가상현실 기반 맞춤형 재활훈련이 뇌졸중 환자의 상지 기능에 미치는 영향

황호성, OT, PhD[1], 유두한, OT, PhD[*2]
[1]원광대학교 광주한방병원, [*2]건양대학교 작업치료학과

Effect of Virtual Reality-based Customized Rehabilitation Training on Upper Extremity Function of Stroke

Ho-Sung Hwang, OT, PhD[1], Doo-Han Yoo, OT, PhD[*2]
[1]*Dept. of Occupational Therapy, Wonkwang University Gwangju Oriental Hospital, Republic of Korea*
[*2]*Dept. of Occupational Therapy, Konyang University, Republic of Korea*

Purpose This study aimed to analyze the impact of virtual reality-based customized rehabilitation training on the upper extremity function of stroke patients. ***Methods*** This study targeted 30 stroke patients, including 15 in the experimental group and 15 in the control group. The experimental group received virtual reality-based customized rehabilitation training and occupational therapy for 30 minutes each for a total of 20 sessions, 5 times a week, and the control group received occupational therapy twice for 30 minutes during the same session as the experimental group. To investigate changes in upper limb function, the Fugle-Meyer evaluation and smart board evaluation programs were used. ***Results*** Virtual reality-based customized rehabilitation training showed significant changes in upper extremity function in stroke patients. ***Conclusion*** Virtual reality customized rehabilitation training is effective when applied according to individual functions.

Key words Customized rehabilitation, Smart board, Stroke, Upper extremity function, VR rehabilitation

Corresponding author Doo-Han Yoo(glovia@konyang.ac.kr)

Received date 12 September 2023
Revised date 25 September 2023
Accept date 02 October 2023

Ⅰ. 서 론

뇌졸중은 나이가 증가함에 따라 발병률이 높아지며 꾸준히 증가하고 있는 만성질환이다.[1)] 뇌졸중 환자의 80%는 다양한 신경학적인 문제로 인하여 상지에 장애가 남아있게 된다.[2)] 뇌졸중 환자의 상지 기능 감소는 다양한 치료의 발전에도 불구하고 기능적 문제가 발생하고,[3)] 일상생활 수행에 독립성을 감소시켜 삶의 질에 악영향을 준다.[4)] 뇌졸중 발병 이후 상지 기능이 개선되지 않으면 자기관리, 일상생활활동, 사회적 참여 등에 많은 문제가 발생할 수 있다.[5)]

최근 뇌졸중 환자의 상지 기능회복을 위한 다양하고 효율적인 치료 방법 중에서도 가상현실 기반 재활 치료가 주목받고 있다.[6)] 가상현실 기반 재활 치료 시스템은 크게 상업용 비디오 콘솔(commercial video gaming console)과 맞춤형 가상환경(custom-built virtual environment)으로 분류할 수 있다.[7)] 그중 맞춤형 가상환경은 환자의 기능을 고려하여 임상가와 개발자의 협력을 통해 고안되었으며, 난이도에 따라 환자 맞춤형 재활 프로그램을 제공할 수 있다. 또한, 맞춤형 가상환경은 환자 움직임에 대한 데이터 결과를 바탕으로 피드백을 제시해주며, 환자의 보상적 움직임을 제어할 수 있도록 설계되었다.[8)] 이처럼 가상현실 기반 재활 프로그램은 뇌졸중 환자의 운동기능 향상을 위한 새로운 재활 시스템으로 발전되고 있다.[6)]

작업치료사는 가상현실 기반 맞춤형 재활 훈련을 통해 개인에게 맞는 치료 목표를 설정할 수 있으며, 환자는 가상환경 속에서 프로그램에 집중할 수 있다.[9)] 가상현실 기반 맞춤형 재활 훈련은 강도, 작업 별 훈련, 바이오 피드백 및 동기부여라는 4가지 재활 원칙이 적용된다.[10)] 기술의 발전을 통해서 가상현실 기반 맞춤형 재활 훈련은 임상적으로 활발하게 적용되고 있으며, 다양한 분야에서 연구되고 있다.[11)] 특히 이러한 장비를 통한 재활 훈련은 치료사의 숙련도에 따라 달라질 수 있는 환경을 일반화하여 제공할 수 있으며, 환자에게 정확한 피드백을 제공할 수 있다는 장점이 있다.[9)]

