

3차원 가상현실 프로그램을 이용한 뇌졸중 환자의 인지기능 장애 평가

연세대학교 의과대학 재활의학교실 및 재활의학연구소, ¹중앙대학교 심리치료학과

김덕용 · 주소영 · 박창일 · 박태훈 · 박기덕 · 정강재 · 이장한¹

Assessment of Post-Stroke Cognitive Dysfunction Using 3-Dimensional Virtual Reality Program

Deog Young Kim, M.D., So Young Joo, M.D., Chang Il Park, M.D., Tae Hun Park, M.D., Ki Deok Park, M.D., Kang Jae Jung, M.D. and Jang Han Lee, Ph.D.¹

Department and Research Institute of Rehabilitation Medicine, Yonsei University College of Medicine, ¹Department of Psychology, Chung Ang University

Objective: To test the feasibility of newly developed 3-dimensional virtual reality (VR) program for assessing the post-stroke cognitive dysfunction.

Method: Thirty five post-stroke patients and twenty normal healthy subjects were recruited in this study, and post-stroke patients were classified into three groups according to the severity of cognitive dysfunction. We developed three dimensional virtual reality program to assess the cognitive function with virtual subway environment from taking a subway to arriving at one's destination. The total score, number of success and cue were obtained during completing

virtual tasks. We investigated the test-retest reliability, and the parameters of the 3-dimensional VR program were compared with Korean Mini-mental status examination.

Results: All parameters of the VR program were significantly correlated with MMSE score ($p < 0.01$), and showed the significant difference between patient subgroups and control group ($p < 0.05$). The test-retest reliability of the VR program was significantly high ($p < 0.01$).

Conclusion: Three dimensional virtual reality program may be helpful to assess the cognitive function in patients with stroke. (*J Korean Acad Rehab Med 2009; 33: 12-20*)

Key Words: Virtual reality, Cognitive dysfunction, Stroke, Assessment

서 론

뇌졸중 환자는 10~82%에서 인지장애를 보이며, 노인에서 뇌졸중에 의한 인지장애 발생률은 알츠하이머 병보다 흔한 것으로 알려져 있다.¹ 현대사회로 접어들면서 고령 인구의 증가와 더불어 다양한 뇌질환의 증가와 소아 및 청장년의 외상성 뇌손상의 증가로 인하여 인지기능 장애에 대한 이해와 재활의 중요성은 더욱 부각되고 있다.² 뇌졸중은 신체적 기능뿐만 아니라 인지기능 등에 전반적인 장애를 초래하기 때문에 재활치료 시 정확한 인지기능의 평가는 재활치료의 계획을 수립하고, 일상생활 수행능력을 예측하는데 있어 매우 중요하다.³⁻⁵ 또한 인지기능의 장애는 사회로의 복귀에 가장 큰 걸림돌이 되는 장애로 재활치료 프로그램에 참여하는 의욕 및 운동기능의 습득 능력에도 영향을 미치므로 성공적인 재활치료를 위하여 발병 초기부터

정확한 인지기능의 평가와 치료가 필요하다.⁶ Jeffery 등⁷은 인지기능에 영향을 미치는 여러 요인을 고려하여 인지기능을 평가해야 잘못된 평가로 인한 예후의 그릇된 해석뿐만 아니라 예상치 못한 합병증과 같은 문제의 발생을 예방할 수 있으므로 인지기능에 대한 정확한 평가가 중요함을 강조한 바 있다.

인지기능 장애 평가를 위하여 간이 정신상태 검사(Mini-mental status examination, MMSE) Halstead-Raitan test, Consortium to establish a registry for Alzheimer's disease (CERAD), California verbal learning test, Continuous recognition memory test, Wechsler memory scales 등 다양한 인지기능 검사가 개발되었다.⁸⁻¹² 하지만 이러한 기존 인지기능 검사는 검사 과정에서 조건의 통제가 어려워 채점과 기록의 오류가 발생할 수 있고, 경험이 부족한 검사자가 검사를 수행할 때 측정된 자료의 객관성에 문제가 있을 수 있으며, 실행증(apraxia)과 같은 실행 능력 장애나 언어 장애 등은 검사의 정확도를 저하시킬 수 있고, 검사 내용과 채점 자료를 안전하게 보관하기도 용이하지 못하다.¹³⁻¹⁵

최근 들어 보고되고 있는 컴퓨터를 이용한 인지기능의 진단 방법들은 보다 정량화, 객관화가 가능하며 컴퓨터를 이용하여 시행하기 때문에 검사자의 훈련 정도나 검사환경

접수일: 2008년 7월 23일, 게재승인일: 2008년 10월 24일
 교신저자: 주소영, 서울시 서대문구 성산로 250
 © 120-752, 신촌세브란스병원 재활의학과
 Tel: 02-2228-3730, Fax: 02-569-9839
 E-mail: anyany98@naver.com

의 차이에 따른 영향이 적으며 정확한 채점과 기록이 가능하고, 또한 검사 내용과 채점 자료를 안전하게 보관할 수 있는 장점이 있어 점차 많이 사용되고 있다.¹⁶ 그러나 기존 검사들은 실제 환경이 아닌 제한된 환경에서의 구조화된 평가로 실제 상황에서의 인지 장애를 평가하기에는 무리가 있고, 이를 위해 실제와 비슷한 환경에서의 평가가 필요함이 여러 연구에서 강조된 바 있다.^{17,18}

가상현실(virtual reality, VR)은 어떤 특정한 환경, 상황을 컴퓨터를 이용하여 가상환경 하에서 마치 실제 3차원적인 주변환경을 구현할 수 있으며, 가상 환경과 상호작용을 하여 검사환경과 실생활간의 차이를 최소화하고, 안전하게 자유로운 인터페이스(interface)를 이용하여 신체적 장애에 관계없이 시행할 수 있는 장점이 있어 최근 들어 여러 연구에서 외상성 뇌손상 및 뇌졸중 환자를 대상으로 가상현실을 이용한 인지 기능을 평가하는 연구들이 활발히 진행 중이다.^{16,19-21}

이에 본 연구에서는 3차원 가상현실을 이용한 친숙한 지하철 환경을 구현하여 일상생활에서의 인지기능 평가 프로그램을 개발하고, 개발된 가상현실 프로그램이 뇌졸중 후 인지기능을 정량적으로 평가 가능하지 알아보고자 하였다.

