

가상현실 프로그램이 뇌졸중 환자의 실행 기능, 균형능력에 미치는 영향: 무작위 대조군 임상 연구

허서윤*, 이효정**, 함애지**, 김유나**, 정시내**, 김정미**

*인제대학교 일반대학원 재활과학과

**인제대학교 의생명공학대학 작업치료학과

국문초록

목적: 본 연구는 가상현실 프로그램이 뇌졸중 환자의 실행 기능, 균형능력에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

연구방법: 발병 6개월 이후의 뇌졸중 환자 64명을 대상으로 하였고, 무작위 난수 생성 기능을 사용하여 가상현실 치료군과 비디오 관찰군으로 두 집단을 나눈 뒤 하루 20분, 주 3회, 5주간 실시하였다. 가상현실 치료군에는 Nintendo®사의 Wii FitTM을 사용한 가상현실 치료(Virtual Reality Therapy; VRT)를, 비디오 관찰군에는 Wii FitTM의 데모 비디오 관찰(Video Observation; VO)을 시행하였으며 동일 기간 동안 20분의 일반 작업치료 및 운동치료를 함께 중재 받았다. 중재 전·후의 차이를 비교하기 위하여 한국판 행동 통제 척도(Korean version of Behavioral Dyscontrol Scale; BDS-K)와 기능적 뻗기 검사(Functional Reaching Test; FRT), 일어나 걸어가기 검사(Timed Up and Go test; TUG)를 사용하였다.

결과: 실험 결과 두 집단의 중재 후 점수 간 비교에서 BDS-K에 유의한 차이를 보였다($p<.05$). 또한, 가상현실 치료군의 중재 전-후 변화를 분석한 결과 BDS-K, FRT, TUG에서 대조군보다 유의한 증가를 보였다($p<.05$).

결론: 본 연구에서는 가상현실 프로그램을 받은 집단에서 실행 기능과 균형능력의 향상을 보였으며, 중재 후 두 집단의 비교 결과 실행 기능에 향상이 있음을 확인하였다. 본 연구의 결과를 통해 가상현실 프로그램을 수행하고자 하는 치료사들에게 임상적 결정을 내리는 기초 자료를 제공하고자 한다.

주제어: 가상현실, 균형, 뇌졸중, 실행 기능

I. 서론

뇌졸중(stroke)은 뇌혈관이 파열되거나 막히면서 주위의 뇌신경 조직이 손상되어 다양한 신체적, 인지적 장애를 일으키는 질환이다(Dijkerman, Ietswaart, Johnston,

& MacWalter, 2004). 통계청(2014)에 따르면 뇌졸중은 국내 인구 10만 명 당 사망자가 24,486명으로 단일 질환 사망률 3위(48.2%)를 기록하고 있다. 뇌졸중 환자의 40.0%는 기능적 손상을 입게 되고 15.0~30.0%는 심각한 장애를 동반하는데 여기에는 운동 및 감각장애,

ORCID: Heo, Seo-Yoon, <http://orcid.org/0000-0001-8439-8463>

Corresponding author: Kim, Kyeong-Mi (kmik321@gmail.com/Dept. of occupational therapy, College of Biomedical Science and Engineering, Inje University)

Received 25 July 2016; Revised version received 21 August 2016; Accepted 28 December 2016

인지장애, 지각장애, 언어장애 등의 다양한 장애가 포함된다(Duncan et al., 2002; Hochstenbach, Prigatano, & Mulder, 2005). 또한 상지 근력 약화, 체간 불균형, 경직 및 과긴장증 등이 상지의 빠른 운동조절에 영향을 주고, 관절운동 범위가 감소하여 독립적인 일상생활 수행이 제한된다(Gracies et al., 2000; Lee & Kim, 2011; Pang, Eng, & Miller, 2007). 후유증으로부터 완전히 벗어나기는 어렵지만 지속적인 재활치료를 통해 일상생활이 일정 부분 가능할 정도로 회복할 수 있기 때문에 뇌졸중 환자는 지속적, 장기적으로 재활치료를 받아야 한다(Kim, 2015).

뇌졸중 환자의 기능 회복을 위해 그동안 근력 강화 운동, 전기치료, 고유수용기성 신경근 촉진 기법(Proprioceptive Neuromuscular Facilitation; PNF) 등과 같은 치료방법들이 사용되어 왔다(Weiss, Rand, Katz, & Kizony, 2004). 최근에는 과학 기술의 발달로 첨단 장비와 도구들이 개발되어, 로봇을 이용한 치료나 가상현실(Virtual Reality; VR) 내에서 여러 과제나 활동을 수행하는 등의 새로운 치료 방법들이 재활 치료 영역에서 사용되고 있다.

가상현실 프로그램은 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어를 이용하여 사용자가 실제와 비슷한 경험을 하도록 만든 상호작용 시뮬레이션으로, 하드웨어의 종류나 착용 방식에 따라 몰입형, 제3자형, 데스크탑형으로 분류된다(Rizzo, Buckwalter, & Neumann, 1997). 몰입형은 사용자의 신체 외부에 특수 장비를 부착하여 움직임을 인식하는 방식이며 현실감이 높다는 장점을 가진다. 제3자형은 사용자의 맞은편에 설치된 카메라가 움직임 정보를 컴퓨터에 전달하여 화면에 출력된 가상현실에 합성되어 상호작용하는 방식으로, 맨몸 동작을 인식하는 Microsoft사의 X-box 등의 기기가 이에 해당한다. 마지막으로 데스크탑형은 조이스틱이나 마우스 등을 사용하여 화면상에 출력된 3차원 입체영상을 보며 체험하는 방식이다. Nintendo®사의 Wii 등이 포함되며, 현실감이 떨어지나 활용성과 접근성이 뛰어나 현재 가상현실 치료에 가장 많이 사용되는 방법 중 하나이다(Lee, 2011).

