

만성 뇌졸중 환자의 상지기능 향상을 위한 몰입형 가상현실과 비몰입형 가상현실 중재효과

한솔*, 유은영**, 김종배**, 박지혁**

*네오팩트 기술전략센터 선행기술리서치팀 연구원

**연세대학교 소프트웨어디지털헬스케어융합대학 작업치료학과 교수

국문초록

목적 : 본 연구는 몰입형 가상현실과 비몰입형 가상현실 두 가지 형태의 가상현실 기기를 이용한 중재가 만성 뇌졸중 환자의 상지기능 향상에 미치는 효과를 알아보고자 하였다.

연구방법 : 연구 대상은 뇌졸중 발병 후 6개월 이상인 편마비 환자 3명이었다. 연구설계는 단일대상실험연구(single-subject research design)인 AB 디자인과 교차 연구설계(alternating design)를 사용하였다. 중재효과를 측정하기 위한 상지기능 평가는 Box and Block Test와 Fugl-Myer Assessment를 사용하였고, 연구진행은 기초선 4회, 중재 기간 16회를 포함하여 총 20회기를 진행하였다. 연구결과는 시각적 그래프와 2SD 구간을 설정하여 분석하였다.

결과 : 연구결과는 비몰입형과 몰입형 가상현실 중재법 모두 기초선과 비교하여 Box and Block Test, Fugl-Myer Assessment 점수가 확연히 증가하였다. 그러나 비몰입형 가상현실 중재와 몰입형 가상현실 중재 간의 의미있는 차이는 발견할 수 없었다.

결론 : 본 연구는 몰입형 가상현실을 이용한 중재가 비몰입형 가상현실을 이용한 중재와 같이 만성 뇌졸중 대상자의 상지기능 향상에 긍정적인 효과를 줄 수 있다는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 만성 뇌졸중 대상자들의 상지기능 향상을 목표로 하는 임상현장에서 가상현실 중재와 연구에 유용한 자료가 될 것이라 사료된다.

주제어 : 뇌졸중, 몰입형 가상현실, 비몰입형 가상현실, 상지기능

I. 서론

뇌졸중이란 뇌혈관 일부의 출혈 혹은 허혈로 인하여 뇌가 손상되어 나타나는 신경학적 증상을 말한다(Kim, 1999). 뇌졸중은 국내사망의 주요 원인이며, 생존자의

대부분도 다양한 후유증으로 인한 장기간의 재활치료를 요하기 때문에 환자 본인뿐만 아니라 가족과 사회의 부담이 큰 질환이다(Mozaffarian et al., 2016). 뇌졸중으로 인한 후유증에는 운동장애, 감각 이상 및 소실, 언어장애, 연하곤란, 인지장애 등의 다양한 증상이 있다(Kim,

ORCID: Han Soul, <http://orcid.org/0000-0001-9839-6047>

Corresponding author: Yoo, Eun-Young (splash@yonsei.ac.kr/Dept. of Occupational Therapy, College of Software and Digital Healthcare Convergence, Yonsei University)

Received 12 May 2023; Revised version received 29 July 2023; Accepted 30 July 2023

1999). 이 중 뇌졸중 환자의 일상생활 활동을 방해하는 상지기능 장애는 뇌졸중 초기 환자군에서 약 85% 발견되고, 발병 후 6개월이 지난 만성 환자에서도 65% 이상이 상지기능 장애를 동반하는 것으로 조사되었다(Feys et al., 1998). 뇌졸중 환자의 상지기능 장애는 기본적인 일상생활은 물론 사회참여를 저해하며 이는 뇌졸중 환자의 삶의 질 저하로 이어진다(Stevens & Stoykov, 2003; Suh, 2010).

뇌졸중 환자의 상지의 기능 향상을 위한 중재법으로는 강제유도 운동치료, 거울치료, 양측성 상지훈련, 동영상 관찰훈련, 과제지향적 훈련 등의 다양한 접근법이 사용되고 있다(Kim & Han, 2017; Rivas, Doussoulin, Salz, Blanton, & Rivas, 2015; Yoon & Kim, 2015). 이와 같은 중재들은 뇌졸중 환자의 마비된 상지 사용빈도를 높여 상지기능 장애를 극복하고 중추신경계의 신경망을 변화시켜서 상지기능의 향상을 도모한다(Deutsch, Merians, Adamovich, Poizner, & Burdea, 2004). 많은 선행연구들이 강제유도 운동치료, 거울치료 등의 기존 중재가 뇌졸중 환자의 상지기능 향상에 긍정적인 영향을 주는 것으로 보고되었으나 각 중재가 가지는 공간의 제약성, 활동 및 난이도 선택의 제한 등을 중재의 한계점으로 지적하고 있다(Halton, 2008). 특히 만성 뇌졸중 환자의 경우에는 대부분의 재활치료에 오랜 시간이 소요되는데, 기존의 중재들은 단조로운 동작의 반복으로 인하여 지속적으로 재활치료에 대한 동기를 유지시키기 어렵다는 한계를 가지고 있다(Levanon, 2013). 작업치료는 치료 대상자의 병원 내 재활치료뿐만 아니라 전생애에 걸친 작업의 회복을 궁극적인 목표로 하는 만큼 급성기와 아급성기를 지나 만성기의 대상자를 위해 재활에 대한 동기를 지속적으로 유지할 수 있는 중재가 필요하다(Guidali et al., 2011).

최근 기술의 발전과 함께 등장한 가상현실을 이용한 재활치료는 환자들의 집중력을 높이고 흥미를 유발시켜 기능 향상에 긍정적인 효과가 있음이 증명되고 있다(Kim, Kang, & Lee, 2010). 제한적인 환경 속에 속해 있는 환자들에게는 가상현실이라는 새로운 기술과 환경은 재활치료의 흥미와 동기를 높이는 요소로 작용하고 있다(Kim, 2014). 또한 이러한 가상현실을 기반으로 한 중재법들은 클라이언트의 상황에 맞게 가상 환경과 활동

수준을 적절하게 조절할 수 있다(Lohse et al., 2014). 가상현실을 이용한 중재는 치료의 흥미나 재미 높여주는 것 뿐만 아니라 뇌졸중 후 운동기능의 재학습과 관련하여 현실과 유사하거나 현실보다 더욱 증강된 현실감을 제공하여 훈련의 효과를 상승시킬 수 있다(Johansson, 2011; Lohse et al., 2014).

