

---

# 경도인지장애환자의 가상환경 내 길찾기 학습능력과 시공간 기능에 관한 연구

## Navigation Learning Ability and Visuospatial Functioning of Mild Cognitive Impairment Patients in Virtual Environments

박수미, Su-mi Park\*, 이장한, Jang-Han Lee\*\*  
중앙대학교 심리학과

---

**요약** 본 연구는 경도인지장애(MCI) 환자의 가상환경(VE)내 길찾기 학습능력을 측정하였으며, 전통 신경심리검사를 이용하여 길찾기 능력을 구성하는 인지기능에 대해 조사하였다. 피험자는 정상노인집단(N=27)과 MCI 환자집단(N=22)으로 구성되었다. 피험자는 간이정신집단검사, 시각 기억력을 측정하는 Rey Complex Figure Test(RCFT), 시각적 보존력을 측정하는 Benton Visual Retention(BVRT), 주의력을 측정하는 Trail-Making Test(TMT; A형과 B형), 성인용 웨슬러 지능검사의 하위검사인 숫자외우기(바로/거꾸로), 및 집행기능 및 기억력을 측정하는 2차원공간에서의 미로학습검사 Groton Maze Learning Test(GMLT) (12회기)를 마친 후, 가상현실(VE) 내 길찾기과제(6회기)를 수행하였다. 그 결과, VE 길찾기 과제에 대하여 유의미한 집단효과가 나타났다. 즉, MCI집단의 길찾기 수행이 정상노인집단의 길찾기 수행보다 떨어지는 결과가 발견되었다. 집단과 회기간 상호작용 및 유의미한 회기효과는 나타나지 않았다. GMLT에서는 유의미한 상호작용, 집단효과, 및 회기효과가 나타나지 않았다. 신경심리검사에서는 RCFT와 BVRT에서 유의미한 집단간 차이가 발견되었다. 또한, VE과제는 RCFT, BVRT, 그리고 GMLT와 상관이 있었으며, 이를 기반으로한 회기분석 실시 결과 RCFT와 BVRT는 가상환경 내 길찾기 행동에 대한 45%의 설명력을 지니고 있었다. 결론적으로, 본 연구결과는 MCI환자의 길찾기 능력이 정상인에 비하여 떨어지며, MCI환자의 시공간기억기능 결함으로 이와 같은 길찾기 능력저하를 설명할 수 있음을 함의한다.

**Abstract** This study investigated the navigation ability of patients with MCI in Virtual Environments(VE) and on the visual functioning. The participants consisted of elderly adults with/without MCI. Neuropsychological tests(RCFT, BVRT, TMT, and Digit Span), the Groton Maze Learning Test(12trials), and the VE navigation learning task(6 trials) were performed. As a result, there were significant group differences for the RCFT and BVRT, but not for the GMLT. For the VE task, there was a significant difference between the MCI and normal group and no interactions between the groups and trials were found. The VE task was correlated with The RCFT, the BVRT, and the GMLT and omnibus the RCFT and the BVRT accounted for 45% of VE performances. Thus, we concluded that patients with MCI are inferior to VE navigation and visual retention/memory play a role in navigation abilities.

**핵심어:** 경도인지장애; 노인성 질환; 길찾기; 시공간 기능; 가상환경

---

이 연구는 2006년도 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행되었음(KRF-2006-332-H00021)

\*주저자 : 중앙대학교 심리학과 임상심리학 석사 재학

\*\*교신저자 : 중앙대학교 심리학과 조교수; e-mail: [clipsy@cau.ac.kr](mailto:clipsy@cau.ac.kr)

## 1. 서론

경도인지장애(Mild Cognitive Impairment; MCI)는 치매 전단계의 노인성 질환으로, 경도인지장애 발병 이후 환자는 치매로 발전하거나, 다시 정상수준으로 회복되기도 한다. 하지만, MCI는 상대적으로 새로운 개념이기 때문에 이에 대한 확실한 진단 및 평가기준에 대해서는 논쟁이 진행 중이다. 따라서 MCI에 관한 풍부한 경험적 연구가 필요한 실정이다.

