

대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2023. 03. Vol. 30, No.1, pp. 62-71

열자극을 병행한 가상현실훈련이 만성 뇌졸중 환자의 위팔 능동가동범위와 기능에 미치는 영향

김동훈^{1,2}

¹김천대학교 물리치료학과 · ²김천대학교 재활과학연구소

Effects of Virtual Reality Training Combined with Thermal Stimulation on Upper Extremity AROM and Function in Chronic Stroke Patients

Dong Hoon Kim^{1,2}

¹Dept. of physical therapy, Gimcheon University

²Gimcheon Institute of Rehabilitation Science, Gimcheon University,

Abstract

Background: This study was performed to evaluate the effects of Thermal stimulation combined virtual reality training (TV) on improvement of upper extremity AROM and function in patient with chronic stroke.

Design: Two groups pre-post randomized controlled design.

Methods: A single-blind, randomized controlled trial was conducted with 30 chronic stroke patients. They were randomly allocated two groups; the TV group (n=15) and Virtual Reality training group (VT) (n=15). The TV group received treatment for 30 min - 15 min of Thermal stimulation, and 15 min of VR training. The VT group received 15 min of VR training. Each group performed 30 minutes a day 3 times a week for 8 weeks. The primary outcome upper extremity AROM and function were measured by a active range of motion test, Manual Function Test (MFT) and Jebsen-Taylor hand function Test (JTT). The upper extremity active range of motion was evaluated using a digital dual inclinometer. MFT and JTT were used to evaluate the hand function.

The measurement were performed before and after the 8 weeks intervention period.

Results: Both groups demonstrated significant improvement of outcome in muscle strength and upper extremity function during intervention period. TV group revealed significant differences in AROM and upper extremity function as compared to the VT groups ($p<.05$). Our results showed that TV was more effective on upper extremity AROM and function in patients with chronic stroke.

Conclusion: Both groups demonstrated significant improvement of outcome in muscle strength and upper extremity function during intervention period. TV group revealed significant differences in AROM and upper extremity function as compared to the VT groups ($p<.05$). Our results showed that TV was more effective on upper extremity AROM and function in patients with chronic stroke.

Key words: thermal, VR, stroke, rehabilitation.

교신저자

김동훈

경북 김천시 대학로214 김천대학교 물리치료학과

T: 054-420-4068, E: roopi00yo@naver.com

I. 서론

뇌졸중 질환은 뇌 혈류가 차단되어 발생하며, 뇌세포는 산소 공급이 중단되면 죽기 시작하고, 이로 인해 세포의 죽음은 기억과 근육 조절 등의 뇌 영역에서 통제 능력을 상실한다(American Stroke Association, 2017). 뇌졸중 환자의 70%는 위팔기능 손상으로 인해 독립적인 일상생활 제한과 삶의 질의 저하를 경험 하고 있다(Meadmore 등, 2014; 이연섭 등,). 편마비 환자의 위팔기능의 저하는 일상생활의 독립적인 참여를 방해하는 주 요인으로 나타나며(Joo 등, 2014), 위팔 움직임은 먹기, 씻기, 옷입기, 쓰기 등과 같은 과제 수행을 위해 소단위 운동기술 및 걷기, 균형유지하기 등의 대단위 운동기술에도 중요한 역할을 담당한다(Shumway-Cook & Woollacott, 2007).

현재 뇌졸중 환자의 위팔 움직임 기능 회복을 위해 다양한 방법이 제시되고 있으며, 치료법으로 감각자극 훈련(Kiper 등, 2015), 가상현실훈련(Kim 등, 2019), 기능적 전기자극을 이용한 방법(Ring & Rosenthal, 2005) 등이 있다. 그 중 환자에게 알맞게 적절한 의도를 사용하여 가상현실 재활을 적용하면 뇌졸중 환자의 위팔 기능 및 일상생활 활동에 긍정적인 효과로 나타난다고 하였다(Nanji 등, 2015). 가상환경을 통해 실제 상황과 비슷한 상황에서 환자는 재활 경험을 획득 할 수 있고, 다양한 상호작용과 피드백이 이루어지므로 인지재활, 운동재활, 직업재활과 같은 여러 분야에 이용되고 있다(Maggio 등, 2019; Tieri 등, 2018).

