Journal of The Korean Society of Integrative Medicine, 2017, 5(3), 1~9
https://doi.org/10.15268/ksim.2017.5.3.001
ISSN 2288-1174(Print)
ISSN 2383-9651(Online)

몰입형 가상현실 프로그램 Rapael Smart Glove가 뇌졸중 환자의 상지기능에 미치는 영향

배원진[1] · 감경윤[2‡]
[1]인제대학교 일반대학원 융합의과학협동과정, [2‡]인제대학교 보건의료융합대학 작업치료학과

Effects of Immersive Virtual Reality Intervention on Upper Extremity Function in Post-Stroke Patients

Bae Wonjin, OT, MS[1] · Kam Kyungyoon, Ph.D[2‡]
[1]*Dept. of Health Science and Technology, Graduate School of Inje University*
[2‡]*Dept. of Occupational Therapy, College of Healthcare Medical Science and Engineering, Inje University*

Abstract

Purpose: The purpose of this study was to investigate the effects of an immersive, virtual reality-based exercise program on range of motion and dexterity in the upper extremities of stroke patients.

Methods: Fifteen patients with hemiparesis after stroke participated in this study. The participants participated in Rapael Semart GloveTM, an immersive, virtual reality-based exercise program, performed for 30 minutes-, 3 times per week for 4 weeks. The Rapael Smart GloveTM program and a Box and Block Test (BBT) were used to measure range of motion and to assess dexterity, respectively, pre-and post-intervention.

Results: Range of motion in pronation and supination of the forearm and flexion, extension, and ulnar deviation of the wrist improved after the intervention. Dexterity measured by BBT also improved. However, range of motion in flexion and extension of the fingers and radial deviation of the wrist did not improve.

Conclusion: This study presents the effects of an immersive, virtual reality-based exercise program on hand function. In the future, a study comparing an immersive, virtual reality- based exercise program to other upper-extremity interventions for stroke patients should be conducted. A study about the effects of an immersive virtual reality program on activities of daily living is also needed.

Key Words : Rapael Smart Glove, stroke, virtual reality-based program

‡교신저자: 감경윤 kamlapa@inje.ac.kr

논문접수일 : 2017년 6월 23일 | 수정일 : 2017년 7월 20일 | 게재승인일 : 2017년 7월 28일

Ⅰ. 서 론

1. 연구의 배경 및 필요성

상지의 정상적인 움직임은 일상생활활동을 수행하기 위한 중요한 조건이며 상지운동 장애를 완화시키고 일상생활활동을 독립적으로 수행시키기 위해 치료사들은 상지 운동 기능 회복에 대한 접근을 지속적으로 실시하였다(Page 등, 2002). 뇌졸중 환자의 기능 회복을 위한 치료방법으로 일반적인 치료 접근 방법과 근력강화운동, 전기치료 등의 치료방법들이 사용되어 졌으나 가상현실을 이용한 방법 또한 치료적인 효과의 가능성을 보여준다. 더불어 여가의 기회를 제공하기도 한다(Weiss 등, 2004).

90년대 후반부터 가상현실을 이용한 치료방법이 사용되기 시작하였으며, 뇌졸중 환자의 치료를 위해서도 사용되고 있다(Yang 등, 2008). 가상현실은 컴퓨터가 만들어낸 가상의 공간에서 이용자에게 소리 또는 음성, 그래픽 영상 등의 다양한 감각을 제공해주고 현실과 유사한 환경을 통해 주어진 과제에 몰두시킴으로써 현실 세계와 같이 자연스러운 상호작용이 가능하게 한다(Walker 등, 2010). 가상현실 기반 중재법들은 환자의 장애 유형에 알맞게 가상 환경을 제공해 줄 수 있고 환자의 수준을 고려하여 난이도를 조절할 수도 있으며(Rizzo 등, 1997), 시각 및 청각 되먹임 훈련이 가능하다(Rand 등, 2009). 또한 즐기면서 시행할 수 있다는 장점이 있다(Nihei 등, 1999).

