

뇌졸중 환자를 위한 가상현실 기반의 원격재활 효과에 관한 체계적 고찰

임영명*, 이지용*, 조성준*, 안예슬*, 유두한**

*건양대학교 일반대학원 작업치료학 전공

**건양대학교 작업치료학과

— 국문초록 —

목적 : 본 연구의 목적은 뇌졸중 환자를 대상으로 가상 현실 기반의 원격재활 효과를 체계적으로 고찰하여 그 효과와 국내 적용방법을 알아보고자 하였다.

연구방법 : 자료의 검색을 위해 EMBASE, CINAHL의 데이터베이스를 이용하였다. 주요 용어는 “Virtual Reality”, “Telerehabilitation”, “Stroke”으로 관련 연구를 검색하였다. 선정기준에 적합한 총 7편의 연구를 대상으로 질적 수준, 일반적 특성, PICO를 사용하여 연구 주제에 따른 자료를 분석하였다.

결과 : 선정된 7편의 연구는 가상현실 기반으로 한 원격재활 시스템으로 중재를 실시하였으며, 가상현실은 게임 프로그램과 수동적인 팔 보조 그리고 Balance Trainer등을 활용하여 원격재활 중재를 실시하였다. 주된 결과 측정도구는 상지기능, 균형 및 보행, 일상생활 등을 평가하기 위한 도구가 사용되었다. 가상현실 기반의 원격재활 중재방법은 모든 연구에서 상지기능, 균형감각능력에서 효과를 보였으며, 일상생활 활동에서의 부분적인 효과를 확인하였다. 환경적 특이성을 보완하기 위한 원격재활 서비스는 클라이언트의 만족감을 향상시키고 기능의 유지를 위한 중재법으로 그 효과를 확인할 수 있었다.

결론 : 가상현실 기반의 원격재활 시스템은 대부분 상지기능과 균형감각, 일상생활 활동을 위한 중재가 적용되었으며, 가정환경에서도 치료사의 중재, 감독, 교육 등을 통해 기능향상에 도움이 되는 것으로 나타났다. 본 연구는 가상현실 기반의 원격재활의 임상적 적용에 대한 근거와 가능성을 제시하고자 한다. 향후 연구에서 다양한 가상현실의 중재 방법과 원격재활을 활용한 재활 프로그램 개발과 같은 추가적인 연구가 필요할 것이다.

주제어 : 가상현실, 뇌졸중, 원격재활, 체계적 고찰

I. 서론

뇌졸중 환자의 회복은 신경생리학적(Neurophysiology)으로 신경가소성(neural plasticity)에 의해 변화되며, 운동

장애의 기능적 회복을 위한 중요한 과정이다(Kwakkel, 2006). 재활치료는 뇌 조직의 기능적인 재구조화를 촉진시키는 과정이며, 이러한 신경가소성의 변화는 행동과 감각, 경험에 의해 신경계 변화가 이루어진다(Kleim &

교신저자: 유두한(glovia@hanmail.net)

접수일: 2017. 03. 03. 심사일: 2017. 03. 31. 게재승인일: 2017. 04. 18.

Jones, 2008). 일반적으로 뇌졸중 환자는 가정환경에서 홈 프로그램을 수행하는 동안 많은 보상전략들을 사용하고 있으며, 이러한 수행형태는 비효율적인 강도(Intensity), 충분하지 못한 반복성(repetitions)과 일정하지 않은 지속성(duration)으로 수행에 대한 효과도 불확실하다(Schultheis & Rizzo, 2001; Popescu, Burdea, Bouzit & Hentz, 2000).

지역사회재활은 의료시설 환경이 아닌 가정과 같은 공동체 환경에서 사회구성원을 대상으로 일상생활의 독립성과, 지역 사회 참여 및 삶의 질에 대한 목표를 두고 있다(Kuipers & Doig, 2010). 효과적인 재활을 위해서는 재활의 조기 개입과 치료 강도, 전문 인력의 다각적인 접근 방법 등이 고려되어야 한다(Anderson, Mhurchu, Brown & Carter, 2002). 하지만 도시와 농촌 지역 등의 다양한 환경에서 거주하고 있는 클라이언트에게 지속적인 재활 치료와 효과적인 치료를 제공하기 위해서는 많은 문제가 발생한다(Popescu et al., 2000).

원격재활(Tele-rehabilitation)은 의료시설에서 적절한 의료 서비스를 제공받기 어려운 클라이언트를 대상으로 거리의 제약 없이 전문가와 상호작용하기 위해 사용되고 있다. 원격재활을 통하여 클라이언트가 수행하는 홈 프로그램을 치료사가 실시간으로 감독하고 피드백을 제공하는 것이 가능하다(Lange, Flynn & Rizzo, 2009). 이러한 시스템은 정보통신기술을 통하여 임상적 측면의 예방, 중재, 감독, 평가, 교육 및 인터뷰 등을 포함하는 재활 서비스가 가능하다. 또한 클라이언트의 지속적인 관리뿐만 아니라 생애 전반의 서비스 접근이 가능하며, 현재 원격재활은 지역사회 기반의 건강관리를 위한 병원, 학교, 가정환경 등의 폭 넓은 장소에서 시행되고 있다(Brennan et al., 2010).

가상현실(Virtual Reality)은 재활분야에서 새로운 중재 방법으로 가능성을 보이고 있으며, 컴퓨터에 의해 생성된 사실적인 가상환경을 통해 서비스 제공자가 클라이언트와 상호작용하는 방식으로 발전되었다(Rizzo, Strickland & Bouchard, 2004). 가상환경에서 제공하는 실제와 같은 시각적 이미지와 청각적 소리에 의한 수준 높은 피드백을 통해 감각과 움직임 유도가 가능하다(Schultheis & Rizzo, 2001). 현재 가상현실 시스템은 초창기 소개 시기보다 비교적 저렴하면서 움직임의 궤적, 정확성, 정교함에 대한 정확한 피드백을 제공하기 위해 발전하고 있다. 이러한 시스템은 이용자를 직접 관찰하고 피드백을 제공하는 치료사에게 유용한 분야이다(Lange, Flynn & Rizzo, 2009).

