

메타분석을 통한 뇌졸중 환자의 인지기능에 대한 가상현실 중재 효과 연구

권재성

청주대학교 보건의료과학대학 작업치료학과 교수

국문초록

목적 : 본 연구에서는 뇌졸중 환자의 손상된 인지기능 회복을 위한 가상현실 중재의 효과를 체계적인 문헌고찰과 메타분석을 통하여 검증하고자 하였다.

연구방법 : 체계적 문헌고찰을 위하여 최근 10년 동안의 국내·외 무작위 대조 임상시험 연구들을 대상으로 조사하였다. 검색을 위한 학술 데이터베이스로는, 영어로 작성된 연구의 검색을 위해 PubMed와 MEDLINE, CINAHL을 사용하였고, 국문으로 작성된 연구의 검색을 위해서는 DBpia와 한국학술정보, 스콜라 학지사·교보문고, 학술교육원을 사용하였다. 정보의 추출은 PICO 방식으로 시행하였다. 계량적 메타분석을 위하여, 결과변인의 하위그룹을 전반적인 인지기능, 집중력과 기억력, 실행기능으로 분류하여 결과변인을 합성하였다.

결과 : 최종 9편의 무작위 대조 임상시험이 선정되었고, 참여대상자의 총인원은 실험군이 140명, 대조군이 131명이었다. 효과크기는 랜덤효과모델로 산출하였다. 하위그룹들에 대한 가상현실 중재의 효과크기는 전반적인 인지기능이 0.422(95% CI: 0.101~0.742; $p=0.010$)로 중간효과크기에 가까웠고, 집중력과 기억력이 0.249(95% CI: -0.107~0.605; $p=0.170$)로 작은효과크기, 실행기능은 0.666(95% CI: 0.136~1.195; $p=0.014$)으로 중간효과크기를 나타내었다.

결론 : 가상현실 환경의 다양한 자극과 본 연구의 결과를 고려할 때, 가상현실 중재는 통합적인 인지기능에 대한 중재에 적용되어야 할 것이다. 또한 전통적인 뇌졸중 인지재활 중재와 더불어 추가적인 중재로 활용되는 것이 적절할 것이다.

주제어 : 가상현실, 뇌졸중, 메타분석, 인지기능

I. 서 론

최근 융·복합 기술의 발전으로 인해, 가상현실 시스

템은 의학 및 심리학, 인체공학, 디자인, 교육 현장 등 다양한 학문적 또는 산업적 현장에서 적용되고 있다 (Kim, 2015; Larsen et al., 2009; Lintern, Roscoe, &

교신저자 : 권재성(kkoombo@cju.ac.kr)

|| 접수일: 2021.04.25

|| 심사일: 2021.04.28

|| 게재승인일: 2021.06.17

Sivier, 1990). 의료적인 측면에서는 뇌가소성에 기반한 신경계 회복과 정신적인 공포증 극복, 우울증 개선, 사회기술훈련 등에 적용되었다(Goncalves, Pedrozo, Coutinho, Figueira, & Ventura, 2012; Kwon, 2015; Wald & Taylor, 2003). 특히 가상현실 증재는 효율성과 안전성, 환자 중심적이라는 측면에서 재활 의료 분야의 뇌졸중 회복을 위한 치료 도구로도 사용되고 있다(Aminov, Rogers, Middleton, Caeyenberghs, & Wilson, 2018).

가상현실 시스템은 구현하는 방식에 따라 두 가지 기준으로 분류될 수 있다. 첫 번째 분류 기준은 가상현실 시스템을 실제 환경을 구현한 시스템과 게임 환경을 구현한 시스템으로 분류하는 것이다(Lohse, Hilderman, Cheung, Tatla, & Van der Loos, 2014). 실제 환경을 구현하는 방식은 가상현실 안에서 환경과의 상호작용을 통해 실제적인 일상생활을 경험하는 것으로 재활치료를 목적으로 개발되었고, 게임 환경의 가상현실 프로그램들(Nintendo Wii, Microsoft Xbox, Sony PlayStation 등)은 대부분 대중을 대상으로 개발된 것으로, 가상현실 안에서 게임을 통한 상호작용을 할 수 있도록 출시된 것이다. 최근 게임 기반 가상현실도 뇌졸중 재활 현장에 적용되고 있고 그 효과성이 보고되고 있다(Aminov et al., 2018). 두 번째 분류 기준은 몰입형과 비몰입형으로 분류하는 것이다. 몰입형은 스크린 화면에 자신의 이미지가 캡쳐되어 들어가거나 Head Mounted Display(HMD)와 같은 인터페이스(Interface)를 통하여 자신의 신체 전체가 가상현실 안에 있는 것처럼 인식되는 것이다(Laver et al., 2017; Weiss, Kizony, Feintuch, & Katz, 2006). 비몰입형은 주로 손을 사용한 인터페이스용 도구들을 사용하거나 인터페이스용 장갑을 사용하여 착용 신체의 일부가 가상현실 배경으로 포함되는 방식이다. 몰입형보다는 현실감이 떨어진다는 단점이 있으나, 컴퓨터가 구현한 가상환경과 지속적으로 상호작용한다는 측면은 두 유형 모두 유사하다(Kwon, 2015; Laver et al., 2017).

뇌졸중은 신경계의 광범위한 손상을 일으키고 신체

장애, 인지장애, 언어장애, 정서장애 등 다양한 문제를 유발시킨다(Sacco et al., 2013). 가상현실 증재가 뇌졸중 환자의 재활 현장에 적용된 사례로는 마비된 신체의 재활과 인지기능 훈련, 일상생활동작훈련 등에 적용되었다. 신체재활 분야에서는 보행 기술 훈련과 상지기능 훈련이 대표적이었고(Adomavičienė, Daunoravičienė, Kubilius, Varžaitytė, & Raistenskis, 2019; Arienti, Lazzarini, Pollock, & Negrini, 2019; Cho, Yu, & Jung, 2012; Kwon, Park, Yoon, & Park, 2012; Park & Kim, 2019), 인지기능 훈련으로는 시지각 훈련, 집중력과 기억력 훈련, 실행기능 훈련 등에 적용되었다(Choi & Kwon, 2020; De Luca et al., 2018; Dehn et al., 2020; Heo et al., 2016; Kim, Chun, Kim, & Park, 2011; Kim, Chun, Yun, Song, & Young, 2011). 활동적인 측면에서는 정서적인 측면과 더불어 가상현실 환경에서 일상생활동작훈련을 직접적으로 실시한 후 자아존중감 증진 및 우울감 개선, 삶의 질 개선 등이 조사되었다(Faria, Andrade, Soares, & Badia, 2016; Josman et al., 2014; Kim, 2015).

뇌졸중 환자의 인지기능 장애는 운동 기능의 회복 및 일상생활동작훈련의 참여 등에 부정적인 영향을 미친다(Cicerone et al., 2011; Weiss et al., 2006). 인지기능의 손상은 집중력과 기억력, 시공간 지각 등과 같은 인지 구성요소의 손상을 동반하고, 더 나아가 실행기능(Executive function)과 같은 통합적 인지기능 장애로 확대될 수 있다. 이와 같은 장애는 뇌졸중 후 지속적으로 관찰된다(Cicerone et al., 2011; Leśniak, Bak, Czepiel, Seniow, & Czlonkowska, 2008). 특히 집중력의 손상은 상호작용의 제한으로 인하여 활동에 대한 참여가 감소하는 이차적인 문제를 발생시킨다(Chung, 2004). 상호작용 제한으로 인한 참여의 결핍은 다양한 과제와 상황의 적응에 필수적인 실행기능의 손상으로 이어질 수 있다. 이와 같은 상호작용의 감소를 극복하기 위하여 역동적이면서 자극 강도가 높은 증재로 가상현실이 대두되었다(Kwon et al., 2012).