뇌졸중 환자들을 대상으로 한 최근 선행연구에서는 가상현실 기반 재활 훈련이 기존의 치료보다 상지 운동기능, 관절 가동범위, 민첩성, 근력, 균형의 향상을 보였고,[12,13,14)] 가상현

http:dx.doi.org/10.17817/2023.09.25.1111829

실 비디오 게임을 활용하여 주 5회 6주간 실시한 집단 간 비교연구에서 실험군의 상지 기능과 민첩성에 대한 효과를 확인하였다.[15] 또한, 3D 가상현실 기반 재활 치료를 주 2회 12주 동안 진행하였을 때 실험군의 상지 기능 중 어깨, 팔꿈치, 아래팔의 움직임에 효과를 보였다.[16] 하지만 Xbox Kinect를 활용하였던 선행연구에서는 상지 기능에 유의한 효과를 확인할 수 없었다.[17] 가상현실 기반 재활 훈련에 대한 효과성 유무는 환자의 기능에 맞게 설계되어야 하며, 이를 치료사가 환자 개인에 맞게 피드백을 제공해야 할 것이다. 그렇기 때문에 가상현실 기반 맞춤형 재활 훈련에 대한 효과성을 입증할 수 있는 연구가 추가로 필요하다.

따라서 본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 개발된 스마트 보드를 활용하여 가상현실 기반 맞춤형 재활 훈련을 뇌졸중 환자에게 적용하였을 때, 상지기능에 미치는 영향에 대해서 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자 및 기간

본 연구의 대상자는 G시 ○○병원에 내원하고 전문의에 의해 뇌졸중 진단을 받은 자이며, 30명을 대상으로 진행되었다. 대상자의 포함기준은 연구에 필요한 장비와 평가에 대해서 수행할 수 있으며, 손상 측의 어깨 움직임이 중력을 제거한 자세에서 수평 벌림과 모음, 팔꿈치 관절의 굽힘과 폄이 가능한 상태로 하였다. 하지만 양측 상지에 손상이 있거나 인지 손상으로 인하여 지시 따르기가 불가능한 경우와 손상 측 상지의 자발적인 움직임이 어려운 환자는 배제하였다.

본 연구는 2022년 7월 1일부터 2022년 11월 30일까지 5개월간 진행하였다. 연구 진행 전 생명윤리심의위원회 연구승인(IRB 과제번호: KYU-2021-10-006-001)을 받은 후 진행하였다. 연구자는 연구 대상자에게 연구의 목적을 충분히 설명하고 자발적인 동의로 서면동의를 받은 후 진행하였다. 또한, 언제든지 연구 참여를 철회할 수 있으며, 개인정보가 있는 모든 자료는 연구종료 후 폐기할 것을 설명하였다.

2. 연구설계 및 과정

본 연구의 설계는 가상현실 기반 맞춤형 재활 훈련이 뇌졸중 환자의 상지 기능에 미치는 효과를 입증하기 위해서 사전 사후검사 통제집단설계를 활용하여 두 집단을 비교하였다.

본 연구는 대상자는 무작위 할당으로 하여 두 집단으로 나눠서 진행하였다. 실험군 15명은 스마트 보드를 이용한 가상현실 기반의 상지 재활훈련과 작업치료를 30분씩 나눠서 진행하였고, 대조군 15명은 작업치료를 각각 30분씩 나눠서 실시하였다. 본 연구의 중재 기간은 선행연구를 참조하여 총 4주로 진행하였고, 중재 시간은 주 5회, 총 20회기로 구성하였다.[12] 사전 사후 두 집단의 뇌졸중 회복단계와 상지 기능에 대해 평가하고, 결과에 대해 분석하였다. 중재의 일관성을 유지하기 위해 실험에 참여하는 치료사는 같은 조건에서 중재를 시행하였다. 중재 프로그램은 30분 동안 진행하였고, 6개의 프로그램으로 구성하였다. 연구의 전체적인 절차 및 과정은 다음과 같다(Figure 1).

