

보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실 치료가 만성 뇌졸중 편마비 환자의 상지기능에 미치는 영향

천승철, 장기연
우송대학교 보건복지대학 작업치료학과

Abstract

The Effects of Virtual Reality Therapy With Compensation Inhibition and Feedback on Upper Extremity Function in Hemiplegic Patients With Chronic Stroke

Seung-chul Chon, M.Sc., P.T.
Ki-yeon Chang, Ph.D., O.T., P.T.

Dept. of Occupational Therapy, College of Health and Welfare, Woosong University

The purpose of this study was to investigate the effects of virtual reality (VR) therapy with compensation inhibition and feedback (CIF) on upper extremity function in chronic stroke patients. Seven chronic stroke patients participated in this study, which was a randomized controlled trial with a crossover design. Self upper extremity exercise, conservative VR therapy, and VR therapy with CIF were performed for one hour per session, 5 times per week, over a 3 week period. The main outcome measures involved range of motion (ROM) including shoulder, elbow, and wrist joints, a Manual Function Test (MFT), and a Motor Activity Log (MAL). Data were calculated as posttest and pretest changes in every session and were analyzed using Friedman and Wilcoxon signed-rank tests at $p < .05$. The results were as follows: 1) Statistically significant increase in ROM measurements of shoulder and elbow joints were seen with VR therapy with CIF compared to VR therapy and self upper extremity exercise ($p < .05$), whereas no significant increasing was noted for the wrist joint ($p > .05$). 2) Statistically significant increase in the MFT was seen with VR therapy with CIF compared with VR therapy and self upper extremity exercise ($p < .05$). 3) VR therapy with CIF also resulted in statistically significant increase in both activity of use (AOU) ($p < .05$) and quality of movement (QOM) ($p < .05$) on the MAL test when compared with VR therapy and self upper extremity exercise, respectively. In conclusion, VR therapy with CIF was more effective than conservative VR therapy and self upper extremity exercise in improving the upper extremity function in hemiplegic patients with chronic stroke.

Key Words: Manual Function Test; Stroke; Upper extremity function; Virtual reality.

I. 서론

뇌졸중은 우리나라 사망원인 1위의 순환기계 질환으로 평균수명이 연장됨에 따라 발병률이 증가하고 있다 (통계청, 2009). 뇌졸중 편마비 환자는 상지 기능 및 일상생활동작 수행에 문제를 초래하는 감각운동 장애이다 (Carr와 Shepherd, 2003; Feys 등, 1998). 대부분의 일상생활동작이 상지로 이루어지기 때문에 상지기능의 회복

은 뇌졸중 환자에게 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 상지기능을 증진시키기 위한 재활치료학적 접근방법의 중요성은 지속적으로 강조되고 있으며(Feys 등, 1998), 일상생활에서 가능한 최대의 기능적 독립성을 획득하기 위하여 다양한 치료방법들이 제시되고 있다.

뇌졸중 편마비 환자의 상지 운동기능 장애는 강직 및 근력 약화로 인하여 독립적인 일상생활동작 회복을 위한 재활치료의 큰 비중을 차지한다(Feys 등, 1998). 이와 관

통신저자: 장기연 kiyeon@lion.woosong.ac.kr

련된 뇌졸중 환자의 상지 운동능력 회복을 위한 효과적인 재활치료 방법으로는 Bobath 치료, Brunnstrom 접근방법, 고유수용성신경근 촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation), 강제유도운동치료(constrain induced movement therapy), 과제 지향적 상지 운동(task-oriented movement therapy on upper extremity), 상지 신경기동법, 근전도 바이오피드백(EMG-biofeedback), 동작연상훈련(motor image training), 로봇을 이용한 재활치료방법 및 가상현실 치료 등이 시행되고 있다(박수현과 유은영, 2004; 박지원 등, 2001; Oujamaa 등, 2009).

가상현실은 산업 및 공학 등과 같은 여러 분야에서 사용되고 있으며, 재활치료 분야에서는 영상 및 컴퓨터 기술의 발전과 함께 화상, 인지, 보행, 균형 및 상지운동 기능 등을 위하여 다양하게 적용되고 있다(Burdea, 2003; Merians 등, 2002; Schultheis과 Rizzo, 2001; Sharar 등, 2007). 가상현실 치료는 가상 환경에서 대상자의 흥미와 동기유발을 위한 여러 가지 동작을 제공하여 운동기능을 회복시킨다(Piron 등, 2009; Sharar 등, 2007). 이는 움직임이 많은 상지 운동기능에 효과적이며 이와 관련된 연구가 지속적으로 보고되고 있다(Oujamaa 등, 2009; Piron 등, 2009). Merians 등(2002)은 가상현실 치료가 만성 뇌졸중 환자의 상지의 관절가동범위 증진과 움직임 속도 향상에 효과적이라고 하였고, 박정미와 김중선(2004)은 가상현실 치료를 뇌졸중 환자에게 하루 1시간씩 4주간 집중적으로 적용한 결과, 상지 블록 쌓기와 뇌졸중 손기능 검사를 통하여 상지기능 회복이 증가되었다고 하였고, 김중선과 권용현(2005)은 가상현실 치료가 만성 뇌졸중 환자에게 집중적으로 적용한 결과, 기능적 자기공명영상을 통하여 상지기능 향상에 효과적이라고 하였다.

