

온라인 기반 인지 지능 검사(Cognitive Intelligence Test)의 유효성 평가

김준우¹ · 김상엽² · 이솔빈¹ · 구민모² · 남기춘^{3*}

¹고려대학교 심리학과 박사과정

²고려대학교 심리학과 강사

^{3*}고려대학교 심리학과 교수

An Online-based Cognitive Intelligence Test and its Validation

Joonwoo Kim¹ · Sangyub Kim² · Solbin Lee¹ · Min-Mo Koo² · Kichun Nam^{3*}

¹Ph.D course, Department of Psychology, Korea University, Seoul, Korea

²Instructor, School of Psychology, Korea University, Seoul, Korea

^{3*}Professor, School of Psychology, Korea University, Seoul, Korea

[요약]

본 연구는 인지신경과학의 이론과 측정 기술, 인공지능 예측 시스템을 이용하여 인지기능 프로파일을 제공하는 온라인 기반 인지 지능 검사 프로그램(CIT; Cognitive Intelligence Test)을 소개하고, 실제 상황에 적용 가능한지를 평가한 결과를 제시한다. 해당 프로그램은 작업기억, 주의, 운동 통제, 문제해결, 의사결정의 능력을 온라인으로 측정하는 기술을 통하여 전반적인 기능에서 특화된 기능까지 사용자 맞춤형 뇌 기능 검사를 실시한다. 본 프로그램의 유효성을 검증하기 위하여, 연령별 운전자, 게이머 및 비게이머 집단을 대상으로 한 두 실험을 통하여 인지 능력을 측정 및 비교하였다. 연구 결과, 두 실험 모두에서 연령에 따른 인지 기능 저하를 보여주어 인지 노화를 적절하게 측정할 수 있었다. 이러한 결과는 해당 인지 지능 검사가 연구 현장과 응용 시스템에서 폭넓은 실제 사용자를 대상으로 유용하게 사용될 수 있음을 보여준다.

[Abstract]

The purpose of the current study was to introduce the online-based Cognitive Intelligence Test (CIT) developed on the basis of the theory and measurement of cognitive neuroscience, and to evaluate whether it is applicable to real-world situation. The online-based CIT provides personalized measurement on five main cognitive abilities: working memory, attention, motor control, problem solving, and decision making. Two experiments were carried out to measure and compare cognitive abilities of gamers versus non-gamers and drivers with various age groups, respectively. The results showed that the CIT could examine decline in cognitive abilities by age (i.e., cognitive aging) in both experiments. In conclusion, the current study suggests that the online-based CIT is useful for research field and for constructing the application system related with human cognition.

색인어 : 온라인 기반 서비스, 인지 지능 검사, 인지신경과학, 디지털 멘탈 헬스케어, 인지 노화

Keyword : Online-based service, Cognitive Intelligence Test, Cognitive neuroscience, Digital mental health care, Cognitive aging

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2022.23.4.725>



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.

Received 09 February 2022; **Revised** 08 March 2022

Accepted 06 April 2022

***Corresponding Author; Kichun Nam**

Tel: +82-2-3290-2548

E-mail: kichun@korea.ac.kr

I. 서론

일련의 검사도구들을 이용해서 행동을 검사하여 뇌기능 장애를 평가하는 신경심리평가는 치매뿐만 아니라 뇌기능 장애를 가진 모든 질환에 유용하게 활용되고 있다. 뇌와 행동의 관계를 이해하고 임상 정보를 제공하는 신경심리평가는 객관적인 인지기능의 측정치로 중요한 역할을 해오고 있다[1]. 다만 신경심리평가는 면대면 방식으로 임상 전문가가 실시하고 해석을 하여야 한다는 제약이 존재한다.

국내 고령 인구가 2018년 전체 인구의 14%, 2026년 20%를 넘어서는 초고령사회로 접어들면서 노인들의 기대수명 증가로 고령임에도 직업 활동이 요구되고 이에 따른 인지기능의 유지 필요성 대두되고 있다. 또한 고령 인구 뿐 아니라 예비 노령층이라고 할 수 있는 장년층도 노화로 인한 인지기능 감퇴에 대한 불안과 자신의 인지기능 상태에 대한 관심 증대되고 있는 상황이다. 또한 보건복지부는 2019년에 건강의 유지·증진과 질병의 사전예방·악화 방지를 목적으로 위대한 생활습관을 개선하고 올바른 건강관리를 유도하기 위해 비의료 건강관리서비스 개념을 도입하였는데, 이용자와 제공자간 대면 서비스, 앱(App)을 활용한 비대면 서비스 및 앱의 자동화된 알고리즘에 기반한 서비스가 비의료 건강관리서비스에 포함된다.

이러한 인구분포와 국가정책의 변화에 발맞춰 피검자사 인터넷이나 앱을 통해서 자신의 인지기능을 검사하고 관리할 수 있는 전산화된 검사 프로그램의 개발이 필요하다. 특히 코로나19로 인한 팬데믹 상황에서 이러한 비대면 검사 프로그램의 개발이 시급히 요구된다. 또한 일반인들은 인지기능 측정을 위해 병원을 방문하는데 있어 심리적 저항감(외부에 알리기 꺼림, 진단 결과의 두려움 등)이 높기 때문에 일반인들이 쉽게 접근할 수 있는 도구들(웹 및 모바일)을 사용하여 인지기능을 진단·평가할 수 있는 전산화된 인지검사의 개발이 필요하다.