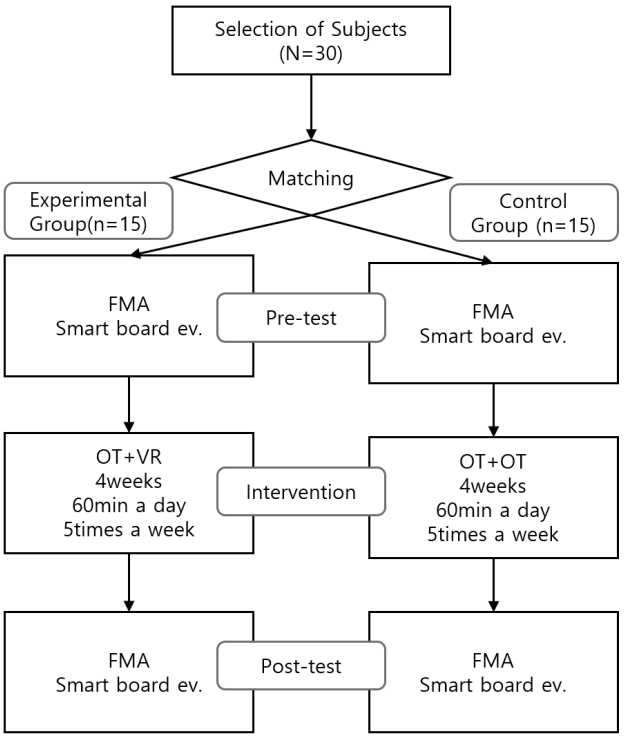

Figure 1. Study design

3. 중재방법 및 도구

(1) 가상현실 기반 맞춤형 재활 프로그램

가상현실 기반 맞춤형 재활을 제공하기 위하여 스마트 보드를 활용하였다. 스마트 보드는 상지 기능이 손상된 환자를 위해 개발되었다. AROM 및 여러 관절에 걸친 조절 운동을 포함한 근위 상지 재활에 중점을 둔다. 본 연구는 국내의 네오펙트(Neofect)에서 개발한 라파엘 스마트 보드를 활용하였으며(Figure 2), 장비는 PC, 모니터, 스마트 보드로 구성되어 있다. 라파엘 클리닉 소프트웨어에 연결된 시스템은 모니터를 통해 실시간으로 시각과 청각적 피드백을 제공한다. 또한, 교육 세션이 완료되면 보고서 형식으로 기록된다. 스마트 보드 프로그램은 32개로 구성되어 있으며, 각각의 난이도 조절이 가능하다(Figure 3).

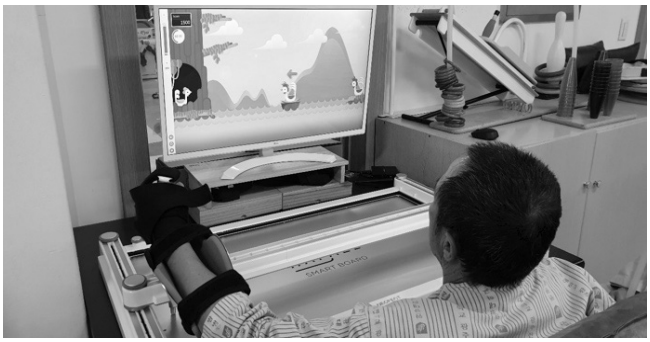

Figure 2. Smart board

뇌졸중 환자의 재활에서 흥미와 재미를 통한 자발적인 재활 참여와 치료적 효율을 높이기 위해서는 개인에 맞는 맞춤형 재활 환경이 필요하다.[19] 따라서 본 연구는 가상현실 기반 맞춤형 재활 프로그램을 제공하기 위하여 치료사는 최초 회기에 환자에게 등록된 프로그램을 소개하였고, 환자 스스로 흥미를 보인 프로그램 3개와 치료사의 임상적 추론에 입각한 필수 프로그램 3개를 선정하였다. 매 회기 환자의 몰입을 위해서 흥미를 느끼는 프로그램 3개를 선정할 수 있게 하였다. 중재프로그램은 인지훈련, 관절가동범위, 협응 훈련의 카테고리로 구성되어 있다. 인지훈련에는 4개의 프로그램, 관절가동범위에는 6개의 프로그램, 협응 훈련에 24개의 프로그램으로 구성되어 있다. 치료사는 재활 프로그램을 진행하면서 환자가 원활하게 수행할 수 있도록 지지하였으며, 언어적 피드백을 제공하였다. 또한, 모든 대상자가 재활 프로그램에 몰입할 수 있도록 조용한 환경을 조성하여 진행하였다.

4. 측정도구

1) 후글-마이어 평가(Fugle-Meyer Assessment; FMA)

후글-마이어 평가는 뇌졸중으로 인한 기능적 회복 정도를 양적으로 평가하는 도구로써 관절 가동범위, 운동기능, 균형, 통증, 감각평가로 구성되며, 항목 중 운동기능 평가는 상지 66점, 하지 34점으로 구성되어 있다.[19] 본 연구에서는 상지만을 필요로 하기에 상지 검사만을 사용하였으며, 어깨, 팔꿈치, 손목 관절 및 손의 반사, 수의적 움직임 등의 검사를 시행하였다. 검사자 내 신뢰도는 0.99로 높게 나타났고, 검사자 간 신뢰도는 0.96으로 매우 높다.[20]