가상현실과 원격재활 시스템을 적용한 선행연구에 따

르면 뇌졸중, 뇌성마비, 다발성 경화증, 학습장애, 뇌손상 등의 클라이언트에게 상지기능, 균형, 자세, 손 기능 및 뇌 기능을 향상 시키는데 효과적이었음을 보고하였다(Golomb et al., 2010; Gutiérrez et al., 2013; Holden, Dyar, & Dayan-Cimadoro, 2007; Rizzo, Strickland & Bouchard, 2004). 이러한 시스템은 건강관리 분야의 비용 절감, 조기 퇴원으로 지역사회 복귀를 촉진하고 삶의 질에 대한 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다(Cikajlo, Rudolf, Goljar, Burger & Matjačić, 2012). 하지만 국내 임상에서는 원격재활에 관한 연구 부족, 시스템 운영과 정착에 많은 어려움이 존재하고 있으며 임상적 활용에 대한 필요성을 보고하고 있다(Han et al., 2012).

이와 같이 가상현실을 기반으로 한 원격재활에 대한 연구는 해외에서 단순한 시스템으로 가정환경에서 클라이언트가 재활에 참여하고 동시에 치료사가 원격으로 모니터링 할 수 있는 재활 시스템에 대하여 필요성이 제시되고 있다(Popescu et al., 2000). 이에 본 연구는 현재까지 뇌졸중 환자에서 가상현실 기반의 원격재활을 실시한 선행연구들을 체계적 고찰하여 중재 방법 및 효과에 대한 우수 사례 등을 소개하고 국내 재활분야의 임상가들과 정보를 공유하고자 한다.

따라서 본 연구는 뇌졸중 환자를 위한 가상현실 기반의 원격재활 효과를 체계적으로 고찰하고 지역사회에 거주하고 있는 뇌졸중 환자의 중재를 위한 신진 기술의 가능성을 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 설계

체계적 고찰은 포괄적인 문헌검색을 통해 기존연구들을 체계적이고 객관적인 연구과정을 거쳐 연구결과를 종합하는 연구방법이다. 본 연구는 뇌졸중 환자에게 가상현실 기반의 원격재활에 관한 연구의 효과를 체계적 고찰을 통해 분석하였다.

2. 자료 수집

1) 자료 수집 절차 및 자료선정

본 연구의 자료 수집은 2005년부터 2017년 3월까지 해

외 데이터베이스에 등록된 가상현실 기반의 원격재활과 관련된 연구들을 분석하기 위하여 해외 데이터베이스 EMBASE, CINAHL을 통하여 검색하였다. 주요 검색 용어는 “Virtual Reality” AND “Tele-rehabilitation” AND “Stroke”으로 관련된 연구를 검색하였다. 그 결과 1차 검색어를 통해 29,122편, 2차 검색어 1,119편, 3차 검색어를 통해 43편의 연구가 검색 되었다. 이후 본 연구의 선정기준에 벗어난, 데이터베이스 간 중복된 연구 11편, 뇌졸중 환자가 참여하지 않은 연구 3편, 전문 보기가 가능하지 않은 연구 5편, 임상실험설계가 아닌 연구 10편, 개별실험연구 혹은 사례연구 7편으로 총 36편의 연구를 제외한 7편의 연구가 최종적으로 선정되었다(Figure 1).

2) 선정기준

EMBASE, CINAHL의 데이터베이스 검색을 통하여 총 43편의 연구가 분류되었다. 이후 최종 자료선정 절차에 정확성을 높이기 위해 네 명의 저자가 본 절차에 참여하여 확인하고 검토하였다. 본 연구의 선정기준은 다음과 같다.

- (1) 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구
- (2) 가상현실 기반의 원격재활 시스템을 적용한 연구
- (3) 질적 수준 Level I, II 해당되는 실험 연구
- (4) 원문보기가 가능한 연구

3. 대상 연구의 근거 질적 수준

본 연구에 사용된 분석 대상 연구들은 근거 수준 분류 표에 따라 질적 수준을 평가하였다(Arbesman, Scheer & Lieberman, 2008). 질적 수준에 대한 분류 기준은 Level I에 높은 근거 수준에서 Level II까지 낮은 근거 수준 단위로 분류하였다(Table 1).

4. 비뚤림 위험 평가

선정된 7편의 연구를 대상으로 연구의 수준을 평가하기 위해 Cochrane collaboration에서 제공하는 Review Manager(RevMan)5.3 프로그램을 사용하여 비뚤림 위험 평가를 실시하였다. 무작위 대조군 실험연구는 Risk of Bias; RoB)를 사용하였으며, 비 무작위 연구는 Risk of Bias Assessment tool for Non-randomized Study; RoBANS)를 사용하여 평가하였다(Deeks, Higgins, Altman, Higgins & Green, 2016). 평가는 네 명의 저자가 독립적으로 비뚤림 위험도 평가를 실시하였으며, 이후 의견 불일치 부분을 논의를 통하여 정리하였다.