뇌졸중 인지재활 임상에서 가상현실 증재가 사용된

연구와 그 결과를 살펴보면, 편측무시의 감소를 위해 가상현실 중재와 전통적 중재를 비교하였으나 유의미한 차이를 보이지 않았고(Kim et al., 2011), 시공간 구상력과 선택적 집중력, 지속적 집중력, 시각적 기억력 향상을 위해 가상현실을 적용한 연구에서는 가상현실 중재의 유의미한 효과를 보고하였다(Choi & Kwon, 2020; De Luca et al., 2018; Yang, Park, Yoon, & Moon, 2018). 뇌졸중 환자의 실행기능 장애를 중재하기 위한 연구에서는 가상현실 적용군에서 대조군보다 더 유의미한 향상이 관찰되었다(Heo et al., 2016; Rogers, Duckworth, Middleton, Steenbergen, & Wilson, 2019). 가상현실 중재는 가상환경에서 지속적인 상호작용을 제공한다는 특성으로 인하여, 뇌졸중 환자의 인지기능에 대한 효과성이 보고되고 있으나, 대부분 표본이 작은 연구로 시행되어 중재 효과의 근거로 활용하기에는 한계가 있다. 그러므로 표본이 작은 연구들을 합성하여 표본의 크기를 늘리고, 메타분석을 통해 효과크기를 분석하는 것이 필요하다(Aminov et al., 2018), 또한, 최근 국내에서 가상현실 연구가 많이 이루어지고 있으므로 한국어로 적성된 연구들을 포함시켜 분석하는 것이 의미가 있을 것이다(Laver et al., 2017).

그러므로 본 연구에서는 최근 10년 동안 영어로 작성된 국외 연구뿐만 아니라 한국어로 작성된 국내 연구들을 대상으로 체계적 문헌고찰(Systematic reviews)을 시행하여 인지재활 현장에서 적용되는 가상현실 중재 시스템들을 조사하였다. 또한 계량적인 메타분석(Meta-analysis)을 통하여 가상현실 중재가 손상된 인지 기능 회복에 얼마나 효과적인지 검증하고자 하였다. 특별히 연구의 비뮌림(Bias)에 의한 결과의 왜곡을 최소화하기 위해 무작위 대조 임상시험(Randomized controlled trials)만을 선별하여 분석하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 설계

본 연구는 무작위 대조 임상시험을 체계적 문헌고찰의 과정을 거쳐 선별하고 정보를 추출하였으며 최종 선택된 연구의 결과들은 메타분석을 통하여 합성하고 분석하였다. 선별된 연구들의 정보 추출은 PICO 방식에 따라 실시하였다. 중재변인은 가상현실 중재들을 통합하였고 하위그룹으로 분류하여 분석하지는 못하였다. 결과변인은 전반적인 인지기능(General Cognitive Function: G-CF), 시지각(Visual Perception: VP), 집중력과 기억력(Attention and Memory: A&M), 실행기능(Executive Function: EF)의 4가지 하위그룹으로 분류하였다. 전반적인 인지기능은 인지기능에 대한 판별(Screening) 검사로 측정된 변인을 통합하였다. 시지각과 집중력, 기억력은 인지의 구성요소라는 기준으로 분류하였는데, 시지각은 검사의 특성을 고려하여 하나의 하위그룹으로 선정하였고, 집중력과 기억력은 기능의 밀접성을 고려하여 하나의 하위그룹으로 통합하였다. 실행기능은 인지의 구성요소가 아닌 인지기능의 통합적인 상호작용이라는 측면에서 독립적인 하위그룹으로 선정하였다.

2. 문헌검색

문헌검색을 위하여 국내·외 학술 검색 데이터베이스를 활용하였다. 영어로 작성된 국외 연구들을 검색하기 위하여 사용한 검색 데이터베이스는 PubMed와 MEDLINE, CINAHL을 사용하였고 주제어와 의학핵심용어(Medical subject heading: MeSH) 또는 CINAHL의 핵심용어들을 활용하였다. 한국어로 작성된 국내 연구 검색을 위해서는 학술지에 출판된 연구의 검색을 위해 DBpia와 한국학술정보(Korean-studies Information Service System: KISS), 스크라 학지사·교보문고, 학술교육원(e-article)과 같은 검색엔진을 사용하였다. 검색을 위한 기간은 최근 10년으로 2010년 10월부터 2020년 9월까지로 설정하였다. 검색을 위한 주제어 입력은

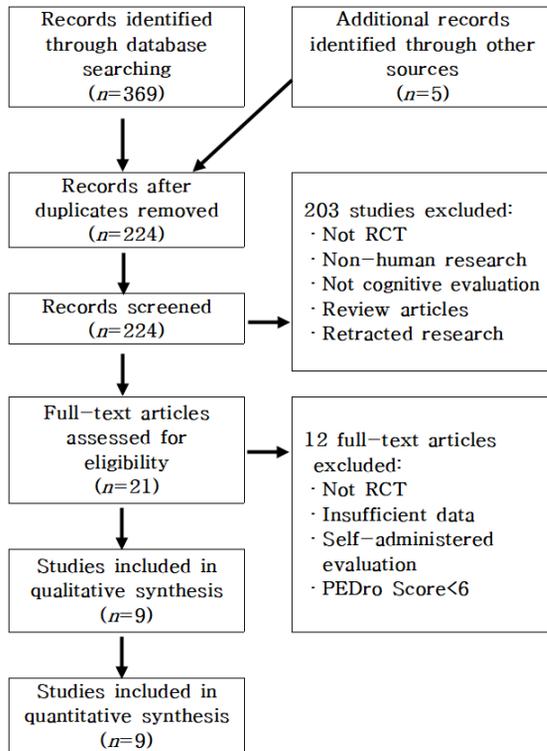


Figure 1. Study Flow Diagram

주제어와 절삭어, 블리언 연산자 등을 사용하여 전략적으로 수행하였다. 국외 연구 검색을 위한 전략식은 “virtual AND cognit* AND stroke [MeSh]”, “virtual AND cognt* AND stroke [CINAHL Subject Headings]” 이었다. 국내 연구 검색을 위해서는 국내 검색 환경을 고려하여 “가상현실 AND 뇌졸중”의 주제어를 사용하여 검색하였다. 또한 출판 비독립을 최소화하기 위하여 검색된 연구의 참고문헌들 중 선택 기준에 부합하는 연구들을 수기로 조사하였다(Cooper, 1982; Lee & Jeon, 2012). 문헌 검색의 과정은 Figure 1에 흐름도로 제시하였다.

3. 문헌 선정 및 배제 기준

본 연구의 분석 대상 연구들은 가상현실 증재를 사용하여 효과성을 검증한 무작위 대조 임상시험 연구였다. 문헌의 선정 기준과 배제 기준은 다음과 같다.

1) 선정기준

- (1) 무작위 대조 임상시험 연구
- (2) 가상현실 시스템을 치료용으로 사용한 연구
- (3) 인지기능을 객관적인 도구로 측정된 연구
- (4) 뇌졸중 환자에게 적용한 연구
- (5) 영어 또는 한국어로 작성된 연구

2) 배제 기준

- (1) 중재효과가 아닌 연구(체계적 문헌고찰, 메타 분석, 평가 상관성 연구)
- (2) 인간 연구가 아닌 연구(동물연구, 가상현실장비 개발 연구)
- (3) 인지 또는 지각 기능 측정이 없는 연구(신체기능, 언어·청각 기능, 정서 측정, 만족도, 안정감, 몰입도, 삶의 질 측정 연구)
- (4) 전문(Full-text)을 제공하지 않는 연구
- (5) 불충분한 결과 자료
- (6) 질적 수준이 낮은 연구(PEDro Scale < 6)

4. 문헌 선별 과정

검색된 문헌을 선별하기 위하여 선정 기준에 따라 2명의 연구자가 독립적으로 선별 작업을 수행하였다. 선별 완료 후 결과가 일치하지 않는 연구들은 논의를 거쳐 최종 선택하였다. 먼저 서지관리 프로그램을 통해 중복된 연구를 제거한 후, 일차적으로 연구들의 제목과 초록으로 선정 기준에 부합한 연구들을 선별하였다. 일차적으로 선별된 연구들의 전문을 검색하여 최종적으로 문헌 선정 및 배제 기준을 적용하여 분석 대상 연구들을 선정하였다(Figure 1).

5. 연구의 질적 수준 평가

전문을 획득한 연구들의 질적 수준을 평가하기 위하여 PEDro(Physiotherapy evidence database) Scale을 사용하였다. 연구의 질적 평가 또한 2명의 연구자가 독

립적으로 수행하였으며 점수가 일치하지 않았을 경우 논의를 거쳐 최종 점수를 산정하였다. PEDro Scale은 총 11항목을 평가하되 첫 항목을 제외한 10항목에 1점 또는 0점을 부여하여 10점 만점으로 산정한다. 점수에 따라 연구의 질적 수준을 분류하였는데, 9~10점은 “매우 좋음(Very high)”, 6~8점은 “좋음(High)”, 4~5점은 “보통(Fair)”, 3점 이하는 “나쁨(Poor)”으로 분류하였다 (Moseley, Herbert, Sherrington, & Maher, 2002). 연구의 질적 수준이 낮아 비뚤림(Bias)이 존재할 경우 연구 결과에 왜곡이 있을 수 있으므로, 본 연구에서는 PEDro Scale 6점 이상의 “좋음” 또는 “매우 좋음” 연구들을 대상으로 분석하였다.