일반적으로 신경심리검사의 경우 표준화 연구를 통해서 규준(norm)을 만들어서 검사의 결과를 해석한다. 하지만 전산화된 검사의 경우 표준화된 규준이 없는 경우가 많고, 일부 규준이 존재하는 경우에도 특정한 연령 집단(아동)에 한정되어 있다. 전산화된 인지검사는 반복 검사에서의 차이 또는 실험집단과 통제집단 간 인지기능의 차이를 비교하는데 효과적이다.

본 연구에서는 이용자가 온라인상에서 기억, 주의, 문제해결 및 운동통제 등의 대표적인 인지기능을 주기적으로 측정하고, 인지기능의 상태 변화를 추적·관리할 수 있는 전산화된 프로그램인 인지 지능 검사(cognitive intelligence test)를 개발하고, 게이머 집단과 고령 운전자 집단을 대상으로 프로그램의 유효성을 확인하였다.

II. 관련 프로그램 현황

2-1 국내 인지 프로그램 현황

국내에서는 현재 인지 관련 연구가 주목을 받는 단계에 들어온 상황이다. ㈜아이젠텍 및 서울대학교 의과대학 연구진은 한국형 치매 선별 검사 도구(Desko; Dementia screening tool for Korean) 제작 및 프로그램화를 진행하였으며[2] 한림대학교 연구진은 치매를 정상노화 과정과 구분하기 위한 진단 평가도구(CARDS; Cognitive Assessment and Reference Diagnosis System)을 개발하였다[3]. 그 외에도 아주대학교에서는 노인 인지 기능 건강 증진 관리 지침을 구축하는 등[4] 다양한 인지 기능 관련 연구 및 프로그램들이 국내에서 진행되고 있는 상황이다[5]. 이러한 국내 인지 프로그램들은 주로 노년층의 치매나 뇌에서 발생하는 질환을 진단 및 예측하는 것을 목표로 하고 있다.

2-2 국외 인지 프로그램 현황

해외에서도 다양한 인지 프로그램들이 개발되어 시중에서 활용되고 있다. 미국, 일본에서는 다양한 연령층을 대상으로 한 IT 기반 인지 훈련 소프트웨어를 제공 및 판매하고 있다. 특히 미국의 경우, IT와 인지 기술을 접목한 Brain Fitness Software의 시장이 형성되어 있으며, Nintendo에서는 PC 기반의 인지 능력 검사 체계와 더불어 두뇌 활성화 프로그램을 게임 형식으로 제공하고 있다[5].

III. 프로그램 구성

3-1 온라인 기반 인지 기능 검사 프로그램 개요

본 프로그램은 웹 포털[6](그림 1)을 활용하여 인지 기능을 온라인으로 측정하고, 주기적인 뇌 기능의 상태 변화를 추적·관리할 수 있는 종합인지기능검사 서비스를 제공한다. 이를 위해 감각 및 지각, 학습 및 기억, 주의, 추론 및 문제 해결, 운동 협응 능력을 포함한 핵심 인지 기능 영역을 설정, 신뢰도 높은 측정 도구를 활용한다.

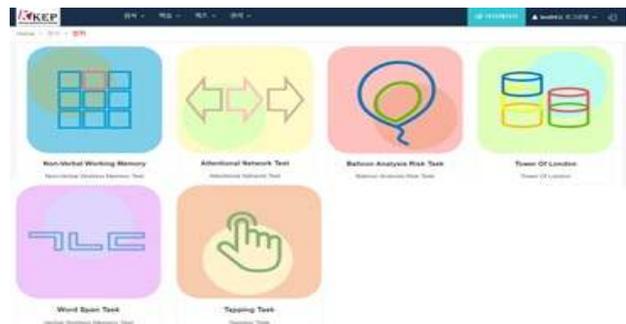


그림 1. 온라인 기반 인지 기능 검사 프로그램의 메인 화면
Fig. 1. The main page of the Online-based Cognitive Intelligence Test

기존 국내외 인지 프로그램들은 숫자 연산, 추론, 도형 맞추기 등 직접적인 방법을 온라인 플랫폼에 탑재하여 인지 검사를 개발한 반면, 본 프로그램은 실험 및 인지심리학에 입각하여 인간의 정보 처리 과정을 반영한 인지 기능 실험 과제들을 기반으로 사용자들의 인지 기능을 측정하는 과제를 개발하였다. 이용자는 지정된 URL을 통하여 홈페이지에 접속할 수 있으며 배당된 계정으로 로그인할 수 있으며, 이후 인지 기능 검사 탭을 클릭하여 온라인 인지 검사에 접근할 수 있다.

3-2 온라인 기반 인지 기능 검사 프로그램 구성

온라인 기반 인지 기능 검사는 상기한 바와 같이 핵심 인지 기능과 관련된 5개 하위 영역에 대한 신뢰도 높은 측정을 위하여 다음과 같은 검사 도구를 활용하였다. 측정치의 예시를 표 1에 제시하였다.

1) Spatial Span Task (SST)

공간기억 검사(SST; spatial span task)는 임상 및 발달 분야에서 공간 작업기억(spatial working memory)을 연구하기 위하여 사용되는 검사로, 작업기억 폭(working memory span)은 지능 및 학습 능력과 상관이 높은 것으로 알려져 있다[7]. 본 프로그램은 [8]에 기반하여 검사를 구성 및 개발하였다. 검사가 시작되면 화면에 4x4 배열의 정사각형 판이 제시되며, 무작위 위치에 빨간 불이 순차적으로 들어온다. 이용자는 빨간 불이 들어온 위치를 기억했다가 마우스로 불이 들어온 순서대로 정사각형을 클릭하여 반응한다.

