



대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2025. 03. Vol. 32, No.1 pp. 42-55

가상현실 기반 인지-운동 순차적 이중과제 맞춤형 재활 훈련 프로그램이 만성 뇌졸중 환자의 인지 및 신체 기능에 미치는 효과

강혜윤¹ · 강보라² · 박성훈³ · 배영현⁴

¹선문대학교 일반대학원 물리치료학과 ²우송대학교 작업치료학과

³주하스피 기업부설연구소 ⁴국립재활원 재활연구소 건강보건연구과

Effect of Customized Rehabilitation Training Programs with Cognitive-Motor Sequential Dual-task using Virtual Reality on Cognitive and Physical Function in Disabled Persons with Chronic Stroke

Hyeeyun Kang¹, M.Sc · Bo-Ra Kang², Ph.D · Seong Hun Park³, M.Sc · Young-Hyeon Bae⁴, Ph.D

¹Dept. of physical therapy, Sunmoon University Graduate School

²Dept. of Occupational Therapy, Woosong University

³Dept. of Research Institute, Hospi Co., Ltd.

⁴Dept. of Healthcare and Public Health, Rehabilitation Research Institute, Korea National Rehabilitation Center

Abstract

Background: The purpose of this study was to investigate the effects of virtual-based customized rehabilitation training program on cognitive and physical functions in disabled persons with Chronic Stroke.

Design: Pre-Post

Methods: The subjects were residents of the community over 50 years of age who had a stroke for 5 years. The intervention was conducted twice a week for 6 weeks, a total of 12 times, and consisted of a total of 40 minutes training program with 20 minutes of cognitive training and 20 minutes of motor training. Pre- and post-evaluation were conducted for 1 week before and after the intervention, and the evaluation items were Korean version of monolithic assessment(K-MoCA), cognitive screening assessment system(CoSAS), and senior fitness test(SFT).

Results: The K-MoCA total score, abstract reasoning, and short-term memory items showed statistically

significant results, but the rest of the category did not. In CoSAS, statistically significant results were found in the items of total score, accuracy, orientation, and attention, but statistically significant results were not found in the items of reaction time, memory, visual perception, language, and high-level cognition. In SFT, statistically significant results were found in the flexibility category, but statistically significant results were not found in the rest of the category.

Conclusion: The application of long-term virtual reality-based dual-task training to the disabled persons with chronic stroke is thought to help improve daily life activities in the community.

Key words: Cognitive, Physical, Dual task, Virtual reality, Stroke

교신저자

배영현

서울시 강북구 삼각산로 58

T: 02-910-1950, E: researcher2018@korea.kr

1. 서론

뇌졸중은 뇌에 혈액을 공급해 주는 일부 혈관이 찢어지거나 막히게 되어 뇌에 혈액이 원활하게 공급되지 않아 일어나는 뇌혈관 장애로(Park와 Kim, 2020), 손상 기전, 위치 및 범위에 의하여 뇌졸중 환자의 증상 및 후유증이 결정된다(Trombly와 Ma, 2002). 그리고 뇌졸중 발병 이후 생존자의 약 70%가 운동장애, 감각 이상 및 인지 기능 저하 등과 같은 신경학적 영역에 기인한 영구적 장애를 가지게 된다(Feigin 등, 2017). 뇌졸중 발병 이후 보편적으로 발생할 수 있는 후유증에는 편마비 운동장애, 감각장애, 인지장애, 언어 장애, 시정각 장애, 정서장애 등의 합병증을 동반한다(Braun 등, 2007; Choi와 Kwon, 2020; Ozdemir 등, 2001; Radomski와 Latham, 2008; Sohlberg와 Matter, 2001). 또한 운동기능의 결손은 뇌졸중 환자 중 50~85%에서 흔하게 나타나며, 마비된 근육의 강직은 보행 및 균형 능력을 감소시키고(Gresham 등, 1998), 운동기능의 손상으로 인하여 일상생활 활동을 수행하는데, 어려움을 겪을 수 있으며, 일터로의 복귀 불가와 같은 사회구성원으로서의 참여 제한이 생겨 궁극적으로 삶의 질이 저하된다(Dobkin, 2005; Kim 등, 2003). 아울러 운동기능 손상과 마찬가지로 인지 손상도 일상생활 수행 능력을 감소시키고, 결과적으로 독립적인 활동에 부정적인 영향을 미치게 된다고 보고하였다(Brown 등, 2013; Jette 등, 2005).

뇌졸중 환자들에 대한 재활치료의 목적은 다양한 신경학적 장애를 조기에 평가하고 가장 적합한 치료를 개인에게 맞추어 진행함으로써 손상 후 잔존기능을 최대한 회복시키고 일상생활을 독립적으로 수행하는 데 그 목적이 있다(Yagura 등, 2003). 그리고 인간이 일상생활 활동을 잘하기 위해서 수행하고 있는 대부분 과제는 하나의 능력만을 요구하는 단일 과제로 형성되어 있지 않으며, 두 가지 이상의 과제를 동시에 처리할 수 있는 능력을 요구하고 있다(Bowen 등, 2001; Sun 등, 2005). 예를 들어, 대화를 나누며 산책을 하는 것처럼 인지기능과 운동기능에 동시에 과제가 주어지는 상황을 이중과제라고 하며, 이렇게 두 가지 이상의 서로 다른 영역에서 동시에 과제를 처리하는 과정을 이중과제 수행이라고 하고 이러한 이중과제 수행은 일상생활에서 예측하지 못하는 순간에 연속적으로 나타나게 된다(Canning, 2005; Kizony 등, 2010; Pellecchia, 2005; Yang 등, 2006). 따라서 이중과제 훈련 방식에 의한 인지 및 운동 기능 간의 교류 증가와 동시적인 기능 회복은 뇌졸중 환자의 인지 및 신체 기능 회복에 중요한 요소라 할 수 있다(Park과 Lee, 2019).