가상현실 환경은 몰입의 형태에 따라 크게 비몰입형 가상현실, 반몰입형 가상현실, 몰입형 가상현실로 분류된다(Kim & Park, 2013). 즉 일반적으로 모니터 등을 이용한 2차원적인 환경은 비몰입형 가상현실에 해당하고, 3차원의 입체적 표현이 가능한 환경은 반몰입형에 해당되며, 머리의 움직임에 따라 시야가 달라지도록 설정이 가능한 환경은 완전몰입형에 해당한다(Kim & Park, 2013; Park, Kim, Bae, & Choi, 2021). 가상현실 환경을 이용한 중재에서 몰입은 이용자들이 가상의 환경을 실제의 환경과 동일하게 느낄 수 있게 해주는 가장 중요한 요소이다(Leem & Woo, 2016). 몰입은 서비스에 대한 신뢰도를 향상 시키고, 학습에 대한 적응력과 성취수준에도 긍정적인 영향을 주는 것으로 보고되었다(Lee, 2011). 최근 가상현실 재활치료 영역에서는 다양한 기술의 진보에 따라 몰입형 가상현실을 이용한 연구가 점차 증가하고 있다(Kim & Kim, 2015). Song, Ryu와 Park(2016)의 연구에 따르면 몰입형 가상현실 중재는 뇌졸중 환자의 스트레스를 감소시키는데 유의미한 효과가 있었다. Kim 등(2016)의 선행연구에서도 몰입기반의 재활치료가 뇌졸중 환자의 기능 향상에 통계적으로 유의미한 효과가 있었다는 결과를 통해 높은 몰입감을 통한 중재가 임상에서도 유용함을 입증하였다.

위와 같이 재활치료 현장에서 몰입의 중요성이 강조되고 기술이 발전하였음에도 불구하고 실제 뇌졸중 환자들을 대상으로 가상현실 중재의 효과성을 확인하고자 한 연구의 대부분은 비몰입형 가상현실을 이용한 연구이다(Laver, George, Thomas, Deutsch, & Crotty, 2015). 몰입형 가상현실을 이용한 연구가 비몰입형 가상현실을 이용한 연구에 비해 부족한 데에는 상대적으로 우수한 비몰입형 가상현실 기기의 접근성과 초기 몰입형 가상현실 기기의 낮은 해상도, 부족한 구동률 그리고 그로 인한 가상현실 멀미 등을 원인으로 들 수 있다(Ryu & Yu, 2016). 하지만 몰입형 가상현실은 최근 기술의 진보로

인해 해상도, 구동률, 가상현실 멀미 등의 제한점을 해결해 나가며 보다 현실감 있고 실제감 있는 가상의 환경을 제공하고 있다(Lee, 2017).

4차 산업혁명의 시대를 맞이하여 관광, 의료, 교육 등의 다양한 분야에서는 이미 향상된 기술의 몰입형 가상현실을 이용한 콘텐츠들이 개발되고 있다. 가격과 복잡한 세팅 방법 등 일부 접근에 제약이 존재하는 몰입형 가상현실 기기이지만 뇌졸중 대상자들의 새로운 치료에 대한 높은 흥미도와 몰입감을 이용한 치료효과의 향상을 위하여 작업치료 영역에서도 몰입형 가상현실 중재가 임상적으로 효과적인지에 대한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구의 목적은 몰입의 차이가 있는 몰입형과 비몰입형 두 가지 형태의 가상현실 기기를 이용한 작업치료 중재가 만성 뇌졸중 환자의 상지기능 향상에 미치는 효과를 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 연세대학교 생명윤리심의위원회의 승인을 받고 진행하였다. 본 연구의 대상자는 강원도 원주시를 중심으로 병원, 보건소, 장애인 복지관 등의 홈페이지 게시판과 지역 내 뇌졸중 대상자들의 커뮤니티에 공지하여 모집하였으며, 모집한 대상자 중 다음의 선정기준에 부합하는 대상자를 대상으로 Virtual Reality(VR)을 이용한 시연회를 개최하여 가상멀미 정도를 확인하였다. 시

연회 후 대상자 본인과 보호자에게 연구의 목적, 일정, 훈련과 검사방법, 개인 정보 보호와 사진촬영에 대해 설명한 후, 서면으로 참여 동의를 받은 대상자를 대상으로 실험을 진행하였다.

본 연구의 대상자 선정기준은 다음과 같다.

- 1) 뇌졸중으로 인한 편마비 환자로 발병후 6개월 이상인 자
- 2) 시지각 및 인지기능에 문제가 없는 자
- 3) 잡기 및 놓기 등의 기본적인 손 기능과 어깨관절의 자발적 움직임이 가능한 자
- 4) 가상현실 멀미에 대한 민감도가 높지 않은 자
- 5) 연구 참여에 동의한 자

본 연구의 대상은 뇌졸중으로 인한 우측 편마비를 가지고 있는 3명의 성인이었으며, 일반적 특성 및 연구대상자의 기능은 Table 1과 같다. 연구대상자는 58~64세의 남성이었으며, 발병 기간은 4~10년이었다. 인지 및 시지각 기능은 정상군에 속해 있었고, 가상현실 멀미에 대한 반응 민감도가 높지 않아 몰입형 가상현실 중재를 적용하기에 적절하였고, 몰입형 가상현실 시연에서도 어지러움 등의 증상을 호소하지 않았다.

2. 연구설계

본 연구에서는 단일대상 실험 연구설계(single-subject research design)를 바탕으로 비몰입형 가상현실 중재와 완전몰입형 가상현실 중재가 만성 뇌졸중 환자의 상지

Table 1. General Characteristics

Classification	Participant1	Participant2	Participant3
Age	61	58	64
Gender	Male	Male	Male
Education(year)	12	12	16
Causes of stroke	Cerebral hemorrhage	Cerebral hemorrhage	Cerebral ischemia
Opposite side	Right side	Right side	Right side
Incubation period(year)	4	10	7
MMSE-K	26	30	27
MVPT-3	32	38	35

MMSE-K: Mini-Mental State Examination - Korea, MVPT-3: Motor - Free Visual Perception Test-3

기능 향상의 효과를 알아보기 위하여 AB 디자인과 교차 연구설계(alternating design)를 사용하였다. A는 기초선 기간으로 중재를 실시하지 않았고, B는 중재기간으로 비몰입형과 몰입형 가상현실 중재를 교대로 실시하였다.