2) Attentional Network Test (ANT)

주의력 검사(ANT; Attentional Network Test)는 인간의 주의 능력을 구성하는 3개의 주의망을 측정하는 과제이다 [9]. 경계주의(alertness)는 경계 상태에 돌입하거나 유지하는 기능으로, 매우 짧은 시간동안 제시되는 자극에 대한 반응 시간을 통해 측정된다. 정향주의(orientation)는 감각 입력으로부터 정보를 선택하는 기능으로, 특정 공간에 주의를 집중하는 능력을 이른다. 집행기능(executive function)은 목표 자극과 갈등하는 방해 자극을 억제 및 통제하는 능력을 이른다. 주의력 검사는 단서 관련 조건의 경우 단서 없음, 중복 단서, 공간 단서, 중앙 단서 4가지로 이루어져 있으며, 목표 자극 관련 조건은 일치 조건과 불일치 조건, 중립 조건으로 구성되었다. 단서 없음 조건은 화면 상에서 별표 모양의 단서가 제시되지 않는 조건이며, 중복 단서 조건은 화면의 상단과 하단에 별표 모양 단서가 동시에 제시되는 상황이다. 공간 단서 조건에서는 화면의 상단과 하단 중, 한 쪽에만 단서가 제공되며 중앙 단서는 화면 가운데에 단서가 나타나는 상황에 해당한다. 목표 자극 조건 중, 불일치 조건은 화면에 제시된 5개의 화살표 중에 가운데 화살표가 홀로 다른 방향을 가리키는 조건에 해당하며 일치 조건은 모든 화살표가 동일한 방향을 가리키는 상황이다. 마지막으로 중립 조건은 가운데에는 화살표

가 제시되지만 화살표 양 옆에는 수평선 막대가 나타나는 조건이다. 이용자는 가운데 화살표의 방향에 주목하여 해당 화살표가 가리키는 방향과 동일한 방향키를 누르도록 하였다.

3) Tower of Lodon test (TOL)

런던타워 계획 검사(TOL; Tower of London Task)는 계획과 관련된 인지적 집행 기능을 평가하는 검사로, 임상 및 신경심리 분야에서 주로 활용된다[10], [11]. 보다 상세하게는 문제 해결(problem solving), 작업 기억(working memory), 인지적 유연성(mental flexibility) 등을 조사할 수 있다. 화면 아래의 블록들을 조작하여 위에 제시되는 그림과 같은 모양으로 만드는 과제이다. 블록의 맨 위만 움직일 수 있으며, 총 3개의 탑은 각기 다른 높이 제한을 가진다. 이용자는 총 12개의 시행을 수행하게 되며, 각 시행별로 문제 해결 시간, 전체 블록 이동 횟수, 실패한 이동 횟수 등이 기록된다.

표 1. 인지과제 5종의 측정치 예시

Table 1. Sample data for 5 cognitive tasks

Task		statistics	
		M	SD
SST	Memory Span	3.92	1.74
	Accuracy	57.33	20.75
	Mean RT	1123.67	625.47
ANT	Alertness	2.89	9.56
	Orientation	5.62	15.66
	Executive Function	20.61	25.40
TOL	Number of Error trials	1.85	1.48
	Preplanning Time	5242.75	2465.61
	Disk Moving Time	17859.73	12322.43
	Solving Time	23102.58	14037.05
FTT	Number of Left Finger Clicks	199.05	50.72
	Number of Right Finger Clicks	234.49	40.93
	Mean RT of Left Finger Clicks	180.31	39.09
	Mean RT of Right Finger Clicks	234.49	21.34
	Variance of Left Finger Clicks	1580.30	1684.91
	Variance of Right Finger Clicks	1039.29	2037.97
BART	Total Click	168.03	47.33
	Mean Click on Successful Trial	5.47	1.54
	Mean Click	5.59	1.58
	Success Rate	79.47	11.37
	Total Score	175.26	38.38

Notes. M = mean; SD = standard deviation

4) Finger Tapping Test (FTT)

손가락 운동 검사(FTT; Finger Tapping Test)는 운동 기능을 측정하는 신경심리검사[12]로, 구체적으로는 신경근육체계의 통합성과 운동 통제(motor control) 능력을 평가할 수 있다. 이용자는 제한된 시간 안에 오른손 혹은 왼손으로 지정된 반응 키를 최대한 빠르게 연타하도록 지시받았다.

5) Balloon Analogue Risk Task (BART)

Balloon Analogue Risk Task (BART)는 잠재적 위험-이익의 균형을 조절하는 이론적 틀을 통해서 실제 세계의 위험 행동을 모사하기 위해 개발된 검사[13]로, 전략적 사고와 행동 억제 및 통제 능력을 측정한다. 기존 문헌에서는 중독성, 건강 및 안전 위험 행동에 대한 자기 보고 검사와 유의한 상관관이 보고된 바 있으며, 따라서 위험 감행 행동 측정 도구로 유용하다. 해당 검사에서 빨강, 파랑, 노랑 3가지 색상의 풍선이 제시되었으며 각 색깔 별로 풍선을 부풀릴 수 있는 클릭 횟수가 다르게 설정되었다. 이용자들은 각 색상 별 풍선을 터뜨리지 않고 최대한 그 크기를 키워서 가장 높은 점수를 기록할 수 있도록 과제를 수행하였다.