이중과제 훈련 방법은 순차적으로 운동 훈련 전 또는 후에 인지 훈련을 적용하는 것과 훈련 기간 동안 인지 과제와 운동 과제를 수행하는 요일을 다르게 정하여 적용하는 방법이 있다(Law 등, 2014). 그러나 일반적으로 과제를 해결하려는 목적을 가진 훈련의 필요성을 강조하면서 운동학습 이론을 바탕으로 개발된 이중과제 프로그램을 적용하여 집중력인 높은 상태에서 인지 훈련이 가능하고 일상생활 능력 향상에 도움을 주기 위해서 순차적으로 운동 훈련 전에 인지 훈련을 적용하는 중재 방법이 선호되고 있다(Dean 등, 2000; Kim과 Seo, 2013). 이러한 순차적 이중과제 훈련 방식에는 근력, 보행, 균형과 같은 운동기능 과제를 수행하는 것과 동시에 색깔 및 이름 명명하기, 간단한 사칙연산 계산하기와 같은 인지 과제를 처리하는 이중과제 훈련이 있고, 물건의 위치 옮기기, 공 주고받기와 같이 운동 과제를 두 가지 동시에 수행해야 하는 훈련 방법이 있다(Dennis 등, 2009; Melzer 등, 2010; Pellecchia, 2005; Schwenk 등, 2010). 이 이중과제 훈련을 적용한 Evans와 Jonathan(2009)의 연구에서는 뇌졸중, 외상성 뇌손상, 뇌종양 등 19명의 대상자에게 적용한 이중과제훈련이 운동 및 인지기능을 향상을 보고하였고 국내의 이중과제에 관한 체계적 고찰연구에서는 이중과제 훈련이 뇌졸중 환자의 운동 및 인지기능의 향상과 함께 이중과제 처리능력에 긍정적인 영향을 주는 것으로 확인되었다(Lee와 Jung, 2016).

선행연구처럼 뇌졸중 환자를 대상으로 한 이중과제 연구가 계속되고 있으며 뇌졸중 환자의 기능 회복에 효과적이라고 보고되었으나, 이중과제의 방법, 평가 변수 등 아직 정확하게 밝혀지지 않은 부분이 있으며, 다양한 연구 디자인이

고안되어 수행될 필요성을 제시하고 있다. 이러한 이중과제 훈련 방식의 한계점을 극복하기 위해 최근 가상현실을 기반으로 한 이중과제 프로그램을 뇌졸중 환자의 회복을 위해 임상에서 적용하려고 하는 다양한 사례가 보고되고 있다. 가상현실(Virtual Reality, VR)은 4차 산업에 따른 기술의 발전으로 실제와 유사한 환경에서 훈련할 수 있도록 만든 새로운 훈련 방법으로서 재활 및 다양한 영역에서 중재 및 예방법으로 적용되고 있다(Nolin 등, 2019). 이러한 가상현실을 기반으로 한 재활 프로그램은 단일 과제의 반복으로 인한 지루함을 줄여주고, 환자의 현재 상태 및 복귀해야 하는 상황에 맞게 가상 환경과 활동 수준을 조절하여 맞춤형 재활 프로그램을 제공할 수 있다. 과제 수행에 있어 환자의 동기부여가 높아지는 효과가 있으며 시각 및 청각 피드백이 제공된다는 장점이 있고(Baram과 Lenger, 2012; Flynn 등, 2007; Nihei 등, 1999; Rizzo 등, 1999; Weiss 등, 2004), 단일 과제를 제공한 가상현실 기반 프로그램보다 이중과제를 제공하여 인지기능과 운동기능에 같이 과제를 부여한 가상현실 기반 프로그램의 경우 인지기능 회복에 더 효과적이라고 보고된 사례도 있다 (Hill 등, 2017; Perera 등, 2006; 강보라 등, 2023a). 또한 가상현실 기반 이중과제 프로그램은 뇌졸중 환자의 인지기능의 회복 및 일상생활 활동 수행 능력을 증가시켰으며, 균형 능력 및 낙상에 대한 두려움도 감소한 것으로 나타났다. 가상현실 기반 프로그램은 전통적인 재활 프로그램에 비해 지속해서 환자에게 흥미 유발 및 동기부여가 가능하여 환자의 참여도를 높이는 효과를 보여주었다.

따라서 본 연구는 지역사회 만성 뇌졸중 장애인을 대상으로 가상현실을 기반 인지-운동 순차적 이중과제가 인지 및 신체 기능에 미치는 영향을 알아보려고 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 지역사회에 거주하고 있는 50세 이상의 만성 뇌졸중 장애인 17명을 대상으로 하였다. 연구 대상자는 복지관 또는 연구소 내에 부착된 연구 홍보물을 보고 자발적으로 참여 의사를 밝힌 사람 중 다음과 같은 포함기준에 부합하는 사람을 선정하였다.

대상자 포함기준은 첫째, 50세 이상이며, 뇌졸중으로 진단받고 발병일이 5년 이상인 자 둘째, 독립적으로 보행이 가능한 자 셋째, 직선 이등분 검사(line bisection)에서 편측 무시가 없는 자 넷째, 검사에 대한 지시 수행이 가능한 자 다섯째, 수정 바델 지수(Modified Barthel Index) 점수가 70점 이상인 자로 하였다. 대상자 제외기준은 첫째, 신경계 또는 근골격계 손상 등이 심해 연구 수행이 어려운 자 둘째, 지적 장애가 있거나 의사소통이 어려워 검사 또는 훈련 진행이 불가능한 자 셋째, 시력(노화에 의한)에 문제가 있어 기기의 내용을 이해하거나 훈련을 시행하기 어려운 자 넷째, 연구에 동의하지 않은 자로 하였다.

2. 연구 절차 및 방법

본 연구는 Helsinki 선언에 따라 연구 절차를 이행하였으며, 기관생명윤리위원회 심의(NRC-2023-014-037)를 받고 진행하였다. 본 연구는 만성 뇌졸중 장애인의 인지-신체 순차적 이중과제에 대한 사전-사후 비교 연구로 단일 그룹으로 시행하였다. 중재는 6주 동안 주 2회, 총 12회를 진행하였고 순차적 이중과제 프로그램은 사전평가 결과에 따라 개인 수준에 맞춰 인지 훈련 20분 후 운동 훈련 20분을 포함하여 총 40분 훈련 프로그램으로 구성되었다. 사전, 사후 평가는 중재 전과 후 각 1주 동안 시행하였고 연구 절차는 Figure 1과 같다.

