

박사학위논문

작업기억 검사의 타당화와
경계선급 지능 아동의 작업기억 특성 분석

Validation of the Working Memory Test and Analysis of
Working Memory Characteristics of Children with Borderline
Intellectual Functioning

서울교육대학교 교육전문대학원

교육심리 · 상담 · 특수교육전공

이 새 별

2020년 2월

작업기억 검사의 타당화와
경계선급 지능 아동의 작업기억 특성 분석

Validation of the Working Memory Test and Analysis of
Working Memory Characteristics of Children with Borderline
Intellectual Functioning

지도교수 강 옥 려

이 논문을 교육학 박사학위 논문으로 제출함

서울교육대학교 교육전문대학원

교육심리 · 상담 · 특수교육전공

이 새 별

2019년 11월

이 새 별의

교육학 박사학위 논문을 인준함

심사위원장 김광수인

심사위원 이대석인

심사위원 손승현인

심사위원 홍성두인

심사위원 강목려인

서울교육대학교 교육전문대학원

2019년 12월

- 목 차 -

I. 서론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
2. 연구 문제	6
3. 용어 정의	6
가. 작업기억	7
나. 경계선급 지능 아동	8
II. 이론적 배경	9
1. 작업기억	9
가. 작업기억의 개념	9
나. 작업기억의 구성요소	10
다. 작업기억과 학습	20
2. 작업기억의 측정	26
가. 작업기억 측정과제	26
나. 국외 및 국내 작업기억 검사	30
다. 작업기억 측정상의 유의점	37
3. 경계선급 지능 아동	42
가. 경계선급 지능 아동의 개념 및 정의	42
나. 경계선급 지능 아동의 특성	44
다. 경계선급 지능 아동의 작업기억 특성	46
4. Rasch 측정 모형	52
가. 문항반응이론	52
나. Rasch 측정 모형의 개념 및 특성	54
다. Rasch 측정 모형을 활용한 작업기억 검사 타당도 검증	56

III. 연구1: 초등학생용 작업기억 검사의 타당화	59
1. 연구대상	59
2. 측정도구	60
가. 작업기억 검사	60
3. 연구절차	62
가. 검사 도구 제작	62
나. 검사자 훈련	65
다. 작업기억 검사 실시	66
4. 자료분석	71
5. 연구결과	74
가. 연구 대상자에 대한 기술 통계	74
나. 작업기억 검사 도구의 타당도 검증	75
다. 작업기억 검사 도구의 신뢰도 검증	98
라. 최종 검사 확정	99
IV. 연구2: 경계선급 지능 아동의 작업기억 특성 분석	101
1. 연구대상	101
2. 측정도구	103
가. 한국 웨슬러 아동용 지능검사	103
나. 작업기억 검사	103
3. 연구절차	104
가. 대상 아동 모집 및 선정	105
나. 지능검사 실시	105
다. 작업기억 검사 실시	105
4. 자료분석	106
5. 연구결과	107
가. 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 하위요소별 기술 통계	107

나. 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 하위요소별 차이 분석	109
다. 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 발달 특성 분석	111
라. 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 소검사 수준의 특성 분석	115
마. 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 검사과정 중 반응 비교	120
V. 논의 및 결론	122
1. 논의	122
가. 작업기억 검사의 타당도와 신뢰도 검증	122
나. 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 특성	126
2. 결론 및 제언	129
가. 결론	130
나. 연구의 의의	131
다. 제한점 및 제언	133
참고문헌	135
Abstract	160
부록	167

- 표 목차 -

<표 II-1> 표준화 또는 타당화된 국외 작업기억 검사(연도순)	34
<표 II-2> 국내 연구에 사용된 작업기억 검사 과제(연도순)	38
<표 II-3> 고전검사이론과 문항반응이론의 비교	53
<표 III-1> 연구 대상자의 성별 및 나이	60
<표 III-2> 작업기억 검사 요약	61
<표 III-3> 예비 검사 최종 분석대상의 성별 및 나이	67
<표 III-4> 예비 검사의 소검사별 기술통계와 신뢰도	67
<표 III-5> 본 검사 연구 대상의 성별 및 나이	70
<표 III-6> 본 검사의 소검사별 기술통계	71
<표 III-7> 작업기억 검사 하위요소별 기술통계	74
<표 III-8> 작업기억 검사 모형 적합도 지수 비교	77
<표 III-9> 작업기억 검사 하위요소별 고유값	78
<표 III-10> 음운루프(검사 1, 2, 6)의 문항 적합도 지수	81
<표 III-11> 시공간잡기장(검사 3, 4, 7)의 문항 적합도 지수	83
<표 III-12> 중앙집행기(검사 5, 8)의 문항 적합도 지수	86
<표 III-13> 음운루프의 Mantel-Haenzel Chi-square statistic	91
<표 III-14> 시공간잡기장의 Mantel-Haenzel Chi-square statistic	94
<표 III-15> 중앙집행기의 Mantel-Haenzel Chi-square statistic	97
<표 III-16> 피험자 분리신뢰도와 분리지수	98
<표 III-17> 초등학생용 작업기억 검사도구 타당도 검증 후 제거 문항	100
<표 IV-1> 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 성별 및 연령	102
<표 IV-2> 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 지능검사 결과	103
<표 IV-3> 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 하위요소별 기술 통계	107

- 표 목차 -

<표 IV-4> 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 소검사별 작업기억 폭	109
<표 IV-5> 정규분포성 가정과 등분산 가정의 검증 결과	110
<표 IV-6> 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 하위요소별 t 검증	110
<표 IV-7> 집단과 학년에 따른 작업기억 세 하위요소의 MANOVA 결과	112
<표 IV-8> 일반 아동의 작업기억 하위 소검사 간의 상관분석 결과	116
<표 IV-9> 경계선급 지능 아동의 작업기억 하위 소검사 간의 상관분석 결과	116
<표 IV-10> 이분형 로지스틱 회귀분석의 결과	118
<표 IV-11> 이분형 로지스틱 회귀 분류표	118
<표 IV-12> 정규분포성가정과 등분산 가정의 검증 결과	119
<표 IV-13> 간섭과제 정답율에서 집단 간 차이 t 검증	120

- 그림 목차 -

[그림 II-1]	초기 작업기억의 다중요소모델	10
[그림 II-2]	수정된 작업기억의 다중요소모델	11
[그림 II-3]	지각에서 작업기억으로 정보의 흐름에 대한 견해	12
[그림 II-4]	작업기억 구성요소의 발달	21
[그림 II-5]	작업기억의 개인차	22
[그림 III-1]	연구 1의 연구절차	63
[그림 III-2]	작업기억 검사 하위요소별 점수의 Histogram과 Density	73
[그림 III-3]	경쟁 모형의 확인적 요인분석	76
[그림 III-4]	연구 모형의 확인적 요인분석	77
[그림 III-5]	음운루프의 스크리 도표	78
[그림 III-6]	시공간잡기장의 스크리 도표	78
[그림 III-7]	중앙집행기의 스크리 도표	78
[그림 III-8]	음운루프 59문항의 Item Map	80
[그림 III-9]	시공간잡기장 54문항의 Item Map	83
[그림 III-10]	중앙집행기 35문항의 Item Map	85
[그림 III-11]	음운루프 59문항의 피험자×문항 분포도	87
[그림 III-12]	시공간잡기장 54문항의 피험자×문항 분포도	88
[그림 III-13]	중앙집행기 35문항의 피험자×문항 분포도	89
[그림 III-14]	음운루프 LR-test의 그래픽 모델 확인	91
[그림 III-15]	시공간잡기장 LR-test의 그래픽 모델 확인	93
[그림 III-16]	MB 2번, 3번, 12번과 A 6번 문항 내용	96
[그림 III-17]	중앙집행기 LR-test의 그래픽 모델 확인	96

- 그림 목차 -

[그림 IV-1] 연구 2의 연구절차	102
[그림 IV-2] 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 점수 분포	108
[그림 IV-3] 음운루프의 Scatterplot	113
[그림 IV-4] 시공간잡기장의 Scatterplot	114
[그림 IV-5] 중앙집행기의 Scatterplot	114

논 문 요 약

작업기억 검사의 타당화와 경계선급 지능 아동의 작업기억 특성 분석

이 새 별

서울교육대학교 교육전문대학원

교육심리 · 상담 · 특수교육전공

(지도교수 강 옥 려)

경계선급 지능 아동이란, 표준화된 지능검사 결과 -1과 -2 표준편차 사이의 지능지수 70이상 85이하에 속하는 아동을 의미한다. 경계선급 지능 아동들은 취학 전 언어 및 학업에서의 문제를 크게 인식하지 못한 채 학교에 진학하는 경우가 대부분이고, 취학 후에는 학업 수행의 어려움을 겪게 된다. 경계선급 지능 아동의 출현율은 전체 아동의 대략 13.59%에 이르는 것으로 추정되며, 이는 학급당 약 2-3명 정도이다. 이들의 학습 · 정서 · 행동 · 사회적 특성은 인지적 결함으로 인한 악순환의 상호작용 결과로, 인지능력 향상을 위한 교육 및 훈련은 결과적으로 학업기술 향상 뿐 아니라 학교 적응 문제 예방에도 기여할 것으로 보인다

다.

인지능력은 주로 지능으로 대표되며, 지능은 읽기와 산수 등 학습 기술의 수행력을 예측할 수 있는 가장 중요한 단일 요인으로 간주되어 왔다(Stothard & Hulme, 1992). 그러나 최근 지능과 작업기억을 비교하는 연구에서 학업성취도를 더 타당하게 예측하는 요인으로 작업기억이 대두되고 있다(Alloway & Alloway, 2010). 작업기억은 정보를 일시적으로 보유하고 조작하는 정신적 작업공간으로, 작업기억 능력의 개인차는 ‘여러 정보를 기억하면서 동시에 교사의 지시에도 주의를 기울여야 하는 일반학교 수업’에서 과제수행의 차이를 초래하게 된다. 따라서 작업기억의 결함이 학습과 학업성취에 영향을 미치기 전에, 조기에 아동의 작업기억 결함을 확인하고 교육적인 지원을 제공하는 것은 필수적이다. 또한 이를 위해서는 작업기억을 구체적으로 개념화하고 학교 현장에서 이를 타당하게 측정할 수 있는 검사도구가 필요하다.

작업기억 검사 도구는 국내에 아직 표준화된 검사 도구가 없어, 연구들에서 활용한 검사과제의 명칭과 측정 영역이 통일되지 않는 문제점이 있었다(김우리, 고은영, 2015). 또한 작업기억 검사를 타당화한 연구들을 검토한 결과, 성인을 대상으로 하거나(임경열, 최애지, 2017), 터치모니터가 필요하여 일반 학교에서 활용이 어려웠다(신민섭 등, 2016). 그리고 컴퓨터 기반 검사이더라도 개별로 실시되어 시간과 비용이 많이 들거나(김희수 등, 2002; 도경수, 이은주, 2006; 백수진 등, 2007), 집단으로 실시되는 경우에도 문항 응답은 지필형태여서 개인별로 문항제시 시간이 통제되지 않는 단점들이 있었다(이한규, 2011).

본 연구에서는 이러한 단점들을 보완하여 학교 현장에서 손쉽게 활용할 수 있도록 컴퓨터 기반 개인검사이지만 집단으로 실시가 가능하고 초등학생을 대상으로 하는 작업기억 검사를 제작하였다. 검사도구 제작은 Baddeley(2000)의 다중요소모델에 근거하였으며, 제작 과정은 다음과 같다. 먼저 기존의 연구들에 활용된 작업기억 검사과제(곽금주, 2011; 백수진 등, 2007; 송중용, 1999; 진애영, 2018, Alloway, 2013; Stone & Towse, 2015)들을 수정·보완하여 3개의 하위요소에

따라 8개 소검사로 이루어진 작업기억 검사 도구의 흐름도를 작성하였다. 제작한 검사도구 내용은 관련 분야 전문가(교육심리 및 특수교육 교수 3인, 국어교육과 박사과정 2인)에게 내용타당도를 검증받았다. 검증받은 검사도구 콘티를 S대 컴퓨터공학 전공자에게 의뢰하여 다양한 컴퓨터 운영체제에서 사용할 수 있고, 실험 환경의 제약이 적으며, 웹 기술을 사용하여 스마트폰 웹, 앱 환경에 익숙한 피실험자인 초등학생들에게 친숙한 UI, UX 바탕의 검사 프로그램을 제작하였다. 프로그램 개발 도구는 Electron 2.0.4이고, 프로그래밍 언어는 Node.js 10.15.0, 프레임워크는 Vue.js 2.5.16이다.

이러한 과정을 거쳐 제작된 작업기억 검사를 초등학생을 대상으로 타당화하기 위해 S초등학교 252명을 대상으로 작업기억 검사를 실시하였다. 수집된 자료는 확인적 요인분석을 통해 음운루프(숫자폭, 역순 숫자폭, 철자폭), 시공간잡기장(매트릭스폭, 역순 매트릭스폭, 화살폭), 그리고 중앙집행기(읽기폭, 대칭폭)로 구조화되었다. 중앙집행기는 연구자들에 따라 역순 기억과제로 측정되기도 하고(박지은, 안성우, 2012; 정소라, 김동일, 2017; Ackerman, Beier & Boyle, 2005; Alloway, 2007; Gathercole et al., 2004), 복합 폭 과제로 측정되기도 하는데(김성만, 2008; 임경열, 최애지, 2017; Colom et al., 2005; Rosen & Engle, 1997), 본 연구결과(요인분석)에 따르면, 역순 기억과제보다는 복합 폭 과제가 더 타당한 것으로 나타났다. 즉, 역순 숫자폭은 음운루프를, 역순 매트릭스폭은 시공간잡기장을 측정하는 구인으로 더 적합한 것으로 나타났다. 이렇게 세 하위요소별로 구조화된 작업기억 검사 도구는 Rasch 측정 모형을 활용하여 문항 적합도 지수, 피험자 적합도 지수, 피험자×문항분포도, 차별기능문항, 그리고 피험자 분리신뢰도와 분리지수를 통해 타당도와 신뢰도가 검증되었다.

타당화된 작업기억 검사 도구를 활용하여 경계선급 지능 아동(30명)과 일반 아동(30명)의 작업기억을 측정하고 비교·분석한 결과와 논의는 다음과 같다. 첫째, 경계선급 지능 아동은 일반 아동에 비해 작업기억 수행 능력이 저조하며, 작업기억 폭이 세 하위요소 모두 약 2개 정도 적은 것으로 나타났다. 따라서 이들을 대

상으로 하는 수업활동에서는 한 번에 제공되는 정보의 양은 일반 아동을 대상으로 할 때보다 적게 제공하여야 하고, 교사의 지시사항은 한 번에 1-2개로 제한되어야 한다.

둘째, 경계선급 지능 아동의 작업기억 발달은 연령이 높아짐에 따라 점차 향상되는 경향을 보이거나 연령이 증가해도 집단 간 차이가 유지되는 경향을 보였다. 이러한 결과를 볼 때, 가능한 학령기 초기에 이러한 아동들을 선별 및 진단하여 작업기억 조기 중재를 통해 작업기억을 향상시키려는 교육적 노력이 필요하다.

셋째, 작업기억 소검사 수준에서는 경계선급 지능 아동의 소검사 간 상관관계가 일반 아동과는 다른 양상으로 나타났으며, 경계선급 지능을 가장 잘 판별해주는 소검사 변인은 읽기폭, 매트릭스폭, 철자폭으로 나타났다. 따라서 경계선급 지능 아동을 빠른 시간 안에 대략적으로 선별할 필요가 있을 때 이 세 가지 소검사를 활용할 수 있다.

넷째, 읽기폭 및 대칭폭의 간섭과제 정답을 분석 결과, 경계선급 지능 아동의 언어적 정보처리는 일반 아동보다 낮은 수행을 보이고, 시공간적 정보처리는 일반 아동과 차이가 없는 것을 알 수 있었다. 즉, 경계선급 지능 아동에게 정보를 제공할 때에는 언어적 정보와 함께 시공간적 정보를 제공하는 것이 권장된다.

이 외에 검사 과정에서 나타난 반응을 질적으로 분석한 결과에서는 기억전략의 부족, 기능 숙달을 위한 반복의 필요성, 실패에 대한 두려움, 낮은 자아존중감과 같은 정서적 특성을 나타냈으며, 이에 대한 교육적 중재가 필요하다는 시사점을 얻을 수 있었다.

본 연구의 제한점과 이에 따른 제언은 다음과 같다. 첫째, Rasch 측정 모형을 활용하여 신뢰도와 타당도를 검증하는 과정에 있어서 작업기억과 관련된 표준화된 검사가 없어 공인 타당도와 변별 타당도를 검증하지 못했다. 추후 연구에서는 이를 보완하여 기존 인지 검사들의 하위과제와 작업기억 하위요소와 비교하여 관련이 있는 검사들을 활용하여 공인 타당도와 변별 타당도를 검증해볼 필요가 있다. 둘째, 표본 표집이 일부 지역에만 편중되었다는 점이다. 후속 연구로 지역

을 고려한 표집의 다양화를 통해 작업기억 검사 도구의 직접적 활용에 대한 기준을 마련하는 것이 필요하겠다. 셋째, 본 연구는 작업기억 검사를 타당화하고 특성을 분석하는 데에 그치고 있다. 추후 경계선급 지능 아동의 작업기억을 향상시킬 수 있는 중재 프로그램을 구성한 후 그 적용 효과를 살펴보는 연구가 필요하겠다.

위와 같은 제한점이 있음에도 불구하고 본 연구는 다음과 같은 의의가 있다. 첫째, 컴퓨터 기반의 초등학생용 작업기억 검사 도구를 제작하고 Rasch 측정 모형을 활용하여 검사의 타당도를 검증하였다. 이 검사는 컴퓨터 기반으로 제작하여 검사자 변인을 통제하였으며, 개인검사이지만 여러 명을 한 번에 검사할 수 있는 유용성도 갖추었다. 둘째, 작업기억 하위요소 측정과 관련하여 역순 기억과제는 단기기억의 측정에 더 적합하고, 중앙집행기는 복합 폭 과제로 측정하는 것이 더 적합하다는 최근 연구들의 결과를 뒷받침하였다. 셋째, 문항반응이론을 적용하여 검사를 구성하는 문항 하나하나에 근거하여 보다 상세하고 질적인 분석을 통해 검사의 타당도와 신뢰도를 검증하였다. 넷째, 교육의 사각지대에 놓인 경계선급 지능 아동들의 인지적 특성 중의 하나로 작업기억 능력의 특성을 파악하고 이들을 교육적으로 지원할 수 있는 방안을 마련하기 위한 기초연구로서의 의의가 있다.

주요어: 작업기억 검사, 경계선급 지능 아동, 작업기억 특성, 음운루프, 시공간 잡기장, 중앙집행기

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

경계선급 지능 아동(Borderline Intellectual Functioning)이란, 표준화된 지능검사 결과 -1과 -2 표준편차 사이의 지능지수 70이상 84이하에 속하는 아동을 의미한다(DSM-IV-TR, 2000). 경계선급 지능 아동은 초기 언어발달이 느리고 추상적인 개념의 이해가 어렵다(Shaw, 2010). 또한 추론능력, 논리력 등의 상위인 지능력 결손으로 인한 지식의 논리적 조직화와 일반화가 어렵고(Gabriele et al., 1998; Verguts & Deboeck, 2001), 단기기억과 작업기억 등 기억력이 부족한 것이 특징이다(Alloway, 2010). 이러한 인지적 어려움은 학습은 물론 정서·행동·사회적 특성에 직접 혹은 간접적으로 영향을 미치게 되는데, 자신의 연령에서 요구되는 발달 수준에 도달하지 못한 채 낮은 성취와 반복된 실패 경험으로 인하여 연령이 증가할수록 자존감이 낮아지고, 우울, 고립 등의 정서적 문제를 야기할 수 있다(정희정, 이재연, 2008). 또한 사회성 기술과 상황인식 능력 부족으로 또래에서 소외되고 따돌림이나 학교폭력의 피해자가 되는 경우도 흔하며, 충동과 감정조절능력이 부족하여 공격성 등이 나타나 형사 범죄에 연루되기도 쉽다(EBS 뉴스 심층취재, 2014).

