

가상현실 기반 몰입형 복합중재프로그램이 경도인지장애 환자의 인지기능 및 두뇌 활성화에 미치는 영향

임예림 · 이선민[†]

신세계요양병원, ¹대구대학교 재활과학대학 작업치료학과

The Effect of Multimodal Intervention through Virtual Reality-Based Immersion Program on Cognitive Function and Brain activity in Patients with Mild Cognitive Impairment

Ye-Rim Im, OT, MS · Sun-Min Lee, PT, PhD[†]

Center of Rehabilitation Therapy, Shinseage Geriatric Hospital

¹Department of Occupational Therapy, College of Rehabilitation Sciences, Daegu University

Received: February 3 2023 / Revised: February 3 2023 / Accepted: February 8 2023

© 2023 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of this study was to investigate the effect of multimodal intervention through VR (virtual reality)-based immersion program on the cognitive function and brain activity of patients with mild cognitive impairment.

METHODS: The subjects of the study were 10 people in the experimental group who applied a complex intervention that performed cognitive tasks using the movement of the upper extremities through the VR program, and 10 people in the control group who received traditional occupational therapy. After the study intervention was applied 5 times a week, 30 minutes a day for a total of 8 weeks, LOTCA-G(Lowenstein Occupational Therapy Cognitive Assessment for Geriatric

Population) and NIRSIT LITE were used to compare.

RESULTS: Significant differences in cognitive function and brain activity were noted between the pre- test and post-test in the experimental group. Brain activity showed statistically significant differences in four channels of the working memory domain and one channel of the metacognitive domain ($p < .05$). Comparative analysis of the difference between the two groups revealed statistically significant differences in cognitive function and brain activity. The brain activity showed statistically significant differences in three channels of the working memory domain and one channel of the metacognitive domain ($p < .05$).

CONCLUSION: Through the results of this study, it was found that the complex intervention of performing cognitive tasks using upper extremity movements through the VR program had a positive effect on the cognitive function of patients with mild cognitive.

Key Words: Brain activity, Cognitive function, Virtual reality

[†]Corresponding Author : Sun-Min Lee
sm.lee@daegu.ac.kr, <http://orcid.org/0000-0003-2415-3231>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

현재 우리나라는 고령화가 급속하게 진행되고 있는 국가 중 하나로 2022년 65세 이상 인구가 전체 인구의 17.5%로 901만 8천명이며, 2025년에는 20.6%에 이르러 초고령사회로 진입하고, 2035년에는 30.1%, 2050년에는 전체 가구의 40.2% 정도 고령자 가구가 될 것으로 전망된다[1]. 의학기술이 발달함에 따라 인간의 기대 수명은 늘어나고 있으나 신체의 노화가 진행되며 치매(dementia), 뇌졸중(stroke) 등과 같은 노인 관련 질환 및 이에 따른 사회적 문제들도 급증하고 있는 실정이다. 이 중 노인들이 가장 염려하는 질환 중 하나인 치매는 후천적으로 발생하는 여러 영역의 인지 기능 저하로 개인의 사회생활 및 일상생활에 지장을 초래하는 만성 또는 진행성 질환으로 인한 증후군으로 알려져 있다[2]. 치매는 일련의 단계를 거치며 진행되는 질환으로, 일반적으로 알려져 있는 단계는 정상노화, 경도인지장애(mild cognitive impairment), 그리고 치매의 단계이다[2,3].

경도인지장애는 노화과정에서 나타나는 정상적인 인지기능 저하와 치매의 전 단계에 해당하며 정상적인 노화 수준보다 인지 기능의 저하가 나타나는 상태로 치매로 이어질 가능성이 높다[4]. 2021년 기준 국내 경도인지장애 유병률은 65세이상 69세이하 노인집단에서 17.92%, 70세이상 74세이하 노인집단에서는 약 21.60%, 75세 이상 79세 이하 노인집단에서는 14.81%, 80세 이상에서는 47.80%로 나타났다[5]. 이는 치매 발병의 심각한 경고 증상이라고 할 수 있으며 장기적으로 경도인지장애 노인 대부분이 치매로 진행될 위험성이 있으므로 적극적인 개입을 통해 비가역적인 치매로 진행되는 것을 지연, 예방하기 위한 방안 마련이 시급하다[6].

인지기능은 인간이 일, 교육, 집안 관리, 여가활동 등 광범위한 일상의 활동에서 정보를 획득하고, 사용하며 학습하는데 필수 요소이다[7]. 인지기능이 손상되면 독립적인 작업 수행이 제한되므로, 클라이언트의 작업 수행을 최대한 독립적으로 회복시키는 것이 목표인 재활치료 파트에서는 클라이언트의 인지기능 향상은 주

된 치료 목표 중 하나이다[8]. 임상에서는 인지 또는 학습훈련, 보상기법훈련, 정신행동치료, 외부보조장비의 사용, 의사소통훈련, 정신행동치료, 작업치료, 물리치료, 유산소 운동 등과 같은 중재 기법을 주로 사용하고 있으며 그 외에도 미술치료, 음악치료, 영양요법, 영성(spinituality) 치료와 같은 다양한 대체요법 등이 이루어지고 있다[9-11].