대부분의 가상현실 치료방법은 자신의 신체가 화면을 통해 가상현실의 공간에서 나타나고 가상현실에서 주어진 과제를 해결하는 방법으로(Weiss 등, 2004), 착용방식에 따라 제 3자형, 데스크탑형과 몰입형으로 분류한다(Rizzo 등, 1997). 제 3자형은 이용자의 맞은편에 카메라를 설치한 뒤 카메라가 이용자의 움직임을 컴퓨터에 전달하여 가상현실 공간을 만들어내는 방식으로 Microsoft사의 Xbox 기기가 이에 해당된다. 데스크탑형은 조이스틱이나 마우스를 이용하여 화면에 출력된 3차원 입체영상을 보며 체험을 하는 방식으로 Nintendo사의 Wii 기기가 이에 해당된다.

몰입형은 이용자의 신체에 특수한 장비를 부착시켜 신체의 움직임을 인식하는 방법으로 HMD(Head Mounted Display), 헤드셋, 장갑, 트랙커 등의 장비를 이용하여 가상현실에 완전히 몰입할 수 있도록 제작된 시스템이며, 이와 같이 몰입형 장비를 사용하면 기존의 데스크탑 형태의 PC보다 더욱 몰입감을 증가 시킬 수 있다(박화진과 조세흥, 2003). 특히 3차원 공간 표상을 통한 직접적인 경험을 수행 할 수 있으며, 물리적으로 접근하기 힘든 공간을 경험하며, 잠재적 위험 요소 없이 안전한 환경에서 수행 할 수 있다(Williams-Bell 등, 2015).

뇌졸중 환자의 상지운동 기능 회복을 위한 훈련 방법으로는 근력 운동과 거울치료, 강제유도운동치료, 양측성 상지운동치료, 전기적 치료 등이 주로 사용되었다(김환희 등, 2012; 박정원 등, 2016). 그리고 컴퓨터의 발달로 인해 현실적인 환경을 제공해줄 수 있는 로봇 보조 재활방법이나 가상현실 치료 방법 또한 뇌졸중 환자의 상지기능 향상을 위한 중재방법으로 사용되어 진다(Lin 등, 2010).

가상현실 치료방법이 뇌졸중 환자의 상지기능에 미친 영향에 관한 국내 연구를 살펴보면, 닌텐도 Wii, SONY의 Playstation과 같은 데스크탑형의 가상현실 프로그램을 사용하여 상지기능에 미치는 효과에 관한 연구가 가장 많았고(김성호 등, 2013; 김은경 등, 2010; 송창호 등, 2011; 이정아 등, 2012; 이효정과 고지은, 2016), Xbox와 같은 제 3자형 가상현실 프로그램이 뇌졸중 환자의 상지기능에 미치는 효과에 관한 연구도 다수 있었다(박정미, 2004; 송귀빈과 박은초, 2016; 김용균과 강순희, 2016).

최근 가상현실 시스템이 빠르게 발전함에 따라 더욱 강조되는 것은 얼마나 가상현실 내 프로그램이 실제로 존재하는 것처럼 몰입하도록 하는 가이다. 세 가지 착용방식 중 몰입형은 사용자가 가상현실 프로그램을 가장 실감나게 사용할 수 있도록 고안된 인터페이스이다(Azuma 등, 2001). 하지만 몰입형 가상현실프로그램이 뇌졸중 환자의 상지기능에 미치는 효과에 관한 연구는 개별실험연구(유두한 등, 2014)와 사용 후 만족감(부정아 등, 2015)에 관한 연구 뿐 이었다.

2. 연구의 목적

몰입형 가상현실 중재가 뇌손상 이후 상지기능에 미치는 효과에 관한 연구가 부족하다. 이에 본 연구는 몰입형

가상현실 프로그램인 Rapael Smart Glove™을 활용한 중재방법이 뇌졸중 환자의 상지기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구 대상자 및 기간

본 연구는 부산광역시 I병원에 입원한 뇌졸중 환자 중 인지 및 지각 문제가 없으며, 환측의 아래팔(forearm), 손목(wrist)과 손가락(fingers)의 능동적 관절가동범위에 제한이 있는 15명의 환자를 대상으로 하였다. 대상자들에게 본 연구의 목적과 방법에 대한 충분한 설명을 하였고, 참여에 동의한 자들을 대상으로 하였다. 대상자의 일반적 특성은 Table 1에 제시하였고, 대상자의 평균 연령(세)은 65.46±10.13이며 유병기간(개월)은 13.73±10.98이다. 연구기간은 2016년 4월 3일부터 7월 30일까지이었다(표 1).