현재 MCI의 진단준거[2]에 따르면, 환자들은 기억력 감퇴와 같은 인지결함을 나타내지만 치매의 수준은 아니며, 일상 활동을 수행할 수 있는 능력을 지니고 있다고 한다. 하지만 주요 일상 활동 중 하나인 길찾기 행동의 경우 복잡한 인지기능(기억, 집행, 및 시공간 기능 등)을 요구하기 때문에, 치매와 같은 중증인지장애환자 뿐만 아니라 MCI환자 역시 길찾기 행동에 어려움을 보일 수 있다는 가능성을 제기할 수 있다.

Cammalleri와 동료들[3]의 연구에 의하면, 중증 치매환자 10중 9명은 시각적 기억력, 집행기능, 그리고 시공간/주의력 기능의 저하로 인해 자신에게 친숙한 환경에서도 길을 헤매는 행동을 보인다고 한다. 또한, 중증 인지장애 환자뿐만 아니라 MCI 환자들 역시, 시공간기능 및 주의력 결함을 가지기 때문에, 전화 받기 등의 일상생활 수행에 어려움을 나타낼 수 있음이 발견되었다[4]. MCI환자의 시각적 기억력이 정상인에 비해 떨어진다는 연구결과도 보고되었다[5]. 위와 같은 경도인지장애환자의 인지기능결함은 길찾기 행동을 방해할 수 있다.

따라서 본 연구는 MCI환자가 정상노인보다 길찾기 행동을 수행함에 있어 어려움을 보일 것이라는 가설을 세웠다. 길찾기 과제 수행에 있어, 기존의 2차원 과제의 단점을 보완하며 3차원의 실제세계를 반영하기 위하여, 본 연구는 가상환경(Virtual Environments; VE) 내 길찾기 과제를 이용하였다. 또한, 본 연구는 여러 전통 신경심리검사의 수행을 통해 길찾기 능력을 구성하는 인지기능을 조사하는 동시에, VE 길찾기 과제의 타당성을 확인하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 피험자

본 연구는 캐나다 토론토의 S센터에서 모집한 49명의 노인(평균 연령 = 70.66, 표준 편차 = 7.55)을 대상으로 실험을 진행하였으며, 전문가가 실시한 Morris(1993) [6]의 임상치매척도(Clinical Dementia Rating; CDR)에 근거하여 CDR 점수가 0.5(c.f. 치매의 CDR=1)인 22명은 MCI집단으로 분류하였다. 그 결과, 간이정신진단검사 점수(Mini Mental State Examination; 이하 MMSE), CDR 점수, 및 교육기간에서 유

의미한 집단효과가 발견되었으며, 연령에서는 집단 간 유의미한 차이가 발견되지 않았다. 아래의 표 1은 MCI집단과 정상노인집단의 인구통계학적 변인을 보여준다.

표1. MCI집단과 정상인 집단의 인구통계학적 변인 비교

	MCI집단 (n=22)		정상노인 (n=27)		t
	M	SD	M	SD	
연령	72.14	7.62	69.46	7.41	1.26
CDR	0.5	-	0	-	-
교육기간	13.64	3.96	16.65	3.51	-2.80*
DRS	135.95	5.67	140.27	3.14	-3.12*
MMSE	27.77	1.54	28.58	0.95	-2.13*

\*p<0.05

본 실험에서 피험자일부-특히 MCI 집단-가 컴퓨터 조작의 문제와 가상환경 노출에 의한 멀미 등으로 인해 중도 탈락하여, VE과제를 수행한 최종 참가인원은 32명(MCI집단=9, 통제집단=23)이었다. 이에 따라 탈락한 피험자들과 과제를 끝까지 수행한 피험자들의 인구통계학적 변인을 비교해 보았다. 그 결과, 탈락한 피험자들의 교육기간이 남은 피험자들의 교육기간보다 유의미하게 떨어짐을 확인하였다( $t(32)=-2.087, p<0.05$ ).