경계선급 지능 아동들은 취학 전 언어 및 학업에서의 문제를 크게 인식하지 못한 채 학교에 입학하는 경우가 대부분이고, 취학 후에는 학업 수행의 어려움으로 공부를 못하는 아이, 학습부진아동 등으로 판단되어 ‘두드림학교’와 같은 학습부진 프로그램에 의뢰된다. 즉, 이들은 특수교육 서비스를 받을 만큼의 지적장애를 지닌 것으로 진단되지 않아 교육적 지원에서 제외되고(김주영, 김자경, 2016), 교육의 사각지대에 놓여 있는 실정이다. 하지만 경계선급 지능 아동들이 일반교육 서비스로는 교육적 효과를 보지 못하고 있고(Kazanowski, 2004), 학년이 올라갈수록 일반학생과 경계선급 지능 아동들의 학업성취 격차가 점점 커지게 되며

(김근하, 2009), 이로 인해 이들의 자존감은 낮아지고 학교적응의 실패로 이어지게 된다(정희정, 이재연, 2008).

경계선급 지능 아동의 출현율은 지능에 대한 정규분포로 볼 때, 전체 아동의 대략 13.59%에 이르는 것으로 추정되며, 이러한 추정치를 2018년 통계청 자료에 단순 적용하면 초등학생 전체 270만명 중 약 36만명에 해당한다. 이들이 12만개의 일반학교 학급 내 분포한다고 가정하고 계산해보면 학급당 약 2~3명 정도의 출현율이 나타나므로, 경계선급 지능 아동에 대한 체계적인 연구와 지원이 절실히 요구된다. 이들의 학습·정서·행동·사회적 특성은 인지적 결함으로 인한 악순환의 상호작용과 관련되기 때문에(Chauhan, 2011), 인지능력 향상을 위한 교육 및 훈련은 결과적으로 학업 기술 향상뿐 아니라 학교 적응 문제 예방에도 기여할 것으로 보인다.

인지능력은 주로 지능으로 대표되며, 지능은 읽기와 산수 등 학습 기술의 수행력을 예측할 수 있는 가장 중요한 단일 요인으로 간주되어 왔다(Stothard & Hulme, 1992). 학습 기술의 수행력은 학업성취도로 드러나는데, Alloway와 Alloway(2010)는 5세 아동을 대상으로 6년 뒤의 학업성취도를 예측하는 요인으로 지능과 작업기억(Working Memory)을 비교하는 연구에서 학업성취도를 더 타당하게 예측하는 것은 작업기억이었음을 밝혀냈다.

지능과 작업기억과의 관계는 학자들마다 다른 견해를 보이는데, Jensen(1998)은 정보처리의 개인차는 작업기억 용량의 차이에서 비롯되므로 작업기억 용량과 지능이 동일하다고 주장하였고, Stauffer 등(1996)은 일반지능을 나타내는 요인과 작업기억을 나타내는 요인 사이에 높은 상관관계(.995)를 발견하고 유사개념이라 주장하였다. 또 다른 학자들은 작업기억과 지능의 관련성이 높지 않다고 주장하기도 하며(Deary, 2000; Kline, 2000), 작업기억과 지능이 어떻게, 얼마나 관련되어 있는지를 알기 위해서는 추가적인 연구가 필요하다는 연구자들도 있다(Ackerman, Beier, & Boyle, 2002). 따라서 지능과 작업기억은 어느 정도의 상관관계는 있지만, 동일한 것으로 간주할 수는 없다.

한편, 지능은 부모의 교육수준, 경제적 능력, 그리고 문화권과 밀접한 관련이 있는 반면(Walker et al., 1994), 작업기억은 부모의 교육수준(Alloway et al., 2004), 경제적 능력(Engle et al., 2008), 문화권(Alloway et al., 2014)과의 상관없이 학생의 학습잠재력만을 측정하는 장점이 있다. 따라서 경계선급 지능 아동들의 작업기억 특성을 살펴보는 것은 이들의 학습잠재력을 파악하는 것으로서의 의미가 있다.

이러한 작업기억은 정보를 일시적으로 보유하고 조작하는 정신적 작업공간을 의미한다(Baddeley & Hitch, 1974; Just & Carpenter, 1992). 작업기억의 대표적인 모델은 Baddeley와 Hitch(1974)가 제시한 다중요소모델(multiple component model)이며, 이는 언어 정보를 일시적으로 저장하는 음운루프(phonological loop), 시공간적 정보를 일시적으로 저장하는 시공간잡기장(visuospatial sketchpad), 주의를 제어하고 음운루프와 시공간잡기장의 정보를 조정하는 중앙집행기(central executive)의 세 가지 요소로 구성되어 있었다. 그런데 2000년에 들어서면서 Baddeley는 세 하위요소 외에 장기기억과의 연결을 담당하며 다차원적 정보에 에피소드로 묶는 역할의 일화버퍼(episodic buffer)를 추가하였다.

위와 같이 여러 하위요소로 구성되어 정보의 저장과 처리에 관여하는 작업기억은 4세~15세에 선형적으로 증가하며 15세경에 성인 수준에 도달한다(Gathercole et al., 2004). 작업기억 능력은 개인마다 차이가 있어, 동일 연령 내에서도 ± 3 년의 범위에 걸쳐 차이가 날 수도 있다(Gathercole & Alloway, 2008). 이러한 작업기억 능력의 개인차는 '여러 정보를 기억하면서 동시에 교사의 지시에도 주의를 기울여야 하는 일반학교 수업'에서 과제수행의 차이를 가져오게 된다.

실제로 작업기억 능력과 영어, 수학, 과학 과목의 국가 교육과정 평가 점수와 의 상관관계를 분석한 결과(Gathercole et al., 2004), 7세에서는 영어와 수학에서 작업기억과 유의한 상관이 있었고, 14세에서는 수학과 과학에서 작업기억과의 높은 상관이 있었다. 또한 작업기억이 읽기능력과 읽기이해(Gathercole et al., 2006;

Swanson, Zheng, & Jerman, 2009), 수학연산과 수학문제해결(Geary et al., 2004; Swanson & Jerman, 2006), 구두표현과 듣기이해(Cain, Oakhill, & Bryant, 2004), 쓰기표현(Hoskyn & Swanson, 2003)과 밀접한 관련이 있는 것으로 밝혀졌다.

따라서 작업기억에 결함이 있는 경우, 수업 내용을 기억하지 못하고(Engle, Carullo, & Collins, 1991), 정보의 저장 및 처리가 필요한 복잡한 과제를 수행하지 못하므로(Gathercole & Alloway, 2008), 읽기, 수학 등 학습과 관련된 핵심적 영역에서 낮은 학업성취도를 보이게 되는 것이다. 이렇듯 작업기억의 결함은 학습과정과 학업적 기술 습득에 제약을 주므로(Gathercole et al., 2005), 학년이 올라갈수록 학습 기술 습득과 학업성취에서 또래에 비해 점점 더 크게 뒤처지게 된다(Alloway et al., 2009). 즉, 작업기억 결함이 학습과 학업성취에 영향을 미치기 전에, 초기에 아동의 작업기억 결함을 확인하고 교육적 지원을 하기 위해서는 작업기억을 구체적으로 개념화하고 학교 현장에서 이를 타당하게 측정할 수 있는 검사도구가 필요하다.

작업기억의 측정은 지능검사(K-WISC-IV)에서의 숫자폭과 같은 단순 폭 과제부터, 정보의 저장과 처리를 동시에 요구하는 이중과제 및 서로 다른 양식의 정보를 제공하는 변형된 이중과제의 사용에 이르기까지 매우 다양하게 이루어지고 있다(Yuan et al., 2006). 표준화된 작업기억 검사에는 Swanson(1995)의 인지 처리 검사(S-CPT), Pickering과 Gathercole(2001)의 아동용 작업기억 능력 검사(WMTB-C), Alloway(2007)의 컴퓨터를 기반으로 한 작업기억자동평가(AWMA), 이를 보완한 개정판 AWMA-2(Alloway, 2013) 등이 있다. 또한 최근에는 온라인 기반의 사용자 편의성을 높인 Englund 등(2014)의 WOMBAT, Hicks, Foster & Engle(2016)의 OWL 등의 검사도구들이 개발되었다. 이러한 흐름을 따라 Stone과 Towse(2015)는 작업기억 능력 검사(WMTB)를 오픈 소스로 제공하여 작업기억을 연구하는 연구자들이 자유롭게 검사를 수정하여 제작할 수 있는 Java 기반의 프로그램을 온라인에 공개하였다.

이에 반해 국내에서는 작업기억 관련 연구들이 꽤 누적되었음에도 불구하고, 아직 표준화된 작업기억 검사도구가 없어, 각 연구에서 활용한 작업기억 검사과제의 명칭과 측정 영역이 통일되지 않는 한계가 있다(김우리, 고은영, 2015). 또한 작업기억 검사를 타당화한 연구들을 검토한 결과, 임경열과 최애지(2017)의 복합 작업기억 검사는 성인용으로 초등학생들에게 적용하기 어려운 단점이 있다. 신민섭 등(2016)의 스마트기기를 활용한 기억력 과제는 터치모니터가 필요하여 학교 컴퓨터실에서 검사도구로 활용하기에 어려운 점이 있다.

한편, 김희수 등(2002), 도경수와 이은주(2006), 그리고 백수진 등(2007)은 기존 연구에서 사용한 검사도구를 각각의 연구대상에 맞게 수정하여 컴퓨터 기반 검사를 개발하였다. 그러나 피험자의 반응을 검사자가 관리하는 체계로, 집단검사 아닌 개인검사로 진행해야 하므로 시간과 비용이 많이 드는 현실적인 어려움이 있다.

이에 이한규(2011)는 아동용 작업기억용량검사(Pickering & Gathercole, 2001)를 우리나라 초등학생에 맞게 수정하여 집단검사가 가능하도록 작업기억 검사를 제작하였다. 하지만 종이 답안지에 답을 작성하는 방식의 집단검사는 개인마다 수행속도가 달라서 더 빨리, 기억과제를 미리 적어두는 변인 통제가 어렵다는 점의 문제점이 있다. 이러한 문제와 관련하여 Conway 등(2005)은 복합 폭 과제는 한 번에 두 명 이상에게 실시하지 않도록 제안한 바 있다. 즉, 집단검사가 가능하기 위해서는 개인별로 검사가 각각 진행될 수 있도록 문항을 제시할 수 있어야 할 뿐만 아니라 응답입력도 컴퓨터 프로그램으로 관리되는 검사가 필요하다.

학교 현장에서 손쉽게 활용할 수 있도록 컴퓨터 기반 개인검사이지만 집단으로 실시가 가능하고, 초등학생을 대상으로 하는 작업기억 검사가 필요함에 따라 본 연구에서는 국외 표준화된 작업기억 검사와 국내 선행연구들이 사용한 작업기억 검사, 그리고 Stone과 Towse(2015)이 공개한 작업기억 검사과제 프로그램을 참고하여 국내 초등학생 수준에 맞게 수정된 작업기억 검사 도구를 제작하고자 한다. 이 검사 도구는 Baddeley(2000)의 작업기억 모델에 근거하여 음운루프,

시공간잡기장, 중앙집행기의 세 하위요소를 측정하며, 개인별로 검사를 받으며 동시에 집단으로 검사가 가능한 컴퓨터 기반 검사이다.

작업기억 검사 문항의 구성은 각 소검사별로 정보의 양식(modality)이 다르며, 모든 소검사는 기억해야 할 정보가 점차 늘어나 난이도가 점차 높아지는 구조이다. 따라서 검사 총점에 의해 문항과 피험자의 능력을 분석하는 고전검사이론보다는, 검사를 구성하는 문항 하나하나에 근거하여 피험자들의 잠재적 특성을 분석하는 문항반응이론을 적용하여 검사를 타당화하는 것이 더 적합한 것으로 판단된다. 이에 따라 본 연구에 활용된 모형은 문항반응이론의 여러 가지 모형 중에서도 그 이론의 간결함과 자료분석의 편리함을 갖추고, 문항 난이도로 피험자의 능력을 추정하는 Rasch 측정 모형이다.

이러한 과정을 거쳐 제작되고 타당화된 작업기억 검사 도구로 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 특성이 각 하위요소별로 어떻게 나타나는지 알아보고자 하였다. 본 연구를 통하여 발견된 연구결과들을 토대로 경계선급 지능 아동에 대한 중재 프로그램이 어떠한 점에 중점을 두어야 하는지, 유의점은 무엇인지 등에 대한 가이드라인을 제공하는 기초 자료로서의 근거를 제공할 수 있을 것이다.

2. 연구문제

본 연구는 먼저 초등학생용 작업기억 검사를 컴퓨터 기반 개인 검사로 제작하고, Rasch 측정 모형을 활용하여 타당도와 신뢰도를 검증한다. 그리고 검증된 검사 도구를 활용하여 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 특성을 비교하여 분석하고자 한다. 이를 위하여 다음과 같은 연구문제를 설정하였다.

연구 1. 초등학생용 작업기억 검사의 타당도와 신뢰도 검증

연구 문제 1-1) 초등학생용 작업기억 검사의 타당도를 검증한 결과는 어떠

한가?

연구 문제 1-2) 초등학생용 작업기억 검사의 신뢰도를 검증한 결과는 어떠한가?

연구 2. 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 특성 비교 분석

연구 문제 2-1) 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억은 하위요소별로 어떠한 차이가 있는가?

연구 문제 2-2) 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 발달 특성은 어떠한 차이가 있는가?

연구 문제 2-3) 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 소검사 수준의 특성은 어떠한 차이가 있는가?

3. 용어의 정의

가. 작업기억

작업기억(Working Memory)이란, 정보를 일시적으로 보유하고 조작하는 정신적 작업 공간(mental workspace)이다(Baddeley, 1996). 본 연구에서 작업기억은 정보를 저장하면서 동시에 처리하는, 제한된 용량의 정보 처리 능력으로 정의한다. 또한 본 연구에서는 Baddeley(2000)의 다중요소 작업기억 모델에 입각하여, 작업기억의 하위요소는 언어적 정보를 보유하는 음운루프(phonological loop), 시공간적 정보를 보유하는 시공간잡기장(visuospatial sketchpad), 정보를 저장하거나 처리할 때 장기기억과 연결하는 일화버퍼(episodic buffer), 다른 하위요소들 간에 주의력을 할당하고 통제하는 중앙집행기(central executive)의 네 가지로 정의한다. 단, 일화버퍼의 경우 기존 연구에서 일화버퍼 단독의 기능을 측정하기에는 어려움 문제점들이 제기되어(백준오, 2014) 본 연구의 검사 과제 선정에서는 일화버퍼를 제외하였다.

하위요소를 가리키는 용어가 초등학생과 학부모에게는 낯설 수 있으므로, 검사 결과를 안내할 때에는 언어 단기기억(음운루프), 시공간 단기기억(시공간잡기장), 언어 작업기억(중앙집행기+음운루프), 시공간 작업기억(중앙집행기+시공간잡기장)이라는 용어로 대체해서 설명하도록 한다.

나. 경계선급 지능 아동

경계선급 지능 아동이란, 표준화된 지능검사 결과 -1과 -2표준편차 사이의 지능지수 70~84에 속하는 아동을 말한다(DSM-IV-TR, 2000). K-WISC-IV의 기준에는 70~79를 경계선 지능으로 제시하고 있고, 기존 연구들에서는 지능지수 70~85(강옥려, 2016; 김근하, 2009), 71~84(김주영, 2018; 박현숙, 2018; 정희정, 이재연, 2008) 등으로 조금씩 다르게 제시하고 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 기준을 포괄하여, 표준화된 지능검사(K-WISC-IV)을 활용하여 측정하며, 지능지수 70~85에 해당하는 아동들을 경계선급 지능 아동으로 정의한다.

II. 이론적 배경

1. 작업기억

가. 작업기억(Working Memory)의 개념

1956년 초기 인지 이론가인 조지 밀러(George Miller)는 정보를 잠시 동안 저장하는 개념인 단기기억이 한 번에 7 ± 2 개의 항목을 기억할 수 있다는 점에서 제한적이지만, 정보를 하나의 의미 단위인 청크(chunk)로 묶음으로써 더 많은 것들을 기억할 수 있다고 보았다. 이어 1968년 Atkinson과 Shiffrin의 기억모델에서는 외부의 자극이 감각기억을 통해 입력되고 부호화를 통해 단기기억에 잠시 저장되며 시연, 인출전략을 통해 장기기억과 연결될 수 있다고 보았다. 이는 단기기억이 단순한 저장의 역할에 그치지 않고 인지 과정과 정보의 조작에 관여한다는 점에서 보다 능동적인 역할을 한다는 관점의 변화를 가져왔으며, 이러한 역할을 강조하기 위해 단기기억 대신 '작업기억'이라는 용어를 사용하게 되었다.

'작업기억'이라는 용어가 등장하면서, 많은 인지심리학자들은 작업기억과 단기기억에 대해 다른 견해를 주장하였다. Anderson(1990)은 단기기억과 작업기억이 단일 일반 기억 체계로서 거의 유사하다고 주장했고, Seamon과 Kenrick(1994)은 작업기억이 단기기억의 일부분이라고 주장하였다. 이와는 반대로 Cowan(1995)은 단기기억은 단순한 저장요소로 이루어져 있는 반면에 작업기억은 저장요소와 통제된 주의력 요소로 이루어져 있으므로 단기기억이 작업기억의 일부분이라고 주장하였다.

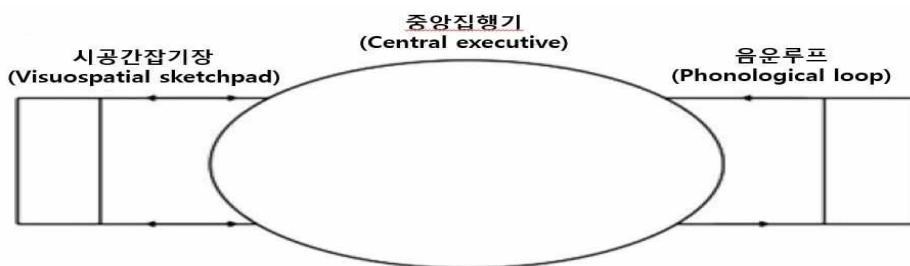
Cowan(1995)과 비슷한 견해를 보인 Baddeley(1992, 1996)는 작업기억이 단기기억의 개념을 포함하며 점차 대체해가고 있다고 정리하면서, 작업기억의 하위요소인 음운루프를 언어 단기기억(verbal short-term memory)으로, 시공간잡기장을

시공간 단기기억(visuo-spatial short-term memory)의 개념으로 설명하였다. 그리고 단기기억은 제시된 정보 중 일부를 잠시 동안 보유하는 특정 유형의 과제에 대한 수행으로 정의하고, 작업기억은 정보를 일시적으로 보유하고 조작하는 정신적 작업 공간(mental workspace)이라고 정의했다(Baddeley, 2105).