3. 연구도구

1) Box and Block Test (BBT)

Box and Block Test(BBT) 평가는 1인치 크기의 블록을 한 쪽 상자에서 다른 쪽 상자로 옮기는 도구로 오른손과 왼손이 1분 동안 옮긴 블록의 개수를 점수로 한다. 본 도구의 오른손 검사-재검사 신뢰도는 $r = .98$ 이며, 왼손은 $r = .94$ 로 두 영역 모두 높은 검사-재검사 신뢰도를 보이고 있다(Cromwell, 1976). 검사자간 신뢰도 또한 오른손 $r = 1.00$, 왼손 $r = .99$ 로 매우 높게 보고되었다. 본 연구에서는 대상자의 환측 상지 민첩성을 평가하기 위하여 우세손에 관계없이 환측 손의 평가를 시행하였다.

2) Fugl-Meyer Assessment (FMA)

Fugl-Meyer Assessment(FMA)는 Fugl-Meyer 등(1975)이 뇌졸중 환자의 기능적인 회복을 평가하기 위하여 고안한 도구로 운동기능, 균형, 감각, 관절가동범위,

통증평가로 구성되어 있다. 운동기능 평가는 상지 66점, 하지 34점을 만점으로 하며 각 항목의 평가는 3점 척도로 점수가 높을수록 기능이 좋은 것을 의미한다. 본 도구는 높은 측정자 내 신뢰도($r = .99 \sim .99$)와 측정자 간 신뢰도($r = .98 \sim .99$)가 보고되었다(Gladstone, Danells, & Black, 2002). 본 연구에서는 상지 운동기능의 측정을 위해서 FMA의 상지 평가 중 어깨, 팔꿈치, 전완과 협응능력에 대한 평가만을 시행하였다. 그 이유는 가상현실 중재에 사용된 프로그램인 공 던지기, 다트 던지기, 공 굴리기, 고리 던지기 등이 어깨와 아래팔의 동작을 주로 이용하는 활동으로 중재후 이와 관련된 상지기능의 질적 변화를 검증하기 위하여 관련된 평가항목만을 사용하였다.

3) 가상현실 중재 도구

본 연구에서 사용한 가상현실 중재 도구는 비몰입형과 몰입형으로 구분하여 사용하였다(Kim & Park, 2013). 비몰입 가상현실 도구는 모니터를 통해 2차원적으로 정보를 제공하는 닌텐도 Wii(nintendo company ltd)를 사용하였고, 몰입형 중재도구로는 Head Mounted Display(HMD)를 사용하여 머리의 움직임에 따라 시야가 달라지도록 설정이 가능한 Sony PlayStation®VR(sony interactive entertainment korea inc)를 사용하였다.

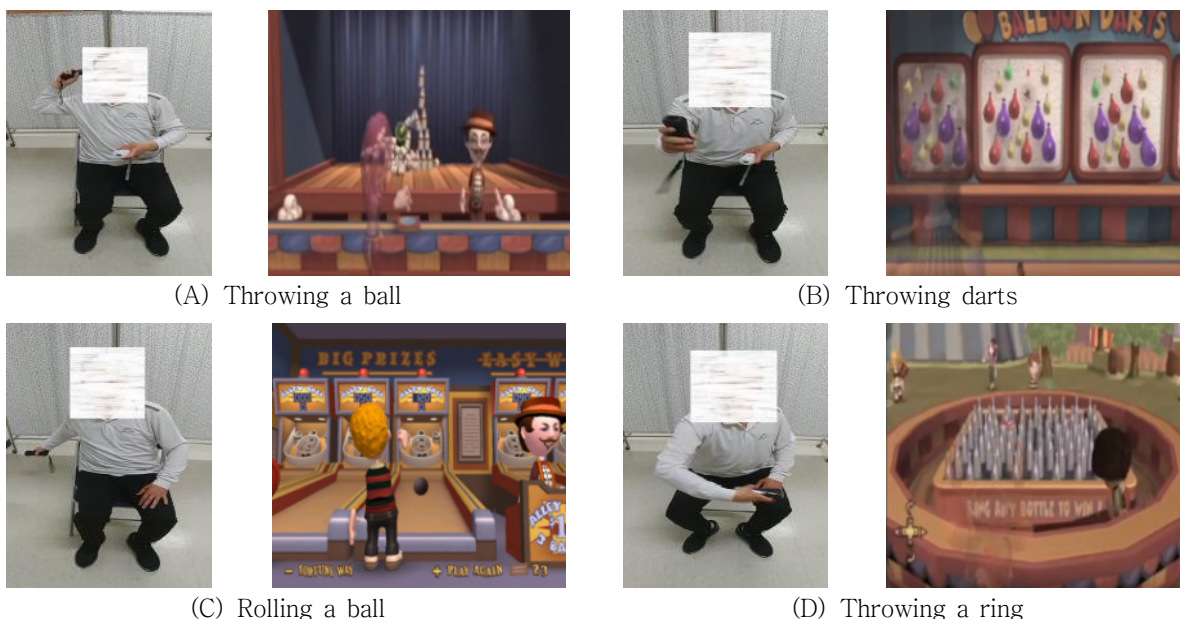


Figure 1. Non-Immersive Virtual Reality Mediation Program

(1) 비몰입형 가상현실 중재 도구(닌텐도 Wii)

본 연구에서 사용한 비몰입형 가상현실 기기는 일본 닌텐도사의 Wii(nintendo company ltd)이다. Wii는 비몰입형 가상현실 환경을 구현하는데 가장 많이 사용되는 도구로 모니터와 본체, 대상자의 움직임을 감지하기 위한 감지 센서 그리고 비몰입형 가상현실 환경과 상호작용하기 위한 리모컨과 눈차크로 구성되어 있다(Park et al., 2021). 비몰입형 가상현실 중재를 위한 프로그램은 Wii의 상용화된 소프트웨어인 카니발 게임을 이용하였고, 연구대상자의 안전과 기능을 고려하여 의자에서 할 수 있고, 환측 상지로 게임이 가능한 수준의 공 던지기, 다트 던지기, 공 굴리기, 고리 던지기 등의 4개의 프로그램을 선정하였다(Figure 1). 또한 위의 4개 프로그램의 동작을 분석한 결과 복잡한 동작을 요구하지 않으면서 어깨관절의 굴곡, 신전, 벌림, 회전 요소와 팔꿈치관절의 굴곡, 신전, 회전 등의 동작으로 구성되었고, 적절한 움직임

의 속도와 타이밍을 요구하기 때문에 뇌졸중 환자의 상지운동에 적절한 프로그램으로 판단하였다.

