was Hedges's $g=0.390$ (95% CI: 0.192~0.587) ($p<.05$). The virtual reality program positively affects the upper extremity function of stroke patients. Therefore, the development of various virtual reality programs and industry-academia cooperation technology for stroke patients is required in accordance with the fourth industry. Randomized control trials and detailed upper extremity function studies for virtual reality programs will be needed in follow-up studies.

Keywords : Stroke Patients, Virtual Reality Program, Upper Extremity Function, Meta-Analysis, Effect Size

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

*Corresponding Author : Ki-Bok Choi(Chosun Univ. Hospital)

email: kkipok@naver.com

Received June 8, 2020

Revised July 6, 2020

Accepted August 7, 2020

Published August 31, 2020

1. 서론

뇌졸중(stroke)은 뇌 영역의 혈류가 차단되어 발생하는 질환 및 사고의 총칭을 의미한다[1]. 뇌졸중 발병 이후 운동, 감각, 인지, 언어 측면의 후유증이 발생하며, 급성기 뇌졸중 환자의 약 75 %가 상지마비가 발생한다[2]. 마비된 상지는 사용이 점차 감소하게 되고 경직의 증가, 근력감소, 아래팔과 손의 움직임 감소, 연부조직 단축 등이 발생하며 동작의 제한을 발생시킨다[3].

상지기능은 옷을 입거나 쓰기, 먹기 등 정교한 움직임을 위한 기초가 되며, 일상생활활동에서 중요한 요인이다. 또한 상지기능 개선은 재활 효과를 극대화하고 장애를 줄이기 위해 필요한 뇌졸중 재활의 핵심 요소이다[4]. 그리고 운동과 인지 활동, 보호 반응, 균형 유지 이행에도 중요하다[5]. 따라서 상지기능 회복을 위한 꾸준한 재활치료의 중요성이 강조되고 있다.

가상현실은 컴퓨터를 이용한 가상의 환경 안에서 이용자가 스스로 가상의 물건을 옮기고 사용함으로써 가상의 과제를 적용하게 되는 상호작용 시뮬레이션이다[6]. 또한 과제수행의 난이도를 조절하며, 시각 및 청각 피로감, 혼란 또한 가능하여 효과적인 치료 도구로 인식되고 있다[7]. 과제수행의 난이도를 조절할 수 있고, 가상의 환경과 상호작용할 수 있는 다양한 인터페이스가 제공되며 실제 사물을 조작하는 것처럼 느끼게 한다[8]. 더욱이 효과적인 재활훈련 요인인 집중 훈련, 반복 훈련, 과제 중심 훈련, 지속적 훈련 조건을 갖추고 있기 때문에 뇌졸중 환자들에게 긍정적인 영향을 준다[9]. 가상현실을 뇌졸중 환자에게 적용한 결과 대뇌 피질의 재구조화를 유도하여 기능회복, 인지, 시지각 기능이 증진되었다[10].

국내 임상재활에서 사용되는 뇌졸중 환자를 대상으로 가상현실 프로그램이 상지기능에 미치는 영향에 대한 실험연구는 진행되고 있으나 효과크기를 검증한 연구는 전혀 없는 실정이다. 임상현장에서 사용하기 위해서 체계적이고 효과성이 높은 증거 기준을 제시하기 위하여 국내의 선행 연구를 분석, 통합하여 통계적인 효과성을 검증하는 것이 필요하며 이를 위해 메타분석이 가장 효과적이다[11]. 메타분석은 상이한 연구들의 양적인 효과크기의 결과들을 종합, 분석하는 통계적 방법을 말한다[12]. 또한 효과크기로 각 연구의 결과들을 비교하여 통합될 수 있게 표준화된 척도로 요약할 수 있다[13]. 그러므로 본 연구에서는 메타분석을 바탕으로 국내에서 뇌졸중 환자를 대상으로 가상현실 프로그램의 상지기능 증진과 관련된 연구들을 계량적으로 통합 및 분석함으로써 가상현

실치료 증재의 효과크기를 확인하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구설계 및 선정기준

본 연구는 국내 뇌졸중 환자들에게 시행된 가상현실 기반 프로그램이 상지기능에 미치는 효과를 검증하고자 체계적으로 분석한 종합적인 메타분석 연구이다.

가상현실 프로그램을 증재로 실시한 논문들을 PICO (Patient, Intervention, Comparison, Outcome, 이하 PICO)기준에 의거하여 2010년 1월부터 2019년 6월까지로 제한 후 검색하였다.

본 연구에서 대상자(P)는 발병 이후 6개월 이상 뇌졸중을 진단 받은 환자이며, 증재(I)는 가상현실 프로그램을 기반으로 상지훈련을 수행한 실험 연구를 포함하였다. 비교 대상(C)은 전통적 물리치료 또는 작업치료만 적용한 환자를 대조군으로 설정하였고, 증재 결과(O)는 상지기능으로 하였으며, 연구 설계(S)는 무작위 임상실험연구(RCT: Randomized Controlled Trials, 이하 RCT), 비 무작위 임상실험연구(NRCT: Non-Randomized Controlled Trials, 이하 NRCT)를 적용한 논문을 채택하였다. Appendix 1에서 보는 바와 같이 채택된 논문을 분석하였다.