뇌의 활성도를 통해 정확한 치료의 효과를 알아볼 방법으로는 기능성 근적외선 뇌영상장비(f-NIRS), 기능성 자기공명 영상(fMRI)과 단층 촬영, 뇌전도(electroencephalogram: EEG)가 개발되어 있으며 그 중 기능성 근적외선 뇌영상장비(f-NIRS)는 산화 헤모글로빈(HbO₂) 및 탈산화 헤모글로빈(HbR)농도 변화를 측정하기 위해 사용하는 비침습적 연속 뇌 이미징 도구이며, 기능성 근적외선 뇌영상 장비는 대뇌 혈액학 및 기능적 연결의 지표로 사용되고 있다[12].

최근 4차 산업 시대의 흐름에 따라 재활치료 영역에서도 다양한 연구가 시도되고 있다. 김영근[12]은 기존의 단순한 형식의 재활치료 도구와는 달리 과학과 기술이 발달함에 따라 나온 새로운 재활치료 도구인 가상현실프로그램을 이용하여 실제로 수행하기에 어렵거나 위험할 수 있는 활동을 가상으로 수행함으로써 일상생활 훈련 하는데 도움이 된다고 제안한 바 있다. 가상현실프로그램은 전통적 작업치료와는 달리 제한된 치료 시간 내에 많은 자극을 줄 수 있으며 다양한 게임을 통해 재미있게 치료를 할 수 있다는 장점이 있다[13]. 이러한 장점으로 인해 최근에 다양한 가상현실프로그램을 통한 연구가 지속적으로 보고 되고 있다. 가상현실을 활용한 다양한 접근법들이 뇌졸중 환자의 시지각, 상지기능, 인지기능 및 일상생활에 긍정적인 효과를 있다고 보고되고 있다[14-16]

그러나, 가상현실프로그램을 통한 연구는 주로 뇌졸중 환자의 신체기능 및 일상생활활동에 초점이 맞추어져 있으며 치매 및 경도인지장애 환자에 관한 연구는 부족한 실정이다[17-18]. 그리고, 복합중재를 이용한 연구 역시 치매 환자를 대상으로 한 연구는 많지만, 치매의 이전 단계라고 볼 수 있는 경도인지장애 환자를 대상으로 한 연구는 미흡한 실정이다[19]. 이에 본 연구는

가상현실 기반 몰입형 복합 중재 프로그램이 경도인지 장애 환자의 인지기능 및 두뇌 활성화에 미치는 효과를 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2021년 8월부터 2021년 9월까지 8주동안 창원시 소재 S요양병원에 입원 치료 중인 환자 중 경도 인지장애로 판별되는 환자 30명을 대상으로 진행되었다. 연구 대상자 선별기준은 첫째, 한국형 간이 정신상태 판별검사(K-MMSE) 18-23점인 자. 둘째, 임상치매척도(CDR) 0.5-1점인 자. 셋째, 검사 결과를 통해 경도인지장애로 판별 되는 자. 넷째, 본 연구의 목적에 대하여 이해하고 동의하는 자로 하였다. 그리고 연구 제외자 기준은 첫째, 의무 기록상 시력장애 및 청력 장애로 중재에 어려움이 있는 자. 둘째, 표현성, 수용성 실어증으로 인해 연구에 대한 이해가 힘들며 제약이 있는 자. 셋째, 전정기관 장애로 인한 자세 유지 또는 해당 모니터의 집중이 힘든 자. 넷째, 다른 정신적 질병으로 인해 프로그램의 사용이 어려운 자로 하였다.

2. 연구 절차

본 연구는 대구대학교 생명윤리위원회(Institutional Review Board : IRB)의 연구 승인을 받은 후 진행되었다 (승인번호: 1040621-202107-HR-015). 연구 대상자 선별 기준에 합당하고, 본 연구의 목적과 방법을 이해한 후 연구 참여에 동의한 30명의 대상자를 임의 표본 추출하

였으며, 이후 모집된 대상자들은 무작위 배정을 통하여 실험군 및 대조군으로 각각 15명씩 분류되었다. 실험군은 가상현실 기반 몰입형프로그램을 이용한 상지의 움직임을 통해 인지과제를 수행하는 복합 중재를 실시하였으며, 대조군은 전통적 작업치료를 실시하였다. 연구 대상자들의 중재 프로그램은 주 5회, 1일 30분씩 8주간 총 40회기의 중재를 적용하며, 사전, 사후에 인지기능 과 두뇌 활성화도의 변화를 평가하였다.

3. 중재 방법

본 연구의 가상현실 기반 몰입형 중재 도구로 사용된 라파엘 스마트 글로브(RAPAEL Smart Glove)는 한국의 Neofect사(Neofect, 2016, 한국)에서 중추 신경계환자의 기능 향상을 돕기 위해 개발된 도구이다. 사용자의 손에 착용하는 글러브 형태의 바이오 피드백(Biofeedback) 기기로, 클리닉 애플리케이션에서 제공하는 콘텐츠를 수행하면 센서의 움직임을 인식하여 측정된 데이터를 클리닉 애플리케이션으로 전송하는 형식이다. 스마트 글러브와 애플리케이션은 태블릿 PC의 블루투스 기능을 통해 연결되며, 글러브에 가속 센터, 각속도 채널, 자기장 센서가 각각 3채널, 총 9축 센서가 탑재되어 있다 [19]. 라파엘 스마트 글러브의 과제들은 단순 반복 훈련이 아닌 과제 지향적 훈련의 개념을 요구하는 과제들로 구성되며, 과제 수행 시 실시간으로 시·청각 피드백을 제공하고, 대상자의 능력에 따라 난이도를 조절하여 맞춤형 훈련을 제공하는 도구이다.