6. 계량적 메타분석

선정된 연구들에서 추출된 결과값들을 통계적으로 합성하기 위하여 Comprehensive Meta-Analysis 3(CMA; Biostat, Englewood, NJ, USA)을 사용하였다. 통계적 분석을 통하여 연구들의 효과크기 이질성을 판단하는 통계값을 산출하였고, 각 연구들의 효과크기를 합성하였으며 출판 비뚤림 관련 통계값을 산출하였다. 효과크기의 이질성을 통계적으로 판단하기 위하여 Q값을 사용하였다. Q값에 대한 통계적 유의성을 나타내는 p 값이 0.1 이상이면 이질성이 낮은 것으로 보고 고정 효과모델(Fixed effect model)을 사용할 수 있다. 그러나 Q값을 통해 통계적으로 효과크기의 이질성이 낮게 산출되었다고 하더라도 분석된 연구들의 표본의 이질성, 증재 방식 및 강도의 차이 등을 고려하여 효과크기의 이질성이 있다고 판단된다면 랜덤효과모델(Random effect model)을 사용해야 한다(Borenstein, Hedges, Higgins, & Rothstein, 2009). 각 연구들의 효과크기 합성을 위해서 참여 대상자 수와 핵심지표의 평균, 표준편차, t 값이나 p 값이 사용되었다. 효과크기 산출을 위해 Cohen의 d 값을 산출하였고 숲 그림(Forest plot)으로 제시하였다. 효과크기는 d 값의 범위에 따라 “작은효과크기(≥ 0.2)”, “중간효과크기(≥ 0.5)”,

“큰효과크기(≥ 0.8)”로 구분하였다(Cohen, 1988). 출판 비뚤림은 효과크기와 표준오차의 관계를 나타내는 깔때기 점도포 표(Funnel plot)로 제시하여 분포의 대칭성을 시각적으로 판단하였고, 통계적인 지지 여부를 Egger’s regression test로 확인하였다. 깔때기 점도포 표의 점들이 대칭적이며 위아래로 고르게 퍼져있고, Egger’s regression test의 p 값이 0.05보다 크면 효과크기와 표준오차와의 관계성이 유의미하지 않아 출판 비뚤림이 적은 것으로 해석하였다. 마지막으로 연구 결과의 타당성을 확인하기 위하여 각 하위그룹의 결과에 대한 민감도 분석(Sensitivity analysis)을 실시하였다.

III. 연구 결과

1. 문헌검색 및 선별 결과

국내·외 학술 검색 데이터베이스로 문헌을 검색한 결과, 국외 연구는 PubMed 86편, MEDLINE 95편, CINAHL 69편이 검색되었다. 국내 연구는 DBpia 19편, 한국학술정보 37편, 스킨라 학지사·교보문고 33편, 학술교육원 30편이 검색되었다. 검색된 연구의 참고문헌을 통한 수기 검색으로는 5편이 추가되어 총 374편이 검색되었다. 중복으로 150편이 제거되었고 선정 기준에 따라 제목 및 초록에서 202편이 배제되었으며 1편의 연구는 게재 철회되어 전문을 확인할 수 없었다. 전문이 검색된 21편 중 무작위 대조 임상시험이 아닌 연구 2편, 불충분한 데이터 4편, 자기보고식 측정 1편, 낮은 질적 수준(PEDro Scale<6) 5편이 제외되어 최종 9편이 분석되었다(Figure 1).

2. 연구 특성 정보 추출 결과

최종 선정된 9편의 연구는 PICO 방식에 의해 대상자의 인원수와 평균 연령, 발병 후 기간, 증재 방식 및 증재 시간, 인지측정 영역이 추출되었고 PEDro Scale이

Table 1. Characteristics of Included Studies

Study	EG / CG(n)	Onset duration	Age (years)	Intervention	Times of intervention	Outcome (classification)	PEDro Scale
Adomaviciene et al. (2019)	19	7(5-12) ^W s	62 (61-69) ^b	CR + KVRT	45Ms/D 55s/W for 2Ws	MMSE (G-CF)	7
	17	7(6-11.5) ^W s	66 (60.5-70) ^b	CR + ART			
Choi et al. (2014)	10	20.2±14.1 ^D s	64.3±10.3 ^a	CR + VR-Wii	30Ms/D 55s/W for 4Ws	K-MMSE (G-CF) A-CPT (A&M) V-CPT (A&M)	8
	10	23.7±20.7 ^D s	64.7±11.3 ^a	CR + COT			
Choi & Kwon (2020)	10	3.5±0.5 ^{MO} s	51.4±16.7 ^a	CR + MVRT	30Ms/D 55s/W for 4Ws	TMT-A (A&M) DST (A&M) RKMT-V (A&M) RKMT-F (A&M) TMT-B (EF)	8
	9	3.2±0.4 ^{MO} s	65.0±14.7 ^a	CR + CBCI			
Faria et al. (2016)	9	7(4-9) ^{MO} s	58 (48-71) ^b	CR + ADL with VR-Reh@City	20Ms/D 25s/W for 6Ws	MMSE (G-CF) ACE (G-CF) TMT-A (A&M) TMT-B (EF)	6
	9	4(3-11.5) ^{MO} s	53 (50.5-65.5) ^b	CR + ADL			
Heo et al. (2016)	31	More than 6MOs	30-49 (n=10) 50-69 (n=15) 70-89 (n=6)	CR + VR-Wii	20Ms/D 35s/W for 5Ws	BDS-K (EF)	8
	29	More than 6MOs	30-49 (n=10) 50-69 (n=13) 70-89 (n=6)	CR + VO			
	16	620 (192-3211) ^D s	63.6±6.7 ^a	VR-RGS	30Ms/D 55s/W for 6Ws	ASCS-GCF (G-CF) ASCS-SA (VP) ASCS-A (A&M) ASCS-M (A&M) ASCS-EF (EF)	6
	14	625 (190-5805) ^D s	67.2±6.5 ^a	CT-Home			
Oh et al. (2019)	17	More than 6MOs	57.4±12.2 ^a	VR-Joystim	30Ms/D 35s/W for 6Ws	K-MMSE (G-CF) K-MoCA (G-CF)	8
	14	More than 6MOs	52.6±10.7 ^a	COT			
Rogers et al. (2019)	10	22.8±14.8 ^D s	64.3±17.4 ^a	CR + VR-Elements	40Ms/D 35s/W for 4Ws	MoCA (G-CF) GMLT-Error (EF) SS-Error (EF)	7
	11	30.0±15.9 ^D s	64.6±12.0 ^a	CR			
Yang et al. (2018)	18	12.9±5.7 ^D s	59.7±7.6 ^a	CR + VR-Joystim	30Ms/D 55s/W for 4Ws	LOTCA (G-CF) TMT-A (A&M) VM (A&M)	6
	18	12.3±3.4 ^D s	57.2±8.2 ^a	CR + COT			

^aMean±Standard deviation; ^bMedian(interquartile range)

A&M=Attention and Memory; ACE=Addenbrooke's Cognitive Examination; A-CPT=Auditory Continuous Performance Test; ADL=Activities of Daily Living; ART=Armeo Spring Robot-Assisted Training; ASCS-A or EF or GCF or M or SA=Attention or Executive Function or General Cognitive Function or Memory or Spatial Awareness in Averaged Standardized Composite Scores; BDS-K=Korean version of Behavioral Dyscontrol Scale; CBCI=Computer-Based Cognitive Intervention; CG=Control Group; COT=Conventional Occupational Therapy; CR=Conventional Rehabilitation; CT-Home=Cognitive Task at Home; D(s)=Day(s); DST=Digit Span Test; EG=Experimental Group; G-CF=General Cognitive Function; GMLT-Error=CogState Groton Maze Learning Task Error; KVRT=Kinect Virtual Reality-Based System Training; LOTCA=Loewenstein Occupational Therapy Cognitive Assessment; MMSE=Mini-Mental State Examination; MMSP-K=Korean version of Mini Mental State Examination; MoCA=Montreal Cognitive Assessment; MoCA-K=Korean version of Montreal Cognitive Assessment; MOs=Months; Ms=Minutes; MVRT=Monitor-Based Virtual Reality Intervention (Kinect system); RKMT-P=Rey-Kim Memory Test-Figure; RKMT-V=Rey-Kim Memory Test-Vocabulary; S(s)=Session(s); SS-Error=CogState Set Shift Error; TMT-A or B=Trail Making Test-A or B; V-CPT=Visual Continuous Performance Test; VM=Visual Memory in Motor-Free Visual Perception Test-3; VO=Video Observation; VR-Elements=Virtual Reality Training using Elements; VR-Joystim=Virtual Reality Training using Joystim; VR-Reh@City=Virtual Reality using Reh@City; VR-RGS=Virtual Reality-Based Rehabilitation Gaming System; VR-Wii=Virtual Reality Intervention using Wii (Nintend); W(s)=Week(s)