연구대상 및 방법

1) 연구대상

본원 재활의학과에 입원한 뇌졸중 환자 35명을 대상으로 하였다. 이 중 뇌경색이 21명, 뇌출혈이 14명이었고, 남자가 20명, 여자가 15명이었고, 평균 연령은 61.0세였고, 발병 후 기간은 평균 14.1주였다. 한국판 간이 정신상태 검사 점수를 이용하여 치매 정도를 평가한 Zec²²의 기준을 준용하여 3군으로 분류하였다. 24점 이상 점수를 보이는 14명은 제 1군으로 하였고, 20점에서 23점 사이 점수를 보이는 11명은 제 2군으로 하였고, 20점 미만의 점수를 보이는 10명은 제 3군으로 하였다. 컴퓨터 경험은 2003년 이 등²³이 보고한 바와 같이 과거 컴퓨터 사용 경험이 전혀 없었던 경우를 0점, 문서 작성기를 사용한 경험이 있는 경우 1점, 간단한 인터넷 사용 경험이 있었던 경우를 2점, 인터넷을 이용하여 프로그램 다운로드 및 설치 등의 경험이 있었던 경우를 3점, 컴퓨터 프로그램을 개발한 경험이 있는 경우를 4점으로 하여 평가하였을 때 평균 1.0점이었다.

환자 중 검사자의 지시를 전혀 이해할 수 없는 경우, 앉기 균형이 심각하게 저하되어 등받이와 팔걸이가 있는 의자에 앉을 수 없는 경우, 시력 저하로 컴퓨터 모니터에서 사물을 인지할 수 없는 경우, 한글을 모르는 경우, 지하철을 타 본 경험이 없는 경우는 연구대상에서 제외하였다. 대조군은 50~60대 20명의 정상 성인을 대상으로 하였고, 환자군과 대조군 간에 연령, 성별, 컴퓨터 경험에서 통계학적 의미있는 차이를 보이지 않았다(Table 1).

Table 1. Characteristics of Subjects

	Normal control (n=20)	Patients group (n=35)		
		Group 1 (n=14)	Group 2 (n=11)	Group 3 (n=10)
No. of subjects	20	14	10	10
Age (years)	59.2±4.7	59.8±9.3	66.1±13.8	57.9±16.6
Sex (female : male)	7 : 13	4 : 10	6 : 4	3 : 7
Computer experience scale	1.0±0.7	1.0±0.4	1.0±0.4	1.0±0.5
MMSE	30.0±0.0	27.21±2.04	20.6±1.6	15.2±2.4

Values are mean±standard deviation.

MMSE: Mini-mental status examination

2) 연구방법

(1) 간이 정신상태 검사를 이용한 평가: 가상현실 인지기능 평가 프로그램 시행 전 대상자들에게 친숙한 환경하에 편안하게 앉은 자세에서 간이 정신상태 검사를 시행하였다. 한국판 간이 정신상태 검사는 1997년 강 등²⁴이 환자들의 지적 상태를 짧은 시간에 평가하기 위하여 고안한 방법으로, 본 연구에서는 만점이 30점인 총 점수와 지남력, 기억등록, 집중력 및 계산, 이해 및 판단, 기억회상, 언어 및 시공간 구성의 하위항목으로 나누어 평가하였다. 검사는 동일한 검사자에 의해 면담으로 시행하였다. 가상현실 인지기능 평가와의 순서에 의한 학습효과를 배제하기 위해 대상자를 무작위로 순서를 정해 가상현실 인지기능 평가와 간이 정신상태 검사를 시행하였다.

(2) 가상현실 인지기능 평가 프로그램 구성: 뇌졸중 환자군 및 대조군 모두 가상현실 인지기능 평가 프로그램을 이용하여 간이 정신상태 검사를 시행한 동일한 날에 인지기능을 평가하였다. 가상현실 인지기능 평가 프로그램은 일상생활에서 흔히 접할 수 있는 지하철 환경을 구현하였으며 환자 스스로 가상 지하철을 타고 지정한 역까지 이동하는 과정에서 여러 수행과제를 이용하여 인지기능을 평가할 수 있게 구성하였다. 수행과제는 지남력, 기억등록, 계산, 기억회상, 판단, 시공간 능력 항목으로 구성하였다. 지남력은 3항목, 기억 등록은 2항목, 계산은 3항목, 기억 회상은 3항목, 판단은 2항목, 시공간 능력은 2항목으로 총 15항목으로 수행과제를 실행하는 동안에 평가가 이루어지게 하여 각 항목당 4점씩 15개 수행과제 총점은 60점 만점으로 하였다(Table 2, Fig. 1). 프로그램의 수행은 수행 초기 설명한 내용을 자발적으로 순서와 상황에 따라 실행하도록 하였고, 주어진 시간 안에 바르게 수행하지 못하면 청각 및 시각 단서를 제공하여, 총 15개의 수행과제마다 단서 제공 없이 첫 번째 시도에 성공하였을 경우 4점, 첫 번째 시도에 성공하지 못하였을 경우 첫 번째 단서가 제공되어 성공하였을