IV. 실험 및 평가

본 연구에서는 온라인 인지 검사의 유효성을 검증하기 위하여 2개의 실험을 진행하였다. 첫 번째 실험은 게임 경험 유무가 인지 기능에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보는 실험이었으며 지원자들에게 사전 설문을 시행하여 게임 경험 유무를 조사하고 이에 따라 집단을 게이머 집단과 비게이머 집단으로 구분하였다. 이후에 각 집단에게 온라인 인지 과제 5종류(SST, ANT, BART, TOL, FTT)를 수행하도록 하였다. 과제에서 수집 및 산출된 측정치에 대해 독립 표본 t 검정을 시행하여 두 집단 간의 인지 기능 차이를 검증하였다.

두 번째 실험은 연령별 운전자들의 인지 기능을 비교하기 위하여 진행되었으며 실제 운전을 하는 청년층 집단과 고령층 집단을 모집하여 각 집단에게 첫 번째 실험과 마찬가지로 온라인 인지과제 5종을 수행하도록 하였다. 운전자의 연령과 인지 기능 간 관계를 조사하기 위하여, 피어슨 상관 분석을 실시하였다.

두 실험 연구를 기획한 이유는 다음과 같다. 게임 사용자 대상 연구의 경우, 게임이 사용자의 인지 기능, 특히 주의 통제력의 향상과 높은 상관관계를 보인다는 연구 결과가 다수 보고된 바 있다[14][15][16]. 하지만 해당 선행 연구들은 온라인 인지 검사가 아닌 자체 실험 프로그램을 통하여 구현한 인지 검사 과제를 활용하였기에 접근성이 다소 떨어진다는 한계점이 있다. 따라서, 온라인 플랫폼에 탑재된 인지 기능 검사 도구들이 실제 실험용 인지 측정 검사와 동일한 효과를 낼 수 있는지 검증할 필요가 있었다.

아울러, 운전자들을 대상으로 실험을 진행한 연구는 다음과

같다. 현행 도로 교통법 상, 만 75세의 고령 운전자들은 운전 면허 갱신 기간 내에 지정된 운전 면허 관리 시험장으로 내방하여 인지 기능 검사와 교육을 들어야 하도록 규정되어 있다 [17]. 그러나 이러한 일련의 절차들은 해당 시험장을 방문해야 한다는 불편함이 있으며 수시 검사의 경우 시일 소요가 크다는 한계가 존재한다. 이에 따라 고령 운전자들의 면허 관리 체계에 보완이 필요하다는 국회 현안 분석 결과가 보고된 바 있다[17]. 이러한 이유로 고령층이 간편하게 접근할 수 있는 온라인 인지 검사의 효용성 검증이 진행하게 되었다.

4-1 적용 사례 1: 게임이 이용자에게 미치는 인지적 영향

1) 측정 대상 모집 및 구성

게이머와 비 게이머 간의 인지 기능 차이를 알아보기 위하여 각 참여자들에게 SST, ANT, BART, TOL, FTT 총 5개의 과제를 수행하도록 하였다. 총 81명의 참여자가 지원하였으며 청년층에 해당하는 인원이 60명이었으며 중장년층에 해당하는 인원이 21명이었다. 게임 경험 유무는 실험 참여 모집 당시 사전 설문을 진행하여 최근 6개월 동안 게임 이용 경험이 없으면 비게이머 집단으로, 게임 이용 경험이 있으면 게이머 집단으로 분류하였다. 청년층의 경우, 이러한 조건에 따라 게이머 40명, 비게이머 20명으로 분류되었으며 중장년층의 경우에는 게이머 12명, 비게이머 9명으로 분류되었다. 각 참여자들은 모집 공고를 보고 지원하였으며, 지정된 연구실로 내방하여 연구 참여 동의서를 작성하였다. 이후, 칸막이로 분리된 내부 공간에 설치된 컴퓨터에 앉아서 SST, ANT, BART, TOL, FTT 순으로 온라인 인지 과제를 수행하였다.

2) 측정 방법

SST 과제 SST 과제에서는 참가자들의 최고 작업 기억 폭을 조사하여 가장 많이 기억할 수 있는 용량이 어느 정도인지를 측정하였다.

ANT 과제 ANT 과제에서 통하여 참가자들의 반응 시간과 정확도를 기록하였으며 이 반응 시간과 정확도를 기반으로 경계주의, 정향주의, 집행주의 세 기능에 대한 점수를 산출하였다. 경계주의는 단서 없음 조건의 반응 시간에서 중복 단서 조건의 반응 시간을 빼는 방식으로 계산하였으며 정향주의는 중앙 단서 조건의 반응 시간에서 공간 단서 조건의 반응 시간을 빼서 계산하였다. 마지막으로 집행주의는 불일치 조건의 반응 시간에서 일치 조건의 반응 시간을 빼는 방식으로 산출하였다.

TOL 과제 TOL 과제에서는 참가자들의 문제 해결 소요 시간과 전체 블록 이동 수, 실패한 이동 횟수를 기록하였으며 소요 시간에 따라 점수가 차등 부과되었으며 소요 시간에 따른 점수에서 실패한 이동 횟수를 차감하여 최종적으로 문제 해결 능력 점수를 산출하였다.