(2) 몰입형 가상현실 중재 도구(Sony PlayStation VR)

본 연구에서 사용된 몰입형 가상현실 기기인 Sony PlayStation®VR(Sony Interactive Entertainment Korea Inc, 2017)는 가상현실을 시각적으로 구현하는 HMD 기기이며 대상자의 움직임을 감지하는 카메라와 가상현실 내의 환경들과 상호작용을 위한 스틱으로 구성되어 있다(Figure 2). HMD 기기의 전후면에는 9개의 Light Emitting Diode(LED) 센서가 부착되어 기기를 착용한 사용자의 위치 및 움직임을 카메라가 추적할 수 있다. 추적한 머리 위치 및 움직임을 영상에 반영하기까지의 지연 시간을 최대한 단축함으로써 플레이어의 움직임에 맞는 가상현실 환경의 체험을 실현하고 있으며 120fps의 영상 출력력을 통하여 기기를 사용하는 대상자가 가상현실 체험



Figure 2. Sony PlayStation®VR Tool



(A) Throwing a ball



(B) Throwing darts



(C) Rolling a ball



(D) Throwing a ring



Figure 3. Immersive Virtual Reality Mediation Program

으로 인하여 겪는 멀미 등의 증상을 최소화 하고 있다.

본 연구에서 사용된 몰입형 가상현실 중재 프로그램은 Sony PlayStation®VR의 상용화된 프로그램인 카니발 게임을 비몰입형 가상현실과 동일하게 선정하였고, 같은 조건에서 중재가 가능하도록 공 던지기, 다트 던지기, 공을 굴리기, 고리를 던지기 등의 4개의 프로그램을 사용하였다(Figure 3).

4. 연구과정

본 연구는 기초선(A)과 중재과정(B)으로 진행되었다. 기초선 기간에는 중재를 시행하지 않고 1주일에 2회씩 2주일 동안 총 4회기의 BBT와 FMA 평가를 실시하였다. 중재기간에는 1주일에 3~4회씩 5주 동안 비몰입형 가상현실 중재 8회기, 몰입형 가상현실 중재 8회기 총 16회기를 교대로 실시하였다. 중재를 마친 후에는 기초선기간과 마찬가지로 대상자의 상지기능 평가를 위하여 BBT와 FMA 평가를 매회 실시하였다.

중재는 연구자가 직접 대상자들을 방문하여 1회기당 25분씩 시행하였다. 중재 종류는 2회기에 한 번씩 동전 던지기를 통하여 당일에 진행할 가상현실 중재의 종류를 결정하였고, 다음 회기에는 다른 종류의 중재를 교차하여 적용하였다. 비몰입형 가상현실 중재의 적용은 공 던지기, 공 굴리기, 다트 던지기, 고리 던지기의 순서로 진행하였으며 4가지의 콘텐츠를 모두 수행하도록 하였다. 몰입형 가상현실 중재는 중재를 시작하기에 앞서 5분 동안 중재에 사용하지 않는 다른 가상현실 콘텐츠를 이용하여 대상자의 당일 컨디션이 몰입형 가상현실 중재를 수행하기에 적절한지 확인하였다. 대상자가 가상현실 멀미의 증상을 호소하지 않고 스스로 중재를 할 수 있는 상태라고 이야기하였을 때 중재를 시작하였다. 몰입형 가상현실 중재도 비몰입형 가상현실 중재와 동일한 순서대로

로 4가지의 콘텐츠의 게임을 모두 수행하도록 하였다.

비몰입형과 몰입형 가상현실 중재 중에는 환자의 낙상을 예방하기 위하여 모두 앉아서 시행하였고, 연구자가 환자의 옆에서 항상 대기하였다.

5. 연구분석

본 연구에서는 각각의 수행을 회기별로 기록하여 시각적 그래프를 통해 결과를 분석하였다. BBT, FMA의 점수변화는 그래프와 기초선 기간에 평가된 점수들의 2 Standard Deviation(SD) 밴드를 점선으로 표시하여 변화의 양상을 확인하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. BBT 점수의 변화

BBT의 각 시기별 점수는 Table 2과 Figure 4에 각 대상자별로 제시하였다. 대상자 1은 기초선 기간 동안 평균 4.25개의 블록을 옮겼고, 비몰입형 가상현실 중재를 시행한 회기에는 평균 10.25개로 기초선 기간에 비하여 141.2%의 증가를, 몰입형 가상현실 중재를 시행한 회기에는 평균 10.38개로 144.2%의 증가를 보여주었다, 대상자 2는 기초선 기간 동안 평균 24.75개의 블록을 옮겼고, 비몰입형 가상현실 중재를 시행한 회기에는 평균 37.13개로 기초선 기간에 비하여 50.0%의 증가를, 몰입형 가상현실 중재를 시행한 회기에는 평균 37.88개로 53.7%의 증가를 보여주었다. 대상자 3은 기초선 기간 동안 평균 3.00개의 블록을 옮겼고, 비몰입형 가상현실 중재를 시행한 회기에는 평균 10.13개로 기초선 기간에

Table 2. Average BBT Scores of Participants

(Unit: Items)

	Baseline Score (SD)	Non-Immersive VR Score (SD)	Immersive VR Score (SD)
Participant1	4.25 (0.83)	10.25 (1.39)	10.38 (1.11)
Participant2	24.75 (3.49)	37.13 (3.44)	37.88 (3.48)
Participant3	3.00 (0.70)	10.13 (1.54)	10.75 (1.48)

VR:Virtual Reality, SD:Standard Deviation

비하여 237.7%의 증가를, 몰입형 가상현실 중재를 시행한 회기에는 평균 10.75개로 258.3%의 증가를 보여주

었다. 두 중재간의 BBT 점수의 차이는 보이지 않았다.