가상현실은 사용자로 하여금 흥미를 갖게 하여 동기부여를 유도하는 효과가 있고 즉각적으로 시청각적 되먹임을 받기 때문에 학습효과를 증진시킬 수 있다(Baram,

Aharon-Peretz, & Lenger, 2010; Flynn, Palma, & Bender, 2007; Rand, Kizony, & Weiss, 2004). Park과 Kim (2004)은 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구에서 가상현실 프로그램을 이용한 치료를 받은 실험군이 기존 치료만을 받은 대조군에 비해 상지 기능의 양적·질적 증진뿐만 아니라 일상생활에서 이루어지는 기능적 동작도 함께 향상되었음을 보고하였다. Shin과 Im (2007)의 연구에서는 뇌졸중 환자의 앉은 자세와 선 자세에서 가상현실 프로그램을 적용한 결과 머리와 자세를 조절하는 능력이 향상되었으며, 균형과 협응 또한 증진되는 효과가 있음을 밝혀냈다. 이처럼 가상현실을 기반으로 한 뇌졸중 환자의 상지 기능, 보행능력, 일상생활활동 및 균형능력 등에 관한 연구들은 다양하게 보고되고 있는 반면, 실행 기능(executive function)에 관한 연구는 상대적으로 부족하다(Kim, Chin, & Kim, 2014; Kim, Oh, Lee, & Ahn, 2011; Lee, 2013).

실행 기능은 전두엽에서 처리되는 행동이나 움직임의 순서화(motor planning)와 밀접한 관련이 있는 기능으로 조직화된 행동, 기억, 자기 인식, 정보처리, 조절을 담당하는 고차원적 신경계 기능이다(Stuss & Benson, 1986). 실행 기능의 하위 영역은 의지(volition), 자기 인식(self-awareness), 계획(planning), 반응 억제(response inhibition), 반응 관찰(response monitoring), 집중/이중 과제(attention/dual tasking)로 구성된다. 실행 기능은 인지적인 판단과 예측에 있어서도 중요하지만 신체의 움직임의 조정하는 중요한 역할 또한 수행한다(Miyake et al., 2000). 의지(volition)는 균형과 보행에 있어 운동성과 동기화 큰 관련성이 있으며, 자기 인식(self-awareness)은 보행 시의 주의력과, 계획(planning)은 균형 유지와 보행 시 의사결정 과정에, 반응 억제(response inhibition)는 보행의 속도와 위험성 판단에, 반응 관찰(response monitoring)은 복잡한 실제 환경에서 균형 유지의 우선순위 결정에, 집중/이중 과제(attention/dual tasking)는 균형이나 보행을 제외한 다른 활동이 동시에 수반되었을 때 처리하는 능력과 밀접한 연관이 있다(Yogev-Seligmann, Hausdorff, & Giladi, 2008).

Rahimi-Golkhandan, Steenbergen, Piek과 Wilson (2013)은 실행 기능이 운동 기능 및 협응과 밀접한 연관

이 있으며, 체간의 자세 조절과 상지의 기능적 움직임, 보행과 밀접한 상관관계가 있음을 보고하였다. Hayes, Donnellan과 Strokes (2016)는 특히 뇌졸중 환자의 실행 기능 이상(executive dysfunction)은 체간의 균형 조절에 유의미한 영향을 줄 수 있다고 하였다. 또한 기립 자세에서 상지의 움직임은 골반의 회전과 반대 방향으로 발생함으로써 전체적인 체간의 균형을 유지하는데 인체 역학적으로 큰 역할을 하며, 상지의 위치 변화는 앉은 자세와 선 자세에서의 하지의 균형에 직·간접적으로 변화를 준다(Kwong, Ng, Chung, & Ng, 2014; Umberger, 2008).

이러한 선행연구들을 바탕으로, 본 연구는 가상현실 프로그램을 이용하여 뇌졸중 환자의 실행 기능, 균형능력에 미치는 영향을 무작위 대조군 임상 시험(Randomized Controlled Trial; RCT)연구를 통해 알아보고자 하였다. 따라서 본 연구는 가상현실 프로그램을 사용하는 치료사들이 근거 기반(evidence-based)의 더 나은 임상적 의사결정과 더욱 체계적인 평가를 수행할 수 있는 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 울산광역시 S 요양병원에서 재활의학과 전문의로부터 뇌졸중 진단을 받고 입원치료 중인 발병 후 6개월 이후의 뇌졸중 환자 64명을 대상으로 하였다. 대상자의 선정 기준은 다음과 같다.

- 1) 한국형 간이 정신 상태 판별검사(Korea version of Mini-Mental State Examination; MMSE-K) 24점 이상으로 인지적 문제가 없는 자
- 2) 시각에 이상이 없는 자(시력 검사표 기준 시력 1.0 이상, 교정시력 포함)
- 3) Brunnstrom 회복 단계 기준에서 4단계 이상의 회복을 보이는 자
- 4) 사전에 가상현실 치료(Virtual Reality Therapy; VRT)를 경험한 적이 없는 자

- 5) 선 자세에서 이루어지는 중재와 평가에 영향을 줄 수 있는 정형외과적 질환이 없는 자
- 6) 편측 무시 증상이 없는 자
- 7) 연구의 목적을 이해하고 자발적인 참여에 동의한 자

제외 기준은 다음과 같다.

- 1) 족부 보조기를 착용한 자
- 2) 실내에서 30m 이상 독립적인 보행이 불가능한 자

2. 연구 도구

2015년 3월 9일부터 6월 28일까지 대상자 모집과 선정이 이루어졌고, 2015년 7월 5일부터 8월 15일까지 5주간 주 3회, 총 15회기의 중재를 시행하였다. 두 군 모두 동일 기간 동안 일반 재활치료(작업치료 및 운동치료)를 20분 중재받았고, 여기에 추가하여 가상현실 치료군(virtual reality therapy group)에는 가상현실 치료를 20분, 비디오 관찰군(video observation group)에는 가상현실에 사용되는 프로그램과 동일한 내용의 테모 비디오 관찰(Video Observation; VO)을 20분간 같은 조건에서 시행하였다. 각 프로그램의 내용과 절차는 다음과 같다.

1) 일반 재활치료

본 연구에서는 입원한 환자의 치료받을 권리를 신장하기 위해 두 군의 모든 대상자에게 일반 재활치료 20분을 시행하였으며, 여기에는 작업치료 및 운동치료가 포함되었다. 작업치료는 콘 옮기기, ROM Arc 등을 이용한 상지 기능 향상 훈련과 이동하기, 옷 입기 등의 일상생활활동으로 구성되었다. 운동치료는 물리치료사에 의해 수행되었으며 도수 치료, thera-band를 이용한 근력 강화 훈련, thera-ball을 이용한 하지 훈련 등이 포함되었다.