산정되었다. 통합된 연구들에 동원된 참여대상자는 총 271명으로 실험군은 140명이었고 대조군은 131명이었다. 가상현실 중재 방식을 보면 일상생활동작훈련을 위해 실제 가상환경을 구현한 연구가 4편으로, 동원된 가상현실 장비는 Elements, Reh@City, Joystim이었다. 게임 기반 가상현실 중재 연구는 5편으로 Kinect system과 Nintendo Wii와 같은 상업적인 도구들이 동원되었다. 몰입형 가상현실 방식은 3편, 비몰입형 방식은 7편이었다. 측정 도구들은 결과 변인의 4가지 하위 그룹으로 분류되었다. 전반적인 인지기능(G-CF)에는 Addenbrooke's Cognitive Examination, General cognitive function score in averaged standardized composite scores, Loewenstein Occupational Therapy Cognitive Assessment, Mini-Mental State Examination, Montreal Cognitive Assessment와 같은 인지판별 평가도구들이 포함되었고, 시지각(VP)에는 Spatial awareness in averaged standardized composite scores가 포함되었다. 집중력과 기억력(A&M)에는 Auditory and Visual Continuous Performance Test, Attention and memory score in averaged standardized composite scores, Digit Span Test, Rey-Kim Memory Test, Trail Making Test-A type, Visual Memory in Motor-Free Visual Perception Test-3가 속하였고, 실행기능(EF)에는 CogState Groton Maze Learning Task, CogState Set Shift, Behavioral Dyscontrol Scale, Executive function score in averaged standardized composite scores, Trail Making Test-B type이 포함되었다(Maier, Ballester, Leiva Banuelos, Duarte Oller, & Verschure, 2020). 결과변인에 대한 하위그룹별 분류 결과, 전반적 인지기능이 7편, 시지각 1편, 집중력과 기억력 5편, 실행기능 5편이었다. 연구의 질적 수준을 평가하는 PEDro Scale의 범위는 6점에서 8점이었다(Table 1).

3. 계량적 메타분석

뇌졸중 환자의 인지기능에 대한 가상현실 중재의 효과성을 통계학적으로 알아보기 위하여 계량적 메타분석을 실시하였다. 인지기능에 대한 결과변인을 전반적인 인지기능, 시지각, 집중력과 기억력, 실행기능의 4가지 하위그룹으로 분류하였으나 시지각 하위그룹에는 1편의 연구만 포함되어 계량적 메타분석에서는 제외하였다.

1) 통계적 이질성

통계적으로 효과크기의 이질성을 판단하기 위하여 Q값을 사용하였다. 결과 변인 하위그룹인 전반적인 인지기능에서는 Q값이 7.264($df=6$, $p=0.297$)이었고 집중력과 기억력은 Q값이 1.093($df=4$, $p=0.895$), 실행기능은 Q값이 8.886($df=4$, $p=0.064$)로 산출되었다. 통계적으로는 전반적인 인지기능과 집중력과 기억력의 효과크기에 대한 이질성이 낮았다. 반면에 실행기능의 효과크기는 이질성이 존재하는 것으로 나타났다. 그러나 본 연구의 분석 대상 연구들의 참여 대상자들의 이질성과 중재 방식의 차이, 중재 제공 기간의 차이, 중재의 강도 차이 등을 고려할 때 효과크기의 이질성을 배제할 수 없어 효과크기를 랜덤효과모델로 분석하였다(Table 2).

2) 전반적인 인지기능(G-CF)에 대한 효과크기

전반적인 인지기능 하위그룹에 포함된 연구는 총 7편이었다. 연구에 참여한 대상자의 총인원은 192명이었고 그 중 실험군이 99명, 대조군이 93명이었다. 전반적인 인지기능에 대한 효과크기 d 값은 0.422(95% CI: 0.101-0.742; $p=0.010$)로 중간효과크기에 가까운 결과를 나타내었다(Figure 2).

3) 집중력과 기억력(A&M)에 대한 효과크기

집중력과 기억력 하위그룹의 연구에는 총 5편이 포함되었다. 연구에 참여한 대상자의 총인원은 123명이

Table 2. Statistical Heterogeneity

	Study (<i>n</i>)	T^2	Q	<i>df</i>	<i>p</i>
G-CF	7	0.033	7.264	6	0.297
A&M	5	0.000	1.093	4	0.895
EF	5	0.195	8.886	4	0.064

A&M=Attention and Memory; EF=Executive Function; G-CF=General Cognitive Function

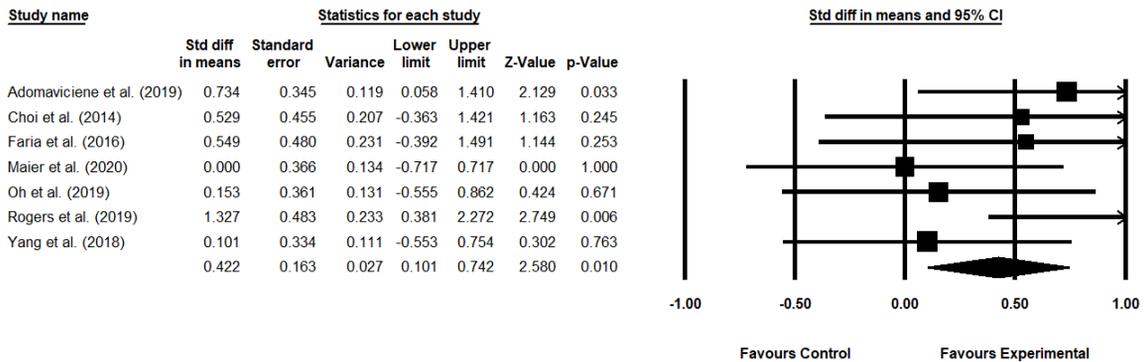


Figure 2. Effect of Virtual Reality Intervention on General Cognitive Function

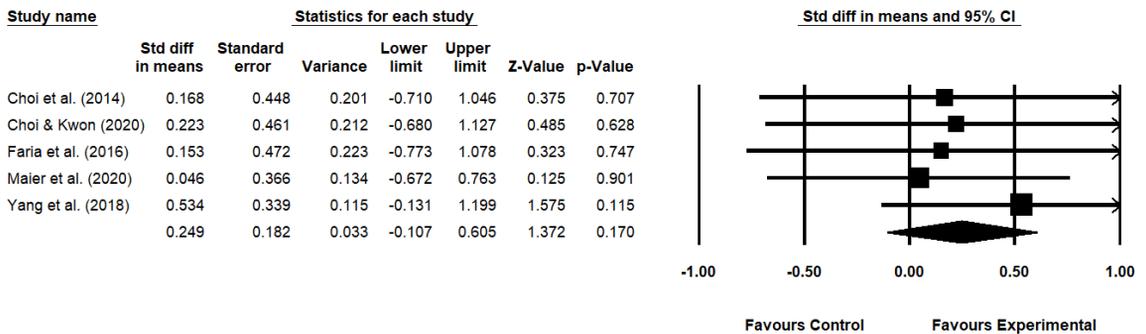


Figure 3. Effect of Virtual Reality Intervention on Attention and Memory

었다. 그 중 실험군은 63명, 대조군 60명이었다. 집중력과 기억력에 대한 효과크기 d 값은 0.249(95% CI: -0.107-0.605; $p=0.170$)로 작은 효과크기를 보였고, 통합된 효과크기의 95% 신뢰구간에 0을 포함하여 ($p>0.05$) 실험군과 대조군 간의 평균차이가 통계적으로 유의미하지 않았다(Figure 3).