실험군의 중재는 스마트 글러브의 프로그램 항목 중 인지의 하위 항목에 속하는 내용(나뉘라 초밥, 블록 깨

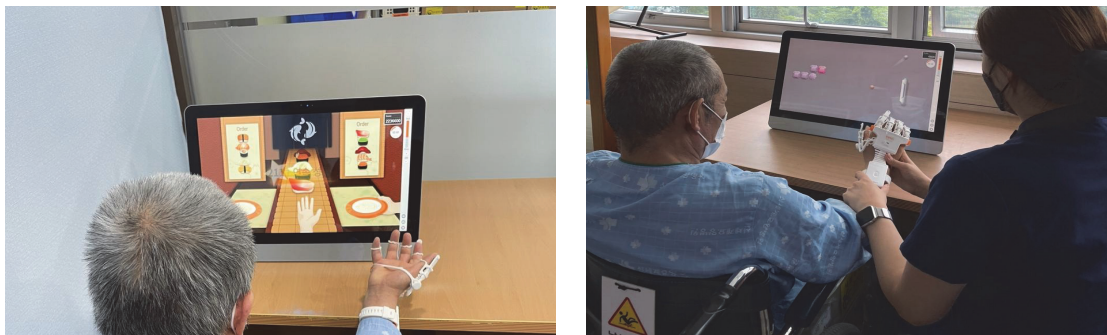


Fig. 1. Participated in training with RAPAEL Smart Glove.

Table 1. Cognitive function training program using the RAPAEL Smart Glove

Training program	Cognitive component	Upper limb movement	Detailed program contents
Share sushi	Attention	Pronation & Supination	Move the sushi to the direction of the menu board
Break the block	Attention	Wrist flexion & extension	Catch the flying ball and break the block to remove it
Drumming	Memory	Forearm flexion & extension	Memorize the order of the instruments presented and play them
Matching socks	Memory	Wrist flexion & extension Finger flexion	Remembers the color of the presented sock and finds a pair of socks
Carp breeding	Attention	Wrist flexion & extension	Change the direction in which the fish swim. Eats plankton floating on the water
Catch the fly	Attention	Wrist flexion & extension	Catch the fly by catching the moment the fly stops

기, 북 치기 등칫, 양말 짝 맞추기, 잉어 키우기, 잡아라 파리에 대하여 연구 대상자의 상태 및 기능 정도에 따라 난이도를 조절하였으며, 연구자는 신체적인 도움이나 언어적인 도움을 제공하였다. 이 때, 스마트 글러브 착용과 조작을 위해 수의적으로 움직임이 가능한 상지에 글러브를 착용하여 중재를 시행하였다(Fig. 1)(Table 1).

대조군에 적용된 전통적 작업치료는 육진속 등[20]의 인지 치료 지침서 항목(도형 구별하기, 도형 그리기, 그림 비교하기, 그림 합치기, 같은 위치에 표시하기, 똑같이 표시하기, 화투 게임, 같은 도형 찾기, 겹친 그림 말하기, 글자 찾기, 숫자를 이용한 집중과제, 간단한 변환 집중 활동, 순서대로 연결하기, 숫자와 가나다 연결하기, 모양 기억하기, 겹쳐진 숨은그림찾기, 미로 찾기, 그림의 공통점 말하기)을 환자의 상태 및 기능 정도에 따라 과제를 선택하여 적용하였다[20].

4. 연구 도구

본 연구는 임상 경력 5년 이상의 숙련된 작업치료사가 대상자 선별검사 및 평가를 시행하였으며, 연구 참여 전 중재와 평가에 사용된 연구도구에 대한 사전 교육을 철저히 받은 후 연구에 참여하였다

1) 기능성 근적외선 뇌영상장비 (Functional Near-Infrared Spectroscopy: f-NIRS)

본 연구에 사용된 f-NIRS 장비인 NIRSIT LITE (OBELAB, 2020, 한국)는 근적외선 분광기법을 활용하여 뇌 산소포화도의 채널 별 분포를 모니터링 할 수

있는 장치로, 이마엽(frontal lobe)의 감정, 인지 과정, 근육 조절 등으로 인해 초래되는 뇌의 변화를 혈액학적으로 측정할 수 있다[21]. 근적외선을 송신하여 바나나 모양의 경로로 피부 표면으로 재수신된 빛을 근거리 산화 헤모글로빈과 탈산화 헤모글로빈의 농도를 측정하는 장치이다. 그 과정에서 투과된 두피 중층 깊이(15, 21.2, 30, 33.5 mm)에 따라 다른 개수의 채널 수로 뇌 활성화로 인한 혈류 변화를 측정하며[22], cm단위로 측정이 가능하기 때문에 고성능 신경 영상 장치와 비교하였을 때에는 해상도가 비교적 낮은 편이지만[23], 과제 수행 중 실시간으로 활성화되는 뇌의 영역을 모니터링 가능하여 바로 피드백을 받을 수 있으며, Thanawin 등[24]의 정확도 연구에서 80%로 증명되었다.