5. 자료 추출 근거제시 방법

본 연구에서 최종적으로 선정된 7편의 연구를 분석하

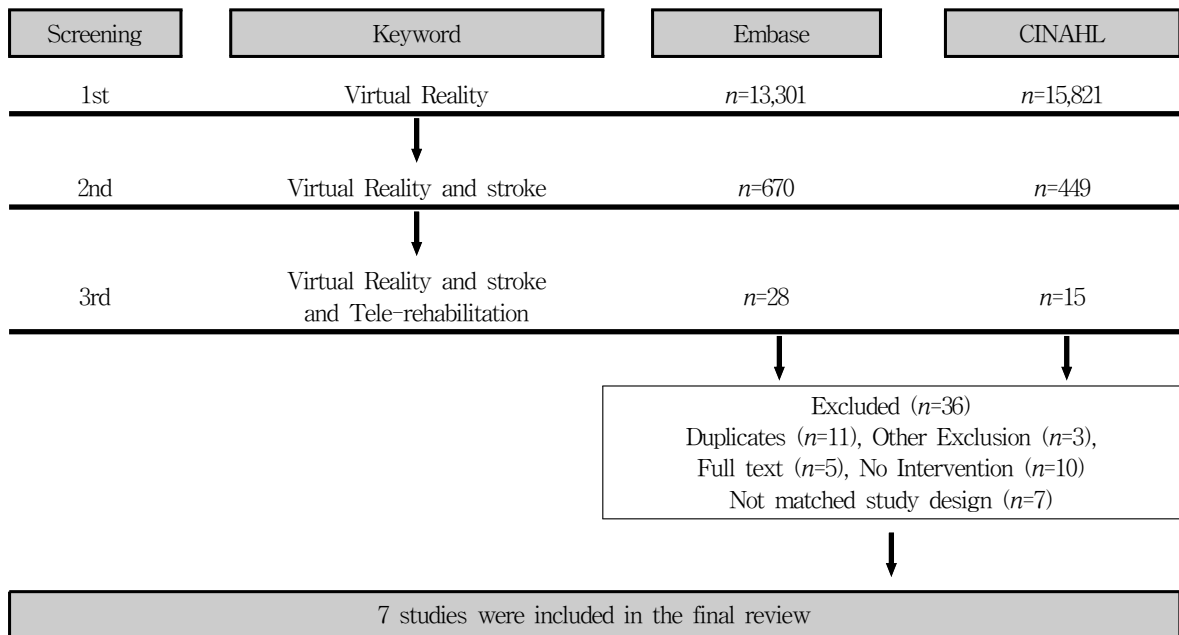


Figure 1. Search Process

기 위해 일반적 특성에 대한 연구자, 게재년도, 대상자 수, 연령, 발병기간등과 같은 특징을 정리하여 제시하였다(Table 2). 그리고 임상적인 질문을 체계적으로 정리하는 PICO(Patient, Intervention, Comparison, Outcome)방법 원리를 사용하였으며, 분석 대상 연구의 연구자, 게재년도, 중재방법, 중재시간, 결과를 중심으로 자료추출 및 분석하여 체계적으로 분석하였다(Law & Macdermid, 2008).

Ⅲ. 연구 결과

1. 대상 연구의 질적 수준

분석 대상 연구 총 7편의 질적 수준을 분석한 결과, 무작위 대조군 실험연구는 4편(57.1%), 비 무작위 두 집단 연구 3편(42.9%)이었다(Table 1).

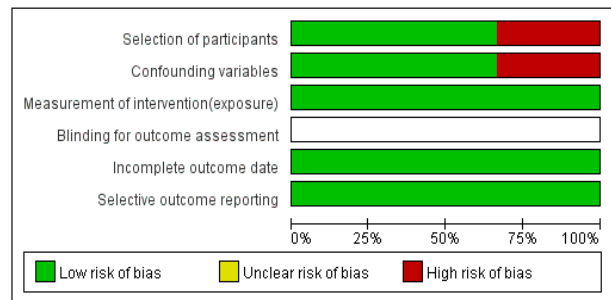
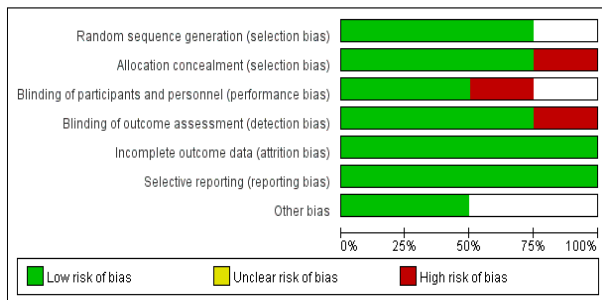
2. 비뚤림 위험 평가

선정된 7편의 연구 중에서 무작위 대조군 실험연구 4편은 RoB 평가도구를 사용하여 실시하였다. 선택 비뚤림을 최소화하기 위해 3편은 컴퓨터를 이용한 난수 생성과 봉투를 밀봉하는 등의 무작위 방법을 사용하였으며, 나머지 1편의 연구에서는 단순무작위 방법을 사용하였지만 정확한 기술과 배정순서 은폐가 이루어지지 않았다. 참여자, 연구자에 대한 눈가림을 실시한 연구는 2편이었으며, 나머지 2편은 언급하지 않거나 불명확하였다. 그리고 1편 연구를 제외한 나머지 3편의 연구에서는 결과평가에 대한 눈가림을 실시하였다. 이 밖에 탈락, 보고 비뚤림은 모두 위험이 낮은 것으로 판단되었다. 그 외 비뚤림은 눈가림을 정확히 수행하지 않은 연구들을 잠재적 비뚤림이 존재하는 것으로 판단하였다.

비 무작위 두 집단 연구 3편은 RoBANS를 사용하여 평가하였다. 대상 집단의 질환과 모집 기준 그리고 교란 변수를 고려하지 않거나 불명확한 연구 1편을 제외한 2

Table 1. Hierarchy of Levels of Evidence for Evidence-based Practice N(%)

Evidence level	Definition	Frequency
I	Systematic review	4 (57.1%)
	Meta-analysis	
II	Randomized controlled trials	3 (42.9%)
	Non-randomized two groups studies	
III	Non-randomized one groups studies	-
IV	Single experimental studies	-
	Survey studies	
V	Case studies	-
	Descriptive review	
	Qualitative studies	
Total		7 (100%)



Randomized controlled trials-RoB

Non-randomized Study-RoBANS

Figure 2. Risk of Bias Results

편의 연구는 대상군 선정과 교란변수의 위험이 낮은 것으로 판단되었다. 그리고 노출 측정과 불완전한 결과자료, 선택적 결과보고는 3편 모두 정해진 프로토콜에 의해 탈락 및 배제 없이 실시되었다. 결과 평가의 눈가림은 3편 모두 컴퓨터 데이터에 의한 결과 측정이 이루어졌으며, 이는 눈가림 여부에 영향을 미치지 않는 것으로 판단하였다.

선정된 논문에 대한 RoB과 RoBANS의 평가 결과 최종분석에 사용된 연구의 수준이 본 연구의 결론에 대한 비뚤림 위험이 적은 것으로 판단되었다(Figure 2).