표 1. 대상자 일반적인 특성

Characteristics		N (%)
Gender	Male	5 (33)
	Female	10 (67)
Affected side	Right	5 (33)
	Left	10 (67)
CVA* type	Hemorrhage	7 (47)
	Infarction	8 (53)

*CVA : cerebrovascular accident

2. 연구 과정

15명의 뇌졸중 환자를 대상으로 총 4주간 몰입형 가상현실 프로그램을 실시하였다. 대상자들은 주 6회 중 3회는 일반적인 작업치료를 3회는 Rapael Smart Glove™ 의 상지훈련 프로그램을 실시하였다.

사전연구에서 이미 몰입형 가상현실 중재방법에 대한 효과는 증명하였기 때문에 본 연구는 연구 윤리적 관점에서 모든 대상자들에게 중재를 제공하기 위해 대조군을 제외하였다. 평가는 Rapael Smart Glove™ 을 사용한 관절가동범위(Range of Motion, ROM) 측정과 상자와 나무토막 검사(Box and Block Test; BBT)를 실시하였으며, 중재 전과 중재 후에 평가를 실시하였다. 대상자들은 몰입형 가상현실 훈련을 제외하고 모든 치료는 동일하게 실시하였다(그림 1).

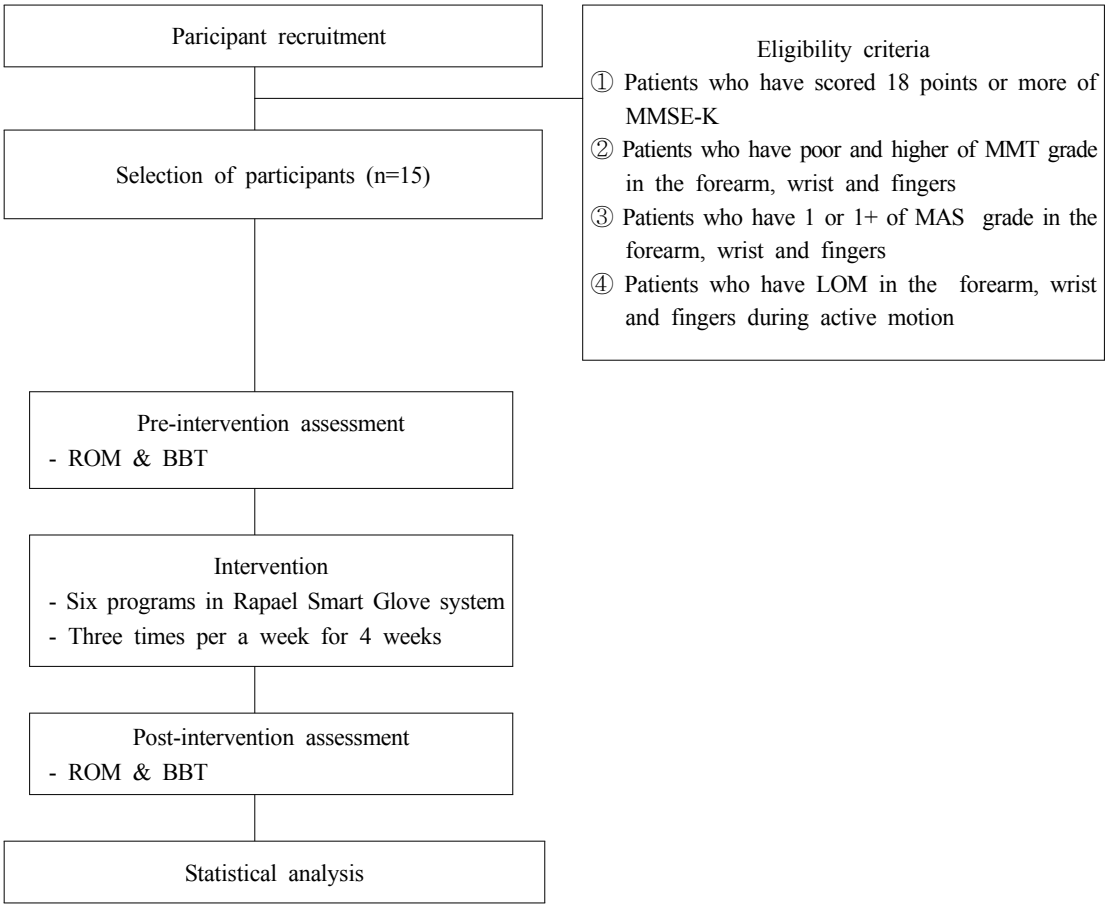

그림 1. 연구의 흐름도

3. 연구 도구

1) 중재 프로그램

Rapael Smart Glove™는 상지기능 향상을 위한 몰입형 가상현실 프로그램으로 2014년에 한국 NEOFECT 사에서 개발되었다. 스마트 글러브 총 2대, 태블릿 PC 1대, 바디 밴드 2개, 충전기 1개로 구성되고 9축 센서 기술을 가지고 있으며 블루투스 기능이 있어 무선으로 PC와 연결된다(그림 2). Information Technology(IT) 기술을 활용한 시스템으로 장갑의 센서를 통해 이용자의 움직임이 측정되며, 움직임은 PC의 모니터를 통해 출력되어 이용자에게 시각, 청각적인 피드백을 즉각 전달한다. Rapael Smart Glove™는 평가와 훈련프로그램을 가지고 있다. 평가는 관절가동범위를 평가 할 수 있으며 훈련은 단순게임, 기능게임, 인지게임으로 구성되며 일상생활활동과 접목된 다양한 훈련 콘텐츠로 이루어져 있다. 본 연구에서는 6개의 프로그램을 사용하였으며 각 프로그램은 상지의 관절 가동범위 증진을 위해 사용되었다(그림 3).

그림 2. Rapael Smart Glove™의 구성

2) Rapael Smart Glove™를 활용한 관절가동범위 측정

Rapael Smart Glove™에는 상지훈련 프로그램 외에도 관절가동범위를 측정할 수 있다. 스마트글러브를 착용하고 화면에서 지시하는 아래팔의 엎침과 뒤침, 손목의 굽힘과 폄, 노쪽 치우침과 자쪽 치우침, 손가락의 굽힘과 폄의 움직임을 실시하면 각각의 관절가동범위가 수치로 제시된다. 손가락은 가능한 전체관절가동범위에 대한 실제 움직임 범위가 백분율 퍼센트(%)로 제시되며, 그 외에는 수동관절가동범위와 능동관절가동범위 각도로 제시된다.

