

학령기 아동용 스마트기기를 사용한 기억력 평가과제의 개발 및 타당도 검증 연구

신민섭¹⁾ · 이진주²⁾ · 어윤정²⁾ · 오서진³⁾ · 이정은²⁾ · 김일중³⁾ · 홍초롱³⁾

서울대학교 의과대학 정신과학교실,¹⁾ 서울대학교병원 소아청소년정신과,²⁾ 서울대학교병원 정신건강의학과³⁾

The Development and Validation of Memory Tasks Using Smart Devices for School Aged Children

Min-Sup Shin, Ph.D.¹⁾, Jinjoo Lee, M.A.²⁾, Yunjung Eo, M.A.²⁾, Seojin Oh, M.A.³⁾,
Jungeun Lee, M.A.²⁾, Illjung Kim, M.A.³⁾, and Chorong Hong, M.A.³⁾

¹⁾Department of Psychiatry and Behavioral Science, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

²⁾Department of Child and Adolescent Psychiatry, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

³⁾Department of Psychiatry, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

Objectives: The aim of this study was to develop auditory-verbal and visual-spatial memory tasks using smart devices for children aged 8 to 10 years and examine their validity.

Methods: One-hundred and fourteen school-aged children were recruited through internet advertising. We developed memory tasks assessing auditory-verbal memory, visual-spatial memory, and working memory, and then examined their construct validity by examining the developmental trend of the children's mean scores with age. In order to examine the concurrent validity of the tasks, we conducted correlation analyses between the children's scores on the newly developed auditory-verbal, visual-spatial memory and working memory tasks and their scores on well-known standardized tests of memory and working memory, including the auditory-verbal memory subtests of the Korean Luria-Nebraska Neuropsychological Battery for Children, Korean Rey-Osterrieth Complex Figure Test, digit span and arithmetic subtest of Korean Educational Development Institute Wechsler Intelligence Scale for Children Revised, and Corsi block test.

Results: The memory and working memory scores measured by the newly developed tasks tended to increase with age. Further, there were significant correlations between the scores of the four cognitive tasks and the corresponding scores of the standardized assessment tools.

Conclusion: This study revealed promising evidence for the validity of the memory tasks using smart devices, suggesting their utility for school-aged children in research and clinical settings.

KEY WORDS: Computerized Cognitive Task · Auditory-Verbal Memory · Visual-Spatial Memory · Auditory-Verbal Working Memory · Visual-Spatial Working Memory.

서 론

새로운 정보를 습득하고 유지하는 기억력과 더불어 현재 입력되는 정보에 주의집중하고 머릿속에서 유지하면서 이미

저장되어 있는 정보를 의식적으로 떠올려 조작하는 능력인 작업기억력은 학업수행 및 다양한 경험과 지식을 습득하는데 있어 매우 중요한 기능이다. 학령기 아동의 정서적, 사회적 적응은 학업수행이나 학교생활의 적응과 밀접하게 관련되어 있기 때문에,¹⁾ 기억력 및 작업기억력은 아동이 일상생활과 학

Date received: December 31, 2015 / Date of revision: February 16, 2016 / Date accepted: May 9, 2016

Address for correspondence: Min-Sup Shin, Ph.D., Department of Psychiatry and Behavioral Science, Seoul National University College of Medicine, 101 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 03080, Korea

Tel: +82.2-2072-2454, Fax: +82.2-744-7241, E-mail: shinms@snu.ac.kr

본 기억력 평가과제의 개발은 대한민국 산업통상자원부의 지원을 받아 이루어졌음(과제명: 원구산업 활성화를 위한 스마트 ToyWeb 서비스 기술개발, 과제번호: 10045351).

교생활에 얼마나 잘 적응하는지를 예측할 수 있는 중요한 지표가 될 수 있다. 학습부진이나 학교적응에 어려움이 있어 임상장면에 의뢰된 주의력결핍 과잉행동장애(attention deficit hyperactivity disorder, ADHD)나 학습장애 고위험 아동들의 경우, 정상 아동에 비해 기억기능이 저조한 것으로 나타났다.²⁾ 기억력에 문제가 있는 아이들은 기대수준에 미치지 못하는 학업 성취로 인해 좌절감을 경험하게 되고, 학년이 올라갈수록 더욱 위축되고, 우울해지고, 불안해지는 등 정서적인 어려움을 경험할 위험이 높아진다. 이에 기억력 평가를 통해 그 문제를 조기에 발견하여 적절한 개입을 조속히 제공할수록 인지기능이 향상되거나 학업 성취가 개선될 가능성이 증가되고, 이차적으로 정서적 문제가 발생하는 것도 예방할 수 있으므로, 임상장면에서 신경심리학적 평가 시 기억능력의 평가가 필수적인 요소가 되었다.³⁾

일반 아동의 기억력 발달은 8세 정도까지는 급격하게 증가하다가 11세나 12세 이후부터 성인기까지는 보다 완만하게 발달하게 된다.^{4,5)} 취학 전 아동기에는 단기기억 위주의 발달이 이루어지며, 취학 이후에는 기억책략을 좀 더 사용하여 처리속도가 증가하고, 조직화와 같은 자발적 전략을 사용하면서 수행이 더욱 향상된다.⁶⁾ 신경인지능력의 발달적 경향성을 고려할 때, 8-10세 시기는 기억 및 작업기억능력이 발달하는 최적의 시기이며, 이 시기에 인지훈련을 하면 기억책략 및 작업기억력을 증진시킴으로써 학습능력을 더욱 향상시킬 수 있다. 따라서 해당 연령대의 기억 및 작업기억능력을 정확하게 평가하고 조기에 개입하는 것이 매우 중요하겠다.