3. 연구 대상자의 일반적 특성 및 원격재활 적용 형태

1) 연구 대상자의 일반적 특성

최근 10년간 게재된 연구 중에서 연구의 선정기준에 적합한 총 7편의 연구를 대상으로 가상현실 기반의 원격재활의 중재 효과를 분석하였다. 각 연구의 질적 수준은 Level I에 해당하는 연구는 4편, Level II에 해당하는 연구는 3편이었다. 선정기준에 적합한 분석 대상의 연구에서 참여 대상자는 모두 160명이 모집되었으며, 뇌졸중 환자 155명, 일반인 5명이 포함되었다. 각 연구는 5명에서 18명의 대상자가 실험군과 대조군 또는 단일 집단으로 중재가 실시되었다. 연구 대상자들은 남자가 여자보다 많았으며, 연령은 50대에서 60대가 대부분이었다. 또한 만성기 뇌졸중 환자가 대부분이었으며, 마비측은 왼쪽이 오른쪽 편마비 환자 보다 더 많았다. 연구 대상자에 관한 일반적 특성은 표2와 같다.

2) 원격재활 적용 형태

원격재활에 대한 상호작용 방법으로 대부분 연구에서는 병원 및 치료시설에서 치료사와 뇌졸중 환자의 집을 원격재활 시스템으로 연결하였으며, 모든 연구에서 치료사와 환자가 중재과정에 참여하여 실시하였다. 각 연구에서 적용한 원격재활 형태는 표2에 제시되었다.

4. 중재 방법 및 내용

분석 대상 연구 총 7편의 연구자, 게재년도, 중재방법,

중재시간, 결과를 분류하여 표 3에 제시하였다. 7편의 연구는 다양한 가상현실 프로그램과 함께 원격재활 시스템을 적용하였으며, 무작위 대조군 실험연구는 4편, 비 무작위 두 집단 연구는 3편이었다. 분석한 연구들의 중재방법으로 실험군은 가상현실 기반의 원격재활 시스템을 적용한 연구가 대부분이었으며, 대조군 집단은 가상현실, Balance Trainer, 전통적인 치료를 시행하였다.

가상현실 중재는 T-WREX의 게임 프로그램을 활용한 중재(Housman, Scott & Reinkensmeyer, 2009), Balance Trainer와 가상현실을 결합하여 모니터를 통해 시각적인 피드백 제공한 연구(Krpic, Savanovic & Cikajlo, 2013; Cikajlo et al., 2012), 3D Image와 안경, 동작분석 장치(Kinect®), 진동 장치를 사용한 연구(Kato, Tanaka, Sugihara & Shimizu, 2015), 3D motion tracking system을 적용한 중재는 2편, 이외 motion-sensor를 이용한 연구가 있었다. 중재기간은 3주에서 8주간 다양하게 실시되었으며, 중재 회기는 20회기부터 30회기, 중재시간은 20분에서 60분으로 다양하였다.

중재효과를 알아보기 위해 사용된 측정 도구는 상지기능을 평가하는 Fugl-Meyer Assessment of Upper Extremity, Modified Ashworth Scale를 사용하였으며, 균형능력과 기능적 보행을 평가하는 Brunel Balance Assessment, Berg Balance Scale, 10-m walk test, Timed Up & Go 등을 사용하였다. 일상생활을 평가하는 AbILHAND scale, Motor Activity Log을 사용하였다. 이밖에 가상현실 이용에 대한 만족도와 일상생활의 변화를 알아보기 위해 자가 설문지 형태로 사용하였다.

5. 중재 효과

상지기능 개선을 위한 연구는 총 3편이며, 모두 만성기 뇌졸중 환자를 대상으로 하였다. 3편의 모든 연구에서 상지기능과 기능적인 움직임에 효과적이라는 결과를 보고하였으며, 모두 가상현실 기반의 원격재활을 적용한 실험군의 FM 항목만 통계적으로 대조군보다 유의한 차이를 보고하였다(Housman et al., 2009; Piron et al., 2009; Piron et al., 2008).

하지기능 개선을 위한 연구는 총 2편이며, 그 중 1편은 만성기 뇌졸중 환자, 나머지 1편은 아급성기와 만성기 뇌졸중 환자를 대상으로 하였다. 2편 연구 모두 균형감각과 보행 기능에 대한 항목에서 통계적으로 유의한 차이를

보였으나, 실험군과 대조군 그룹 간의 유의한 차이는 보이지 않았다(Lloréns, Noé, Colomer & Alcañiz, 2015; Krpic et al., 2013).

상지기능과 하지기능 동시에 중재를 실시한 연구는 2편이었다. 그 중 Cikajlo 등(2012)의 연구에서는 아급성기 뇌졸중 환자를 대상으로 상지의 기능적인 움직임과 균형 및 보행기능 항목에서 통계적으로 유의한 결과를 가졌다. Kato 등(2015)의 연구는 아급성기와 만성기 뇌졸중 환자 그리고 일반인을 대조군으로 하였다. 대조군의 수행능력과 비교해 실험군의 상지의 기능적 움직임과 균형 감각이 일부 개선된 결과를 보였으나, 통계적으로 유의하지 않았다(Cikajlo et al., 2012; Kato et al., 2015).

일상생활에 대한 중재 효과를 알아보기 위한 연구는 2편이었다. 각 연구에서 MAL과 ABILHAND의 일상생활 평가를 실험군과 대조군에게 실시하였다. 2편의 연구 모두 실험군의 일상생활 수준의 향상된 결과를 가졌으나, 그룹 간의 유의한 차이는 보이지 않았다. 그리고 MAL 평가를 실시한 연구는 움직임의 수준 영역에서만 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Housman et al., 2009; Piron et al., 2009).

가상현실 중재에 대한 유용성 측정을 통해 사용자는 쉬운 사용법, 난이도 조절 등에 대한 유용성 부분에서 높은 결과를 보였다. 또한 내적동기에 대한 측정에서는 흥미, 유용성 등의 항목에서 높은 점수를 보였으며, 두 측정

결과는 실험군과 대조군과의 차이는 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다(Lloréns et al., 2015). Piron 등(2008)은 가상현실 기반의 원격재활 중재에 대한 12항목으로 구성된 이용 만족도를 연구 참여자들에게 평가하였다. 연구 결과 실험군에서 특정 항목 “미래의 문제점 해결을 위한 조언”을 제외한 전반적인 점수는 대조군과 유사한 수준의 만족감을 보였다.