중재 프로그램은 연구 대상자의 흥미 유발 및 탈락 방지를 위하여 주차 별로 다르게 적용하였다. 인지 훈련은 전산화 인지 훈련 프로그램(Computerized Cognitive Training Program, CoTras)과 가상현실 기반 스마트 미러에 탑재된

인지 훈련 프로그램을 이용하여 집중력(시각, 색상 매칭, 연속주의, 순차선택), 기억력(단어, 색상, 숫자, 위치, 숫자 암산), 지남력(시간, 장소, 사람, 사물) 훈련을 시행하였다[Figure 2]. 운동 훈련의 주차 별 운동은 Table 1과 같으며, 마찬가지로 스마트 미러에 탑재된 운동 영상 콘텐츠를 보며 연구진이 세부 사항(자세 변경, 저항 등)을 조절하며 시행하였다.

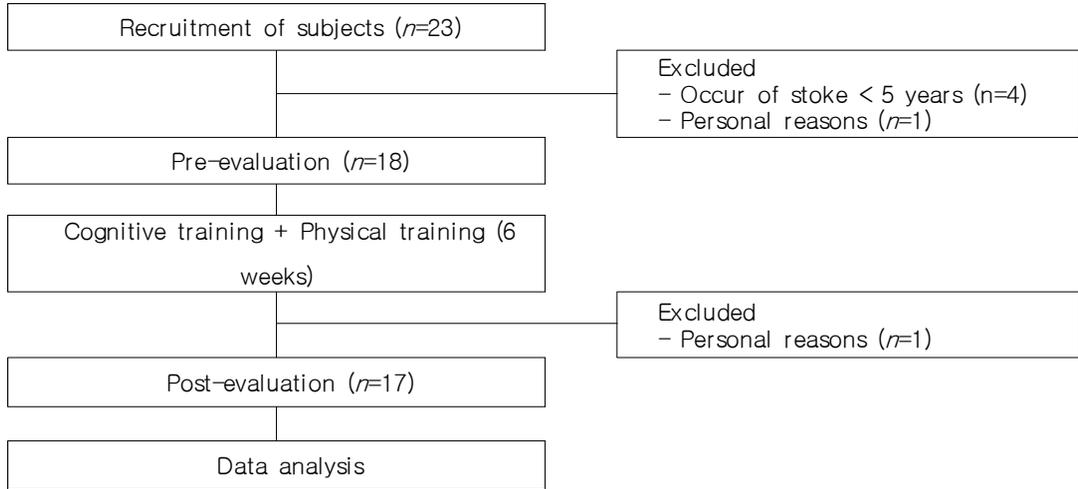


Figure 1. Flow chart



Figure 2. A: Physical Training, B: Smart Mirror Device, C: Cognitive Training Using Smart Mirror, D: Computerized Cognitive Training Program, CoTras E: Cognitive Training Using CoTras

Table 1. Customized Rehabilitation Training Programs with Cognitive-Physical Sequential Dual-task using Virtual Reality

First week	Sit down, Head diagonally pull down	Fourth week	Sit down and bend upper body diagonally
	Neck rotation in sitting position		Sitting down scratch and lifting from opposite shin upward
	Sitting and bending the torso to the side		Sit down, put on the theraband and bow forward
	Sitting on a chair, extending one leg and bending the upper body forward		Sit down, hold the dumbbell, and raise both hands at the same time
	Tilt left and right pelvis on sitting		Sit down with ankles on knees to stretch the piriformis muscle
	Sitting on a chair, raise and lower knees		Standing, holding a chair and squat
Second week	Sit down with ankles on knees to stretch the piriformis muscle	Fifth week	Standing and moving in front of the foot
	Standing, chair hold, heel lift		Standing, chair leaning leg raising to the side
	Stand, lean on a chair, and lift one leg up		Walking sideways while standing with a theraband wrapped around
	Stand up, bend knees and raise them as high as possible		Standing, and take a step up on the step box
	Sitting on a chair, extending one leg and bending the upper body forward		Sit down and bend upper body diagonally
	Tilt left and right pelvis on sitting		Sitting down scratch and lifting from opposite shin upward
Third week	Sit down, hold the medicine ball and raise it diagonally	Last week	Sitting and bending the torso to the side
	Trunk rotation with arm flexed using medicine ball		Sit down, hold the medicine ball and raise it diagonally
	Sitting and spreading it out of knees		Sit on the chair and raise the other hand/foot
	Standing, chair hold, heel lift		Sit down, wear a band, and extension of knee
	Standing and moving in front of the foot		Walking sideways while standing with a theraband wrapped around
	Walk in place		Standing, chair leaning leg raising to the side
Fourth week	Sit on the chair and raise the other hand/foot	Last week	Standing, chair hold, heel lift
	Sit in a chair and lean forward and take a step with one hand		Standing, and take a step up on the step box
	Tilt left and right pelvis on sitting		Sit down and bend upper body diagonally
	Sitting down scratch and lifting from opposite shin upward		Sit down, put on the theraband and bow forward
	Sit down, put on the theraband and bow forward		Sitting and bending the torso to the side
	Trunk rotation with arm flexed using medicine ball		Trunk rotation with arm flexed using medicine ball
Fifth week	Sit down, wear a band, and extension of knee	Last week	Sit on the chair and raise the other hand/foot
	Standing, holding a chair and squat		Sit down, wear a band, and extension of knee
	Standing and moving in front of the foot		Standing, holding a chair and walking back and front
	Walking sideways while standing with a theraband wrapped around		Standing, chair leaning leg raising to the back
	Sit on the chair and raise the other hand/foot		Standing, holding a chair and squat
	Sit in a chair and lean forward and take a step with one hand		Standing, and take a step up on the step box