기존에 사용되고 있는 학령기 아동의 기억력과 작업기억력을 측정하기 위한 대표적인 검사는 루리아-네브라스카 신경심리 검사(Korean Luria-Nebraska Neuropsychological Battery for Children, K-LNNB-C)⁷⁾ 중 기억력 하위검사, 레이-오스테리스 복합 도형 검사(Korean Rey-Osterrieth Complex Figure Test, K-ROCF),⁸⁾ 한국판 아동용 웨슬러 지능검사(Korean Educational Development Institute Wechsler Intelligence Scale for Children Revised, KEDI-WISC)⁹⁾ 중 숫자 거꾸로 따라하기, 산수, 코르시 블록 검사(Corsi Block Test)¹⁰⁾ 등이 있으며, 이러한 검사들은 현재 다양한 기관에서 지필검사의 형태로 실시되고 있다. 기존의 검사들은 신뢰도와 타당도가 입증된 표준화된 검사라는 장점이 있지만, 전문 검사자가 아동에게 개별적으로 실시하는 검사이므로, 다수의 아동들에게 실시하기에는 시간과 인력 및 경제적 비용이 많이 들고, 접근이 용이하지 않기 때문에 잠재적으로 기억력에 문제가 있을 수 있는 대부분의 일반 아동들은 평가를 받을 기회가 제한된다. 최적의 개입 시기를 놓치면, 인지훈련에 더 많은 비용과 노력을 투자해야 하며, 그럼에도 불구하고

고 기대하는 효과에 미치지 못할 수 있다. 따라서 전문 기관에 방문하지 않는 일반 아동들이 손쉽게 접근할 수 있는 간편한 기억력 평가과제의 개발이 요구된다.

최근에는 스마트폰, 스마트패드 등의 보급이 가속화됨에 따라 아동, 성인, 노년기에 이르기까지 다양한 연령집단에 적용할 수 있는 전산화된 인지능력 평가 및 훈련 콘텐츠의 개발이 빠르게 증가하고 있다. 이는 주로 스마트기기의 음성인식, 터치 및 카메라 인터페이스를 활용한 동작인식 기능을 활용한 게임의 형태로, 접근성이 높고 흥미를 유발하는 콘텐츠라는 점에서 일반인의 관심과 활용도가 높은 영역이다. 국내에서도 아동을 대상으로 한 스마트기기의 사용이 늘어나고 있어, 맞춤형 인지능력 평가 콘텐츠의 수요와 보급 가능성은 더욱 높아지고 있다. 그러나 스마트기기를 활용한 콘텐츠의 높은 수요에 비해 아직 전문가에 의해 신뢰도 및 타당도가 검증된 학령기 아동 대상의 인지능력 평가 및 훈련 콘텐츠는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기존 지필검사 형식의 신경심리검사의 제한점을 보완하고, 스마트기기의 장점을 극대화한 8-10세용 기억력 및 작업기억력 평가과제를 개발하고, 그 타당도를 검증하였다. 본 평가과제는 아동 신경인지능력의 발달적 경향성에 근거하여, 초기 학령기에 가장 큰 발달을 보이는 기억 및 작업기억 능력을 평가하고, 인지훈련 전후의 효과를 비교할 수 있도록 하였다. 아울러, 평가정보를 바탕으로 개별 아동의 수준에 따른 학습지도 및 인지훈련을 제공하고, 추가적으로 필요한 치료적 서비스를 연계하는 데 활용할 수 있을 것이다.

방 법

1. 대 상

인터넷 모집공고를 통해 참여를 신청한 만 8-10세에 해당하는 학령기 정상 아동을 대상으로 하였고, ADHD 및 지적 장애가 있는 아동들은 제외하고 총 114명이 연구에 참여하였다. 본 연구에 참여한 아동들의 연령집단별 표집 수 및 성별, 지능지수는 Table 1에 제시하였다.

Table 1. Participants' characteristic

Age (yr)	N	Sex, boy/girl	FSIQ, M (SD)
8	42	24/18	114 (12.5)
9	39	18/21	110 (12.5)
10	33	16/17	117 (10.0)
Total	114	58/56	113 (12.0)

FSIQ: Full Scale Intelligence Quotient, M: mean, N: the number of participants, SD: standard deviation

2. 도 구

1) 스마트기기를 사용한 기억력 평가과제

스마트기기를 사용한 기억력 평가과제는 청각언어 기억력, 시각공간 기억력, 청각언어 작업기억력, 시각공간 작업기억력 등 4가지 능력을 측정하며, 컴퓨터를 이용하여 아동에게 일대일로 시행하도록 개발되었으므로 터치모니터와 스피커가 필요하다. 모든 과제는 게임 인터페이스를 활용한 것으로 아바타가 등장하여 실시 방법을 설명한다. 응답 방식은 화면을 터치하는 방식으로 이루어져 있어, 정교하게 반응시간을 측정할 수 있다.

(1) 청각언어 기억력 평가과제

12개의 단어목록을 들려주고 기억해 보도록 하는 과제이다. 즉시회상에서는 단어목록을 3번 불러주는데, 반복시행에 따라 기억하는 단어의 개수가 증가하는지, 즉 언어적인 학습이 일어나는지 평가한다. 15분 후에 실시하는 지연회상에서는 인출효율성 및 기억유지도를 평가한다. 지연재인에서는 여러 가지 단어가 동시에 제시될 때 방해자극을 배제하고 학습된 단어를 고르도록 하며, 청각언어정보의 저장능력을 평가한다. 실생활과 유사한 환경을 구현하고자 Fig. 1과 같이, 화면에 엄마의 모습과 비슷한 캐릭터가 나와서 아이에게 사와야 할 물건의 목록을 말해주면 아동은 들은 단어를 기억나는 대로 모두 이야기하도록 하였다. 측정 결과치는 즉시회상

및 지연회상 단계에서의 '정반응수', '오반응수' 및 '중복반응수'와 지연재인 단계에서의 '정반응수'이다. 연습시행과 본시행을 포함한 총 소요 시간은 약 10분이다.