가상현실 치료의 장점은 안전한 환경에서 대상자 스스로 과제를 수행할 수 있으며, 대상자의 기능장애 정도에 따라 난이도를 조절할 수 있으며, 치료과정을 즐기며 과제를 수행할 수 있기 때문에 동기유발이 증대된다는 점이다(Lucca, 2009). 그러나 가상현실 치료는 현실과 분리된 영상에서의 훈련으로 인하여 실제 환경에서 동작수행에 어려움이 따를 수 있으며(Rose 등, 2000; Sharar 등, 2007), 단순한 과제를 대상자 스스로 반복 수행하기 때문에 움직임에 대한 정확한 피드백이 결여되게 된다. Lam 등(2006)은 뇌졸중 환자에게 비디오 게임 치료가 가상현실 치료보다 비효과적인 이유 중 하나로 지연된 피드백(delayed feedback)을 보고하였고, Oujamaa 등(2009)은 가상현실에서 제공하는 정보의 지연된 시간(time delay)과 실제 동작

수행의 차이로 인하여 운동성 멀미(kinetosis)가 나타나고, 6개월 이상 경과된 만성 뇌졸중 환자에게 구두 피드백(verbal feedback)과 함께 적용한 가상현실 치료가 운동기능에 더 효과적이라고 하였고, Carr와 Shepherd(1994)는 뇌졸중 환자의 운동기능 향상을 위하여 시각과 청각 피드백의 중요성을 강조하였다. 또한, Burdea(2003)와 Merians 등(2002)은 급작스런 상지 동작시 반대측 상·하지의 연합반응(associated reaction)과 같은 보상작용(compensation)으로 인하여 부적합한 자세로 가상현실 과제를 수행할 수 있다고 하였고, Decker 등(2009)은 쥐기(grasp) 기능이 어려운 환자들에게 게임치료와 같은 가상현실을 이용한 쥐기 기능훈련은 불편한 자세로 인하여 적합하지 않다고 보고하였고, Burdea(2003)는 신체 크기가 서로 다른 환자들에게 적합하도록 표준화되지 않은 가상현실 장비는 과활동 증후군(hyperactivity syndrome) 또는 운동 손상의 위험이 발생할 수 있다고 하였다.

따라서, 가상현실 치료의 단점인 보상작용을 보완하기 위하여 정확한 상지 동작이 가능하도록 체간과 골반 부위를 고정하고, 피드백을 제공하는 방법을 적용하여 만성 편마비 환자의 상지기능 향상을 위한 치료 제공의 필요성을 인식하게 되었다. 그러나 현재까지 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실 치료는 연구된 바가 없기 때문에 대상자의 동작 오류에 대한 정확한 정보를 제공하면서 상지동작을 수행할 수 있는 가상현실 치료는 프로그램화되지 않고 있다. 그러므로 본 연구는 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실 치료가 만성 뇌졸중 편마비 환자의 상지기능에 효과적인 치료방법인지 알아보려고 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 대전지역에 위치한 노인전문병원에서 재활의학과 전문의로부터 뇌졸중 진단을 받은 편마비 환자 10명이 실험에 동의한 후 참여하였다. 대상자의 실험조건은 다음과 같았다.

가. 뇌졸중 편마비 환자로 발병한지 6개월 이상인 자

나. 상지에 정형외과적 질환이 없는 자

다. 환측 상지의 근력이 전반적으로 불량(poor) 이상인 자

라. 언어 이해능력에 문제가 없는 자

마. 한국판 간이 정신상태 점수(mini-mental status examination)가 24점 이상인 자(권용철과 박용한, 1989)

연구 대상자들의 일반적 특징은 표 1과 같다. 연구에 참여한 대상자는 연구에 대한 자세한 설명을 들은 후 자발적으로 연구동의서를 작성하였다. 대상자의 개인사정 및 조기 퇴원으로 인하여 3명은 실험 중 탈락되어 최종 7명이 참여하였다.