본 연구에서는 정확한 측정을 위해 연구자들이 OBELAB사의 장비 사용 및 측정 교육에 참여하여 사전 교육을 받았으며, 연구 대상자의 피부에 직접적으로 닿는 장비로 인해 감염 예방을 위해 알콜 스왑을 이용하여 착용 전, 후에 소독을 시행하였고, 장비 착용 및 연결하는 시간을 포함하여 30분 시행하였다.

본 연구에서는 15개의 채널 중 뒤가쪽 이마앞피질(dorsolateral prefrontal cortex)의 작업기억과 오른쪽 이마극 이마앞피질(right frontopolar prefrontal cortex)의 메타인지 영역의 채널만 도출하였으며, 작업기억 영역과 메타인지 영역에서도 다른 영역과 중복되는 영역의 채널은 배제시키고 순수하게 작업기억과 메타인지 영역에만 포함되는 채널로 뒤가쪽 이마앞피질의 작업기억 CH-2, CH-3, CH-6, CH-9, CH-12, CH-14로 총 6개의 채널

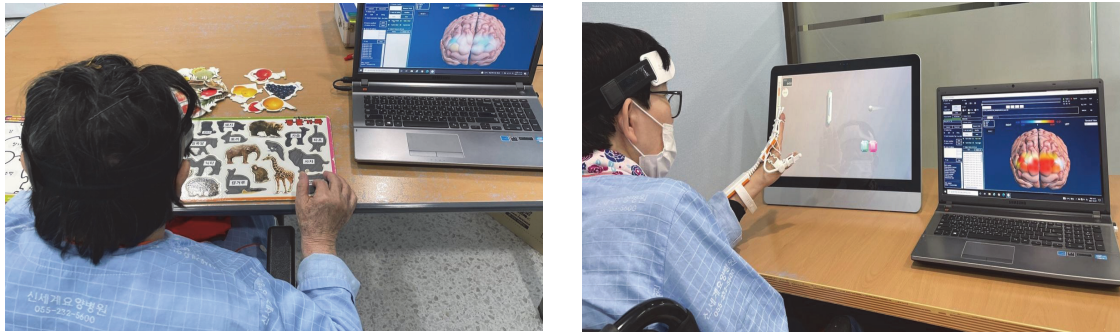


Fig. 2. Brain activity evaluation using NIRSIT LITE.

과 오른쪽 이마극 이마앞피질의 메타인지 CH-5, 1개의 채널만 선택하여 총 7개의 채널 결과를 분석하여 결과를 도출하였다(Fig. 2).

2) 노인용 작업치료인지기능 평가도구(LOTCA-G)

Lowenstein Occupational Therapy Cognitive Assessment for Geriatric Population(LOTCA-G)은 기존의 LOTCA가 노인의 인지기능을 평가하기에 시간이 오래 걸리고 도구의 크기가 작으며 조작이 어려워 Katz 등[25]이 노인의 특성에 맞추어 수정 보완하여 개발한 것이다. LOTCA-G는 지남력 2항목, 지각력 7항목, 실행력 3항목, 시각운동 협응능력 6항목, 사고조직력 2항목, 기억력 3항목, 주의력/집중력 1항목 등 총 7개의 인지 영역을 평가할 수 있으며, 검사항목은 피검자가 직접 수행해야 하는 검사항목 23개와 검사자가 피검자의 검사태도를 관찰하며 채점하는 1개의 항목(주의력/집중력)을 포함하여 총 24개의 항목으로 구성되어 있다. 각각의 검사항목은 최소 1점에서 최대 4점, 지남력 항목은 최소 1점에서 8점까지 채점이 가능하며, 점수가 높을수록 인지기능이 높음을 의미한다. 검사 시간은 기존 LOTCA와 유사하게 30-45분 소요된다[26]. 검사과정에서 피검자가 피로를 호소하면 2-3회로 나누어 검사를 시행할 수 있으며, 검사자 간 신뢰도는 .82-.97, 검사도구에 대한 신뢰도는 .89이다[25].

5. 자료 분석

본 연구를 통해 얻어진 자료는 SPSS ver.22.0 프로그램을 이용하여 통계처리 하였으며, 샤피로-윌크(Shapiro-

Wilk test)검사로 정규성 검정을 실시한 결과 정규성을 만족하지 않아 비모수 검정으로 자료를 분석하였다. 중재 전 실험군과 대조군의 동질성 검증을 위해 카이검정(Chi-squared analysis)과 맨휘트니 검정(Mann-Whitney U test)을 시행하였다. 실험군과 대조군의 집단 내 중재 전-후의 인지기능 및 두뇌활성도 변화 비교를 위해 윌콕슨 부호순위 검정(Wilcoxon signed-rank test)을 시행하였으며, 집단 간 중재 전-후의 변화량 비교를 위해 맨휘트니 검정(Mann-Whitney U test)을 통해 비교 분석하여 검증하였다. 자료의 유의 수준(α)은 .05로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구는 선별 기준에 따라 모집된 총 30명의 연구대상을 실험군과 대조군 각각 15명씩 분류하여 연구를 진행하던 중, 퇴원 및 건강악화 등으로 인해 실험군과 대조군이 각각 5명씩 탈락되어 최종적으로 실험군 10명, 대조군 10명이 연구에 참여하였다.