### 2.2. VE 길찾기 학습과제



그림 1, VE 길찾기 과제에 사용된 환경에 대한 지도

본 실험은 피험자에게 Mraz의 연구[7]에서 사용된 가상환경을 제시했다(그림 1). VE과제를 위해 사용된 도구는 두부교시장치, 조이스틱, 6-자유도 트래커, 그리고 프로젝션 스크린이다. 피험자는 가상환경 속에서 사물에 부딪히지 않으며, 정해진 길을 가도록 지시받았다. 과제는 경로 A에 대한 3회

기, 경로 B에 대한 1회기, 그리고 경로 A에 대한 단기 지연 회기(5분)와 장기지연회기(20분)로 이루어졌다(VE 지수 = (총 움직인 거리-잘못된 회전 횟수\*잘못된 회전 1회당 움직인 거리)/총 수행 시간).

### 2.3. Groton Maze Learning Test(GMLT)

GMLT[8]는 시공간정보 및 집행기능을 이용하여 2차원 미로를 학습하는 컴퓨터기반 신경심리검사로, 과제의 목표는 10X10의 미로 속에서 숨겨진 깃발을 찾아내는 데에 있다. 본 연구에서 피험자는 기저선시행과 연습시행을 거친 후, 10번의 학습회기와 10분 후의 지연회기, 및 역방향회기를 수행하였다 (GMLT 지수 = (총 움직인 횟수-총 오류 횟수)/회기 완성 시간).

### 2.4. 전통 신경심리검사

다음의 전통 신경심리검사들이 전문가에 의해 실시되었다 : Mini Mental State Exam(MMSE), 시각기억 검사인 Rey Complex Figure Test (RCFT) [9], 도형 기억 검사인 Benton Visual Retention(BVRT) [10], 주의력 검사인 Trail-Making Test(A형과 B형) [11], 및 성인용 웨슬러 지능검사의 하위검사인 숫자외우기(바로와 거꾸로) [12].

### 2.5. 절차

인구통계학적 변인을 조사한 후, 각 피험자로부터 S&W 윤리 위원회 강령에 부합하는 동의서를 승인받았다. 과제의 진행 순서는 다음과 같다 : (1) MMSE; (2) 신경심리 검사 (RCFT, BVRT, TMT, 그리고 바뀐 쓰기 검사); (3) GMLT(연습시행, 회기 1-10, 지연, 그리고 역방향 회기); (4) VE 길 찾기 학습 과제(경로 A: 1-3회기, 경로 B, 단기 지연회기, 장기 지연회기); (5) 가상환경 시뮬레이션 멀미 설문지(SSQ) [13].

### 2.6. 자료분석

본 연구는 모든 통계자료 분석을 위해 SPSS 13.0 for Windows를 이용하였다.

## 3. 결과

### 3.1. VE 길찾기 학습과제

VE 과제에서 나타난 MCI집단과 정상노인집단의 길찾기 수행능력을 비교하기 위하여, 2X5 반복측정 공변량분석

(repeated measures ANCOVAs)을 실시하였으며, 교육기간이 공변량으로 설정하였다. 회기(경로 A: 1-3회기, 단기 지연 회기, 및 장기 지연회기)는 집단 내 변인으로, MCI 혹은 정상노인집단은 집단 간 변인으로 측정하였다. 두 집단이 비슷한 수행을 보인 경로 B는 지나치게 어려운 것으로 사료되어 분석에서 제외하였다. 1)

그 결과, VE과제에 대한 유의미한 집단효과가 발견되었다 ( $F(1,18)=8.83, p<0.01$ ) (그림2). 이 결과는 MCI집단이 정상인 집단보다 떨어지는 VE 길찾기 수행을 보였음을 의미한다. 집단과 회기간 상호작용은 유의미하게 나타나지 않았으며, 회기효과 역시 유의미하지 않았다(n.s.).