2. 연구도구 및 측정 방법

가. 관절가동범위(range of motion)

본 연구에서는 가상현실 장비의 부속장치인 센서¹⁾를 손목에 착용하고, 상지의 움직임이 모니터로 실시간 저장되어 자동적으로 상지의 관절가동범위(range of motion; ROM)가 계산되었다. 본 실험에서 측정된 관절부위는 환측의 견관절, 주관절 그리고 수근관절의 굴곡과 신전을 측정하였다. 각 관절에서의 ROM 측정은 3회씩 실시하였으며 평균값을 계산하였다.

나. 도수기능검사(Manual Function Test)

도수기능검사(Manual Function Test; MFT)는 일본 동북대학에서 개발된 상지기능 평가도구로써 뇌졸중 환자의 상지기능 능력을 측정한다. 이는 뇌졸중 환자의 상지기능 회복과정과 일상생활동작 능력을 실용적으로 측정하도록 고안되었으며 객관적인 평가지표로 인정받고 있다(김미영, 1994). MFT는 김미영(1994)에 의해 한글로 번역된 방법을 사용하였으며 구성항목은 상지의 운동, 쥐기 및 손가락 조작의 세 가지 영역에 대해 각각 8개 항목으로 구성된 총 32개 문항으로 구성되어 있다. 점수는 각 문항에 대하여 수행할 수 없을 경우 0점과 완전히 수행한 경우 1점으로 32점이 만점이다. 타당도와 신뢰도는 모두 .95이다(Miyamoto 등, 2009).

다. 운동활동척도 (Motor Activity Log)

운동활동척도(Motor Activity Log; MAL)는 뇌졸중 환자가 일상생활동작 중에 환측 상지를 양과 질적으로 어떻게 사용하는지를 측정한다(Carr와 Shepherd, 2003).

이는 일상생활동작에 관한 30개 문항으로 구성되어 양적 척도(activity of use; AOU)와 질적 척도(quality of movement; QOM)로 구분하여 평가한다. 수행하는 정도를 0~5점까지 적용하여 150점 만점으로 평가하며, 만점에 가까울수록 상지기능 수준이 높은 것을 의미한다. 본 연구에서도 MAL을 AOU와 QOM으로 나누어 구체적으로 상지기능을 평가하였다. MAL의 타당도는 .88~.95이고 검사자간 신뢰도는 .90 그리고 검사-재검사 신뢰도는 .94이다(김훈주, 2008).

3. 연구절차

본 연구는 무작위 교차설계(randomized cross-over design)방법으로 대상자 7명에게 3가지 중재방법을 하루 1시간씩 주 5회 총 3주간 자가 상지운동, 보편적인 가상현실 치료 그리고 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실 치료를 무작위 방법으로 적용하였다. 순서효과(order effect)를 통제하기 위하여 각각의 치료는 하루에 한 가지씩 적용하였다. 평가는 치료 전과 치료에 대한 이월효과(carry-over effect)를 배제하기 위하여 치료 종료 30분 후에 관절가동범위와 뇌졸중 도수기능 검사를 시행하였고, 운동활동척도는 상지기능에 대한 일상생활동작능력을 설문지를 통한 측정방법이기 때문에 치료 종료 다음 날에 시행하였다. 모든 평가는 매회 실험 전과 후에 실시되었으며, 실험 전과 후 차이값의 평균값으로 계산하였다. 측정으로 인한 오염변인을 최소화하기 위하여 치료와 평가는 각각 다른 치료사에 의해 시행되었다.

4. 중재방법

가. 자가 상지운동

자가 상지운동은 김선희 등(2003)의 연구에서 사용한 프로그램에 근거하여 견관절, 주관절 그리고 수근관절을 능동적으로 움직일 수 있도록 컵 옮겨 쌓기, 두 손을 깎지 끼고 앞으로 공 밀기, 볼 맞추기, 패그 보드, 책장 넘

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

(N=7)

성별	연령(세)	신장(cm)	체중(kg)	유병기간(개월)	강직(MAS ^b)	편마비 유형	원인
남: 5	55.7±6.6 ^a	162.3±5.3	66.3±7.8	18.3±11.8	1+~2	오른쪽: 5	뇌출혈: 2
여: 2						왼쪽: 2	뇌경색: 5

^a평균±표준편차, ^bModified Ashworth Scale.

1) Bioval®, RMI Inc., Paris, France.

기기, 자석으로 클립 모으기, 상지 스케이트, 어깨 거상 운동, 블록 맞추기, 나무 구슬 꿰기 및 손가락으로 콩 옮기기를 1시간동안 선택적으로 적용하였다.