위와 같이, 인간의 기억과 관련된 처리과정 모델이 정교화되면서 작업기억은 초기에 단기기억의 처리과정을 설명하기 위한 용어로 혼용되었으나, 최근에는 정보를 수동적으로 단순히 보유하는 단기기억의 개념과 함께 정보의 조작까지 포함하는 개념으로 사용되고 있다.

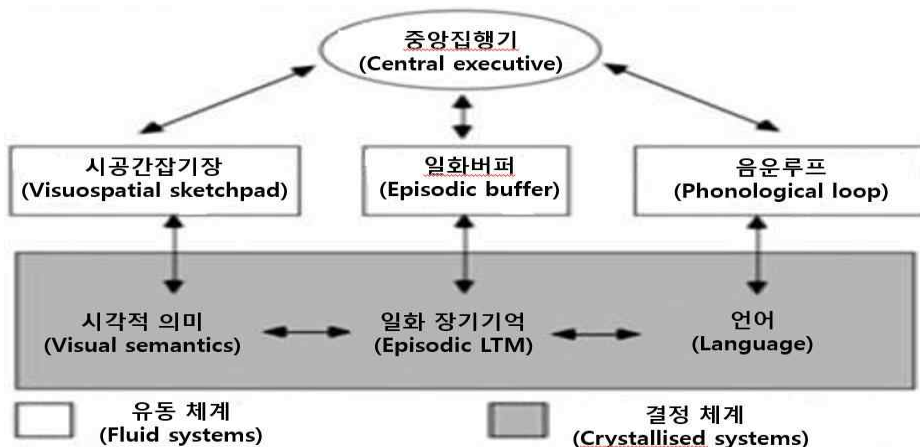
나. 작업기억의 구성요소

Baddeley와 Hitch(1974)는 초기에 작업기억의 구성요소를 중앙집행기(central executive)와 두 하위요소인 음운루프(phonological loop), 시공간잡기장(visuospatial sketchpad)으로 구성된 다중요소모델(multiple component model)을 제시하였다[그림 II-1]. 음운루프는 구어 정보를 일시적으로 저장하는 역할을 하는 것으로, 언어습득과 가장 밀접한 관계가 있다. 시공간잡기장은 짧은 시간 동안 시공간적 정보를 저장하며, 정신적 이미지의 생성과 조작에서 중요한 역할을 한다. 이 모델의 중심인 중앙집행기는 음운루프와 시공간잡기장의 정보를 조정하고, 제어 과정에서 전략을 선택하며, 주의집중, 저장, 장기기억과의 연결 역할을 하는 것으로 가정되었다.



[그림 II-1] 초기 작업기억의 다중요소모델(Baddeley & Hitch, 1974 p. 64)

2000년에 들어서면서 Baddeley는 중앙집행기가 저장능력이 없는 순수한 주의력 체계라는 가정을 만들면서 시각, 청각, 언어 등의 다차원적 정보가 결합되는 곳과 장기기억과의 연결이 이루어지는 곳에 대한 설명이 필요했다. 이를 위해 초기 다중요소모델에 일화버퍼(episodic buffer)를 추가하여 [그림 II-2]와 같이 수정된 작업기억 모델을 제시하였다. 수정된 모델의 주요 가정은 중앙집행기가 음운루프와 시공간잡기장에서 일화버퍼까지 정보의 접근을 중재하며, 일화버퍼는 장기기억과 연결되어 다차원적 정보를 유목화하거나 일화로 묶는 역할을 하는 것으로 가정되었다. 이 모델은 또한 음운루프와 장기기억 내 언어 지식과의 직접적인 연결, 시공간잡기장과 시각적 의미의 연결, 그리고 일화버퍼와 일화 장기기억의 연결을 포함한다. 그리고 이 모델에서 음영 부분은 후천적으로 경험을 통해 획득한 지식이 축적된 ‘결정’ 체계를 나타내며, 음영이 없는 부분은 선천적인 정신능력으로 주의집중 및 임시 저장과 같은 ‘유동’ 체계를 나타낸다.

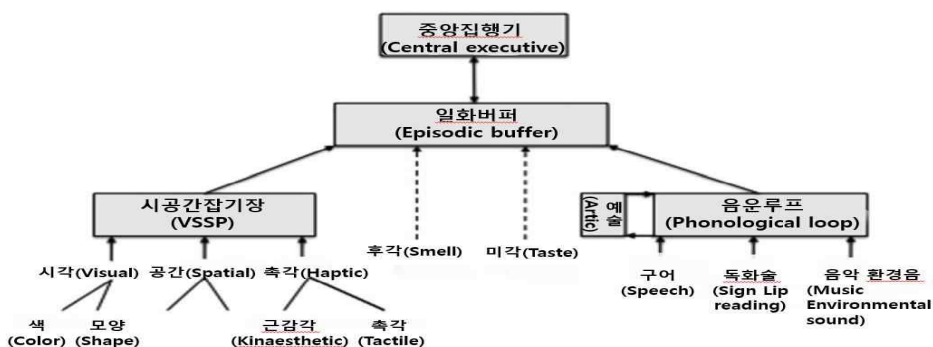


[그림 II-2] 수정된 작업기억의 다중요소모델(Baddeley, 2000 p. 421)

수정된 작업기억 모델에서 추가된 일화버퍼가 중앙집행기와 종속적 관계라고 제안하였는데, 이를 확인하기 위해 일화버퍼의 기능인 다차원적 정보의 결합과정과 관련된 일련의 연구들이 수행되었다(Allen et al., 2006, 2009; Baddeley et al, 2009; Baddeley et al, 2011). 먼저 Allen 등(2006)은 모양과 색상을 각각 따로

기억할 때와 모양과 색상을 결합하여 기억할 때, 추가한 간섭과제에 의해 기억수행에 차이가 있는지에 대한 실험을 하였다. 간섭과제는 실험2에서부터 제시되는데, 실험2에서는 거꾸로 수세기, 실험3에서는 숫자회상, 실험4에서는 거꾸로 수세기와 숫자회상 모두를 수행하는 일련의 4가지 실험을 실시하였다. 실험 결과, 간섭과제가 없는 실험1에 비해 간섭과제가 있는 실험2~4에서 작업기억 수행이 전반적으로 저하되지만, 결합하는 과제와 결합하지 않는 과제에서 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 시각과 청각 정보들을 결합하는 연구(Allen et al., 2009)와 단어들을 문장으로 결합하는 연구(Baddeley et al., 2009)에서도 이와 유사한 결과가 나타났다. 연구자들은 이에 대해 다차원적 정보들을 결합하는 것에 특별히 주의력 자원이 필요하지 않았다는 것을 의미하며, 이러한 맥락으로 볼 때, 일화버퍼는 중앙집행기에 의존하지 않는다는 것을 알 수 있다고 정리하였다(Baddeley et al., 2011).

이를 근거로, Baddeley(2012, 2015)는 일화버퍼에 음운루프와 시공간잡기장, 그리고 장기기억이 직접적으로 접근할 수 있다고 제안하면서, [그림 II-3]와 같이 추가로 모든 감각기관으로부터 들어온 정보들이 작업기억에 접근하는 과정에 대한 견해를 제시하였다. 이 견해에 따르면 시각, 공간, 근감각과 촉각 정보는 시공간잡기장에 접근하고, 구어, 독화술 그리고 음악을 포함한 환경음은 음운루프에 접근하며, 후각과 미각, 그리고 시공간잡기장과 음운루프는 일화버퍼에 직접적으로 접근한다.



[그림 II-3] 시각에서 작업기억으로 정보의 흐름에 대한 견해(Baddeley, 2012 p. 23)

그러나 이는 증명된 모델이 아니라 단지 추측을 제시하는 것으로, 본 장에서는 기존의 연구들을 기반으로 증명된 [그림 II-2]의 수정된 작업기억 모델에 근거하여 작업기억 각 하위요소들의 구체적인 역할과 관련된 선행연구들을 살펴보고자 한다.

1) 음운루프(phonological loop)

음운루프는 청각적 정보와 언어적 정보의 임시 저장을 담당하는 언어 단기기억(verbal short-term memory)을 의미한다(Baddeley, 2015). 음운루프의 기능으로는 단기 저장(short-term store)과 조음 시연 과정(articulatory rehearsal process) 두 가지가 있다(Baddeley, 1983). 단기 저장은 정보가 흔적(traces)으로 저장되는 것이며, 몇 초 내에 사라진다. 조음 시연 과정은 정보가 사라지지 않게 소리 없는 시연(subvocal rehearsal)을 통해 재생될 수 있는데, 기억해야 할 항목이 늘어나면 시연 시간이 길어지고, 시연 전에 정보가 사라질 가능성이 높아지므로 제한된 기억폭을 갖는다.

음운루프는 음운 유사성, 단어 길이, 그리고 억제 효과와 같이 단순한 조작이 용이하여 작업기억의 하위요소 중 가장 폭넓게 조사되었다. 음운루프와 관련된 일련의 연구들(Baddeley et al., 1975; Baddeley & Hitch, 1977; Conrad, 1964; Colle, 1980; Postman & Phillips, 1965; Salame & Baddeley, 1982)을 통해 언어 단기기억의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 유사한 소리 항목에 대해 기억폭이 줄어드는 음운 유사성 효과(the phonological similarity effect)를 보인다. 음운 유사성 효과는 Conrad(1964)가 발견한 것으로, 그의 연구에 따르면 구별되는 특징이 적은 비슷한 소리들은 조음 시연 과정에서 혼란을 일으켜 언어적 회상이 줄어드는 경향이 있다. 이와 유사하게 Baddeley(1966a)는 단어의 음운이 유사한 경우, 의미가 유사한 경우, 문자-구조가 유사한 경우, 그리고 음운이 유사한 단어를 시각적으로 제시했을 때의 회상 비율이 어떻게 달라지는지 알아보았다. 그 결과, 단어의 음운이 유사한 경우 회

상 비율이 가장 큰 쪽으로 감소했고, 단어의 의미가 유사한 경우는 회상 비율이 작은 쪽으로 감소했으며, 문자-구조가 유사한 경우는 회상비율에 유의한 차이가 나지 않았다. 그리고 흥미롭게도 음운이 유사한 단어를 시각적으로만 제시했을 때에도 큰 쪽으로 회상 비율이 감소하여 음운 유사성 효과가 적용되는 것을 발견하였다.

둘째, 긴 단어가 제시될 때 기억폭이 감소하는 단어 길이 효과(the word length effect)가 발견되었다(Baddeley, Thomson, & Buchanan, 1975). 이는 제시되는 단어의 길이가 늘어남에 따라 조음 시연 과정이 길어지면서 단기 저장소에 저장되기 전에 망각되면서 기억폭이 감소하는 경향을 말한다. 그러나 관련 없는 소리를 반복하게 하여 시연을 막는 경우, 긴 단어와 짧은 단어의 기억폭 차이가 나타나지 않는 것 또한 관찰되었다(Baddeley et al., 1975).

셋째, 소리와 음악을 모두 포함하여 제시되는 자극과 동시에 들리는 소리들에 의해 조음 시연 과정이 방해받는 관련 없는 소리 효과(irrelevant sound effects)를 보인다(Colle, 1980; Salame & Baddeley, 1982; 1986). 백색소음과는 달리 관련 없는 소리, 음악 등은 조음 시연 과정을 방해한다. 따라서 학생들이 좋아하는 음악을 들으면서 공부하는 것은, 사실은 학습내용을 기억하는 데에 도움을 주는 것이 아닐 수 있다.

넷째, 특정 언어를 끊임없이 말하도록 요구함으로써 조음 시연을 방해하는 것을 조음억제(articulatory suppression)라고 한다. 정보를 시연을 통해 저장하는 과정에서 방해를 받으면 정보 저장에 문제가 생기는데, 청각적으로 제시할 때는 음운루프의 시연을 방해하고 시각적으로 제시할 때는 시각적 정보가 청각적 정보로 전환되는 것을 방해하는 것으로 설명된다(Baddeley et al., 1975).

다섯째, 처음 제시된 자극들이 뒤따르는 다른 자극들보다 더 잘 회상되는 초두 효과(primacy effect)와 가장 마지막에 제시된 자극이 더 잘 회상되는 최신 효과(recency effect)를 보인다(Postman & Phillips, 1965). 초두 효과는 처음 입력되는 자극들이 계속된 시연을 통해 기억에 더 잘 저장되는 경향을 말하고, 최신 효

과는 회상 시점으로부터 가장 가까운 시점에 위치하여 회상률이 높아지는 경향을 말한다(Baddeley & Hitch, 1977).

이처럼 음운루프의 개념과 특징들이 일련의 연구들을 거치면서 다듬어지고 실험적으로 증명되었다. 또한 음운루프와 언어 습득과의 관련성이 여러 연구들에 의해 밝혀졌는데, Baddeley 등(1988)의 연구에 따르면, 어른이 되었을 때 음운루프에 결함을 가진 경우 이미 습득된 모국어 기억에는 어려움이 없는 반면, 새로운 언어를 기억해야 하는 경우 어려움이 있는 것을 발견하였다. Papagno 등(1991)의 모국어와 외국어 습득에 관한 후속 연구에서도 일반인에게 조음억제를 통해 음운루프를 방해하며 모국어와 외국어를 학습시킨 결과, 새로운 언어를 학습하는 데에 어려움을 겪었다. 또한 음운루프 관련 연구를 종합·분석한 Baddeley 등(1998)에 따르면, 아동기 어휘학습(Gathercole & Adams, 1993, 1994)과 외국어학습(Service, 1992)에서도 음운루프 능력이 유의한 영향을 미쳤고, 다국어(polyglots) 대학생집단의 경우 일반 대학생보다 음운루프 능력이 유의하게 높았다(Papagno & Vallar, 1995). 반면 단순언어장애 아동의 경우 일반아동보다 음운루프 결함이 심각한 것으로 나타났고(Gathercole & Baddeley, 1990), 윌리엄 증후군과 다운증후군의 인지능력을 비교했을 때 음운루프 능력이 높은 윌리엄 증후군이 비정상적으로 좋은 어휘지식을 가진 것으로 나타나(Bellugi et al., 1988), 이러한 결과를 근거로 음운루프가 언어를 습득하는데 중요한 역할을 한다고 밝혔다.

이렇듯 음운루프는 우리의 언어발달에 중요한 역할을 하므로, 음운루프의 특징인 음운 유사성 효과, 단어 길이 효과, 관련없는 소리 효과, 조음억제, 초두 효과, 최신 효과를 기반으로 새로운 단어를 학습할 때의 전략을 세울 수 있다. 예를 들어, 단어를 외울 때 음운이 다른 단어들로 구성한다면, 긴 단어는 짧게 나누어 연습하고, 외우는 단어의 순서를 바꾸어가며 암기하며, 환경음을 최대한 차단하는 등의 전략은 음운루프를 최대한로 활용하는 방법이 될 수 있다. 이러한 방법들 통해 음운루프에 저장할 수 있는 용량의 증가는 작업기억 능력의 향상으로 이어

지고, 작업기억 능력의 향상은 학습능력의 향상으로 이어질 수 있을 것이다.

2) 시공간잡기장(visuospatial sketchpad)

시공간잡기장은 시공간 단기기억(visuospatial short-term memory)에 관여하며 (Baddeley, 2015), 단순한 저장소를 넘어서서 시공간적 정보의 조작을 포함한다 (Baddeley, 1983). 시공간잡기장에 저장되는 것은 형태나 색 등의 시각 정보와 위치, 방향 등과 같은 공간 정보이다. 시공간잡기장의 작동 기제는 음운루프만큼 광범위하게 밝혀지지 않았지만, 시각-공간 형상화와 관련된 주제들은 활발히 연구되어 왔다(Baddeley, 2015).

먼저, 시각 및 공간 정보가 분리되어 저장된다는 증거는 사고로 단기기억에 결합을 갖게 된 환자들의 연구에서 발견되었는데, 색이나 모양을 기억할 수 있는 능력이 크게 손상되었지만, 위치나 경로와 같은 공간 정보에 대한 기억은 정상적인 경우가 있다(Farah et al., 1988; Wilson, Baddeley, & Young, 1999). 이와 반대로 시각 단기기억은 정상이지만 공간 단기기억이 손상된 경우도 있는데, 이 경우 시각적인 기억 수행은 정상이지만 공간 단기기억 과제에서는 매우 저하된 수행을 보인다(Carlesimo et al., 2001; Luzzatti et al., 1998). 이러한 사례는 시각과 공간 기억이 각각 뇌의 다른 부분의 영향을 받는다는 것과 두 기억이 구분되어 있음을 말해준다. 이와 관련하여 Baddeley(2015)는 시각 단기기억은 대상이 무엇인지에 대한 기억이고, 공간 단기기억은 어디인지에 대한 기억으로 구분해야 한다고 제안하였다.

시각 단기기억과 공간 단기기억을 구분하여 실험하기 위해 둘 중 하나를 강조하는 과제가 개발되었는데, 대표적인 시각 단기기억 과제는 Phillips(1974)의 사각형 매트릭스를 사용하여 패턴을 기억하는 검사로 시각 기억폭(visual span)이 측정된다. Phillips는 참가자들에게 4x4에서 8x8까지 다양하게 변화하는 일련의 바둑판 패턴(매트릭스)을 제시하고 0초~9초의 지연 후에 변경된 셀을 찾는 사각형 매트릭스 실험을 실시하였다. 그 결과, 셀의 수가 많아질수록, 시간이 지날수록

수행이 떨어지는 패턴을 보이며 시각 단기기억의 용량은 제한적이라는 것을 보여주었다. 이후 Luck과 Vogel(1997)의 연구에서는 대학생을 대상으로 실험했을 때, 시각 단기기억의 용량이 3~4개로 제한적임을 보고하였다.

공간 단기기억의 대표적인 과제는 9개의 블록을 제시한 순서대로 두드리는 블록 두드리기(block tapping) 검사이다. 이것은 Corsi(1972)가 개발한 것으로 검사자가 연속적으로 여러 블록을 가볍게 두드리면, 피험자가 이를 따라하고 수행이 저조해질 때까지 개수를 늘려간다. 이 검사는 Corsi-block Test로도 잘 알려져 있으며, 대개 숫자폭보다 2개 작은 기억폭을 보인다(Milner, 1971).

위와 같이 일련의 연구결과들로 볼 때, 시각 단기기억과 공간 단기기억을 구분하여 측정하는 것이 타당하며, 시각 단기기억을 측정하는 대표적인 과제는 사각형 매트릭스 과제이고, 공간 단기기억의 대표적인 과제는 Corsi-block Test임을 알 수 있다.

3) 중앙집행기(central executive)

작업기억에서 중앙집행기는 컨트롤 타워로서 하위요소들을 통제하는 것으로 가정되며, 기억시스템이라기보다는 다른 하위요소들 간에 주의력을 할당하고 통제하는 기관이다(Baddeley, 2000). 초기 작업기억 모델(Baddeley & Hitch, 1974)에서는 주의집중, 주의력 분할, 정보 저장, 그리고 장기기억과의 연결 기능까지 하는 것으로 가정되었다. 그러나 이후 모델에서는 일화버퍼에서 다차원적 정보가 함께 결합되고 장기기억과 상호작용 기능을 하는 것으로 수정되면서, 중앙집행기는 주의력 통제 기능만을 담당하는 것으로 가정되었다(Baddeley, 2000).

중앙집행기의 개념은 Norman과 Shallice(1986)가 전두엽 손상 환자들에게서 관찰되는 실수 행동과 복잡한 증상의 패턴을 설명하기 위해 가정했던 주의감독 체계(supervisory attentional system) 모델과 연결시키면서 발전되기 시작했다. Norman과 Shallice(1986)에 따르면, 습관에 기초한 자동적 통제(automatic control)는 주의를 별로 기울이지 않아도 되는 익숙한 출근길에서의 운전을 예로

들 수 있다. 그러나 익숙한 출근길에 도로가 공사중이거나 막혀있을 때에는 대안을 찾기 위해 주의감독체계가 활성화된다. 중앙집행기에서 중요한 것으로 가정되는 것이 바로 이 주의감독체계이며, 새로운 정보를 받아들여 이를 처리하는 주의감독체계의 개념은 작업기억의 정보 처리 과정과 유사하다.