FTT 과제 FTT 과제에서는 참가자들의 마우스 클릭 수를 기록하여 제한 시간 내에서 발생한 참가자들의 최고 클릭 기록을 수집하였다.

BART 과제 BART 과제에서는 참여자들의 전체 클릭 수, 성공 평균 클릭 수를 수집하였으며 성공 평균 클릭 수를 기준으로 독립 표본 t 검정을 시행하였다.

3) 게이머 집단과 비게이머 집단의 인지 과제 수행 결과

실험 결과는 표 2에 제시되어 있다. FTT 과제에서 게이머 집단이 비게이머 집단에 비해 유의하게 높은 클릭 수를 기록하였다[t(79)=2.985, $p < .05$]. BART 과제에서는 게이머 집단이 비게이머 집단에 비해 다소 높은 모험 지향적인 성향을 보이는 것으로 나타났다($p=0.086$) 그러나 SST, ANT, TOL,에서는 두 집단 간의 유의한 차이가 나타나지는 않았다.

4) 게이머 집단 내, 연령별 인지 과제 수행 결과

게이머 집단 내에서 연령에 따라 청년층과 중장년층을 구분하였으며 청년층은 총 40명이 분석에 포함되었으며, 중장년층은 12명이 분석대상에 포함되었다(표 3). 분석 결과, ANT의 경계주의(Alertness)에서 중장년 집단이 청년 집단에 비해 유의하게 높은 점수를 보여주었다[t(50)=-2.356, $p < .05$]. BART 과제에서도 중장년 집단이 청년 집단에 비해 높은 점수를 보고하였다[t(50)=-2.123, $p < .05$]. 반면, ANT의 정향주의(Orientation), 집행주의(Executive function), TOL, FTT 과제에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

각 인지 기능 간의 이변량 상관 분석을 시행한 결과(표 4), ANT 과제 내에서 정향주의와 경계주의 간에 유의한 상관 관계가 보고되었으며[r=0.259, $p < .05$], FTT 과제 수행과 정향주의 간의 상관 관계 역시 유의한 것으로 나타났다[r=0.243, $p < .05$].

표 2. 게이머 및 비게이머 집단의 인지 과제 수행 결과

Table 2. Descriptive statistics and statistical analyses on the performance of cognitive tests of gamers and non-gamers

Task	Gamer (N=52)	Non-Gamer (N=29)	statistics	
	M (SD)	M (SD)	t	
SST	6.48 (0.88)	6.14 (1.04)	1.572	
ANT	Alertness	18.94 (17.16)	14.31 (19.22)	1.116
	Orientation	35.12 (28.07)	32.62 (31.36)	0.368
	Executive Function	86.69 (24.81)	84.24 (20.37)	0.435
TOL	69.58 (25.07)	71.66 (17.44)	-0.396	
FTT	67.33 (6.91)	62.05 (7.07)	3.271*	
BART	41.28 (13.03)	35.81 (14.53)	1.739	

Notes. M = mean; SD = standard deviation; t = t-statistic (two-tailed); * = $p < .05$

표 3. 게이머 집단 내, 청년층과 중장년층의 인지 기능 차이

Table 3. Descriptive statistics and comparisons on the cognitive abilities of young and elder gamers

Task	Young (N=40)	Elder (N=12)	statistics	
	M (SD)	M (SD)	t	
SST	6.6 (0.9)	6.08 (0.7)	1.824	
ANT	Alertness	28.75 (13.55)	16 (17.17)	-2.356*
	Orientation	32.58 (28.08)	35.88 (28.38)	0.353
	Executive Function	89.5 (24.78)	85.73 (25.06)	-0.459
TOL	71.63 (5.75)	67.3 (7.38)	-0.723	
FTT	67.46 (5.35)	67.3 (7.38)	-0.07	
BART	48.06 (12.66)	39.25 (12.59)	-2.123*	

Notes. M = mean; SD = standard deviation; t = t-statistic (two-tailed); * = $p < .05$

표 4. 게이머의 인지 기능 간 상관관계

Table 4. Coefficient Correlation between cognitive functions of gamers

		Coefficient Correlation					
		SST	AL	OR	EF	TOL	FTT
ANT	AL	-.14					
	OR	.21	.26*				
	EF	-.21	-.03	-.18			
TOL		.17	.11	.03	.09		
FTT		.18	.24*	.16	-.01	-.02	
BART		.01	.09	.001	-.15	.18	.07

Notes. AL = Alertness; OR = Orientation; EF = Executive Function * = $p < .05$

4-2 적용 사례 2: 운전자의 연령이 인지 기능에 미치는 영향

1) 측정 대상 모집 및 구성

고령 운전자와 일반 운전자 간의 인지 기능 차이를 알아보기 위하여 각 참여자들에게 SST, ANT, BART, TOL, FTT 총 5개의 과제를 수행하도록 하였다. 총 40명의 참여자가 지원하였으며 60대 이상의 고령 운전자군에 해당하는 인원이 30명(평균 63.8 ± 7.16세)이었고 2-30대의 일반 운전자군에 해당하는 인원이 10명(평균 28.5 ± 2.68세)이었다. 각 참여자들은 SST, ANT, BART, TOL, FTT 순으로 온라인 인지 과제를 수행하였다. 연령에 따른 인지 능력의 변화를 조사하기 위하여 피어슨 상관 분석(Pearson correlation analysis)을 실시하였다.