4) 실행기능(EF)에 대한 효과크기

실행기능 하위그룹의 연구에는 총 5편이 선정되었다. 연구에 참여한 대상자의 총인원은 148명이었고, 그 중 실험군은 76명, 대조군은 72명이었다. 실행기능에 대한 효과크기 d 값은 0.666(95% CI: 0.136-1.195; $p=0.014$)으로 중간효과크기를 나타내었다(Figure 4).

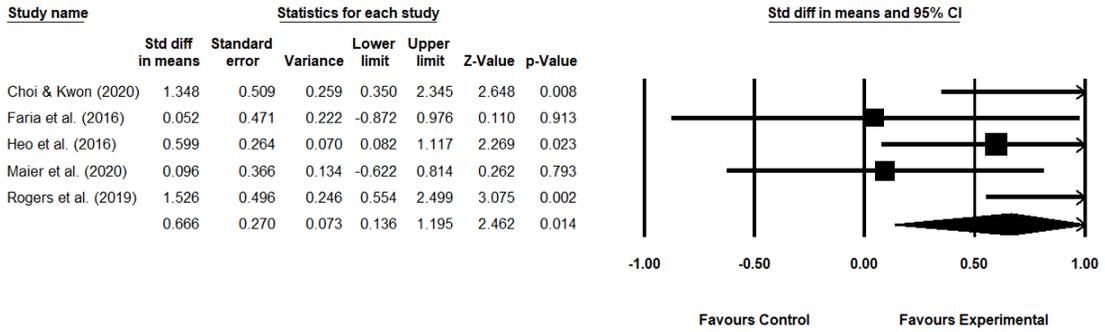


Figure 4. Effect of Virtual Reality Intervention on Executive Function

5) 출판 비플림

출판 비플림에 대한 통계적 검증을 위해 효과크기와 표준오차 사이의 상관성을 검정하는 Egger's regression test를 실시하였다. 그 결과 전반적인 인지 기능에서 p 값이 0.15($t=1.67, df=5$)가 나왔고 집중력과 기억력의 p 값은 0.39($t=0.98, df=3$), 실행기능의 p 값은 0.54($t=0.68, df=3$)로 p 값이 모두 0.05보다 크게 나와 출판 비플림이 적은 것으로 나타났다. 그러나 깔때기

점도포 표를 보면, 모든 결과 변인 하위그룹의 점들이 표본크기가 작은 아래쪽에 몰려 있고, 비슷한 표준오차 범위에서 효과크기의 대칭성을 확보하였다고 보기 어려우므로 출판 비플림을 배제할 수 없는 것으로 해석하였다(Figure 5).

6) 민감도 분석

분석된 연구들의 이질성을 고려하여 결과변인 하위

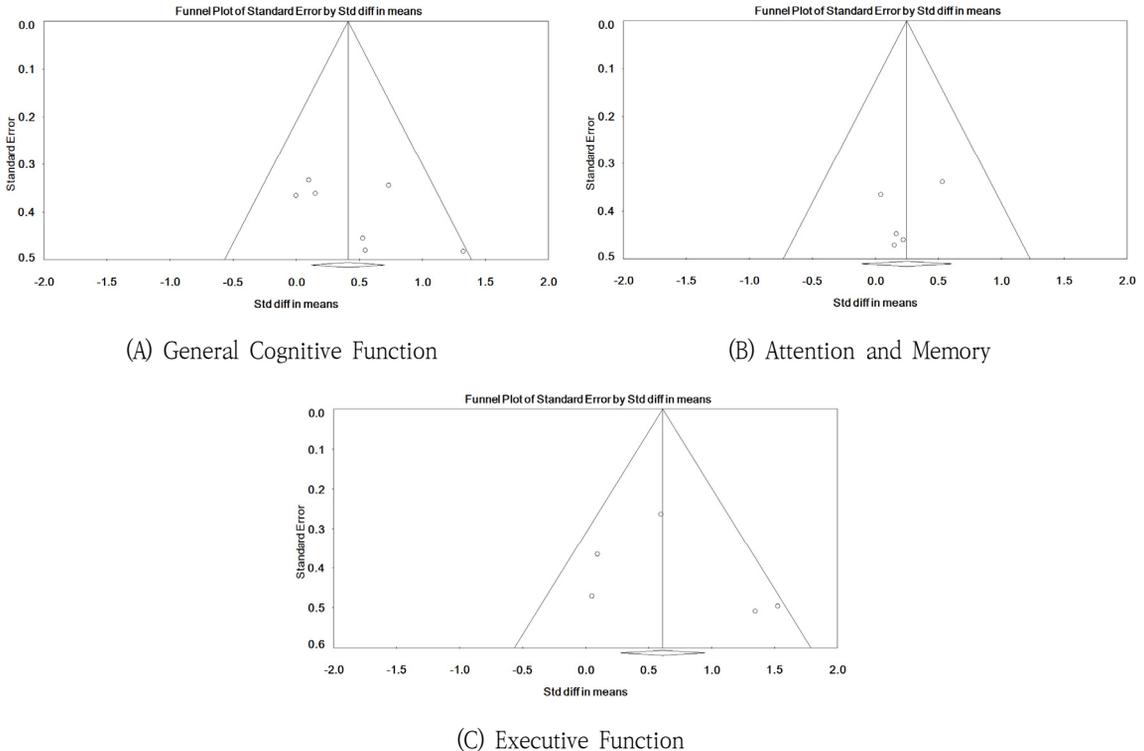
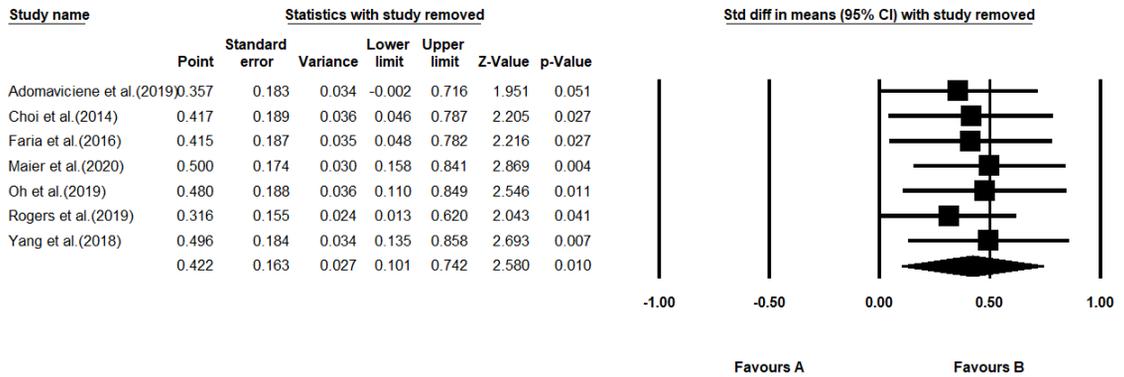
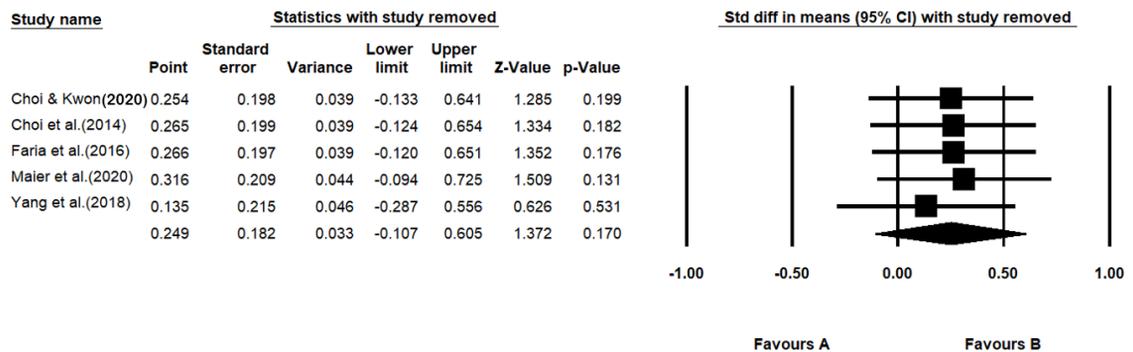