나. 보편적인 가상현실 치료

외부환경으로부터 영향을 받지 않는 독립된 공간에서 컴퓨터, 51인치 모니터, 센서로 구성된 가상현실 프로그램²⁾을 실시하였다. 본 연구에 사용된 가상현실 프로그램은 견관절, 주관절 및 수근관절의 움직임이 주로 구성된 3가지 종류의 과제를 선택하여 적용하였다. 물고기 헤엄치기는 바다를 배경으로 대상자가 물고기를 조절하여 장애물을 피해가면서 견관절 움직임을 중심으로 헤엄쳐야한다. 이때 물고기가 장애물을 피한 횟수와 부딪힌 횟수가 기록된다. 꽃에 물주기 는 아파트 베란다를 배경으로 3개의 화분이 일렬로 놓여 있고 대상자가 무작위로 시든 꽃 화분에 물조리개를 잡고 주관절을 중심으로 물을 주어야 한다. 이때 꽃이 살아나는 횟수에 따라 점수가 증가하게 된다. 풍선 터트리기는 풍선이 커지면서 송곳에 닿게 되어 풍선이 터지는 내용으로 손목관절 움직임을 중심으로 펌프질을 하게 된다. 이때 풍선을 터트리는 횟수에 따라 점수가 상승하게 된다. 각 프로그램의 적용시간은 20분씩이며 매회 1시간씩 실시하였다. 적용 시에 나타나는 연합반응과 같은 보상작용을 허용하였으며, 가상현실에서 자체적으로 제공되는 피드백 이외에 다른 외적 피드백은 제공되지 않았다. 모든 동작은 대상자 스스로 수행하도록 하였다.

다. 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실 치료
보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실 치료는 보편적인 가상현실 치료와 동일한 물고기 헤엄치기, 꽃에 물주기 및 풍선 터트리기 프로그램 3가지와 시간을 적용하였다. 가상현실 프로그램 수행 시에 보상작용을 억제하기 위하여 환측 상지동작 시에 건측 상지동작이 일어나지 않도록 건측의 상완을 체간과 평행하게 하고, 전완은 고정된 의자의 팔걸이에 90도가 되도록 하였다. 체간과 골반의 움직임을 제한하기 위하여 둔부를 밀착시킨 뒤 흉추 7번과 골반상부 높이를 고정하였으며, 양측 하지의 고관절, 슬관절 및 발목관절은 90도가 되도록 하고, 하퇴부 중앙을 의자 다리에 고정시켰다. 고정용 밴드는 압박붕대를 사용하였다. 피드백 제공은 가상현실 적용 시에 치료사와 대상자 주위에서

정확한 동작 수행에 대한 구체적인 설명과 실행을 위하여 시각, 청각 및 촉각 피드백을 제공하여 대상자의 동기부여 및 활동력을 극대화 하도록 하였다. 시각 피드백은 대상자가 화면에 보이는 상지동작을 정확하게 수행할 수 있도록 치료사의 시범 후 실행하도록 하였고, 청각 피드백은 대상자가 상지동작을 수행하는 동안에 치료사의 격려 및 대상자의 동작 오류에 대하여 설명하였고, 촉각 피드백은 정확하지 않은 상지 동작에 대하여 치료사의 손으로 통제하였다.

5. 분석방법

연구 대상자의 일반적 특징을 알아보기 위하여 기술 통계학 방법을 사용하였다. 매회 3가지 치료 전과 후의 차이값을 사용하였고, 비모수 검정 결과를 제시하기 위하여 중간값(median)과 사분위 범위(inter-quartile ranges)를 함께 사용하였다. 3가지 치료방법의 효과를 비교하기 위하여 비모수 통계검정(nonparametric statistical test)의 반복측정 프리드만(Frideman)검정을 사용하였고, 사후 검정(post-hoc)은 윌콕슨(Wilcoxon) 부호순위 검정을 이용하였다. 통계처리는 SPSS ver. 12.0 프로그램을 사용하였으며, 통계학적 유의수준은 α 는 .05로 하였다.

III. 결과

1. 관절가동범위

자가 상지운동, 보편적인 가상현실 치료 및 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실 치료 적용에 따른 ROM 측정값은 견관절과 주관절의 굴곡과 신전은 유의한 차이가 있었으나($p < .05$), 수근관절의 굴곡과 신전은 유의한 차이가 없었다($p > .05$)(표 2). 사후검정 결과, 견관절의 굴곡과 신전 그리고 주관절의 굴곡에서 세 가지 중재 간에 모두 유의한 차이가 있었고($p < .05$), 주관절의 신전에서 자가 상지운동과 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실 치료 사이에 유의한 차이가 있었고($p < .05$), 수근관절의 신전에서 세 가지 중재 간에 유의한 차이는 없었다($p > .05$).

2. 도수기능검사

자가 상지 운동, 보편적인 가상현실 치료 및 보상작

2) Biorescue, RMI Inc., Paris, France.