적용 사례 1은 게임의 이용 여부에 따라 집단 간 인지 기능의 변화에 대한 인과 관계 분석이 주요 목적이었기에 독립 t 검정을 통한 직접 비교를 진행한 반면, 적용 사례 2의 경우 연령별 운전자들의 다양한 인지 기능 간의 상관 및 네트워크를 탐색적으로 조사하는 것이 주요 목표였기에 상관 분석을 통하여 각 인지 기능 간의 상관 관계를 탐구하였다.

2) 측정 방법

SST 과제 SST 과제의 수행은 기억폭, 정확도와 평균 반응 시간을 통하여 측정되었다.

ANT 과제 ANT 과제의 수행은 경계주의(alertness), 정향주의(orientation), 집행기능(executive function)을 통하여 측정되었다.

TOL 과제 TOL 과제의 수행은 오류 시행 수(number of error trials), 계획 시간(preplanning time), 수행 시간(disk moving time)과 해결 시간(solving time)을 통하여 측정되었다.

FTT 과제 FTT 과제의 수행은 양손 검지로 마우스 버튼을 클릭한 수(number of left/right clicks), 평균 반응시간(mean reaction time of left/right clicks), 반응시간의 분산(variance of left/right clicks)으로 측정되었다.

BART 과제 BART 과제의 수행은 마우스 버튼을 클릭한 수의 총합(total clicks), 성공한 시행에서의 평균 클릭 수(mean click on successful trial), 모든 시행에서의 평균 클릭 수(mean click), 성공률(success rate), 점수 총합(total score)으로 측정되었다.

적용 사례 1에서 한 단계 더 나아가서 적용 사례 2의 연구에서는 추가 종속 변수들을 수집하였다. SST에서는 정확도와 평균 반응 시간, TOL에서는 오류 시행 수 및 계획 시간을 추가로 측정하였으며, FTT에서는 오른손과 왼손에 대한 각 클릭수와 평균 반응 시간, BART에서는 전체 시행에서의 평균 클릭 수와 성공률을 추가로 기록하였다. 각 과제별로 추가 종속 변수들을 측정한 이유는 적용 사례 1의 경우, 게임 이용 상황은 화면 상에서 나타나는 자극에 대한 적합 반응을 산출 하되, 시간 제약이 다소 덜하다는 특징이 있지만, 적용 사례 2의 운전 상황은 도로 상황, 차량 간 거리, 주행 속도 등 다양한 변수를 종합적으로 계산하여 적절한 반응을 최대한 정확하고 빠르게 산출해내야 하는 특성을 지녔기 때문이다. 이에 따라, 세부 변수들을 추가로 기록하여 운전자들의 인지 기능 특성을 심층적으로 알아보고자 하였다.

3) 연령과 인지 과제 수행 간 상관 분석 결과

운전자의 연령과 SST 과제 수행 간 상관 분석 결과는 표 5에 제시되어 있으며, 연령이 증가할수록 작업기억 능력의 저하가 나타났다. ANT 분석에서는 유의미한 관련성을 보인 지표가 나타나지 않았다. 연령과 BART 지표 간 상관 분석 결과, 연령이 증가할수록 억제 및 통제 수준과 위험 감수(risk taking) 성향이 낮아지는 것으로 나타났다. TOL 과제의 경우, 연령이 증가에 따른 문제 해결 능력의 저하를 확인하였다.

FTT 과제의 경우, 연령 증가에 따라 운동 능력의 저하가 나타남을 확인하였다.

4) 인지 기능 간 상관 분석 결과

각 인지 기능 간 상관 관계를 비교하기 위하여 운전자와 비 운전자의 인지 기능 측정치에 대한 이변량 상관 분석을 실시하였다(표 6).

표 5. 운전자의 연령과 각 인지 과제 수행 간의 Pearson 상관 분석 결과

Table 5. Pearson correlation analyses on the age and the performance of cognitive tests of young and elder drivers

Task		statistics	
		Pearson's <i>r</i>	N
SST	Memory Span	-.712*	39
	Accuracy	-.578*	39
	Mean RT	.680*	39
ANT	Alertness	-	39
	Orientation	-	39
	Executive Function	-	39
TOL	Number of Error trials	.204	38
	Preplanning Time	.591*	38
	Disk Moving Time	.691*	38
	Solving Time	.711*	38
FTT	Number of Left Finger Clicks	-.614*	40
	Number of Right Finger Clicks	-.565*	40
	Mean RT of Left Finger Clicks	0.098	40
	Mean RT of Right Finger Clicks	0.263	40
	Variance of Left Finger Clicks	.329*	40
	Variance of Right Finger Clicks	0.135	40
BART	Total Click	-.606*	38
	Mean Click on Successful Trial	-.603*	38
	Mean Click	-.609*	38
	Success Rate	.314	38
	Total Score	-.365*	38

Notes. RT = Reaction time;
 Pearson's *r* = Pearson Correlation Coefficient;
 * = *p* < .05
 N = number of observations

표 6. 운전자의 인지 기능 간 상관관계

Table 6. Coefficient Correlation between cognitive functions of drivers

Coefficient Correlation							
		SST	AL	OR	EF	TOL	FTT
ANT	AL	0.06					
	OR	-0.01	0.47*				
	EF	-0.39*	0.25	0.33*			
TOL		0.45*	-0.23	0.09	-0.34*		
FTT		0.62*	-0.03	-0.22	-0.48*	0.53*	
BART		0.59*	0.17	0.15	-0.24	0.45*	0.5*

Notes. AL = Alertness; OR = Orientation; EF = Executive Function
* = $p < .05$

적용 사례 1과 마찬가지로 SST 과제의 경우 기억폭을, ANT 과제는 세 가지 세부 측정치인 경계주의, 정향주의, 집행기능을, TOL 과제는 문제 해결 능력 점수, FTT 과제는 총 클릭 수, BART 과제는 성공 평균 클릭 수를 종속 변인으로 하여 피어슨 상관 분석을 실시하였다.