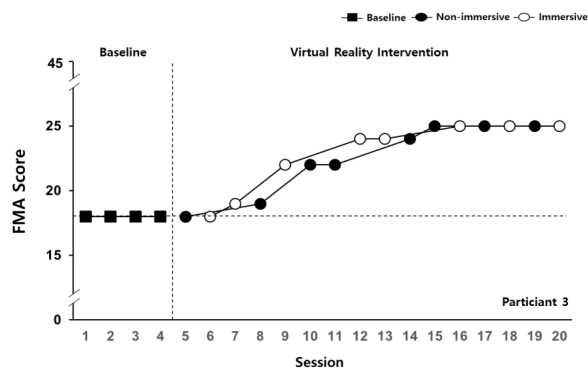
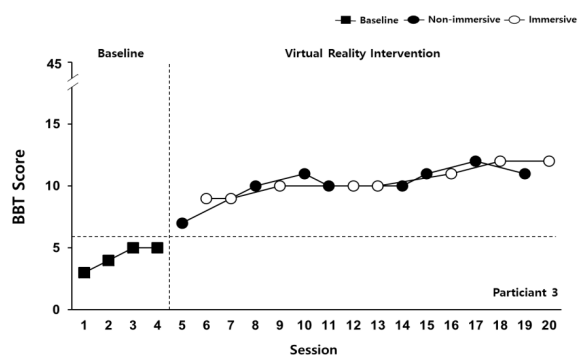
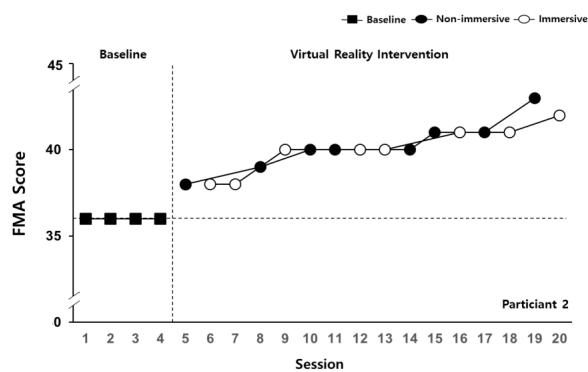
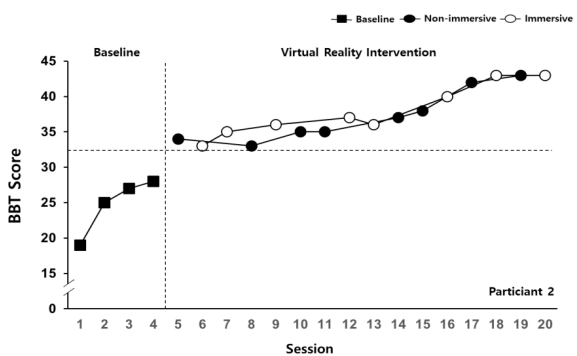
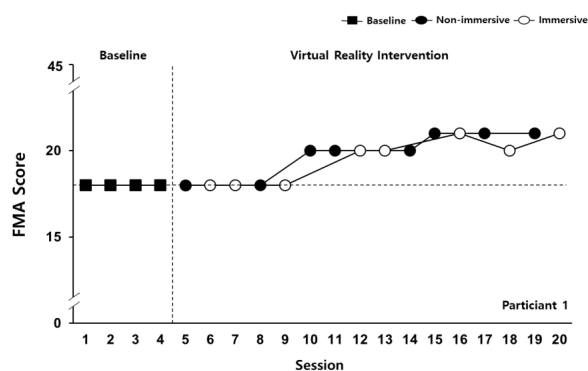
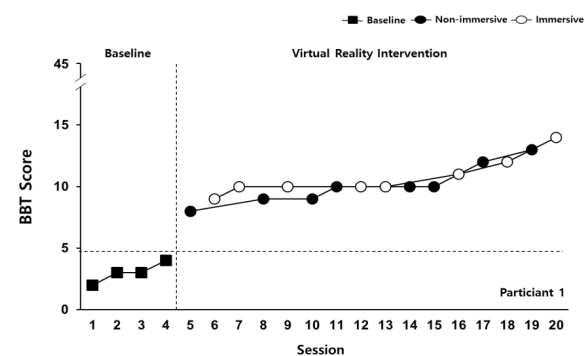


Figure 4. The BBT Results of Participants 1,2, and 3

Figure 5. The FMA Results of Participants 1,2, and 3

Table 3. Average FMA Scores of Participants

(Unit: Points)

	Baseline Score (SD)	Non-Immersive VR Score (SD)	Immersive VR Score (SD)
Participant1	18.0 (0.00)	19.9 (1.17)	19.5 (1.22)
Participant2	36.0 (0.00)	40.3 (1.40)	40.0 (1.32)
Participant3	18.0 (0.00)	22.5 (2.60)	22.8 (2.63)

VR:Virtual Reality, SD:Standard Deviation

2. FMA 점수의 변화

FMA의 각 시기별 점수는 Table 3과 Figure 5에 각 대상자 별로 제시하였다. 대상자 1은 기초선 기간 동안 평균 18.0점이었고, 비몰입형 가상현실 중재를 시행한 회기에는 평균 19.9점으로 기초선 기간에 비하여 10.6%의 증가를, 몰입형 가상현실 중재를 시행한 회기에는 평균 19.5점을 기록하여 8.3%의 증가를 보여주었다. 대상자 2는 기초선 기간 동안 평균 36.0점이었고, 비몰입형 가상현실 중재를 시행한 회기에는 평균 40.3점으로 기초선 기간에 비하여 11.9%의 증가를, 몰입형 가상현실 중재를 시행한 회기에는 평균 40.0점을 기록하여 11.1%의 증가를 보여주었다. 대상자 3은 기초선 기간 동안 평균 18.0점이었고, 비몰입형 가상현실 중재를 시행한 회기에는 평균 22.5점으로 기초선 기간에 비하여 25.0%의 증가를, 몰입형 가상현실 중재를 시행한 회기에는 평균 22.8점을 기록하여 26.7%의 증가를 보여주었다. 두 중재간의 FMA 점수의 차이는 보이지 않았다.