이러한 관점에서 보았을 때, 중앙집행기의 주요 기능은 주의집중과 주의력 분할로서, 주의집중은 당면한 과제에 주의를 기울이는 것이고 주의력 분할은 동시에 두 개 이상의 과제에 주의를 기울이는 것이다. Holding(1989)은 체스연맹에서 모집된 성인 선수들을 대상으로 체스 위치 기억하기 과제 수행에서 주의집중에 가장 크게 영향을 미치는 작업기억 하위요소를 찾기 위한 실험을 수행하였다. 음운루프를 방해하기 위한 조음억제과제, 시공간잡기장을 방해하기 위한 공간 두드리기과제, 그리고 중앙집행기를 방해하기 위한 무작위 수 생성과제를 각각 체스 위치 기억하기 과제를 결합하여 실험한 결과, 수행에 가장 큰 영향을 미친 것은 중앙집행기라는 것을 밝혀냈다.

또 다른 중앙집행기의 주요 기능은 주의력 분할이다. Baddeley 등(1991)의 연구에서는 알츠하이머 환자, 정상 청년, 그리고 장년의 세 집단에게 시공간 추적 과제와 숫자폭 과제를 동시에 수행하도록 하였는데, 정상 청년과 장년 집단은 비슷한 수준의 수행저하를 보인 반면, 알츠하이머 환자 집단은 현저한 결손을 보였다. 이러한 결손은 단일 과제 수행에서는 발생하지 않아, 주의가 두 개 이상의 과제 사이에서 분할되어야 할 때 중앙집행기의 역할이 매우 중요하다는 것을 시사해준다.

4) 일화버퍼(episodic buffer)

일화버퍼는 시각, 청각, 언어 등의 다차원적 정보를 일화 및 청크로 저장할 수 있는 시스템으로 가정된다(Baddeley, 2000). 음운루프는 언어적 정보를 일시적으로 저장하고 시공간잡기장은 시공간적 정보를 일시적으로 저장한다면, 일화버퍼는 다차원적 정보를 하나의 일화로 결합시켜 저장한다. 새로운 정보를 저장할 때

장기기억의 정보와 연계시키기 때문에 기억 유지 시간이 긴데, 일화버퍼의 용량은 일반적으로 약 4개의 청크로 알려져 있다(Cowan, 2005).

세 가지 구성요소로 이루어진 초기 작업기억의 모델(Baddeley & Hitch, 1974)에 일화버퍼가 추가되게 된 배경에는 초기 작업기억 모델로 설명되지 않는 문제점들이 있었다. 첫 번째 문제점은 ‘장기기억의 정보와 어떻게 연결되는가?’에 대한 설명을 제공하는 것이다. Brener(1940)의 연구에 의하면 관련 없는 단어의 기억폭은 5-6항목인데 반해, 문장 내 단어의 기억폭은 약 15항목이었다. 즉, 음운루프의 용량보다 훨씬 더 많이 기억할 수 있는 이유는 문법규칙과 문장의 의미를 고려한 장기기억에 기반하여 청크로 저장되었기 때문이다. 그렇다면 작업기억 하위요소 중 장기기억을 활용할 수 있는 요소는 무엇인가?

두 번째 문제점은 Baddeley와 Andrade(2000)의 연구에서 장기기억을 기반으로 한 친숙한 시장 장면과 같은 이미지나 마가렛 대처의 목소리가 시공간잡기장이나 음운루프에 크게 의존하지 않는데, ‘즉각적인 판단이 내려지는 짧은 순간 동안 다차원적 정보는 어디에 보관되는가?’라는 의문이 제기되었다.

이 두 가지 질문에 답하기 위해 Baddeley(2000)는 장기기억과 연계된 정보처리나 다차원적 정보의 결합과 처리를 담당하는 일화버퍼를 제안하게 되었다. 이때 제안된 일화버퍼는 중앙집행기에 의해 전적으로 통제되는 시스템으로 가정되었다. 이와 관련하여 ‘중앙집행기를 혼란시키는 동시과제를 수행할 때 일화버퍼의 결합 기능이 방해받을 것이다.’라는 가설을 검증하기 위한 연구들이 수행되었다(Allen et al., 2006, 2009; Baddeley et al, 2009, 2011; Karlsen et al., 2010). 연구결과, 일화버퍼가 중앙집행기에 크게 의존하는 결합 시스템이라는 가설과는 달리, 중앙집행기가 방해받는 것과 관계없이 일화버퍼에서 시각적, 언어적 정보의 결합이 진행되는 것을 발견하였다. 중앙집행기에 의존하기보다는 오히려 모양과 색상의 결합은 시각적 시스템에 기반하고 있는 반면(Allen et al., 2006), 언어적 결합은 장기기억에 의존하는 것처럼 보였다(Baddeley et al, 2009). 이에 따라 일화버퍼가 음운루프나 시공간잡기장, 장기기억에 직접 접근할 수 있는 형태

로 재탐색되었고, Baddeley(2011)는 앞에서 제시한 [그림 II-3]과 같은 수정된 모델을 제시하였으나, 아직까지 이 모델을 뒷받침하는 충분한 연구가 이루어지지 않아 작업기억 모델에 관한 추측적 견해로만 제시하고 있다(Baddeley, 2012; 2015).

다. 작업기억과 학습

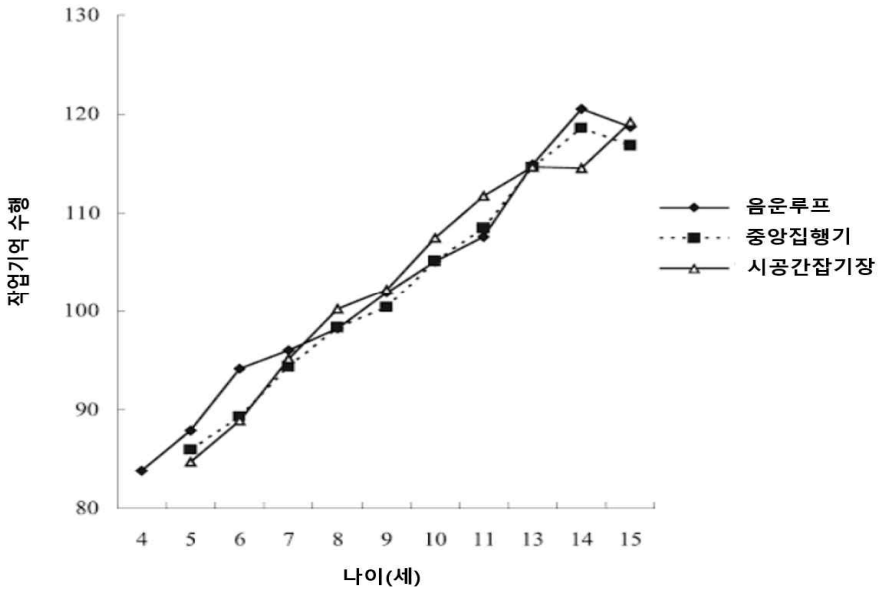
작업기억과 학습의 높은 상관관계는 많은 연구들을 통해 입증되어 왔다. 특히 읽기(Gathercole, Alloway, Willis, & Adams, 2006, Gathercole, Lamont, & Alloway, 2006, Siegel & Ryan, 1989, Swanson, 2003), 쓰기(Abu-Rabia, 2003), 수학(Bull & Scerif, 2001; Geary et al., 2004, Gersten, Jordan, & Flojo, 2005), 과학(Gathercole, Pickering, Knight, & Stegmann, 2004)에서 작업기억 능력이 학업성취도의 훌륭한 예측자라고 공통적으로 보고하고 있다. 이 연구들에서 높은 작업기억을 가진 학생들은 전 연령대에 걸쳐서 뛰어난 학업성취도를 보여준 반면, 낮은 작업기억을 가진 학생들은 평균 이하의 저조한 학업성취도를 보이는 경향을 보고했다. 작업기억과 학습 사이의 이러한 관련성은 10여 년의 학령기에 걸쳐 강력한 영향을 미치므로, 작업기억 검사를 통한 학습 위기에 처할 학생들의 조기 발견에 대해서 그 중요성과 가능성이 부각되고 있다.

1) 학령기 아동들의 작업기억 발달과 개인차

4세~15세의 아동을 대상으로 작업기억 구조의 발달 변화를 연구한 Gathercole 등(2004)은 음운루프, 중앙집행기, 그리고 시공간잡기장의 구조는 최소 6세에 완성되며¹⁾ 14~15세에 성인 수준에 도달한다고 하였다. 그리고 확인적 요인분석 결과, 음운루프와 시공간잡기장은 상대적으로 독립적인 능력으로 나타난 반면, 중앙집행기는 음운루프와 시공간잡기장과 밀접하게 관련되어 있다고 보

1) 4, 5세 아동은 단순 폭 과제만 수행하였고, 복합 폭 과제를 포함하여 수행한 6세 검사결과부터 확인적 요인분석을 통해 작업기억의 하위 구성요소를 분석하였다.

고하였다. 최소 6세에 완성되는 작업기억의 세 하위 구성요소는 [그림 II-4]와 같이 연령이 증가함에 따라 일정하게 선형적으로 증가하였다.



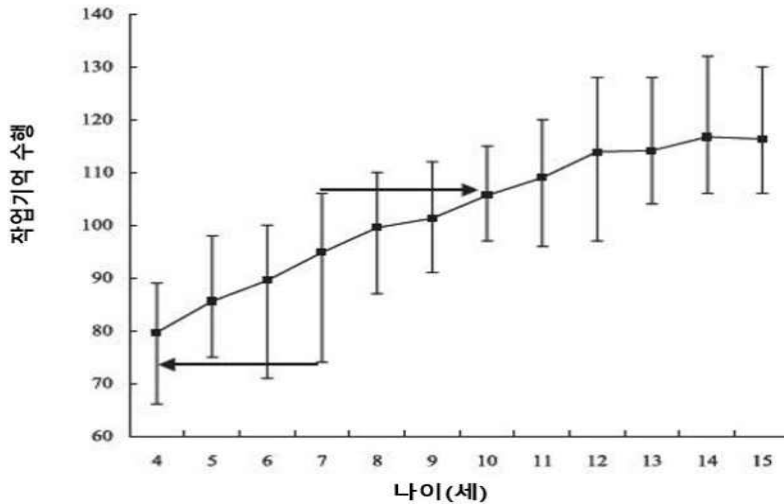
[그림 II-4] 작업기억 구성요소의 발달

출처: Gathercole, S., & Alloway, T. P. (2008). *Working memory and learning: A practical guide for teachers*. London: Sage. p. 36.

이와 유사하게, 신민섭 등(2010)은 4세~12세 아동을 대상으로 시각 단기/작업 기억과 청각 작업기억의 발달적 특성을 살펴본 결과, 시각 단기/작업기억은 11세 까지 급격한 발달을 보이다가 12세부터는 완만한 발달을 보인다고 하였다. 그리고 청각 작업기억의 경우는 Gathercole 등(2004)의 연구와는 조금 다르게 9세까지 급격한 발달을 보이고 10세부터는 완만하게 발달한다고 하였다.

하지만 동일 연령의 모든 아동들이 동일한 작업기억 능력을 가지고 있지 않으며, 작업기억 능력의 개인별 차이는 실제로 매우 크게 나타난다. Gathercole과 Alloway(2008)는 동일 연령 내에서도 작업기억 능력의 차이가 [그림 II-5]와 같이 6년의 범위에 걸쳐 나타날 수 있다고 제시하였다. [그림 II-5]에서 각 연령대

별로 그려진 수직선은 작업기억 능력의 분포를 나타내며, 상단점은 상위 10%, 하단점은 하위 10%의 점수에 해당한다. 즉, 평균 7세 아동의 상위 10%는 10세의 평균 점수에 해당하고, 하위 10%는 4세의 평균점에도 미치지 못한다.



[그림 II-5] 작업기억의 개인차

출처: Gathercole, S., & Alloway, T. P. (2008). *Working memory and learning: A practical guide for teachers*. London: Sage. p. 36.

이러한 작업기억 능력의 개인차는 학교 수업에서 학습활동을 수행할 때, 개인이 기억하고 처리할 수 있는 정보의 양적 차이를 가져온다(Gathercole et al., 2006). 일반학생을 대상으로 하는 학교 수업에서는 대개 여러 정보를 동시에 기억해야 하고, 과제를 수행하면서 사이사이에 개입되는 교사의 지시에도 주의를 기울여야 한다. 따라서 높은 작업기억 능력을 가진 학생은 학습과제를 탁월하게 완수하게 되고, 낮은 작업기억 능력을 가진 학생은 교사의 지시나 학습 정보를 기억하고자 애쓰다가 학습과제를 완수하지 못하게 된다. 결국 작업기억 능력의 차이가 학습과제 수행의 차이로 나타나고, 이러한 누적된 학습활동의 결과가 학업성취도의 차이로 이어지게 되는 것이다.

이와 관련하여 Gathercole 등(2004)은 국가 교육과정 평가에서의 영어, 수학,

과학 점수와 작업기억 능력과의 상관관계를 분석한 결과, 영어와 수학을 측정한 7세에서는 두 과목 모두 작업기억 능력과 유의한 관련이 있었다. 세 과목을 모두 측정한 14세에서는 수학과 과학에서 작업기억 능력과 강력한 관련이 보인 반면, 영어와 작업기억 능력은 관련을 보이지 않았다. 7세와 14세의 영어와 작업기억 상관관계가 다르게 나타난 이유는 영어 시험의 평가유형이 다르기 때문인 것으로 분석된다. 즉, 읽기와 쓰기 학습 초기인 7세에는 문해력을 평가하고 14세에서는 문학적 이해와 분석력을 평가하였기 때문에 다른 결과가 나타났고, 작업기억은 문학적 이해와 분석력보다는 문해력과 연관이 높은 것을 알 수 있다. 비록 7세와 14세에서 영어와 작업기억의 관련이 일관성있게 나타나지는 않았지만, 수학과 과학에서는 작업기억과의 상관이 일관성있게 나타났으므로, 이러한 결과는 작업기억 능력의 개인차가 학업에 미치는 영향에 대한 증거로 제시할 수 있다.

2) 낮은 작업기억 능력을 가진 아동들의 특성

Alloway 등(2009)은 낮은 작업기억 능력을 가진 5세~11세 아동들을 대상으로 인지적, 행동적 특성을 연구하였다. 인지적 특성에서는 언어 작업기억 검사 결과로 하위 10%의 아동들을 선별하여 시공간 작업기억을 검사한 결과, 이들이 시공간 작업기억에서도 결함을 보인다는 것을 발견하였다. 또한 읽기, 수학 등 학습과 관련된 핵심적 영역에서 낮은 학업성취도를 보였으며, 이들 중 3분의 1은 교실에서 추가 지원이 필요할 정도로 심각하였다. 특히 저 연령 아동에 비해 고 연령의 아이들이 학습능력에서 더 낮은 수행을 보여, 조기 중재 없이는 학습에서 이들이 또래에 비해 점점 더 크게 뒤처질 수 있다는 것을 시사해주었다. 한편, 이 연구자들은 낮은 작업기억을 가진 아동들의 행동적 특성을 조사하기 위해서 한 달간 교사들이 관찰한 결과를 정리하였는데, 대부분의 아이들이 매우 부주의하고 집중력이 낮고 산만한 것으로 나타났다. 교사들은 또한 아동들이 현재 하고 있는 것과 배운 것, 지시사항을 기억하지 못하였고, 과제를 완성하는 것을 잊어버린다고 묘사하였다. 이러한 행동특성들은 다른 연구들에서도 보고되었으며

(Gathercole & Alloway, 2008; Gathercole, et al., 2006), 구체적으로는 전체 수업에서 자발적으로 발표하지 못하고 소외되는 모습을 보이고, 복잡한 문제를 해결할 때 창의성이 부족하고, 취약한 수준의 자아존중감을 가진 것으로 관찰되었다.

3) 학습부진 및 장애(위험군) 아동들의 작업기억

학습장애, 학습부진, 단순언어장애, 경계선급 지능 등 학습에 어려움을 가진 아동들의 작업기억에 대한 많은 연구들이 이들의 작업기억 결함을 증명해왔다. 먼저, 학습장애 아동들의 작업기억 결함에 대한 연구들을 메타분석한 Peng & Fuchs(2016)는 모든 학습장애 집단이 언어(verbal) 작업기억과 수(numerical) 작업기억에서 결함을 보였고, 읽기 및 수학 중복장애학생들이 가장 심한 작업기억 결함을 보였다고 보고하였다. 수학 및 읽기학습장애학생은 각각 언어 작업기억에서 동등한 결함을 보였으나, 수학학습장애학생은 수 작업기억에서 읽기학습장애학생보다 더 심각한 결함을 보였다.

학습장애아동의 작업기억 하위요소별 특성을 살펴보면, 읽기학습장애학생의 작업기억 능력은 중앙집행기와 음운루프에서 일반학생보다 낮은 수행을 보였으나 시공간잡기장에서는 일반학생과 차이가 없는 것으로 나타났다(도경수, 이은주, 2006; 송종용, 1999; Swanson, Howard, & Saez, 2006). 반면 수학학습장애의 언어 작업기억 능력은 정상범주였으나, 시공간 작업기억 능력은 낮은 수행을 보였다(김성만, 2008; Alloway & Alloway, 2017).

한편, 학습부진아동의 작업기억 관련 연구를 살펴보면, 국가교육과정에서 학습부진아동(7세)의 작업기억 특성을 연구한 Gathercole과 Pickering(2000)은 이들이 중앙집행기와 시공간잡기장 측정에서 특히 결손을 보였으며, 작업기억은 학령기 초기의 학업적 성장과 밀접하게 관련이 있다고 하였다. 국내의 연구에서는 연구마다 조금씩 다르지만 일반아동에 비해 학습부진아동은 작업기억 검사에서 전반적으로 유의하게 낮은 수행을 보였다(강옥려, 이새별, 2018). 또한, 학습장애와 학습부진의 작업기억 차이를 비교한 정대영과 하정숙(2011)은 어려운 과제에서는

바닥 효과(floor effect)로 두 집단의 수행이 모두 낮아 변별이 어려웠고, 보다 쉬운 과제에서 더 변별력이 있는 것으로 보고하였다.

단순언어장애의 경우, 이들의 작업기억 능력은 전반적으로 결함이 있고, 이러한 전반적인 작업기억의 결함이 이들의 어휘습득을 어렵게 만드는 원인으로 작용한다고 보고되었다(김성수, 2004; 임동선 등, 2015; 홍현주, 임동선, 2014). Gathercole과 Alloway(2006)는 단순언어장애 아동들은 언어 단기/작업기억에 결함이 있으며, 이것이 단순언어장애의 근본 원인이 아닐 수도 있지만, 학습 과정에서의 어려움에 기여할 가능성이 크다고 제안하였다.

경계선급 지능 아동의 작업기억 특성을 연구한 Alloway(2010)에 따르면, 일반 아동에 비해 이들의 작업기억 능력이 전반적으로 낮으며, 특히 시공간 작업기억은 일반학생으로부터 경계선급 지능 아동을 신뢰롭게 구별하는 변인으로 작용하였다.