가상현실훈련(Virtual Reality Training;VRT)이란 컴퓨터를 통해 '특정한 환경과 상황을 만들어 사용자가 실제 상황·환경과 상호작용을 하는 것처럼 만드는 장치'로 정의할 수 있다(Holden & Dyar, 2002). 가상현실은 뇌졸중, 척수손상(SCI), 외상성 뇌손상(TBI), 파킨슨 질환(PD), 인지저하 환자 등 다양한 질병의 기능훈련 분야에 도입되어 치료 연구가 진행 되었고(Broeren 등, 2004; Christiansen 등, 1998), 재활영역에서 치료 목적으로 가상현실을 이용한 의료 프로그램이 개발되어 실제 임상에서 적용된다(Carregosa et 등, 2018; Perez-Marcos 등, 2017). Kwon 등(2012)의 연구에서는 가상현실훈련이 뇌졸중 환자의 위팔 기능에 긍정적 영향을 미친다고 하였다.

그러나 아직 뇌졸중 환자에게 있어 가상현실재활훈련 중재 요소들에 대한 연구는 다양하게 진행 중에 있으며, 환자에게 다양한 감각 자극에 대한 접근을 병행한 연구는 부족한 실정이다. 특히 환자에게 촉각자극에 대한 활성화에 용의한 열자극접근법에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 기능적 자기공명영상에서 볼 수 있듯이 열자극(Thermal Stimulation; TS)은 촉각이나 기계적 자극보다 뇌의 더 넓은 영역을 활성화시키며 활성화 정도는 운동과제와 거의 동일하다(Gelnar 등, 1999; Davis 등, 1998). Tai 등(2014)의 연구에서는 TS가 병변이 있는 반구의 운동 피질에서 신경 생리학적 변화를 유도했음을 시사하였으며, Wu 등(2010)은 또한 만성 뇌졸중 환자의 마비된 위팔에 열자극치료를 통해 일상생활활동과 근긴장도에 유익한 효과를 보고하였다. 그러나 Wu 등(2010)의 연구는 TS의 즉각적이고 단기적인 영향만을 다루었으며, 또한 열과 냉을 움직임과 관련하여 중재한 TS가 급성 뇌졸중 후 마비된 위팔에 회복을 촉진할 가능성이 있음을 발견하였으나(Chen 등, 2005) 가상현실과 같은 과제지향적인 중재 접근을 이루지 못하였다.

이에 따라 본 연구에서는 열자극을 병행한 가상현실훈련이 만성 뇌졸중 환자의 위팔 능동가동범위와 기능에 미치는 영향을 알아봄으로써 장기적인 치료가 요구되는 만성 뇌졸중 환자들의 위팔 재활에 유용한 데이터를 제공할 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상

선행연구 Chen 등(2005)의 연구를 바탕으로 30명을 대상자를 선정하였다. S시에 위치한 J병원에서 입원 및 외래 치료를 받고 있는 환자 30명을 모집공고문을 통하여 모집하였으며, 컴퓨터 엑셀 프로그램을 사용하여 무작위로 열자극병행 가상현실훈련군과 가상현실훈련군으로 배정하였다. 본 연구의 목적과 연구 절차에 대하여 모든 대상자에게 자세히 설명하였으며, 본인이 원할 때 연구 진행 중에도 철회할 수 있음을 설명한 이후 동의서를 받아 진행하였다. 선정 조건으로는 처음으로 뇌졸중으로 진단받은 이후 6개월 이상 경과된 자, 한국판 간이정신상태검사(MMES-K) 24점 보다 높은 점수를 받아 인지 기능 손상이 없는 자(Yang 등, 2019), 위팔 정형외과 손상이 없는 자, 위팔의 도수근력검사(Manual Muscle Test; MMT) grade II 이상, 손목 관절의 관절가동범위가 최소 20도 펴, 실험에 동의한 자이며, 제외 조건은 무시증후군과 반시야결손이 있는 환자, 시각과 청각, 전정감각에 문제가 있는 자, 발작의 경험이 있는 자, 파킨슨병 또는 말초신경장애와 같이 운동결손이 나타나는 환자, 위팔의 감각 소실 및 혈액 순환 장애, 감각 과민증이 있는 자로 하였다. 본 연구는 S대학교 기관생명윤리위원회 연구승인을 받았다(2-1040781-A-N-012020014HR).

2. 연구방법

열자극병행가상현실훈련군($n=15$)과 가상현실훈련군($n=15$)은 모두 8주간 주 3회 동안 훈련을 실시하였다. 열자극병행가상현실훈련군은 매 치료 시 열자극을 병행한 가상현실훈련을 30분 실시하였으며, 가상현실훈련군은 신가상현실훈련을 30분 동안 진행하였다. 낙상 방지를 위해 보조자가 대기하였으며, 대상자들의 감염 예방을 위해 별도의 시간을 두고 진행하였다. 또한 실험 및 중재의 전후 소독 티슈로 소독하였으며, 중재자, 대상자, 측정자는 마스크를 착용하여 시행하였다. 모든 대상자들은 연구와 관련한 본인 그룹의 정보 없이 주어진 훈련을 받았다.