Table 2. Missions of Virtual Reality Cognitive Function Assessment Program

Mission	Subscale	Contents
1	Time orientation	Input today's date
2	Registration	After explaining about the destination station for one week, ask question about the destination station in the program. Input your destination
3	Place orientation	What kind of place is here?
4	Registration	Buying the subway ticket of correct zone
5, 6, 7	Calculation	1) How much is the change? - after providing the graphic money in purse 2) Boarding the train after pressing the bottom when the train stops and the door opens 3) How many passengers are on-board now?
8	Person orientation	Ask who the person is in after showing the person in police uniform
9	Recall	Input the destination
10, 11	Judgment	Randomly, two of four questions will be provided in program. 1) What equipment should you use when fired? 2) Who shouldn't be sitting on the reserved seat for elderly? What does the baby need when suddenly cries in young mother's arms? 3) To whom should you ask for a help when one of the passengers gets cut from the sharp side in the subway corner and is bleeding? 4) Where should I bring this to when finding the purse dropped in the train floor?
12, 13	Recall	Randomly, two of four questions will be provided in program. 1) The name of the subway station where the departure was made 2) Number of subway stations passed through to the final destination. 3) Change remaining in the purse 4) Number of passengers in the train
14, 15	Visuospatial function	1) Show the subway route and ask what subway line to take to go to the final destination from the Jong-Ro 3 Ga station where there are transfer lines 2) Ask at which station to transfer in order to arrive at the destination

때 3점, 실패 시 다른 두 번째 단서가 제공되어 성공하였을 때 2점, 두 번째 단서에도 반응하지 않아 세 번째 단서가 제공되어 성공하였을 때 1점, 세 번의 단서가 제공되었음에도 정답을 선택하지 못했을 경우 0점으로 하였다. 3차원 가상현실 프로그램이 끝나면 자동으로 프로그램 문항에 대한 정답 여부와 단서 제공 횟수를 저장하였다.

각 수행과제에 대한 내용은 다음과 같다. 가상 지하철을 탑승하기 전 지하철을 타고 목표 역에 도착하기까지의 과정에 대하여 컴퓨터 음성으로 설명하였다. 첫 번째 수행과제는 시간에 대한 지남력을 검사하는 항목으로 오늘의 날짜에 대하여 질문하였다. 두 번째 수행과제는 기억등록을 평가하기 위한 항목으로 오늘 가야 할 곳을 질문하였다. 지하철역으로 이동 후 장소에 대한 지남력을 평가하기 위한 세 번째 수행과제로 여기가 어떤 곳인지를 질문하여 지하철역, 지하도, 쇼핑 센터와 병원 중에서 선택하도록 하였다. 네 번째 수행과제는 지하철 표를 구입하라는 명령구를 미리 보여준 후, 승차권 발매기로 이동하여 여러 버튼 중 올바른 금액을 선택하도록 하여 기억등록을 평가하였다. 다섯 번째 수행과제인 집중력과 계산 능력을 검사하기 위하여 무작위로 금액이 나타나도록 하고 지갑 안의 돈을 확인시킨 후 표를 구매

한 후 남은 잔돈이 얼마인지를 질문하였다. 여섯 번째 수행과제는 집중력에 대한 측정 항목으로 지하철이 탑승구로 들어오는 환경을 제공한 뒤 지하철문이 열리면 20초의 시간을 주고 지하철문을 클릭하여 탑승하도록 유도하도록 하였다. 일곱 번째 수행과제는 계산력에 대한 측정 항목으로 지하철 탑승 후 지하철 내에 있는 승객의 수를 질문하였다. 여덟 번째 수행과제는 사람에 대한 지남력을 평가하기 위한 항목으로 프로그램 수행 시마다 무작위로 경찰관, 의사와 선생님을 보여준 후 이 사람의 직업이 무엇인지를 질문하도록 구성되어 있다. 아홉 번째 수행과제는 기억회상을 평가하기 위한 것으로 오늘의 목표지점을 다시 질문하였다. 열 번째와 열한 번째 수행과제는 판단력을 평가하기 위한 것으로 가상환경에서 지하철내의 화재상황을 보여준 후 소화기, 가방과 신문지 중 필요한 도구가 무엇인지를 질문하고, 노약자 좌석에 앉아있는 사람을 보여준 후 노약자 좌석에 잘못 앉아 있는 승객이 누구인지를 질문하도록 구성되어 있다. 열두 번째 수행과제는 기억회상을 평가하기 위한 것으로 목표 역에 도착했을 때 지하철문을 클릭하여 지하철에서 내릴 수 있도록 유도하였다. 열세 번째 수행과제 역시 기억 회상을 평가하기 위한 것으로 프로그램 마다 무작위로 출발한