2.2 자료검색 및 선정과정

국내 전자 데이터베이스로서 한국교육학술정보원(<http://www.riss.kr>), 한국 학술정보 서비스 시스템(<http://kiss.kstudy.com>), 한국학술정보(<https://www.kstudy.com>), 국립중앙도서관(<http://www.nl.go.kr>), 한국학술지인용색인(<https://www.kci.go.kr>), 국가과학기술정보센터(<http://scholar.ndsl.kr>)를 사용하여 실시하였다. 주요 검색어는 ‘뇌졸중’, ‘뇌졸중 가상현실’, ‘뇌졸중 가상현실 상지’, ‘닌텐도’, ‘닌텐도 뇌졸중’ 등을 사용하였다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 1차 검색을 통해 175편, 2차 검색을 통해 키워드를 섞어 63편을 검색, 중복논문 204편을 제외한 총 34편의 논문을 선정하였으며, 제외 논문은 초록과 본문의 내용, 수치 일치도, 주제에 벗어나거나 연구에 적합하지 않은 논문 20편을 제거하여 최종적으로 14편의 논문을 확정하였다.

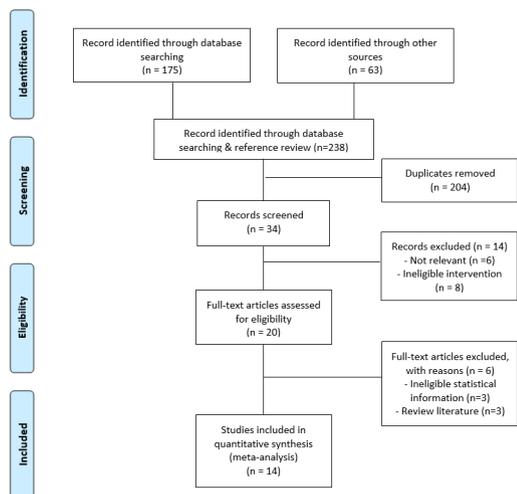


Fig. 1. PRISMA flow chart

2.3 선정된 논문의 질 평가

Table 1, 2에서 보는 바와 같이 RCT 7편의 질 평가는 코크란 그룹의 비뚤림 위험도(ROB: Risk of Bias, 이하 ROB 도구)를 사용하고, NRCT 7편의 비뚤림 위험도(ROBANS: Risk of Bias Assessment tool for Non-randomized Studies, 이하 ROBANS 도구)를 사용한다[14].

ROB 도구에는 무작위 배정 순서 생성, 배정순서 은폐, 연구 참여자 및 연구자에 대한 눈가림, 결과평가에 대한 눈가림, 불충분한 결과 자료, 선택적 보고 등 6가지 영역으로 평가하고, ROBANS 도구는 대상군 선정, 교란변인, 중재(노출 측정), 결과 평가 눈가림, 불충분한 결과 자

료, 선택적 결과 보고 등으로 평가한다. 각 자료에 대한 평가는 원문을 파악 후, 합의를 통하여 비뚤림 위험 가능성이 '높음', '낮음', '불확실'로 판단한다.

2.4 자료분석

효과크기 통합에 대한 분석을 할 수 있는 메타분석을 위해 개발된 Comprehensive meta- Analysis(CMA 3.0) 프로그램을 이용하였다. 또한 연구들의 표본의 수에 차이가 존재하는 경우에 이를 교정해주는 표준화된 평균 차이(corrected standardized mean difference)의 통계량인 Hedges's g를 사용하여 산출하였고, 95% 신뢰구간을 계산하였다[15].

효과크기의 통계적 이질성(heterogeneity) 평가를 위해 시각적인 숲 그림(forest plot)으로 살펴보았다. 연구의 수가 적으면 통계적으로 검정력이 낮아질 수 있으므로 유의수준을 상향하여 Q값의 p값이 0.1보다 작으면 연구들 간에 통계적 이질성이 있다고 판단한다[16]. 조절 변수의 속성에 따라 메타 ANOVA와 메타회귀분석을 활용하고, 조절효과분석을 실시하였으며, 출판편향(publication bias) 분석을 통해 연구결과의 타당성을 확인하였다[17].

2.5 연구내용 분석

가상현실 프로그램 중재기간에 따른 효과를 분석하기 위해 2주 이상 8주 이하인 경우인 중재로 분류하였다. 가상현실프로그램을 측정된 중재에 따른 종속변인은 쥘스-테일러 손 기능 검사, 상지 근력 평가, 운동 사정 척도, 푸글-마이어 평가, 한국판 울프 운동 기능 검사, 상지와 나무토막 검사, 한국판 노팅햄 감각 평가가 있다.

Table 1. Methodological evaluation of RCT study using RoB tool

First author, year	Random sequence generation	Allocation concealment	Blinding of participants	Blinding of outcome assesment	Incomplete outcome	Selective reporting
Go, 2019	low	low	unclear	low	low	low
Hwang, 2019	high	unclear	unclear	unclear	low	low
Ji, 2016	low	high	unclear	unclear	low	low
Kim, 2013	low	unclear	low	low	low	low
Kim, 2018	low	unclear	unclear	low	low	low
Kim, 2017	high	unclear	unclear	low	low	low
Lee, 2013	high	unclear	unclear	low	low	low

Table 2. Methodological evaluation of NRCT study using RoBANS tool

First author, year	Selection of participants	Confounding variables	Measurement of intervention	Blinding of outcome assesment	Incomplete outcome data	Selective reporting
Bae, 2017	low	unclear	low	low	low	low
Jang, 2013	low	high	low	low	low	low
Jeon, 2017	low	low	unclear	unclear	low	low
Kim, 2010	low	unclear	low	low	low	low
Kwon, 2018	low	unclear	low	low	low	low
Park, 2017	low	unclear	low	unclear	low	low
Song, 2011	low	unclear	low	low	low	low

2.5.1 잼슨-테일러 손 기능 검사

잼슨-테일러 손 기능 검사(JHFT: Jebson- Taylor hand function test, 이하 JHFT)는 일상생활에서 대표적인 과제들을 제시함으로써 손의 기능과 협응 능력을 짧은 시간 안에 수행하는 표준화된 검사 도구이다 [18,19]. JHFT는 총 7개의 하위 평가로 구성되어 쓰기, 카드 뒤집기, 작은 물건 옮기기, 먹기 흉내 내기, 장기말 쌓기, 크고 가벼운 물건 옮기기, 크고 무거운 물건 옮기기로 이루어져 있으며, 과제를 수행할 때 소요된 시간을 측정하여 점수화한다. 검사-재검사 신뢰도는 .96~.99로 상당히 높다고 보고하였다.