1) 열자극병행가상현실훈련군(TV)

TV군은 15분간 열치료를 시행한 후 15분간 가상현실훈련을 각각 시행하였다.

열자극은 Chen 등(2011)의 연구를 수정 보완하여 실시하였다. 먼저 환자는 머리에 베개를 베고, 매트 위에 옆으로 누워서 팔을 볼 수 있다. 핫팩(70°C) 및 아이스팩(0°C)을 각각 2~3개의 수건으로 감싸며 적용하는 온도(핫팩 45~48°, 아이스팩 11~15°)를 체크하기 위해 온도계를 적용부위에 테이프로 고정하여 온도를 기록하였다. 고온 및 저온 자극은 각각 30초 적용하였으며, 먼저 비 마비측 팔에 적용하여 피부온도 변화 및 위팔 움직임을 학습하였다. 이후 핫팩을 마비측 팔에 적용하며 30초동안 총 8번 시행하였다. 핫팩과 아이스팩을 적용 시 환자는 가능한 마비측 팔을 적용하는 팩으로부터 떨어지는 방향으로 전후, 좌우 움직임을 시행하며, 움직임이 어려울 시 치료사의 보조를 받았다. 즉 열 자극은 뜨겁거나 차가운 느낌을 일으킨 이후 환자 팔을 능동적 혹은 수동적 움직임을 시행하였다. 핫팩이나 아이스팩은 여분을 두고 시행하며, 환자가 중력을 이기고 움직임을 시행할 수 있을 경우 중력에 대항하는 자세에서 시행하였다.

가상현실훈련은 RAPAEL Smart Glove™ (Neofect, Korea)를 통하여 훈련하였으며, 이는 뇌졸중 환자의 위팔 재활을 위한 바이오피드백 장비로써 장갑에 센서가 부착된 장비와 소프트웨어로 이루어져 있다. 이는 환자의 아래 팔의 옆침-뒤침, 손목관절 굽힘-펴, 노측/자측 치우침 손가락 굽힘-펴과 등의 움직임을 추적한다. 장갑 내 관성 측정 장치는 먼쪽 지질의 3차원 방향을 측정하고 5개의 굽힘에 대한 센서는 손가락의 굽힘에 대해 측정한다.

측정된 데이터는 무선 통신을 통해 시스템에 수신된다. 소프트웨어 어플리케이션은 수신 데이터를 따라 가상환경에서 손, 물체를 조작하여 훈련하게 된다. 그리고 기능적 움직임에서 능동, 수동 관절 움직임을 측정할 수 있다.

Smart Glove의 훈련은 Jung 등(2017)의 연구를 보완하였으며, 다양한 움직임 요소로 아래팔의 옆침/뒤침, 손목관절의 굽힘/펴, 중력을 제거한 상태의 손목관절의 굽힘/펴, 손목관절의 노측-자측 치우침, 중력을 제거한 상태의 손목관절 노측-자측 치우침, 손가락 굽힘-펴 그리고 복합 동작 등이 있다. 착용자는 다양한 작업을 수행하는데 나비나 공 잡기, 오렌지 짜기, 페인트, 낚시, 요리하기, 바닥 청소하기, 와인따르기, 책장 넘기기와 같이 ADL과 관련된 항목들을 통해 동기부여와 프로그램 적응을 쉽게 하였다.

2) 가상현실훈련군(VT)

가상현실훈련군은 TV군에서 시행한 가상현실훈련을 30분간 시행하였다.

3. 측정 도구

1) 한국형 간이 정신상태 검사 (MMSE-K)

MMSE-K는 Folstein과 McHugh (1975)가 개발한 간이 정신검사 도구(MMSE)를 한국판으로 번역되어 표준화 되어 왔으며, 검사자간 신뢰도는 $r = .99$ 이다. 본 연구에서는 대상자 선정에 대한 인지수준을 평가하기 위해 사용하였다. 지남력 10점, 기억등록 3점, 주의집중 및 계산 5점, 기억회상 3점, 언어기능 7점, 이해 및 판단 2점으로 총 6개 영역, 12항목으로 구성되어 있으며, 24점 이상은 정상, 18 ~ 23점은 경도 인지 장애, 17점 이하는 중증 인지 장애로 정의하였다.