총 7편의 연구에서는 가상현실 기반의 중재방법으로 환경적 제한을 받지 않는 원격재활을 적용하여 대상자의 집에서 실시하는 연구가 지속적으로 이루어지고 있었다. 원격재활 서비스를 적용한 모든 연구에서는 병원 시설의 중재와 같이 치료사가 중재과정에 참여하여 대상자의 신체기능에 향상된 결과를 가졌다(Lloréns et al., 2015). 또한 Piron 등(2008)의 연구에서는 기존에 병원 시설에서 실시하던 가상현실 중재방법이 환경적 특이성을 보완하기 위한 원격재활 서비스가 클라이언트의 만족감 또한 유지가 가능하다고 보고하였다.

종합적으로 가상현실 기반의 원격재활의 연구 결과 모든 연구에서 상지기능 및 균형감각에 향상을 보고하였다. 총 7편의 그룹 간의 중재 효과를 알아본 연구에서 실험군이 대조군 보다 FM 하나의 항목에서 유의한 향상을 보인 연구는 3편(30%)이었으며, 대조군과의 유의한 차이를 보이지 않은 연구는 4편(40%)이었다.

Table 2. Characteristics of studies

Author(yr)	Level	Intervention(n)		M/F	Age(yr)	Stroke Type	Affected side (L/R)	Tele-Interaction (Place)	
		Control(n)							
Lloréns et al., (2015)	I	15	15	17/13	40~70	Chronic	18/12	Hospital ^T	Home ^P
Housman et al., (2009)	I	14	14	18/10	54.2~56.4	Chronic	20/8	Hospital ^T	Home ^P
Piron et al., (2009)	I	18	18	21/15	65.2	Chronic	16/20	Hospital ^T	Home ^P
Piron et al., (2008)	I	5	5	5/5	53~65	Chronic	NR	Hospital ^T	Home ^P
Kato et al., (2015)	II	5	5	4/6	24~83	Sub-Acute Chronic	1/4	Hospital ^T	Home ^P
Krpic, Savanovic & Cikajlo (2013)	II	6	9	15/11	58.5~63.0	Sub-Acute Chronic	13/13	Hospital ^T	Home ^P
Cikajlo et al., (2012)	II	6	14	3/3	58.5~61.0	Sub-Acute	3/3	Hospital ^T	Home ^P

^TTherapist, ^PPatient, NR = “not reported”.

Table 3. Summary of Included Studies

Author(yr)	Intervention	Time of intervention	Main Outcome
Lloréns et al., (2015)	A motion(sensing input device)+conventional physical therapy+Tele vs A motion-sensing input device+conventional physical therapy	20session /3day a week/45min	BBS**, BBA**, SUS, IMI POMA-G**, POMA-B*
Housman et al., (2009)	T-WREX(Vu Therapy games)+Tele vs Conventional tabletop(shoulder strengthening exercise)	8week/3day a week/60min	FM**†, MAL(QOM)**, RS*
Piron et al., (2009)	3D motion tracking system(arm movements)+Tele vs Conventional Physical Therapy(Upper Limb exercises, Postural control)	1month/5day a week/60min	FM*†, MAS*, ABILHAND*
Piron et al., (2008)	3D motion tracking system(arm movements)+Physical Therapy+Tele vs 3D motion tracking system(arm movements)+Physical Therapy	1month/5day a week/60min	FM*†, QR
Kato et al., (2015)	3D Image(Upper Limb, Balance Training)+Tele vs 3D Image(Upper Limb, Balance Training)	20day/10session	Shoulder, Elbow angles ^a , Upper Limb reaching ^a , Balance ^a
Krpic, Savanovic & Cikajlo, (2013)	Tele-virtual Reality Balance Training+Tele vs Conventional Balance Training vs Balance Training with a Balance Trainer	3week/5day a week/15min vs 4week/5day a week/45min vs 4week/5day a week/20min	BBS*, TUG*, 10m WT*
Cikajlo et al., (2012)	Virtual Reality Balance Trainer+Tele vs Balance Trainer+Physical Therapy	3week/5day a week/20min vs 4week/5day a week/45min	BBS*, TUG*, 10m WT*, SUE*, SAE*

Abbreviations: ABILHAND, ABILHAND scale; BBA, Brunel Balance Assessment; BBS, Berg Balance Scale; FM, Fugl-Meyer Assessment; IMI, Intrinsic Motivation Inventory; MAL, Motor Activity Log; MAS, Modified Ashworth Scale; POMA-B, Performance-Oriented Mobility Assessment balance; POMA-G, Performance-Oriented Mobility Assessment gait subscale; QR, Questionnaire responses; ROM, Range Of Motion; RS, Rancho speed; SAE, Standing Affected Extremity; ShS, Shoulder flexion strength; SUE, standing on the unaffected; Tele, Tele-rehabilitation; SUS, System Usability Scale; TUG, Timed Up & Go; T-WREX, Therapy Wilmington Robotic Exoskeleton; 10m WT, 10-m walk test.

* $p < .05$, ** $p < .01$, † $p < .05$. (The difference between groups), ^aValues are given as means \pm standard deviations

IV. 고찰

본 연구는 뇌졸중 환자에서 가상현실 기반의 원격재활 시스템을 적용한 연구들을 체계적인 고찰을 통하여 중재 방법 및 효과, 그리고 해외의 우수 사례를 소개하고 근거를 제공하고자 하였다. 최근 정보통신기술 발달로 국외 선진국에서는 원격재활 서비스가 임상적으로 실제 적용되고 있으며, 재활분야에서 신체적 어려움과 접근성의 문제로 양질의 서비스를 제공받기 어려운 대상자를 위해 가상현실 시스템을 결합하여 임상에서 활용되고 있다. 뇌졸중 환자에게 병원시설에서 적용하는 가상현실 기반의 중재방법이 원격재활을 통하여 퇴원 후 가정에서도

운동 수행능력에 효과적인 결과를 확인 할 수 있었다 (Piron et al., 2009).