2.5.2 상지 기능 검사

상지기능검사(MFT: Manual Function Test, 이하 MFT)는 뇌졸중 환자의 동작능력 및 상지기능을 측정하는 평가도구로, 상지의 운동(4항목), 파악(2항목), 손가락 조작(2항목) 총 8개의 항목으로 구성되어 있다[20,21]. 점수는 심각한 상태를 나타내는 0점에서 완전한 기능 상태를 나타내는 32점까지 분포되어 있고, 총점을 100점 만점으로 환산한 도수 기능 점수(manual function score)를 사용한다. 이 평가도구의 검사-재검사, 검사자간 신뢰도는 $r=.95$ 이며 크론바흐 알파 계수는 .95이다[20].

2.5.3 운동 사정 척도

운동 사정 척도(MAS: Motor Assessment Scale, 이하 MAS)는 뇌졸중 후 일상적인 운동 기능을 정확하게 측정하기 위해 개발되었다[22-23]. 과제 지향적 접근 방식(task-oriented approach)을 기반으로 하고 있으며, 바

로 누운 자세에서 비 마비측으로 돌아눕기, 바로 누운 자세에서 침대 끝에 앉기, 앉은 자세에서 균형 잡기, 앉은 자세에서 일어나기, 보행, 상지기능, 손의 움직임, 정교한 손 활동으로 총 8가지 운동 기능 영역으로 구성되어 있다. 각 과제는 3번 수행되고 그중 최고 수준을 기록한다. 본 연구에서는 상지기능에 대하여만 측정되었다. 점수가 높을수록 상지의 운동 능력이 높음을 나타낸다. 운동 사정 척도는 검사자 간 신뢰도는 $r=.87\sim 1.00$ 으로 보고되었다[22].

2.5.4 푸글-마이어 평가

푸글-마이어 평가(FMA: Fugle-Meyer Assessment, 이하 FMA)는 뇌졸중으로 인한 기능적 회복 정도를 양적으로 평가하는 도구로써 관절가동범위, 운동기능, 균형, 통증, 감각평가로 구성되며, 항목 중 운동기능 평가는 상지 66점, 하지 34점으로 구성되어 있다[23-24]. 본 연구에서는 상지만을 필요로 하기에 상지 검사만을 사용하였으며, 어깨, 팔꿈, 손목 관절 및 손의 반사, 수의적 움직임 등의 검사를 실시하였다. 검사자 내 신뢰도는 .99로 높게 나타났고, 검사자 간 신뢰도는 .96로 매우 높다[25].

2.5.5 한국판 울프 운동 기능 검사

한국판 울프 운동기능 검사(K-WMFT: Korean-Wolf Motor Function Test, 이하 K-WMFT)는 상지와 손의 기능 검사를 위해 개발된 울프 운동 기능검사를 한글화한 것으로 총 17개 항목으로 구성되어 있으며 초기에 상지기능과 근력을 검사하고, 이후 9개 항목을 통해 상지와 손의 기능과 손의 근력을 함께 검사할 수 있다[23, 26].

최소 0점에서 최대 5점까지 6점 척도로 점수 부여가 가능하다. 본 검사는 상지와 손의 기능 평가 항목 중 근력에 대한 상세한 측정이 가능하고, FMA와 상관관계에서 높은 타당도($r=.97$)와 내적 신뢰도($r=.96$)를 보인다[23, 27].

2.5.6 상자와 나무토막 검사

상자와 나무토막 검사(BBT: Box and Block Test, 이하 BBT)는 손의 기능에 제한이 있는 사람이나 인지가 낮은 사람을 대상으로 간단한 손의 기능 및 협응 능력을 평가하기 위해 고안된 검사방법이다[21]. 환자는 앉은 자세에서 한 쪽에서 다른 쪽의 상자로 나무토막을 집어서 옮기고, 치료사는 60초의 시간 동안 옮겨진 나무토막의 개수를 기록한다. 15초의 연습시간을 가진 뒤 측정된 값을 적용하였고, 측정자 내 신뢰도는 $r=.99$, 측정자 간 신뢰도는 $r=.99$ 로 높은 수준으로 나타났다[28].

2.5.7 손 근력 검사

손 근력 검사(Hand strength test)는 뇌 손상 환자 또는 상지 손상 환자를 대상으로 손의 기능 저하 및 마비

의 정도를 평가하기 위해 손으로 쥐는 최대의 힘을 측정하기 위한 검사이다[21, 29]. 검사자간 신뢰도는 $.94\sim.98$ 이며, 검사-재검사 신뢰도는 $.98$ 이었다[30].

2.5.8 관절가동범위 검사

관절 가동 범위(ROM: Range of Motion, 이하 ROM)는 고니오미터를 이용해 손목 뒤침, 앞침, 굽힘, 펴, 노측 치우침과 자측 치우침의 가동 범위를 측정하였다[31].