IV. 고 찰

본 연구는 몰입형 가상현실과 비몰입형 가상현실을 이용한 중재가 뇌졸중 환자의 상지기능 향상에 효과와 두 중재방법 간에 차이가 있는지 알아보고자 실시하였다. 연구결과, 상지기능 측정을 위한 평가도구들의 점수가 기초선 기간과 비교하여 중재 기간에 확인한 향상을 보여주었다. 하지만 몰입형 가상현실 중재와 비몰입형 가상현실 중재에 대한 비교 결과는 치료효과는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

Laver 등(2015)이 실시한 뇌졸중 환자 대상의 가상현실 중재에 관한 메타분석 연구에 의하면 뇌졸중 대상자의 상지기능 변화를 측정하기 위하여 가장 많이 사용된 도구는 Wolf Motor Function Test(WMFT), BBT와 Motor Assessment Scale(MAS)로 보고되었다. Malouin, Pichard, Bonneau, Durand와 Corriveau(1994)의 연구에서도 뇌졸중 환자를 대상으로 FMA의 평가 척도가 기능적인 회복 정도를 파악하는데 MAS에 비하여 더 유용하다고 하였다. 또한 Park, Kim, Bae와

Choi(2021)의 체계적 고찰연구에서도 만성 뇌졸중 환자를 위한 가상현실 중재 후에 상지 기능의 효과를 검증하기 위해 사용빈도가 가장 높은 평가도구는 FMA와 BBT로 조사되었다. 특히 FMA는 상지기능의 질적인 변화를 확인하기 위해 주로 사용되는데, 상지의 관절의 움직임을 변화를 다양한 방향(별립, 올림, 회전)에서 관찰하여 요소별로 측정이 가능하다는 장점이 있다(Fugl-Meyer et al., 1975). 이러한 근거로 볼 때 뇌졸중 환자의 상지 기능의 변화를 양적 및 질적으로 검증하기 위한 BBT와 FMA 도구의 사용은 매우 적절한 것으로 사료된다.

본 연구의 비몰입형과 몰입형 가상현실 중재의 효과를 분석한 결과, 연구대상자 3인의 비몰입형 가상현실 중재에 대한 BBT 점수는 기초선과 비교하여 약 50%~237%의 향상을 보였고, 몰입형 가상현실 중재는 약 54%~258%의 높은 증가를 보여주었다. FMA 점수의 경우도 비몰입형 가상현실 중재는 기초선과 비교하여 11%~25%의 향상을, 몰입형 가상현실 중재는 8.3%~26.7%로 향상되었다. 본 연구 결과 두 중재법 모두 상지기능의 양적 및 질적 향상에 효과적임을 확인할 수 있었다. 이는 본 연구에서 선정한 가상현실 프로그램에서 훈련한 상지의 움직임들과 변화를 FMA와 BBT 평가를 통해 적절하게 검증한 것임을 알 수 있다.

이와 같은 결과는 본 연구와 유사한 비몰입형 가상현실 중재의 효과를 연구한 Kim와 Kwon(2005)의 연구에서 확인할 수 있는데, 이들은 미국 IREX사에서 개발한 가상현실 프로그램을 5주 동안 2명의 만성뇌졸중 환자에게 실시한 결과 BBT 점수는 약 15%~20% 향상을, FMA점수는 약 13%~18%의 향상을 보고하였다. 또한 이들의 연구결과에 의하면 가상현실 중재 후에 대뇌의 운동 및 감각영역의 활성화가 증진되어 가상현실 중재가 뇌의 재조직화에도 기여함을 보고하였다(Kim & Kwon, 2005). 그리고 Aşkin, Atar, Kocyigit와 Tosun(2018)의 연구에서는 만성 뇌졸중 환자에게 물리치료와 비몰입형 가상현실 중재를 병행한 군에서 물리치료만 시행한 군보다 상지기능(BBT, FMA)의 향상 정도가 높음을 보고하였다. 몰입형 가상현실 중재를 이용한 Jang(2020)의 연구에서도 몰입형 가상현실 거울 치료가 전통적인 거울 치료에 비해 뇌졸중 환자의 상지 회복단계, 장애 정

도, 만족도 면에서 더 유의한 결과를 보였다고 보고하였다. 이러한 선행연구 및 본 연구의 결과로 볼 때 가상현실 중재는 뇌졸중 환자의 상지 재활치료에 있어서 그 효과가 인정되고 있으며, 몰입형 및 비몰입형 가상현실 중재 모두 유용한 중재법임을 알 수 있다.

본 연구의 또 다른 목적은 비몰입형과 몰입형 가상현실 중재간의 효과의 차이를 비교하고는 것이었으나 두 중재법 모두 상지기능 향상에 기여했으나 중재방법 간에는 효과의 차이는 없는 것으로 나타났다. Shin(2019)이 연구한 연구에서도 두 가상현실 중재법 간에 효과에는 차이가 없음을 보고하였는데, 그는 뇌졸중 환자의 상지재활을 위해 몰입형 가상현실 치료군과 비몰입형 가상현실 치료군의 치료효과의 차이를 비교하였다. 그의 연구 결과에 따르면 운동형상학적 요소와 상지기능(FMA, MFT)이 두 방법 모두에서 치료전에 비하여 향상되었지만 두 방법간에는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 드러났다. 즉 본 연구와 선행연구를 통해 비몰입형 가상현실 중재와 몰입형 가상현실 중재 사이의 치료적 효용성에 대한 차이는 확인하지 못하였지만 두 중재 모두 만성 뇌졸중 대상자의 상지기능 향상에 긍정적인 영향을 확인하였다는데 그 의의를 둘 수 있다.

가상현실 중재는 재활현장에서 강도 높은 반복적 훈련의 제공, 게임 형식을 이용한 높은 동기부여, 수행결과에 대한 적절한 피드백 제공, 그리고 과제 지향적 중재가 가능하다는 장점이 있다(Kwon & Yang, 2012; Park, 2018). 이러한 장점은 비몰입형과 몰입형 모두에 해당하기 때문에 두 가지 유형의 중재에 따른 효과의 차이가 크지 않는 것으로 사료된다. 또한 가상현실 치료는 전통적인 상지 재활치료와 병행하였을 때 효과가 더 높은 것으로 보고되는데, 이러한 결과는 가상현실을 이용한 중재법이 치료 동기의 향상은 물론 몰입도를 높이고, 스트레스를 완화하며, 만족도를 높인다는 장점이 반영된 것으로 사료된다(Aşkin, Atar, Kocyigit, & Tosun, 2019; Jang, 2020; Kim, 2014; Park, 2018; Song, Ryu, & Park, 2016). 실제로 Park(2018)의 연구에 의하면 만성 뇌졸중 환자를 위한 재활치료 시에 몰입형 가상현실 치료군이 전통적인 치료만 시행한 군보다 몰입도가 증가하고, 스트레스는 완화되었다는 결과를 발표하였다. 따라서 만성 뇌졸중 환자를 위한 상지재활 임상현장에서

전통적인 재활치료와 가상현실 중재를 병행한다면 보다 긍정적인 결과를 얻을 것으로 사료된다.