현재 국내 원격의료 서비스 시스템은 일반인을 대상으로 수준 높은 서비스를 제공하고 있지만, 장애인들의 특성에 맞는 적용을 위해서는 서비스 체계 그리고 시스템 구축, 현실적으로 원격재활 도입을 위한 전문 인력, 관련 교육, 사용하기 익숙한 장비 활용 등이 고려되어야 한다(National Rehabilitation Center Research Institute, 2010). 국내 만성 뇌졸중 환자에게 휴대전화를 통하여 원격재활 시스템을 적용한 연구는 치료사가 효과적인 수행 횟수와 강도 조절이 가능했으며, 이는 상지기능과 균형감각, 일상생활 수행능력이 통계적으로 유의한 결

과를 보였다(Han et al., 2012). 이러한 원격재활은 지역 사회의 가정환경에서 치료사와 함께 효과적인 재활 서비스를 제공할 수 있는 기회를 제공할 수 있는 중재방법이 될 수 있지만, 현재까지 국내에서 적용한 연구 부족으로 기초적 자료를 마련하기 위해 지속적인 관련 연구가 필요하다.

재활분야에서 가상환경을 통한 접근은 중추신경계의 운동학습을 촉진하기 위해 시각적 정보를 활성화하는데 기반을 두고 있다(Piron et al., 2009). 뇌졸중 환자에게 가상현실 기반의 중재 효과는 일반적인 치료와 동일한 상지의 기능적인 움직임과 일상생활 수행능력에 향상을 촉진할 수 있었다(Laver, George, Thomas, Deutsch & Crotty, 2012). 이러한 재활 서비스는 환자의 환경적 특성과 치료비용, 치료 횟수 감소 등의 문제를 고려해 적절한 재활 서비스의 제공이 요구된다(Lange et al., 2009).

가상현실 기반의 원격재활을 중재방법으로 사용한 연구들을 비교한 결과 균형 및 보행, 상지 기능에 효과적인 결과를 보이고 있으며, 온전한 가상현실 프로그램만을 수행하는 것보다 지역사회 시설에서 정기적으로 재활치료를 병행하는 것이 효과를 더 극대화 할 수 있었으며(Lloréns et al., 2015), 고찰한 연구들이 대부분 신체의 근위부와 대근육 중심으로 실시된 중재가 대다수였다.

모든 연구의 효과는 만성기와 아급성기 뇌졸중 환자에게 나타났다. 본 연구에 포함된 연구 중 대부분 만성기 뇌졸중 환자가 포함된 연구가 많았으며, 만성기와 아급성기 뇌졸중 환자를 같이 포함시킨 연구는 3편이었다. 하지만 만성기와 아급성기 간의 결과의 차이의 분석은 이루어지지 않았다. 그리고 적은 수의 아급성기 뇌졸중 환자의 중재 효과는 통계적으로 유의하게 향상된 연구가 있었으며(Cikajlo et al., 2012), 이러한 결과는 아급성기의 뇌졸중 환자에게도 가상현실 기반의 원격재활 중재에 대한 가능성을 보이고 있다. 또한 대부분 만성기 뇌졸중 환자가 참여한 연구의 중재 효과는 균형감각과 상지의 운동능력 그리고 일상생활 수행능력에 통계적으로 유의하게 향상되었다(Lloréns et al., 2015; Housman et al.,; Piron et al., 2009; Piron et al., 2008). 이는 지역사회 재활치료 중에서 전통적인 재활치료와 함께 가상현실 기반의 원격재활 시스템의 적용이 치료 효과를 극대화 시키거나 지속적인 관리가 가능한 것으로 나타났다.

일반적으로 뇌졸중 환자는 독립적인 일상생활 활동을 수행하기 위해서 발병 이후 상지 운동능력의 기능 수준

이 중요한 요소가 된다(Cho, 2005). 포함된 대상 연구에서 일상생활 수행능력을 평가한 2편의 연구 중 Piron 등(2009)은 AbILHAND를 통해 전체의 연구기간 동안 중재 효과는 작지만 지속적으로 개선된 결과를 가질 수 있었으며, MAL를 통하여 상지의 향상된 기능으로 움직임의 질적인 부분에서 향상된 연구도 있었다(Housman et al., 2009). 이러한 결과는 일반화하기 적은 수의 연구 결과이지만, 국내 적용을 위해서 문화적 배경과 가정환경, 개개인의 특성에 맞는 지역사회 전문 인력과 함께 시스템 구축을 위한 많은 지원이 필요할 것이다. 그리고 지역사회에서 클라이언트의 환경을 중심으로 지속적인 중재와 반복성, 작업 특이성을 통하여 신경학적인 회복과 함께 일상생활의 복귀를 위한 효과적인 중재 방법이 검증되어 시행되어야 할 것이다.

가상현실 기반의 원격재활 중재가 시설기반의 중재와 비교해 차이가 없었다. 하지만 자기관리와 함께 지역사회에서 저비용과 환경적 특이성, 공간의 제약성을 해소할 수 있는 방법으로 지역사회 기반의 서비스와 연계한 가상현실 기반 원격재활 중재, 전문 인력 등의 관리를 통하여 효과적인 신경학적 변화를 활성화 시킬 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다. 그리고 이러한 중재 방법은 사용하기 쉬운 시스템과 동기부여를 통하여 클라이언트에게 중재에 대한 참여도를 이끌어 낼 수 있다(Lloréns et al., 2015; Piron et al., 2009). 또한 가정환경에서 더 많은 환자를 대상으로 지속적인 재활 서비스의 중재 효과를 기대할 수 있으며, 치료사는 물리적인 노동의 피로감을 감소시킬 수 있는 장점이 있다(Cikajlo, 2014; Krpic et al., 2013).