2) 스마트 보드 운동기능 프로그램

스마트 보드는 상지의 움직임을 평가하기 위해서 자유 탐사, 목표 도달 및 궤적 그리기를 한다(Figure 4). 자유 탐사(Figure 4-a)는 참가자가 주어진 시간 내에 보드에서 가능한 많은 영역을 쓸어 넘겨 시스템 화면에서 제안된 큰 반원을 채워야 하므로 상지의 AROM 및 시각 운동능력이 반영된다. 자유 탐색은 탐색면적비율, 평균 도달 거리, 탐색시간을 바탕으로 점수화하여 평가된다. 목표 도달(Figure 4-b)은 참가자가 핸들을 중앙에 있는 목표물에서 두 개의 서로 다른 거리에서 5개의 다른 각도를 가진 10개의 목표물로 이동해야 하며, 이는 주어진 표적 지점까지 도달하는 능력을 평가한다. 목표 도달은 평균 도달 오차, 평균 도달 시간, 평균 부드러움을 바탕으로 점수화한다. 궤적 그리기(Figure 4-c)는 참가자가 핸들로 원을 그려야 하므로(시계방향으로 한번, 시계 반대 방향으로 한번) 운동 조절을 반영한다. 궤적 그리기는 궤적 유사도,

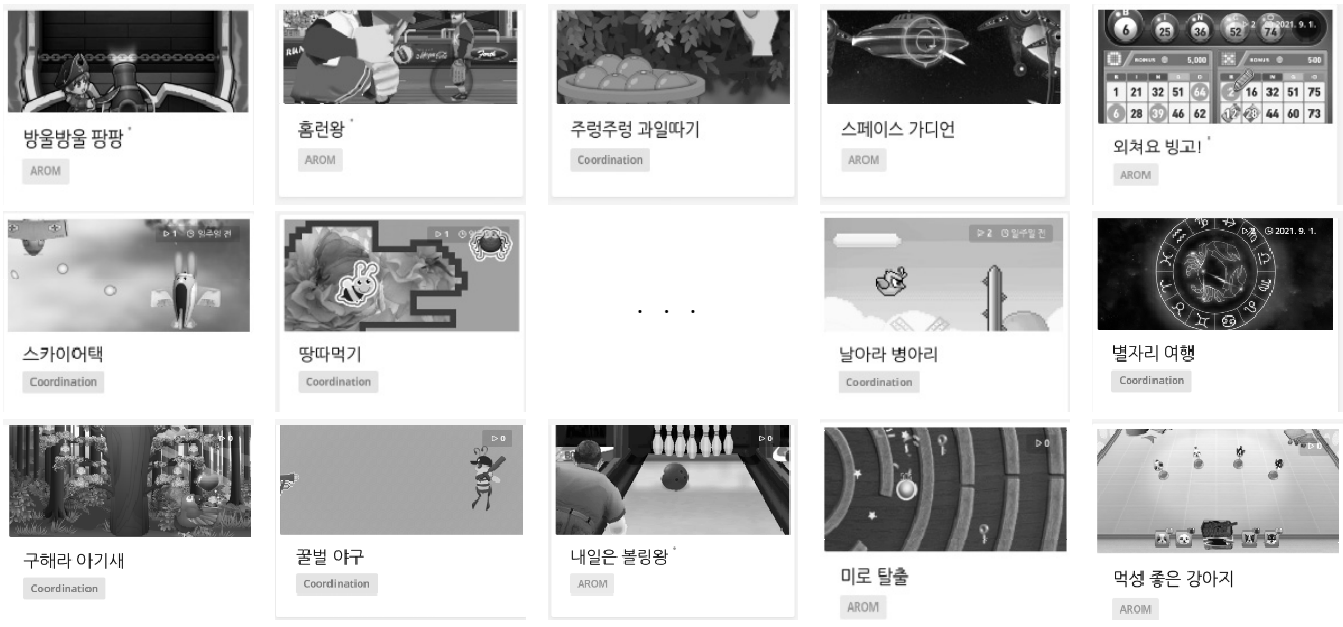

Figure 3. Smart board program

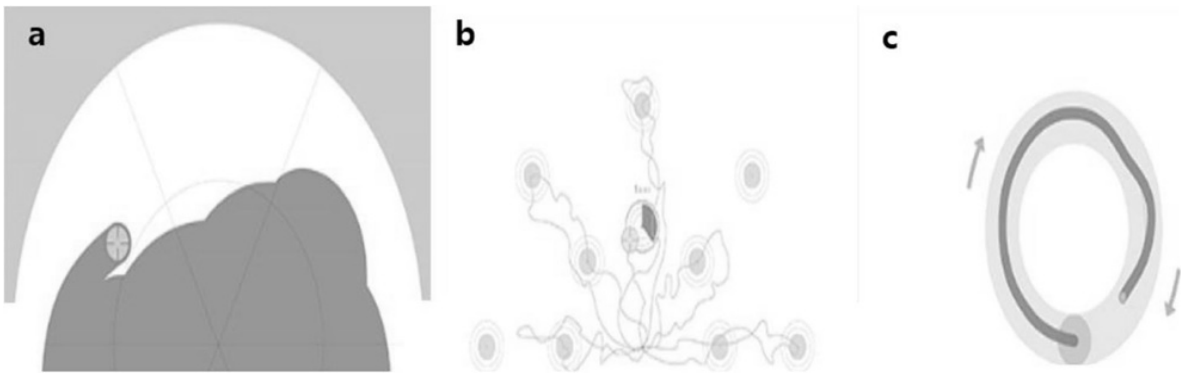

Figure 4. Smart board exercise function program

원형완성도, 소요시간을 바탕으로 점수화한다. 각각의 평가는 제한 시간이 60초이며, 100점 만점으로 하여 점수로 환산하여 표현된다. 해당 시간 내에 작업이 완료되지 않더라도 자동으로 종료된다.[21)]