2) 가상현실 프로그램

(Virtual Reality Therapy; VRT)

실험군에게 적용된 가상현실 시스템으로 Nintendo®사에서 제작한 Wii Fit™을 사용하였다. Wii Fit™은 전용 소프트웨어와 프로그램 실행 시 발의 압력을 감지하는 밸런스보드로 구성되어있어 기존의 Wii 장비보다 노

인환자의 균형능력 증진에 더 효과적인 것으로 보고되었다(Bieryla & Dold, 2013). 가상현실 치료는 일반 재활 치료 20분을 중재 받은 후 진행하였으며, 먼저 Wii Fit™ Plus의 “Rhythm Kung-Fu”를 10분 시행한 후 Wii Fit™의 “Skiing”을 10분 시행하였다. 사전에 낙상에 대한 주의 교육을 실시하였고 중재시기에는 낙상을 미연에 방지하고자 2명의 보조자가 대기하였다(Figure 1).

(1) Wii Fit™ Plus의 Rhythm Kung-Fu

Rhythm Kung-Fu는 밸런스보드 위에 선 상태로 화면의 아바타 동작을 따라 상·하체를 움직이며 수행하는 프로그램이다. 동작과 어울리는 배경음악이 사용자의 재미를 유발하고, 따라 하기에 앞서 미리 보여주는 동작들이 흥미를 느끼게 한다. 신체의 모든 부분을 반복적으로 이용하는 운동으로써, 시행 이후에는 사용자의 동작 정확도를 나타내어 피드백을 얻을 수 있다. 최근 임상 연구에서 균형능력, 실행 기능을 평가하는데 중재 방법으로 사용되고 있다(Meckbach, Gibbs, Almqvist, & Quennerstedt, 2014).

(2) Wii Fit™의 Skiing

Skiing은 밸런스보드에 선 다음 몸을 좌·우로 기울여 화면상에서 좌 또는 우 방향을 표시한 두 깃발의 사이로 통과하며 전신을 이용하여 나아가는 프로그램이다. 두 깃발은 일정한 간격을 두고 결승선까지 이어지며, 난이도가 높아질수록 사용자의 몸을 더 기울여야 한다.

Skiing 프로그램은 신체적으로 뇌졸중 환자의 균형능력을, 인지적 측면에서 실행 기능을 증진하는 데에 효율적이라고 밝혀졌다(Franco, Jacobs, Inzerillo, & Kluzik, 2011; Fu, Knutson, & Chae, 2016).

3) 비디오 관찰

(Video Observation; VO)

대조군은 Wii Fit™의 프로그램 내에서 제공하는 데모 비디오를 관찰하였다. 데모 비디오는 실제 사용자가 수행하는 상황을 가상적으로 재구성한 화면으로, 수행하는 화면상의 전 과정을 개발자가 녹화한 것이기 때문에 사용자가 수행하지 않아도 자동으로 작동되어 동작의 전 과정을 보여준다. 대조군은 일반 재활치료 20분을 받은 후, 데모 비디오를 20분 관찰하였다.

3. 평가 도구 및 방법

1) 실행 기능 평가

(1) 한국판 행동 통제 척도

(Korean version of Behavioral Dyscontrol Scale; BDS-K)

BDS는 개인의 행동 통제에 대한 신경심리학적 능력을 평가하는 것으로 노인의 목적 있는 행동을 독립적으로 시작하는 능력을 평가하기 위해 설계되었다. BDS-K는 Grigsby, Kaye와 Robbins (1992)의 BDS를 번역, 수정하여 국내 노인들에게 실시할 수 있도록 한국 노인



Figure 1. Virtual Reality Program

을 대상으로 표준화된 검사이다. BDS는 임상 연구에서 실행 기능을 평가하기 위한 도구로 빈번히 사용되고 있으며, 특히 중추신경계 손상 시 실행 기능 변화 여부를 관찰하거나 회복 정도를 예측하는 평가도구로 사용된다(Barcala et al., 2013; Belanger et al., 2005; Fann, Alfano, Roth-Roemer, Katon, & Syrjala, 2007; Ho et al., 2004; Myers, Grigsby, Teel, & Kramer, 2009). 시행 시간은 10분 정도가 소요되며 통찰 항목을 제외한 각 항목은 3점 척도로, 적절하게 수행한 경우(2), 적당한 결함을 보이면서 수행한 경우(1), 수행에 심각한 장애를 보이는 경우(0)로 구분하여 채점된다. 통찰 항목은 4점 척도로, 수행에서 유의미한 오류와 참여자의 자의식을 평가하는 척도이다. 노인을 위한 도구로 사용되어 왔으나 좀 더 젊은 연령층의 실행 기능을 파악하기 위한 도구로서도 타당도가 입증되었기 때문에 본 연구에서 차용하였다(Kendall, 2013). BDS-K의 신뢰도는 Cronbach's α 값이 .75이며, 검사-재검사 신뢰도는 .88이다(Kim et al., 2007). MMSE in the Korean version of the CERAD(MMSE-KC)와 총점 간에 높은 상관관계를 보였으며($r=.72, p<.001$), 한국어판 로튼 도구적 일상 활동 지표(Lawton Instrumental Activities of Daily Living index; LIADL)와 비교한 구성타당도 또한 검증($r=.40, p<.001$) 되었다(Kim et al., 2007).

2) 균형능력 평가

(1) 기능적 뻗기 검사

(Functional Reaching Test; FRT)

FRT는 Duncan 등(2003)이 개발한 임상 측정도구로, 균형 문제를 빠르게 평가할 수 있는 단일 검사법이다. 고정된 지지면에 양발을 어깨 너비로 벌리고 서서 주먹을 권 상태로 어깨를 90° 굽힘 시킨 후, 팔을 바닥에 평행한 방향으로 최대한 앞으로 뻗게 하여 중수지절관절 끝의 이동 거리를 측정한다. 시작 자세에서의 어깨관절 중심과 손까지의 거리를 측정한 후, 나중의 측정값에서 처음 시작 자세의 값을 뺀 측정값의 평균값을 기록한다. 이 검사는 시간 경과에 따른 균형 수행력의 변화 등을 검사하기 위하여 개발되었고, 기립자세에서의 동적 균형을 평가할 수 있다(Duncan, Weiner, Chandler, & Studenski,

1990). 타당도(validity)는 .71이며, 검사 재검사(test-retest reliability), 검사자 간 신뢰도(inter-rater reliability)는 각각 .89와 .98으로 균형을 측정하는데 알맞은 검사로 볼 수 있다(Duncan et al., 1990).