2.5.9 한국판 노팅햄 감각 평가

한국판 노팅햄 감각 평가(K-rNSA: Korean revised Nottingham Sensory Assessment, 이하 K-rNSA)는 3개 평가 영역으로 구성되어 있으며 촉각, 고유수용성감각, 입체인지지각을 평가한다. 측정자내 신뢰도는 ICC가 $.98$, 측정자간 신뢰도는 $.98$ 이며, K-FMA와의 동시타당도는 $.96$ 이다. 세부항목 별 측정자내 신뢰도는 ICC가 $.92\sim 1.00$ 이었고, 측정자간 신뢰도는 ICC가 $.93\sim 1.00$ 이었다[32].

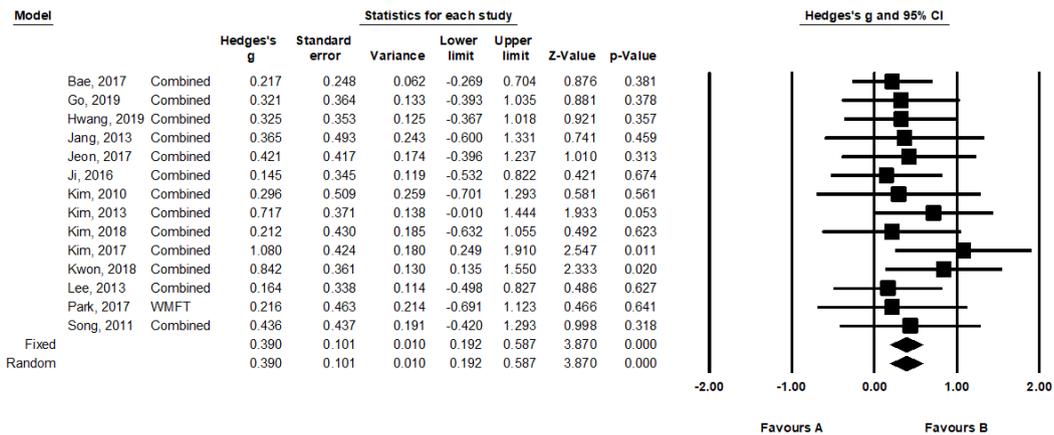


Fig. 2. Forest plots for overall effect size of upper extremity function after virtual reality programs

Table 3. Overall effect size of upper extremity function after virtual reality programs

K	Hedges's g	95 % CI		Heterogeneity			
		Lower	Upper	Q	df	p	I ²
14	0.390	0.192	0.587	6.860	13	0.909	0 %

*K=number of effect size; 95 % CI=95 % confidence interval; Q=Observed weighted sum of squares; df=degree of freedom; p=p value

3. 결과

3.1 상지 기능의 전체 평균 효과크기

Fig. 2와 Table 3에서 보는 바와 같이 가상현실 프로그램이 뇌졸중 환자에게 주는 상지기능의 효과크기는 Hedges's $g=0.390$ (95% CI: 0.192~ 0.587)로 중간 크기의 효과를 나타내며, 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<.05$).

3.2 조절변수별 하위그룹분석 결과

Table 4에서 보는 바와 같이 RCT는 0.394, NRCT의 효과크기는 0.386로 나타났으나 두 집단 간의

$Q=0.002$ ($df=1$, $p=0.969$)로 나타나 두 집단 간의 효과 크기 차이는 통계적으로 유의하지 않았다. 또한 학위논문과 학술지의 효과크기는 0.340과 0.463으로 각각 나타났으나 두 집단 간의 $Q=0.359$ ($df=1$, $p=0.549$)로 나타나 통계적으로 유의하지 않았다.

3.3 조절변수별 메타 회귀분석 결과

Fig. 3-6에서 보는 바와 같이 효과크기의 이질성을 설명하기 위해 연구대상자의 표본 크기($Z=0.98$, 95 % CI : -0.015~0.044), 중재기간 ($Z=0.19$, 95 % CI : -0.123~0.149), 중재횟수($Z=-0.28$, 95 % CI : -0.027~0.020), 매회 중재시간($Z=0.60$, 95 % CI :