표 2. 자가 상지운동, 보편적인 가상현실 및 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실에서 측정된 관절 가동범위 비교 (N=7)

구분		대상자 중간값(사분위 범위)	χ^2	p	
견관절	굴곡	자가 상지운동	1.00(.00~2.00)	11.63 ^a	.003
		보편적인 가상현실	4.00(3.00~5.00) ^b		
		보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실	7.00(7.00~8.00) ^c		
	신전	자가 상지운동	.00(.00~2.00)		
		보편적인 가상현실	4.00(4.00~5.00) ^b		
		보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실	7.00(5.00~8.00) ^c		
주관절	굴곡	자가 상지운동	.00(.00~.00)	13.23	.001
		보편적인 가상현실	2.00(1.00~2.00) ^b		
		보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실	4.00(3.00~7.00) ^c		
	신전	자가 상지운동	.00(.00~.00)		
		보편적인 가상현실	.00(-2.00~.00)		
		보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실	-2.00(-3.00~.00) ^b		
수근관절	굴곡	자가 상지운동	.00(.00~1.00)	4.85	.089
		보편적인 가상현실	2.00(1.00~2.00)		
		보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실	2.00(2.00~5.00)		
	신전	자가 상지운동	.00(-2.00~1.00)		
		보편적인 가상현실	1.00(.00~2.00)		
		보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실	1.00(1.00~2.00)		

^aFriedman검정, ^bp<.05(자가 상지운동과의 비교), ^cp<.05(보편적인 가상현실과의 비교).

표 3. 자가 상지운동, 보편적인 가상현실 및 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실에서 측정된 도수기능 검사 비교 (N=7)

구분		대상자 중간값(사분위 범위)	χ^2	p
MFT	자가 상지운동	.00(.00~1.00)	6.74 ^a	.034
	보편적인 가상현실	1.00(1.00~1.00) ^b		
	보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실	3.00(2.00~3.00) ^c		
	자가 상지운동	.00(-2.00~1.00)		

^aFriedman검정, ^bp<.05(자가 상지운동과의 비교), ^cp<.05(보편적인 가상현실과의 비교).

표 4. 자가 상지운동, 보편적인 가상현실 및 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실에서 측정된 운동활동 척도비교 (N=7)

구분	대상자			
	중간값(사분위 범위)	χ^2 ^a	p	
AOU	자가 상지운동	.00(.00~.00)	6.42	.040
	보편적인 가상현실	1.00(.00~2.00)		
	보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실	1.00(.00~3.00) ^b		
QOM	자가 상지운동	.00(.00~1.00)	11.57	.003
	보편적인 가상현실	2.00(1.00~3.00) ^b		
	보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실	5.00(5.00~7.00) ^c		

^aFriedman검정, ^bp<.05(자가 상지운동과의 비교), ^cp<.05(보편적인 가상현실과의 비교).

용억제와 피드백을 제공한 가상현실 치료 적용에 따른 MFT 측정값은 유의한 차이를 보였다(p<.05)(표 3). 사후검정 결과, 보편적인 가상현실 치료와 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실 치료 및 자가 상지운동과 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실 치료 사이에 각각 유의한 차이가 있었다(p<.05).

3. 운동활동척도

자가 상지 운동, 보편적인 가상현실 치료 및 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실 치료 적용에 따른 MAL 측정값은 AOU와 QOM에 모두 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 4). 그러나 사후검정 결과에서 QOM은 세 가지 중재 간에 모두 유의한 차이를 보였으나(p<.05), AOU에서는 자가 상지 운동과 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실 사이에서만 유의한 차이를 보였다(p<.05).

IV. 고찰

뇌졸중 편마비 환자의 일상생활동작 대부분이 상지를 사용한다는 점을 고려하였을 때(Feys 등, 1998), 상지기능의 비 회복은 뇌졸중 환자의 운동기능 회복 예후에 가장 큰 문제점 중 하나로 볼 수 있으며, 이를 극복하기 위한 재활치료적 전략은 매우 중요하다(Feys 등, 1998). 이러한 목적을 이루기 위하여 시행되는 방법 중 가상현실 치료는 뇌졸중 환자의 상지기능 회복에 효과적인 것으로 보고되고 있다(Jang 등, 2005; Oujamaa 등, 2009; Piron

등, 2009). 그러나 신체적인 측면에서 정확하게 고정되지 않은 자세에서의 반복적인 가상현실 프로그램 과제수행은 뇌졸중 환자의 보상작용을 지속적으로 증가시키며, 잘못된 자세에 대한 피드백 부재는 감각운동 장애를 주 호소(chief complain)로 하는 환자의 상지 기능회복에 부정적인 요인으로 작용될 수 있다(Merians 등, 2002). 따라서 본 연구에서는 가상현실 치료를 적용함에 있어 이러한 단점들을 보완하여 상지 운동기능 회복을 극대화시키기 위한 임상적인 치료적 전략을 찾고자 하였다.