3) Box and Block Test

손의 기민성을 평가하는 도구로써 검사 방법은 한 면의 길이가 2.54㎝(1인치)인 블록을 한 쪽 상자에서 다른 쪽 상자로 옮기는 것으로 1분 동안 옮긴 블록의 개수를 점수로 측정한다(Trombly & Radomski, 2007). 검사-재검사 신뢰도는 왼쪽에서 오른쪽(r=.98), 오른쪽에서 왼쪽(r=.99)으로 높은 신뢰도를 가지며 타당도는(r=.91)이다(Mathiowetz, 1985).

그림 3. Rapael Smart Glove™의 훈련프로그램

4. 자료분석

본 연구는 SPSS Version 20.0을 이용하여 통계를 실시하였다. 몰입형 가상현실 프로그램의 효과를 알아보기 위하여 대응표본 t검정(paired t test)을 사용하여 사전·사후에 관절가동범위, 기민성을 측정하여 비교, 분석하였다. 통계학적 유의수준은 .05로 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 관절가동범위

몰입형 가상현실 프로그램 적용 후, 중재 전과 분석을 실시해 본 결과 아래팔의 엎침과 뒤침, 손목관절의 굽힘, 폄, 자쪽 치우침의 관절가동범위가 통계적으로 유의한 차이가 있었으나($p<.05$), 손목의 노쪽 치우침과 손가락 굽힘과 폄의 관절가동범위에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않은 것으로 분석되었다($p>.05$)(표 2).

표 2. 관절가동범위의 사전·사후 비교 (Unit:°)

		Pre-intervention	Post-intervention	t
Forearm	Pronation	77.33±9.48	79.46±9.69	-2.87*
	Supination	48.33±18.92	51.33±19.45	-3.09*
Wrist	Flexion	47.40±12.43	51.93±14.44	-3.52*
	Extension	35.60±6.34	38.86±7.80	-4.45*
	Radial Deviation	12.86±3.39	13.33±3.39	-1.31
	Ulnar Deviation	21.00±7.97	23.80±9.13	-3.47*
Finger	Flexion/extension	50.13±15.96	51.66±1.70	-1.98

*p<.05

2. 기민성

몰입형 가상현실 프로그램 적용 후, 중재 전과 분석을 실시해 본 결과 대상자의 중재 전 BBT 평균은 5.64±4.46이었고, 중재 후 평균은 6.14±4.85로 통계적으로 유의한 향상이 나타난 것으로 분석되었다(표 3).