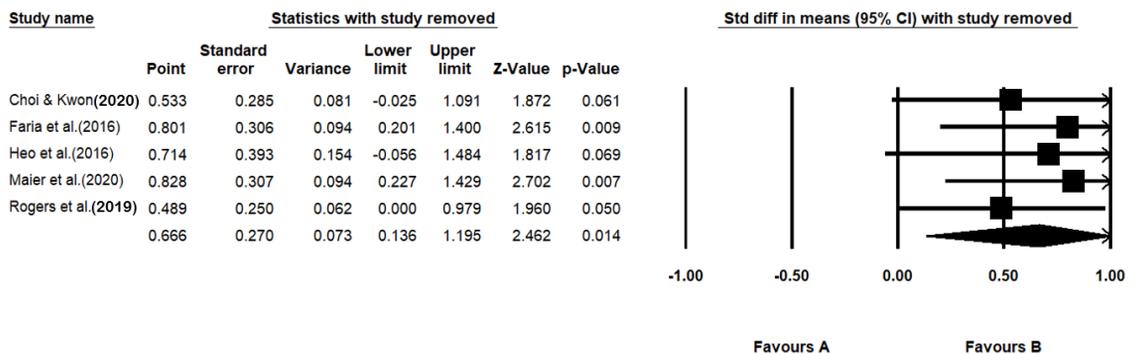
Figure 5. Funnel Plots of Outcomes



(A) General Cognitive Function



(B) Attention and Memory



(C) Executive Function

Figure 6. Sensitivity Analysis of Outcome Subgroups

그룹에 대한 민감도 분석을 실시하였다. 각 하위그룹의 분석대상 연구들을 하나씩 제거하며 재분석을 실시하였고, 개별 연구가 제외되었을 때 하위그룹 효과크기의 변동값을 산출하여 비교하였다. 전반적인 인지능 하위그룹에서는 Adomaviciene 등(2019)의 연구와 Rogers 등(2019)의 연구가 제외되었을 때 효과크기가

낮아지는 양상을 보였고, 특히 Adomaviciene 등(2019)의 연구가 제외되었을 때는 두 집단 간의 평균차이가 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 집중력과 기억력은 Yang 등(2018)의 연구를 제외시켰을 때 외에는 비교적 효과크기의 변동이 적었다. 실행기능의 경우, Choi와 Kwon(2020)의 연구와 Rogers 등(2019)의 연구를 제외

시켰을 때 효과크기가 낮아지는 변동이 있었으며 통계적 유의미성도 변하였다(Figure 6).

IV. 고 찰

본 연구의 목적은 뇌졸중 인지재활에 적용되는 가상현실 중재가 손상된 인지기능에 대하여 어떤 효과가 있는지 메타분석을 통하여 알아보기 위함이었다. 특별히 연구 비뚤림을 최소화하여 결과의 신뢰성을 높이기 위해 무작위 대조 임상시험을 선별하여 분석하였다. 분석 대상 연구들의 출판 기간은 최근 10년으로 설정하였고 국외 연구뿐만 아니라 최근 가상현실 연구가 많이 이루어지고 있는 국내 연구들을 포함하여 분석을 시행하였다(Aminov et al., 2018; Laver et al., 2017). 결과변인의 합성을 위한 하위그룹 항목은 전반적인 인지기능, 집중력과 기억력, 실행기능으로 분류하여 분석을 시행하였다.

분석 결과 가상현실 중재의 전반적인 인지기능에 대한 효과크기는 0.422로 중간효과크기에 가까웠고 실행기능에 대한 효과크기는 0.666으로 중간효과크기를 나타내었다. 반면에 집중력과 기억력에 대한 효과크기는 0.249로 작은효과크기를 보였다. 이와 같은 결과는 가상현실의 임상적인 적용 측면에서 시사하는 바가 크다. 가상현실 중재는 구현 방식에 따라 가상 실제 환경을 구현한 장비와 게임을 기반으로 구현되는 장비로 분류할 수 있다(Lohse et al., 2014). 즉 가상현실 중재에 참여하는 대상자들은 가상으로 설정되었지만 복잡한 환경에서 다양한 상황에 노출되게 된다. 그 상황에서 참여자들은 가상환경을 파악하고 적응해야 하고, 예측할 수 없는 문제에 통합적으로 대처해야 한다. 즉 가상현실 중재는 인지의 통합적이고 역동적인 기능을 지속적으로 강도 높게 자극하게 되는 것이다(Kwon et al., 2012; Langhorne, Bernhardt, & Kwakkel, 2011). 본 연구의 결과에서도 인지의 통합적 기능으로 분류할 수 있는 실행기능에 대한 효과크기가 중간효과크기로 나

온 측면이 이를 지지한다. 동일한 컴퓨터 기반의 가상현실 중재와 전산화 인지훈련의 효과를 비교한 연구에서도, 단순 기억력에는 두 집단의 유의미한 차이가 없는 반면에 실행기능과 일상생활동작에서는 가상현실 중재 집단의 효과가 유의미하게 높았다(Choi & Kwon, 2020). 다양한 환경을 구현하는 가상현실 중재는 손상된 인지기능의 회복뿐만 아니라 실제적인 일상생활활동 수준을 높이는 것에 긍정적인 영향을 미친다(Yang et al., 2018). Hoe 등(2016)은 실행기능이 뇌졸중 환자의 신체기능과 밀접한 관계가 있음을 강조하였다. 특히 가상현실 중재가 단순한 비디오 관찰 중재보다 실행기능과 상지 및 보행능력에 더 효과적임을 검증하였고, 실행기능이 신체 운동능력 회복에 긍정적인 영향을 미쳤음을 고찰하였다. Faria 등(2016)은 가상현실 일상생활환경과 실제 환경에서의 일상생활동작훈련의 효과를 비교하였는데, 그 결과 실제 환경의 전통적인 훈련보다 가상현실을 이용한 훈련에서 전반적인 인지기능과 집중력, 실행기능의 향상이 유의미하게 높게 나타났다. 이와 같은 결과의 요인은 가상현실의 다양하고 흥미로운 자극들이 참가자들의 동기를 강화하여 훈련에 대한 참여도와 강도를 더 높인 것에서 찾을 수 있다(Faria et al., 2016; Lewis & Rosie, 2012). 그러므로 뇌졸중 재활 현장에서 가상현실 중재는 통합적인 인지기능을 중재하기 위하여 사용해야 할 것이다. 그리고 실제 상황에서는 위험하고 어려워 시행할 수 없는 활동들을 가상현실을 통하여 안전하게 그리고 지속적으로 자극하여 실제 일상생활 환경으로 복귀하기 전 단계의 중재로 사용할 수 있을 것이다(Laver et al., 2017).

본 연구에서는 결과변인의 하위그룹 분류 단계에서 시지각 하위그룹 연구에 1편 밖에 포함되지 않았다(Maier et al., 2020). 뇌졸중 재활에 가상현실 적용에 대한 Cochrane Database of Systematic Reviews의 사전 연구에서도 가상현실 적용의 한계점은 시지각 손상 환자와 고령자들이 제외된다는 점이었다(Laver et al., 2017). 본 연구의 분석에 포함된 연구에서도 시지각 손상 환자 특히 편측무시 환자를 배제 기준으로 설정하

는 경우가 많았다(Choi et al., 2014; Choi & Kwon, 2020; Faria et al., 2016; Heo et al., 2016; Yang et al., 2018). 가상현실을 시지각 손상 증재에 사용하는 경우, 참여대상자가 너무 적거나(Castello, Lusher, Burton, Glover, & Disler, 2004), 전통적인 증재 또는 전산화 인지훈련보다 효과성이 떨어지는 보고도 있었다(Katz et al., 2005). 본 연구에서도 최종 전문(Full text)이 검색된 21편의 연구에 가상현실을 편측무시 개선을 위한 증재에 사용한 연구가 1편이 있었으나 PEDro Scale 6점 미만으로 평가되어 분석에 포함되지 못하였다. 연구 결과에서는 편측무시 검사의 일부 항목에서만 대조군과의 유의한 차이가 있었고 일상생활 동작 평가에서는 유의한 차이를 보이지 않았다(Kim et al., 2011). 가상현실 시스템의 구성 장비들이 실제 공간을 차지하고 있고 더 나아가 가상의 공간을 다양하게 만들어 낸다는 특성이 있으므로, 시지각의 손상은 가상 공간의 인식 및 상호작용의 장애를 유발시킬 가능성이 있다. 시지각 손상으로 가상환경과 상호작용하지 못한다면 가상환경 증재의 장점인 흥미유발과 동기부여가 제한받게 될 것이다. 이와 같은 가상현실 증재의 적용 한계는 임상 현장에서 충분히 고려되어야 한다.