3. 평가도구

1) 한국판 몬트리올 인지 평가(Korean version of Montreal Cognitive Assessment; K-MoCA)

인지 평가 도구인 K-MoCA는 시공간 및 실행력, 어휘력, 주의력, 문장력, 추상력, 회상력 및 지남력 등의 항목으로 형성되어 있는 평가도구이며, 30점 만점으로 23점 미만일 경우 경도 인지장애로 간주한다. K-MoCA는 경도 인지장애와 전두엽 기능장애의 문제가 있는 뇌졸중 환자에게 유용하나 문해력이 없거나 서투른 환자는 사용을 권장하지 않는다. K-MoCA의 신뢰도는 $r=.85$ 이다(Kim 등, 2019; Song, 2013)

2) 전산화 인지 평가(Cognitive Screening Assessment System, CoSAS)

CoSAS는 6개 영역의 29문항으로 구성되어 있으며, 정상 노인의 경우 모든 문제를 푸는데 약 20분 정도 소요된다. 세부 영역으로는 지남력, 기억력, 주의 집중력, 시지각, 언어능력, 상위인지로 구성되어 있다. 검사 종료 후 자동으로 결과가 나타나며, 결과는 반응시간, 정확도, 세부 영역의 점수를 계산하여 만점인 100점을 기준으로 나타난다. 결과에 따라 0~31.12점은 유아기 단계(Infant Stage), 31.13~62.23점은 청소년기 단계(Childhood stage), 62.24~100점은 성인 단계(Adult Stage)로 분류한다(Kang 등, 2022). CoSAS는 기존 노인 인지 평가도구인 CSOA(Cognition Scale for Older Adults)와 상관계수 $r=.76(p<.01)$ 로 높은 상관관계를 보이고 있으며, MMSE-K(Mini-Mental State Examination for Korean)와도 상관계수 $r=.73(p<.01)$ 로 높은 상관관계를 보였다(김영근 등, 2013).

3) 노인 체력 평가(Senior Fitness Test)

대상자의 체력평가 Senior Fitness Test(SFT)는 프로토콜을 따라 시행하였다(Rikli과 Jones, 2013). SFT는 여러 선행연구에서 신뢰도와 타당도를 검증한 노인 대상 체력검사로써 근력, 근지구력, 심폐지구력, 유연성, 민첩성, 균형성을 평가하는 방법이다(Bhattacharya 등, 2016; Hesseberg 등, 2015). 다리의 근력과 지구력을 평가하기 위해 30초 동안 의자에서 앉았다 일어난 횟수를 측정하였다. 등받이가 있고 팔걸이가 없는 의자에 발을 어깨너비로 벌리고 앉은 자세로 시작한다. 팔은 가슴 앞에 X자 모양으로 놓아두고, 의자에서 완전히 일어섰다가 앉은 횟수를 측정한다. 시간이 종료되는 시점에는 대상자가 완전히 일어난 자세로 종료하면 횟수에 포함한다. 다음으로는 상체 근력과 지구력을 평가하기 위해 30초 동안 Arm Curl을 시행한 횟수를 측정하였다. 비마비측 팔로 2kg 아령을 들고 의자에 앉아 아래팔만 움직이도록 위팔을 몸통에 붙여 고정하여 팔꿈치 관절을 완전 평한 상태로 시작한다. 팔꿈치 관절이 완전 굽힘 된 상태를 1회로 하며 완전 굽힘 후에는 완전 펴야 한다. 하체 유연성을 평가하기 위해서는 의자에 앉아서 손 달기를 실시하였다. 등받이가 있는 의자에 걸터앉은 상태로 비마비측 무릎관절을 완전 평하여 발뒤꿈치만 바닥에 닿을 수 있도록 한다. 무릎관절 펴를 유지하며 몸통을 앞으로 굽힌다. 발끝에 손끝이 완전히 닿은 상태를 0으로 설정하고, 발끝에 손끝이 닿지 않으면 음수로, 손끝이 발끝을 넘어가면 양수로 표기하여 측정한다. 움직이는 동안 속도, 민첩성 및 균형을 측정하기 위해 'Time Up and Go Test(TUG)'를 실시한다. 의자 앞쪽으로 3m 앞에 표시하고 대상자는 의자에 앉은 상태에서 손은 무릎 위에 놓고 시작한다. 평가자가 '시작'이라고 외치면 대상자는 서서 가능한 빨리 표식을 돌아 다시 의자로 돌아와 앉은 순간에 타이머는 멈춘다. 2회 측정 후 평균값을 기록한다. 마지막으로 심폐지구력을 평가하기 위해 2분 동안 제자리 걷기 한 횟수를 측정한다. 벽에 무릎뼈와 엉덩이뼈 꼭대기 사이의 중간에 해당하는 높이를 표시하고 대상자는 무릎을 표시된 부분까지 들어 올려 걷는다. 시작한 다리에 반대측 무릎이 높이에 도달한 총횟수를 측정하며, 중간에 휴식을 취해도 되고 벽이나 안정적인 의자를 잡고 하는 것도 허용한다. 상체 유연성은 대상자 모두 편마비가 존재해 동작할 수 없어 측정할 수 없었다.

3. 데이터분석

본 연구에서는 통계 프로그램 SPSS ver. 27.0(IBM Corporation, Armonk, NY, USA)를 사용하여 진행하였다. 대상자의 일반적 특성을 분석하기 위해 기술통계를 시행하였으며, 사전-사후 비교를 위해 대응 표본 T-검정을 시행하였다. 유의수준은 .05로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 대상자의 일반적 특성

대상자의 일반적 특성 분석 결과는 Table 2에 제시되어 있다. 총 17명의 대상자 중 남성 15명(88.2%)과 여성 2명(11.8%)으로 구성되었다. 평균 연령은 67세, 평균 발병 기간은 17년이었다. 손상의 유형은 경색이 13명(76.5%), 출혈이 4명(23.5%)으로 나타났으며, 손상 측은 왼쪽이 5명(29.4%), 오른쪽이 12명(70.6%)으로 구분되었다. 또한, 최종 학력 조사 결과 초등학교 1명(5.9%), 중학교 4명(23.5%), 고등학교 12명(70.6%)으로 나타났고, 평균 신장은 166.41cm, 평균 체중은 65.23kg이었다. 최근 6개월간의 낙상 횟수는 평균 1.17번으로 보고되었으며, MBI의 평균 점수는 86.05점이었다.