본 연구에 참여한 연구 대상자의 일반적 특성은 Table 2와 같다. 두 집단의 동질성 검증을 실시한 결과 통계학적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($p > .05$)(Table 2).

2. 두 집단의 인지 기능 변화 비교(LOTCA-G)

실험군과 대조군의 훈련 전 후의 인지기능 변화를 살펴본 결과 가상현실 기반 몰입형 복합중재프로그램

Table 2. General characteristics of study subjects

Category		Experimental Group (n = 10)	Control Group (n = 10)	p
Gender	male	7	4	.178
	female	3	6	
Age		67.60 ± 12.14	74.30 ± 16.34	.143
Education	uneducated	2	3	.606
	educated	8	7	
K-MMSE		21.50 ± 1.71	20.20 ± 1.87	.190
CDR	0.5	7	4	.178
	1	3	6	

K-MMSE: Korean-Mini Mental State Examination

CDR: Clinical Dementia Rating

Table 3. Comparison of cognitive function changes in two groups

LOTCA-G	Experimental Group (n = 10)	Control Group (n = 10)	Z	p
Pretest	57.70 ± 7.33	56.40 ± 16.02	.834	.404
Posttest	67.70 ± 9.08	59.80 ± 17.87		
Pre-Post	-10.00 ± 5.23	-3.40 ± 6.20	-2.578	.010*
Z	-2.805	-1.888		
p	.005*	.059		

Values are expressed as means ± SD

*Significant intergroup difference in intervention-induced gains, $p < .05$

LOTCA-G: Lowenstein Occupational Therapy Cognitive Assessment for Geriatric Population

Table 4. Comparison of changes in brain activity between the two groups

		Experimental Group (n = 10)	Control Group (n = 10)	Z	p
Working memory (CH-2)	Pretest	299.74 ± 110.53	358.23 ± 164.52	-.983	.326
	Posttest	323.50 ± 62.54	369.79 ± 157.24		
	Pre-Post	-23.76 ± 118.35	-11.56 ± 119.40	-.756	.450
	Z	-.866	-.663		
	P	.386	.508		
Working memory (CH-3)	Pretest	380.51 ± 83.41	419.71 ± 83.96	-.605	.545
	Posttest	477.55 ± 40.90	395.33 ± 99.84		
	Pre-Post	-97.05 ± 90.17	24.38 ± 71.55	-2.949	.003*
	Z	-2.397	-1.376		
	P	.017*	.169		

Table 4. (Continued)

		Experimental Group(n = 10)	Control Group(n = 10)	Z	p
working memory (CH-6)	Pretest	232.74 ± 58.37	267.48 ± 38.72	-1.587	.112
	Posttest	296.98 ± 72.47	280.15 ± 55.12		
	Pre-Post	64.23 ± 72.72	-12.67 ± 37.22	-1.436	.151
	Z	-2.090	-1.172		
	P	.037*	.241		
working memory (CH-9)	Pretest	165.51 ± 68.69	190.37 ± 86.38	-.983	.326
	Posttest	206.16 ± 88.52	179.29 ± 93.53		
	Pre-Post	-40.66 ± 41.74	11.08 ± 50.82	-2.117	.034*
	Z	-2.497	.663		
	P	.013*	.508		
working memory (CH-12)	Pretest	347.12 ± 75.70	352.68 ± 81.69	-.076	.940
	Posttest	423.41 ± 56.54	349.83 ± 76.52		
	Pre-Post	-76.29 ± 70.66	2.85 ± 70.60	-2.343	.019*
	Z	-2.599	.459		
	P	.009*	.646		
working memory (CH-14)	Pretest	368.01 ± 93.89	432.28 ± 148.35	-.832	.406
	Posttest	438.20 ± 97.85	431.34 ± 67.62		
	Pre-Post	-70.19 ± 112.49	.94 ± 84.62	-1.512	.131
	Z	-1.784	.051		
	P	.074	.959		
meta- cognition (CH-5)	Pretest	238.62 ± 105.02	268.19 ± 61.20	-.983	.326
	Posttest	361.87 ± 98.60	286.98 ± 61.97		
	Pre-Post	-123.24 ± 95.59	-18.78 ± 41.51	-2.419	.016*
	Z	-2.803	-1.478		
	P	.005*	.139		

Values are expressed as means ± SD

*Significant intergroup difference in intervention-induced gains, $p < .05$

을 시행한 실험군은 훈련 전과 후의 결과에 통계학적으로 유의미한 차이를 보였으며($p < .05$), 전통적 작업치료를 시행한 대조군은 통계학적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다($p > .05$)(Table 3).

그리고 실험군과 대조군의 두 집단 간 사전 평가 결과는 유의미한 차이가 없었으나($p > .05$) 사전, 사후 평가의 차이값을 통해 두 집단 간 수치를 분석한 결과 통계학적으로 유의미한 차이를 보였다($p < .05$)(Table 3).