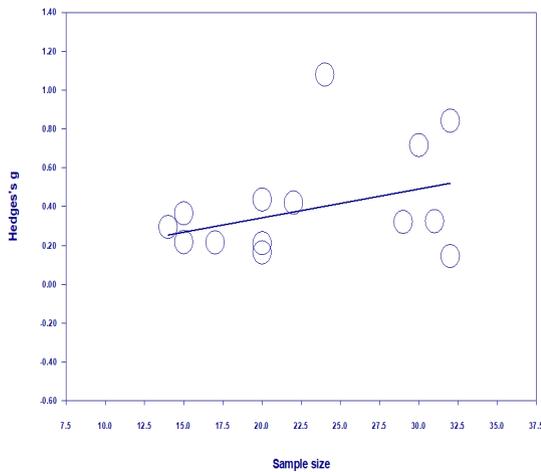


Fig. 3. Regression analysis of Hedges's g by sample size

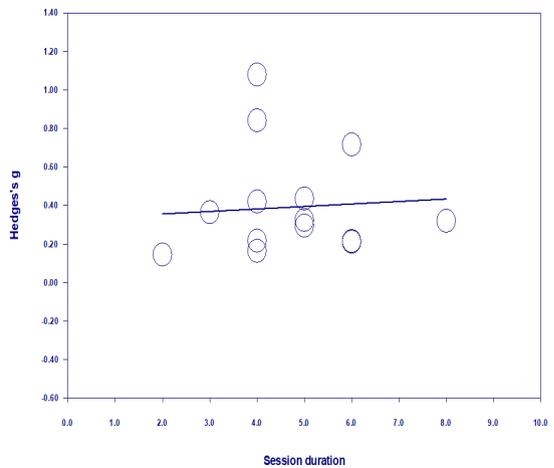


Fig. 4. Regression analysis of Hedges's g by session duration

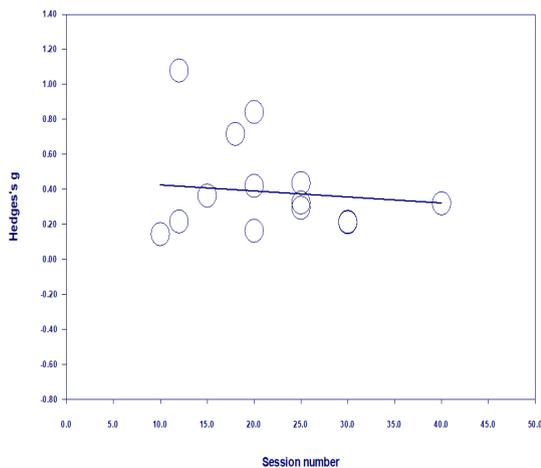


Fig. 5. Regression analysis of Hedges's g by session number

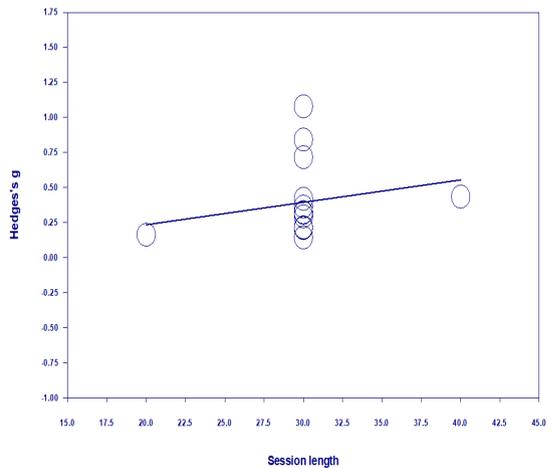


Fig. 6. Regression analysis of Hedges's g by session length

Table 4. Result of sub-group analysis by the publication type and study design

Category	Sub-group	K	Hedges's g	95 % CI		Heterogeneity		
				Lower	Upper	Q	df	p
Study design	NRCT	7	0.386	0.102	0.670	0.002	1	0.969
	RCT	7	0.394	0.119	0.668			
Publication type	Journal	5	0.463	0.154	0.771	0.359	1	0.549
	Thesis	9	0.340	0.083	0.597			

*K=number of effect size; 95 % CI=95 % confidence interval; Q=Observed weighted sum of squares; df=degree of freedom; p=p value; NRCT=non-randomized controlled trial; RCT=randomized controlled trial

-0.037~0.069)을 조절변수로 하여 메타 회귀분석을 실시하였다.

메타 회귀분석을 실시한 결과, 가상현실 프로그램 연구와 표본크기, 중재기간, 매회 중재시간의 관계는 약한 양(+)의 방향으로 나타났다. 가상현실 프로그램 연구와 중재횟수의 관계는 약한 음(-)의 방향으로 나타났다. 하지만 모든 조절변인에 대하여 회귀선의 기울기 계수가 통계적으로 유의하지 않았다($p>0.05$).

3.4 출판 편의 분석

Fig. 7에서 보는 바와 같이 깔때기 점도표(funnel plot)를 이용하여 Egger's regression 분석을 실시하였으며 출판 편의를 확인하였다. 본 연구에서 출판 편향 검사 결과 $bias=0.93(t=0.90, df=12, p>.10)$ 로 나타나 출판 편의가 없음을 확인하였다.

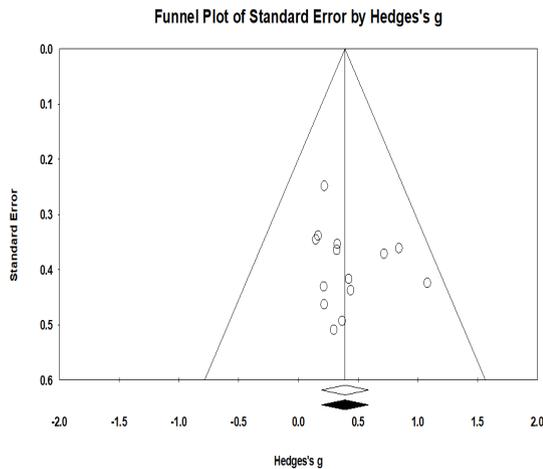


Fig. 7. Funnel plot of the effects of virtual reality program

4. 고찰

가상현실 중재방법은 대상자 유형에 맞추어 가상환경 내에서 활동 수준을 조정할 수 있고, 운동 수행 시 경험하는 지루함을 최소화하여 재미와 흥미를 유발시킴으로써 환자 스스로 과제를 수행함에 있어서 동기유발을 높이는 장점이 있다[33, 34]. 최근 뇌졸중 환자들에게 가상현실을 기반으로 각각의 중재 프로그램들을 분석할 때, 상지기능은 움직임이 복잡해 그에 상응하는 글러브 형태의 스마트 재활 장비들이 개발되고 있다[21, 23, 31]. 본 연구는 가상현실 프로그램을 적용하여 뇌졸중 환자에게 상지기능의 효과를 측정한 14편을 기반으로 전체 효과크기(Hedges's $g=0.390$)를 산출하였고, 통계학적으로 중간 효과크기로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$).