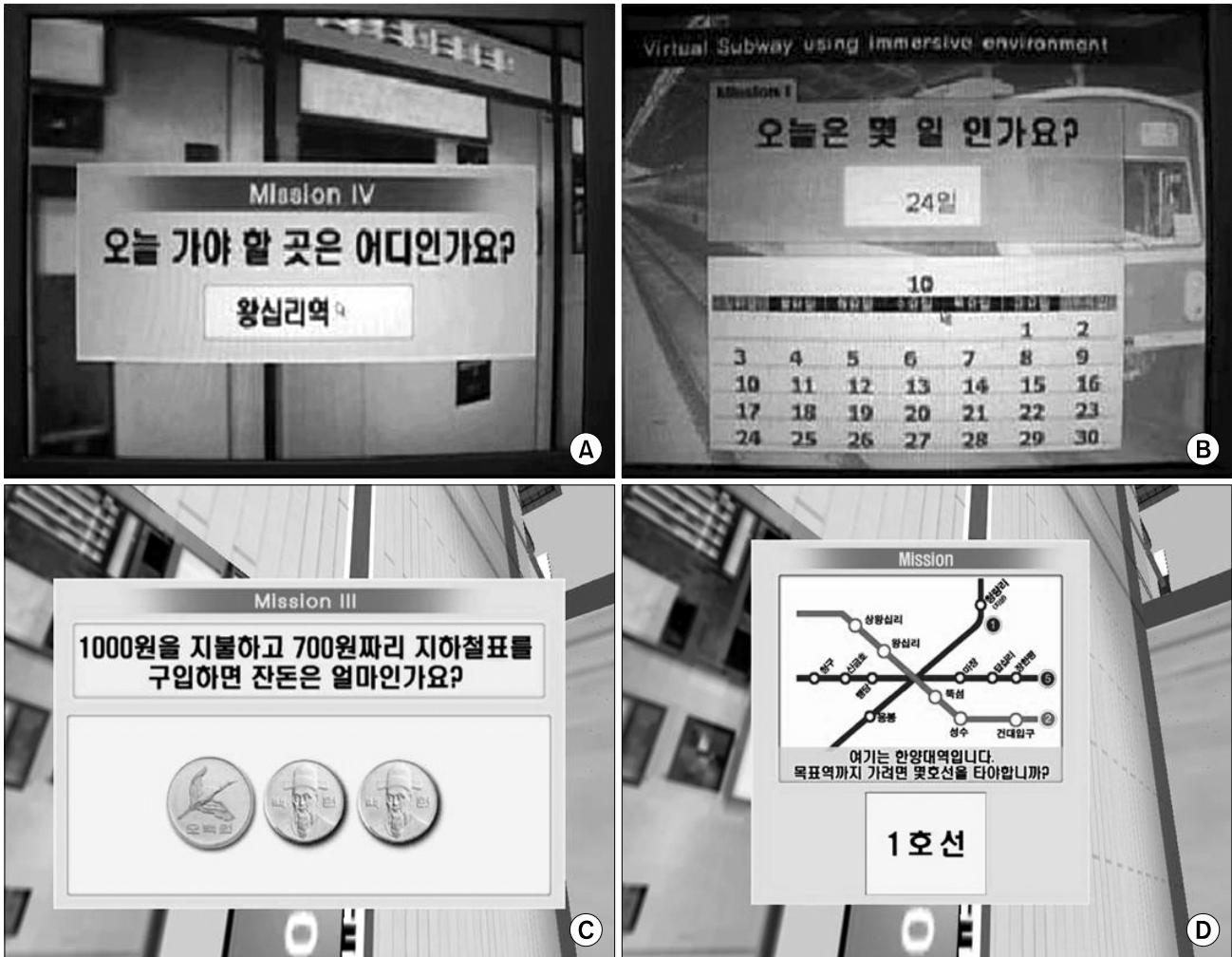


Fig. 1. The figures show some typical missions of virtual reality cognitive function assessment program. Orientation (A), registration (B), calculation (C), visuospatial function (D).

지하철 정류장 이름, 지나온 지하철 정류장 개수, 지갑에 남아 있는 잔돈의 액수와 지하철에 있던 승객의 수를 질문하도록 구성되어 있다. 열네 번째 수행과제는 시공간 능력을 평가하기 위한 것으로 지하철 노선도를 보여주면서 출발 역에서 목표 역까지 가기 위해서 몇 호선을 타고 가야 하는지를 질문하였다. 열다섯 번째 수행과제 역시 시공간 능력을 평가하기 위한 것으로 목표 역까지 가기 위해선 무슨 역에서 갈아 타야 하는지를 질문하였다(Table 2, Fig. 1).

상기 가상 환경을 구현하기 위해 Pentium IV PC, DirectX 3D accelerator VGA card, HMD (Head mounted display, Eye-Track, Olympus Optical Co., LTD., Tokyo, Japan)를 이용하였고, 단순한 환자의 경우 움직임으로 가상환경과의 상호 작용을 가능하도록 HMD 위에 3차원 위치센서(Intetrax2, VRS Tech Inc., New York, USA)를 위치시키고, 마우스 단추를 이용하여 조작하도록 하였다(Fig. 2).

(3) 가상현실 인지기능 평가 프로그램과 간이 정신상태 검사의 비교: 환자군은 인지기능 장애 정도에 따라 제 1군, 2군, 3군으로 구분하여, 대조군과 가상현실 인지기능 평가 프로그램으로 측정된 항목을 비교 분석하였고, 가상현실 인지기능 평가 프로그램을 이용한 결과와 간이 정신상태 검사 결과와의 상관관계를 살펴보았다.

(4) 가상현실 인지기능 평가 프로그램의 신뢰도 평가: 뇌졸중 환자군 35명 중 22명을 무작위로 선정하여 가상현실 인지기능 평가 프로그램을 이용하여 측정 후 적어도 24시간 이후에 다시 한 번 측정해서 서로의 결과를 비교하여 검사-재검사 신뢰도(test-retest reliability)를 구하였다.

통계분석은 SAS 9.1 (SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하여 분석하였다. 각 환자군과 대조군에서 가상현실 인지기능 평가 프로그램으로 측정된 항목을 ANOVA test를 이용하여 비교 분석하였고 각 군 간의 비교는 사후 감정 방법인 Tukey's-b test를 이용하였고, 가상현실 인지기능 평



Fig. 2. The figure shows the setup of hardware of 3-dimensional virtual reality cognitive function assessment program (A). Head-mounted display (arrowhead) and 3-dimensional position sensor (arrow) (B).