2) 능동관절가동범위

팔꿈관절과 손목관절의 능동 관절가동범위 측정은 듀얼경사계(Dualer IQ Inclinometer, J tech-Medical, USA)를 사용하여 측정하였다. 팔꿈관절의 굽힘과 펴 가동범위 측정은 센서는 아래팔에 부착하고 반대쪽 쪽 센서는 위팔에 부착하였다. 팔꿈관절의 굽힘과 펴 측정 시 대상자는 의자에 앉아 어깨관절을 90°로 굽히고 아래팔을 중립상태로 위치한 후 측정하였으며, 팔꿈관절 펴 측정 시 대상자는 매트에 엎드린 자세로 팔꿈치가 매트 밖으로 나온 상태로 측정하였다. 손목관절의 굽힘과 펴 측정은 의자에 대상자가 앉은 상태로 한 쪽의 센서는 손의 등쪽에 부착하고, 다른 센서는 아래팔에 부착한 후 치료사의 지시로 굽힘, 펴를 측정하였다. 측정은 3회 반복 측정하여 평균값을 사용하였다(Scibek & Carcia, 2014).

3) Manual function test (MFT)

MFT는 뇌졸중 환자의 위팔기능 및 동작능력을 측정하기 위한 도구이다. 위팔 4항목(굽힘, 벌림, 손바닥 뒷머리 가져가기, 손을 등에 놓기) 파악 2항목(쥐기, 집기), 손가락 2항목(입방체 옮기기, 페그보드)으로 구성되어 수행 정도에 따라 4단계~6단계로 점수가 구성되었으며 총 32점 만점으로 구성된다. 본 검사는 브론스트롬 손 회복 단계와 상관성은 매우 높은 평가도구이며 검사-재검사, 검사자 간 신뢰도는 $r=0.95$, Cronbach's α 계수는 0.95이다 (Miyamoto 등, 2009).

4) Jebsen-taylor hand function test (JTT)

이 검사는 7개의 하위 검사로 구성되며, 짧은 문장쓰기, 카드 뒤집기, 작은 물건 옮기기, 먹는 흉내내기, 장기말 쌓기, 크고 가벼운 물건 옮기기, 크고 무거운 물건 옮기기가 해당되며, 과제수행 소요시간을 측정하였다. 대상자는 측정자와 책상을 두고 편안히 의자에 앉은 이후, 검사자는 대상자에게 충분히 각 측정 과제에 대해 설명한 후 검사를 시작하였다. 측정은 디지털시계를 사용하여 실시하였으며, 중재 적용과의 순서를 통일하기 위해 먼저 우세손(비마비측)을 통해 측정방법을 인지시킨 이후 비우세(마비측)를 측정하였다. 각 10회의 훈련을 거쳐 3회 평균값을 결과값으로 사용하였으며, 소요시간을 점수로 환산 시, 한국형 신 점수체계를 적용하였다(김정환 등, 2007; Boggio 등, 2006). 내적 일치도 0.98, 검사자간 신뢰도 값은 $r=0.90\sim 0.99$ 이다(Artalheiro 등, 2018).

4. 자료분석

본 연구의 변수에 통계적 분석은 SPSS 22.0(IBM Co., USA) 프로그램을 사용하였으며, 두 군의 정규성 검정을 위해 Shapiro-Wilk test를 사용하였으며, 모든 변수가 정규분포 하였다. 뇌졸중 유형, 마비 측은 기술통계를 통해 분석하였으며, 카이제곱 검정으로 동질성을 분석하였다. 키, 체중, 나이, MMSE, 중재 전 종속변수 동질성은 독립표본 t -검정으로 검정하였다. 집단 내 전·후 변화는 대응표본 t -검정으로 검정하였으며, 집단 간의 차이는 변화량 결과 값을 독립표본 t -검정으로 분석하였다. 모든 통계학적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정 하였다.

III. 결 과

1. 대상자의 일반적 특성

열자극병행 가상현실훈련군과 가상현실훈련군의 일반적인 특성에서 두 군간 유의한 차이가 나타나지 않았다($p>0.05$)<Table 1>.

Table 1. Subject's general characteristics (N=30)

	TV ^a (n=15)	VT ^b (n=15)	t/x2	p
Age (years)	58 ± 12.72	57.8 ± 8.96	0.09	0.96
Height (cm)	165.33 ± 7.37	163.33 ± 5.89	0.92	0.42
Weight (kg)	60.46 ± 8.14	62.13 ± 6.77	1.01	0.55
MMSE-K ^c (score)	27.47 ± 1.81	28.2 ± 1.32	1.22	0.22
Diagnosis				
Infarction	7	8	0.54	0.72
Hemorrhage	9	6		
Affected side				
Left	8	7	0.54	0.72
Right	6	9		

Note. Data are presented as number (%) or mean ± standard deviation. TV: Thermal and virtual reality training group. VT: Virtual reality training group. MMSE-K: Mini-mental state examination-korea version.