뇌졸중 환자들에게 가상현실을 적용한 후 어깨 기능에 대한 실험연구의 경우에는 FMA와 ROM을 적용한 후 평가한 결과, 어깨관절의 벌림과 굽힘에서, 대조군에서는 어깨관절의 펴고 손목관절의 굽힘에서 유의하게 각도가 증가를 보고하였다[35]. 또한 어깨, 팔꿈치, 손으로 항목을 나누어 한 적용한 결과 유의하게 증가함을 보고하였다[36]. 어깨관절의 움직임 중 바깥돌림에서만 통계적으로 유의한 차이를 나타내고($p<0.05$), 나머지 안쪽돌림, 굽힘, 펴, 벌림, 모음은 유의한 차이가 없음을 보고하였다[37]. 또한 뇌졸중 환자들에게 가상현실을 적용한 후 손 기능에 대한 실험연구의 경우에는 뇌졸중 환자 31명을 두 그룹으로 나누어 하루 30분씩 총 25회 동안 가상현실 프로그램을 적용한 결과 실험군과 대조군에서 MFT의 향상이 있었고, 실험군에서는 손의 기민성, 손의 근력, 위팔 노근의 근 활성화도에서 유의한 차이를 보였다[21]. 본 연구에 따르면 상지에서 주로 손과 관련된 연구가 대다수

였다. 이는 일상생활활동에서 손 기능의 회복이 재활의 중요한 목표가 되기 때문이라 생각된다.

본 연구의 진행에 있어서 제한점으로는 첫째, RCT와 NRCT 연구가 각각 7편으로 너무 제한적이었으며, 충분하지 못한 문헌으로 인해 가상현실프로그램의 효과를 메타분석을 통해 일반화하기 어려웠다. 하위그룹분석을 실시할 경우 연구의 수가 더욱 작아져 검정력이 낮아지기 때문에 해석에 더욱 주의를 기울여야 한다[13]. 둘째, 연구의 질적 평가에 임상에서의 근거기반실기 수준을 반영하지 못했다. 가상현실치료만으로 질환의 증상이 향상되는 정도가 크지 않으므로 다른 프로그램과 병행하는 가상현실치료를 제안한다.

그리고, 보고자 하는 주요결과인 상지기능을 더 세부적으로 분류하여 다른 연구결과들이 질적 및 양적으로 축적되면 임상적인 의사결정을 하는데 긍정적인 도움을 줄 것이다. 또한 다양한 하위변수들이 가상현실 프로그램의 효과에 미치는 영향에 대해 더욱 세밀하고 체계적인 분석이 가능할 것이다. 더 나아가 본 연구의 효과검증을 바탕으로 뇌졸중 환자에게 가상현실 프로그램이 상지기능의 세분화된 연구가 개발되는데 기초자료로써 활용되었으면 한다. 향후 4차 산업에 발맞추어 다양한 가상현실 프로그램 개발에 대한 산학 협력 기술개발이 요구된다.

5. 결론

본 연구는 국내 임상 재활 현장에서 적용되는 가상현실치료 프로그램의 상지기능에 대한 전체 효과크기는 중간크기의 효과(Hedges's $g=0.390$)로 나타나 뇌졸중 환자에게 적용된 가상현실치료가 긍정적인 영향을 보였다. 향후 뇌졸중 환자를 대상으로 가상현실치료에 대한 장기적인 효과와 함께 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

References

- [1] M. V. Radomski, C. A. T. Latham, Occupational therapy for physical dysfunction, p.1536, Lippincott Williams & Wilkins Publishers, 2013.
- [2] E. S. Lawrence, C. Coshall, R. Dundas, J. Stewart, A. G. Rudd et al, "Estimates of the prevalence of acute stroke impairments and disability in a multiethnic population", *Stroke*, Vol.32, No.6, pp.1279-1284, Jun. 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1161/01.STR.32.6.1279>
- [3] B. Gjelsvik. The Bobath concept in adult neurology, p.237, Thieme, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1055/b-002-59217>
- [4] A. Pollock, S. E. Farmer, M. C. Brady, P. Langhorne, G. E. Mead et al, "Interventions for improving upper limb function after stroke", *Cochrane Database Systematic Reviews*, No.11, pp.1-138, Nov. 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010820.pub2>
- [5] J. H. Jung, Y. N. Cho, S. Y. Chae, "The effect of task-oriented movement therapy on upper extremity, upper extremity function and activities of daily living for stroke patients", *Journal of Rehabilitation Research*, Vol.15, No.3, pp.231-253, Sep. 2011.
- [6] Z. Tong, "Virtual reality in neurorehabilitation", *International Journal of Neurorehabilitation*, Vol.3, No.1, e117, Jan. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.4172/2376-0281.1000e117>
- [7] D. Rand, P. L. Weiss, N. Katz, "Training multitasking in a virtual supermarket: a novel intervention after stroke", *American Journal of Occupational Therapy*, Vol.63, No.5, pp.535-542, Sep-Oct. 2009.
DOI: <https://doi.org/10.5014/ajot.63.5.535>
- [8] Y. S. Jang, J. Y. Baek, G. U. Jeong, H. D. Kim, H. E. Ko, "Clinical effectiveness of body function on virtual reality training for post stroke hemiplegia: Literature research", *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, Vol.52, No.3, pp.419-436, Aug. 2013.
- [9] M. Guidali, A. Duschau-Wicke, S. Broggi, V. Klamroth-Marganska, T. Nef et al, "A robotic system to train activities of daily living in a virtual environment", *Medical & Biological Engineering & Computing*, Vol.49, No.10, pp.1213-1223, Oct. 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11517-011-0809-0>
- [10] J. Cannell, E. Jovic, A. Rathjen, K. Lane, A. M. Tyson et al, "The efficacy of interactive, motion capture-based rehabilitation on functional outcomes in an inpatient stroke population: a randomized controlled trial", *Clinical Rehabilitation*, Vol.32, No.2, pp.191-200, Feb. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1177/0269215517720790>
- [11] S. S. Oh, Meta-analysis: theory and practice, p.1-283, Kunkuk University Publishers, 2002.
- [12] J. H. Littell, J. Corcoran, V. Pillai, Systematic reviews and meta-analysis, p.202, Oxford University Press, 2008.
- [13] M. Borenstein, L. V. Hedges, J. P. T. Higgins, H. R. Rothstein, Subgroup analysis. Introduction to meta-analysis, p.421, John Wiley & Sons Publishers, 2009, pp.266.
DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470743386.ch19>
- [14] S. Y. Kim, J. E. Park, H. J. Seo, Y. J. Lee, B. H. Jang et al, "NECA's guidance for undertaking systematic reviews and meta-analyses for intervention", *National Evidence-based Healthcare Collaborating Agency*,