이러한 보편적인 가상현실 치료는 치료 효과에 대한 많은 긍정적인 보고에도 불구하고, 적용방법에 있어서 신체적 자세 및 보상작용 억제에 대한 프로토콜을 제시한 자료는 전무하며, 프로그램에 대한 반복 수행만을 대부분 강조하고 있다. Regan과 Price(1994)은 가상현실 환경에 20분 이상 노출되었을 때 지루함과 어지럼증 같은 부작용을 언급하였고, Holden 등(1999)은 뇌졸중 환자의 상지기능 향상을 위해서는 대상자 개인의 능력에 적합하도록 가상현실의 난이도 조절의 필요성에 대해서 언급하였다. 따라서 본 연구는 가상현실 치료 적용 시 신체적 측면에서 정확한 자세의 필요성을 제안하는 새로운 시도라는 측면에서 의의가 있을 것으로 사료된다.

뇌졸중 편마비 환자의 상지기능에 있어서 관절가동범위와 손의 기능적 동작은 상지의 일상생활동작 능력과 밀접하게 관련되어 있기 때문에 이에 대한 평가를 통하여 전반적인 상지기능을 파악할 수 있다. 본 연구에서 제시한 상지의 견관절, 주관절 및 수근관절의 가동범위는 가상현실 장비와 연계된 센서에 의하여 자동적으로 측정되어 능동 및 수동적으로 측정하는 플라스틱 각도계와

디지털 각도계와 비교하여 정확성과 용이성이 더 우월한 것으로 사료된다. 도수기능검사는 뇌졸중 환자의 상지와 손의 조작능력을 평가하는 도구로, 평가의 편리성 및 보편성으로 인하여 임상적으로 널리 사용되고 있다(김미영, 1994). 운동활동척도는 실제 환경에서 수행되는 환측 상지를 독립적으로 사용할 수 있는지를 평가하는 도구로, 일상생활 동작 수행 정도를 평가하는데 가장 적절(Miyamoto 등, 2009)하기 때문에 본 연구에서는 관절가동범위, 도수기능검사 및 운동활동척도를 사용하였다.

관절가동범위는 견관절과 주관절의 굴곡과 신전에서 유의한 차이를 보여 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실이 보편적인 가상현실 치료와 자가 상지운동보다 견관절과 주관절의 관절가동범위 향상에 더 효과적인 것으로 나타났다. 가장 크게 유의한 차이를 보인 견관절 신전은 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실 치료의 변화값(7도)이 보편적인 가상현실 치료의 변화값(4도)보다 크게 나타났다. 이러한 결과는 견관절 굴곡과 주관절 굴곡과 신전에서도 유사한 결과를 보였다. Kuttuva 등(2006)은 뇌졸중 편마비 환자에게 가상현실 치료를 40~50분씩/회 총 12회 4주간 적용 후 견관절의 굴곡과 신전 관절가동범위가 유의하게 향상되었다고 하여 본 연구에서 사용한 치료중재의 임상적 유의성을 뒷받침하는 것으로 사료된다. 반면에, 수근관절의 굴곡과 신전 관절가동범위에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이러한 이유는 단기간의 중재기간으로 인하여 원위 부인 수근관절까지는 운동신경기능의 회복속도가 늦기 때문인 것으로 사료된다(Brunnstrom, 1970).

도수기능검사는 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실 치료의 변화값이 2점, 보편적인 가상현실 치료의 변화값이 1점 그리고 자가 상지운동의 변화값이 0점을 보였다. 김중선과 권용현(2005)도 하루 1시간씩 주 5회 4주간 집중적으로 가상현실 치료를 적용하여 도수기능검사 값이 평균 1점의 변화값을 보여 임상적으로 유의하다고 발표하여 본 연구의 변화값인 2점은 임상적인 유의성을 반증하는 것으로 사료된다. 도수기능검사는 각도를 범위로 해석하는 방법으로 1점은 약간만 변화된 각도, 2점은 45~90도, 3점은 90~135도 그리고 4점은 135도 이상이기 때문에 점수 차이가 크게 나타나지 않았다. 본 연구에서 수행한 과제는 대부분 대동작 운동기능(gross motor function)이기 때문에 섬세한 운동기능(fine motor function)을 측정하는 잡기(grasp)와 페그보드(pegboard)에서는 측정값이 실험 전과 후에 동일하였음에도 불구하고

고, 유의한 차이를 보인 이유는 매회 측정된 변화값을 계산하였기 때문인 것으로 고려된다.