2. 중재방법에 따른 변화

열자극병행가상현실훈련군과 가상현실훈련군의 중재 전 후 변화는 <Table 2> 와 같다. 능동관절가동범위의 측정 결과, 열자극병행가상현실훈련군은 유의하게 증가하였으며($p<0.05$), 가상현실훈련군 역시 유의하게 증가하였다($p<0.05$), 군간 비교에서 열자극병행가상현실훈련군에서 유의한 차이가 있었다($p<0.05$).

MFT의 측정 결과, 열자극병행가상현실훈련군은 13.93 ± 2.66 점에서 16.67 ± 2.66 점으로 유의하게 증가하였으

며($p<0.05$), 가상현실훈련군은 12.74 ± 3.75 점에서 14.93 ± 4.57 점으로 유의하게 증가하였다($p<0.05$), 군간 비교에서 열자극병행가상현실훈련군에서 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). JTT의 측정 결과, 열자극병행가상현실훈련군은 13.93 ± 2.73 점에서 16.53 ± 3.34 점으로 유의하게 증가하였으며($p<0.05$), 가상현실훈련군은 12.93 ± 3.47 점에서 14.33 ± 3.46 점으로 유의하게 증가하였다($p<0.05$), 군간 비교에서 열자극병행가상현실훈련군에서 유의한 차이가 있었다($p<0.05$).

Table 2. Two-group comparison of active range of motion and upper extremity function (N=30)

Variables	TV ^a (n=15)			VT ^b (n=15)			p ³
	Pre-test	Post-test	p ¹	Pre-test	Post-test	p ²	
EFROM ^c (°)	107.4±6.56	111.2±7.83	.000*	105.87±4.55	108.13±4.49	.000*	.004†
EEROM ^d (°)	-32.6±7.85	-26.93±7.85	.000*	-32.13±6.29	-28.49±5.27	.000*	.004†
WFROM ^e (°)	24±3.85	28.67±4.69	.000*	24.53±4.37	28.6±5.05	.000*	.083
WEROM ^f (°)	22±3.82	26.53±3.89	.000*	21.2±4.44	23.26±5.47	.000*	.017†
MFT ^g (Score)	13.93±2.66	16.67±2.66	.008*	12.73±3.75	14.93±4.57	.000*	.000†
JTT ^h (Score)	13.93±2.73	16.53±3.34	.000*	12.93±3.47	14.33±3.46	.000*	.302

Note. Data are presented as number (%) or mean ± standard deviation. p¹ = TV^a paired T test; p² = VT^b paired T test; p³ = Independent T test. *p<.05; †Significant difference compared with VT. TV=thermal and virtual reality training group; VT=virtual reality training group; EFROM= elbow flexion ROM; EEROM= elbow extension ROM; WFROM= wrist flexion ROM; WEROM= wrist extension ROM; MFT= manual function test; JTT= jebsen-taylor hand function test.

IV. 논 의

본 연구에서는 만성 뇌졸중 환자에게 열자극을 병행한 가상현실 훈련군(15명)과 가상현실훈련군(15명)을 통해 위팔의 능동관절운동, 기능에 미치는 영향을 알아보았다. 연구결과를 바탕으로 TV군이 위팔 능동관절범위와 기능에서 더욱 효과적임을 알 수 있었다.