3. 두 집단의 두뇌활성도 변화 비교(f-NIRS)

가상현실 기반 몰입형 복합중재프로그램을 시행한 실험군의 두뇌활성도 변화를 분석한 결과, 작업기억 영역의 채널 CH-2, CH-3, CH-6, CH-9, CH-12, CH-14 총 6개 채널 중 CH-2, CH-14번을 제외한 4개의 채널에서 통계학적으로 유의미한 차이를 보였으며($p < .05$), 메타인지 영역 채널 CH-5에서도 통계학적으로 유의미한 차이를 보였다($p < .05$). 전통적 작업치료를 시행한 대조군은 통계

학적으로 유의미한 차이가 없었다($p > .05$)(Table 4).

실험군과 대조군의 두 집단 간의 두뇌활성 차이값에 대한 분석 결과 작업기억 영역의 CH-3, CH-9, CH-12와 메타인지 영역 CH-5에서 통계학적으로 유의미한 차이를 보였다($p < .05$)(Table 4).

IV. 고 찰

본 연구는 가상현실 기반 몰입형 훈련프로그램인 라파엘 스마트 글러브를 이용한 상지의 움직임과 인지 과제를 동시에 복합중재가 경도인지장애 환자의 인지기능 변화와 두뇌활성에 미치는 효과를 보고알아보고자 하였다. 본 연구는 2021년 8월부터 2021년 9월까지 8주간 창원 시 소재 S요양병원에 입원 치료 중인 환자 중 K-MMSE 18-23점, CDR 0.5-1점으로 평가되어 경도인지장애로 판별되는 환자 30명을 대상으로 하였으나 퇴원과 사망 등으로 인해 10명이 제외되어 총 20명이 연구에 참여하였다.

연구대상자를 가상현실프로그램을 이용한 상지의 움직임을 통한 인지과제를 수행하여 복합중재를 시행한 실험군 10명, 전통적 작업치료를 시행한 대조군 10명으로 무작위 배분한 후 진행하였다.

실험군의 중재방법은 가상현실프로그램 중 네오팩트사의 라파엘 스마트 글러브를 이용하여 전완, 손목, 손가락 등의 상지 움직임을 통하여 인지 과제를 수행하는 복합 중재를 시행하며, 대조군은 전통적 작업치료를 시행하였다. 두 그룹의 인지기능 변화를 확인하기 위해 사전, 사후에 LOTCA-G 평가를 시행하였고 두뇌활성도의 객관적인 평가를 위해 f-NIRS를 사전, 사후 총 2번 측정하였다. 사용된 f-NIRS는 비침습형 시스템이며 실시간 뇌혈류 변화량을 관찰하여 그에 따른 피드백을 받아 인지 활동을 수행하기 위한 뇌 활동의 특징 추출 및 군집화를 수행할 수 있는 장비이다[27].

연구 결과, 두 집단 내 인지기능의 변화는 가상현실 프로그램을 이용한 상지의 움직임을 통한 인지과제를 수행하여 복합중재를 시행한 실험군의 인지기능에 통계학적으로 유의미한 결과를 보였으며, 두 집단 간의 사후평가 차이값에서도 통계학적으로 유의미한 결과가 나왔다. 이러한 결과는 선행 연구들에서도 보고되어

지는 결과와 비슷한 양상을 보이고 있다.

황정하, 박미숙[28]의 경도인지장애 노인을 대상으로 이중과제 병합 가상현실 프로그램을 적용한 결과 인지기능 중 기억력 영역이 향상되었으며, 조영석, 김금숙[29]의 연구에서는 뇌혈관질환 환자의 인지기능을 향상시키기 위해 가상현실 콘텐츠를 활용한 인지 재활 프로그램을 적용 후 시각적 기억력과 집중력 항목에서 높은 효과를 나타내는 결과를 얻었다. 또한, 강혁준 등[30]의 연구에서는 가상현실 인지재활 프로그램이 경도인지장애 환자의 인지능력과 일상생활동작에 미치는 영향을 알아본 결과 LOTCA-G 점수가 유의하게 증가하였으며, 특히 사고조직력, 주의력과 집중력 항목에서 유의하게 증가하였다고 보고하였으며, 가상현실 인지재활 프로그램이 경도인지장애 환자의 손상된 인지 기능 향상에 효과적이라 하였다.

또한 두 집단의 두뇌활성도 변화를 분석한 결과 가상현실프로그램을 이용한 상지의 움직임을 통해 인지과제를 수행하여 복합중재를 시행한 실험군이 작업기억 영역의 6개의 채널 중 4개의 채널에서 통계학적으로 유의미한 결과를 나타내었으며, 메타인지 영역의 채널에서도 통계학적으로 유의미한 결과를 보였다. 그리고, 두 집단 간의 두뇌활성도 차이값에 대한 결과는 작업기억 영역의 6개 채널 중 3개의 채널이 통계학적으로 유의미한 결과를 보였으며, 메타인지 영역의 채널에서도 통계학적으로 유의미한 결과가 나왔다. 김중선, 권용현[31]은 가상현실프로그램을 이용하여 상지기능 훈련을 시행한 뒤, 자가공명영상장치를 이용하여 대뇌 피질의 활성도 변화를 측정한 결과 뇌 활성도가 정상인에서 관찰되는 유사한 패턴으로 변화된 것으로 보아 상지 기능 회복에 효과적이며 뇌 재조직화를 촉진하였고 이는 대상자에게 흥미를 유발하고 환경과 상호 작용하는 능력을 제공하였기 때문이라고 보고하였다.