Table 2. General characteristic of subjects

Variable	n(%) or M ± SD
Sex(Male/Female)	15(88.2) / 2(11.8)
Age(year)	67.00 ± 8.00
Onset(year)	17.00 ± 7.06
Attack type(Infarction/hemorrhage)	13(76.5) / 4(23.5)
Side of hemiparesis(Left/Right)	5(29.4) / 12(70.6)
Level of education(Primary/Middle/High)	1(5.9) / 4(23.5) / 12(70.6)
Height(cm)	166.41 ± 5.78
Weight(kg)	65.23 ± 8.59
Number of falls ^a	1.17 ± 2.28
MBI(score)	86.05 ± 5.91

^aNumber of falls within 6 month; MB= Modified Barthel Index

2. K-MoCA 점수 전후 비교

데이터 분석 결과, K-MoCA 총점, 추상력, 지연회상(기억력) 항목에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 이는 해당 인지 기능 영역에서 두 그룹 또는 시간에 따른 변화가 의미 있게 나타났음을 시사한다. 반면, 시공간/집행기능, 이름 대기, 주의력, 언어, 지남력 항목에서는 통계적으로 유의한 차이가 관찰되지 않았다($p > .05$). 그럼에도 불구하고 각 항목별 수치 변화를 살펴보면, 시공간/집행기능에서 0.76점, 이름 대기에서 0.11점, 주의력과 언어에서 각각 0.23점, 지남력에서 0.17점 정도 점수가 증가한 것으로 나타났다. 이러한 수치적 증가는 통계적 유의성을 확보하

지는 못했지만, 대상자들의 K-MoCA 점수에 긍정적인 영향을 미쳤을 가능성을 보여준다.

Table 3. Pre-Post Comparison of K-MoCA (N= 17)

	Pre	Post	Post-Pre	t
Total	18.29 ± 3.82 ^a	21.59 ± 5.23	3.29 ± 3.05	-4.443*
Space-time/Executive function	2.29 ± 0.98	3.06 ± 1.08	0.76 ± 1.56	-2.018
Confrontation naming	2.65 ± 0.70	2.76 ± 0.66	0.11 ± 0.33	-1.461
Sustained attention	4.65 ± 1.45	4.88 ± 1.05	0.23 ± 1.34	-0.720
Language	1.94 ± 1.08	2.18 ± 1.13	0.23 ± 0.75	-1.289
Abstract reasoning	1.06 ± 0.82	2.06 ± 1.08	1.00 ± 0.70	-5.831*
Short-term memory	0.41 ± 0.79	1.53 ± 1.73	1.18 ± 1.57	-2.923*
Orientation	5.53 ± 0.51	5.71 ± 0.98	0.17 ± 0.95	-0.765

^aM±SD, *p<.05

K-MoCA= Korean version of Montreal Cognitive Assessment

3. CoSAS 점수 전후 비교

데이터 분석 결과, CoSAS 총점, 정확도, 지남력, 주의 집중력 항목에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타났음을 확인할 수 있었다(p < .05). 이는 대상자들이 해당 인지 기능 영역에서 긍정적인 변화를 경험했음을 의미한다. 반면, 반응시간, 기억력, 시지각, 언어능력, 상위인지 항목에서는 통계적으로 유의한 변화가 관찰되지 않았다(p > .05). 이와 같이 일부 항목에서 유의한 결과가 나타나고 다른 항목에서는 그렇지 않은 결과가 도출된 것은, 대상자들의 인지 기능 개선이 영역별로 다르게 나타날 수 있음을 시사한다.

특히, 반응시간의 경우 감소하는 경향을 보였지만 통계적 유의성을 확보하지는 못했다. 그럼에도 불구하고, 반응시간의 감소 추세는 대상자들이 스마트 디바이스에 보다 빠르게 적응할 가능성을 내포하고 있어, 긍정적인 영향을 미쳤을 가능성을 배제할 수 없다. 반면, 기억력과 상위인지 항목에서는 각각 0.18점의 감소가 관찰되었으나, 이 역시 통계적 유의성에는 미치지 못했다. 이와 달리, 나머지 항목들은 유의성은 없었더라도 전반적으로 점수가 증가하는 경향을 보였으므로, 이러한 결과는 대상자들의 인지 기능 전반에 부정적인 영향보다는 개선 혹은 안정적인 상태를 반영한다고 볼 수 있다.

Table 4. Pre-Post Comparison of CoSAS

	Pre	Post	Post-Pre	t
Total	73.34 ± 11.98 ^a	82.07 ± 12.57	8.73 ± 11.89	-3.026*
React Time(sec)	17.45 ± 3.14	15.60 ± 3.55	-1.85 ± 4.32	1.763
Accuracy(percent)	0.76 ± 0.10	0.83 ± 0.11	0.06 ± 0.09	-3.103*
Orientation(score)	13.18 ± 1.83	14.79 ± 1.46	1.60 ± 2.17	-3.043*
Memory(score)	7.48 ± 1.83	7.30 ± 4.66	-0.18 ± 4.20	0.178
Attention(score)	15.32 ± 5.91	20.85 ± 5.55	5.52 ± 7.04	-3.234*

Visual perception(score)	5.70 ± 3.84	6.77 ± 3.47	1.06 ± 3.54	-1.244
Language(score)	16.21 ± 2.12	17.11 ± 1.83	0.89 ± 2.78	-1.319
High-level cognition(score)	15.42 ± 4.48	15.24 ± 3.18	-0.18 ± 6.55	0.113

^aM±SD, **p*<.05

CoSAS= Cognitive Screening Assessment System

4. 노인 체력평가 전후 비교

데이터 분석 결과, 신체 기능 평가 항목 중 유연성에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(*p* < .05). 반면, Arm Curl, Chair Stand, TUG, 심폐지구력 항목에서는 통계적으로 유의한 변화가 관찰되지 않았다(*p* > .05). 구체적으로 살펴보면, Arm Curl 항목에서는 평균 0.23회의 증가와 Chair Stand 항목에서는 평균 0.05회의 증가가 확인되어, 대상자들의 기본적인 신체 기능이 안정적인 상태를 시사한다.