위팔 능동관절가동범위는 위팔 기능과 밀접한 관련이 있다고 보고되고 있는데, Yun 등(2011)은 뇌졸중 환자의 위팔 중재의 효과를 보기 위하여 능동관절가동범위를 사용하였다. Anders와 Brose (2005)는 3차원 운동은 전후, 좌우, 그리고 대각선 방향으로 움직임으로써 고유수용성 감각기의 촉진, 평형능력 증가, 몸통 안정화에 효과적이라고 하였으며, Summers 등(2007)은 나무 블록 옮기기의 훈련을 뇌졸중 환자에게 한 결과 팔꿈관절의 가동범위에서 유의한 차이를 나타내었다. 본 연구에서 팔꿈관절과 손목관절의 능동관절가동범위 변화는 두 군 모두 훈련 전 후 유의한 차이가 나타났으며, 군간 비교에서 TV군이 더 유의한 증진을 보였다. Kim 등(2019)의 선행연구와 마찬가지로 본 연구의 TV군과 VT군에서의 관절가동범위 증진은 가상현실훈련에 영향을 받은 것으로 생각된다. 그러나 TV군의 유의한 차이는 선행연구의 반복된 움직임을 통한 가상현실 훈련과 병행된 손 감각자극이 관절가동범위에 증진을 이끌어 낸 것과 일치하게 본 연구에서도 가상현실 훈련기와 함께 반복된 위팔 움직임이 관절의 순환에 증진이 되어 변화를 준 것으로 생각되며, Carpenter 등(1998)의 연구와 같이 본 연구의 가상현실과 병행된 열자극 중재는 인대, 관절, 근육, 관절주머니, 힘줄 그리고 피부 등에 위치하고 있는 고유수용성감각 수용기에 통합 정보가 입력되고 이것이 근육과 관절 움직임 정보를 제공함으로써 정상 움직임을 유발하여 능동 관절가동범위가 증가되었다고 생각된다. 손목 등쪽 굽힘 관절가동범위에 대한 요소는 가상현실훈련으로 인한 증진 효과로 인해 열자극효과의 군간 차이가 유의하지 않게 나온 것으로 생각된다.

뇌졸중 환자에게 위팔기능 평가로 높은 신뢰도를 가지고 있는 MFT는 위팔 운동과 파악, 손가락 조작 등의 항목을 평가한다(Miyamoto 등, 2009). 본 연구는 위팔 기능을 알아보기 위해 MFT와 JTT 측정에서 두 군 모두 증진이 나타났으며, 그 중 TV군에서 더욱 향상이 있었다. MFT 검사는 정상 평균 31점 이상으로(Michimata 등, 2008), 본 연구의 두 군 위팔 기능의 MFT, JTT 군내 변수 증진은 Jung 등 (2021)의 뇌졸중 환자에게 근전도 연동 기능적 전기자극 연구에서 MFT의 유의한 차이가 나타났다고 한 연구, Kim 등(2015)의 거울치료를 통한 MFT 점수의 변화가 유의하게 나타났다고 한 연구와 일치하였으며, Dos 등(2013)의 연구에서도 뇌졸중 환자에게 말초 신경 자극 훈련을 시행하여, JTT의 유의한 차이를 나타냈다고 한 연구, 그리고 Combs 등(2012)의 뇌졸중환자를 대상으로 가상현실훈련을 활용하여 위팔 기능에 증진을 나타낸 연구, Carr와 Shepherd(2003)의 능동적 운동 및 과제지향적 훈련의 강조로 기능적 수행력을 최대화시킨다고 한 연구와도 일치한다. 이는 Ko (2019)의 연구에서와 같이 일상생활 수행요소와 밀접한 관련이 있는 본 연구의 가상현실 훈련이 위팔 기능에 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각되며, 본 연구에서 TV군에서의 유의한 차이는 뇌졸중 환자들에게 가상현실훈련 이외에 열자극을 요소를 통해 위팔의 반복적 사용을 강조하고 과제지향적 가상현실의 접근법으로 위팔 기능 증진을 이끌어낸 것으로 생각된다. JTT의 군간차이는 JTT평가의 세부항목에서 손목의 등쪽 굽힘과 관련한 기능들이 결과에 영향을 미친 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점은 선정기준을 충족한 대상자를 통해서만 연구를 실시하였으므로 본 연구의 결과를 만성 뇌졸중 환자에게 일반화하는 것에 제한이 있으며, 가상현실훈련의 과제 다양성과 열자극의 개인 적응성에 대한 고려가 적었으며, 일상생활을 완벽하게 통제할 수 없어 외부 요인이 위팔에 미치는 영향을 완전히 배제시킬 수 없다는 것이다. 앞으로는 다양한 가상현실 훈련 방식, 대상자의 위팔 능력에 따른 난이도의 차이, 개인의 열자극에 따른 적응성, 다양한 평가의 등을 고려하는 다양한 연구가 추가적으로 필요하다고 사료된다.

V. 결론

본 연구에서는 만성 뇌졸중 환자의 위팔 능동관절범위, 기능 회복에 효과에 대해 알아보기 위하여 열자극을 병행한 가상현실훈련을 실시하였으며, 이는 만성 뇌졸중 환자의 위팔 능동관절가동범위와 위팔 기능에 유의한 증진이 나타났다.

만성 뇌졸중 환자에게 위팔 회복은 독립적 일상생활에 매우 중요한 요소이나, 이를 회복하는 것은 장애가 있는 실정이다. 뇌졸중 환자에게 열자극을 병행한 가상현실훈련은 뇌졸중 환자에게 보다 쉽고 안정적으로 뇌 가소성에 자극을 줄 수 있다. 이에 본 연구는 만성 뇌졸중 환자의 위팔 증진을 위한 하나의 중재 방법을 제시하여, 앞으로 다양한 운동프로그램 개발 및 연구가 이루어져야 할 것이다.