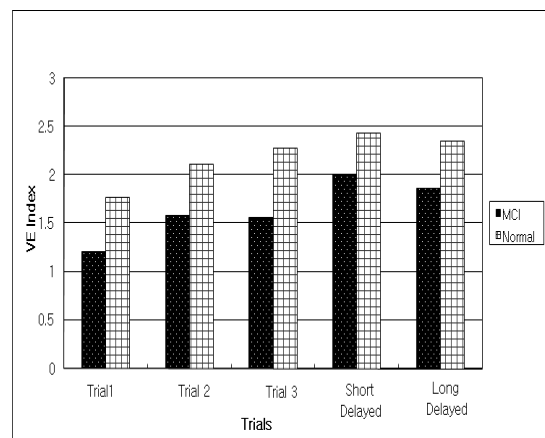


그림 2. MCI집단과 정상인 집단의 VE 길찾기 과제 수행 비교

### 3.2. GMLT

GMLT에서 나타난 MCI집단과 정상노인집단의 수행을 비교하기 위하여 2X12 반복측정 공변량분석을 실시하였다. 집단은 집단 간 변인으로, 회기는 집단 내 변인으로, 그리고 교육기간은 공변량으로 설정하였다.

그 결과, 회기, 집단, 그리고 집단과 회기의 상호작용 모두에서 유의미한 결과가 나오지 않았다(n.s.) (그림3).

### 3.3. 전통 신경심리검사

1) 초기의 분석에서는 경로 B수행을 포함하여 2X6 반복측정 공변량분석을 실시하였다. 그 결과, VE 과제에 대한 집단과 회기간 유의미한 상호작용이 나타났다( $F(1,18)= 9.68, p<0.05$ ). 집단 및 회기에 대한 주 효과는 나타나지 않았다. 하지만, 이 상호작용은 집단 간 차이가 발견된 다른 회기들과는 달리 유독 집단 간 차이가 나지 않았던 경로 B에 기인한 것이라 사료되며(Path B상의 평균수행; MCI집단 = 1.45 (± 0.42), 정상노인집단 = 1.56 (± 0.36)), 상호작용이 전반적인 VE과제 수행을 나타낸다고 볼 수 없기 때문에 이후의 분석에서는 경로 B에 대한 수행을 제외하였다.

전통 신경심리검사에서 나타난 MCI집단과 정상노인 집단의 수행을 비교하기 위하여 다변량 공분산분석(MANOVA)를 실시하였다. 교육기간이 공변량으로 설정되었다.

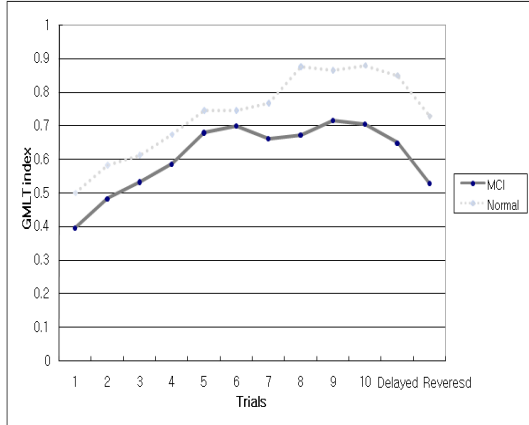


그림 3. MCI집단과 정상인 집단의 GMLT 수행 비교

그 결과, 단기 및 지연회상 RCFT와 BVRT에서 두 집단의 유의미한 차이가 나타났다( $F(1, 46) = 10.91, p < 0.01$ ;  $F(1, 46) = 4.85, p < 0.05$ ;  $F(1,46) = 4.31, p < 0.05$ ). 즉, MCI환자 집단이 정상노인집단에 비하여 RCFT와 BVRT에서 낮은 점수를 획득하였다. 다른 신경심리검사 및 신경심리검사와 모두에 대한 유의미한 집단효과는 발견되지 않았다(n.s.) (표2).