5. 분석방법

본 연구는 실험 진행에서 얻어진 자료를 Window SPSS 22.0을 이용하여 분석하였다. 실험군과 대조군의 실험 전 정규성 여부를 검증하기 위해서 콜모고로프-스미르노프 검정(Kolmogorov-Smirnov test)를 실시하였으며, 동질성을 알아보기 독립표본 t-검정(Independent t-test)과 카이제곱 검정(chi-square test)를 실시하였다. 대상자의 일반적 특성에 대해서 기술통계 및 빈도분석을 하였고, 실험군과 대조군의 중재 전과 후의 변화를 알아보기 위해서 대응표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였다. 통계학적 유의 수준은 0.05로 하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 대상자의 일반적 특성

연구 대상자의 성별, 뇌졸중 유형, 마비 측, 발병 기간, 연령대, 브룬스트롬 회복단계에 대한 일반적 특성은 다음과 같으며(Table 1), 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p>0.05$).

Table 1. General characteristics of the subjects (N=30)

Characteristics		Experimental group(n=15)	Control group(n=15)	χ^2	p
Gender	Male	6(40.0%)	9(60.0%)	1.200	.273
	Female	9(60.0%)	6(40.0%)		
Stroke type	Infarction	9(60.0%)	10(66.7%)	.144	1.000
	Hemorrhage	6(40.0%)	5(33.3%)		
Affected side	Lt.	10(66.7%)	7(46.7%)	1.863	.394
	Rt.	5(33.3%)	7(46.7%)		
	Both.	0(0.0%)	1(6.6%)		
Onset	<12 months	14(93.3%)	10(66.7%)	3.333	.068
	≥12 months	1(6.7%)	5(33.3%)		
Age Range	<65	6(40.0%)	10(66.7%)	2.143	.143
	≥65	9(60.0%)	5(33.3%)		
Brunnstrom Recovery Stage	1 Stage	1(6.7%)	2(13.3%)	4.000	.406
	2 Stage	4(26.6%)	2(13.3%)		
	3 Stage	3(20.0%)	7(46.7%)		
	4 Stage	6(40.0%)	4(26.7%)		
	5 Stage	1(6.7%)	0(0.0%)		

2. 중재 전 정규성 검정

가상현실 기반 맞춤형 재활치료 장비인 스마트 보드를 이용한 실험군과 일반 작업치료를 받은 대조군의 중재 전 두 집단 간의 정규성을 검증하기 위해서 콜모고로프-스미르노프 검정(Kolmogorov-Smirnov test)를 시행하였고, 정규성을 확인하였다(Table 2).

3. 중재 전 동질성 검정

실험군과 대조군의 동질성 검정을 위해서 독립표본 t-검정(Independent t-test)를 실시하였다(Table 3). 두 집단의 FMA, 스마트 보드 운동기능 프로그램의 점수를 분석한 결과, 유의한 차이를 보이지 않아 동질성을 확인하였다(p>0.05).

4. 실험군의 중재 전·후 비교

실험군의 FMA는 28.07±14.98점에서 33.80±17.04점으로 향상되었고, 유의한 차이를 확인하였다(p<0.01). 스마트 보드 운동기능 프로그램에서 자유 탐사, 목표 도달 및 궤적 그리기에 대한 평균값을 비교해 보면, 자유 탐사는 48.20±23.13점에서 68.73±25.37점으로 향상되었고, 목표 도달은 48.33±19.96점에서 66.73±20.74점으로 향상되었고, 궤적 그리기에서 43.40±66.20점에서 66.20±26.91점으로 향상되었다. 자유 탐사(p<0.001), 목표 도달(p<0.001), 궤적 그리기(p<0.001)에서 모두 유의한 차이를 보였다. Cohen's d의 효과크기 상관계수 r값을 보면 FMA가 .55, 자유 탐사 .80, 목표도달 .90, 궤적 그리기 .96으로 나타났다. 일반적으로 효과크기는 0.2 보다 작으면 작은 크기, 0.5이면 중간 크기, 0.8 이상은 큰 효과라고 말한다.