그 결과, 기억폭과 집행기능 간 부적 상관[$r = -0.393, p < .05$]이 발견되었으며, 기억폭과 문제 해결 능력[$r = 0.446, p < .05$], FTT 과제 수행[$r = 0.622, p < .05$], BART 과제 수행[$r = 0.587, p < .05$] 간 정적 상관이 보고되었다. 또한, ANT 과제 내에서 정향주의와 경계주의 간 유의한 정적 상관[$r = 0.471, p < .05$]이 발견되었으며, ANT 과제의 정향 주의는 문제 해결 능력[$r = -0.342, p < .05$], FTT 과제 수행[$r = -0.482, p < .05$]과 유의한 부적 상관을 보였다. 문제 해결 능력은 FTT 과제 수행[$r = 0.531, p < .05$], BART 과제 수행 능력[$r = 0.446, p < .05$]과 정적 상관을 보였다. 마지막으로 FTT 과제와 BART 과제 수행 간 유의한 정적 상관[$r = 0.496, p < .05$]이 발견되었다.

5) 연령과 인지 과제 수행 간 관계의 함의점

운전자의 연령이 증가할수록 작업 기억, 위험 감수 경향, 문제 해결 능력 및 심리 운동 능력의 저하가 관찰되었다. 이는 연령의 증가에 따라 인지 노화(cognitive aging)가 다양한 인지 기능 저하에 미치는 영향을 보여주며, 고령 인구의 운전 면허 관리 제도 보완의 필요성을 시사한다. 본 온라인 기반 프로그램은 저비용의 검사 서비스를 비대면으로 제공하여 고령 인구에 대한 주기적인 검사와 지속적인 데이터 누적을 통한 고밀도의 추적 관리가 가능하기에 실효성 높은 대안을 제시할 수 있을 것으로 보인다.

V. 결 론

본 논문에서는 인간의 온라인 기반 인지 지능 검사 (CIT: cognitive intelligence test)를 소개하고, 이 시스템의 신뢰성을 두 종류의 적용 사례를 통해 조사하였다. 인지 지능 검사는 작업기억(working memory), 주의(attention), 운동(motor control), 문제해결(problem solving), 의사 결정(decision making) 등으로 구성되어 있으며, 사용자의 인지 능력을 온라인으로 측정하고, 결과를 분석하여, 평가와 진단 정보를 전달해주는 시스템이다. 두 종류의 연구 상황을 통해 CIT의 신뢰성을 조사하였다. 연구 결과는 인지 능력을 측정해야 하는 여러 분야에서 CIT가 유용하게 사용될 수 있음을 시사한다. 현재는 CIT로 5개 영역을 측정할 수 있는데, 향후의 지속적인 개발을 통해 더 다양한 인지 영역을 측정할 수 있도록 확장할 계획이다. 또한, 컴퓨터 게임을 정기적으로 하는 경우에, 중년의 인지 기능이 향상되는 것을 CIT를 통해 측정해낼 수 있었다. 운전자 비교에서는 연령에 따른 인지 기능과 심리 운동 능력이 점차 저하되는 인지 노화를 CIT를 통해 측정하였으며, 이는 CIT가 주기적인 인지 건강 관리에 도움을 줄 수 있음을 시사한다. 본 연구에서는 과제 수행의 순서가 고정되었다는 한계점이 존재하므로 순서 효과를 고려하여 라틴 방격 설계를 적용한 효과 검증이 필요할 것으로 보인다. 아울러, 추후 연구에서는 종단 연구를 통해 인지 치료 및 치매 관련 치유 프로그램 이행에 따른 장기적인 인지 기능 변화를 추적 및 조사하여 해당 온라인 검사 도구의 장기 평가 능력을 검증하는 과정이 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 2021학년도 고려대학교 심리학부 특별연구비에 의하여 수행되었으며 관계 부처에 감사드립니다.

참고문헌

[1] E. H. Seo, "Neuropsychological assessment of dementia and cognitive disorders," *Journal of Korean Neuropsychiatric Association*, Vol. 57, No. 1, pp. 2-11, February 2018. doi: 10.4306/jknpa.2018.57.1.2

[2] Izentech, *Production and computerization of Dementia screening tool for Korean*, Seoul, Korea: Ministry of Health and Welfare, May 2002.