조금 더 포괄적으로 연구대상을 선정하여, 특별한 교육적 요구(special educational needs)를 가진 아동들의 작업기억 특성을 연구한 Pickering과 Gathercole(2004)에 의하면, 읽기와 수학 모두에 어려움이 있는 아동은 작업기억의 세 하위요소 모두에서 낮은 수행을 보였으며, 읽기에만 어려움이 있는 아동은 음운루프와 중앙집행기에서만 낮은 수행을 보였다는 것을 발견하였다. 한편, 이 연구에서 정서 및 행동 문제를 가진 아동들은 작업기억의 모든 영역에서 연령에 적절한 수행을 보여 작업기억과 행동 문제와는 큰 관련성이 없는 것으로 나타났다.

이렇듯 특수교육적 요구 및 위험에 처한 아동들의 작업기억은 일반아동과 유의한 차이를 보이며, 전반적으로 작업기억 능력이 부족한 것으로 나타났다. 즉, 정보의 저장과 인출 효율이 일반아동에 비해 많이 뒤처지고 이는 학업성취에 영향을 미쳐 학습과 관련된 문제들의 주요 원인이 됨을 시사해준다. 요컨대, 작업기억은 대체로 학습능력과 유의한 관계를 가지고 있고, 작업기억의 측정은 학업성취도가 낮게 될 위험에 처한 아동들을 선별하는 데 유용한 방법이 될 수 있다.

3. 작업기억의 측정

가. 작업기억 측정과제

작업기억의 측정은 지능검사(K-WISC-IV)에서의 숫자폭과 같은 단순 폭 과제부터, 정보의 저장과 처리를 동시에 요구하는 이중과제 및 서로 다른 양식의 정보를 제공하는 변형된 이중과제의 사용에 이르기까지 매우 다양하게 이루어지고 있다(Yuan et al., 2006). 이러한 작업기억의 측정은 동시에 제시되는 과제의 수에 따라 크게 단순 폭 과제와 복합 폭 과제로 분류한다(Colom et al., 2006). 단순 폭 과제는 단기기억을 측정할 때 활용한 과제와 같은 유형으로, 제시되는 자극을 얼마나 기억할 수 있는지를 측정하는 것이다. 활용되는 자극의 양식은 숫자, 문자, 단어, 모양, 위치 등으로, 제시되는 자극을 순서대로 혹은 역순으로 기억하는 용량을 측정한다. 복합 폭 과제는 Baddeley와 Hitch(1974)의 작업기억 정의에 근거하여 Daneman과 Carpenter(1980), Turner와 Engle(1989), 그리고 Kane 등(2004)이 개발한 이중과제이다. 이는 자극과 간섭을 번갈아 제시하여 간섭과제를 처리하면서 동시에 자극을 얼마나 기억할 수 있는지를 측정하는 것이다. 제시되는 간섭과제는 문장 읽기, 문장의 정오판단, 간단한 연산 계산, 그림의 대칭 여부 판단, 회전 여부 판단 등이 있다. 이에 대해 조금 더 자세히 살펴보면 다음과 같다.

1) 단순 폭 과제(simple span task)

단순 폭 과제는 숫자, 문자, 단어, 모양 또는 위치와 같은 자극을 피험자에게 제시하고 제시된 것과 동일한 순서로, 혹은 역순으로 자극을 회상할 것을 요구하는 과제이다(Yuan et al., 2006). 먼저 언어적 자극의 단순 폭 과제를 살펴보면, 피험자에게 제시되는 자극이 숫자일 경우에는 숫자폭(digit span)이라고 하며, 처음에는 2개의 숫자를 1초 간격으로 제시하고, 피험자가 정확하게 순서대로 응답

하면 3개~9개로 점차 늘려간다. 제시되는 자극이 문자이면 철자폭(letter span), 단어이면 단어폭(word span), 비단어이면 비단어폭(nonword span)이라고 하며, 검사 방법은 숫자폭과 유사하다(Ackerman, Beier, & Boyle, 2002). 한편, 몇 개의 자극이 제시될지 모르는 상태에서 마지막 n개의 자극만을 순서대로 회상하도록 하는 과제는 암기폭(running span)이라고 한다(Pollack, Johnson, & Knaff, 1959). 예를 들어, 알파벳 J, L, K, P, T가 제시되었다면 마지막 3개 K, P, T를 회상하는 것이다. 마지막으로 숫자폭과는 반대로, 제시되는 숫자(자극)을 순서대로 회상하지 않고 역순으로 회상하도록 하는 과제는 역순 숫자폭이라고 한다(Rosen & Engle, 1997).

숫자폭 과제의 활용은 지능검사에서 찾아볼 수 있다. Terman(1916)은 Binet-Simon 척도를 번역하고 개정하면서 숫자폭과 역순 숫자폭을 계속 유지하고, 문장폭을 추가하였다. 이후 숫자폭은 지능검사의 가장 초기 버전인 Wechsler-Bellevue 검사(Wechsler, 1939)에서부터 가장 최근 버전인 WAIS-IV(Wechsler, 2008)까지 유지되고 있으며, Woodcock-Johnson IV(Schrank, & Wendling, 2018)의 청각 작업기억 검사를 비롯한 다른 지능검사들(Anastasi & Urbina, 1997)에서도 찾아볼 수 있다.

한편, 숫자폭과 역순 숫자폭이 측정하는 기억 능력이 같은지, 혹은 다른지에 대한 의견이 연구자들마다 다른데, Jensen과 Figueroa(1975)는 역순 숫자폭이 숫자폭보다 상위 인지능력을 측정하는 것으로 보았으며, 숫자폭은 단기기억, 역순 숫자폭은 작업기억을 측정하는 것으로 구분하였다. 이 견해에 따르는 연구자들은 숫자폭은 제시되는 숫자를 단순히 회상하므로 언어 단기기억의 측정으로 간주하고, 역순 숫자폭은 제시되는 숫자의 순서를 거꾸로 회상하는 처리과정을 한번 더 거치므로 언어 작업기억의 측정으로 간주한다(박지은, 안성우, 2012; 정소라, 김동일, 2017; Ackerman, Beier & Boyle, 2005; Alloway, 2007; Gathercole et al., 2004). 반면에 Engle 등(1999)은 단기기억과 작업기억을 측정하는 과제들을 구분하는 기준은 기억해야 할 자극과 처리해야 할 간섭과제로 이루어진 이중과제 사

이에서 주의전환이 필요한지 여부라고 주장하며, 역순 숫자폭은 단기기억의 측정 과제로 더 적합하다고 주장하였다. 이 견해를 지지하는 연구자들은 숫자폭과 역순 숫자폭 모두 단기기억의 측정으로 간주한다(김성만, 2008; 임정열, 최애지, 2017; Colom et al., 2005; Rosen & Engle, 1997). 한편, Swanson 등(2009)은 단기기억과 작업기억 측정의 상관관계를 분석하는 메타분석 연구에서 역순 숫자폭 과제를 단기기억과 작업기억 둘 중 하나로 분류하기가 어렵다는 점을 들어, “분할된 주의과제(divided attention tasks)”라는 제3의 새로운 범주로 분류하여 분석하기도 하였다. 한편, Englund 등(2014)도 확인적 요인분석을 통해 숫자폭(단기기억), 역순 숫자폭(작업기억), 숫자폭+간섭과제(작업기억/간섭)으로 구분하기도 하였다.

위와 같이 역순 숫자폭이 어떠한 기억능력을 측정하는지 아직까지 의견이 분분하므로, 본 연구의 검사 타당화 과정에서도 확인적 요인분석을 통해 역순 숫자폭이 측정하는 기억 능력이 어느 쪽에 가까운지에 대한 검증과정을 거치는 것이 필요하겠다.

다음으로 시공간 자극의 단순 폭 과제를 살펴보면, 코르시 블록 검사(Corsi, 1972), 시각 패턴(Wilson et al., 1987), 화살폭(Shah & Miyake, 1996), 미로 기억(Pickering & Gathercole, 2001) 등이 있다. 코르시 블록 검사는 피험자 앞에 불규칙적으로 놓인 9개의 블록을 검사자가 1초 간격으로 2개~9개를 두드리면, 피험자는 이를 기억했다가 순서대로 두드리는 방법으로 진행된다. Morris 등(1988)에 의해 코르시 블록 검사가 컴퓨터 버전으로 개발되었으며, 최근에는 블록 대신에 4×4 등의 사각 행렬표를 제시하고 두드리기 대신에 하나의 셀을 깜박이는 방법으로 이용하여 피험자가 이를 순서대로 회상하는 “동적 매트릭스(matrices dynamic)” 과제로 대체되어 활용되기도 한다(Pickering et al., 2001).

시각 패턴 과제는 2×2 등의 사각 행렬표에 나타난 흑백패턴을 기억하는 것인데 피험자가 음영 부분이 어디에 있었는지 회상하는 과제이다. 이 과제는 “매트릭스” 과제라는 명칭으로 많이 활용되고 있으며 대부분 컴퓨터 검사로 이루어지

고 있다(백수진 등, 2007; 송종용, 1999; 이한규, 2011; Alloway, 2007; Swanson, 1995).

화살표는 제시된 화살표의 길이와 방향을 기억하는 것으로, 화살표의 길이는 2cm, 7.5 cm, 방향은 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°로 총 16개다. 화살표 과제에 수정된 컴퓨터 버전은 Kane 등(2004)의 연구에서 제시되었다.

미로 기억 과제는 피험자에게 미로 검사지를 제공하고 붉은 선으로 표시된 경로를 3초간 보여준 후 이를 회상하여 연필 등으로 미로를 빠져나가는 방법을 그리도록 하는 과제이다. 미로의 난이도는 점차 증가하며, 정답을 보여주는 방법에 따라 미리 그려진 경로를 제시하면 정적 미로(mazes static), 경로를 손가락 등으로 그려주며 제시하면 동적 미로(mazes dynamic) 과제로 구분한다(Pickering et al., 2001).

이 외에도 그림 순서 맞추기와 공간-조직(Swanson, 1995), Mr. Cocomber Test(Pascaul-Leone, 1970), Self Ordered Pointing Test(Petrides & Milner, 1982), 공폭(Kane et al., 2004) 등이 있으나 다른 과제들에 비해 활용 빈도가 적으며, 가장 많이 활용되는 과제는 매트릭스 관련 과제들이다.

2) 복합 폭 과제(complex span task)

복합 폭 과제의 개발은 Daneman과 Cartpenter(1980)가 Baddeley와 Hitch(1974)의 작업기억 다중요소모델을 바탕으로 정보의 저장과 처리를 동시에 요구하는 읽기폭(reading span) 과제를 개발하면서 시작되었다. 읽기폭 과제는 일련의 문장을 소리 내어 읽고 마지막 단어를 기억했다가 순서대로 단어들을 회상하는 과제이다. 읽기폭 과제를 조금 변형한 과제는 Turner와 Engle(1989)에 의해서 제시되었는데, 일련의 문장을 소리 내어 읽으며 정오판단을 하고 마지막 단어를 회상한다. 또는 마지막 단어 대신에 따로 제시되는 일련의 숫자들을 회상하도록 요구하기도 한다.

Turner와 Engle(1989)은 이외에도 여러 양식의 이중과제를 개발하였는데, 이중 연산폭(operation span) 과제는 간단한 연산 계산에 대해 암산을 거쳐 정오 판단을 한 다음, 제시되는 단어 또는 숫자를 기억하는 과제이다. 연산폭 과제는 Unsworth 등(2005)에 의해 컴퓨터기반 검사로 만들졌으며, Redick 등(2012)에 의해 표준화되었다. Redick 등(2012)의 연구에서는 연산폭과 함께 읽기폭, 대칭폭 과제도 함께 표준화하였다. 대칭폭(symmetry span) 과제는 Kane 등(2004)이 개발한 것으로, 제시되는 8×8 사각 행렬표의 패턴이 좌우 대칭인지 여부를 판단한 후 5×5 사각 행렬표의 음영 위치를 기억했다가 순서대로 회상하는 과제이다.

또한, 많이 활용되는 복합 폭 과제로 수세기폭과 회전폭이 있다. 수세기폭(counting span) 과제는 Engle 등(1999)이 개발한 것으로 화면에 제시된 파란 원, 파란 사각형, 초록 원 중에서 파란 원의 수를 소리내어 세고, 회상 사인이 제시되었을 때, 파란 원의 수를 순서대로 회상하는 과제이다. 그리고 회전폭(rotation span) 과제는 Shah와 Miyake(1996)가 개발한 것으로, 회전되어 제시된 문자가 정상인지, 아니면 반전(mirror-reversed)인지 판단한 후 제시된 화살표의 방향과 길이를 기억하는 과제이다. 이 외에도 네비게이션폭(Brooks, 1968), Mr. X 과제(Hamilton, Coates, & Heffernan, 2003), Odd-One-Out (Russell, Jarrold, & Henry, 1996),등의 복합 폭 과제들이 있다.

이렇게 복합 폭 과제들은 모두 자극을 저장하는 기억과제와 정보를 처리해야 하는 간섭과제의 형태인 이중과제로 구성되어 있다. 본 과제의 자극 양식의 따라 언어 및 시공간 복합 폭 과제로 구분해보면, 읽기폭, 연산폭, 수세기폭은 언어적 자극의 복합 폭 과제에 해당되고, 대칭폭과 회전폭, 네비게이션폭, Odd-One-Out, Mr. X은 시공간 자극의 복합 폭 과제에 해당된다.

나. 국외 및 국내 작업기억 검사

앞에서 살펴본 작업기억의 측정과제들은 표준화 또는 타당화를 통해 연구들에

활용되었다. 높은 타당성을 지닌 작업기억 측정도구를 사용하는 것은 연구결과의 신뢰도를 높이는 데에 필수적이므로(Dunning et al., 2013), 국외와 국내 작업기억 관련 검사들 중에서 표준화 또는 타당화 검증을 거친 작업기억 검사를 중심으로 하위과제들과 측정방법들을 살펴보고자 한다.

1) 국외 작업기억 검사

Swanson(1995)은 최초로 작업기억 검사인 인지 처리 테스트(S-CPT)를 개발하고 표준화하였다. 이 검사는 총 11개의 하위 검사로 이루어져 있고, 5세에서 79세까지 1611명을 대상으로 표준화하였으며, 소요시간은 35분(어리거나 수행가능한 검사가 제한적인 대상일 경우)~180분(성인)이고 개인검사로 실시된다. 11개의 하위 검사는 운율(rhyming), 시각적 매트릭스(visual matrix), 청각적 숫자 순서(auditory digit sequence), 지도와 방향(mapping and directions), 이야기 다시 말하기(story retelling), 그림 순서(picture sequence), 구문 순서(phrase sequence), 공간 조직(spatial-organization), 의미적 관계(semantic association), 의미적 분류(semantic categorization), 비언어 순서(nonverbal sequencing)로 구성되어 있다.

이후 Pickering과 Gathercole(2001)은 Baddeley와 Hitch(1974)의 작업기억 모델을 반영하여 각 하위요소별로 측정과제를 고루 반영한 아동용 작업기억 능력 검사(Working Memory Test Battery for Children, WMTB-C)를 개발하였다. 이 검사는 총 9개의 하위 검사로 이루어져 있고, 5세에서 15세 아동을 대상으로 하며, 소요시간은 약 60분이고 개인검사로 실시된다. 9개의 하위 검사는 중앙집행기를 측정하는 듣기 회상(listening recall), 수세기 회상(counting recall), 역순 숫자 회상(backward digit recall), 음운루프를 측정하는 숫자회상(digit recall), 단어 목록회상(word list recall), 비단어 목록회상(nonword list recall), 단어목록 맞추기(word list matching), 그리고 시공간잡기장을 측정하는 미로기억하기(mazes memory), 블록 회상(block recall)으로 구성되어 있다.

이때까지의 작업기억 검사는 하위 과제가 많고 소요시간이 길며, 개인검사용으로 개발되어 현장에서 사용하기에 용이하지 않은 측면이 많았다. 물론 작업기억 검사는 평가에 사용된 양식(modality; 숫자, 언어, 시각, 공간)에 따라 피험자의 작업기억 측정에 차이가 있기 때문에 이 문제를 보완하기 위해 2~3개 양식의 작업기억을 측정하여 그 평균 점수를 사용하는 것이 타당하다(Oswald et al., 2015). 하지만 검사가 늘어날수록 평가시간이 오래 걸리고 피험자의 피로도가 높아지므로 현실적으로 실행하기에 어려움이 있다.

이에 Alloway(2007)는 컴퓨터 기반 작업기억자동평가(Automated Working Memory Assessment; AWMA)를 개발하였다. 4세에서 22세를 대상으로 하며, 목적에 따라 선별을 위한 선별버전(10분 소요), 간편하게 검사할 수 있는 간이버전(20분 소요), 상세하게 알아보기 위한 정식버전(30분 소요)으로 구분하였다. AWMA는 12개의 하위 검사로 구성되어 있는데, 음운루프와 관련된 언어 단기기억을 측정하는 숫자회상, 단어 목록회상, 비단어 목록회상의 3가지 검사와 시공간잡기장과 관련된 시공간 단기기억을 측정하는 매트릭스, 미로기억하기, 블록회상의 3가지 검사를 포함하고 있다. 나머지 6개의 하위 검사는 중앙집행기와 관련되어 정보 저장과 동시에 정보를 처리하는 능력을 측정하는 것으로, 언어 작업기억을 측정하는 듣기 회상, 수세기 회상, 역순 숫자 회상이고, 나머지 3가지는 시공간 작업기억을 측정하는 것으로, 더하고 하나 빼기(Odd-One-Out task), Mr X. 과제, 공간 기억폭 과제이다(Pickering, 2006).

또한, Redick 등(2012)은 자동화된 복합 폭 과제(Automated Complex Span Tasks)를 개발하여 6000명의 성인을 대상으로 표준화하였다. 이 검사도 역시 컴퓨터 기반 검사이며, 3개의 하위 검사로 구성되어 있다. 3개의 하위 검사는 이전의 연구자료(Unsworth et al., 2005; Unsworth et al., 2009)에 기초하여 읽기폭, 연산폭, 대칭폭 과제로 구성하였으며, 세 과제 모두 복합 폭 과제라는 것이 기존의 작업기억 검사와 구별되는 점이다.

이전의 개인검사의 단점을 극복하고 집단검사가 가능한 컴퓨터 기반 작업기억

검사들이 정착되자, 연구자들은 더 나아가 장소에 구애받지 않고 검사할 수 있는 온라인 작업기억 검사를 개발하기 시작했다. 먼저 Alloway(2013)는 작업기억자동평가(AWMA)의 단어 목록회상, 비단어 목록회상, 듣기 회상 과제를 삭제하고, 글자 회상, 글자회상 처리, 역순 매트릭스 과제를 추가하여 온라인으로도 검사가 가능한 AWMA-2을 표준화하였다. 그리고 Englund 등(2014)도 온라인으로 관리 및 채점이 가능한 WOMBAT(Working Memory Battery)검사를 청소년과 성인을 대상으로 타당화하였다. 이 검사는 언어, 정적 시공간, 동적 시공간의 3개 영역에서 각각 저장, 저장 및 조작, 저장 및 간섭의 작업기억 과제로 구성되어 총 9개의 하위검사에 180문항으로 이루어져 있다. 또한, Hicks 등(2016)도 온라인 기반 OWL(Online Working Memory Lab) 작업기억 검사를 18세에서 35세를 대상으로 타당화하였다. 9개의 하위검사는 연산폭, 대칭폭, 읽기폭, 암기폭, 문자세트, 숫자시리즈, 종이접기, 매트릭스, 추론이다.