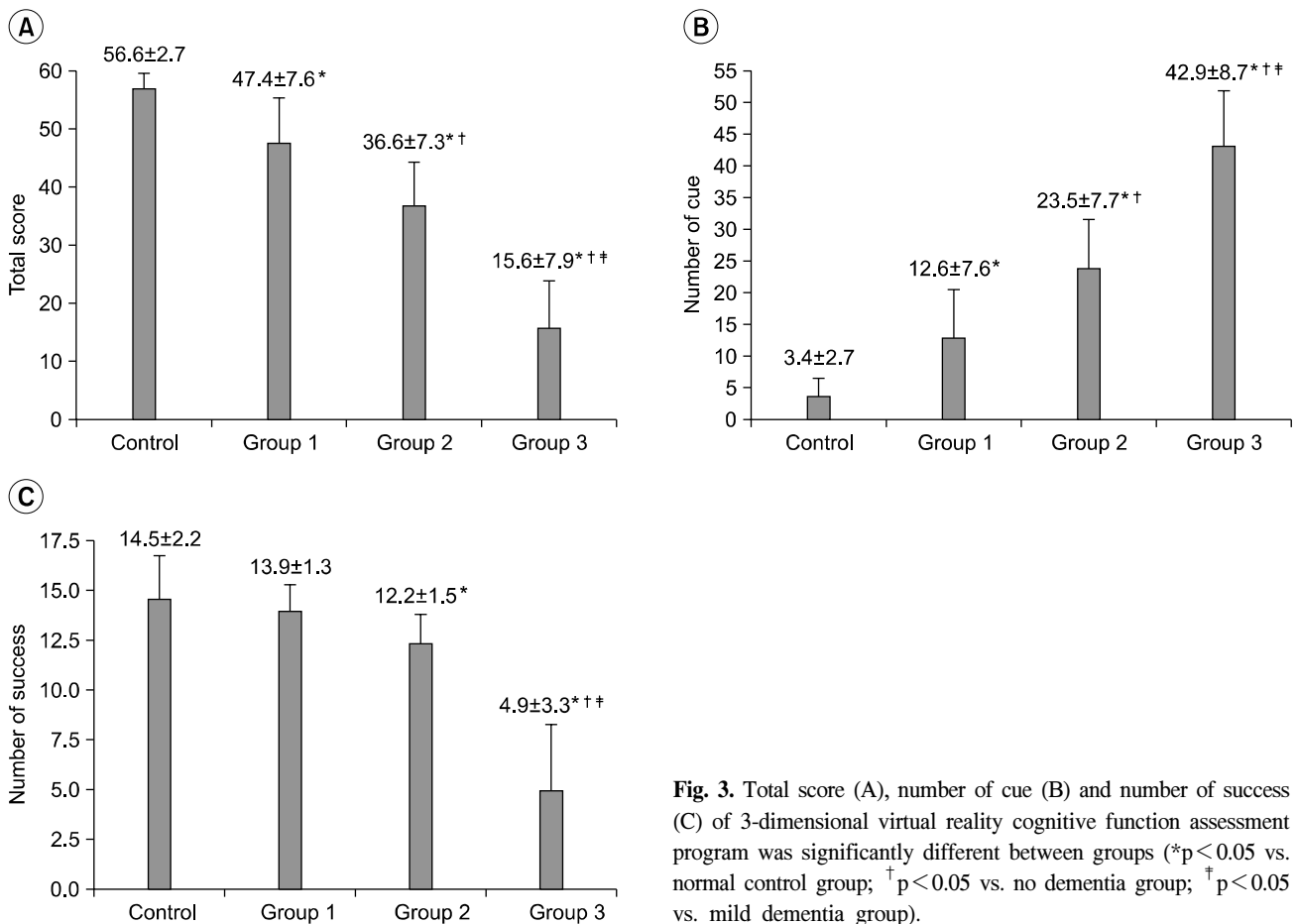


Fig. 3. Total score (A), number of cue (B) and number of success (C) of 3-dimensional virtual reality cognitive function assessment program was significantly different between groups (*p<0.05 vs. normal control group; †p<0.05 vs. no dementia group; ††p<0.05 vs. mild dementia group).

가 프로그램을 이용한 결과와 간이 정신상태 검사 결과와의 상관관계를 분석하기 위하여 Pearson 상관분석을 실시하였다. 가상현실 인지기능 평가 프로그램의 신뢰도 평가를

위해 Spearman상관분석을 실시하였다. p값이 0.05 미만인 것을 통계학적으로 유의한 것으로 정의하였다.

결 과

1) 환자군과 정상 대조군의 가상현실 인지기능 평가 프로그램 결과 비교

가상현실 인지기능 평가 프로그램 총 점수는 정상 대조군에서 평균 56.6점, 제 1 환자군은 평균 47.4점, 제 2 환자군은 평균 36.6점, 제 3 환자군은 평균 35.7점으로 인지장애가 심할수록 통계학적으로 의미 있게 감소하였다($p < 0.05$)(Fig. 3). 총 정답수와 총 단서제공 횟수 또한 총 점수와 마찬가지로 각 군 간에 통계학적 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$)(Fig. 3).

정상 대조군과 제 1 환자군 사이에서는 6가지의 세부항목 중 2가지 항목 즉, 기억회상, 시공간 능력 항목이 통계학적 유의한 차이를 보였고, 정상 대조군과 제 2 환자군 사이에서는 4가지 항목 즉 계산, 기억회상, 판단, 시공간 능력 항목이 통계학적 유의한 차이를 보였고, 정상 대조군과 제 3 환자군 사이에서는 6개 모든 세부 항목에서 통계학적 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 제 1 환자군과 제 2 환자군 사이에서는 기억회상, 판단, 시공간 능력 항목이 통계학적 유의한 차이를 보였고, 제 1 환자군과 제 3 환자군 사이에서는 6개 모든 세부 항목이 통계학적 유의한 차이를 보였고, 제 2 환자군과 제 3 환자군 사이에서는 지남력, 기억등록, 계산, 기억회상 항목이 통계학적 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$)(Table 3).

2) 가상현실 인지기능 평가 프로그램과 간이 정신상태 검사 결과 비교

가상현실 인지기능 평가 프로그램 총 점수는 간이 정신상태 검사 총 점수와 통계학적으로 유의한 상관관계를 보였고($r=0.932, p < 0.01$), 단서제공 횟수 또한 간이 정신상태 검사 총 점수와 통계학적으로 유의한 상관관계를 보였다($r=-0.932, p < 0.01$). 성공횟수 역시 간이 정신상태검사 총 점수와 통계학적으로 유의한 상관관계를 보였다($r=0.797, p < 0.01$)(Fig. 3).

지남력, 기억회상, 판단, 시공간 능력, 기억등록, 계산 세부 항목 모두에서 간이 정신상태 세부 항목과 통계학적 의미있는 상관관계를 보였다(Table 4).