특히, TUG 항목의 경우 통계적 유의성은 확보되지 않았으나 평균 1.65초의 감소가 나타난 점은, 대상자들의 균형 능력과 전반적인 신체활동이 향상되었을 가능성을 내포하고 있다. 한편, 심폐지구력 항목에서는 평균 1.29의 감소가 관찰되었는데, 이는 후기 평가 시기의 낮은 기온 및 불리한 날씨 조건이 초기 평가 대비 심폐지구력 측정에 부정적인 영향을 미쳤을 가능성을 시사한다.

Table 5. Pre-Post Comparison of SFT

	Pre	Post	Post-Pre	<i>t</i>
Arm Curl(number of times)	19.52 ± 9.88 ^a	19.76 ± 5.80	0.23 ± 10.83	-0.090
Chair Stand(number of times)	11.58 ± 3.70	11.64 ± 2.91	0.05 ± 3.07	-0.079
Lower body flexibility	-3.47 ± 11.92	2.73 ± 10.63	6.20 ± 7.60	-3.362*
TUG	17.54 ± 10.28	15.88 ± 7.93	-1.65 ± 4.48	1.518
Cardiopulmonary endurance(number of times)	57.00 ± 14.60	55.70 ± 15.73	-1.29 ± 13.55	0.394

^aM±SD, **p*<.05

SFT= Senior Fitness Test; TUG= Time Up & Go test

IV. 고찰

본 연구는 지역사회 만성 뇌졸중 장애인을 대상으로 가상현실을 기반 인지-신체 순차적 이중과제가 인지 및 신체 기능에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

본 연구의 결과 만성 뇌졸중 장애인에게 가상현실 기반 순차적 이중과제를 적용하였을 때, 인지기능 평가에서 K-MoCA의 총점과 세부 항목으로 추상력, 단기기억력에서 통계적으로 유의한 결과를 보였다. 그리고 CoSAS의 총점과 세부 항목으로 지남력, 주의력 항목에서 통계적으로 유의한 결과가 나타났다. 가상현실 기반 인지 훈련을 적용한 선행연구에서 대상자의 기억력과 주의력이 향상되었으며 그들은 훈련 후 인지 문제가 더 적었다고 보고하며 보존적인 치료를 받은 장애인에 비해 가상현실 기반 인지 훈련을 적용받은 환자가 더 흥미를 느끼고 몰입하여 빠른 적응을 할

수 있었기 때문이라고 하였다(Kim 등, 2011). 그리고 체계적 고찰 선행연구에서 기존 전통적인 훈련 방법에 비해 가상 현실 기반 인지 훈련 방식이 장애인의 기억, 지각, 주의 등의 작업에서 긍정적인 효과를 보고하였다(Moreno 등, 2019). 또한 가상현실 기반 높은 훈련 몰입감의 영향으로 운동 뇌 영역의 활성화가 증가시키며, 뇌졸중 후 신경구조의 회복에 긍정적인 이점을 가지고 있다고 보고하며 본 연구를 뒷받침하고 있다(Wang 등, 2017). 따라서 본연구에서 선행 사례 연구(강보라 등, 2023a)와 마찬가지로 유효한 효과를 집중력(시각, 색상 매칭, 연속주의, 순차선택), 기억력(단어, 색상, 숫자, 위치, 숫자 암산), 지남력(시간, 장소, 사람, 사물) 훈련 중심의 사고 과정 활동이나 대상자가 훈련을 수행하는 가상현실 기반 피드백이 인지적 과정을 적극적으로 촉진하여 추상력, 기억력, 지남역, 주의력 향상에 영향을 미쳤다고 생각한다. 그러나 시공간 및 실행력, 어휘력, 문장력, 기억력, 시지각, 언어능력, 상위인지 등 복합적 인지 영역에서 개선되는 경향을 보였지만 통계적으로 유의하지는 않았는데, 이는 만성 장애인 특성상 단기간에 큰 효과를 보이는 데 한계가 있었다고 생각된다.

본 연구의 이중과제 적용 후, 신체 기능 평가의 근력, 근지구력, 심폐지구력, 민첩성, 균형성에서 개선되는 경향을 보였지만 유연성 항목에서만 통계적으로 유의한 변화를 나타내었다. 선행 사례 연구(강보라 등, 2023a)에서 가상현실 기반 인지-운동 순차적 이중과제 적용 후 균형성이 개선되는 경향을 보였고, 본 연구에서도 통계적으로 유의하지 않지만 개선되는 경향을 보였다. 그리고 선행연구(강보라 등, 2023b)에서 인지기능 및 균형성 간의 높은 상관성을 보였는데, 본 연구에서도 인지기능 일부와 균형성이 함께 개선되는 경향을 보였다. 그러나 다른 선행연구(주은솔과 방요순, 2018)에서 가상현실 기반 이중과제 프로그램의 적용은 뇌졸중 장애인의 버그균형척도(Berg Balance Scale)에 의한 균형 능력과 한국판 울프 운동기능 검사(Korean version of the Wolf Motor Function Test)에 의해 상지 기능의 유의한 개선을 보고하였지만 본 연구에서는 노인 체력평가에서 하체 유연성만 유의하게 개선되었다. 이는 대상자가 운동 훈련 과제를 수행하는 데에 어려움은 없었지만, 선행연구에서는 전문가와 함께 상지 및 하지의 움직임을 동시에 유발하는 공 던지기, 탑 쌓기, 깃발 흔들기, 화분 만들기 등의 일상생활 활동을 강조하는 운동을 적용하였고, 본 연구에서는 지역사회 뇌졸중 장애인이 스스로 안전하게 운동을 수행할 수 있는 하지 위주의 스트레칭, 관절가동운동, 기능적 운동을 적용하였기에 하지 유연성에만 유의한 결과를 보였을 것으로 생각된다. 그리고 인지기능과 마찬가지로 근력, 근지구력, 심폐지구력과 같은 신체적 기능 개선은 요인의 특성상 만성적인 대상자가 단기간에 긍정적인 변화를 일으키는 데 한계를 보였을 것으로 생각한다.