(2) 일어나 걸어가기 검사

(Timed Up and Go test; TUG)

TUG는 팔걸이가 있고 높이를 조절할 수 있는 의자에 앉아 무릎 관절을 90°굽힘 상태로 높이를 조정하고, “시작”이라는 구령에 따라 의자에서 일어나 전방의 3m 지점까지 보행한 후 돌아와서 의자에 앉기까지의 시간을 측정하는 도구이다(Bohannon, 2006; Lusardi, Pellecchia, & Schulman, 2003). 기립자세에서 측정하는 FRT와는 달리 보행 동작을 기반으로 균형이나 속도 및 관련 기능적 동작들을 평가하는데 사용되며, 측정자 내 신뢰도는 $r=.99$ 이고, 측정자 간 신뢰도는 $r=.98$ 로 신뢰할 만한 도구이다(Podsiadlo & Richardson, 1991). 지역사회 거주 노인들 중 낙상군과 비낙상군간 비교한 판별타당도에서 큰 효과 크기(Cohen's $d=.86 \sim .98$)가 보고되었다(An, Kim, & Lee, 2013).

4. 연구 과정

1) 연구 설계

본 연구는 무작위 대조군 임상 시험(Randomized Controlled Trial; RCT) 설계로 진행되었다.

2) 연구 절차

연구 전 6명(가상현실 치료 3명, 비디오 관찰 3명)의 참여자를 대상으로 한 예비연구를 통해 본 연구에 필요한 샘플 사이즈가 결정됐다. 단측 검정 계산 결과(평균값 차이 2.38; 표준편차 3.14), 두 집단의 임상검사 차이를 파악하기 위해서는 그룹 당 평균 23명 이상의 참여자가 필요하였다. 계산은 G-power 소프트웨어를 사용했으며 유의수준은 .05, 검정력은 80.0%이었다(Faul, Erdfelder, Buchner, & Lang, 2009).

뇌졸중 환자 64명을 대상으로 컴퓨터 Matlab 소프트웨어의 무작위 난수 생성 기능(random number function)을 이용하여 무작위로 가상현실 치료군과 비디

오 관찰군에 배정하였다. 어느 군에 속하는지에 대한 정보는 불투명한 봉투에 첨부하여 각 평가나 중재 직전까지 할당 내용을 평가자, 중재자, 실험자가 알 수 없도록 맹검 처리를 하였다.

사전평가와 사후평가의 각 평가 도구를 시행하는 순서는 순서표 뽑기를 통해 무작위로 먼저 수행할 평가나 검사를 결정하고 나온 결과대로 시행하였으며, 각 평가는 동일한 검사자가 전, 후 평가를 실시하였다. 또한 중재의 정확한 시행을 위하여 3차례의 사전 회의를 통해 방법과 절차를 통일시켰다. 전 과정은 작업치료사 4명, 물리치료사 4명과 작업치료학과 학생 4명이 참여하였다. 전반적인 연구 과정은 다음과 같다(Figure 2).

5. 분석 방법

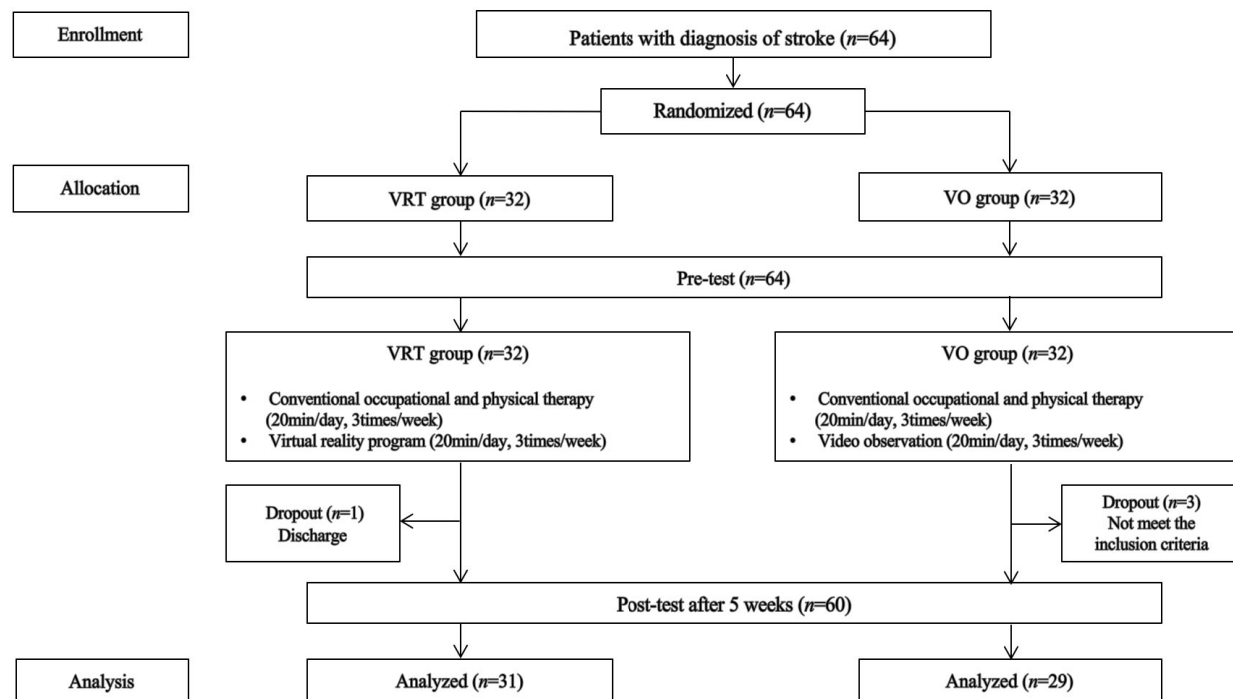
수집된 자료는 IBM SPSS Version 21 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 실험군과 대조군의 일반적 특성에 대한 동질성을 분석하기 위하여 성별과 같은 명목 척도는 χ^2 검정을, 나머지 순서척도에 대해서는 t검정을

사용하였다. 결과 측정치에 대해 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하여 변수들의 정규성 검정을 실시하였다. 각 군의 중재 전-후의 실행 기능, 균형능력 점수 변화 비교는 대응 표본 t검정(paired samples t-test)으로 실시하였다. 또한 두 군 간의 중재 전과 후 각각의 점수 비교는 독립 표본 t검정(independent samples t-test)을 사용하였다. 모든 분석의 통계학적 유의수준 p 값은 .05로 하였다.