표2. 전통 신경심리검사에 대한 두 집단의 평균 및 표준편차

	MCI집단		정상노인집단		F
	M	SD	M	SD	
RCFT 모방 그리기	32.69	4.43	34.27	2.14	.984
RCFT 단기회상	11.21	6.24	18.96	5.89	10.912**
RCFT 장기회상	6.34	18.42	18.50	5.31	4.854*
BVRT	22.73	4.39	24.12	4.23	4.322*
TMT A	41.19	11.41	38.85	2.43	.448
TMT B	117.38	58.4	98.69	29.43	2.933
숫자우기(바로)	8.86	1.98	8.96	1.69	1.270
숫자외우기(거꾸로)	7.14	2.10	7.12	2.22	2.612

\* $p < 0.05$

\*\* $p < 0.01$

### 3.4. VE 길찾기 과제와 신경심리검사와의 관계

Pearson 상관분석을 통해 VE 길찾기 과제와 신경심리검사간의 관계를 분석하였다. VE 길찾기 과제의 학습효과를 배제하기 위하여, 경로 A의 1회기와 신경심리검사의 상관분석을 실시하였다. 분석에는 MCI 및 정상노인 두 집단 모

두 포함시켰다.

우선, 전통신경심리검사에서는 단기 및 지연 RCFT와 BVRT가 VE 길찾기 과제와 상관관계를 갖고 있는 것으로 나타났다( $r = 0.50, p < 0.05$ ;  $r = 0.46, p < 0.05$ ;  $r = 0.56, p < 0.05$ ). GMLT 역시 VE와 많은 부분에서 상관을 이루고 있었다 (표3).

표3. VE과제와 GMLT의 상관관계

	VE 과제					
	1회기	2회기	3회기	경로 B	단기지연	장기지연
1회기	.16	.27	.55**	.50*	.48*	.38
2회기	.39*	.33	.56**	.54*	.62**	.65**
3회기	.44*	.44*	.58**	.54*	.66**	.74**
G 4회기	.49**	.40*	.54**	.52*	.52*	.58*
M 5회기	.57**	.45*	.56**	.54*	.60**	.66**
L 6회기	.54**	.45*	.55**	.51*	.51*	.61**
T 7회기	.50**	.43*	.55**	.50*	.56*	.59*
8회기	.51**	.47**	.54**	.45*	.54*	.60**
9회기	.54**	.50**	.57**	.45*	.60**	.65**
10회기	.39*	.33	.33	.32	.39	.45
지연	.56**	.51**	.47**	.35	.60**	.69**
역방향	.55**	.50**	.57**	.17	.50*	.60**

\* $p < 0.05$

\*\* $p < 0.01$

두의 상관관계를 기반으로 회기분석을 실시하였다. 여러 시행의 반복으로 인한 연습효과로 인해 GMLT는 회기분석에서 제외시켰다. 그 결과, RCFT 단기 및 장기회상과 BVRT는 VE과제에 대한 45%의 설명력을 지니고 있었다 ( $F(3,45) = 7.44, p < 0.05$ ).

표4. 신경심리검사와 VE과제의 회기분석

	Beta	t
RCFT 단기회상	.444	1.309
RCFR 장기회상	-.097	-.284
BVRT	.479	3.179*

\* $p < 0.05$

\*\* $p < 0.01$

#### 4. 논의

본 연구는 실제적인 3차원의 세계를 구현하는 가상환경을 이용하여 MCI환자의 길찾기 능력 저하를 측정하고자 하였으며, 신경심리학적 기능과 길찾기 능력의 관계를 탐색적으로 살펴보았다.

본 연구의 결과에 의하면, 첫째, MCI집단은 정상노인집단에 비하여 VE 길찾기 학습의 저하를 보였으며, 단기 및 지연회상 RCFT와 BVRT에서 정상노인의 수준에 못 미치는 수행을 보였다. 하지만 2차원 미로학습과제인 GMLT 수행에서는 MCI집단과 정상노인 집단의 유의미한 차이가 발견되지 않았다. 둘째, VE과제 수행은 시각기억을 측정하는 단기 및 지연RCFT, 시각보존력을 측정하는 BVRT, 시각주의 및 집행기능을 측정하는 GMLT와 상관이 있었다.