- pp.1-287, Aug. 2011.
- [15] R. M. Bernard, P. C. Abrami, E. Borokhovski, C. A. Wade, R. M. Tamim et al, "A meta-analysis of three types of interaction treatments in distance education", *Review of Educational Research*, Vol.79, No.3, pp.1243-1289, Jul. 2009.
DOI: <https://doi.org/10.3102/0034654309333844>
- [16] R. Rosenthal, D. B. Rubin, "A simple, general purpose display of magnitude of experimental effect", *Journal of Educational Psychology*, Vol.74, No.2, pp.166-169, Apr. 1982.
DOI: <https://doi.org/10.1037/0022-0663.74.2.166>
- [17] W. J. Park, S. J. Park, S. D. Hwang, "Effects of cognitive behavioral therapy on attention deficit hyperactivity disorder among school-aged children in Korea: a meta-analysis", *Korean Society of Nursing Science*, Vol.45, No.2, pp.169-182, Apr. 2015.
DOI: <https://doi.org/10.4040/jkan.2015.45.2.169>
- [18] R. H. Jebsen, N. Taylor, R. B. Trieschmann, M. J. Trotter, L. A. Howard, "An objective and standardized test of hand function", *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol.50, No.6, pp.311-319, Jun. 1969.
- [19] S. Y. Jeon, *The Effect of Virtual Reality-based Upper Extremity Rehabilitation Combine with Real time Feedback Training on Upper Extremity and Postural Control Function in Stroke Patients*, Master's thesis, Sahmyook University, Seoul, Korea, pp.26-27, 2017.
- [20] S. Miyamoto, T. Kondo, Y. Suzukamo, A. Michimata, S. Izumi, "Reliability and validity of the Manual Function Test in patients with stroke", *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, Vol.88, No.3, pp.247-255, Mar. 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e3181951133>
- [21] H. S. Hwang, *Effects of Virtual Reality-based Upper Limb Rehabilitation Training using a Smart Glove on Upper Extremity Function, Activities of Daily Living and Quality of Life of Stroke Patients*, Master's thesis, Konyang University, Nonsan, Korea, pp.12-13, 2019.
- [22] J. H. Carr, R. B. Shepherd, L. Nordholm, D. Lynne, "Investigation of a new motor assessment scale for stroke patients", *Physical Therapy*, Vol.65, No.2, pp.175-180, Feb. 1985.
DOI: <https://doi.org/10.1093/ptj/65.2.175>
- [23] K. B. Ko, *The Effects of Virtual Reality-based Task Training Using a Smart Glove on Upper Extremity Function and Activity of Daily Living in Stroke Patients*, Master's thesis, Dankook University, Yongin, Korea, pp.19, 2019.
- [24] A. R. Fugle-Meyer, L. Jaasko, I. Leyman, S. Olsson, S. Steglind, "The post-stroke hemiplegic patient. 1. a method for evaluation of physical performance", *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, Vol.7, No.1, pp.13-31, Jan. 1975.
- [25] B. Singer, J. Garcia-Vega, "The Fugle-Meyer upper extremity scale", *Journal of Physiotherapy*, Vol.63, No.1, pp.53, Jan. 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.iphys.2016.08.010>
- [26] S. L. Wolf, P. A. Catlin, M. Ellis, A. L. Archer, B. Morgan et al, "Assessing Wolf motor function test as outcome measure for research in patients after stroke", *Stroke*, Vol.32, No.7, pp.53, 1635-1639, Jul. 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1161/01.STR.32.7.1635>
- [27] C. S. Park, S. W. Park, K. M. Kim, M. O. Son, J. H. Yoo et al, "Validity and reliability of Korean Wolf motor function test", *The Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, Vol.12, No.2, pp.49-60, Apr. 2004.
- [28] L. A. Connell, S. F. Tyson, "Clinical reality of measuring upper-limb ability in neurologic conditions: a systematic review", *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol.93, No.2, pp.221-228, Feb. 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.09.015>
- [29] R. Stock, G. Thrane, T. Askim, A. Anke, P. J. Mork, "Development of grip strength during the first year after stroke", *Journal of Rehabilitation Medicine*, Vol.51, No.4, pp.248-256, Apr. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.2340/16501977-2530>
- [30] A. Peolsson, R. Hedlund, B. Oberg, "Intra- and inter-tester reliability and reference values for hand strength", *Journal of Rehabilitation Medicine*, Vol.33, No.1, pp.36-41, Jan. 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1080/165019701300006524>
- [31] W. J. Bae, K. Y. Kam, "Effects of immersive virtual reality intervention on upper extremity function in post-stroke patients", *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine*, Vol.5, No.3, pp.1-9, Jul. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.15268/ksim.2017.5.3.001>
- [32] E. K. Ji, *Effects of Virtual Reality Training with m-CIMT on Upper Extremity Function and Activities of Daily Living Performance in Acute Stage Stroke Patients*, Master's thesis, Soonchunhyang University, Asan, Korea, pp.11, 2016.
- [33] A. L. Aramaki, R. F. Sampaio, A. C. S. Reis, A. Cavalcanti, F. C. M. S. E. Dutra, "Virtual reality in the rehabilitation of patients with stroke: an integrative review", *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, Vol.77, No.4, pp.268-278, May. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1590/0004-282X20190025>
- [34] S. Flynn, P. Palma, A. Bender, "Feasibility of using the Sony PlayStation 2 gaming platform for an individual poststroke: a case report", *Journal of Neurologic Physical Therapy*, Vol.31, No.4, pp.180-189, Dec. 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1097/NPT.0b013e31815d00d5>
- [35] W. J. Lee, *The Development of Upper-extremity Functional Training Instrument in the Patients with Stroke using Anthropometric-index: A Task-specific Interactive Game-based Virtual Reality System*. Ph.D