가상현실 중재의 효과를 높이기 위해서는 근거에 기반한 중재 프로토콜이 필요한데, Park, Kim, Bae와 Choi(2021)는 가상현실 치료가 만성 뇌졸중 환자의 상지기능에 미치는 영향에 대한 체계적 고찰연구 결과를 발표하였다. 이들이 분석한 연구는 18편의 무작위 실험-대조군 연구들로 근거수준이 매우 높았으며, 분석결과에서는 17편(94%)이 가상현실 중재를 주당 3~5회를 실시하였고, 18편(100%)의 모든 연구가 4주 이상 중재를 진행하였으며, 회기당 약 30~50분의 치료를 적용하였다는 것을 확인하였다. 본 연구에서도 주 3~4회, 5주간 연속적으로 가상현실 중재를 실시하였고, 이것이 가상현실 중재의 효과를 높이는 데 기여하였을 것으로 사료된다. 따라서 임상에서 가상현실 치료를 적용할 때 이와 같은 근거에 기반한 중재 프로토콜을 참고할 필요가 있다.

본 연구의 제한점은 단일대상연구로 그 결과를 일반화하는데 한계가 있고, 두 가지 중재를 교차 시행함으로써 이월효과와 단일대상연구의 특성상 반복측정에 의한 학습효과가 발생할 가능성이 있다. 따라서 후속 연구에서는 두 중재법의 차이를 명확하게 확인하기 위해 실험군과 대조군으로 구분된 연구와 다양한 가상현실 콘텐츠를 활용한 중재법의 효과를 검증할 필요가 있겠다.

V. 결 론

본 연구는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 비몰입형 가상현실 중재와 몰입형 가상현실 중재를 적용하여 상지기능 향상에 미치는 영향을 알아보았다. 그 결과 비몰입형 가상현실 중재와 몰입형 가상현실 중재 모두 만성 뇌졸중 환자의 상지기능 향상에 긍정적인 영향을 주었으나 두 중재 간의 의미있는 차이는 발견할 수 없었다. 그러나 몰입형 가상현실을 이용한 중재가 비몰입형 가상현실을 이용한 중재와 같이 만성 뇌졸중 대상자의 상지기능 향상에 긍정적인 효과를 줄 수 있다는 것을 확인하였다. 본 연구의 결과를 바탕으로 몰입형 가상현실 중재에 관한 많은 후속 연구들이 진행된다면 보다 명확하게 몰입형 가상현

실 중재의 효과를 검증할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- Aşkin, A., Atar, E., Kocyigit, H., & Tosun, A. (2018). Effects of kinect-based virtual reality game training on upper extremity motor recovery in chronic stroke. *Somatosensory & Motor Research*, 35(1), 25–32. doi:10.1002/14651858.CD010820
- Cromwell, F. (1976). *Occupational therapists manual for basic skill assessment: Primary prevocational evaluation*. Altadena, CA: Fair Oaks Printing Company.
- Deutsch, J. E., Merians, A. S., Adamovich, S., Poizner, H., & Burdea, G. C. (2004). Development and application of virtual reality technology to improve hand use and gait of individuals post-stroke. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 22(3–5), 371–386.
- Feys, H. M., De Weerd, W. J., Selz, B. E., Steck, G. A. C., Spichiger, R., Vereeck, L. E., ... & Van Hoydonck, G. A. (1998). Effect of a therapeutic intervention for the hemiplegic upper limb in the acute phase after stroke: A single-blind, randomized, controlled multicenter trial. *Stroke*, 29(4), 785–792. doi:10.1161/01.STR.29.4.785
- Fugl-Meyer, A. R., Jääskö, L., Leyman, I., Olsson, S., & Steglind, S. (1975). The post-stroke hemiplegic patient. 1. a method for evaluation of physical performance. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 7(1), 13–31. doi:10.2340/1650197771331
- Gladstone, D. J., Danells, C. J., & Black, S. E. (2002). The Fugl-Meyer assessment of motor recovery after stroke: A critical review of its measurement properties. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 16(3), 232–240. doi:10.1177/154596802401105171
- Guidali, M., Duschau-Wicke, A., Broggi, S., Klamroth-Marganska, V., Nef, T., & Riener, R. (2011). A robotic system to train activities of daily living in a virtual environment. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 49(10), 1213–1223. doi:10.1007/s11517-011-0809-0
- Halton, J. (2008). Virtual rehabilitation with video games: A new frontier for occupational therapy. *Occupational Therapy Now*, 9(6), 12–14.
- Jang H. (2020). *Video augmented mirror therapy for upper-extremity rehabilitation after stroke: A randomized controlled trial* (Master's thesis). Sahmyook University, Seoul.
- Johansson, B. B. (2011). Current trends in stroke rehabilitation. A review with focus on brain plasticity. *Acta Neurologica Scandinavica*, 123(3), 147–159. doi:10.1111/j.1600-0404.2010.01417.x
- Kim, J. S. (1999). Stroke and sensory symptoms. *Korean Journal of Stroke*, 1(2), 108–117.
- Kim, H. W. (2014). Rehabilitation and serious games. *Journal of Digital Convergence*, 12(4), 69–73.
- Kim, D. Y., & Park, J. B. (2013). Virtual reality based stroke rehabilitation. *Journal of the Korean Medical Association*, 56(1), 16–22. doi:10.5124/jkma.2013.56.1.16
- Kim, S. H., & Han, D. S. (2017). The Effect of symmetrical and asymmetric bilateral training for chronic stroke patients in upper extremity recovery. *Therapeutic Science for Neurorehabilitation*, 6(1), 35–43. doi: 10.22683/tsnr.2017.6.1.035
- Kim, E. K., Kang, J. H., & Lee, H. M. (2010). Effects of virtual reality based game on balance and upper extremity function in chronic stroke patients. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, 49(3), 131–149.
- Kim, C. S., & Kwon, Y. H. (2005). Therapeutic virtual reality program in chronic stroke patients