표 3. 나무토막검사의 사전·사후 비교 (Unit: 개수)

	Pre-intervention	Post-intervention	t
BBT	5.64±4.46	6.14±4.85	-2.188*

*p<.05

Ⅳ. 고 찰

최근 비약적인 기술 발전을 통하여 가상현실치료는 뇌졸중 환자를 위한 재활치료에서 활발하게 적용 및 연구되고 있다. 하지만 가상현실 프로그램이 뇌졸중 환자의 상지기능 향상에 미치는 영향에 관하여 기능적 향상이 있었던 연구(Holden과 Dyar, 2002; Jang 등, 2005)와 유의한 향상이 없었던 연구(Merians 등, 2006; Laver 등, 2012)들이 있어, 그 효과에 대하여 단정 지을 수는 없다. 또한 가상현실 프로그램은 기술 발전에 따라 업그레이드되므로 효과에 대한 연구도 지속되어야 한다.

가상현실에서 중요한 3대 기본 요소는 감각몰입, 상호작용, 자율성이다(김덕용과 박종범, 2013). 이용자의 시각, 청각, 체성감각 등의 다양한 감각이 가상현실 시스템으로 몰입을 유도하고, 이를 통한 자극에 따라 이용자의 의도대로 조정하거나 가상환경이 이용자 중심으로 작동하는 자율성을 가진다. 인간이 가상환경으로부터 감각정보를 얻을 때, 70 % 이상이 시각정보이므로 시각적 디스플레이 활용을 통하여 몰입을 높이려는 노력을 한다(Adamovich 등, 2009). 국내에서 실시된 뇌졸중 환자의 상지기능에 대한 가상현실 프로그램의 효과에 관한 연구를 살펴보면, 가상현실 프로그램이 대부분 데스크탑형이나 제 3자형이고, 몰입형 가상현실 프로그램에 관한 연구가 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 몰입형 가상현실 프로그램인 Rapael Smart Glove™ 사용하여 상지의 관절가동범위 및 기민성에 미치는 영향을 알아보았다.

Rapael Smart Glove™라는 몰입형 가상현실 프로그램 적용 후, 아래팔의 엎침과 뒤침, 손목관절의 굽힘, 폄, 자쪽 치우침의 관절가동범위가 유의하게 향상되었으나, 손목의 노쪽 치우침과 손가락 굽힘과 폄의 관절가동범위에서는 유의한 향상이 나타나지 않았다. 다른 관절에 비해 대상자들의 손가락 관절에 근 긴장도가 높았기 때문에

손가락 관절의 관절가동범위 향상을 기대하기 어려웠을 것으로 사료된다. Merians 등(2002)는 3명의 뇌졸중 환자를 대상으로 가상현실 프로그램 적용 후, 엄지손가락을 포함한 모든 손가락의 관절가동범위가 향상되었다고 하였으며, Sin과 Lee(2013)는 뇌졸중 환자를 대상으로 Xbox Kinect 가상현실 훈련을 실시한 결과, 일반적인 작업치료만 실시한 그룹보다 가상현실과 일반 작업치료를 함께 실시한 그룹의 손목을 제외한 관절가동범위가 향상되었다고 하였다.

유두한 등(2014)은 3명의 뇌졸중 환자를 대상으로 가상현실을 이용한 과제훈련 후, 기민성을 포함한 상지기능이 향상되었다고 하였고, 16명의 뇌졸중 환자를 대상으로 가상현실 프로그램이 상지기능에 미치는 영향에 관하여 연구한 박정미(2004) 또한 손의 전반적인 조작능력과 움직임의 질이 향상되었다고 하였다. 본 연구에서도 선행연구 결과와 같이 기민성이 유의하게 향상되었다.

가상현실 중재 프로그램은 장애로 인하여 직접 접근하기 어려운 부분을 가상의 환경을 만들어 안전하게 제공할 수 있는 기회를 제공하고(Rose 등, 1999), 다양한 감각 피드백으로 즐겁게 참여할 수 있다는 장점이 있다. 뇌졸중 환자의 상지기능향상을 위한 중재방법인 신경발달적 치료, 강제유도운동치료, 거울치료 등과 달리 가상현실을 활용한 중재는 컴퓨터 기술이 발달 할수록 다양한 치료적 접근을 시도할 수 있다. 특히, 몰입형 가상현실프로그램은 직접경험과 가장 유사한 감각 경험을 제공하여 향상된 몰입감을 제공한다. 본 연구는 몰입형 가상현실프로그램이 뇌졸중 환자의 상지기능에 미치는 영향을 개별 연구가 아닌, 다수의 환자를 대상으로 관절 가동범위를 살펴본 첫 연구이기에 큰 의미가 있다.