본 체계적 문헌고찰과 메타분석을 통하여 가상현실의 효과성을 통계적으로 검증하고 임상적으로 중요한 시사점을 언급할 수 있었지만, 본 연구에는 몇 가지 제한점이 존재한다. 첫 번째는 최종 선정되어 분석된 연구들의 표본의 크기가 대부분 작았다는 점이다. 이와 같은 양상은 현재 연구 환경이 대규모 무작위 대조 임상시험을 할 수 없는 상황의 결과일 수 있고, 출판 비뮴림의 영향도 배제할 수는 없다. Aminov 등(2018)의 체계적 문헌고찰에서도 가상현실 증재 연구들의 표본 크기가 대부분 작았다고 보고하고 있는 만큼, 앞으로 가상현실 증재 연구에 대한 지속적인 모니터링과 분석 업데이트가 필요하다. 두 번째는 분석대상 연구들의 이질성의 문제이다. 다양한 환경에서의 임상시험이므로 이질성이 없을 수는 없으나, 하위그룹 분석으로 이질성의 원인을 분석하여야 한다. 그러나 본 연구에서는 분석 대상

연구들의 질적 수준을 무작위 대조 임상시험 설계 수준으로 높인 결과 최종 분석 연구 수가 적어 가상현실 증재를 증재 유형과 증재 제공 시간 별로 하위그룹 분석을 시행하지 못하였다. 또한 참여대상자들의 뇌졸중의 심각성 정도와 발병 후 기간 등 참여대상자들의 특성을 반영한 하위그룹 분석 또한 시행하지 못하였다. 그러므로 앞으로의 체계적 문헌연구와 메타분석에서는 가상현실 연구의 출판 현황을 지속적으로 모니터링하고 연구가 축적된 후 다양한 하위그룹 분석을 시도할 것을 제안한다. 하위그룹의 분류 기준으로는 일상생활훈련을 위한 실제 환경 가상현실과 게임 기반 가상현실로 분류하여 하위그룹 분석이 이루어질 수 있고, 몰입형과 비몰입형 가상현실로 나누어 분석이 이루어질 수도 있을 것이다. 또한 증재가 제공되는 시간(기간)대별 하위그룹을 비교하여 적절한 증재의 제공 시간의 근거를 마련하고, 뇌졸중 발병 후 기간을 급성기와 아급성기, 만성기로 구분하여 효과크기를 비교함으로써 가상현실 증재의 적절한 적용 시기에 대한 근거도 탐색해야 할 것이다. 세 번째 제한점은 결과변인 하위그룹의 민감도 분석 결과, 분석 대상 연구들의 이질성이 결과에 영향을 미쳤을 가능성을 배제할 수 없다는 것이다. 특히 전반적인 인지기능 하위그룹과 실행기능 하위그룹의 결과를 해석할 때는 신중함을 기해야 할 것이다.

V. 결 론

본 연구는 뇌졸중 환자의 인지기능 회복에 대한 가상현실 증재의 효과를 분석하기 위해 체계적인 문헌고찰과 메타분석으로 설계되었다. 최종 9편의 연구가 선정되어 분석되었다. 결과변인의 하위그룹은 전반적인 인지기능, 집중력과 기억력, 실행기능으로 분류하여 결과를 합성하였다. 통계적 메타분석 결과, 전반적인 인지기능에 대한 가상현실 증재의 효과크기는 중간효과크기($d=0.422$)에 가까웠고 집중력과 기억력은 작은효과크기($d=0.249$), 실행기능에 대한 효과크기는 중간효과

크기($d=0.666$)로 산출되었다. 환자가 가상환경 안에서 지속적으로 수행을 한다는 측면과 본 연구의 결과를 고려해 본다면, 뇌졸중 인지재활 현장에서 가상현실 증재는 환경과의 상호작용 속에서 상황에 적응할 수 있는 통합적 인지기능 향상에 목적을 두어야 할 것이다. 또한 인지재활 증재로 가상현실만 적용하기보다는, 전통적인 인지재활 증재와 더불어 추가적인 증재로 적용하는 것이 적절할 것으로 사료된다. 본 연구에서는 가상현실 증재의 유형과 적용 시기를 반영한 하위그룹 분석을 시행하지 못하였으므로, 앞으로의 체계적 문헌연구와 메타분석에서는 증재 유형과 적용 시기를 반영한 분석이 이루어져 치료사들의 가상현실 증재 선택에 근거를 마련해야 할 것이다.

Acknowledgement

이 연구는 2019-2021학년도에 청주대학교 보건의료과학연구소가 지원한 학술연구조성비(특별연구과제)에 의해 연구되었음

References

- Adomavičienė, A., Daunoravičienė, K., Kubilius, R., Varžaitytė, L., & Raistenskis, J. (2019). Influence of new technologies on post-stroke rehabilitation: A comparison of armo spring to the kinect system. *Medicina*, 55(4), 1-12. doi:10.3390/medicina55040098
- Aminov, A., Rogers, J. M., Middleton, S., Caeyenberghs, K., & Wilson, P. H. (2018). What do randomized controlled trials say about virtual rehabilitation in stroke? A systematic literature review and meta-analysis of upper-limb and cognitive outcomes. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 15(1), 1-24. doi:10.1186/s12984-018-0370-2
- Arienti, C., Lazzarini, S. G., Pollock, A., & Negrini, S. (2019). Rehabilitation interventions for improving balance following stroke: An overview of systematic reviews. *PLoS One*, 14(7), 1-23. doi:10.1002/14651858.CD008349.pub310.1371/journal.pone.0219781
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to meta-analysis*. Chichester, UK: Wiley.
- Castiello, U., Lusher, D., Burton, C., Glover, S., & Disler, P. (2004). Improving left hemispatial neglect using virtual reality. *Neurology*, 62(11), 1958-1962. doi:10.1212/01.WNL.0000128183.63917.02
- Cho, K., Yu, J., & Jung, J. (2012). Effects of virtual reality-based rehabilitation on upper extremity function and visual perception in stroke patients: A randomized control trial. *Journal of Physical Therapy Science*, 24(11), 1205-1208. doi:10.1589/jpts.24.1205
- Choi, B. G., & Kwon, J. S. (2020). A preliminary study of the effects of monitor-based virtual reality games on the cognition & activities of daily living for acute stroke: A double-blind randomized controlled trial. *The Journal of the Korea Contents Association*, 20(9), 531-540. doi:10.5392/JKCA.2020.20.09.531
- Choi, J. H., Han, E. Y., Kim, B. R., Kim, S. M., Im, S. H., Lee, S. Y., & Hyun, C. W. (2014). Effectiveness of commercial gaming-based virtual reality movement therapy on functional recovery of upper extremity in subacute stroke patients. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 38(4), 485-493. doi:10.5535/arm.2014.38.4.485
- Chung, J. C. (2004). Activity participation and well-being of people with dementia in long term care settings. *OTJR: Occupation, Participation and Health*, 28(1), 22-31. doi:10.1177/153944920402400104
- Cicerone, K. D., Langenbahn, D. M., Braden, C., Malec, J. F., Kalmar, K., Fraas, M., ... Bergquist, T. (2011). Evidence-based cognitive rehabilitation: Updated review of the literature from 2003 through 2008. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 92(4), 519-530. doi:10.1016/j.apmr.2010.11.015
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Laurence Erlbaum Associates.
- Cooper, H. M. (1982). Scientific guidelines for conducting integrative research reviews. *Review of Educational Research*, 52(2), 291-302. doi:10.2307/1170314
- Dehn, L. B., Piefke, M., Toepper, M., Kohsik, A., Rogalewski, A., Dyck, E., ... Schabitz, W. R. (2020). Cognitive training in an everyday-like virtual reality enhances