5. 대조군의 중재 전·후 비교

대조군의 FMA는 20.33±13.22점에서 22.07±15.70점으로 향상되었지만 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05). 스마트 보드 운동기능 프로그램에서 자유 탐사, 목표 도달 및 궤적 그리기에 대한 평균값을 비교해 보면, 자유 탐사는 53.47±30.17점에서 60.27±30.68점으로 향상되었고, 목표 도달은 50.80±30.70점에서 57.40±32.13점으로 향상되었고, 궤적 그리기에서 42.00±28.82점에서 46.73±29.52점으로 향상되었고 자유 탐사(p<0.05), 목표 도달(p<0.05), 궤적 그리기(p<0.01)에서 유의한 차이를 보였다. Cohen's d의 효과크기 상관계수 r값을 보면 FMA가 .30, 자유 탐사 .61, 목표도달 .58, 궤적 그리기 .67로 나타났다.

Table 2. Normality Test Between Two Groups (N=30)

Asessment		Experimental group(n=15)	Control group(n=15)
Fugle-Meyer Assessment		.200	.200
Smart Board Exercise Function Program	Free exploration	.200	.193
	Point-to-point	.200	.200
	Circle-drawing	.200	.080

Table 3. Comparison of Experimental and Control Groups Before Intervention (N=30)

Asessment		Experimental group(n=15)	Control group(n=15)	*t*	p
Fugle-Meyer Assessment		28.07±14.98	20.33±13.22	1.499	.145
Smart Board Exercise Function Program	Free exploration	48.20±23.13	53.47±30.17	-.537	.596
	Point-to-point	48.33±19.96	50.80±30.70	-.261	.796
	Circle-drawing	43.40±29.31	42.00±28.82	.132	.896

Table 4. Changes in the experimental group (N=30)

		Pre-test	Post-test	*t*	P	effect-size *r*
		n or M±SD	n or M±SD			
Fugle-Meyer Assessment		28.07±14.98	33.80±17.04	-2.45	.00	.55
Smart Board Exercise Function Program	Free exploration	48.20±23.13	68.73±25.37	-5.07	.00	.80
	Point-to-point	48.33±19.96	66.73±20.74	-7.71	.00	.90
	Circle-drawing	43.40±66.20	66.20±26.91	-12.63	.00	.96

Table 5. Changes in the control group (N=30)

		Pre-test	Post-test	*t*	p	effect-size *r*
		n or M±SD	n or M±SD			
Fugle-Meyer Assessment		20.33±13.22	22.07±15.70	-1.194	.25	.30
Smart Board Exercise Function Program	Free exploration	53.47±30.17	60.27±30.68	-2.936	.01	.61
	Point-to-point	50.80±30.70	57.40±32.13	-2.688	.02	.58
	Circle-drawing	42.00±28.82	46.73±29.52	-3.359	.01	.67

Ⅳ. 고 찰

본 연구는 가상현실 기반 맞춤형 재활 훈련을 뇌졸중 환자에게 적용하였을 때, 뇌졸중 회복단계와 상지의 운동기능에 미치는 영향에 대해서 알아보고자 한다. 뇌졸중 진단을 받은 환자를 대상으로 4주 동안 주 5회 20회기 동안 가상현실 기반 맞춤형 재활훈련과 작업치료를 시행한 실험군과 작업치료를 2회 실시한 대조군을 비교 분석하기 위해서 사전 사후검사 통제집단설계를 활용하였다.

본 연구는 맞춤형 가상환경과 작업치료사의 임상적 추론을 활용한 두 가지에서 연구적 의의를 두고 있다. 첫째 기존 상업용 비디오 콘솔을 이용한 연구가 아닌 맞춤형 가상환경을 활용한 가상현실 기반 재활훈련으로 진행하였으며, 뇌졸중 환자들이 쉽게 접근할 수 있는 신체의 부분 센서형 가상현실 장비를 활용하여 중재를 진행하였다.[9,11,19] 기존 선행연구에서는 게임을 위주로 한 반복 수행만 강조하였지만,[22] 본 연구는 뇌졸중 환자의 기능회복과 향상을 위한 재활 프로그램의 중요성을 강조하였다.[23] 따라서 본 연구는 뇌졸중 환자의 기능 수준과 주요 문제점을 해결하기 위해 목적 지향적인 콘텐츠가 포함된 가상현실 기반 맞춤형 재활 프로그램을 활용하였다. 둘째 맞춤형 재활을 진행하기 위해서 작업치료사의 임상적 추론 및 피드백을 활용하였다. 뇌졸중 환자는 개개인의 증상 및 기능들이 다르므로 개인에 맞는 프로그램을 제공하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 뇌졸중 환자가 동일하게 가상현실 기반 맞춤형 재활 훈련을 수행할 수 있도록 치료적 환경을 제공하였지만, 개개인의 특성에 맞게 작업치료사의 임상적 추론을 개입하였다. 작업치료사는 환자 개인에 맞는 가상현실 기반 맞춤형 재활 훈련을 활용하여 반복적으로 운동학습을 할 수 있게 하였고, 난이도 조절과 문제해결 및 오류 수정을 위해서 피드백을 제공하였다. 또한, 재활 치료의 몰입을 위해서 환자가 흥미를 느끼는 프로그램을 선택할 수 있게 하였다.