III. 연구 결과

1. 중재 전 가상현실 치료군과 비디오 관찰군의 동질성 검증

중재 전 두 군의 일반적 특성에 대한 동질성 검증을 하였으며 통계학적 유의한 차이가 없었다($p>.05$) (Table 1).



VO: Video Observation, VRT: Virtual Reality Therapy

Figure 2. Flow Diagram

Table 1. Examination of Homogeneity for General Characteristics of Participants Before Intervention (N=60)

Characteristics		VRT group		VO group		χ^2/t	<i>p</i>
		Subjects (<i>n</i>)	<i>n</i> (%) or <i>M</i> ± <i>SD</i>	Subjects (<i>n</i>)	<i>n</i> (%) or <i>M</i> ± <i>SD</i>		
Gender	Male	14	45.20	15	48.30	.26	.61
	Female	17	54.80	14	51.70		
Age (yr)	30~39	3	9.68	3	10.34	.04	.97
	40~49	7	22.58	7	24.14		
	50~59	7	22.58	6	20.69		
	60~69	8	25.81	7	24.14		
	70~79	4	12.90	4	13.79		
	80~89	2	6.45	2	6.90		
Brunnstrom	4	15	48.39	12	41.38	-.63	.53
	5	13	41.93	13	44.83		
	6	3	9.68	4	13.79		
Paretic	Left	14	45.20	16	55.20	1.29	.53
	Right	15	48.40	10	34.50		
	Both	2	6.50	3	10.30		
Vascular territory	ACA	3	9.68	4	13.79	.31	.76
	MCA	9	29.03	11	37.93		
	PCA	4	12.90	2	6.90		
	BA	5	16.13	3	10.34		
	Multiple	6	19.36	2	6.90		
	Others	4	12.90	7	24.14		
Stroke type	Hemorrhage	12	44.40	15	53.60	.46	.50
	Infarction	13	55.60	13	46.40		
MMSE-K		31	26.61 ± 1.87	29	26.62 ± 1.93	.02	.99
Total		31	100.0	29	100.0		

ACA: Anterior Cerebral Artery, BA: Basilar Artery, MCA: Middle Cerebral Artery, MMSE-K: Korea version of Mini-Mental State Examination, PCA: Posterior Cerebral Artery, VO: Video Observation, VRT: Virtual Reality Therapy

Table 2. Score Changes of Clinical Evaluation in Virtual Reality Therapy Group

Items	Pre-test	Post-test	<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M</i> ± <i>SD</i>	<i>M</i> ± <i>SD</i>		
BDS-K	13.94 ± 2.84	15.32 ± 2.30	-3.84	.00*
FRT	16.76 ± 5.92	18.69 ± 5.87	-3.06	.00*
TUG	35.53 ± 14.47	30.63 ± 13.01	4.57	.00*

BDS-K: Korean version of Behavioral Dyscontrol Scale, FRT: Functional Reaching Test, TUG: Timed Up and Go test, **p*<.05

2. 가상현실 치료군의 중재 전-후의 임상평가의 변화

가상현실 치료군의 중재 전-후의 변화 결과 BDS-K, FRT, TUG에서 유의한 차이를 보였다($p<.05$) (Table 2).

3. 비디오 관찰군의 중재 전-후의 임상평가의 변화

비디오 관찰군의 경우 모든 임상평가에서 유의한 차이가 없었다($p>.05$) (Table 3).

4. 가상현실 치료군과 비디오 관찰군의 중재 전과 후 각 임상평가의 비교

두 군의 중재 전 임상평가 점수를 각각 비교한 결과 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 또한 두 군의 중재 후 임상평가 점수를 각각 비교한 결과 BDS-K에서 유의한 차

이를 보였으나($p<.05$), FRT, TUG에서는 유의한 차이를 볼 수 없었다($p>.05$) (Table 4).

IV. 고 찰

본 연구는 가상현실 프로그램이 뇌졸중 환자의 실행 기능, 균형능력에 미치는 영향을 알아보고자 시행되었다. 연구 대상자는 국외에서 가상현실 재활과 관련된 임상 연구만으로 메타 분석한 선행연구에서 제시하는 내용을 근거로 하여 6개월 이상의 뇌졸중 환자들로 선정하였다 (Corbetta, Imeri, & Gatti, 2015). 또한 본 연구는 가상현실 치료의 효과를 실험군과 대조군 사이에서 정밀하게 알아보기 위하여 중재 효과와 예후에 대한 비교성이 확보될 수 있도록 RCT 연구로 설계되었다.

현재까지 뇌졸중 환자의 재활 치료로 가상현실을 이용한 연구는 국내·외로 다양하게 보고되어왔다. 주로 상지 기능, 일상생활활동, 균형능력, 보행능력에 미치는 치료 효과를 연구한 선행 문헌들이 다양하게 있는 반면, 실행 기능에 대한 연구는 부족한 실정이다(Kim et al.,

Table 3. Score Changes of Clinical Evaluation in Video Observation Group

Items	Pre-test	Post-test	<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M</i> ± <i>SD</i>	<i>M</i> ± <i>SD</i>		
BDS-K	14.03 ± 2.90	13.93 ± 2.64	.37	.71
FRT	16.62 ± 6.15	16.50 ± 6.00	.07	.94
TUG	33.78 ± 14.66	32.87 ± 14.36	1.04	.31

BDS-K: Korean version of Behavioral Dyscontrol Scale, FRT: Functional Reaching Test, TUG: Timed Up and Go test, * $p<.05$

Table 4. Score Comparison on Each Clinical Evaluation in Both of Groups-Before/After Intervention

Items	Pre-test				<i>t</i>	<i>p</i>	Post-test				<i>t</i>	<i>p</i>
	VRT group		VO group				VRT group		VO group			
	<i>M</i> ± <i>SD</i>		<i>M</i> ± <i>SD</i>				<i>M</i> ± <i>SD</i>		<i>M</i> ± <i>SD</i>			
BDS-K	13.94 ± 2.84	14.03 ± 2.91	-.13	.89	15.32 ± 2.30	13.93 ± 2.64	2.18	.03*				
FRT	16.76 ± 5.92	16.62 ± 6.15	.09	.93	18.69 ± 5.87	16.50 ± 6.00	1.43	.16				
TUG	35.53 ± 14.47	33.78 ± 14.66	.47	.64	30.63 ± 13.01	32.87 ± 14.36	-.63	.53				

BDS-K: Korean version of Behavioral Dyscontrol Scale, FRT: Functional Reaching Test, TUG: Timed Up and Go test, VO: Video Observation, VRT: Virtual Reality Therapy, * $p<.05$

2011; Kim et al., 2014; Lee, 2013).