[3] G. H. Suh, and M. H. Lee, "Cognitive Assessment and Reference Diagnosis System: development of a neuropsychological and clinical examination for clinic and

- population use," *Psychogeriatrics*, Vol. 3, No. 2, pp. 54-62, September 2003. doi:10.1046/j.1479-8301.2003.00010.x
- [4] Y. H. Lee, D. R. Na, H. K. Jung, C. H. Hong, J. H. Baik, and J. H. Kim, *Systematic Review of Lifestyle and Cognitive Health: Developing Recommendations for Cognitive Health Promotion*, Seoul, Korea: Ministry of Health and Welfare, February 2002.
- [5] Korea Institute of Science and Technology, *Assessment Technology of Cognitive Ability in the Elderly*, Seoul, Korea: Ministry of Knowledge Economy, April 2013.
- [6] Korean Educational Portal. Online-based Cognitive Intelligence Testing program [Internet]. Available: <http://mindsettingku.com>
- [7] K. Oberauer, "Binding and inhibition in working memory: individual and age differences in short-term recognition," *Journal of experimental psychology: General*, Vol. 134, No. 3, p. 368, April 2005. doi: 10.1037/0096-3445.134.3.368
- [8] A. Orsini, L. Chiacchio, M. Cinque, C. Cocchiaro, O. Schiappa, and D. Grossi, "Effects of age, education and sex on two tests of immediate memory: a study of normal subjects from 20 to 99 years of age," *Perceptual and motor skills*, Vol. 63, No. 2, pp. 727-732, July 1986. doi: 10.2466/pms.1986.63.2.727
- [9] J. Fan, B. D. McCandliss, T. Sommer, A. Raz, and M. I. Posner, "Testing the efficiency and independence of attentional networks," *Journal of cognitive neuroscience*, Vol. 14, No. 3, pp. 340-347, April 2002. doi: 10.1162/089892902317361886
- [10] T. Shallice, "Specific impairments of planning," *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, Vol. 298, No. 1089, pp. 199-209, June 1982. doi: 10.1098/rstb.1982.0082
- [11] P. Anderson, V. Anderson, and G. Lajoie, "The tower of London test: Validation and standardization for pediatric populations," *The Clinical Neuropsychologist*, Vol. 10, No. 1, pp. 54-65, January 1996. doi: 10.1080/13854049608406663
- [12] I. Shimoyama, T. Ninchoji, and K. Uemura, "The finger-tapping test: a quantitative analysis," *Archives of neurology*, Vol. 47, No. 6, pp. 681-684, June 1990. doi: 10.1001/archneur.1990.00530060095025
- [13] C. W. Lejuez, J. P. Read, C. W. Kahler, J. B. Richards, S. E. Ramsey, G. L. Stuart, D. R. Strong, and R. A. Brown, "Evaluation of a behavioral measure of risk taking: the Balloon Analogue Risk Task (BART)," *Journal of Experimental Psychology: Applied*, Vol. 8, No. 2, pp. 75-84, January 2002. doi: 10.1037/1076-898X.8.2.75
- [14] A. C. Oei, & M. D. Patterson, "Enhancing cognition with video games: a multiple game training study," *PloS one*, Vol. 8, No. 3, e58546, March 2013. doi: 10.1371/journal.pone.0058546
- [15] M. S. Cain, A. N. Landau, & A. P. Schimamura, "Action video game experience reduces the cost of switching tasks," *Attention, perception, & psychophysics*, Vol. 74, No. 4, pp. 641-647, March 2012. doi: 10.3758/s13414-012-0284-1
- [16] P. Belchior, M. Marsiske, S. M. Sisco, A. Yam, D. Bavelier, K. Ball, & W. C. Mann, "Video game training to improve selective visual attention in older adults," *Computers in human behavior*, Vol. 29, No. 4, pp. 1318-1324, July 2013. doi: 10.1016/j.chb.2013.01.034
- [17] M. K. Choi, *Analysis and Improvement of Driver's License Management System for Older Drivers*, Seoul, Korea: National Assembly Research Service, February 2020.



김준우 (Joonwoo Kim)

2018년: 성균관대학교 심리학과 (학사졸업)

2018년~현 재: 고려대학교 심리학과 석박사 통합과정
※ 관심분야 : 언어심리학(Psycholinguistics), 인지심리학(Cognitive psychology)



김상엽 (Sangyub Kim)

2015년: 고려대학교 세종캠퍼스 정보통계학과 (학부졸업)
2022년: 고려대학교 심리학과 (박사졸업)

※ 관심분야 : 언어심리학(Psycholinguistics), 인지심리학(Cognitive psychology)



이솔빈 (Solbin Lee)

2019년: 고려대학교 심리학과 (학사졸업)

2019년~현 재: 고려대학교 심리학과 석박사 통합과정
※ 관심분야 : 언어심리학(Psycholinguistics), 인지심리학(Cognitive psychology)



구민모 (Min-Mo Koo)

1992년: 고려대학교 심리학과 (학사졸업)
1996년: 고려대학교 심리학과 (석사졸업)
2006년: 고려대학교 심리학과 (박사졸업)

2017년~2020년: 고려대학교 지혜과학센터 연구 교수
2012년~2013년: 고려대학교 연구처 연구정보분석센터 연구교수
2008년~2010년: 고려대학교 교양교육원 전문교수
※ 관심분야 : 언어심리학(Psycholinguistics)



남기춘 (Kichun Nam)

1985년: 고려대학교 학부 (심리학과)
1987년: 고려대학교 대학원 (석사-인지/언어심리)
1995년: University of Texas at Austin (박사-언어심리학)

1995년~1996년: 고려대학교부설 언어정보연구소 선임연구원
1997년~1998년: 한국과학기술원 인공지능 연구센터 연구원
2009년~2011년: 고려대학교 문과대학발전위원회 위원
2012년~2014년: 재단법인 고려대학교 송백재단 상임이사
2014년~2017년: 한국과학기술단체총연합회 비상임이사
2017년~2019년: 고려대학교 문과대학발전기금위원회 위원
2019년~2022년: 마인드세팅케이유 대표
※ 관심분야 : 언어심리학(Psycholinguistics), 인지심리학(Cognitive psychology)