강혁준 등[30]의 가상현실 인지재활 프로그램이 경도인지장애 환자의 인지능력과 일상생활동작에 미치는 영향을 알아본 결과 시지각 능력 중 사고조직력과 주의력과 집중력에 유의한 증가를 했다고 발표한 바 있으며, 박진혁[32]은 가상현실 기반의 공간인지 훈련이 경도인지장애 노인의 이마앞엽 활성도에 미치는 효

과를 알아본 결과 가상현실 기반의 중재를 통한 공간인지 훈련을 시행한 결과 대상자 모두 이마앞엽 활성도가 통계학적으로 유의미하게 증가하였다고 보고하였다.

이러한 선행연구들의 결과는 본 연구의 결과에 뒷받침할 수 있는 근거이며, 본 연구에서도 가상현실프로그램을 통한 복합중재가 경도인지장애 환자의 인지기능에 긍정적인 영향을 주었으며, 특히, 운동실행과 시각운동조작력, 사고조작력, 기억력, 주의력과 집중력에서 유의한 증가를 보였다. 또한, 두뇌활성도에서도 작업기억 영역과 메타인지 영역에 통계학적으로 유의미한 결과를 보였다. 결과를 종합해보면 가상현실프로그램을 이용한 복합 중재가 경도인지장애 환자의 인지기능 및 두뇌활성도에 긍정적인 효과가 있다는 것을 알 수 있었으며 가상현실프로그램인 라파엘 스마트 글러브를 적용한 연구대상자는 매 회차 중재 시 “재미있다.,” “신기하다.,” “연구는 끝나도 앞으로도 계속 이걸로 치료받고 싶다.” 등의 긍정적인 반응을 보였다.

본 연구의 제한점으로는 연구대상자들이 창원시 소재 S요양병원에 입원 치료중이며 경도인지장애로 판별되는 환자를 대상으로 하여 전체 경도인지장애를 대표하기에는 부족하다, 그리고 대상자 수가 20명은 연구 결과를 일반화 하기에는 다소 부족하며, 연구 중재 후 추적조사를 시행하지 못하여 치료의 지속적인 효과를 검증하지 못한 점이다. 추후 연구에서는 보다 객관적이며 일반화할 수 있는 연구를 위해 연구 대상자 수를 늘리고 보다 다양한 환경에 있는 환자군으로 확대해 진행할 필요가 있으며, 추적조사를 시행하여 치료의 지속적인 효과를 알아보는 연구가 필요할 것이다. 또한 환자의 동기부여, 치료 의지, 만족도 등 심리적 평가가 함께 이루어질 필요가 있다고 사료된다.

V. 결론

본 연구는 몰입형 가상현실프로그램인 라파엘 스마트 글러브를 이용해 인지기능과 신체기능을 동시 중재하는 복합중재프로그램이 경도인지장애 환자의 인지기능 및 두뇌 활성화에 미치는 효과를 검증하고자 실시되었다. 연구 결과 가상현실기반 몰입형 복합중재프로그램

을 실시한 실험군은 중재 전후에 인지기능이 통계학적으로 유의미한 차이를 보였으며, f-NIRS를 통해 측정된 두뇌활성도 변화에서는 작업기억 영역의 6개의 채널 중 4개의 채널과 메타인지 영역의 1개 채널에서 통계학적으로 유의미한 차이를 보였다. 그리고 실험군과 대조군의 두 그룹간의 인지기능에서도 통계학적으로 유의미한 차이가 있었으며, 두뇌 활성화의 변화에서는 작업기억의 6개의 채널 중 3개의 채널과 메타인지 영역의 1개 채널에서 유의미한 차이가 나타났다. 이러한 결과를 통해 기존의 전통적 작업치료와 더불어 가상현실 기반 복합중재프로그램을 경도인지장애 환자에게 적용한다면 인지기능과 두뇌활성도에 긍정적인 효과를 이끌어 낼 수 있다는 점을 확인할 수 있었다. 또한 가상현실기반 치료적 접근이 환자의 흥미와 동기유발을 통해 능동적인 참여를 이끌어 낼 수 있다는 점에서 효과적인 작업치료 중재법이 될 수 있을 것이라 사료된다.

Acknowledgements

본 논문은 2018년도 대구대학교 교내 학술연구비 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2018-0457).

References

- [1] Statistics Korea. 2022 Statistics on the elderly; 2022. https://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/1/1/index.board?bmode=read&aSeq=420896
- [2] Seo EH, Kim HW, Lee KH, et al. Altered executive function in pre-mild cognitive impairment. *J Alzheimers Dis.* 2016;54(3):933-40.
- [3] Oh ES, Lee AY. Mild cognitive impairment. *J Korean Neurol Assoc.* 2016;34(3):167-75.
- [4] Jo MB. A study on cognitive-based intervention for the improvement of cognitive function of the elderly with mild cognitive impairment. *Korean Journal of Academic Convergence with Health and Welfare.* 2017; 9(1):3-22.
- [5] National Institute of Dementia. 2021 Korean Dementia observatory; 2021. https://www.nid.or.kr/info/dataroom_view.aspx?bid=243