3) 검사-재검사 신뢰도

1차 가상현실 인지기능 평가 결과 총 평균 점수는 39.9점, 총 평균 정답 수는 9.2회로, 총 평균 단서제공 횟수는 24.6회로, 2차 평가 결과 총 평균 점수는 41.8점, 총 평균 정답수는 9.6회, 총 평균 단서제공 횟수는 23.4회로 1차, 2차 평가 간에 통계학적 유의한 차이는 보이지 않았고, 총 점수는 0.92, 총 정답 수는 0.98, 단서제공 횟수는 0.97의 상관계수를 보여 높은 검사자 내 신뢰도를 보였다($p < 0.01$).

Table 3. Comparison of Subscale Parameters from Virtual Reality Programs between Patient Subgroups and Normal Control Group

	Normal control (n=20)	Patient group (n=35)		
		Group 1 (n=14)	Group 2 (n=11)	Group 3 (n=10)
Orientation	11.4±0.9	10.5±1.9	10.4±1.7	3.2±1.7* [†]
Registration	7.2±1.2	5.9±1.5	5.9±0.8	3.2±1.9* [†]
Calculation	11.7±0.7	9.6±3.2	7.6±3.7*	4.5±3.7* [†]
Recall	10.8±1.3	8.4±2.4*	6.4±2.7* [†]	2.2±2.1* [†]
Judgment	7.8±1.1	6.7±1.9	4.6±2.8* [†]	3.4±1.4* [†]
Visuospatial function	7.9±0.7	6.4±2.2*	1.8±1.6* [†]	0.6±1.1* [†]

Values are mean±standard deviation.

p-values were calculated by ANOVA with post-hoc Tukey's-b test * $p < 0.05$ vs. normal control group; [†] $p < 0.05$ vs. group 1; [†] $p < 0.05$ vs. group 2

Table 4. Correlation between MMSE Score and Parameters from Virtual Reality Cognitive Function Assessment Program

	Correlation coefficient	p value
Orientation	0.855	<0.0001
Registration	0.294	0.0307
Calculation	0.713	<0.0001
Recall	0.766	<0.0001
Judgment	0.325	0.0164
Visuospatial function	0.655	<0.0001
Total	0.931	<0.0001

고 찰

본 연구에서는 가상현실 인지기능 평가 프로그램의 총 점수, 단서 제공 횟수 및 정답 수에서 인지기능 정도에 따른 각 군 간의 비교에서도 통계학적으로 유의한 차이를 보이고, 간이 정신상태 검사와 통계학적으로 유의한 높은 상관관계를 보여 가상현실을 이용한 인지기능 평가가 인지기능의 정도를 평가할 수 있음을 알 수 있었다. 이는 가상현실을 이용하여 전체 인지기능을 평가한 기존의 여러 연구와도 같은 결과이다. 대표적인 연구로 강 등¹⁹은 가상 슈퍼마켓을 구현하여 뇌졸중 환자와 정상 대조군을 비교하여 가상현실을 이용하여 인지기능을 평가할 수 있다고 하였고, Parson 등²⁰은 가상 도시를 구현하여 정상 성인을 대상으로 평가 시 기존의 인지기능 검사와 비교하여 높은 상관관계를 보여 효과적으로 인지기능을 평가할 수 있다고 한 바 있다. 그 밖에도 Brooks 등²⁴은 뇌졸중 환자를 대상으로 가상 부엌에서 음식준비 과정에서 기억력을 평가하는 가상현실 프로그램을 이용하여 인지기능을 평가할 수 있음을 보고하였

다. 본 연구는 특히 기존의 연구와 달리 어느 특정 인지기능을 평가하지 않고, 전반적인 인지기능을 평가하였고, 3차원 가상현실을 접목하여 보다 현실감을 반영하였다는데 그 의의가 있다고 생각한다.

또한 본 연구에 이용한 가상현실 인지기능 평가 프로그램은 매우 높은 검사-재검사 신뢰도를 보였는데, 이는 기존의 전통적인 인지기능 평가 도구가 평가자의 숙련도 및 평가 당시의 조건에 따라 자료의 신뢰도가 좌우되는 것과는 달리 가상현실은 언제나 일관된 환경을 제공하고, 평가자의 지시 없이 과제를 수행하며 정량적인 평가가 가능하기 때문으로 생각한다.^{18,25}

본 연구에서 간이 정신상태 검사의 세부항목에서 만점을 획득하여 이상을 보이지 않는 것으로 판단되는 환자 중 지남력 항목은 27.3%, 기억등록 항목은 87.9%, 집중력 항목은 54.0%, 이해 및 판단 항목은 63.0%의 환자에서, 기억 회상 항목에서는 모든 환자에서 가상현실 인지기능 평가 프로그램의 세부 항목에서 만점 미만의 점수를 보여 가상현실을 이용한 인지기능 평가가 간이 정신상태 검사보다 감수성이 높은 것으로 보인다. 이는 가상현실이 단순한 인지 검사와는 달리 복잡한 환경을 제공하고, 이에 따른 보다 많은 인지기능을 요하고, 간이 정신상태 검사와 같은 기존 인지기능 검사가 실제 환경에 접하였을 때 인지 장애를 잘 반영하지 못하기 때문이라고 생각한다.^{19,21,26} 또한 본 연구에서는 대부분의 세부 항목에서 본 가상현실 프로그램과 또한 기억 등록 항목은 타 세부 항목과 마찬가지로 통계학적 의미 있는 상관관계를 보였으나 상관 계수가 상대적으로 낮았는데 이는 상기 기술한 바와 같이 본 가상현실 프로그램이 간이 정신상태 검사보다 감수성이 높고, 이는 간이 정신상태 검사에서는 단순히 물건을 보여준 후 다시 질문하여 기억 등록을 평가하는 방식인 것에 비하여, 본 실험에서 이용된 가상현실을 이용한 평가가 간이 정신상태 검사보다 실생활에서와 같은 복잡한 환경을 제공하였기 때문으로 생각한다.