(2) 시각공간 기억력 평가과제

난이도별로 3-10초 정도의 짧은 시간 동안 최소 2개부터 최대 9개의 시각적 자극을 한꺼번에 제시한 후 자극의 종류와 위치를 정확하게 기억할 수 있는지를 평가한다. 즉시회상에서는 시각적으로 제시되는 자극의 종류와 위치를 정확히 기억하도록 하며, 시각정보의 저장 및 인출효율성을 평가한다. 지연회상에서는 즉시회상을 마친 후 15-20분 후에 실시되며, 제시되었던 자극과 제시되지 않은 자극을 구분하여 고르도록 함으로써 시각 정보의 저장능력을 평가한다. 실생활과의 관련성을 높이기 위해 Fig. 2와 같이 마트의 진열장을 구현하였으며, 진열장에 물건들이 놓인 상태로 제시된 뒤, 아이가 뛰어와 진열장을 치면 물건들이 아래로 떨어지는 화면을 제시하였다. 다음 단계로, 아동에게 비어 있는 진열장과 물건들을 제시한 뒤, 아동이 직접 떨어진 물건을 원래 위치에 정확하게 놓게 하였다. 측정 결과치는 즉시회상에서의 '정반응수'와 '시행점수', 지연재인 단계에서의 '정반응수'이다. 연습시행과 본시행을 포함한 총 소요 시간은 약 10분이다.

(3) 청각언어 작업기억력 과제

본 과제는 목표 자극과는 무관한 절차를 수행하면서 동시

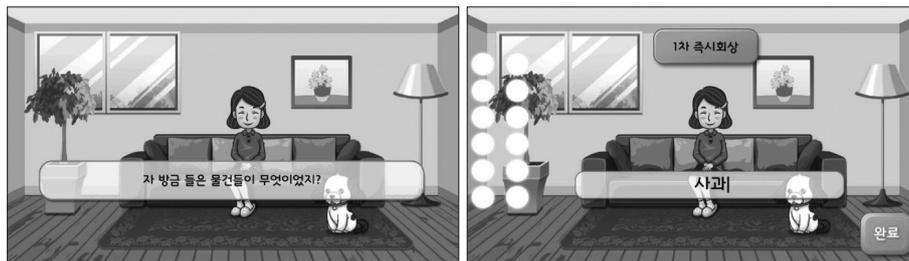


Fig. 1. The scenes of auditory-verbal memory task. After a character mom says a list for shopping (12 items, 3 categories). Then, subjects are asked to recall the items as many as possible. All the subjects repeat this trial 3 times (immediate recall). 15-20 minutes after immediate recall, there are delayed recall and delayed recognition trials

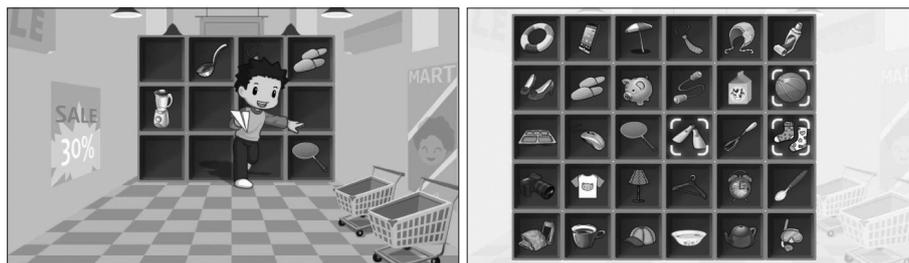


Fig. 2. The scenes of visual-spatial memory task. Items in showcase are fell down and mixed up. Then, subjects are asked to choose items and put them in the place where they were (immediate recall). 15-20 minutes after immediate recall, there is a delayed recognition trial

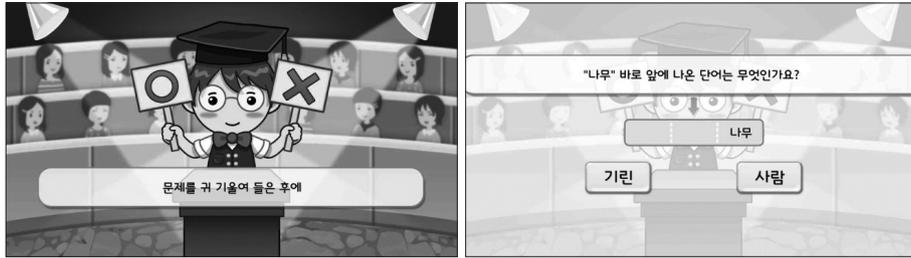


Fig. 3. The scenes of auditory-verbal working memory task. A character doll gives O, X quizzes (auditory stimulus) and words are presented (auditory and visual stimulus) between them. Subjects are asked to remember the sequence of the words



Fig. 4. The scenes of visual-spatial working memory task. There is a peg hung with rings on the left side on the screen and an empty square board on the right side. A subject has to conduct forward span and backward span at the same time after watching rings' movement from the peg to the square board

에 청각적으로 제시되는 단어를 순서대로 정확하게 기억할 수 있는지, 즉 정보의 처리와 저장을 동시에 수행하는 작업기억능력을 평가한다. Fig. 3과 같이 아동들이 익숙한 퀴즈대회 장면을 구현하였다. 캐릭터가 나와 간단한 진위판단문제를 청각적으로 제시하고, 각 문제 사이에 기억해야 할 단어를 시각·청각적으로 함께 제시하여 아동으로 하여금 진위판단문제를 풀면서 중간중간 제시되는 단어를 순서대로 외우도록 지시하였다. 그 다음에는 암기한 특정 단어 앞, 혹은 뒤에 어떤 단어가 나왔는지 묻는 문제를 잘 보고 선택지 중에 정답을 눌러서 고르면 한 시행이 종료된다. 본 과제는 1단계(3 단어, 3-span)부터 7단계(9단어, 9-span)로 이루어지며, 한 단계당 2번의 시행으로 구성된다. 측정 결과치는 '정반응수', '최장 기억폭 점수', '오반응수'이다. 연습시행과 본시행을 포함한 총 소요 시간은 약 10분이다.