- [6] Park GS. A case study on user experience valuation of the instrumental activities of daily living training contents for the elderly with mild cognitive disabilities based on virtual reality. Master's Degree. Soonchunyang University. 2020.
- [7] American Occupational Therapy Association (AOTA). Cognition, cognitive rehabilitation, and occupational performance, *Am J Occup Ther.* 2013;67(6):9-31.
- [8] Hoffmann T, Bennett S, Koh C, et al. The cochrane review of occupational therapy for cognitive impairment in stroke patients. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2011;47(3):513-9.
- [9] Kwon MH, Lee JS. The effect of nonpharmacologic interventions on behavioral and psychological symptoms of dementia: a meta-analysis. *Jour. of KoCon.* a. 2017;17(6):540-50.
- [10] Shin YJ. A case study on reminiscence-based small group art therapy to improve cognitive function in the elderly with mild neurocognitive disorder. Master's Degree. Daegu University. 2021
- [11] Mun HJ, Chun SY. The effect of group art therapy on the emotions and cognition of the elderly with mild cognitive impairment using book art. *Korean Journal of Art Therapy.* 2021;28(1):31-54.
- [12] Heo SJ, Cho YN, Jeong JH. The effect of a working memory training program on the cognitive function of mild cognitive impairment patients. *The Journal of Korean Society of Cognitive Rehabilitation.* 2016;5(1): 63-76.
- [13] Kim YG. The effect of the virtual reality rehabilitation system on activities of daily living, cognitive function, self-esteem in stroke. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society.* 2015;16(80):5476-84.
- [14] Kim KU. Effect of virtual reality rehabilitation program with rapael smart glove on stroke patient's upper extremity functions and activities of daily living. *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine.* 2019;7(2):69-76.
- [15] 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.
- [16] 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 (PNF & Mov).* 2019;17(3):369-78.
- [17] Jang YS, Baik JY, Jeong GU, et al. Clinical effectiveness of body function on virtual reality training for post stroke hemiplegia: literature research. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science.* 2013;52(3):419-36.
- [18] Shin JH, Kim MY, Lee JY, et al. Effects of virtual reality-based rehabilitation on distal upper extremity function and health-related quality of life: a singleblinded, randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil.* 2016;13(17):1-10
- [19] Santos GD, Nunes PV, Stella F, et al. Multidisciplinary rehabilitation program: effects of a multimodal intervention for patients with Alzheimer's disease and cognitive impairment without dementia. *Arch. Clin. Psychiatry.* 2015;42(6):153-6.
- [20] Yuk JS, Kwon JS, Byun MM. A guide to cognitive rehabilitation at home: koonja publishing Inc. Seoul. 2006.
- [21] Shuvra LT, Islam SMR, Zaman N, et al. Analysis of hemodynamic response function using fnirs. 2018 international conference on innovation in engineering and technology (ICIET), Dhaka, Bangladesh, 2018, pp.1-6.
- [22] Hong S, Lee J, Heo J, et al. The estimation of activated prefrontal brain area due to the execution mental tasks using fNIRS. *Journal of Biomedical Engineering Research.* 2015;36(5):177-82.
- [23] Bae JH. Analysis of the reader's f-NIRS brainwave characteristics in the context of informational and literary text reading. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction,* 2020;20(9):425-47.
- [24] Trakoolwilaiwan T, Kim KS, Choi JW. The feasibility

- of using wearable functional near-infrared spectroscopy (fnirs) to study hemodynamic response during mental arithmetic task. *Information and Communication Engineering*. 2016;59(1):641-2.
- [25] Katz N, Itzkovich M, Averbuch S, et al. Loewenstein Occupational Therapy Cognitive Assessment (LOTCA) battery for brain-injured patients: reliability and validity. *Am J Occup Ther*. 1989;43(3):184-92.
- [26] Katz N, Elazar B, Itzkovich, M. Construct validity of a geriatric version of the Loewenstein Occupational Therapy Cognitive Assessment (LOTCA) battery. *Phys Occup Ther Geriatr*. 1995;13(3):31-46.
- [27] Lee JW, Park YM. EEG analysis on reading of expository text for main idea comprehension. *Journal of Reading Research*. 2015;37:9-36
- [28] Hwang JH, Park MS. Effect of a dual-task virtual reality program for seniors with mild cognitive impairment. *Korean J Clin Lab Sci*. 2018;50(4):492-500.
- [29] Choy YS, Kim KS, Kim YI, et al. The effectiveness of cognitive rehabilitation program using virtual reality content on cognition, activities of daily living, and upper extremity functions in cerebrovascular disease. *Journal of Korea Academia- Industrial cooperation Society*. 2020;21(8):537-45
- [30] Kang HJ, Kim SR, Kim JH, et al. Effect of the virtual reality cognitive rehabilitation program on cognition ability and activities of daily living in patients with mild cognitive impairment. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2020;15(4):155-61.
- [31] Kim CS, Kwon YH. Therapeutic virtual reality program in chronic stroke patients recovery of upper extremity and neuronal reorganization. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*. 2005; 44(1):87-106.
- [32] Park JH. Effects of spatial cognitive training based on virtual reality on prefrontal cortex of older adults with mild cognitive impairment: single subject design. *The Journal of Korean Society of Cognitive Rehabilitation*. 2019;8(2):23-41.