dissertation, Hanyang University, Seoul, Korea, pp.36-43, 2013.

- [36] A. L. S. Kim, *Effects of Virtual Reality Based Rehabilitation Therapy with Postural Correction Feedback on Recovery of Upper Limb Function and non Use in Patients with Chronic Stroke*, Master's thesis, Hallym University, Chuncheon, Korea, pp.27-39, 2018.
- [37] C. H. Song, S. M. Seo, K. J. Lee, Y. W. Lee, "Video game-based exercise for upper-extremity function, strength, visual perception of stroke patients", *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, Vol.50, No.1, pp.155-180, Mar. 2011.
-

조 성 현(Sung-Hyoun Cho)

[정회원]



- 2008년 2월 : 대구대학교 재활과 학대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2013년 8월 : 대구대학교 일반대학원 물리치료학과 (이학박사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 남부대학교 물리치료학과 교수

〈관심분야〉

심장호흡재활, 운동생리학, 의료기기

최 기 복(Ki-Bok Choi)

[정회원]



- 2008년 2월 : 동신대학교 일반대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2020년 2월 : 남부대학교 일반대학원 통합의학과 물리치료학전공 (보건학박사)
- 2007년 10월 ~ 현재 : 조선대학교 병원 재활치료팀 물리치료사

〈관심분야〉

심장호흡재활, 운동생리학, 의료기기

Appendix 1. Characteristics of studies included in the analysis

First author, year	Effect size	Publication type	Study design	Characteristic		Virtual Reality Based Rehabilitation Therapy				Outcome
				Intervention	Control	Invention	Duration (wk)	Session (number)	Length (min)	Upper extremity function
Bae, 2017	0.217	Journal	NRCT	15	-	Virtual reality-based task training group using a smart glove	4	12	30	ROM, BBT
Go, 2019	0.321	Thesis	RCT	14	15	Virtual reality-based task training group using a smart glove	8	40	30	FMA, MAS, K-WMFT
Hwang, 2019	0.325	Thesis	RCT	16	15	Virtual reality-based task training group using a smart glove	5	25	30	MFT, BBT, Hand strength test, Surface EMG
Jang, 2013	0.365	Thesis	NRCT	7	8	Virtual reality-based task training group using finger training application	3	15	30	JHFT, BBT, PPT
Jeon, 2017	0.421	Thesis	NRCT	11	11	Virtual reality-based task training group using visual feedback	4	20	30	JHFT, BBT, Hand strength test, ROM
Ji, 2016	0.145	Thesis	RCT	16	16	Virtual reality training with m-CIMT	2	10	30	K-FMA, K-rNSA
Kim, 2010	0.296	Journal	NRCT	8	6	Virtual reality training using a Nintendo	5	25	30	MFT
Kim, 2013	0.717	Journal	RCT	15	15	Virtual reality training using a Nintendo	6	18	30	FMA, ARAT, K-WMFT
Kim, 2018	0.212	Thesis	RCT	20	10	Virtual reality-based task training group using a RAPAEEL smart glove	6	30	30	FMA, MFT
Kim, 2017	1.080	Thesis	RCT	12	12	Virtual reality-based task training group using a smart pia VR EYES	4	12	30	MFT, BBT
Kwon, 2018	0.842	Journal	NRCT	16	16	Virtual reality-based task training group using a smart glove	4	20	30	BBT, 9HPT, FMA
Lee, 2013	0.164	Thesis	RCT	15	19	Virtual reality training using a rehabmaster	4	20	30	FMA, MMT, ROM
Park, 2017	0.216	Thesis	NRCT	9	8	Virtual reality-based task training group using a RAPAEEL smart board	6	30	30	WMFT
Song, 2011	0.436	Journal	NRCT	10	10	Virtual reality training using a Nintendo	5	25	40	MFT, MMT

* 9HPT=9-Hole pegboard test, ARAT=Action research arm test, BBT=Box and block test, EMG=Electromyograph, FMA=Fugle-meyer assesment, JHFT=Jebsen-taylor hand function test, K-WMFT=Korean-Wolf motor function test, m-CIMT=modified Constraint-induced movement therapy, MAS=Motor assesment scale, MFT=Manual function test, MMT=Manual muscle test, PPT=Purdue pegboard test, ROM=Range of motion, WMFT=Wolf motor function test