(4) 시각공간 작업기억력 과제

본 과제는 여러 개의 시각자극이 주어지는 순서를 정확하게 기억하고, 시공간적 책략을 활용하여 정보를 조작하는 작업기억능력을 평가한다. Fig. 4와 같이 아동들이 친숙하게 여길 수 있는 놀이방을 구현하였다. 화면 좌측에 원반이 쌓여 있는 그림이 있고, 우측에 10개의 핀이 꽂혀 있는 네모난 판이 제시된다. 핀이 꽂힌 판 위에 원반을 특정한 순서로 놓는 장면을 보여준 뒤, 원반이 놓였던 순서대로 따라서 놓도록 하는 정방향 시행과 판에 놓여진 순서와는 거꾸로 원반을 빼서 원래 자리에 돌려놓도록 하는 역방향 시행으로 구성된다. 측정

결과치는 각 시행에서의 '정반응수'와 '최장 기억폭 점수'이다. 연습시행과 본시행을 포함한 총 소요 시간은 약 10분이다.

2) 기존의 표준화된 검사 도구

(1) 한국판 아동용 웨슬러 지능검사(Korea Educational Development Institute Wechsler Intelligence Scale for Children Revised, KEDI-WISC)⁹⁾

만 5세 이상 아동의 인지능력을 평가할 수 있도록 만들어진 임상 도구이다. 기억과제의 수행에 영향을 줄 수 있는 지적능력을 통제하기 위해 단축형 지능검사를 실시하였다. Korean Wechsler Intelligence Scale for Children-Fourth Edition은 단축형 지능을 산출하는 공식이 아직 개발되어 있지 않으므로, KEDI-WISC 단축형 지능 산출공식을 이용하여 어휘, 산수, 차례맞추기, 토막짜기 등 4개의 소검사 점수를 통해 Full Scale Intelligence Quotient를 추정하였다. 또한 본 연구에서 개발한 청각언어기억 및 작업기억 과제와 상관관계를 보기 위해, 아동용 웨슬러 지능검사의 '숫자'와 '산수' 소검사 측정치를 사용하였다. 숫자 소검사는 불러주는 숫자를 바로 따라 외우기와 거꾸로 따라 외우기로 구성되어 있으며, 주의력과 단기 기억능력을 측정한다. 산수 소검사는 청각적 지시를 듣고 간단한 연산을 수행해야 하는 과제로 청각적 작업기억능력과 관련이 있다.

- (2) 한국판 아동용 루리아-네브라스카 신경심리 검사
(The Korean version of Luria-Nebraska
Neuropsychological Test for Children,
K-LNNB-C)⁷⁾

만 8세부터 13세 아동들을 대상으로 광범위한 신경심리적 기능을 평가하기 위해 제작된 다차원적 검사배터리이다. K-LNNB-C의 임상 척도 중 청각언어 기억문항 128, 131번을 사용하였다. 128번 문항은 7개의 단어들로 구성된 단어목록을 청각적으로 들려주는 시행을 5회 반복함으로써, 반복적인 자극제시에 따라 언어적인 학습이 일어나는지 평가한다. 131번 문항은 5개의 단어를 5초 동안 시각적으로 제시하고, 5초 후에 몇 개의 단어를 기억하는지 평가한다.

- (3) 레이-오스테리츠 복합 도형 검사(Rey-Osterrieth
Complex Figure Test, ROCF)⁸⁾

지각적 조직화와 시각적 기억력 및 계획 능력을 평가하기 위한 목적으로 고안된 신경심리검사이다. 이 검사는 먼저 복잡한 도형을 보고 그리도록 하는 모사 시행, 곧바로 다시 기억해서 그리도록 하는 즉시회상 시행, 20분 후 다시 기억해서 그리도록 하는 지연회상 시행으로 이루어졌다. 레이-오스테리츠 복합 도형 검사 한국판 발달적 채점체계(Korean Developmental Scoring System for the Rey-Osterrieth Complex Figure)에 따라 ROCF의 즉시회상 및 지연회상 시행에서의 구조적 정확도 점수와 세부적 정확도 점수를 산출하여 분석에 활용하였다.

- (4) 코르시 블록 검사(Corsi Block Test)¹⁰⁾

코르시 블록 검사는 시공간 작업기억력을 측정하기 위해 사용되는 검사이다. 보드 위에 9개의 블록을 놓은 후, 검사자가 일정 순서대로 블록들을 짚어 나가면 피검자가 이를 기억

하여 순서대로, 혹은 거꾸로 되짚어 나가는 것이다. 정방향 및 역방향 시행의 정반응수를 분석에 활용하였다.

3. 연구 절차

모든 참여 아동과 보호자에게 서면 동의를 취득하였다(Institutional Review Board no. 1409-061-609). 평가는 소음이 차단될 수 있는 조용한 방에서 실시하였다. 검사자는 임상심리 전공으로 석사학위 이상을 취득하고, 1년 이상 병원 실무 경험이 있는 연구자들이 직접 진행하였다. 검사실에는 1인의 피험자와 1인의 연구자만 동석하였다. 평가는 총 70분 정도로 진행되며, 검사 중간에 약 20분간의 휴식 시간을 가졌다.

4. 자료분석

스마트기기를 사용한 기억력 평가과제의 연령별 평균 점수 분포가 이미 이론적으로 잘 알려진 아동의 신경인지기능 발달적 경향성에 부합하는지 확인하기 위해 SPSS 18.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여, 1) 청각언어 기억력, 2) 시각공간 기억력, 3) 청각언어 작업기억력, 4) 시각공간 작업기억력 평가과제의 각 연령별, 성별 평균과 표준편차를 산출하였다. 산출된 원점수가 연령이 증가함에 따라 수행이 향상되는지 검증하기 위해 다변량분석(multivariate analysis of variance)을 실시한 후, 8, 9, 10세 중 어느 연령대에서 유의미한 향상을 보이는지 확인하기 위해 multiple comparison 방법으로 Scheffe의 사후검정(post-hoc)을 하였다. 추가적으로 수행에서 성별에 따른 차이가 나타나는지 검증하기 위해 t-test를 실시하였다.