운동활동척도는 양적 척도와 질적 척도 두 가지를 측정하는 방법으로 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실 치료가 양적 척도뿐만 아니라, 질적 척도에서 2.9/5점의 증가율로 유의한 차이를 보였다. 질적 척도의 사후검정에서도 세 가지 중재 사이에 모두 유의한 차이를 보였다. Flynn 등(2007)은 뇌졸중 환자에게 게임치료 적용 시 상지기능이 질적 척도에서 1.2/5점 증가율을 보였다고 하였고, Jang 등(2005)은 뇌졸중 환자에게 가상현실 치료 적용 후 질적 척도에서 2.6/5점의 증가율이 나타났다고 하였다. 이러한 증가율의 차이값에 근거하여 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실 치료는 선행연구들에서 발표한 가상현실 연구 결과보다 더 효과적이며 임상적 유의성을 시사한다. 이러한 이유는 정확한 과제 수행을 위한 바른 자세와 피드백의 결과로 사료되며, 질적 척도 결과값은 보편적인 가상현실 치료의 단점을 보완한 본 연구 중재방법의 목적을 정확히 측정할 질적 움직임의 결과를 반영하는 것으로 보인다.

본 연구는 7명의 뇌졸중 편마비 환자를 대상으로 각각의 중재방법을 매회 측정하여 실험 전과 후 차이값의 평균을 이용하여 결과를 분석하여 즉각적인 효과(temporal effect)를 알아보았다. 실험 전과 후 차이값의 평균값을 사용한 이유는 소수의 환자를 대상으로 한 임상 실험은 많은 변수가 작용될 수 있기 때문에 매회 치료 적용 후 변화된 차이값을 사용하였다. 또한 뇌졸중 편마비 환자의 상지기능은 대상자 모두 다르며 가상현실 치료를 적용할 수 있는 대상자는 한정적이며, 이러한 특성들을 모두 통제하여 상지기능을 평가하기란 임상적으로 매우 어렵기 때문에 본 연구에서는 동일한 대상자들에게 여러 가지 치료방법을 무작위로 번갈아가면서 적용하는 무작위 교차설계 디자인 방법을 사용하였다. 무작위 교차설계 디자인 방법은 임상연구에서 환자수가 부족할 경우에 적절하게 이용 가능한 장점을 가지고 있다(이충휘, 2009). 따라서 본 연구는 적은 표본 수와 즉각적인 치료 효과의 제한점을 최소화시킨 연구이다.

그러나 본 연구는 몇 가지 제한점이 따른다. 첫째, 연구설계 방법의 차별성에도 불구하고 보상작용을 억제하고 피드백을 제공한 가상현실 치료가 만성 뇌졸중 편마비 환자에게 효과적이라는 일반화에는 제한점이 있다. 둘째, 본 연구에서 시행한 피드백이 적절하였는지 보상작용을 효과적으로 억제하였는지에 대한 객관적인 지표가 없다. 셋째,

가상현실 치료 장비와 연계된 센서 각도계의 타당도와 신뢰도를 측정하지 못하였다. 따라서 향후에는 많은 연구 대상자를 포함시켜 오랜 기간 동안 보다 객관적인 중재방법을 적용하고 이와 관련된 장비의 타당도 및 신뢰도도 객관적으로 측정해 볼 것을 제언하는 바이다.

V. 결론

가상현실 치료는 다양성 및 효율성 측면에서 뇌졸중 환자의 상지기능에 효과적이라는 연구가 지속적으로 보고되고 있다. 그러나 가상현실 치료는 정확한 신체고정이 없기 때문에 보상작용이 나타나며 잘못된 자세에 대한 피드백 부재로 인하여 이를 반복사용하게 될 경우, 치료효과에 부정적인 요인으로 작용할 수 있다. 이에 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하고 치료 효과를 높이기 위하여 상지 움직임 시에 체간 및 골반과 같은 몸통에 가까운 부위를 고정하고 피드백을 제공하였다. 그 결과, 보편적인 가상현실을 적용하였을 때보다 더 긍정적인 효과를 보였다. 이는 보상작용 억제와 피드백을 제공한 가상현실 치료가 자가 상지운동이나 보편적인 가상현실 치료보다 뇌졸중 환자의 상지기능 향상에 더 효과적임을 알 수 있었다.