따라서 대상자가 만성이고 장애인이라는 것으로 고려했을 때 장기 중재연구를 통해 효과를 추가로 분석할 필요가 있을 것으로 생각된다. 그리고 대상자 수가 적어 연구 결과를 일반화하기에 어려움이 있었으므로 대조군으로 설정하고 대상자를 확대하여 효과를 확인해야 할 필요가 있을 것으로 생각한다.

V. 결 론

본 연구는 지역사회 만성 뇌졸중 장애인 대상으로 가상현실을 기반 인지-운동 순차적 이중과제가 인지 및 신체 기능에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 본 연구의 결과 인지기능과 유연성에서 유의한 개선을 보였지만 인지 및 신체 기능 대부분에서 개선되는 경향을 보였다. 따라서 만성 뇌졸중 장애인에게 장기적인 가상현실 기반 이중과제 훈련의 적용은 장기적으로 인지 및 신체 기능뿐만 아니라 일상생활 활동의 향상에 도움이 될 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2023년도 문화체육관광연구개발사업 지원(인지·신체복합중재 재활 운동 증강 디바이스 기술개발, 과제번호: SR202106002)과 보건복지부 국립재활원 재활연구소 내부과제(과제번호: 25-H-02) 지원에 의하여 쓰인 것임.

참고문헌

- 강보라a, 박성훈, 강혜윤, 호승희, 배영현. 순차적 이중과제 훈련이 뇌졸중 환자의 인지 및 신체 기능에 미치는 영향: 사례군 연구. 한국신경인지재활치료학회지. 2023;15(2):47-55.
- 강보라b, 박성훈, 강혜윤, 호승희, 배영현. 지역사회 보행이 가능한 만성 뇌졸중 환자의 일반적 특성, 인지 및 신체 기능 간의 상관관계 연구. 한국신경인지재활치료학회지. 2023;15(2):65-71.
- 김영근, 조영남, 김동희, 백수진. 노인용 전산화 인지평가도구(코사스) 표준화 연구: 대구광역시를 중심으로. 대학작업 치료학회지. 2013;21(3):87-102.
- 주은솔, 방요순. 복합중재 활동프로그램이 뇌졸중 노인의 신체기능, 인지기능, 우울에 미치는 효과. 한국엔터테인먼트 산업학회논문지. 2018;12(7):317-328.
- Baram Y, Lenger R. Gait improvement in patients with cerebral palsy by visual and auditory feedback. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*. 2012;15(1):48-52.
- Bhattacharya PK, Deka K, Roy A. Assessment of inter-rater variability of the Senior Fitness Test in the geriatric population: A community based study. *International Journal of Biomedical and Advance Research*, 2016;7(5):208-212.
- Bowen A, Wenman R, Mickelborough J, Foster J, Hill E, Tallis R. Dual-task effects of talking while walking on velocity and balance following a stroke. *Age & Ageing*. 2001;30(4):319-323.
- Braun SM, Beurskens AJ, Van Kroonenburgh SM, Demarteau J, Schols JM, Wade DT. Effects of mental practice embedded in daily therapy compared to therapy as usual in adult stroke patients in dutch nursing homes: design of a randomised controlled trial. *BMC Neurology*. 2007;15(7):34.
- Brown T, Mapleston J, Nairn A, Molloy A. Relationship of cognitive and perceptual abilities to functional independence in adults who have had a stroke. *Occupational Therapy International*. 2013;20(1):11-22.
- Canning CG. The effect of directing attention during walking under dual-task conditions in parkinson's disease. *Parkinsonism and Related Disorders*. 2005;11(2):95-99.
- Choi BG, Kwon JS. A preliminary study of the effects of monitor-based virtual reality games on the cognition & activities of daily living for acute stroke: A double-blinded randomized controlled trial. *Journal of the Koera Contents Association*. 2020;20(9):531-540.
- Dean CM, Carol LR, Fransine M. Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: A randomized, controlled pilot trial. *Physical Therapy*. 2000;81(4):409-4017.
-