실행 기능은 시공간, 언어, 기억 기능 등의 하위 인지 기능을 통제하고 보행능력과 상지 기능에까지 광범위한 영향력을 행사하기 때문에, 뇌손상으로 인한 실행 기능의 저하는 인지, 운동 기능 등과 함께 전반적인 개인의 일상생활활동과 삶의 질에 큰 영향을 미친다(Decker, Li, Losowyj, & Prakash, 2009; Liu-Ambrose, Pang, & Eng, 2007). 따라서 본 연구는 가상현실 프로그램이 뇌졸중 환자의 균형능력뿐만 아니라 실행 기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 사용된 가상현실 프로그램은 Wii Fit™ Plus의 Rhythm Kung-Fu와 Wii Fit™의 Skiing이었다. 이들 프로그램 자체에는 시행 이후 사용자의 동작 정확도를 나타내어 피드백을 얻을 수 있는 기능이 있으나 표준화된 평가도구가 아니기 때문에 본 연구의 결과 측정치에 포함시키지 않았다.

본 연구에서는 실행 기능을 BDS-K를 통해 분석하였으며 그 결과, 중재 후 점수 간의 비교에서 두 집단 간의 유의한 차이를 볼 수 있었다($p<.05$). 또한, 가상현실 치료군의 중재 전-후를 비교한 결과 BDS-K뿐만 아니라 FRT, TUG에서도 대조군에 비해 통계적으로 유의한 향상을 볼 수 있었다($p<.05$). 이러한 연구의 결과는 실행 기능이 그 자체로 신체의 균형과 운동 기능에 독자적인 영향을 미치며, 이 기능의 잔존 여부에 따라 뇌손상 환자나 노인의 낙상 예방에 기여한다는 선행연구와 일치한다(Tipton-Burton, McLaughlin, & Englander, 2012). 그러나 본 연구에서는 BDS-K로만 실행 기능을 평가함으로써 영역별로 세밀한 검사가 이루어지지 못했고, 통합된 최종 결과의 해석만을 제시했다는 점이 제한점으로 남는다.

균형능력은 FRT와 TUG를 통해 분석하였다. 두 임상 평가 모두 두 집단 간 중재 전과 후 각 점수간의 유의한 차이를 볼 수 없었고, 가상현실 치료군 내에서 중재 전-후의 유의한 차이를 볼 수 있었다($p<.05$). 이는 가상현실 프로그램을 수행한 뇌졸중 환자에게 TUG의 전-후 변화의 유의한 차이를 보고한 선행연구의 결과와 일치하였다(Cho & Lee, 2013; Walker, Brouwer, & Culgarn, 2000). Rajaratnam 등(2013)은 뇌졸중 환자를 대상으로 가상현실 치료를 시행하여 FRT를 실시한 결과 실험군과 대조군 간에 유의한 차이를 보고하여 본

연구와는 다른 결과를 보였다. 선행연구들은 전 과정을 피험자가 워커 지지 상태에서 수행하도록 하거나 두 명의 치료사가 체간을 고정시켜준 상태에서 진행되는 형태를 보였기 때문에 신체 움직임의 자유도가 상당량 제한되었다. 따라서 균형능력과 실행 기능을 파악하기 위해 모든 자유도를 부여한 본 연구와 차이를 보였을 것으로 추론된다. Barcala 등(2013)의 연구에서는 Wii 중재를 받은 뇌졸중 환자의 균형능력에서 향상된 변화를 보였다. 본 연구 결과 또한 가상현실 치료군 내에서 유의한 변화($p<.05$)를 볼 수 있었기 때문에, 본 연구 결과 및 선행연구의 결과들을 바탕으로 가상현실 프로그램이 뇌졸중 환자의 균형능력 향상에 효과가 있음을 알 수 있었다.

본 연구의 제한점으로는 가상현실 프로그램의 선정 시, 선행연구를 통해 효과가 있었던 프로그램을 사용했지만 각 환자의 기능적 수준과 특성에 맞는 프로그램 선정이 이루어지지 못했다. 또한, 후속 평가(follow up)를 실시하지 못하였기 때문에 장기적인 효과를 확인하기는 어려웠다. 향후 연구에서 이러한 제한점을 보완한다면 뇌졸중 환자에게 가상현실 프로그램을 중재로 적용함에 있어 임상적 근거가 될 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 가상현실 프로그램의 중재 효과에 대해 알아보았다. 두 집단은 5주간 주 3회 일반 재활치료를 20분 받은 후 가상현실 치료군은 Wii Fit™을 사용한 가상현실 치료를, 비디오 관찰군은 Wii Fit™의 데모 비디오 관찰을 20분간 중재 받았다. 중재 후, BDS-K에서 두 집단 간 유의한 차이를 보였다($p<.05$). 또한 가상현실 치료군의 중재 전-후의 변화를 분석한 결과 BDS-K, FRT, TUG에서 대조군에 비해 유의한 증가를 보였다($p<.05$). 본 연구를 통하여 가상현실 프로그램을 받은 집단이 실행 기능과 균형능력의 향상을 보이고, 두 집단 간 중재 후 점수 비교에서 실행 기능 향상에 효과가 있음을 확인하였다. 본 연구를 통해 가상현실 프로그램을 수행하고자 하는 치료사들에게 임상적 결정을 내리는 근거가 되고자 한다.