현재 국내에서 가상현실 프로그램을 적용한 연구는 Kim, Oh, Lee와 Ahn (2011)의 스포츠 게임을 적용하여 뇌졸중 환자의 기능회복에 대한 효과와 가능성을 보였으며, 현재까지 관련 연구는 지속적으로 이루어지고 있다(Heo et al., 2016; Song, Ryu & Park, 2016; Lee, Kim & Song 2012). 그리고 원격재활 시스템은 휴대전화 및 라이브캠을 이용한 원격통신을 적용한 연구가 이루어졌지만, 재활분야에서 관련 연구는 부족한 실정이다(Lee, Kim, Kwon, Cho & Lee 2016; Han et al., 2012). 국내에서는 가상현실 프로그램과 원격재활 시스템을 복합적으로 시도하는 연구는 전무한 실정이며, 앞으로 다각적 중재 프로그램 개발과 중재방법을 통하여 그 효과를 검증하고 대중화 시킬 수 있는 방법을 고안해야 할 것이다.

가상현실을 통한 원격재활 중재는 가정환경에서 영상을 통하여 시각 및 청각적 감각입력으로 감각과 운동 피드백을 제공하여 클라이언트의 신경학적 변화를 촉진하였다. 이는 다수의 연구들을 통하여 중재효과가 입증되었으며, 중재 방법에 따른 효과는 회복뿐만 아니라 지속적인 건강관리 등의 가능성을 체계적 고찰을 통해 알 수 있었다. 하지만 국외의 연구 사례에 비해 국내 실정에 맞는 연구 사례가 이루어지지 못하고 있으며, 중재 효과에 대해 명백한 근거를 위해서는 관련된 선행연구의 부족과 연구간 집단의 규모 등의 제한점으로 다양한 연구 사례가 필요하다.

본 연구는 국외에서 지역사회를 배경으로 적용하고 있는 가상현실 기반의 원격재활에 대한 중재를 분석하였고, 중재 방법과 효과 그리고 가능성을 제시하였다. 이러한 중재 효과에 대한 근거는 국내 환경에서 적용한 사례가 없어 국내 실정에 적용하기에 제한적임을 시사한다. 그러나 산업발달에 따른 가상현실 프로그램과 원격재활 시스템을 복합적으로 적용한 국외 연구 사례를 통하여 국내 지역사회 배경으로 실시하는 가상현실 기반의 원격재활의 정보 제공과 가능성을 제시하고자 하였다.

V. 결 론

본 연구는 가상현실 기반의 원격재활에 대한 중재효과에 대해 체계적 고찰을 통해 연구 중재의 특성과 중재 효과, 그리고 국내 지역사회에서 임상적 적용에 대한 근거와 가능성을 제시하였다. 최근 재활분야에서 가능성을 보이고 있는 가상현실과 환경적 특이성을 보완할 수 있는 원격재활을 통해 뇌졸중 환자에게 상지기능과 기능적인 보행을 위해 균형감각 그리고 일상생활의 독립성을 위한 중재 방법으로 적용하고 있었다. 가상현실 기반의 원격재활 서비스는 뇌졸중 환자에서 신체 기능향상과 일상생활 활동에 도움이 되고 있었으며, 이러한 중재방법은 신경학적 변화를 활성화시켜 기능적인 움직임에 많은 가능성을 보이고 있다. 앞으로의 연구에서는 다양한 질환을 대상으로 가상현실 기반의 원격재활 시스템을 활용하여 효과 검증과 다양한 재활 프로그램의 개발과 같은 연구가 필요하다. 또한 원격재활 시스템은 환경적 특이성을 보완할 수 있지만, 효과적인 국내 적용을 위해서는 지역사회의 재활 전문 인력, 재정적 자원, 물적 지원 그리

고 정책적으로 지원도 필요할 것이다.

REFERENCE

- Anderson, C., Mhurchu, C. N., Brown, P. M., & Carter, K. (2002). Stroke rehabilitation services to accelerate hospital discharge and provide home-based care. *Pharmacoeconomics*, 20(8), 537-552.
- Arbesman, M., Scheer, J., & Lieberman, D. (2008). Using AOTA's critically appraised topic (CAT) and critically appraised paper (CAP) series to link evidence to practice. *OT PRACTICE*, 13(5), 18-22.
- Brennan, D., Tindall, L., Theodoros, D., Brown, J., Campbell, M., Christiana, D. et al. (2010). A blueprint for telerehabilitation guidelines. *International Journal of telerehabilitation*, 2(2), 31.
- Cho, Y. N. (2005). *The Comparison of Upper Extremity's Motor Function Characteristics according to the Mirror Movements in Hemiparetic Patients with Stroke*. published master's thesis, Daegu University, Daegu.
- Cikajlo, I. (2014). Concept of the Diagnostic Tool for Balance Telerehabilitation of Subjects with Stroke. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 34(4), 319-326. DOI: 10.5405/jmbe.1363.
- Cikajlo, I., Rudolf, M., Goljar, N., Burger, H., & Matjačić, Z. (2012). Telerehabilitation using virtual reality task can improve balance in patients with stroke. *Disability and rehabilitation*, 34(1), 13-18.
- Deeks, J. J., Higgins, J. P. T., Altman, D. G., Higgins, J. P. T., & Green, S. (2016). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1. 0* (updated March 2011) The Cochrane Collaboration; 2011.
- Golomb, M. R., McDonald, B. C., Warden, S. J., Yonkman, J., Saykin, A. J., Shirley, B. et al. (2010). In-home virtual reality videogame telerehabilitation in adolescents with hemiplegic cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 91(1), 1-8.
- Gutiérrez, R. O., Galán del Río, F., Cano de la Cuerda,