하지만 본 연구 대상자의 수와 임상양상이 제한적이었기 때문에 모든 뇌졸중 환자에게 일반화하여 해석하기에는 제한이 있다. 또한, 대조군을 선정하지 않고 단일그룹으로 연구를 진행하였기 때문에 근거의 수준이 미약하다.

본 연구는 Rapael Smart Glove™라고 하는 최신의 몰입형 가상현실 프로그램을 사용하여 상지의 기민성과 관절가동범위의 향상을 연구하였다. 가상현실 중재는 가상의 환경에서 과제 수행을 중점적으로 훈련하는 방식이기 때문에 추후에는 Assessment of Motor and Process Skills와 같이 수행중심 평가도구를 통하여 일상생활활동에 미치는 영향에 관한 연구가 필요할 것이다.

V. 결 론

본 연구는 부산에 위치한 I 병원에 입원중인 뇌졸중 환자 15명을 대상으로 Rapael Smart Glove™라는 몰입형 가상현실 프로그램이 관절가동범위와 기민성에 미치는 영향을 알아보았다. 그 결과, 아래팔의 엎침, 뒤침과 손목의 굽힘과 폄의 관절가동범위가 향상되었으며 기민성도 유의하게 향상되었다. 본 연구는 최신의 몰입형 가상현실 상지훈련 프로그램을 이용한 뇌졸중 환자의 상지기능에 미치는 영향을 알아본 연구로, 몰입형 가상현실 훈련프로그램 적용의 근거가 될 것이다. 차후, 다른 상지기능 향상 중재와 비교 연구할 필요가 있으며 몰입형 가상현실 상지훈련 프로그램이 일상생활활동 수행에 미치는 영향에 관한 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

김덕용, 박종범(2013). 가상현실을 이용한 뇌졸중 재활. 대한의사협회지, 56(1), 16-22.

김성호, 김형근, 이제혁(2013). 가상현실 기반 운동프로그램이 뇌졸중 환자의 상지기능과 일상생활동작에 미치는 영향. 재활복지, 17(2), 373-391.

김용균, 강순희(2016). 가상현실 기반 운동이 파킨슨병 환자의 균형, 보행 및 낙상효능감에 미치는 영향: 예비연구. 대한통합의학회지, 4(2), 1-11.

김은경, 강종호, 이현민(2010). 가상현실 기반 게임이 만성기 뇌졸중 환자의 균형과 상지 기능에 미치는 효과. 특수교육재활과학연구, 49(3), 131-149.

김환희, 김경미, 장문영(2012). 뇌졸중 환자의 상지기능 회복을 위한 중재에 대한 체계적 고찰. 대한작업치료학회지, 20(1), 129-145.

박정미(2004). 가상현실 프로그램의 집중적 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 상지 기능 회복이 미치는 영향. 대한물리치료학회지, 16(4), 687-698.

박정원, 최호석, 신원섭(2016). 3D 모션입력장치를 이용한 거울치료가 뇌졸중 환자의 상지 운동 기능, 삶의 질, 우울감에 미치는 영향. 대한통합의학회지, 4(4), 41-51.

박화진, 조세흥(2003). 몰입형 가상현실 시스템을 위한 기술 및 사례에 대한 연구. 정보처리학회지, 10(1). 64-73.

부정아, 장태용, 최현세 등(2015). 뇌졸중 환자의 손재활을 위한 RAPAEL 스마트 글러브의 미치는 영향. 대한고령친화산업학회지, 7(2), 21-26.

송귀빈, 박은초(2016). 과제지향적 상지 운동과 가상현실 훈련이 뇌졸중 환자의 상지 기능과 균형, 우울감에 미치는 영향 비교. 대한물리의학회지, 11(1), 115-125.

송창호, 서사미, 이경진 등(2011). 비디오 게임을 기반으로 한 가상현실 훈련이 뇌졸중 환자의 상지기능, 상지근력, 시지각기능에 미치는 영향. 특수교육재활과학연구, 50(1), 155-181.