References

- An, S. H., Kim, W. G., & Lee, B. K. (2013). Predictive validity of the TUG, BBS, FRT, OLSST of falls risk in elderly patient. *Journal of Special Education and Rehabilitation Science*, 52(2), 239–253.
- Baram, Y., Aharon-Peretz, J., & Lenger, R. (2010). Virtual reality feedback for gait improvement in patients with idiopathic senile gait disorders and patients with history of stroke. *Journal of the American Geriatrics Society*, 58(1), 191–192. doi:10.1111/j.1532-5415.2009.02654.x
- Barcala, L., Grecco, L. A., Colella, F., Lucareli, P. R., Salgado, A. S., & Oliveira, C. S. (2013). Visual biofeedback balance training using wii fit after stroke: A randomized controlled trial. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(8), 1027–1032. doi:10.1589/jpts.25.1027
- Belanger, H. G., Wilder-Willis, K., Malloy, P., Salloway, S., Hamman, R. F., & Grigsby, J. (2005). Assessing motor and cognitive regulation in AD, MCI, and controls using the Behavioral Dyscontrol Scale. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 20(2), 183–189.
- Bieryla, K. A., & Dold, N. M. (2013). Feasibility of Wii Fit training to improve clinical measures of balance in older adults. *Clinical Interventions in Aging*, 8(1), 775–781.
- Bohannon, R. W. (2006). Reference values for the timed up and go test: A descriptive meta-analysis. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 29(2), 64–68.
- Cho, K. H., & Lee, W. H. (2013). Virtual walking training program using a real-world video recording for patients with chronic stroke: A pilot study. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 92(5), 371–380. doi:10.1097/PHM.0b013e31828cd5d3
- Corbetta, D., Imeri, F., & Gatti, R. (2015). Rehabilitation that incorporates virtual reality is more effective than standard rehabilitation for improving walking speed, balance and mobility after stroke: A systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 61(3), 117–124. doi:10.1016/j.jphys.2015.05.017
- Decker, J., Li, H., Losowyj, D., & Prakash, V. (2009). *Wiihabilitation: Rehabilitation of wrist flexion and extension using a wii mote-based game system* (Master's thesis). Rutgers University, New Jersey.
- Dijkerman, H. C., Ietswaart, M., Johnston, M., & MacWalter, R. S. (2004). Does motor imagery training improve hand function in chronic stroke patients? A pilot study. *Clinical Rehabilitation*, 18(5), 538–549.
- Duncan, P. W., Horner, R. D., Reker, D. M., Samsa, G. P., Hoenig, H., Hamilton, B., ... Dudley, T. K. (2002). Adherence to postacute rehabilitation guidelines is associated with functional recovery in stroke. *Stroke*, 33(1), 167–177.
- Duncan, P., Studenski, S., Richards, L., Gollub, S., Lai, S. M., Reker, D., ... Johnson, D. (2003). Randomized clinical trial of therapeutic exercise in subacute stroke. *Stroke*, 34(9), 2173–2180.
- Duncan, P. W., Weiner, D. K., Chandler, J., & Studenski, S. (1990). Functional reach: A new clinical measure of balance. *Journal of Gerontology*, 45(6), 192–197.
- Fann, J. R., Alfano, C. M., Roth-Roemer, S., Katon, W. J., & Syrjala, K. L. (2007). Impact of delirium on cognition, distress, and health-related quality of life after hematopoietic stem-cell transplantation. *Journal of Clinical Oncology*, 25(10), 1223–1231.
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A. G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression

- analyses. *Behavior Research Methods*, 41(4), 1149–1160. doi:10.3758/BRM.41.4.1149
- Flynn, S., Palma, P., & Bender, A. (2007). Feasibility of using the Sony PlayStation 2 gaming platform for an individual poststroke: A case report. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 31(4), 180–189. doi:10.1097/NPT.0b013e31815d00d5
- Franco, J. R., Jacobs, K., Inzerillo, C., & Kluzik, J. (2011). Effect of the Nintendo Wii Fit and exercise in improving balance and quality of life in community dwelling elders. *Technology and Health Care*, 20(2), 95–115. doi:10.3233/THC-2011-0661
- Fu, M. J., Knutson, J. S., & Chae, J. (2016). Stroke rehabilitation using virtual environments. In J. Chae (Ed.), *Stroke Rehabilitation*, (pp. 751). Philadelphia, PA: Elsevier Health Sciences.
- Gracies, J. M., Marosszeky, J. E., Renton, R., Sandanam, J., Gandevia, S. C., & Burke, D. (2000). Short-term effects of dynamic lycra splints on upper limb in hemiplegic patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(12), 1547–1555.
- Grigsby, J., Kaye, K., & Robbins, L. J. (1992). Reliabilities, norms and factor structure of the behavioral dyscontrol scale. *Perceptual and Motor Skills*, 74(3), 883–892.
- Hayes, S., Donnellan, C., & Strokes, E. (2016). Executive dysfunction and balance function post-stroke: A cross-sectional study. *Journal of Physiotherapy*, 102(1), 64–70. doi:10.1016/j.physio.2015.03.3719
- Ho, P. M., Arciniegas, D. B., Grigsby, J., McCarthy, M. Jr., McDonald, G. O., Moritz, T. E., ... Hammermeister, K. E. (2004). Predictors of cognitive decline following coronary artery bypass graft surgery. *Annals of Thoracic Surgery*, 77(2), 597–603.
- Hochstenbach, J., Prigatano, G., & Mulder, T. (2005). Patients' and relatives' reports of disturbances 9 months after stroke: Subjective changes in physical functioning, cognition, emotion, and behavior. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(8), 1587–1593.
- Kendall, V. R. (2013). *Behavioural dyscontrol scale: Validation of a computerised version in a non-clinical New Zealand population* (Master's thesis). University of Waikato, New Zealand.
- Kim, H. J., Lee, J. Y., Jung, H. Y., Na, D. R., Cho, S. J., Cho, M. J., ... Chang, S. M. (2007). Standardization and validation study of Korean Behavioral Dyscontrol Scale (BDS-K) in Elderly. *Journal of the Korean Neuropsychiatric Association*, 46(4), 365–372.
- Kim, H. M. (2015). *A study on the development of a force sensor and finger rehabilitation robot for stroke patients* (Doctoral dissertation). Gyeongsang University, Jinju.
- Kim, J. H., Oh, M. H., Lee, J. S., & Ahn, H. S. (2011). Effects of training using virtual reality games on stroke patients' functional recovery. *Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, 19(3), 101–114.
- Kim, S. J., Chin, S. T., & Kim, H. T. (2014). Effects of whole-body vibration exercise and virtual reality training on balance and walking ability in the stroke patient. *Korean Journal of Growth and Development*, 22(2), 151–157.
- Korean National Statistical Office. (2014). *Annual report on the cause of death statistics*. Seoul, Korea: Author.
- Kwong, P. W., Ng, S. S., Chung, R. C., & Ng, G. Y. (2014). Foot placement and arm position affect the five times sit-to-stand test time of individuals with chronic stroke. *BioMed Research International*, 2014. doi:10.1155/2014/636530
- Lee, H. J. (2011). *A study on improving the entertainment value of spectator sports by*