- Dennis A, Dawes H, Elsworth C, Collett J, Howells K, Wade DT, Cockburn J. Fast walking under cognitive-motor interference conditions in chronic stroke. *Brain Research*. 2009;1287:104-110.
- Dobkin BH. Rehabilitation after stroke. *New England Journal Medicine*. 2005;352(16):1677-1684.
- Evans, Jonathan St BT. How many dual-process theories do we need? One, two, or many?, In two minds: Dual processes and beyond. Oxford University Press. 2009:33-54.
- Feigin VL, Norrving B, Mensah GA. Global burden of stroke. *Circulation Research*. 2017;120(3):439-448.
- Flynn S, Palma P, Bender A. Feasibility of using the Sony PlayStation 2 gaming platform for an individual poststroke: A case report. *Journal of Neurologic Physical Therapy*. 2007;31(4):180-189.
- Gresham GE, Kelly-Hayes M, Wolf PA, Beiser AS, Kase CS, D'Agostino RB. Survival and functional status 20 or more years after first stroke: The framingham study. *Stroke*. 1998;29(4):793-797.
- Hesseberg K, Bentzen H, Bergland A. Reliability of the senior fitness test in Community-dwelling older people with cognitive impairment. *Physiotherapy Research International*. 2015;20(1):37-44.
- Hill NT, Mowszowski L, Naismith SL, Chadwick V.L, Valenzuela M, Lampit A. Computerized cognitive training in older adults with mild cognitive impairment or dementia: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Psychiatry*. 2017;174(4):329-340.
- Jette AM, Keysor J, Coster W, Ni P, Haley S. Beyond function: Predicting participation in a rehabilitation cohort. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2005;86(11):2087-2094.
- Kang HY, Lee DY, Hong JH, Kim JS, Kim SG, Seo YG, Yu JH. Effects of augmented reality-based dual-task program on physical ability by cognitive stage with developmental disabilities. *Healthcare*. 2022;10(10):2067.
- Kim HA, Seo KC. The effects of task-related circuit training by type of dual task on the gait of chronic stroke patients. *Journal of The Korean Society of Physical Medicine*. 2013;8(3):407-415.
- Kim HH, Hur JG, Yang YA. Effects of treadmill gait training on gait patterns in hemiplegic patients: comparison with conventional gait training. *Journal of Korean Physical Therapy Science*. 2003;10(2):17-28.
- Kim YJ, Kang BR, Ahn MJ, Lee JE. A study on the correlation between cognitive function and Korean version of Modified Barthel Index evaluation of stroke patients. *Journal of Korean Society of Neurocognitive Rehabilitation*. 2019;11(1):15-22.
- Kim BR, Chun MH, Kim LS, Park JY. Effect of virtual reality on cognition in stroke patients. *Annals of rehabilitation medicine*. 2011;35(4):450-459.
- Kizony R, Levin MF, Hughey L, Perez C, Fung J. Cognitive load and dual-task performance during locomotion post stroke: a feasibility study using a functional virtual environment. *Physical Therapy*. 2010;90(2):252-260.
- Law LL, Barnett F, Yau MK, Gray MA. Effects of combined cognitive and exercise interventions on cognition in older adults with and without cognitive impairment: A systematic review. *Aging Research Review*. 2014;15:61-75.
- Lee YJ, Jung MY. A systematic review of the dual-task training for stroke with hemiplegia. *Therapeutic Science for Neurorehabilitation*. 2016;5(1):23-32.
-

- Melzer I, Goldring M, Melzer Y, Green E, Tzedek I. Voluntary stepping behavior under single- and dual-task conditions in chronic stroke survivors: a comparison between the involved and unin-
volved legs. *Journal of Electromyography & Kinesiology*. 2010;20(6):1082-1087.
- Moreno A, Wall KJ, Thangavelu K, Craven L, Ward E, Dissanayaka NN. A systematic review of the use
of virtual reality and its effects on cognition in individuals with neurocognitive disorders.
Alzheimer's & Dementia: Translational Research & Clinical Interventions. 2019;5834-850.
- Nihei K, Shirakawa K, Isshiki N, Hirose M, Iwata H, Kobayashi N. Virtual reality in a children's
hospital. *The Turkish Journal of Pediatrics*. 1999;41:73-82.
- Nolin P, Besnard J, Allain P, Banville F. Assessment and rehabilitation using virtual reality after stroke:
A literature review. In A. Rizzo, & S. Bouchard (Eds.), *Virtual Reality for Psychological and
Neurocognitive Interventions*. New York, NY: Springer. 2019:307-326.
- Ozdemir F, Birtane M, Tabatabaei R, Ekuklu G. Cognitive evaluation and functional outcome after
stroke. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2001;80(6):410-415.
- Park MO, Lee SH. Effect of a dual-task program with different cognitive tasks applied to stroke pa-
tients: A pilot randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation*, 2019;44(2):239-249.
- Park SW, Kim JW. Effective approach to improving cognitive function in the elderly: Focused on cogni-
tive-exercise combination program. *Korean Journal of Clinical Geriatrics*. 2020;21(2):47-53.
- Pellecchia GL. Dual-task training reduces impact of cognitive task on postural sway. *Journal of Motor
Behavior*. 2005;37(3):239-246.
- Perera S, Mody SH, Woodman RC, Studenski SA. Meaningful change and responsiveness in common
physical performance measures in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*.
2006;54(5):743-749.
- Radomski MV, Latham CAT. *Occupational therapy for physical dysfunction*. Lippincott Williams &
Wilkins. 2008.
- Rikli RE, Jones CJ. *Senior Fitness Test Manual 2nd edition*. Human Kinetics. 2013.
- Rizzo AA, Buckwalter JG, Neumann U, Chua C, van Rooyen A, Larson P, Humphrey L. Virtual environ-
ments for targeting cognitive processes: An overview of projects at the University of Southern
California. *CyberPsychology & Behavior*. 1999;2(2):89-100.
- Schwenk M, Zieschang T, Oster P, Hauer K. Dual-task performances can be improved in patients with
dementia: a randomized controlled trial. *Neurology*. 2010;74(24):1961-1968.
- Sohlberg MM, Mateer CA. *Cognitive rehabilitation*. New York: Guilford Press. 2001.
- Song CS. A reliability the Montreal cognitive assessment on cognitive impairment following stroke.
Journal of Academia-Industrial Technology. 2013;14(3):1228-1233.
- Sun R, Slusarz P, Terry C. The Interaction of the explicit and the implicit in skill learning: A dual-proc-
ess approach. *Psychological Review*. 2005;112(1):159-192.
- Trombly CA, Ma HI. A synthesis of the effects of occupational therapy for persons with stroke, Part
I: Restoration of roles, tasks, and activities. *American Journal of Occupational Therapy*.
2002;56(3):250-259.
-

- Wang ZR, Wang P, Xing L, Mei LP, Zhao J, Zhang T. Leap Motion-based virtual reality training for improving motor functional recovery of upper limbs and neural reorganization in subacute stroke patients. *Neural regeneration research*. 2017;12(11):1823-1831.
- Weiss PL, Rand D, Katz N, Kizony R. Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 2004;(1):1-12.
- Yagura H, Miyai I, Seike Y, Suzuki T, Yanagihara T. Benefit of inpatient multidisciplinary rehabilitation up to 1 year after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2003;84(11):1687-1691.
- Yang YR, Chen YC, Lee CS, Cheng SJ, Wang RY. Dual-task-related gait changes in individuals with stroke. *Gait & Posture*. 2006;25(2):185-190.
-