흥미롭게도, VE과제와 GMLT가 상관관계를 갖고 있음에도 불구하고, MCI환자들이 VE과제에서는 정상노인에 비해 떨어지는 수행을 보인 반면, GMLT에서는 통계적으로 유의한 수행의 차이를 보이지 않은 점을 발견할 수 있다. 이는 VE과제가 GMLT보다 MCI환자의 길찾기를 측정하는 데에 더 민감한 도구로 작용한 점을 함의한다. 또한, 3차원적 가상현실세계를 이용하여 기존의 2차원적 길찾기 측정을 보완하고자 했던 본 연구의 시도가 성공하였음을 시사한다고 볼 수 있다. Arther와 동료들의 연구가 이를 지지해주는데, 이들은 가상환경 안에서 이용하는 공간지식이 실제 세계의 길찾기를 잘 반영한다고 주장하였다[14]. 따라서, 이를 종합해 볼 때에 MCI환자들은 가상환경에서뿐만 아니라 실제 세계에서 길찾기 행동에 어려움 겪어, 원활한 일상생활 영위에 방해받을 수 있을 것이다.

다음으로, VE과제와 상관이 있었던 신경심리학적 검사인 단기 RCFT, 장기 RCFT, 그리고 BVRT가 가상환경에서의 길찾기 행동을 얼마나 설명하는지 알아보기 위하여 회귀분석을 실시하였다. 그 결과, 세 연구는 VE과제에 대한 45%의 설명력을 지니고 있었다. GMLT는 학습효과로 인해 회귀분석에서 제외되었지만, 이 역시 VE과제와 상관을 가지고 있었다. RCFT, BVRT, 그리고 GMLT는 모두 시각적 기능을 측정함에 있어 공통점을 지닌다. 따라서, 시각기억, 보유, 집행등의 시각적 기능이 길찾기에 주요한 역할을 한다는 점을 알 수 있다.

본 연구는 컴퓨터기반 가상환경 및 신경심리검사를 통하여 MCI환자의 길찾기 능력을 측정하였다. 하지만, 인지적 특징에만 초점을 맞추었기 때문에, 길찾기 행동에 영향을 미칠 수 있는 또 다른 변인 신체움직임 기능 및 과정은 연구 초점에서 제외하였다는 한계점을 지닌다.

또한, 피험자의 손실이 많았기 때문에, 충분한 표본수를 확보하지 못하였는데, 이 점에 대하여 과제가 어려웠기 때문이

라고 고려해 볼 수 있다. 우선, 피험자 집단 모두가 컴퓨터에 익숙하지 않은 노인을 대상으로 한 것이었기에, 컴퓨터 과제에 대한 조작미숙 및 부적응 현상이 나타났다. 둘째, 노인들은 건강할지라도 젊은이들에 비하여 새로운 환경에 적응하고, 기억하는 것에 어려움을 겪는다고 한다[15]. 특히, 본 연구에서의 VE과제의 경로 B는 이전에 학습했던 방향이 아닌 곳에서 새롭게 학습을 할 것을 요구하기 때문에, MCI환자뿐만이 아닌 정상노인들도 과제 수행에 어려움을 겪은 것으로 보인다. 이러한 단점을 극복하기 위해서, 미래의 연구는 모든 세대가 보다 쉽게 사용할 수 있는 과제를 개발하여야 할 것이다. 하지만, 컴퓨터에 비교적 익숙한 세대가 고려되는 시점을 고려해 본다면, 컴퓨터 기반 가상환경 이용 과제는 미래지향적인 연구가 될 수 있다.

한편, 본 실험에 참가한 MCI환자가 정상노인보다 교육수준이 낮았으며, 흥미롭게도 이러한 교육연령이 과제탈락여부에 영향을 미쳤기 때문에, MCI환자가 정상노인보다 과제에서 더욱 탈락된 것을 볼 수 있었다. 이 점은 본 연구의 한계점인 동시에, 인지기능의 손실로 이어지는 낮은 교육수준의 개인들의 현실적인 문제를 반영하기도 한다. 이 점은 교육수준이 낮을수록 알츠하이머와 같은 인지기능장애의 발병률이 높아진다는 선행연구의 결과와 맥락을 같이 한다[16].