인용문헌

김미영. 뇌졸중 상지 기능 평가에 대한 고찰. 대한작업치료학회지. 1994;2(1):19-26.
 김선희, 장문영, 권혁철. 편마비 환자의 환측 상지 운동 기능 향상이 일상생활활동의 수행에 미치는 영향. 대한작업치료학회지. 2003;11(2):65-75.
 김중선, 권용현. 가상현실치료프로그램이 만성 뇌졸중 환자의 상지기능 회복과 뇌 재조직화에 미치는 사례보고. 특수교육재활과학연구. 2005;44(1):87-106.
 김훈주. 뇌졸중 환자의 상지 기능에 미치는 강제유도운동 치료(CIMT)와 인지-지각 훈련의 병행 효과. 인제대학교 작업치료학과대학원 석사학위 논문, 2008.
 권용철, 박종환. 노인용 한국판 Mini-Mental State Examination (MMSE-K)의 표준화 연구. 신경정신의학. 1989;28(1):125-135.
 박수현, 유은영. 강제유도운동치료에 관한 고찰. 대한작업치료학회지. 2004;12(1):123-137.

박정미, 김중선. 가상현실 프로그램의 집중적 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 상지 기능 회복에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 2004;16(4):687-698.
 박지원, 김식현, 남기석 등. 상지신경 가동기법이 뇌졸중 후 편마비 환자의 기능회복에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2001;8(2):29-39.
 이충휘. 물리치료사와 작업치료사를 위한 연구방법론. 계축문화사, 2009;127-128.
 통계청. 2009년 사망 및 사망원인 통계결과. 통계청, 2009.
 Brunnstrom S. Movement Therapy in Hemiplegia: A neurophysiological approach. New York, Harper & Row, 1970.
 Burdea GC. Virtual rehabilitation—benefits and challenges. Methods Inf Med. 2003;42(5):519-523.
 Carr JH, Shepherd RB. Stroke Rehabilitation. London, Butterworth-Heinemann, 2003.
 Decker J, Li H, Losowyj D, et al. Wihabilitation: rehabilitation of wrist flexion and extension using a wiimote-based game system. Rutgers University, GSET, 2009.
 Feys HM, De Weerd WJ, Selz BE, et al. Effect of a therapeutic intervention for the hemiplegic upper limb in the acute phase after stroke: A single-blind, randomized, controlled multicenter trial. Stroke. 1998;29(4):785-792.
 Flynn S, Palma P, Bender A. Feasibility of using the Sony Play Station 2 gaming platform for an individual poststroke: A case report. J Neurol Phys Ther. 2007;31(4):180-189.
 Holden M, Todorov E, Callahan J, et al. Virtual environment training improves motor performance in two patients with stroke: Case report. Neurology Report. 1999;23(2):57-67.
 Jang SH, You SH, Hallett M, et al. Cortical reorganization and associated functional motor recovery after virtual reality in patients with chronic stroke: An experimenter-blind preliminary study. Arch Phys Med Rehabil. 2005;86(11):2218-2223.
 Kuttuva M, Boian R, Merians A, et al. The Rutgers Arm, a rehabilitation system in virtual reality: A pilot study. Cyberpsychol Behav. 2006;9(2):148-151.
 Lam YS, Man DW, Tam SF, et al. Virtual reality train-

- ing for stroke rehabilitation. *NeuroRehabilitation*. 2006;21(3):245-253.
- Lucca LF. Virtual reality and motor rehabilitation of the upper limb after stroke: a generation of progress? *J Rehabil Med*. 2009;41(12):1003-1006.
- Merians AS, Jack D, Boian R, et al. Virtual reality-augmented rehabilitation for patients following stroke. *Phys Ther*. 2002;82(9):898-915.
- Miyamoto S, Kondo T, Suzukamo Y, et al. Reliability and validity of the Manual Function Test in patients with stroke. *Am J Phys Med Rehabil*. 2009;88(3):247-255.
- Oujamaa L, Relave I, Froger J, et al. Rehabilitation of arm function after stroke. Literature review. *Ann Phys Rehabil Med*. 2009;52(3):269-293.
- Piron L, Turolla A, Agostini M, et al. Exercises for paretic upper limb after stroke: A combined virtual-reality and telemedicine approach. *J Rehabil Med*. 2009;41(12):1016-1102.
- Regan EC, Price KR. The frequency of occurrence and severity of side-effects of immersion virtual reality. *Aviat Space Environ Med*. 1994;65(6):527-530.
- Rose FD, Attree EA, Brooks BM, et al. Training in virtual environments: Transfer to real world tasks and equivalence to real task training. *Ergonomics*. 2000;43(4):494-511.
- Schultheis MT, Rizzo AA. The application of virtual reality technology in rehabilitation. *Rehabil Psych*. 2001;46(3):296-311.
- Sharar SR, Carrougner GJ, Nakamura D, et al. Factors influencing the efficacy of virtual reality distraction analgesia during postburn physical therapy: Preliminary results from 3 ongoing studies. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(12 Suppl 2):S43-49.

논문접수일	2011년 2월 23일
논문게재승인일	2011년 4월 29일