3차원 가상현실 프로그램을 적용하였을 때 발생할 수 있는 문제로 컴퓨터 병(cyber sickness)이라고 알려져 있는 구역, 구토, 안구진탕, 지남력 장애, 운동실조, 현훈 등이 나타날 수 있는데,²⁵ Regan 등²⁷은 정상인의 경우 20분 간 몰입형 가상현실에 노출되었을 경우 61%에서 약간의 권태감을 느끼는 것으로 보고 한 바 있고, 강 등¹⁹의 연구에서는 일시적으로 9.6%에서 구역, 25.8%에서 지남력 장애 등이 있었다고 보고한 바 있고, Zhang 등¹⁶은 어떤 부작용도 관찰되지 않았다고 보고하여 연구자에 따라 매우 다양한 결과를 보고하고 있다. 본 연구에서는 심각한 부작용을 보인 경우는 없었고, 전체 환자군 중 3명(8.6%)에서 지남력 장애를 호소하여 다른 연구에 비해 상대적으로 낮은 부작용이 관찰되었는데, 이는 Regan 등²⁷이 사실적인 환경을 구현하는 것이 컴퓨터 병을 줄일 수 있다고 보고한 바와 같이 본 연구에서 구현한 가상 지하철 환경이 보다 사실적이었고, 평가하는

데 걸리는 최대 15분 이내로 가상현실에 노출되는 기간이 짧았기 때문이다. 하지만 추후 이를 감소시킬 수 있는 다른 방법에 대한 연구가 필요할 것이다.

본 연구에서는 3차원 가상현실을 구현하였는데, 이는 2차원 프로그램이 집중하기 어렵고 상호 작용하기 어려우며 흥미도가 떨어지는 단점이 있기 때문이었고, 비 몰입형 가상현실(non-immersive VR)을 구현하는 일반적인 컴퓨터 모니터나 스크린을 이용하지 않고 본 연구에서는 HMD를 이용하여 보다 적은 공간 내에서 집중하기 쉽고 피검사자의 머리위치에 관계없이 보다 실제적인 가상 환경을 제공할 수 있었다.²⁸ 그러나 본 연구에서는 프로그램의 대부분 과제를 수행하는 데 있어 간단히 마우스를 조작하여 반응하도록 구성되어 최소한의 운동능력으로도 평가가 가능하였지만 실행하는 환자군과 양쪽 상지 모두 기능저하가 있는 사지마비 환자에서는 검사자가 마우스 조작을 도와야 하는 문제점이 있어, 이로 인한 영향을 배제하기 어려운 점이 있어 추후에는 3차원 위치센서를 부착하여 손의 위치 및 움직임을 인지하거나, 보다 단순한 버튼 형식의 인터페이스 등을 통해 보다 가상현실과 상호작용을 촉진시킬 수 있도록 프로그램의 개발이 필요할 것이다.^{29,30}

본 연구의 제한점으로는 심한 인지장애가 있는 환자의 경우 평가가 어려운 점이다. 본 연구에 참여한 뇌졸중 환자 중 참여가 가능하였던 환자의 최소 간이 정신상태 검사의 총점이 11점이었다. 그 이하의 심한 인지기능 저하가 있는 환자의 경우 본 가상현실 인지 기능 평가 프로그램을 이해하지 못하거나, 잦은 오작동으로 인해 평가가 불가능하였다. 이에 대한 가상현실의 내용 및 기술적인 보완이 필요하다. 그리고 본 연구의 다른 제한점으로는 언어기능에 대한 평가를 시행하지 못한 것으로, 본 연구의 목적이 검사자의 면접 없이 자기 스스로 간단히 평가하는데 중점을 두어 프로그램을 개발하였기 때문으로 추후 보다 상호작용이 가능하고, 언어 기능을 프로그램 자체에서 인지하고 점수화할 수 있는 첨단 기능이 추가된 프로그램의 개발이 필요하리라 생각한다. 본 연구에 비교 인지기능 평가 도구로 이용된 간이 정신상태 검사는 가장 흔히 사용되는 표준화된 검사이나 높은 위 음성률을 보이고 인지기능의 넓은 영역에 관한 정보를 제공하지 못하는 문제점이 있고, 본 연구에 이용된 가상현실 프로그램도 보다 간단히 실생활에서의 인지 장애를 측정하려 하였기 때문에 각각의 세부 항목에 대한 자세한 검사를 시행하지 않아 추후 인지 기능의 세부항목에 대한 자세한 평가를 위해서는 보다 구체적인 추가적 검사들을 진행해야 할 것으로 생각한다.

본 연구에서는 가상현실 프로그램을 이용하여 인지기능 평가를 위한 도구를 개발하고 이에 대한 가능성을 확인하였으며 추후 다양한 일상생활 상의 수행과제를 추가하고, 가상현실에 대한 부작용을 최소화하는 가상현실 인지 평가 프로그램을 개발하고 이를 바탕으로 인지기능 향상을 위한

훈련도구로서의 유용성에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

결 론

본 연구에서는 가상 지하철 환경을 구현한 가상현실 인지 기능 평가 프로그램을 개발하여, 뇌졸중 후 인지기능을 정량적으로 평가 가능한지 알아보고자 하였다. 가상현실프로그램의 총 점수, 총 정답 수 및 단서제공 횟수는 간이 정신상태 검사 점수와 강한 상관관계를 보이고, 인지 기능 정도에 따른 각 군 간의 비교에서도 통계학적으로 유의한 차이를 보였고, 매우 높은 검사-재검사 신뢰도를 보여 가상현실을 이용한 인지기능 평가 프로그램은 뇌졸중 환자의 인지기능을 정량적으로 평가하는데 이용할 수 있는 가능성을 확인하였다.