- visual-spatial memory capacities in stroke survivors with visual field defects. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 27(6), 442-452. doi:10.1080/10749357.2020.1716531
- De Luca, R., Russo, M., Naro, A., Tomasello, P., Leonardi, S., Santamaria, F., ... Calabro, R. S. (2018). Effects of virtual reality-based training with BTs-Nirvana on functional recovery in stroke patients: Preliminary considerations. *International Journal of Neuroscience*, 128(9), 791-796. doi:10.1080/00207454.2017.1403915
- Faria, A. L., Andrade, A., Soares, L., & Badia, S. B. (2016). Benefits of virtual reality based cognitive rehabilitation through simulated activities of daily living: A randomized controlled trial with stroke patients. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 13(1), 1-12. doi:10.1186/s12984-016-0204-z
- Goncalves, R., Pedrozo, A. L., Coutinho, E. S. F., Figueira, I., & Ventura, P. (2012). Efficacy of virtual reality exposure therapy in the treatment of PTSD: A systematic review. *PLoS One*, 7(12), 1-7. doi:10.1371/journal.pone.0048469
- Heo, S., Lee, H., Ham, A., Kim, Y., Jeong, S., & Kim, K. (2016). The effects of virtual reality therapy on executive function and balance for stroke patients: A randomized controlled clinical trial. *The Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, 24(4), 1-14. doi:10.14519/jksot.2016.24.4.01
- Josman, N., Kizony, R., Hof, E., Goldenberg, K., Weiss, P. L., & Klinger, E. (2014). Using the virtual action planning-supermarket for evaluating executive functions in people with stroke. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 23(5), 879-887. doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2013.07.013
- Katz, N., Ring, H., Naveh, Y., Kizony, R., Feintuch, U., & Weiss, P. (2005). Interactive virtual environment training for safe street crossing of right hemisphere stroke patients with unilateral spatial neglect. *Disability and Rehabilitation*, 27(20), 1235-1244. doi:10.1080/09638280500076079
- Kim, B. R., Chun, M. H., Kim, L. S., & Park, J. Y. (2011). Effect of virtual reality on cognition in stroke patients. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 35(4), 450-459. doi:10.5535/arm.2011.35.4.450
- Kim, Y. G. (2015). The effect of the virtual reality rehabilitation system on activities of daily living, cognitive function, self-esteem in stroke. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 16(8), 5476-5484. doi:10.5762/KAIS.2015.16.8.5476
- Kim, Y. M., Chun, M. H., Yun, G. J., Song, Y. J., & Young, H. E. (2011). The effect of virtual reality training on unilateral spatial neglect in stroke patients. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 35(3), 309-315. doi:10.5535/arm.2011.35.3.309
- Kwon, J. S. (2015). Effects of computer based virtual reality program on clinical rehabilitation in Korea: A meta-analysis. *Journal of Digital Convergence*, 13(7), 293-304. doi:10.14400/JDC.2015.13.7.293
- Kwon, J. S., Park, M. J., Yoon, I. J., & Park, S. H. (2012). Effects of virtual reality on upper extremity function and activities of daily living performance in acute stroke: A double-blind randomized clinical trial. *NeuroRehabilitation*, 31(4), 379-385. doi:10.3233/NRE-2012-00807
- Langhorne, P., Bernhardt, J., & Kwakkel, G. (2011). Stroke rehabilitation. *The Lancet*, 377(9778), 1693-1702. doi:10.1016/S0140-6736(11)60325-5
- Larsen, C. R., Soerensen, J. L., Grantcharov, T. P., Dalsgaard, T., Schouenborg, L., Ottosen, C., ... Ottesen, B. S. (2009). Effect of virtual reality training on laparoscopic surgery: Randomised controlled trial. *British Medical Journal*, 338, 1-6. doi:10.1136/bmj.b1802
- Laver, K. E., Lange, B., George, S., Deutsch, J. E., Saposnik, G., & Crotty, M. (2017). Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11(11), 1-161. doi:10.1002/14651858.CD008349.pub4
- Lee, H. W., & Jeon, H. S. (2012). Effects of mirror therapy on motor recovery following a stroke: A meta-analysis. *Physical Therapy Korea*, 19(2), 48-58. doi:10.12674/ptk.2012.19.2.048
- Leśniak, M., Bak, T., Czepiel, W., Seniow, J., & Czlonkowska, A. (2008). Frequency and prognostic value of cognitive disorders in stroke patients. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 26(4), 356-363. doi:10.1159/000162262
- Lewis, G. N., & Rosie, J. A. (2012). Virtual reality games for movement rehabilitation in neurological conditions: How do we meet the needs and expectations of the users? *Disability and Rehabilitation*, 34(22), 1880-1886. doi:10.3109/

09638288.2012.670036

- Lintern, G., Roscoe, S. N., & Sivier, J. E. (1990). Display principles, control dynamics, and environmental factors in pilot training and transfer. *Human Factors*, *32*(3), 299-317. doi:10.1177/001872089003200304
- Lohse, K. R., Hilderman, C. G., Cheung, K. L., Tatla, S., & Van der Loos, H. M. (2014). Virtual reality therapy for adults post-stroke: A systematic review and meta-analysis exploring virtual environments and commercial games in therapy. *PLoS One*, *9*(3), 1-13. doi:10.1371/journal.pone.0093318
- Maier, M., Ballester, B. R., Leiva Banuelos, N., Duarte Oller, E., & Verschure, P. F. M. J. (2020). Adaptive conjunctive cognitive training (ACCT) in virtual reality for chronic stroke patients: A randomized controlled pilot trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, *17*(1), 1-20. doi:10.1186/s12984-020-0652-3
- Moseley, A. M., Herbert, R. D., Sherrington, C., & Maher, C. G. (2002). Evidence for physiotherapy practice: A survey of the physiotherapy evidence database (PEDro). *Australian Journal of Physiotherapy*, *48*(1), 43-49. doi:10.1016/S0004-9514(14)60281-6
- Oh, Y. B., Kim, G. W., Han, K. S., Won, Y. H., Park, S. H., Seo, J. H., & Ko, M. H. (2019). Efficacy of virtual reality combined with real instrument training for patients with stroke: A randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *100*(8), 1400-1408. doi:10.1016/j.apmr.2019.03.013
- Park, S. A., & Kim, H. Y. (2019). Effects of virtual reality program on recovery of functional in individuals stroke: A systematic review and meta analysis. *Journal of Digital Convergence*, *17*(5), 235-247. doi:10.14400/JDC.2019.17.5.235
- Rogers, J. M., Duckworth, J., Middleton, S., Steenbergen, B., & Wilson, P. H. (2019). Elements virtual rehabilitation improves motor, cognitive, and functional outcomes in adult stroke: Evidence from a randomized controlled pilot study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, *16*(1), 1-13. doi:10.1186/s12984-019-0531-y
- Sacco, R. L., Kasner, S. E., Broderick, J. P., Caplan, L. R., Connors, J., Culebras, A., ... Higashida, R. T. (2013). An updated definition of stroke for the 21st century: A statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, *44*(7), 2064-2089. doi:10.1161/STR.0b013e318296aeca
- Wald, J., & Taylor, S. (2003). Preliminary research on the efficacy of virtual reality exposure therapy to treat driving phobia. *CyberPsychology & Behavior*, *6*(5), 459-465. doi:10.1089/109493103769710488
- Weiss, P. L., Kizony, R., Feintuch, U., & Katz, N. (2006). Virtual reality in neurorehabilitation. *Textbook of Neural Repair and Rehabilitation*, *51*(8), 182-197.
- Yang, N. Y., Park, H. S., Yoon, T. H., & Moon, J. H. (2018). Effectiveness of motion-based virtual reality training (Joystick) on cognitive function and activities of daily living in patients with stroke. *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, *12*(1), 10-19. doi:10.21288/resko.2018.12.1.10

Abstract

A Study on the Effect of Virtual Reality Intervention on Cognitive Function in Individuals With Stroke Through Meta-analysis

Kwon, Jae Sung, Ph.D., O.T.

Dept. of Occupational Therapy, College of Health Science, Cheongju University, Professor

Objective : The purpose of this study was to verify the effect of virtual reality interventions (VRIs) on cognitive function in individuals with stroke through a systematic literature review and meta-analysis.

Methods : We reviewed randomized controlled trials (RCTs) the last 10 years using academic databases. PubMed, MEDLINE, and CINAHL were used for international studies, and DBpia, KISS, Kyoboscholar, and e-article were used for Korean studies. For the quantitative meta-analysis, subgroups of outcomes were classified into general cognitive function (G-CF), attention and memory (A&M), and executive function (EF).

Results : Nine RCTs were analyzed. The total number of participants was 271 (140 in the experimental group). The effect size (Cohen's *d*) was estimated using a random effects model. The effect sizes of the outcome subgroups of were as follows: small to medium for G-CF ($d=0.422$; 95% CI: 0.101~0.742; $p=0.010$), small for A&M ($d=0.249$; 95% CI: -0.107~0.605; $p=0.170$), and medium for EF ($d=0.666$; 95% CI: 0.136~1.195; $p=0.014$).

Conclusion : Considering the various stimuli provided by the virtual environment and the results from available research, virtual reality should be applied to interventions for integrated cognitive functions. In addition, it would be appropriate to be used as an additional intervention to traditional cognitive rehabilitation for stroke.

Keywords : Cognitive function, Meta-analysis, Stroke, Virtual reality