유두한, 홍덕기, 최성열(2014). 가상현실을 이용한 과제훈련이 뇌졸중 환자의 상지기능과 일상생활활동에 미치는 영향. 재활복지, 18(2), 289-308.

이정아, 황수진, 송창순(2012). 가정-중심 가상현실이 만성뇌졸중환자의 팔 운동기능에 미치는 영향: 실험자맹검 단일실험연구. 한국산학기술학회지, 13(7) 3023-3029.

이효정, 고지은(2016). 가상현실 프로그램이 경직성 뇌성마비 아동의 대동작 기능 및 균형에 미치는 영향. 대한통합의학회지, 4(4), 53-65.

Adamovich SV, August K, Meians A, et al(2009). A virtual reality based system integrated with fMRI to study neural mechanism of action observation-execution: a proof of concept study. Restorative Neurology Neuroscience, 27(3), 209-223.

Azuma R, Baillot Y, Behringer R, et al(2001). Recent advances in augmented reality. IEEE Computer Graph Appl, 21(6), 34-47.

Holden MK, Dyar T(2002). Virtual environment training: a new tool for neurorehabilitation. J Neurol Phys Ther, 26(2), 62-71.

Jang SH, You SH, Hallett M, et al(2005). Cortical reorganization and associated functional motor recovery after virtual reality in patients with chronic stroke: an experimenter-blind preliminary study. Arch Phys Med Rehabil, 86(11), 2218-2223.

Laver K, George S, Thomas S, et al(2012). Cochrane review: virtual reality for stroke rehabilitation. Eur J Phys Rehabil Med, 48(3), 523-530.

Lin KC, Chung HY, Wu CY, et al(2010). Constraint-induced therapy versus control intervention in patients with stroke. Am J Phys Med Rehabil, 89(3), 177-185.

Mathiowetz V, Volland G, Kashman N, et al(1985). Adult norms for the box and block test of manual dexterity. Am J Occup Ther, 39(6), 386-391.

Merians AS, Jack D, Boian R, et al(2002). Virtual reality-augmented rehabilitation for patients following stroke. Phys Ther, 82(9), 898-915.

Merians AS, Poizner H, Boian R, et al(2006). Sensorimotor training in a virtual reality environment: does it improve functional recovery poststroke?. Neurorehabil Neural Repair, 20(2), 252-267.

Nihei K, Shirakawa K, Isshiki N, et al(1999). Virtual reality in a children`s hospital. Turk J Pediatr, 41, 73-82.

Page SJ, Levine P, Sisto S, et al(2002). Stroke patients' and therapists' opinions of constraint-induced movement therapy. Clin Rehabil, 16(1), 55-60.

Rand D, Weiss PL, Katz N(2009). Training multitasking in a virtual supermarket: a novel intervention after stroke. Am J Occup Ther, 63(5), 535-542.

Rizzo AA, Buckwalter JG, Neumann U(1997). Virtual reality and cognitive rehabilitation: a brief review of the future. J Head Trauma Rehabil, 12(6), 1-15.

Rose FD, Brooks BM, Attree EA. et al(1999). A preliminary investigation into the use of virtual environments in memory retraining after vascular brain injury: indications for future strategy?. Disabil Rehabil, 21(12), 548-554.

Sin HH, Lee GC(2013). Additional virtual reality training using Xbox kinect in stroke survivors with hemiplegia. Am J Phys Med Rehabil, 92(10), 871-880.

Trombly CA, Radomski MV(2007). Occupational therapy

for physical dysfunction. 6th ed, Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins.

Walker ML, Ringleb SI, Maihafer GC, et al(2010). Virtual reality-enhanced partial body weight-supported treadmill training poststroke: Feasibility and effectiveness in 6 subjects. Arch Phys Med Rehabil, 91(1), 115-122.

Weiss PL, Rand D, Katz N, et al(2004). Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. J Neuroeng Rehabil, 1(1), 12.

Williams-Bell FM, Kapralos B, Hogue A, et al(2015). Using serious games and virtual simulation for training in the fire service a review. Fire Technol, 51(3), 553-584.

Yang YR, Tsai MP, Chuan TY, et al(2008). Virtual reality-based training improves community ambulation in individuals with stroke: A randomized controlled trial. Gait Posture, 28(2), 201-206.