Acknowledgements

This work was supported by the 2021 Gimcheon University Research Grant.

참고문헌

- 김정환, 김일수, 한태륜. Jebsen Hand Function Test의 신 점수체계. 대한재활의학회지. 2007;31(6):623-9.
- 이연섭, 전현주. 경 두 개 직류자극이 뇌졸중 환자의 시간적, 공간적 보행능력에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지. 2022;29(3):75-84.
- American Stroke Association. Understand stroke, What is stroke. 2017; <https://www.stroke.org/en/about-stroke>.
- Anders C, Brose G. Activation characteristics of trunk muscle during whole body tilt with unsupported trunk. Eur J Appl Physiol. 2005;11:195-205.
- Artalheiro MC, Favero FM Caromano FA et al. Reliability, validity and description of timed performance of the Jebsen-Taylor Test in patients with muscular dystrophies. Brazilian journal of physical therapy. 2018;22(3):190-7.
- Boggio PS, Castro LO, Savagim EA et al. Enhancement of non-dominant hand motor function by anodal transcranial direct current stimulation. Neuroscience letters. 2006;404(1-2):232-6.
- Broeren J, Rydmark M, Sunnerhagen KS. Virtual reality and haptics as a training device for movement rehabilitation after stroke: a single-case study. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2004;85(8): 1247-50.
- Carpenter JE, Blasler RB, Pellizzon GG. The effects of muscle fatigue on shoulder joint position sense. The American journal of sports medicine. 1998;26(2):262-5.
- Carregosa AA, Aguiar Dos Santos LR, Masruha MR et al. Virtual rehabilitation through Nintendo Wii in poststroke patients: follow-up. Journal of stroke and cerebrovascular diseases. 2018;27(2):494-8.
- Carr JH, Shepherd RB. Shepherd Roberta. Stroke Rehabilitation Guidelines for Exercise and Training to Optimize Motor Skill. 1st ed, New York, Butterworth-Heinemann, 2003:426
- Chen JC, Liang CC, Shaw FZ. Facilitation of sensory and motor recovery by thermal intervention for the hemiplegic upper limb in acute stroke patients: a single-blind randomized clinical trial. Stroke. 2005;36(12):2665-69.
- Chen JC, Lin CH, Wei YC et al. Facilitation of motor and balance recovery by thermal intervention for the paretic lower limb of acute stroke: a single-blind randomized clinical trial. Clinical rehabilitation. 2011;25(9):823-32.
- Christiansen C, Abreu B, Ottenbacher K et al. Task performance in virtual environments used for cognitive rehabilitation after traumatic brain injury. Archives of physical medicine and rehabilitation. 1998;79(8):888-92.
- Combs SA, Finley MA, Henss M et al. Effects of a repetitive gaming intervention on upper extremity impairments and function in persons with chronic stroke: a preliminary study. Disability and Rehabilitation. 2012;34(15):1291-98.
- Davis KD, Kwan CL, Crawley AP et al. Functional MRI study of thalamic and cortical activations evoked by cutaneous heat, cold, and tactile stimuli. Journal of Neurophysiology. 1998;80(3):1533-46.