- applying user experience on virtual environment: Focusing on taekwondo* (Master's thesis). Hongik University, Seoul
- Lee, H. M. (2013). Effects of virtual reality based video game and rehabilitation exercise on the balance and activities of daily living of chronic stroke patients. *Journal of Korean Society of Physical Medicine*, 8(2), 201–207. doi:10.13066/kspm.2013.8.2.201
- Lee, M. K., & Kim, J. M. (2011). Effect of action observational training on arm function in people with stroke. *Physical Therapy Korea*, 18(2), 27–34.
- Liu–Ambrose, T., Pang, M. Y., & Eng, J. J. (2007). Executive function is independently associated with performances of balance and mobility in community–dwelling older adults after mild stroke: Implications for falls prevention. *Cerebrovascular Diseases*, 23(2–3), 203–210. doi:10.1159/000097642
- Lusardi, M. M., Pellecchia, G. L., & Schulman, M. (2003). Functional performance in community living older adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 26(3), 14–22.
- Meckbach, J., Gibbs, B., Almqvist, J., & Quennerstedt, M. (2014). Wii Teach Movement Qualities in Physical Education. *Sport Science Review*, 23(5–6), 241–266.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). Unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100.
- Myers, J. S., Grigsby, J., Teel, C. S., & Kramer, A. M. (2009). Nurses’ assessment of rehabilitation potential and prediction of functional status at discharge from inpatient rehabilitation. *International Journal of Rehabilitation Research*, 32(3), 264–266.
- Pang, M. Y., Eng, J. J., & Miller, W. C. (2007). Determinants of satisfaction with community reintegration in older adults with chronic stroke: Role of balance self–efficacy. *Journal of Physical Therapy Science*, 87(3), 282–291.
- Park, J. M., & Kim, J. C. (2004). Effect of virtual reality program for chronic stroke patients. *Journal of Korean Society of Physical Therapy*, 16(4), 687–698.
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). Timed “Up & Go”: A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142–148.
- Rahimi–Golkhandan, S., Steenbergen, B., Piek, J. P., & Wilson, P. H. (2014). Deficits of hot executive function in developmental coordination disorder: Sensitivity to positive social cues. *Human Movement Science*, 38, 209–224. doi:10.1016/j.humov.2014.09.008
- Rajaratnam, B. S., Gui, K. J., Lee, J. K., Sweesin, K., Sim, F. S., Enting, L., ... Teo, S. S. (2013). Does the inclusion of virtual reality games within conventional rehabilitation enhance balance retraining after a recent episode of stroke?. *Rehabilitation Research and Practice*, 2013. doi:10.1155/2013/649561
- Rand, D., Kizony, R., & Weiss, P. L. (2004). Virtual reality rehabilitation for all: Vivid GX versus Sony Playstation II Eyetoy. *International Conference on Disability Virtual Reality and Associated Technologies*, 5, 87–94.
- Rizzo, A. A., Buckwalter, J. G., & Neumann, U. (1997). Virtual reality and cognitive rehabilitation: A brief review of the future. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 12(6), 1–15.
- Shin, Y. I., & Im, H. Y. (2007). Effect of training using virtual reality system on balance and gait for stroke patients. *Journal of Coaching*

- Development*, 9(1), 127–136.
- Stuss, D. T., & Benson, D. F. (1986). *The frontal lobes*. New York, NY: Raven Press.
- Tipton–Burton, M., McLaughlin, R., & Englander, J. (2012). Traumatic brain injury. In W. Schultz–Krohn, & H. Mchugh Pendleton (Eds.), *Pedretti’s occupational therapy: Practice skills for physical dysfunction* (6th ed., pp. 881–915). St. Louis, MO: Mosby/Elsevier.
- Uetani, K., Nakayama, T., Ikai, H., Yonemoto, N., & Moher, D. (2009). Quality of reports on randomized controlled trials conducted in Japan: Evaluation of adherence to the CONSORT statement. *Journal of Internal Medicine*, 48(5), 307–313.
- Umberger, B. R. (2008). Effects of suppressing arm swing on kinematics, kinetics, and energetics of human walking. *Journal of Biomechanics*, 41(11), 2575–2580. doi:10.1016/j.jbiomech.2008.05.024
- Walker, C., Brouwer, B. J., & Culgarn, E. G. (2000). Use of visual feedback in retraining balance following acute stroke. *Journal of Physical Therapy Science*, 80(9), 886–895.
- Weiss, P. L., Rand, D., Katz, N., & Kizony, R. (2004). Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 1(1), 12.
- Yogev–Seligmann, G., Hausdorff, J. M., & Giladi, N. (2008). Role of executive function and attention in gait. *Movement Disorder Society*, 23(3), 329–342.

Abstract

The Effects of Virtual Reality Therapy on Executive Function and Balance for Stroke Patients: A Randomized Controlled Clinical Trial

Heo, Seo-Yoon*, M.P.H., O.T., Lee, Hyo-Jeong**, M.S., O.T.,
Ham, Ae-Ji**, M.S., O.T., Kim, You-Na**, M.S., O.T.,
Jeong, Si-Nae**, M.S., O.T., Kim, Kyeong-Mi**, Ph.D., O.T.

*Dept. of Rehabilitation Science, Graduate School of Inje University

**Dept. of Occupational Therapy, College of Biomedical Science and Engineering, Inje University

Objective : The main focus of this study was to provide evidence of improvements in the executive function and balance for stroke patients using virtual reality therapy.

Methods : A total of 64 participants diagnosed as having a stroke were randomly assigned to a virtual reality therapy group or a video observation group. Intervention for the VRT(Virtual Reality Therapy) group used a Nintendo® Wii Fit™ for 20 minutes, three days a week, for five weeks. The VO(Video Observation) group watched a demo clip for the same number of times and duration. Both groups were treated with additional conventional occupational and physical therapy for 20 minutes during the same session. To investigate the clinical features, the Korean versions of the Behavioral Dyscontrol Scale(BDS-K), Functional Reaching Test(FRT), and Timed Up And Go test(TUG) were used.

Results : The BDS-K score after intervention was increased more for the VRT group than for the VO group, the difference of which was significant ($p<.05$). For the changes after intervention, the VRT participants showed significant improvements in BDS-K, FRT, and TUG ($p<.05$).

Conclusion : The clinical features of virtual reality therapy include repetitions of whole-body movements, and provide positive effects in terms of executive functions and balance for stroke patients. This study suggests an evidence-based clinical use of virtual reality application for therapists.

Key words : Balance, Executive function, Stroke, Virtual reality