이처럼 국외의 작업기억 검사는 개인검사로 개발되기 시작하였고, 이후 시간과 비용이 많이 드는 개인검사의 단점을 극복함과 동시에 검사자 변인을 줄일 수 있는 컴퓨터 기반의 작업기억 검사 개발이 이루어졌으며, 최근에는 검사 장소의 제약이 있는 컴퓨터 기반 검사의 단점을 극복하는 온라인 기반의 작업기억 검사 개발이 활발히 이루어지고 있다.

위와 같이 국외에서 개발된 작업기억 검사를 연구자별로 검사의 명칭, 특징, 대상, 소요시간, 작업기억 하위요소(중앙집행기, 음운루프, 시공간잡기장)별 하위 과제로 요약해서 정리하면 <표 II-1>과 같다.

2) 국내 작업기억 관련 검사

국내의 경우, 작업기억 검사를 표준화한 연구는 아직 보고되지 않았고, 작업기억 검사를 타당화한 연구와 기존의 연구에서 사용한 도구를 수정·개발한 연구로 나누어 볼 수 있다. 우선 먼저 작업기억 검사를 타당화한 연구를 살펴보면, 성인의 복합 작업기억 검사를 개발한 임경열과 최애지(2017)와 학령기 아동의 스

<표 II-1> 표준화 또는 타당화된 국외 작업기억 검사(연도순)

저자	Swanson(1995)	Pickering & Gathercole(2001)	Alloway(2007)	Redick 등(2012)	Alloway(2013)	Englund 등(2014)	Hicks, Foster & Engle(2016)
명칭	S-CPT (Swanson Cognitive Processing Test)	아동용 작업기억용량검사 (Working Memory Test Battery for Children, WMTB-C)	작업기억자동평가 (Automated Working Memory Assessment)	자동화된 복합 폭 과제 (Automated Complex Span Tasks)	작업기억자동평가-2 (AWMA-2)	WOMBAT (WorkingMemoryB attery)	OWL (OnlineWorkingme moryLab)
특징	개인 검사	개인검사	컴퓨터 기반 검사	컴퓨터 기반 검사	온라인 검사	온라인 검사	온라인 검사
대상	5세-성인	5-15세	4-22세	17-35세	4-79세	청소년-성인	18-35세
소요 시간	35-180분	60분	30분	,	30분	30-50분	
중앙 집행기	Story Retelling Phrase Sequence Semantic Association Semantic-Categoriza tion	Listening Recall Counting Recall Backward Digit -Recall	Listening Recall Counting Recall Backward Digit -Recall Odd-One-Out Mr X. Spatial Recall	Operation Span Reading Span Symmetry Span	Processing Letter Recall Backward Digit -Recall Backward Dot -Matrix Mr X.	언어 Digits Forward Digits Backward Digits Forward -Interference	Operation Span Running Span Reading Span Symmetry Span
음운 루프	Rhyming Auditory Digit -Sequence	Digit Recall Word List Recall Nonword List -Recall Word list matching	Digit Recall Word Recall Nonword Recall		Digit Recall Letter Recall	정적 시공간(SVS) Dots Dots up Dots-interference	
시공간 잡기장	Visual Matrix Mapping Directions Picture Sequence Spatial Organization Nonverbal -Sequencing	Mazes Memory Block Recall	Mazes Memory Block Recall Dot Matrix		Block Recall Dot Matrix	동적 시공간(DVS) Dots Sequence Dots Sequence Backward Dots Sequence -Interference	

마트기기를 활용한 기억력 과제를 개발한 신민섭 등(2016)의 연구가 있다. 구체적으로 살펴보면, 임경열과 최애지(2017)는 성인을 대상으로 한 복합 작업기억 검사를 개발하는 연구를 하였는데, 5개의 하위 검사 중 역순 숫자폭 검사를 제외한 나머지 4개의 검사(연산폭, 외우기폭, 대칭폭, 회전폭 검사)는 E-Prime 프로그램으로 컴퓨터 기반 검사로 개발하였다. 하지만 성인만을 대상으로 하고, 복합폭 과제로만 이루어져 있어 초등학생들에게 적용하기에는 적합하지 않다.

신민섭 등(2016)이 개발한 스마트기기를 사용한 기억력 평가과제는 청각언어/시각공간 기억력 평가과제와 청각언어/시각공간 작업기억력 과제로 이루어져 있다. 이 검사는 학령기 아동을 대상으로 하지만 터치모니터가 필요하여 일반학교 컴퓨터실에서는 활용이 어렵다.

한편, 작업기억을 측정하기 위해 기존 연구의 검사도구를 수정·개발하여 연구에 활용한 논문들이 있다. 작업기억과 학업성취도와의 관계를 연구한 김희수 등(2002)의 연구에서는 Oberauer 등(2000)이 연구에서 사용한 과제를 한국 대학생에게 맞게 컴퓨터 기반 검사로 수정하여 사용하였다. 연구자들은 중앙집행기(무선적 숫자산출과제, 별세기 과제), 음운루프(읽기 용량 과제), 시공간잡기장(공간통합 과제)으로 나누어 검사를 개발하였다. 도경수와 이은주(2006)는 읽기폭(Daneman & Carpenter, 1980), 연산폭(Turner와 Engle, 1989), 시공간폭(Shah & Miyake, 1996)의 세 가지 과제를 우리나라 초등학교 3학년 학생에게 적합하도록 수정하여 컴퓨터 기반 작업기억 폭 검사를 개발하였다. 그리고 백수진 등(2007)의 연구에서는 읽기폭(중앙집행기)과 사각형 매트릭스(시공간잡기장) 과제를 Super Lab Pro for Windows로 제작하고, 무의미단어 반복하기(음운루프) 과제를 오디오녹음을 통해 제시하여 초등학교 4, 5학년의 읽기장애아동과 일반아동의 작업기억 특성을 비교하였다.

위의 연구들은 모두 작업기억 검사를 컴퓨터 기반 검사로 제작하여 검사자 변인과 평가 절차에서 발생할 수 있는 오류를 줄였다. 그러나 피검자의 반응을 검사자가 관리하는 체계로, 집단검사 아닌 개인검사로 진행되어야 하는 단점이 있

었다. 이에 이한규(2011)는 아동용 작업기억용량검사(Pickering & Gathercole, 2001)를 우리나라 초등학생에 맞게 수정하여 집단검사가 가능하도록 작업기억 검사를 제작하였다. 이 검사는 컴퓨터 프로그램으로 문항을 제시하고, 학생들이 각자 자신의 종이답안지에 답을 작성하여 한 번에 한 학급의 학생들이 집단으로 검사를 실시하는 것이다. 그러나 종이답안지에 답을 작성하는 방식의 집단검사는 처리과제를 수행하는 속도가 개인마다 다르므로 기억과제의 시연 시간이 통제되지 않는 단점이 있다.

이와 유사한 문제점을 지적한 Conway 등(2005)은 기억과제와 처리과제를 동시에 수행하는 읽기폭, 대칭폭과 같은 복합 폭 과제는 개인마다 처리과제의 수행 속도가 달라서 먼저 정보를 처리한 사람은 기억과제를 시연할 기회가 더 많아지므로 한 번에 두 명 이상에게 실시하지 않도록 제안한 바 있다. 또 다른 문제점은 종이답안지에 학생들이 기억과제가 모두 제시된 후 응답을 해야 하는데, 기억과제 제시와 동시에 미리 적어두는 변수를 통제하기가 어렵다는 점이다. 따라서 작업기억 검사는 개인검사를 기반으로 하고 집단으로 실시될 경우, 개인속도에 맞추어 개별로 검사가 진행될 수 있게끔 문항제시 뿐만 아니라 응답입력도 컴퓨터 프로그램으로 관리되는 검사가 필요하다.

한편, 황민아(2016)는 읽기부진아동의 언어성 작업기억에 대한 연구에서 중앙 집행기는 읽기폭 검사로, 음운루프는 비단어폭으로 측정하였다. 또한 이때까지 국내 연구에서는 일화버퍼를 측정할 연구가 없었는데, Alloway와 Gathercole (2005)의 선행연구를 참고로 하여 읽기부진아동과 일반아동의 일화버퍼의 기능을 비교하기 위해 일화버퍼를 문장 따라말하기로 측정하였다. 하지만 Alloway(2007)가 표준화한 작업기억 자동평가검사에는 일화버퍼 측정을 위한 하위 검사가 포함되지 않았다. 지적장애아동의 일화버퍼에 대한 실험연구를 실시한 Henry(2010)의 연구에서도 일화버퍼 측정을 위해 산문회상(prose recall), 단어쌍 결합 학습(paired associate learning), 범주유창성(category fluency)의 3가지 과제를 실시하였다. 하지만 일화버퍼를 독립적으로 측정하기 위해 명확히 합의된 방법론이

없고, 모든 과제들은 장기기억과도 관련되어 있으므로, 일화버퍼의 간접적인 측정이라고 한계를 지었다. 백준오(2014)의 연구에서도 이야기 회상하기(story recall) 과제로 일화버퍼를 측정하고자 하였으나, 연구결과 측정 도구의 타당성이 떨어지는 것으로 나타났다. 이에 대해 백준오(2014)는 일화버퍼의 특성상 통합적인 기능을 하므로 그 능력을 조작적으로 정의하기가 어렵고 측정하기도 난해하므로, 작업기억을 다루는 연구들이 앞으로 해결해야 할 과제로 제안하였다.

위와 같이 국내에서 최근까지 실시된 작업기억 관련 연구에 사용된 검사도구를 연구자별로 검사의 명칭, 특징, 대상, 소요시간, 작업기억 하위요소(중앙집행기, 음운루프, 시공간잡기장)별 하위과제로 요약해서 정리하면 <표 II-2>과 같다.

다. 작업기억 측정상의 유의점

1) 복합 폭 과제에서의 간섭과제

작업기억의 측정에 복합 폭 과제가 적용된 초기 연구들(Daneman & Cartpenter, 1980; Turner & Engle, 1989)은 간섭과제보다 기억과제 수행에 훨씬 더 중점을 두었다. 하지만, 1990년대 후반의 연구는 간섭과제에 대한 수행기준을 포함하기 시작했다. 예를 들어, Engle 등(1999)은 간섭과제의 85% 이상을 정확하게 응답한 피험자만 최종 데이터 분석에 사용할 수 있다고 주장했다. 그 이유는 간섭과제의 정답율이 낮을수록 피험자들이 간섭과제는 무시하고 기억과제만 저장했을 가능성이 크기 때문이다. 따라서 후속 연구들은 간섭과제에 대한 수행의 질을 보장하기 위해 Engle 등(1999)의 전략을 채택했다(Conway et al., 2002; Unsworth et al., 2005).

반면에 Yuan 등(2006)은 작업기억을 측정하기 위해 복합 폭 과제를 적용할 때 간섭과제 수행의 기준으로 85%를 채택하면, 최선을 다한 피험자가 85%의 정답율 기준을 달성하지 못할 가능성에 대해 우려하였다. 그리고 복합 폭 과제에서 피험

<표 II-2> 국내 연구에 사용된 작업기억 검사 과제(연도순)

저자	김희수 등(2002)	도경수, 이은주 (2006)	백수진 등(2007)	이한규(2011)	황민아(2016)	신민섭 등(2016)	임경열, 최애지 (2017)
명칭	작동기억 검사	작업기억 폭 검사	작업기억 검사	작업기억 검사	언어성 작업기억검사	스마트기기를사용한기억력과제	복합 작업기억 간편검사
특징	컴퓨터 기반 검사	컴퓨터 기반검사	컴퓨터진행	컴퓨터진행 집단검사	개인검사	컴퓨터 기반 검사	컴퓨터 기반 검사
대상	초 5,6학년~성인	초 3학년	4,5학년	초3 이상	초2,4학년	학령기(8~10세)	성인
소요 시간	30분	40분				70분	30분
중앙 집행기	별 세기 과제 (star counting task)	읽기폭 연산폭 시공간폭	읽기폭	읽기폭 수세기폭	읽기폭	청각언어 작업기억력과제 시각공간 작업기억력과제	연산폭 (operation span) 대칭폭 (symmetry span) 회전폭 (rotation span)
음운루프	읽기 용량과제 (reading span task)		무의미단어 반복하기	무의미 단어 계열회상 무의미 단어 계열인지	비단어폭	청각언어 기억력평가과제	역순 숫자폭 (backward digit span) 단어폭 (word span) 읽기폭 (running span)
시공간 집기장	공간통합 과제 (spatial integration)		사각형 매트릭스	고정 매트릭스 미로이동		시각공간 기억력평가과제	
일화버퍼	.		.		문장따라말하기	.	.

자가 자신의 능력을 최대한으로 발휘하고 간섭과제도 성실하게 수행했는지의 여부를 판별하는 방법을 고안하는 것은 향후 연구에서 이루어져야 한다고 제언했다. 또한, 복합 폭 과제에서 기억과제의 자극과 간섭과제의 난이도와 관련하여 Turner와 Engle(1989)은 중간 정도의 난이도를 가진 문장을 선택했을 때 작업기억과 독해력의 상관관계가 가장 높다는 것을 발견했다. 그리고 Kyllonen(2002)은 복합 폭 과제와 관련하여 동시처리 및 저장을 요구하고, 학습을 포함하지 않으며, 모든 피험자가 가지고 있다고 추정되는 지식을 요구해야 한다고 주장했다.

피험자들의 나이가 어린 경우, 특히 학령 전기나 초등학교 저학년의 경우에는 이러한 복합 폭 과제 자체가 어렵게 느껴질 수 있다. 실제로 선행 연구를 살펴보면, 복합 폭 과제만으로 구성된 작업기억 검사는 대부분 성인을 대상으로 하고 있다(Hicks, Foster, & Engle, 2016; Ma et al., 2017; Redick et al., 2012). 따라서 피험자의 연령 및 교육 수준에 따라 자극과 간섭과제의 난이도를 고려하여 과제를 제작하는 것은 매우 중요하며(Yuan et al., 2006), 타당한 작업기억 검사를 위해 신중하게 선정되어야 하겠다.

2) 컴퓨터 기반 검사

Conway 등(2005)은 기존 검사들에서의 방법론적 분석을 한 후, 자극 제시 시점과 관련된 권장사항을 다음과 같이 제안하였다. 첫째, 중앙집행기 관련 과제의 경우, 시연을 방해하는 간섭과제가 포함되는데, 자극 제시가 지연되는 경우 시연을 허용하게 되므로, 첫 번째 자극에 이어지는 자극은 즉각적이고 세심하게 제시되어야 한다. 둘째, 읽기폭과 연산폭 과제는 한 번에 두 명 이상에게 실시하면 오류 가능성이 커질 수 있다. 즉, 집단을 대상으로 하는 경우, 처리과제에 숙련된 사람은 다른 사람들보다 더 빨리 완료할 수 있으므로 자극 시연 시간이 많아지는 오류가 생기므로 개인검사로 진행할 필요가 있다. 이 두 가지의 제안사항은 작업기억 검사의 전산화를 통해 쉽게 해결이 가능해졌다.

작업기억 검사의 전산화는 Unsworth 등(2005)이 E-prime 프로그램을 바탕으

로 컴퓨터 기반 연산폭 과제를 개발하면서 시작되었다. 컴퓨터 기반 검사는 검사자가 문항을 제시할 때 생기는 인적 변인을 줄일 수 있다는 점, 평가 절차에서 발생할 수 있는 오류를 줄일 수 있다는 점, 컴퓨터가 검사자 역할을 함으로 인해 한 번에 많은 인원을 검사할 수 있다는 점, 그리고 채점이 자동으로 처리되어 결과처리가 편리하다는 장점이 있다.

그러나 Carpenter와 Alloway(2018)는 컴퓨터 기반 검사와 지필검사를 비교함으로써 컴퓨터 기반 검사의 문제점을 제기하였다. 지필검사를 사용할 경우, 컴퓨터 기반 검사보다 피검자들의 작업기억 수행 능력이 전반적으로 더 우수한 것으로 나타났다. 그 이유는 컴퓨터 기반 검사는 컴퓨터 사용 능력이 요구됨으로써 증가된 인지 부하, 컴퓨터 해상도의 영향, 문항 검토와 수정이 불가능한 점 등으로 추측할 수 있다고 제안하였다. 따라서 컴퓨터 기반 검사의 문제점을 보완하기 위해서는 검사를 시행할 때 답안을 입력하는 데에 필요한 키보드와 마우스의 사용 능력을 사전에 완전히 익히는 과정이 필요하다. 또한 고해상도의 모니터를 구비하여 피검자의 안구 피로도를 낮추고, 문항에 대한 응답을 수정할 수 있는 기술적 조치가 필요하다.

3) 문항 수

검사의 신뢰도는 문항 수와 밀접한 관련이 있다(성태제, 2004; 임인재, 김신영, 박현정, 2003; Allen & Yen, 1979). 신뢰도를 높이기 위해 문항 수를 늘리면, 검사 시간이 현저하게 늘어나 검사 피로도가 높아질 수 있다. 반면, 문항 수가 충분하지 않으면 수행 분포의 상단에 있는 피검자가 많아져 천장 효과로 인해 검사 신뢰도가 낮아질 수 있다.

작업기억 관련 연구들에서는 폭이 커질수록 문항 수가 많아지는데, 복합 폭 과제의 경우 대부분 2에서 5 또는 6까지의 폭으로 작업기억 검사가 구성되었다(Conway et al., 2003; Engle, Tuholski, et al., 1999; Kane et al., 2004). Conway 등(2005)은 대학생일 경우, 폭 당 2~5개의 범위의 문항이 적합하다고 제안하기

도 하였다. 또한 Oswald 등(2015)은 대학생을 대상으로 했을 때, 작업기억 폭이 2단계에서는 피검자 대부분이 만점을 받아 천장 효과(ceiling effect)를 보이고, 작업기억 폭이 7이상인 단계에서 피검자들의 반응이 대부분 오반응을 보이는 바닥 효과(floor effect)를 발견하였다. 이들은 천장 효과와 바닥 효과를 보이는 단계를 작업기억 과제에서 제외함으로써 검사에 소요되는 시간을 줄이고 피검자의 검사 피로도를 줄였다.

따라서 검사 신뢰도를 높이기 위한 문항수의 증가, 그리고 문항 수의 증가에 따른 검사 피로도와와의 관계를 고려하여 적절한 문항수를 선정하고, 동시에 검사 피로도를 줄일 수 있는 방안이 필요하겠다.

4) 본 연구에의 적용

국내·외에서 표준화 혹은 타당화된 작업기억 검사와 기존 연구들에서 사용된 검사과제들을 살펴본 결과, 몇 가지 유의점을 찾을 수 있었다. 첫째, 작업기억 검사는 언어적 과제와 시공간적 과제를 고루 갖추고 있다. 둘째, 세부적으로 Baddeley와 Hitch(1974)의 작업기억 모델에 따라서 중앙집행기, 음운루프, 시공간 잡기장의 하위요소를 측정할 수 있는 과제들을 포함하고 있다. 셋째, 작업기억 검사 대상에 알맞은 난이도를 고려한 작업기억 검사과제를 선정하는 것이 타당하다. 넷째, 문항 수가 지나치게 많은 경우 시간이 오래 걸리고, 피험자의 피로도가 높아 작업기억을 신뢰롭게 측정하기 어려울 수 있다. 따라서 단순 폭 과제는 성인의 기억폭(7 ± 2)에 근거하여 문항 수를 설정하고, 복합 폭 과제는 기존 연구(Conway et al., 2005)에서 2폭~5폭이 적합하다고 제안한 것을 기준으로 문항 수를 설정한다. 다섯째, 가장 최근에 제시된 일화버퍼는 적합한 측정 도구가 개발된 후에 연구에 도입하는 것이 타당한 것으로 보여진다. 여섯째, 컴퓨터 기반의 작업기억 검사는 검사자 오류를 줄이는 장점이 있고, 문항제시와 응답입력까지 프로그램 내에서 관리되면 컴퓨터실에서 집단검사가 가능하다. 일곱째, 학교 현장에서 손쉽게 활용이 가능하도록 국내 초등학생을 대상으로 타당화된 컴퓨터

기반 작업기억 검사가 필요하다.