- Dos Santos-Fontes RL, Ferreiro de Andrade KN, Andrade S et al. Home-based nerve stimulation to enhance effects of motor training in patients in the chronic phase after stroke: a proof-of-principle study. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2013;27(6):483-90.
- Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. Walking and talking therapy: improving cognitive-motor dual-tasking in neurological illness. *J Psychiatr Res*. 1975;12(3):189-98.
- Gelnar, PA, Krauss BR, Sheehe PR et al. A comparative fMRI study of cortical representations for thermal painful, vibrotactile, and motor performance tasks. *Neuroimage*. 1999;10(4):460-82.
- Holden MK., Dyar T. Virtual environment training-a new tool for neurorehabilitation?. *Neurology Report*. 2002;26(2):62-71.
- Joo MC, Park HI, Noh SE et al. Effects of robot-assisted arm training in patients with subacute stroke. *Brain & Neurorehabilitation*. 2014;7(2):111-7.
- Jung HT, Kim H, Jeong JY et al. Feasibility of using the RAPAEEL Smart Glove in upper limb physical therapy for patients after stroke: A randomized controlled trial. 2017 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). IEEE, 2017:3856-59.
- Jung JY, Youn PS, Kim DH. Effects of Mirror therapy combined with EMG-triggered functional electrical stimulation to improve on upper extremity function in patient with chronic stroke. *Physikalische Medizin, Rehabilitationsmedizin, Kurortmedizin*. 2021;31(02):127-35.
- Kim DH, Kim KH, Lee SM. The effects of virtual reality training with upper limb sensory exercise stimulation on the AROM of upper limb joints, function, and concentration in chronic stroke patients. *Physikalische Medizin, Rehabilitationsmedizin, Kurortmedizin*. 2020;30(02):86-94.
- Kim H, & Shim J. Investigation of the effects of mirror therapy on the upper extremity functions of stroke patients using the manual function test. *Journal of physical therapy science*. 2015;27(1):227-9
- Kiper, P, Baba A, Aqostini M et al. Proprioceptive Based Training for stroke recovery. Proposal of new treatment modality for rehabilitation of upper limb in neurological diseases. *Archives of Physiotherapy*. 2015;5(1):1-6.
- Ko KB, & Moon SH. The Effects of Virtual Reality-Based Task Training Using a Smart Glove on Upper Extremity Function and Activity of Daily Living in Stroke Patients. *PNF and Movement*. 2019;17(3):369-78.
- Kwon JS, Park MJ, Yoon IJ et al. Effects of virtual reality on upper extremity function and activities of daily living performance in acute stroke: a double-blind randomized clinical trial. *NeuroRehabilitation*. 2012;31(4):379-85.
- Maggio MG, Latella D, Maresca G et al. Virtual reality and cognitive rehabilitation in people with stroke: an overview. *Journal of Neuroscience Nursing*. 2019;51(2): 101-5.
- Meadmore KL, Exell TA, Hallewell E et al. The application of precisely controlled functional electrical stimulation to the shoulder, elbow and wrist for upper limb stroke rehabilitation: a feasibility study. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2014;11(1):1-11.
- Michimata A, Kondo T, Suzukamo Y et al. The manual function test: norms for 20-to 90-year-olds and effects of age, gender, and hand dominance on dexterity. *The Tohoku journal of experimental medicine*. 2008;214(3):257-67.
- Miyamoto S, Kondo T, Suzukamo Y et al. Reliability and validity of the Manual Function Test in patients with stroke. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2009;88(3):247-55.
- Nanji, LS, Cardoso AT, Costa J et al. Analysis of the Cochrane Review: Interventions for Improving Upper Limb
-

- Function after Stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014, 11: CD010820. *Acta medica portuguesa.* 2015;28(5):551-3.
- Perez-Marcos, D, Chevalley O et al. Increasing upper limb training intensity in chronic stroke using embodied virtual reality: a pilot study. *Journal of neuroengineering and rehabilitation.* 2017;14(1):1-14.
- Ring H, Rosenthal N. Controlled study of neuroprosthetic functional electrical stimulation in sub-acute post-stroke rehabilitation. *Journal of rehabilitation medicine.* 2005;37(1):32-6.
- Scibek JS, Carcia CR. Validation of a new method for assessing scapular anterior-posterior tilt. *International journal of sports physical therapy.* 2014;9(5):644-56.
- Shumway-Cook, Anne, and Marjorie H. Woollacott. *Motor control: translating research into clinical practice.* Lippincott Williams & Wilkins, 2007:612.
- Summers JJ, Kaqerer FA, Garry MI et al. Bilateral and unilateral movement training on upper limb function in chronic stroke patients: a TMS study. *Journal of the neurological sciences.* 2007;252(1):76-82.
- Tai I, Lai CL, Hsu MJ, Lin RT et al. Effect of thermal stimulation on corticomotor excitability in patients with stroke. *American journal of physical medicine & rehabilitation.* 2014;93(9):801-8.
- Tieri G, Morone G, Paolucci S et al. Virtual reality in cognitive and motor rehabilitation: facts, fiction and fallacies. *Expert review of medical devices.* 2018;15(2):107-17.
- Wu HC, Lin YC, Hsu MJ et al. Effect of thermal stimulation on upper extremity motor recovery 3 months after stroke. *Stroke.* 2010;41(10):2378-80.
- Yang, JE, Ma SR, Choi JB. The Effect of Hand Movement Training Based on Virtual Reality on Upper Extremity and Hand Function in Stroke Patients. *Journal of Korean for Neurotherapy.* 2019;23(2):45-50.
- Yun GJ, Chun MH, Park JY et al. The synergic effects of mirror therapy and neuromuscular electrical stimulation for hand function in stroke patients. *Annals of rehabilitation medicine.* 2011;35(3):316-21.
-