참 고 문 헌

- 1) Rasquin SM, Lodder J, Ponds RW, Winkens I, Jolles J, Verhey FR. Cognitive functioning after stroke: a one-year follow-up study. *Dement Geriatr Cogn Disord* 2004; 18: 138-144
- 2) Levin HS. A guide to clinical neuropsychological testing. *Arch Neurol* 1994; 51: 854-859
- 3) Nabors NA, Millis SR, Rosenthal M. Use of the neurobehavioral cognitive status examination (cognistat) in traumatic brain injury. *J Head Trauma Rehabil* 1997; 12: 79-84
- 4) Posner MI. Orienting of attention. *Q J Exp Psychol* 1980; 32: 3-25
- 5) Smith-Knapp K, Corrigan JD, Arnett JA. Predicting functional independence from neuropsychological tests following traumatic brain injury. *Brain Inj* 1996; 10: 651-661
- 6) Diamond PT, Felsenthal G, Macciochi SN, Butler DH, Lally-Cassady D. Effect of cognitive impairment on rehabilitation outcome. *Am J Phys Med Rehabil* 1996; 75: 40-43
- 7) David W. Wechsler memory scale-revised manual, 1st ed, San Antonio: Hacourt Brace Jovanovich, 1987
- 8) Collingwood LM, Harrell EH. Performance of psychotic and substance abuse patients with or without head injury on the Halstead-Reitan Battery. *Appl Neuropsychol* 1999; 6: 88-95
- 9) Kang YW, Na DL, Hahn SH. A validity study on the Korean mini-mental state examination (K-MMSE) in dementia patients. *Korean J Neurology* 1997; 15: 300-308
- 10) Hannay HJ, Levin HS, Grossman RG. Impaired recognition memory after head injury. *Cortex* 1979; 15: 269-283
- 11) Morris JC, Mohs RC, Rogers H, Fillenbaum G, Heyman A. Consortium to establish a registry for Alzheimer's disease (CERAD) clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease. *Psychopharmacol Bull* 1988; 24: 641-652
- 12) Wechsler D. A standardized scale of clinical use. *J Psychol* 1945; 19: 87-95
- 13) Vuilleumier P, Valenza N, Mayer E, Reverdin A, Landis T. Near and far visual space in unilateral neglect. *Ann Neurol* 1998; 43: 406-410
- 14) Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 1975; 12: 189-198
- 15) Nelson A, Fogel BS, Faust D. Bedside cognitive screening instruments. A critical assessment. *J Nerv Ment Dis* 1986; 174: 73-83
- 16) Zhang L, Abreu BC, Masel B, Scheibel RS, Christiansen CH, Huddleston N, Ottenbacher KJ. Virtual reality in the assessment of selected cognitive function after brain injury. *Am J Phys Med Rehabil* 2001; 80: 597-604; quiz 5
- 17) Gourlay D, Lun KC, Lee YN, Tay J. Virtual reality for relearning daily living skills. *Int J Med Inform* 2000; 60: 255-261
- 18) Rose FD, Brooks BM, Rizzo AA. Virtual reality in brain damage rehabilitation: review. *Cyberpsychol Behav* 2005; 8: 241-262; discussion 63-71
- 19) Kang YJ, Ku J, Han K, Kim SI, Yu TW, Lee JH, Park CI. Development and clinical trial of virtual reality-based cognitive assessment in people with stroke: preliminary study. *Cyberpsychol Behav* 2008; 11: 329-339
- 20) Parsons TD, Silva TM, Pair J, Rizzo AA. Virtual environment for assessment of neurocognitive functioning: virtual reality cognitive performance assessment test. *Stud Health Technol Inform* 2008; 132: 351-356
- 21) Pugnetti L, Mendozzi L, Motta A, Cattaneo A, Barbieri E, Brancotti A. Evaluation and retraining of adults' cognitive impairment: which role for virtual reality technology. *Comput Biol Med* 1995; 25: 213-227
- 22) Zec RF. Neuropsychological functioning in Alzheimer's disease. In: Parks RW, Zec RF, Wilson RS, editors. *Neuropsychology of Alzheimer's disease and other dementia*, 1st ed, New York: Oxford University Press, 1993, 3-80
- 23) Lee JH, Ku J, Cho W, Hahn WY, Kim IY, Lee SM, Kang Y, Kim DY, Yu T, Wiederhold BK. A virtual reality system for the assessment and rehabilitation of the activities of daily living. *Cyberpsychol Behav* 2003; 6: 383-388
- 24) Brooks BM, Rose FD, Potter J, Jayawardena S, Morling A. Assessing stroke patients' prospective memory using virtual reality. *Brain Inj* 2004; 18: 391-401
- 25) Rizzo AA, Buckwalter JG, Neumann U. The status of virtual reality for the cognitive rehabilitation of persons with neurologic disorders and acquired brain injury: a brief review of the future. *J Head Trauma Rehabil* 1997; 39: 22-33
- 26) Farias ST, Harrell E, Neumann C, Houtz A. The relationship between neuropsychological performance and daily functioning in individuals with Alzheimer's disease: ecological validity of neuropsychological tests. *Arch Clin Neuropsychol* 2003; 18: 655-672
- 27) Regan EC, Price KR. The frequency of occurrence and severity

- of side-effects of immersion virtual reality. *Aviat Space Environ Med* 1994; 65: 527-530
- 28) Kim MY, Chun SI, Park ES, Lee JJ, Kim J. A trial of diagnostic program using a computer for unilateral visual neglect. *J Korean Acad Rehab Med* 2001; 25: 39-50
- 29) Kim DY, Lee JH, Park CI, Kim YW, Chang WH, Kim IY, Kim SI, Chon J, Chang HJ. Assessment of post-stroke unilateral neglect using 3-dimensional virtual reality program. *J Korean Acad Rehabil Med* 2005; 29: 1-8
- 30) Tegner R, Levander M. The influence of stimulus properties on visual neglect. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1991; 54: 882-887
-