또한 스마트기기를 사용한 기억력 평가과제가 8-10세 아동의 기억력 및 작업기억력을 제대로 측정하고 있는지 확인하기 위해, 본 평가과제의 점수와 실제 임상장면에서 사용하고 있는 기존의 표준화된 검사 도구로 측정한 점수의 상관분

Table 2. Comparison of correct scores on the memory tasks using smart devices with age from 8 to 10 years

	8 yr, M (SD)	9 yr, M (SD)	10 yr, M (SD)	F	p	Post-hoc
Auditory-verbal memory						8, 9 < 10
Immediate recall	21.57 (4.08)	22.92 (4.97)	24.64 (4.94)	3.720	.027	
Delayed recall	8.21 (1.42)	8.79 (1.79)	8.85 (1.70)	2.321	.103	
Delayed recognition	11.36 (0.91)	11.45 (1.01)	11.58 (0.79)	.426	.654	
Visual-spatial memory						8 < 9, 10
Immediate recall	31.10 (10.20)	39.60 (13.77)	43.27 (17.48)	8.869	.000	
Delayed recognition	17.50 (2.31)	18.13 (2.02)	17.52 (3.30)	1.409	.246	
Auditory-verbal working memory	5.74 (3.34)	7.05 (3.76)	8.64 (4.22)	4.893	.009	8, 9 < 10
Visual-spatial working memory						
Forward	8.02 (4.03)	10.08 (4.72)	11.36 (4.91)	5.725	.004	8 < 9, 10
Backward	6.29 (3.87)	8.36 (4.28)	9.30 (4.17)	6.420	.002	8 < 9, 10

M: mean, SD: standard deviation

석(correlation analysis)을 통해 공존 타당도를 검증하였다.

결 과

1. 구성타당도 검증-발달적 경향성 분석

다변량분석 결과, 1) 청각언어 기억력 평가과제의 즉시회상 정반응, 2) 시각공간 기억력 평가과제의 즉시회상 정반응, 3) 청각언어 작업기억력 평가과제의 정반응, 4) 시각공간 작업기억력 평가과제의 정반응 정반응 및 역방향 정반응 등 모든 과제의 주요 지표에서 연령이 증가함에 따라 수행이 유의미하게 향상되는 발달적 경향성을 확인하였다. 각 평가과제의 연령별 수행 평균과 표준편차 및 다변량분석 통계치를 Table 2와 Fig. 5에서 제시하였다. 추가적으로 사후검정을 통해 연령

별 수행향상을 비교한 결과, 발달시기가 과제 양식(modality)에 따라 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 청각언어적인 채널을 이용한 기억력 및 작업기억과제는 9-10세 사이의 수행이 유의하게 향상된 반면, 시각공간적인 채널을 이용한 기억력 및 작업기억과제는 그보다 앞선 8-9세 사이의 수행이 유의하게 향상되었다.

각 연령의 수행에서 성차가 있는지 t-test를 통해 분석해 본 결과, 시각공간적인 채널을 이용하는 기억력 및 작업기억력 과제에서 유의미한 성차가 관찰되었다. 각 과제의 연령별, 성별 평균 및 표준편차 t-test 통계치는 Table 3에 제시하였다. 구체적으로 살펴보면, 시각공간 기억력 평가과제에서 9세 남아의 즉시시행 정반응 점수가 9세 여아의 즉시시행 정반응 점수보다 유의하게 높았다. 시각공간 작업기억력 평가과제에

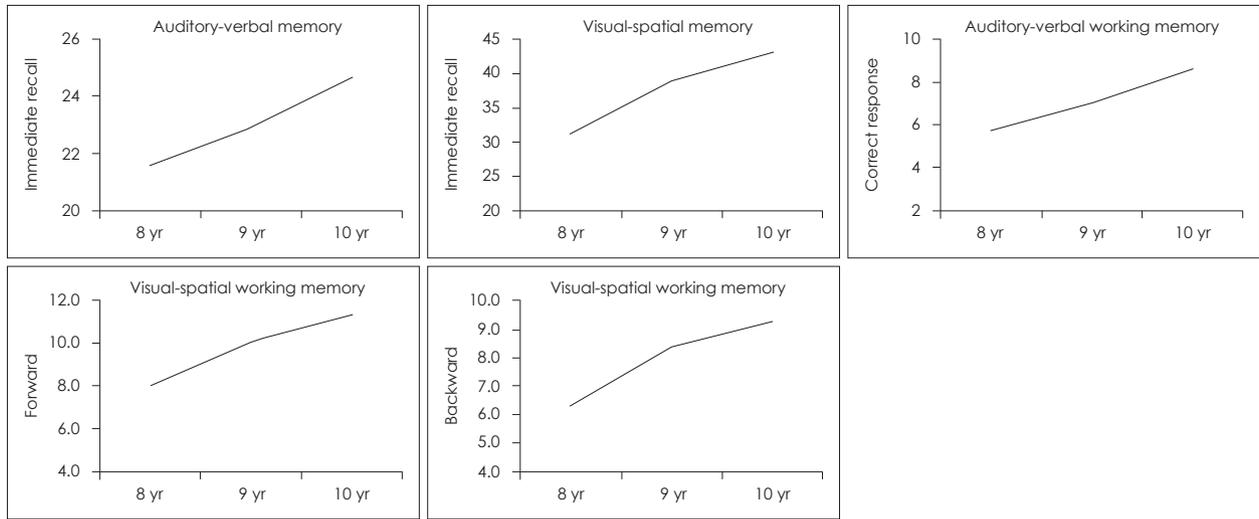


Fig. 5. Comparison of correct scores on the memory tasks using smart devices with age from 8 to 10 years

Table 3. Comparison of correct scores on the memory tasks using smart devices with sex