결론적으로, 본 연구는 MCI환자가 정상인에 비하여 길찾기 행동에 어려움을 보이며, 시공간기억기능 결함이 이와 같은 길찾기 능력저하를 설명할 수 있음을 시사한다. 본 연구에 더불어, 미래에는 VE 길찾기 과제를 이용한 인지기능장애 환자의 보다 효율적인 진단, 예방 및 훈련에 대한 경험적 연구가 이루어져야 할 것이다.

#### 5. 참고문헌

- [1] Petersen, R. C., Smith, G. E., Ivnik, R. J., Tangalos, E. G., Schaid, D. J., Thibodeau, S. N., Kokmen, E., Waring, S. C., & Kurland, L. T. (1995). Apolipoprotein E status as a predictor of the development of Alzheimer's disease in memory-impaired individuals. *Journal of the American Medical Association, 273*, 1274-1278.
- [2] Winblad, B., Palmer, K., & Kivipelto, M. (2004). Mild cognitive impairment: beyond controversies, towards a consensus: Report of the international working group on mild cognitive impairment. *Journal of Internal Medicine, 256*, 240-246.

- [3] Cammalleri, R., Gangitano, M., D' Amelio, M., Raieli, V., Raimondo, D., & Camarda, R. (1996). Transient topographical amnesia and cingulate cortex damage: a case report. *Neuropsychologia*, *34*, 321-326.
- [4] Ritchie, K., Artero, S., & Touchon, J. (2001). Classification criteria for mild cognitive impairment: a population-based validation study. *Neurology*, *56*, 37-42.
- [5] Kasai, M., Meguro, K., Hashimoto, R., Ishizaki, J., Yamadori, A., & Mori, E. (2006). Non-verbal learning is impaired in very mild Alzheimer's disease (CDR 0.5): Normative data from the learning version of the Rey-Osterrieth Complex Figure Test. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, *60*, 139-146
- [6] Morris, J. C. (1993). The Clinical Dementia Rating (CDR): Current version and scoring rules. *Neurology*, *43*, 2412-2414.
- [7] Mraz, R., Hong, J., Quintin, G., Staines, W. R., McIlroy, W. E., Zakzanis, K. K., & Graham, S. J. (2003). A platform for combining virtual reality experiments with functional magnetic resonance imaging. *CyberPsychology & Behavior*, *6*(4), 359-368.
- [8] Milner, B. (1969). Residual intellectual and memory deficits after head injury. In A. E. Walker, W. F. Caveness, & M. Critchley (Eds.), *The Late Effects of Head Injury*. Springfield, IL: CC Thomas.
- [9] Spreen, O., & Strauss, E. A. (1998). *Compendium of Neuropsychological Tests* (2nd ed.). New York: Oxford University.
- [10] Benton, A. L. (1963). *The Revised Visual Retention Test*. Iowa City: State University of Iowa.
- [11] Reitan, R. M. (1958). Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage. *Perceptual and Motor Skills*, *8*, 271-276.
- [12] Wechsler, D. (1981). *Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised Manual*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- [13] Kennedy, R., Lane, N., Berbaum, K., & Lilienthal, M. A. (1993). Simulator Sickness Questionnaire (SSQ): A new method for quantifying simulator sickness. *International Journal of Aviation Psychology*, *3*(3), 203-220.
- [14] Arthur, E. J., Hancock, P.A., & Chrysler, S. T. (1997). The perception of spatial layout in real and virtual worlds. *Ergonomics*, *40*, 69-77.
- [15] Kirasic, K. C., Allen, G. L., & Haggerty, D. (1992). Age-related differences in adults' macrospatial cognitive processes. *Experimental Aging Research*, *18*(1), 33-39.
- [16] Evans, D. A., Hebert, L. E., Beckett, L. A., Scherr, P.A., Albert, M.S., Chown, M. J., Pilgrim, D. M., & Taylor, J. O. (1997). Education and other measures of socioeconomic status and risk of incident Alzheimer disease in a defined population of older persons. *Archives of Neurology*, *54*, 1399-1405.