본 연구를 통해 가상현실 기반 맞춤형 재활 훈련이 뇌졸중 환자의 상지기능에 대한 향상을 확인하였다. 선행연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 스마트폰과 태블릿 PC를 사용한 모바일 상지 재활 프로그램(MoU-Rehab)을 이용하여 FMA, 브룬스트롬 회복단계 및 근력의 개선을 확인하였고,[24] 또다른 선행연구에서는 Motion Rehab AVE 3D를 활용하여 상지기능의 유의한 차이를 확인하였다.[16] 몰입형 가상현실과 일반 가상현실을 비교하였던 선행연구에서는 몰입형 가상현실 재활훈련을 받은 실험군에서 상지기능의 유의한 차이를 확인하였다.[25] 이는 본 연구의 결과를 지지하였다. 스마트 보드 운동프로그램 평가는 뇌졸중 환자의 상지 움직임을 평가할 수 있다. 연구의 결과상 실험군과 대조군의 스마트 보드 운동프로그램 평가에서 유의한 차이를 보였지만 실험군에서의 효과크기가 큰 효과를 보여 차이를 보였다. 이는 상지를 움직이는 양적인 증가 뿐만 아니라 질적인 면도 개선되었다는 것을 이번 연구를 통해 확인하였다.

본 연구는 가상현실 기반 맞춤형 재활 훈련을 통해서 뇌졸중 환자의 상지기능의 개선에 대해서 알아보았다. 뇌졸중 환자의 다양한 재활 치료법 중에서도 가상현실 기반 맞춤형 재활 훈련은 환자 스스로 몰입하기 위하여 흥미를 보였던 프로그램을 활용하여 재활의 동기부여를 부여하였다. 뇌졸중의 재활에 있어 상지의 기능적 향상은 신경 가소성 원리로 설명된다.[26] 뇌 손상 후 신경 가소성은 손상된 뇌의 인접한 정상 조직에서 새로운 신경 연결을 형성하고 상실된 기능을 대신에 하여 뇌가 스스로 재구성되는 것이다.[27] 이런 신경 가소성의 효과를 극대화하기 위해서는 학습기반의 반복적이고 도전적인 훈련과 함께 흥미를 유발해야 한다.[28] 또한, 작업치료사의 임상적 추론에 따른 프로그램을 동시에 제공함으로써 효과적인 결과를 얻었다. 다만 연구를 진행하면서 나타난 제한점은 다음과 같다. 첫째 실험군과 대조군의 수가 적어 일반화를 하기에 어려움이 있다. 둘째 짝짓기 방식을 통하여 실험군과 대조군을 설정하였지만, 급성기 환자가 대부분이었다. 향후 연구에서는 만성기 뇌졸중 환자를 대상으로 한 후속연구가 필요할 것으로 보인다.

뇌졸중 환자들은 다양한 후유증을 앓고 있으며, 개인의 차이가 있다. 본 연구를 통해 개개인의 특성과 상지기능을 고려한 가상현실 맞춤형 재활 훈련의 효과성을 입증하였다. 또한,

뇌졸중 환자를 대상으로 한 재활 치료는 다양해지고 있지만, 가상현실 맞춤형 재활 훈련처럼 작업치료사의 임상적 추론이 적절하게 들어간다면 더 효과적인 결과를 얻을 수 있을 것이다. 앞으로 뇌졸중 환자의 뇌 병변 부위와 뇌 손상 유형에 따른 프로그램을 개발하고 분석함으로써 가상현실 기반 맞춤형 재활 훈련의 효과를 극대화할 수 있는 연구가 필요하다.