이러한 유의점들을 고려하여, 본 연구에서는 초등학생용 작업기억 검사를 중앙집행기, 음운루프, 시공간잡기장의 하위요소별/언어적·시공간적 검사과제를 구성하였다. 그리고 초등학생에 적합한 난이도로 문항을 구성하였고, 검사 신뢰도를 높이기 위한 문항 수는 Conway 등(2005)과 Oswald 등(2015)의 연구를 참고하였다. 문항 수의 증가에 따른 검사 피로도를 줄이기 위한 방안으로는 3문항 연속 오답 시 소검사가 종료되도록 하였다. 초등학생의 집중력을 고려하여 40분(1차시 수업시간) 이내에 완료될 수 있는 컴퓨터 기반 검사로 제작하였다.

3. 경계선급 지능 아동

가. 경계선급 지능 아동의 개념 및 정의

국외 문헌에서 경계선급 지능(Borderline Intellectual Functioning) 아동을 지칭하는 용어를 살펴보면, ‘유령 아동(shadow children),’ ‘결함 아동(crack kids),’ ‘교육적으로 저능 아동(educationally subnormal),’ 등 교육적으로 바람직하지 않은 용어로 명명되다가(Coord, 1971; Schnur, 1994; Zuckerman & Frank, 1992), ‘느린 학습자(slow learner),’ ‘저성취 아동(low achievers: Ysseldyke et al., 1982),’ ‘경계선급 정신지체(borderline mental retardation),’ ‘경도 인지적 손상(mild cognitive impairment),’ ‘일반적인 학습장애(general learning disability)’ 등으로 인지적인 특성을 반영한 용어(Bakker et al., 2007; Brunner et al., 1993; Knoff, 1987; Petersen et al., 1999)로 명명되었다(강옥려, 2016 재인용). 마찬가지로 국내 문헌에서도 경계선급 지능(강옥려, 2016; 김근하, 2009; 김진아, 2017), 경계선 지능(변관석, 신진숙, 2017), 경계선 지적 기능(박현숙, 2018; 정희정, 2007), 느린 학습자(초·중등교육법 제28조, 2016) 등 인지적인 특성을 반영한 용어들이 지칭하고 있다.

경계선급 지능 아동 개념의 역사를 살펴보면, 미국 정신의학 진단 및 통계편람(Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders) DSM-I과 II에서는 이들을 경도 정신결함(mild mental deficiency), 경계선 정신지체(borderline mental retardation)이라고 지칭하며, 정신지체에 포함시켜 분류하였다. 그러나 DSM-III에서부터는 경계선급 지능 아동을 정신지체에서 따로 분리하여 ‘정신장애에 속하지 않는 조건에 대한 V-코드’로 분류하였다(Wieland & Zitman, 2016). 이렇게 분류체계가 변화하게 된 배경에는 문화적·사회적으로 치우친 지능검사 결과로 인해 부당하게 특수학급에 배치받는 사례에 대한 히스패닉계와 흑인계의 반발과 법적 분쟁의 영향이 있었다(김근하, 2009, p. 156). 이러한 사회적 분위기의 영향으로 1973년 이전까지는 Heber(1961)의 정신지체 정의에 따라 IQ 85이하(-1 표준편차)를 기준으로 이들이 경계선 정신지체아동으로 분류되었으나, 1973년 이후부터는 Grossman(1973)의 정의에 따라 정신지체가 IQ 70이하(-2 표준편차)로 기준이 하향 조정되면서 경계선급 지능 아동들이 특수교육서비스 대상에서 제외되었다.

DSM-IV에서도 경계선급 지능 아동을 V-코드로 분류하며, 표준화된 지능검사 결과 지능지수 70이상 84이하에 속하며 지속적인 관심을 가지고 주의해야 할 발달장애군으로 정의하면서 구체적인 기준을 제시하였다. 반면, 최근 개정된 DSM-5에서는 경계선급 지능 아동의 선별 기준이 되는 지능지수에 대한 언급을 삭제하고, “임상적 주의가 필요하거나 개인의 처치나 예후에 영향을 줄 때를 지칭하고, 지적장애와 구분하기 위해서 적응행동에 대한 세심한 평가가 필요하며, 조현증이나 심각한 충동성을 동반하는 주의력결핍·과잉행동장애와 공병될 때 주의를 요한다”고 제시하였다(American Psychiatric Association, 2013, p. 727). 이에 대해 Wieland와 Zitman(2016)은 경계선급 지능 아동을 선별할 수 있는 구체적인 지표를 삭제함으로써 인해 오히려 현장의 혼란을 초래하였다고 비판했다.

국내에서 경계선급 지능 아동의 선별 기준을 구체적으로 제시하는 연구들을 살펴보면, 지능지수 70~85 사이(강옥려, 2016; 김근하, 2009), 71~84 까지(김주

영, 2018; 박현숙, 2018; 정희정, 이재연, 2008) 등으로 조금씩 다르다. 따라서 본 연구에서는 기존 연구들의 기준을 포괄하여, 지능지수 70~85 사이에 해당하는 아동들을 경계선급 지능 아동으로 정의하고자 한다.

나. 경계선급 지능 아동의 특성

경계선급 지능 아동은 복잡한 과제가 주어지면 쉽게 좌절하고 자신감을 상실하며, 전반적으로 낮은 인지능력으로 인해 정보처리, 읽기, 계산 등의 학습능력에 서의 결함이 초래되고, 이러한 학습적 문제로 인해 학업결손이 누적되어 학년이 올라갈수록 일반학생과의 격차가 점점 더 커지게 된다(김근하, 2009; 정희정, 2008). 경계선급 지능 아동이 주로 보이는 문제는 인지, 언어, 정서 그리고 사회성 및 행동 특성의 측면에서 볼 수 있는데 이를 살펴보면 다음과 같다.

1) 인지적 특성

경계선급 지능 아동은 그 정의에서도 지능지수(-1에서 -2 표준편차 까지)로 규정하였듯이, 또래에 비해 인지발달의 수준이 제한적이라는 특징을 가지고 있다(Reddy & Kusuma, 2006; Shaw, 2010). 이러한 낮은 인지능력은 초기 언어발달이 느린 것과 연결되며 또한 상위 인지능력이 낮은 특성을 지니게 된다. 구체적인 경계선급 지능 아동의 인지적 특성은 다음과 같다.

첫째, 경계선급 지능 아동은 추상적인 개념 이해를 어려워한다(Reddy & Kusuma, 2006; Shaw, 2010). 또한 추론능력, 논리력 등의 상위 인지능력을 요구하는 정신적 기능에서 일반아동에 비해 저조한 수행을 보인다(Gabriele et al., 1998). 경계선급 지능 아동은 구체적인 것을 더 선호하며, 자료가 추상적일수록 이해하는데 어려움이 있고 학습동기가 낮다(Singh, 2004). 특히 추론적인 이해를 요구하는 사회 과목의 문제나 수학의 문장제 문제를 풀 때 추상적인 사고에 많은 어려움을 보인다. 이들에게는 작업기억에 부담을 주는 정신적 조작보다는 물

리적 조작이 가능한 기회를 제공하는 것이 더 적합하고 가능하면 구체적인 자료를 사용해야 한다(강옥려, 2016).

둘째, 경계선급 지능 아동은 이미 알고 있는 지식과 현재 배우고 있는 지식 간의 관계를 지각하고 이해하는 ‘지식의 논리적 조직화’에 어려움이 있다(Verguts & DeBoeck, 2001; Shaw, 2008). 기존에 획득한 지식과 새롭게 얻은 지식을 조직화하고 통합하는 능력은 장기기억에서 정보를 인출하고 작업기억에서 정보를 활성화시켜서 문제해결을 위한 전략들을 찾아내는 것과 관련이 있다. 경계선급 지능 아동은 이러한 논리적 조직화 부분에 어려움이 있다. 따라서 이들에게는 이미 배운 정보와 함께 새로운 정보를 명시적으로 가르치고 체계적으로 통합시키는 전략을 가르쳐야 교육의 효과를 향상시킬 수 있다(Cooter & Cooter, 2004).

셋째, 일반아동은 배운 개념이나 전략을 실제 상황에 적용하는 일반화가 가능한 반면, 경계선급 지능 아동은 일반화하는데 어려움을 지니고 있고 적용하는 능력이 비효율적이다(Cooter & Cooter, 2004). 연구자들은 경계선급 지능 아동은 단순히 기계적으로 기억하는 것은 할 수 있지만 깊이 있게 완전학습을 하지 못하기 때문에 적용을 필요로 하는 학업성취도 검사나 시험에서는 실패하기 쉽고 지적하였다(Elliott & Thurlow, 2006; Silbergliitt et al., 2006). 다시 말해서, 경계선급 지능 아동은 개념을 완전히 이해하고 적용하는데 일반아동들보다 더 많은 연습을 하도록 해야 하고 배운 개념의 이해와 적용이 분명하게 될 수 있도록 다양한 예들로 과잉학습을 할 수 있게 하는 것이 필요하다고 하겠다(강옥려, 2016).

넷째, 경계선급 지능 아동은 일반아동에 비해 기억력이 부족하다. 먼저 듣거나 읽은 정보를 짧게 의식 속에 유지해 두는 단기기억이 또래에 비해 부족하기 때문에 받아쓰기나 읽고 이해한 후에 답을 써야 하는 시험, 과제, 수업청취 등에서 자주 실패하게 되는 것이다. 또한 작업기억의 용량이 작아 과제가 복잡하고 많은 정보들에 대한 동시처리가 필요할 때, 유지해야 하는 정보의 일부를 잊어버리거나 정보처리가 지체되거나 과제에 실패할 수 있다. 게다가 이들은 주로 기계적으

로 암기하는 방법을 선택하는데(Eva, 2003), 이러한 방법으로 기억된 내용은 쉽게 망각되게 마련이다. 정보를 오랫동안 기억하기 위해서는 다양한 기억전략을 사용하는데, 경계선급 지능 아동은 다양한 기억전략을 보유하고 있지 않으며, 상황에 적절한 기억전략을 사용하기도 어렵다(박찬선, 장세희, 2015).

다섯째, 경계선급 지능 아동의 충동조절능력은 일반아동과 유사한 수준이지만(Meer & Meere, 2004), 집중력이 낮아 수업에 어려움을 보이고 문제를 푸는 동안에 과잉활동이 심해지는 경향이 있다(Karande et al., 2005). 이들이 주의집중을 유지하게 하기 위해서는 주의력 폭에 맞추어서 짧고 자주 확인하는 수업이 더 적합하다.

종합해보면, 경계선급 지능 아동들은 추상적인 개념의 이해, 논리적 조직화, 지식의 일반화와 적용, 기억력과 집중력이 일반 아동들에 비해 저조한 인지적 특성을 가지고 있다. 따라서 이들의 인지적 특성에 맞게 구체물을 사용하고, 짧은 학습과 반복 훈련으로 조직화된 명시적 수업 기반의 교수 프로그램이 제공되어야 한다.

2) 언어적 특성

경계선급 지능은 유아기 발달 과정을 살펴보면 대부분 ‘말이 늦었다’라는 보고가 공통적으로 나타나고 있다(정희정, 이재연, 2005). 또한, 언어연령 수준이 동일한 일반아동들에 비해서도 듣기 등의 일부 언어능력이 부족하게 나타나며(김민경, 2015; 임재현 황민아, 고선희, 2016), 학령기에 언어가 충분히 발달하지 못해서 언어사용 수준이 지체를 보이거나 장애를 가지는 경우가 있다(Reddy & Kusuma, 2006). 이는 경계선급 지능 아동들이 단순 언어장애 수준이나 그 이상의 언어적 문제를 가지고 있음을 나타낸다(유경, 정은희, 김락형, 2008).

경계선급 지능 아동의 언어적 특성을 연구한 논문을 중심으로 분석한 영역별 특성은 다음과 같다. 첫째, 말하기 영역에서는 자신의 생각을 표현할 때, 적합한 어휘를 떠올리는 데에 어려움이 있으며, 제한된 어휘를 사용하고, 대신 몸짓이나

반복적인 말을 쓰며, 문법적인 실수를 자주 한다(박현숙, 2018). 특히 명료화하기 및 문장 말하기, 담화능력에서 일반 아동과 유의한 차이가 있으며(김후비, 2012; 이수진, 김호수, 2016), 알고 있는 어휘들에 비해 실제 사용하는 어휘의 수가 적고, 구사하는 문장의 길이가 매우 짧고 단편적이며, 시제나 문법에 적합하지 않은 표현도 잦은 편이다(임종아, 황민아, 2006; Reddy & Kusuma, 2006).

둘째, 듣기 영역에서는 반복해서 설명해야 이해하거나 이전과 다른 방식의 지시를 할 경우 반응하기까지 시간이 오래 걸리고 활동 순서를 말로 전달하면 과제 완성이 어려워지는 특성이 있다(박현숙, 2018). 듣기 관련 연구에서 김민경(2015)은 4~6학년 경계선급 지능 아동 10명과 일반 아동 10명의 REVT 수용언어 검사결과를 토대로 일대일 대응으로 같은 연령의 아동들을 비교대조군을 선정하여 듣기 능력을 비교하였다. 그 결과, 수용언어연령을 일치시켰음에도 불구하고 경계선급 지능 아동들이 듣기 영역에서 일반 아동에 비해서 유의하게 지체되었음을 발견하였다. 이러한 결과는 주요한 특성 중에서 주의집중력의 문제가 듣기 능력의 발달을 저해한 것으로 분석되었다.

셋째, 읽기 영역에서 경계선급 지능 아동의 단어인지와 읽기유창성은 고학년이 되면 일반 아동 수준의 성취를 보이나, 읽기이해에서는 고학년이 되어도 저학년 일반 아동보다 낮은 것으로 나타났다(김주영, 2018). 즉, 경계선급 지능 아동은 해독과 단어 및 단순한 문장 수준에서 의미를 이해하는 독해능력은 초등 고학년 때 일반 아동만큼의 성취가 가능하지만, 복잡한 구문 및 단락 수준에서의 독해능력은 고학년이 되어도 일반 아동만큼 성취하는데 어려움을 보인다(김주영, 김자경, 2016). 비유언어 이해력에 있어서도 경계선급 지능 아동은 고학년이 되어도 비유언어를 이해하는데 현저하게 어려움을 겪는다(김주영, 2018). 이는 비유언어가 추론이나 인지능력에 문제가 있는 아동에게 습득이 어려운 영역이라는 연구 결과들이 뒷받침한다(한혜숙 등, 2011; Cain & Towse, 2008).

넷째, 쓰기 영역에서는 철자법에서 많은 어려움을 보이며(MacMillan et al., 1998), 언어지식, 텍스트 맥락 지식, 명제적 지식, 절차적 지식 등 쓰기의 하위요

소에서 일반 아동들에 비해서 지체되었다(유경, 정은희, 2007; 2008). 이는 경계선급 지능 아동의 언어 표현력이 부족한 점과 같은 맥락으로, 자신의 생각을 논리적인 말이나 글로 표현하는데 어려움이 있으며, 표현하고 싶은 내용을 선택하고 어떤 순서로 사건의 전후관계에 맞게 이야기해야 하는지를 파악하지 못하는 경우가 많다(Reddy & Kusuma, 2006).

다섯째, 어휘 영역에서는 단어의 의미 추론 능력, 어휘의 중의성 이해 등을 포함하여 수용어휘력 측면에서 결함을 보인다(김민경, 2015). 수용어휘력이 언어발달에 있어 매우 중요한 요인임을 고려할 때, 이는 전반적인 언어능력에서의 문제로 확장될 가능성이 높은 것으로 나타났다(임재현, 황민아, 고선희, 2016). 현재 국어 교육과정에서 이루어지고 있는 어휘지도가 직접적인 방법보다는 교육과정 내의 듣기, 말하기, 읽기, 쓰기 활동 혹은 문학영역을 통한 간접적인 방법으로 포괄적으로 이루어지는 것을 고려할 때, 이러한 방법은 단어의 의미 추론 능력이 부족한 경계선급 지능 아동들에게는 효과적이지 않을 수 있다. 따라서 이들에게는 직접적인 방법으로 어휘를 지도하고 이와 함께 문맥에 따른 간접적인 추론 전략을 가르칠 필요가 있다.

여섯째, 문법 영역에서는 조사의 사용이 일반 아동들에 비해서 부족하고(임종아, 황민아, 2006), 문법 형태소 사용도 단순언어장애와 유사한 정도로 일반 아동에 비해 지체되었다(김수영, 2002; 변관석, 신진숙, 2017).

위와 같이, 경계선급 지능 아동들은 지체된 수용어휘력, 제한된 어휘 사용, 복잡한 구문의 이해 어려움, 그리고 철자법과 문법을 어려워하고 여러 번 말해야 이해하는 등 일반 아동에 비해 저조한 언어능력을 보인다. 특히 언어발달 초기부터 지체된 발달을 보이며 점차 일반 아동과의 격차가 벌어지게 되므로, 조기 언어중재 지원 등을 통해 문제가 심화되는 것을 예방해야 한다.

3) 정서적 특성

경계선급 지능을 가진 개인의 정서적 특성에 관한 연구들에 대해서 살펴보면,

사회적 미성숙, 주의집중, 불안 등의 문제가 임상 수준에 있는 것으로 제시하고 있다(변관석, 신진숙, 2017). 이는 가정에서는 부모가 경계선급 지능 아동임을 인식하지 못하고 때가 되면 큰다고 생각하거나 아동의 태도를 비난하는 경우가 많고(김혜정, 김도연, 2017), 학교에서는 처음에는 열심히 노력을 하지만 ‘노력-실패-좌절’사이클을 반복하고 나서, 배우고자 하는 학습동기가 점차 줄어들고 무기력해지기 때문이다(Levine, 2003).

이로 인해 학령 전기에는 우울감과 소외감이 높게 나타나고, 초등학교 저학년에서는 공격성향과 충동성향이 높아지며, 고학년에서는 낮은 자존감으로 나타나게 된다(정희정, 2006). 이러한 반복된 대인관계 실패는 청소년기에 이르러 정서 또는 행동문제, 또는品行장애로 악화될 수 있으며(Karande, Kauchan, & Kulkarni, 2005), 이들의 문제가 일차적으로는 지적인 문제이지만 2차적으로 정서 및 행동문제까지도 갖게 되는 점이 더욱 큰 문제로 지적되고 있다(강옥려, 2016).

따라서 경계선급 지능 아동의 인지적 측면뿐만 아니라 정서적 측면에서의 교육프로그램과 지원을 통해 낮아진 자존감의 회복과 치유가 필요하다.

4) 사회성 및 행동 특성

사회성발달은 인지 및 정서발달과 밀접하게 관련되어 발달하는데, 또래에 비해 부족한 인지능력과 의사소통능력으로 인해 자기변호와 의사표현이 어렵고 이로 인해 친구들 사이의 사소한 다툼에도 억울한 감정이 쌓이게 되어 평소 잘 드러내지 못했던 감정들을 영똥한 상황에서 분노가 폭발하여 친구들에게 부정적인 이미지로 낙인찍히는 악순환이 되기도 한다. Kavale & Forness(1996)에 따르면, 경계선급 지능 아동의 약 75%가 부적응적인 사회적 행동으로 인해 어려움을 겪고 있으며 또래관계에서의 부적응을 경험하고 있다. 더 나아가 학교 폭력의 피해 대상이 되기도 한다(EBS 뉴스 심층취재, 2014).