	8 yr			9 yr			10 ys		
	Male, M (SD)	Female, M (SD)	t	Male, M (SD)	Female, M (SD)	t	Male, M (SD)	Female, M (SD)	t
Auditory-verbal memory									
Immediate recall	21.25 (4.32)	22.00 (3.82)	-.585	22.50 (4.59)	23.29 (5.36)	-.487	25.81 (4.45)	23.53 (5.25)	1.345
Delayed recall	8.04 (1.73)	8.44 (0.86)	-.906	8.89 (1.64)	8.71 (1.95)	.299	9.13 (1.86)	8.59 (1.54)	.905
Delayed recognition	11.33 (0.76)	11.39 (1.09)	-.194	11.41 (1.18)	11.48 (0.87)	-.194	11.75 (0.58)	11.41 (0.94)	1.237
Visual-spatial memory									
Immediate recall	31.83 (10.07)	30.11 (10.59)	.537	46.33 (10.93)	33.48 (13.37)	3.251*	45.25 (18.57)	41.41 (16.74)	.624
Delayed recognition	17.08 (2.19)	18.06 (2.41)	-1.365	18.56 (1.95)	17.76 (2.05)	1.234	17.31 (3.50)	17.71 (3.20)	-.338
Auditory-verbal working memory	6.17 (3.42)	5.17 (3.49)	1.073	7.00 (3.22)	7.10 (4.25)	-.078	7.25 (4.46)	9.94 (3.63)	-1.905
Visual-spatial working memory									
Forward	9.83 (3.45)	5.61 (3.52)	3.894*	11.33 (5.01)	9.00 (4.29)	1.568	11.50 (4.56)	11.24 (5.36)	.152
Backward	7.71 (4.05)	4.39 (2.70)	3.007*	9.56 (4.87)	7.33 (3.50)	1.654	9.19 (3.76)	9.41 (4.64)	-.152

*: p<.05. M: mean, SD: standard deviation

Table 4. Correlation between scores on newly developed auditory-verbal memory task and existing standardized test (KEDI-WISC digit span, K-LNNB-C memory scale)

	Auditory-verbal memory in this study		
	Immediate recall	Delayed recall	Delayed recognition
KEDI-WISC digit span	.379 [†]	.248 [†]	.254 [†]
K-LNNB-C_memory scale (no.128)	.465 [†]	.366 [†]	.477 [†]
K-LNNB-C_memory scale (no.131)	.377 [†]	.262 [†]	.206*

*: p<.05, †: p<.01. K-LNNB-C: Korean Luria-Nebraska Neuropsychological Battery for Children, KEDI-WISC: Korean Educational Development Institute Wechsler Intelligence Scale for Children Revised

Table 5. Correlation between scores on newly developed visual-spatial memory task and existing standardized test (K-ROCF)

	Visual-spatial memory in this study	
	Immediate recall	Delayed recognition
K-ROCF immediate recall	.245 [†]	.165
Structural elements accuracy		
Incidental elements accuracy	.240 [†]	.228*
K-ROCF delayed recall	.322 [†]	.194*
Structural elements accuracy		
Incidental elements accuracy	.181	.174

*: p<.05, †: p<.01. K-ROCF: Korean Rey-Osterieth Complex Figure Test

서는 정방향 시행 및 역방향 시행의 점수가 8세의 남아가 8세의 여아보다 유의미하게 높았다.

2. 공존타당도 검증-기존의 표준화된 검사도구와의 상관성 분석

스마트기기를 사용한 기억력 평가과제 네 가지와 유사한 능력을 측정하는 기존의 표준화된 평가도구를 모두 실시하여 두 과제의 점수 간의 상관을 분석한 결과, 네 가지 과제에서 모두 유의미한 상관을 보여, 공존타당도가 있음을 확인하였다.

1) 청각언어 기억력 평가과제의 타당도

Table 4에 상관분석 결과를 제시하였다. 본 평가과제의 즉시회상 정반응은 KEDI-WISC의 숫자외우기 과제 및 LNNB-C의 128, 131번 문항과 모두 유의미한 정적상관을 보였다. 마찬가지로 지연회상 및 지연재인의 정반응 점수는 KEDI-WISC의 숫자외우기 과제 및 LNNB-C의 128, 131번 문항 점수와 각각 유의미한 정적상관을 보였다.

2) 시각공간 기억력 평가과제의 타당도

Table 5에 상관분석 결과를 제시하였다. 본 평가과제의 즉시회상 정반응은 ROCF의 즉시회상의 구조적 정확도 및 세부적 정확도와 유의미한 정적상관을 보였고, ROCF의 지연회상의 구조적 정확도와도 유의미한 정적상관을 보였다. 또한 본 평가과제의 지연회상 정반응은 ROCF 즉시회상의 세부적 정확도 및 지연회상 구조적 정확도와 유의미한 정적상관

Table 6. Correlation between scores on newly developed auditory-verbal working memory task and existing standardized test (KEDI-WISC arithmetic)

	Auditory-verbal working memory in this study	
	Span	Correct response
KEDI-WISC arithmetic	.231*	.255*

*: p<.05. KEDI-WISC: Korean Educational Development Institute Wechsler Intelligence Scale for Children Revised

Table 7. Correlation between scores on newly developed visual-spatial working memory task and existing standardized test (Corsi block)

	Visual-spatial working memory in this study	
	Forward	Backward
Corsi block		
Forward	.309*	.242*
Backward	.462*	.346*

*: p<.01

을 보였다.

3) 청각언어 작업기억력 평가과제의 타당도

Table 6에 상관분석 결과를 제시하였다. 본 평가과제의 기억력 점수와 정반응점수는 KEDI-WISC의 산수 원점수와 유의미한 정적인 상관을 보였다.

4) 시각공간 작업기억력 평가과제의 타당도

Table 7에 상관분석 결과를 제시하였다. 본 평가과제의 정방향 시행점수는 코르시 블록 검사의 정방향 및 역방향 시행점수와 각각 유의미한 정적 상관을 보였다. 본 평가과제의 역방향 시행점수는 코르시 블록 검사의 정방향 및 역방향 시행점수와 각각 유의미한 정적 상관을 보였다.