- R, Diego, A., Isabel, M., González, R. A. et al. (2013). A telerehabilitation program by virtual reality-video games improves balance and postural control in multiple sclerosis patients. *NeuroRehabilitation*, 33(4), 545-554.
- Han, S. H., Kim, D. I., Kim, J. H., Park, A. R., Park, C. H., Lee, B. M. et al. (2012). Effect of Telerehabilitation Using Mobile Phone on Motor Function Recovery in Chronic Stroke Patients. *The Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, 20(3), 67-79.
- Heo, S. Y., Lee, H. J., Ham, A. H., Kim, Y. N., Jeong, S. N., & Kim, K. M. (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.
- Holden, M. K., Dyar, T. A., & Dayan-Cimadoro, L. (2007). Telerehabilitation using a virtual environment improves upper extremity function in patients with stroke. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 15(1), 36-42.
- Housman, S. J., Scott, K. M., & Reinkensmeyer, D. J. (2009). A randomized controlled trial of gravity-supported, computer-enhanced arm exercise for individuals with severe hemiparesis. *Neurorehabilitation and neural repair*, 23(5), 505-514.
- Kato, N., Tanaka, T., Sugihara, S., & Shimizu, K. (2015). Development and evaluation of a new telerehabilitation system based on VR technology using multisensory feedback for patients with stroke. *Journal of physical therapy science*, 27(10), 3185.
- Kim, J. H., Oh, M. H., Lee, J. S., & Ahn, H. S. (2011). The Effects of Training Using Virtual Reality Games on Stroke Patients' Functional Recovery. *The Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, 19(3), 101-114.
- Kleim, J. A., & Jones, T. A. (2008). Principles of experience-dependent neural plasticity: implications for rehabilitation after brain damage. *Journal of speech, language, and hearing research*, 51(1), S225-S239.
- Krpic, A., Savanovic, A., & Cikajlo, I. (2013). Telerehabilitation: remote multimedia-supported assistance and mobile monitoring of balance training outcomes can facilitate the clinical staff's effort. *International Journal of Rehabilitation Research*, 36(2), 162-171.
- Kuipers, P., & Doig, E. (2010). *Community-based rehabilitation*. International Encyclopedia of Rehabilitation. Available online: <http://cirrie.buffalo.edu/encyclopedia/en/article/362>.
- Kwakkel, G. (2006). Impact of intensity of practice after stroke: issues for consideration. *Disability and rehabilitation*, 28(13-14), 823-830.
- Lange, B., Flynn, S. M., & Rizzo, A. A. (2009). Game-based telerehabilitation. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 45(1), 143-51.
- Laver, K., George, S., Thomas, S., Deutsch, J. E., & Crotty, M. (2012). Virtual reality for stroke rehabilitation. *Stroke*, 43(2), e20-e21.
- Law, M. C., & MacDermid, J. (2008). *Evidence-based rehabilitation: A guide to practice*. Thorofare, NJ: Slack.
- Lee, H. Y., Kim, H., Kwon, H. C., Cho, Y. N., & Lee, S. W. (2016). Effects of the Distant Action-Observation Training Program on Function Restorations of Chronic Stroke Patients. *The Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, 24(1), 1-13.
- Lee, J. M., Kim, D. H., & Song, S. I. (2012). The Effects of Virtual Reality Program on Fall Efficacy and Activities of Daily Living For Patients with Stroke. *The Journal of Korean Society of Community Based Occupational Therapy*, 2(2), 25-35.
- Lloréns, R., Noé, E., Colomer, C., & Alcañiz, M. (2015). Effectiveness, usability, and cost-benefit of a virtual reality -based telerehabilitation program for balance recovery after stroke: a randomized controlled trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 96(3), 418-425.

- National Rehabilitation Center Research Institute.
(2010). *A Basic Study for the Introduction of Institutional and Technical of Tele-Rehabilitation Treatment for the Disabled*. Seoul: National Rehabilitation Center.
- Piron, L., Turolla, A., Agostini, M., Zucconi, C., Cortese, F., Zampolini, M. et al. (2009). Exercises for paretic upper limb after stroke: a combined virtual-reality and telemedicine approach. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 41(12), 1016-1020.
- Piron, L., Turolla, A., Tonin, P., Piccione, F., Lain, L., & Dam, M. (2008). Satisfaction with care in post-stroke patients undergoing a telerehabilitation programme at home. *Journal of telemedicine and telecare*, 14(5), 257-260.
- Popescu, V. G., Burdea, G. C., Bouzit, M., & Hentz, V. R. (2000). A virtual-reality-based telerehabilitation system with force feedback. *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, 4(1), 45-51.
- Rizzo, A. A., Strickland, D., & Bouchard, S. (2004). The challenge of using virtual reality in telerehabilitation. *Telemedicine Journal & E-Health*, 10(2), 184-195.
- Schultheis, M. T., & Rizzo, A. A. (2001). The application of virtual reality technology in rehabilitation. *Rehabilitation psychology*, 46(3), 296.
- Song, S. I., Ryu, S. H., & Park, S. J. (2016). The Effects of Virtual-Reality Game on Stress and Flow for Stroke Patients. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, 55(1), 355-370.

Abstract

A Systematic Review on the Effects of Virtual reality-based Telerehabilitation for Stroke Patients

Lim, Young-Myoung, M.P.H.*, O.T., Lee ji-Yong, M.P.H., O.T.*,
Jo, Seong-Jun, M.P.H., O.T.*, Ahn Ye-Seul, M.P.H., O.T.*, Yoo, Doo-Han, Ph.D., O.T.**

*Dept. of Occupational Therapy, The Graduate School of Konyang University

**Dept. of Occupational Therapy, Konyang University

Objective : The purpose of this study was to examine the effect of virtual reality-based remote rehabilitation on stroke patients systematically and to look for its effect and how to apply it domestically.

Methods : In order to search data, EMBASE and CINAHL database were used. Relevant research used those terms of virtual reality, telerehabilitation, and stroke. A total of 10 studies satisfying the selection criteria was analyzed according to their qualitative level, general characteristics, and PICO method.

Results : Based on the selected 10 studies, virtual reality-based telerehabilitation system was applied. Sensory and motor feedback was provided with inputting visual and auditory senses through a video in the home environment, and it stimulated changes in the client's nervous system. Tools to measure the results were upper extremity function, balance and gait, activities of daily living, etc. Those virtual reality-based telerehabilitation method had an effect on upper extremity function and ability of sense of balance in all studies, and on the activities of daily living partially. Telerehabilitation service to make up environmental specificity improved satisfaction of client. That meant the effect of the intervention to maintain the function.

Conclusion : The virtual reality-based telerehabilitation system was applied to upper extremity function, sense of balance, and activities of daily living largely, and it showed that it helped to improve functions through intervention, supervision, and training of therapist in the home environment as well. This study suggests the basis and possibility of clinical application on virtual-reality based telerehabilitation. Additional research is needed to diverse virtual reality intervention methods and the effect of telerehabilitation in the future.

Key Words : Stroke, Systematic Review, Telerehabilitation, Virtual Reality