- recovery of upper extremity and neuronal reorganization. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, 44(1), 87–106.
- Kim, J. H., & Kim, H. (2015). Effects of the functional occupational therapy using flow on upper extremity function and activities of daily living for stroke patients. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, 54(4), 71–88. doi:jsers.2015.12.54.4.71
- Kwon, J. S. & Yang, N. Y. (2012). Feasibility of Virtual Reality for Enhancement of Upper Extremity Function Post Stroke. *Therapeutic Science for Neurorehabilitation*, 1(2), 35–40. doi:10.22683/tsnr.2012.1.2.035
- Kim, J. H., Kim, H., Kwon, H. C., Lee, S. M., Lee, S. W., & Hong, S. P. (2016). Study on the development and effectiveness of the flow-based therapy for stroke patients. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, 55(3), 451–469. doi:jsers.2016.09.55.3.451
- Laver, K., George, S., Thomas, S., Deutsch, J. E., & Crotty, M. (2015). Virtual reality for stroke rehabilitation: An abridged version of a cochrane review. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 51(4), 497–506. doi:10.1002/14651858.cd008349.pub3
- Lee, K. S. (2017). A study of the impacts of virtual reality guided tours' affordances on user experiences. *International Journal of Tourism & Hospitality Research*, 31(3), 105–118. doi:10.21298/ijthr.2017.03.31.3.105
- Lee, S. J. (2011). The effect of flow on learning and self-efficacy on college adaptation and academic achievement in undergraduate students. *Korean Journal of Educational Psychology*, 25(2), 235–253.
- Leem, E. S., & Woo, T. (2016). Exploratory research on virtual reality contents design methods based on head mounted device. *Contents Plus*, 14(4), 91–106. doi:10.14728/KCP.2016.14.04.091
- Levanon, Y. (2013). The advantages and disadvantages of using high technology in hand rehabilitation. *Journal of Hand Therapy*, 26(2), 179–183. doi:10.1016/j.jht.2013.02.002
- 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), e93318. doi:10.1371/journal.pone.0093318
- Malouin, F., Pichard, L., Bonneau, C., Durand, A., & Corriveau, D. (1994). Evaluating motor recovery early after stroke: Comparison of the fugl-meyer assessment and the motor assessment scale. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 75(11), 1206–1212. doi:10.1016/0003-9993(94)90006-x
- Mozaffarian, D., Benjamin, E. J., Go, A. S., Arnett, D. K., Blaha, M. J., Cushman, M., ... & Howard, V. J. (2016). Heart disease and stroke statistics—2016 update: A report from the American Heart Association. *Circulation*, 133(4), e38–e360. doi:10.1161/CIR.0000000000000350
- Park, T. S. (2018). *The effect of a full-immersion virtual reality game on chronic stroke patients flow, stress, and upper limb functions* (Master's thesis). Catholic University of Pusan, Pusan.
- Park, J. H., Kim, G. E., Bae, J. H., & Choi, J. M. (2021). Effect of virtual reality therapy on upper extremity function in patients with chronic stroke patients. *Korean Journal of Occupational Therapy*, 29(2), 119–133. doi:10.14519/kjot.2021.29.2.10
- Rivas, R. J., Doussoulin, A. P., Saiz, J. L., Blanton, S., & Rivas, C. (2015). Application of constraint induced movement therapy protocol: Effectiveness on the quality and quantity of upper extremity

- movement recovery after stroke. *Journal of the Neurological Sciences*, 357, e350–e356. doi:10.1016/j.jns.2015.08.1267
- Ryu, J. H., & Yu, S. B. (2016). The effects of head mounted display and treadmill on cyber sickness in the immersive virtual reality learning environment. *Korea Educational Review*, 22(3), 385–403.
- Shin, J. Y. (2019). *Application of immersive virtual reality for upper extremity rehabilitation for chronic stroke patients: Effect of reinforcement-induced movement therapy* (Doctoral dissertation). Catholic University of Daegu, Daegu.
- 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. doi:10.15870/jsers.2016.03.55.1.355
- Stevens, J. A., & Stoykov, M. E. P. (2003). Using motor imagery in the rehabilitation of hemiparesis 1. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84(7), 1090–1092. 1090–1092. doi:10.1016/S0003-9993(03)00042-X
- Suh, S. G. (2010). *The effect of stroke patients' cognitive function and upper extremity* (Master's thesis). Kyungpuk University, Daegu.
- Yoon, H. W., & Kim, S. S. (2015). The effects of motor imagery training on brain waves in persons post-stroke. *Physical Therapy Rehabilitation Science*, 4(1), 1–10. doi:10.1447s/ptrs.2015.4.1.1

Abstract

The Effect of Immersive and Non-immersive Virtual Reality Intervention on Upper Limb Function in Persons With Chronic Stroke

Han Soul*, M.S., O.T., Yoo Eun-Young**, Ph.D., O.T., Kim Jong-Bae**, Ph.D.,
Park Ji-Hyuck**, Ph.D., O.T.

*Advanced Technology Research Team, Neofect, Research Engineer

**Dept. of Occupational Therapy, College of Software and Digital Healthcare Convergence,
Yonsei University, Professor

Purpose: The purpose of this study was to investigate the effect of intervention using immersive and non-immersive virtual reality devices on the improvement of the upper limb function in 3 participants with chronic stroke.

Methods: The design used a combination of an AB design and an alternating design to compare the effects of both intervention types based on a single-subject research design. The dependent variables were the upper limb functions, and BBT and FMA were applied as the evaluation tools. The study consisted of 20 sessions given during a total of 7 weeks including four sessions of a baseline period and 16 sessions of an intervention period.

Results: As the results indicate, it was first confirmed that virtual reality intervention had a positive effect on improvements of the upper limb function of chronic stroke patients. All dependent variables measured during the intervention period exceeded the 2SD interval of the measured value during the baseline period. Second, there was no significant difference between non-immersive virtual reality intervention and immersive virtual reality intervention.

Conclusion: The results of this study show that intervention using immersive and non-immersive virtual reality can have a positive effect on improvements of upper limb function of chronic stroke subjects.

Key words: Immersive virtual reality, Non-immersive virtual reality, Stroke, Upper limb function