고 찰

본 연구에서는 기존에 사용되고 있는 아동 기억력 검사 도구 가 지닌 제한점을 보완하여 스마트기기를 사용한 기억력 평가과제를 개발하고, 구성타당도 및 공존타당도를 검증하였다. 주요 연구 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 평가과제

의 연령별 수행을 반영하는 각 지표의 평균 점수가 연령 증가에 따른 신경인지능력의 발달적 경향성에 부합하는 결과를 보였다. 즉, 8세에서 10세로 연령이 증가함에 따라 청각언어 기억력, 시각공간 기억력, 청각언어 작업기억력, 시각공간 작업기억력에서 반응 정확도가 증가하는 발달적 경향성을 보였다. 이는 기존의 연구결과와 일치하는 결과로,^{4,5)} 본 평가과제가 아동의 인지능력 발달 경향성을 반영할 수 있는 난이도와 내용을 적용한 과제로서 적절한 구성타당도를 지니는 의미를 가진다. 좀 더 세부적으로 스마트기기를 사용한 주의력 평가과제의 연령별 수행을 분석한 결과, 각 인지영역에 따라 발달적 경향성이 다르게 나타난다는 것이 관찰되었다. 청각언어 자극을 기억하고 처리해야 하는 기억 및 작업기억 과제의 경우, 8-9세에 비해 9-10세에서 향상폭이 유의미하게 컸다. 이러한 발달 패턴은 청각언어적인 채널이 초등학교 저학년대에 비해 기억해야 할 양이 많아지는 고학년에서 더 유의미하게 향상된다는 것을 시사해주는 결과이다. 한편, 시각공간적인 자극을 다루야 하는 기억 및 작업기억 과제의 경우, 9-10세에 비해 8-9세에서 향상폭이 유의미하게 컸다. 이는 청각언어적인 기억채널이 10세에 뚜렷하게 발달하는 것으로 나타난 결과와 비교할 때, 시각공간적인 기억채널의 발달이 조금 더 빠르게 이루어짐을 보여주는 결과이며, 초등학교 저학년 과정에서는 시각적 자극을 함께 제공해 주는 것이 기억 및 학습에 더 효과적일 수 있음을 시사한다. 시각공간적인 채널이 청각언어적인 채널에 선행하여 발달하는 패턴은, 학령전기 아동을 대상으로 한 주의력 평가과제의 연구에서 시각주의력이 청각주의력보다 1년가량 빨리 발달했던 결과와 일치하는 것이다.¹¹⁾ 추가적으로 각 영역에서 성별에 따른 수행의 차이가 있는지 검증해 본 결과, 시각공간 기억과제의 경우 만 9세에서, 시각공간 작업기억 과제의 경우 만 8세에서 남아가 동일 연령대의 여아보다 우수하였다. 그러나 두 과제의 결과는 모두 만 10세가 되면 다시 비슷한 수준의 수행을 보였다. 이러한 연구 결과는 신경심리적 조직화, 즉 뇌기능의 편측화 발달이 남아와 여아집단에서 다르게 진행될 가능성을 시사해 준다.¹²⁾ 각 인지영역별로 연령 및 성별에 따른 인지기능 발달 패턴이 다르며 이러한 발달적 경향성을 고려하여 일반 가정 및 교육 기관에서 아동의 인지능력을 효과적으로 평가하고 훈련할 수 있다는 점이 시사되는 바, 이에 대해 추후 연구가 필요해 보인다.

둘째, 본 연구에서 개발한 기억력 평가과제와 기존의 상용화된 검사도구와의 상관 분석을 통해 공준타당도를 검증한 결과, 모든 과제에서 본 평가과제와 기존의 표준화된 검사의 해당 지표 간의 상관이 유의미하였다. 이는 본 평가과제가 해당 인지영역을 타당하게 평가하고 있음을 의미한다. 청각언어

기억과제와 관련하여, KEDI-WISC 숫자외우기 과제는 단기기억능력을 보는 과제이기 때문에 청각언어 기억과제 중 즉시회상 정반응과 더 큰 상관을 보였던 반면, LNNB-C 문항은 단기기억뿐만 아니라 장기기억을 포함하므로 청각언어 기억과제의 즉시회상뿐만 아니라 지연재인 정반응과도 높은 상관을 보인 것으로 해석해 볼 수 있다. 시각공간 기억과제와 관련하여, ROCF는 시각적 기억능력 외에 전두엽의 조직화 능력과 시공간적 구성요소를 측정하는 것으로 알려진 검사이므로 본 연구에서 개발한 시각공간기억력 평가과제의 지연재인 점수와의 상관은 통계적으로 유의미하지만 낮은 편이었다. 본 연구에서 개발된 청각언어 작업기억력 과제를 수행하기 위해서는 작업기억력뿐만 아니라 분할주의력 또한 요구되므로 KEDI-WISC 산수 소검사 점수와 통계적으로는 유의미한 수준이지만 다소 낮은 상관을 보인 것으로 생각된다. 상관 분석에서 경도에서 중등도(mild to moderate) 정도의 상관을 보인 것은 본 과제가 기존의 검사들이 평가하지 못하는 실생활 장면에서의 인지영역까지 포함하고 있기 때문인 것으로 생각해 볼 수 있다.

본 연구에서 개발한 기억력 평가과제는 다음과 같은 의의를 가진다. 첫째, 본 평가과제는 아동이 경험하는 실제 환경을 고려하여 개발한 주의력 평가과제이므로, 평가 결과를 실제 상황으로 일반화할 수 있는 가능성이 높다. 가령, 기존의 표준화된 검사는 지필검사 형태로 단순 숫자자극이나 단어목록을 제시한 반면, 본 평가과제에서는 엄마가 심부름 목록을 불러주거나 마트의 진열장에 전시되어 있는 제품의 위치를 기억하는 것과 같은 실생활에서 아동이 경험할 수 있는 친숙한 장면을 구현하였다. 따라서 본 평가과제의 결과는 실생활에서의 기억력을 더욱 타당하게 예측해 줄 수 있으며, 기억력 훈련 효과를 실생활 장면에서 확인하기 위해 평가하는 데 더 유용할 것이라 예상된다. 둘째, 본 평가과제는 평가 절차가 자동화되어 특정 장소나 평가자의 개인차에 의한 영향이 최소화될 수 있다는 장점이 있어 전문적인 임상가가 아니더라도 간단한 교육만으로 과제를 실시할 수 있다. 따라서 가정 및 학교 내에서 아동의 인지능력을 평가하여 개별 아동의 수준에 따른 학습지도 및 인지훈련을 하고, 훈련 전후의 효과를 비교하는 용도로 활용할 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 본 연구에서 개발한 평가과제 결과에서 기억력 문제가 발견된 아동들을 전문적인 치료기관으로 연계해 줌으로써, 임상장면에서 주의력결핍 과잉행동장애나 학습장애가 의심되는 아동을 조기에 진단하고 개입할 수 있도록 도움을 주는 데 활용할 수 있을 것으로 생각된다. 이를 위해서는 본 평가 도구의 연령별 규준과 변별타당도를 산출하기 위한 추후 연구가 이루어져야 할 것이다.