References

1. Statistics Korea. Statistics library. 2020 Demographic trends. Seoul.
2. Zhu Z, Cui L, Yin M, et al. Hydrotherapy vs. conventional land-based exercise for improving walking and balance after stroke: a randomized controlled trial. Clinical Rehabilitation. 2016;30(6):587-93.
3. Benjamin EJ, Blaha MJ, Chiuve SE, et al. Heart disease and stroke statistics—2017 update: a report from the American Heart Association. Circulation. 2017;135(10): e146-e603.
4. Sun X, Xu K, Shi Y, et al. Discussion on the rehabilitation of stroke hemiplegia based on interdisciplinary combination of medicine and engineering. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2021.
5. Choo PL, Gallagher HL, Morris J, et al. Correlations between arm motor behavior and brain function following bilateral arm training after stroke: a systematic review. Brain and Behavior. 2015;5(12):e00411.
6. Laver KE, Lange B, George S, et al. Virtual reality for stroke rehabilitation. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2017;(11).
7. Grefkes C, Fink GR. Connectivity-based approaches in stroke and recovery of function. The Lancet Neurology. 2014;13(2):206-16.
8. Shin JH, Park SB, Jang SH. Effects of game-based virtual reality on health-related quality of life in chronic stroke patients: A randomized, controlled study. Computers in Biology and Medicine. 2015;63: 92-8.
9. Hwang HS, Yoo DH, Kim H, et al. Effects of Virtual Reality-Based Upper Limb Rehabilitation Training on Upper Limb Function, Muscle Activation, Activities of Daily Living, and Quality of Life in Stroke Patients. Korean Journal of Occupational Therapy. 2020;28(2): 115-29.
10. Dias P, Silva R, Amorim P, et al. Using virtual reality to increase motivation in poststroke rehabilitation. IEEE Computer Graphics and Applications. 2019;39(1):64-70.
11. Bae W, Kam K. Effects of immersive virtual reality intervention on upper extremity function in post-stroke patients. Journal of Korean Society of Integrative Medicine. 2017;5(3):1-9.
12. Iruthayarajah J, Mirkowski M, Reg MMO, et al. Upper extremity motor rehabilitation interventions. Evidence-Based review of stroke rehabilitation (EBRSR). Ontario: Canadian Partnership for stroke Recovery. 2016.
13. 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.
14. Kim EJ, Jeon YJ, Lee KB. The Effect of Virtual Reality Games on Muscle Activity and Balance in Elderly Women. Journal of Korean for Neurotherapy, 2017;21(1): 1-6.
15. Laffont I, Froger J, Jourdan C, et al. Rehabilitation of the upper arm early after stroke: Video games versus conventional rehabilitation. A randomized controlled trial. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine. 2020;63(3):173–80.
16. Henrique P, Colussi EL, De Marchi A. Effects of Exergame on Patients' Balance and Upper Limb Motor Function after Stroke: A Randomized Controlled Trial. Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases : The Official Journal of National Stroke Association. 2019;28(8):2351–7.
17. Hung JW, Chou CX, Chang YJ, et al. Comparison of Kinect2Scratch game-based training and therapist-based training for the improvement of upper extremity functions of patients with chronic stroke: a randomized controlled single-blinded trial. European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine. 2019;55(5):542–50.
18. Lim HJ, Kang YJ, Oh JE, et al. Development of a mobile game and wearable device for upper limb rehabilitation after brain injury. Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology. 2017;11(3):253-9.
19. 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.
20. Singer B, Garcia-Vega J. The Fugl-Meyer upper extremity scale. Journal of Physiotherapy. 2017;63(1):53.
21. Park SA, Kim HY. Effects of Virtual Reality Program on Recovery of Functional in individuals Stroke: A

Systematic Review and Meta Analysis. Journal of Digital Convergence. 2019;17(5):235-47.
22. Park TS, Kang JH, Kim IB. Analysis of muscle on-set time of fully immersive virtual reality motions and actual motions in healthy adults. Journal of Convergence for Information Technology. 2018;8(1):173-7.
23. Timmermans AA, Verbunt JA, van Woerden R, et al. Effect of mental practice on the improvement of function and daily activity performance of the upper extremity in patients with subacute stroke: a randomized clinical trial. Journal of the American Medical Directors Association. 2013;14(3):204-12.
24. Choi YH, Ku J, Lim H, et al. Mobile game-based virtual reality rehabilitation program for upper limb dysfunction after ischemic stroke. Restorative Neurology and Neuroscience. 2016;34(3):455-63.
25. Ögün MN, Kurul R, Yaşar MF, et al. Effect of Leap Motion-based 3D Immersive Virtual Reality Usage on Upper Extremity Function in Ischemic Stroke Patients. Arquivos de Neuro-psiquiatria. 2019;77(10):681–8.
26. Saposnik G, Cohen LG, Mamdani M, et al. Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation(EVREST): a randomised, multicentre, single-blind, controlled trial. The Lancet Neurology. 2016;15(10):1019-27.
27. Sampaio-Baptista C, Sanders ZB, Johansen-Berg, H. Structural plasticity in adulthood with motor learning and stroke rehabilitation. Annual Review of Neuroscience. 2018;41:25-40.
28. Saposnik G, Teasell R, Mamdani M, et al. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle. Stroke. 2010;41(7):1477-84.