본 연구에서 개발한 기억력 평가과제는 몇 가지 제한점을 지닌다. 첫째, 본 평가과제는 표준화된 검사가 아니기 때문에 측정치는 개인 내적인 비교만 가능하며, 기억력 수준에 대한 대략적인 정보만 제공할 수 있을 뿐이다. 가령, 인지훈련 전후에 아동이 사전평가에 비해 사후평가에서 얼마나 수준이 향상되었는지 비교하고 검토하는 용도로는 유용하게 사용될 수 있다. 그러나 동일 연령대 아동의 표준점수에 입각한 비교를 통해서 특정 아동의 수행 수준에 대한 객관적인 평가치 산출은 제공하지 못하기 때문에 진단을 목적으로 하는 임상 검사로는 사용될 수 없다. 진단을 위한 임상검사에는 기억기능 외에도 주의력 및 집행능력, 실행기능, 지능 등 전반적인 신경심리평가가 반드시 포함되어야 한다. 둘째, 본 과제는 평가 및 결과해석 절차를 전문가가 직접 실시하는 것이 아니기 때문에, 아동의 기억과 작업기억에 미칠 수 있는 우울이나 불안 등의 잠재적인 영향을 배제한 결과를 제공하지 못한다는 제한점이 있다. 따라서 만일 아동이 본 연구에서 개발한 기억력 평가과제에서 주의력이나 기억력의 문제가 의심되는 수행을 보인다면, 정확한 진단을 위해 전문적인 기관을 방문하여 일대일로 실시하는 개별 신경심리검사와 인지적, 정서적, 행동적인 문제를 평가하는 심리학적 진단 평가를 받아보는 것이 반드시 필요하다.

결 론

본 연구에서는 학습에서 중요한 역할을 하는 청각언어 기억력, 시각공간 기억력, 청각언어 작업기억력, 시각공간 작업 기억력 등을 간편하고 효율적으로 평가하기 위해 8-10세 학령기 아동용 스마트기기를 사용한 기억력 평가과제를 개발하였다. 본 평가과제에서 아동들은 연령이 8세에서 10세로 증가함에 따라 기억 및 작업기억기능이 향상되는 발달적 경향성을 보였을 뿐만 아니라 기존 표준화된 검사도구와도 경도-중등도 수준의 유의미한 상관을 보여, 본 평가과제가 다양한 기억기능을 타당하게 평가할 수 있음을 보여주었다. 본 연구에서 개발한 기억력 평가과제는 기존의 표준화된 검사도구에 비해 집, 학교, 놀이방과 같이 실생활 평가 상황을 구현했다는 것이 장점이며, 이로써 통제된 검사실에서 뿐만 아니라 실생활에까지 평가 결과를 일반화할 수 있는 가능성을 높여 주었다. 또한 실시 절차 및 결과해석을 자동화함으로써 전문

치료기관을 방문하지 않아도 간편하게 기억기능을 평가할 수 있도록 하였다. 이를 통해 일반 가정 및 교육기관에서 아동의 기억기능을 간편히 평가하고, 만일 아동이 기억기능에 문제가 있는 경우에 기억력 훈련 전후의 효과를 비교하는 용도로 유용하게 사용할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 주의력결핍 과잉행동장애나 학습장애 등에 대한 고위험 아동들을 선별하여 임상기관으로 연계하여 전문 기관에서 조기진단 및 개입을 하는 데에 도움을 줄 수 있음이 시사되었다.

중심 단어: 전산화된 인지능력 평가과제·청각언어 기억력·시각공간 기억력·청각언어 작업기억력·시각공간 작업기억력.

Conflicts of Interest

The authors have no financial conflicts of interest.

References

- 1) **Delis DC, Kramer JH, Kaplan E, Ober BA.** The California verbal learning test-second edition (CVLT-II). San Antonio: Psychological Corporation;1994.
- 2) **August GJ.** Production deficiencies in free recall: a comparison of hyperactive, learning-disabled, and normal children. *J Abnorm Child Psychol* 1987;15:429-440.
- 3) **Rourke BP, Ahmad SA, Collins DW, Hayman-Abello BA, Hayman-Abello SE, Warriner EM.** Child clinical/pediatric neuropsychology: some recent advances. *Annu Rev Psychol* 2002;53:309-339.
- 4) **Gathercole SE, Baddeley AD.** The children's test of nonword repetition. San Diego: Psychological Corporation;1996.
- 5) **Isaacs EB, Vargha-Khadem F.** Differential course of development of spatial and verbal memory span: a normative study. *Br J Dev Psychol* 1989;7:377-380.
- 6) **Moely BE, Olson FA, Halwes TG, Flavell JH.** Production deficiency in young children's clustered recall. *Dev Psychol* 1969;1:26-34.
- 7) **Shin MS.** Standardization study for the Korean version of the Luria-Nebraska Neuropsychological Battery for Children I: scale construction, reliability & norms for the Korean version of LNNB-C. *J Korean Acad Child Adolesc Psychiatry* 1994;5:54-69.
- 8) **Shin MS, Koo HJ, Kim SK.** Korean developmental scoring system for the rey-osterrieth complex figure. Seoul: Mindpress;2009.
- 9) **Park K.** KEDI-WISC manual. Seoul: Korean Educational Institute; 1991.
- 10) **Berch DB, Krikorian R, Huha EM.** The Corsi block-tapping task: methodological and theoretical considerations. *Brain Cogn* 1998;38: 317-338.
- 11) **Shin MS, Lee J, Oh S, Kim I, Hong C, Kim S.** Development and validation of computerized attention tasks using smart devices for pre-school aged children. *J Korean Acad Child Adolesc Psychiatry* 2015; 26:104-111.
- 12) **Karapetsas A, Kantas A.** Visuomotor organization in the child: a neuropsychological approach. *Percept Mot Skills* 1991;72:211-217.