경계선급 지능 아동들은 대체로 또래들과 상호작용하는 것을 어려워하고, 주변을 맴도는 경우가 많다. 이는 또래와 함께 어울리기 위해서는 그들의 놀이방법

을 잘 알고 지켜야 하는데, 대부분의 영역에서 미숙함을 보이는 경계선급 지능 아동들은 또래들의 놀이방법에 능숙하지 못하기 때문이다(박찬선, 장세희, 2015). 오히려 또래들보다는 나이가 한두 살 어린 동생들과 더 잘 어울려 노는 모습을 관찰할 수 있다.

또한 한창 나이의 또래들과 어울리기 위해서는 그들의 속도에 맞출 수 있는 운동발달이 이루어져야 하는데 경계선급 지능 아동들은 행동이 느리고 민첩하지 못하다. Van der Molen 등(2007)은 경계선급 지능 아동들을 대상으로 정보처리 속도를 연구하였는데, 이 아동들은 친숙하거나 새로운 상황 모두에서 반응속도가 느렸으며, 반응속도검사에서 수행속도 및 정확도가 낮았다. 이렇게 행동반응이 느린 경계선급 지능 아동들은 친구들의 활동속도에 맞추지 못하여 협동이나 모둠활동에서도 어려움을 겪게 된다. 협동상황에서는 자신의 역할을 제 때에 완수하지 못하여 이 아동들은 친구들의 도움을 받는 경우가 종종 발생하고 이로 인해 소외되거나 눈치를 보게 되어 낮은 자기효능감의 원인이 되기도 한다(박찬선, 장세희, 2015).

이렇듯 경계선급 지능 아동은 학령기 또래 관계에서 부적응할 가능성이 높으며, 부적응은 행동 문제로 이어질 위험이 매우 높다. 따라서 이들의 수준과 특성에 맞는 사회성 증진 프로그램 등을 통해 또래 관계를 개선해나갈 수 있는 기회와 지원이 필요하다.

다. 경계선급 지능 아동의 작업기억 특성

작업기억의 용량은 한 번에 저장 또는 처리할 수 있는 정보의 수를 말하는데, 경계선급 지능 아동은 작업기억 능력이 적어서 정보를 단시간 동안 기억하면서 처리해내는 양이 적고, 처리 속도가 느려서 배우거나 경험하는 새로운 정보의 인지적 처리 효율성이 떨어진다(박현숙, 2018). 작업기억 부진으로 인해 교사의 가르침을 이해하고 기억하는데 어려움이 있을 수 있으며, 이것은 학습능력과 연관

된다(Alloway, 2010).

경계선급 지능 아동의 추상적 개념 정보처리와 기억 과정에서의 어려움을 작업기억과 연계하여 설명하자면, 추상적 개념이 경계선급 지능 아동에게 이해나 암기가 되지 않은 상태로 단기기억에 머물게 될 경우, 처리되는 동안에 정보를 저장소에 유지시키기가 어렵다. 저장소에 유지되지 않는 정보는 시연이 어렵기 때문에 장기기억으로의 저장이 어렵고, 처리해야 할 과제에 필요한 정보들을 찾는 인출도 어려워서 과제를 수행하지 못하거나, 틀리거나, 포기하게 되는 것이다. 이러한 작업기억 처리과정에서의 어려움 때문에 경계선급 지능 아동은 추상적 개념이해와 추론적 사고를 어려워한다(Chauhan, 2011). Verguts와 DeBoeck(2001)도 이러한 문제는 복잡한 과제를 완성하기 위해 정보를 마음속에 유지하는 능력인 작업기억이 부족하기 때문이라고 언급하였다.

Alloway(2010)는 7세~12세 경계선급 지능 아동과 일반 아동을 대상으로 AWMA(Alloway, 2007) 검사를 실시하여 작업기억 특성을 연구한 결과, 경계선급 지능 아동의 작업기억 결손은 언어적 영역에서 입증되었을 뿐만 아니라 시공간 영역으로 확장되었고, 시공간 작업기억 과제는 경계선급 지능 아동들을 효과적으로 분류한 최고의 단일 예측자였다. Schuchardt 등(2010)은 경도지적장애 아동(15세), 경계선급 지능 아동(10세, 15세), 일반 아동(7세, 15세)의 작업기억 검사를 실시하였다. 그 결과, 지적장애의 정도에 따라 작업기억 결함이 증가하였으며, 동일 정신연령으로 비교했을 때 학습에 어려움을 가진 아동은 음운루프에서 구조적 이상을 나타내었으며 시공간잡기장 및 중앙집행기에서도 발달 지체가 있음을 밝혔다. 후속연구(Schuchardt et al., 2011)에서는 세 집단의 언어 작업기억을 검사한 결과, 경도지적장애 집단에서만 음운루프의 용량이 부족한 것으로 나타났고, 경계선급 지능 아동의 수행은 동일 정신연령의 비교집단과 일치했다. 그러므로 작업기억 능력은 일반적인 지적 능력과 일치하여 발전하는 것처럼 보인다. 즉, 작업기억에서의 결함과 지체는 경계선급 지능 이하의 지능을 가진 아동에게 특징적인 어려움이라고 볼 수 있다.

위와 같이 경계선급 지능 아동을 대상으로 한 작업기억 관련 연구는 많지 않지만 공통적으로 작업기억의 결함이 보고되고 있다. 작업기억 능력과 정보처리의 효율성은 학업 기술 발달에 주요한 영향을 미친다. 특히 작업기억의 용량이 작은 아동은 과제가 복잡하고 많은 요소들에 대한 동시처리가 필요할 때, 유지해야 하는 정보의 일부를 잊어버리거나 정보 처리가 지체되거나 과제에 실패할 수 있다. 즉, Alloway와 Alloway(2010)가 이미 지적하였듯이 작업기억 결함은 학교나 학습실패에 있어서 지능보다 더 결정적인 요인이 될 수 있음을 시사해준다.

4. Rasch 측정 모형

가. 고전검사이론과 문항반응이론

교육·심리 분야에서 이루어지는 측정들은 눈에 보이지 않는 본래의 능력 또는 특성을 정확하게 나타내기 어려운 문제점이 있다. 따라서 측정 도구를 통해 눈으로 관찰되는 자료(결과)들을 가지고 측정하고자 하는 특성에 대해 추정하고, 그 추정 결과에 따라 피험자들을 비교한다. 이 측정 도구, 즉 검사 도구가 인간의 잠재적 특성들을 적절하게 측정하고 있는지를 확인하기 위해 문항의 질을 분석하는 방법으로 고전검사이론(Classical Test Theory)과 문항반응이론(Item Response Theory)이 있다. 고전검사이론은 1920년부터 현재까지 광범위하게 사용되어져왔으며, 문항반응이론은 최근 세계적으로 가장 널리 사용되고 있는 검사 이론 중의 하나이다(성태제, 2004). 고전검사이론과 문항반응이론은 이론의 출발점, 가정, 문항 특성, 추정 방법, 진점수 신뢰구간, 측정오차의 측면에서 <표 II-3>과 같이 비교할 수 있다.

고전검사이론은 검사 총점에 의해 문항과 피험자의 능력을 분석하고 추정하고, 검사에 의한 관찰점수는 진점수와 오차점수의 총합에 의하여 산출된다고 가정한다(성태제, 2000). 반면에, 문항반응이론은 검사를 구성하는 문항 하나하나에 근

거하여 문항을 분석하고, 피험자들의 잠재적 특성을 문항에 대한 반응으로 예측할 수 있다고 가정한다(지은립, 채선희, 2000).

<표 II-3> 고전검사이론과 문항반응이론의 비교(성태제, 2016)

	고전검사이론(CTT)	문항반응이론(IRT)
출발점	검사점수에 의한 분석 관찰점수=진점수+오차점수	문항에 대한 분석 문항특성곡선에 근거
가정	진점수를 추정하기 위해 실제적으로 불가능한 반복측정을 가정	반복측정을 가정할 필요가 없음
문항 난이도	응답한 피험자 중 문항의 답을 맞힌 피험자의 비율	문항의 답을 맞힐 확률이 .5에 대응되는 능력수준의 값
문항 변별도	검사 총점과 문항 점수 간의 양류 상관계수로 추정	문항특성곡선상에 문항난이도를 표시한 점에서의 기울기
문항 추측도	문항의 정답을 모르고 추측을 하여 문항의 답을 맞힌 피험자의 비율	능력이 전혀 없는 피험자가 추측으로 문항을 맞힐 확률
문항 특성	피험자 집단의 특성에 의해 변화	피험자 특성에 영향을 받지 않음
피험자 능력 추정	검사도구의 특성에 따라 능력추정이 변화	검사의 난이도에 따라 능력 추정이 영향을 받지 않는 불변성 개념
진점수 신뢰 구간	모든 피험자에 대한 측정의 오차가 동일함	피험자에 따라 측정오차가 상이함

고전검사이론은 수리적인 정확성과 통계가 용이하다는 장점이 있지만, 문항의 난이도가 피험자집단의 특성에 따라 변화하는 문제, 피험자 능력이 검사 도구의 특성에 따라 다르게 추정되는 문제, 문항의 난이도와 상관없이 총점만으로 능력을 추정하므로 정확도가 떨어지는 문제점 등이 있다(성태제, 2004). 이에 반해 문항반응이론은 원점수(서열척도)를 사용하는 대신에 수리적 모형을 이용하여 이를 등간척도로 변화시킴으로써 피험자들의 능력을 적절하게 비교·추정할 수 있다(Baker, 1991).

구체적으로 문항반응이론의 주요 개념을 살펴보면, 먼저 검사 안의 문항들이

단일 능력을 측정함을 의미하는 일차원성(unidimensionality)이 있다. 이는 읽기 검사에서는 읽기 능력만을, 수학에 대한 흥미도 검사에서는 수학 흥미도만을 측정해야하는 것이다. 만약 문항에 반응하기 위하여 과학 상식, 수학적 지식 등이 요구된다면, 문항반응이론이 적용될 수 없다. 다음으로 한 문항에서의 피험자 반응이 다른 문항에서의 피험자 반응에 영향을 미치지 않는 것을 의미하는 지역독립성(local independence)이 있다. 이는 각 문항에서 피험자가 정답을 할 확률은 피험자 능력에 의해서만 결정되는 것이며 다른 문항의 영향을 받지 않는다는 것을 뜻한다. 마지막으로 문항들의 난이도를 표본 피험자들의 능력에 관계없이 추정해낼 수 있는 객관성(objectivity)으로 인해 피험자들의 능력도 사용되는 검사에 관계없이 객관적으로 추정해낼 수 있다. 문항반응이론은 이러한 특성들로 인해 여러 가지 측정이론들 중에서 측정의 객관성을 가장 잘 만족시켜주는 것으로 평가된다(설현수, 2013).

과거에는 문항반응이론이 내포하는 수리적 복잡성으로 인해 많이 활용되지 못했으나, 모수 추정을 위한 복잡한 계산을 컴퓨터프로그램으로 해결함으로써 그 실용도가 높아지게 되었다. 특히 1984년 이후 미국교육학회의 교육측정 분과나 국제교육측정학회에서 발표되는 교육측정 관련 논문의 대부분이 문항반응이론과 관련된 논문이며(성태제, 2000), 작업기억 관련 분야에서도 문항반응이론이 적용되고 있는 추세이다(Elglund et al., 2014).

나. Rasch 측정 모형의 개념 및 특성

문항반응이론에 기초한 모형들의 형태는 다양한데, 문항 난이도만을 고려하는 1-모수 로지스틱 모형, 문항 난이도와 문항 변별도를 고려하는 2-모수 로지스틱 모형, 문항 난이도, 문항 변별도, 피험자의 추측을 모두 고려하는 3-모수 로지스틱 모형이 있다. 이 중 Rasch 측정 모형(Rasch, 1960)은 1-모수 로지스틱 모형에 해당하지만 모형이 근본적으로 3-모수 모형과 다르게 발달되었으며 모형에서 사

용하는 기호들도 다르기 때문에 다른 문항반응모형들과 구별하는 의미에서 Rasch 측정 모형이라고 부른다. Rasch 측정 모형은 1-모수만을 고려함으로써 간편함 때문에 문항반응이론을 보급하는 데 많은 공헌을 하였다. 반면 2-모수와 3-모수 로지스틱 모형들은 보다 많은 모수들을 포함하여 추정 오차를 줄이는 것을 장점으로 하고 있다(성태제, 2016).

덴마크의 수학자 Rasch(1960)가 지능검사 자료에서 문항의 난이도와 피험자의 능력과의 관계를 객관적으로 추정하기 위해 개발한 모형으로, 문항에 대한 피험자의 반응을 로지스틱 함수(logistic function)를 이용하여 동일한 간격의 직선적인 척도 위에 문항과 피험자를 동시에 놓고 비교할 수 있다. 즉, 피험자의 능력이 문항 난이도보다 더 높으면 높을수록 정답할 확률이 높아지며, 반대로 피험자의 능력이 문항 난이도보다 낮으면 낮을수록 정답할 확률이 낮아진다는 논리 하에 다음 수식으로 표현된다(지은림, 채선희, 2000).

$$P(X_{ni}) = \frac{e^{(\beta_n - \delta_i)}}{1 + e^{(\beta_n - \delta_i)}} \quad (1)$$

$P(X_{ni})$ = 피험자 n이 문항 i의 정답 확률
 β_n = 피험자 n의 능력, δ_i = 문항 i의 난이도

위 식(1)에 의해 산출된 정답 확률은 비직선형이기 때문에 확률값을 로지스틱 변환하여 로짓(Logit)으로 나타내면 비선형적인 형태의 확률은 선형적인 조건을 만족시키는 형태가 되고 등간척도를 이루게 된다. 이를 ‘가법결합측정(additive conjoint measurement)’이라고 하며 다른 문항반응이론과 차별화되는 Rasch 측정 모형만의 특징이다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다(지은림, 채선희, 2000).

$$\text{logit } P(X_{ni}) = \ln \left[\frac{P(X_{ni})}{1 - P(X_{ni})} \right] = \ln [e^{(\beta_n - \delta_i)}] = \beta_n - \delta_i \quad (2)$$

모형은 가상적 이론이기 때문에 Rasch 측정 모형에 의하여 기대되는 피험자들의 반응과 실제로 자료에서 관찰되는 피험자의 반응 사이에는 어느 정도의 차이가 존재할 수 있는데, 이를 확인하는 것을 모형의 적합도(goodness-of-fit) 분석이라고 한다. Rasch(1960)는 χ^2 통계치를 통하여 검사의 모형 적합성을 판단할 것을 제안하였는데, 외적합도(Outfit) 지수와 내적합도(Infit) 지수를 확인한다. 외적합도 지수는 피험자의 능력 수준에 비해 매우 쉬운 문항을 오답하거나 또는 매우 어려운 문항을 맞힐 경우에 민감한 반응을 보이고, 내적합도 지수는 피험자의 능력 수준 내에 있는 문항을 틀린 것과 같은 응답 형태에 민감한 통계의 예상과 다른 문항반응 형태에 가중치를 둔 적합도 지수이다(설현수, 2014). 자료가 모형에 적합하다면 기댓값은 1.0인 χ^2 분포를 따를 것이라고 가정하므로, 기준값인 1.0보다 클수록 자료와 모형 간의 부적합할 가능성이 크며(2.0 이상부터 부적합), 반대로 1.0보다 작을수록 과적합일 가능성이 크다고 해석할 수 있다.

적합도 통계치가 부적합하게 나타난 경우, 그 이유는 크게 세 가지로 볼 수 있다. 첫째, 피험자가 추측이나 실수에 의해 부적합한 반응을 했을 경우, 둘째, 피험자가 검사를 치르는데 있어서 검사불안이나 검사 기술상의 문제를 갖고 있을 경우, 셋째, 피험자가 검사 문항의 특정 내용에 대하여 학습상 문제를 가지고 있을 경우 부적합한 반응을 나타냈을 수 있다(지은림, 채선희, 2000; Desjardins, & Bulut, 2017).

마지막으로 Rasch 측정 모형을 이용하여 고전검사 이론의 Cronbach' alpha와 개념적으로 유사한 피험자 분리지수(person separation index)를 산출할 수 있는데, 이는 진점수의 분산도와 표본의 관찰점수 분산도간의 비율에 의해 검증되는 전통적인 방법보다 더 정확한 것으로 알려져 있다(Desjardins, & Bulut, 2017).

다. Rasch 측정 모형을 활용한 작업기억 검사 타당도 검증

고전검사이론에 기반을 둔 기존의 검사 타당화 방법은 문항 내용의 구인 타당

도 검증을 위한 요인분석과 Cronbach α 값을 기준으로 응답 패턴의 일관성을 검증하는 문항의 내적 신뢰도를 구하는 방법이다. 이러한 방법은 문항난이도가 피험자의 특성에 영향을 받고, 피험자의 능력 추정 역시 문항 특성의 영향을 받기 때문에 측정도구를 정확하게 타당화하는데 한계가 있다.

반면, Rasch 측정 모형에서는 문항과 피험자의 능력을 추정하기 위해 피험자의 능력 수준과 문항난이도 차이를 로지스틱 함수를 이용하여 등간 척도로 전환한 후 로짓이라는 공통척도를 사용하기 때문에 문항의 난이도를 동시에 비교할 수 있으며 그 결과를 일반화할 수 있다.

Rasch 측정 모형의 결과를 Messick(1995)이 분류 및 제시한 6가지 타당도(검사 내용, 실제, 내적 구조, 일반화, 외적 준거, 검사 결과) 분석틀을 가지고 타당화 과정을 적용하면 다음과 같다(설현수, 2012). 첫째, 검사 내용에 기초한 타당도는 검사가 측정하고자 하는 구인과 피험자의 반응이 얼마나 일치하는가에 근거한 개별 문항의 양질 정도를 판단하는 것으로 문항 적합도 지수(fit index)에 의해 확인할 수 있다. 둘째, 실제에 기초한 타당도는 피험자가 응답한 문항반응 형태가 검사 개발자가 의도한 변수의 정의와 어느 정도 일관성을 가지고 있는지와 관련된 것으로 피험자 \times 문항 분포도 분석과 피험자 적합도 지수를 통하여 확인할 수 있다. 셋째, 내적 구조에 기초한 타당도는 검사가 의도하는 심리적 구인을 검사점수가 제대로 측정하고 있는 정도를 의미하는 것으로 요인분석 등으로 검증할 수 있다. 넷째, 일반화에 기초한 타당도는 검사 점수의 특성과 해석이 다양한 연구 집단에 걸쳐서 일반화될 수 있는 정도를 의미하는 것으로 차별적 문항기능 분석과 분리지수를 통해 확인할 수 있다. 다섯째, 외적 준거에 기초한 타당도는 검사점수와 외적변수와의 관계를 분석하는 것으로 중다특성-중다방법의 통계적 방법으로 산출하거나 공인타당도로 검증할 수 있다. 여섯째, 검사 결과에 기초한 타당도는 검사에서 산출된 검사 점수의 공정성과 관련된 개념으로 평정자의 일치성 정도를 분석하는 다국면 측정모형 등을 통해서 검증할 수 있다.

본 연구에서는 이 중 작업기억 검사 도구 타당화에 적용할 수 있는 4가지 타

당도 측 검사 내용, 실제, 내적 구조, 일반화에 기초한 타당도를 활용하였고, 외적 준거와 검사 결과에 기초한 타당도는 국내에 표준화된 작업기억 검사가 없는 점, 평정자가 없는 점 등의 제한점에 의해 제외되었다.

Ⅲ. 연구 1: 초등학생용 작업기억 검사의 타당화

연구 1은 Baddeley(2000)의 작업기억 모델에 따라 제작된 초등학생용 작업기억 검사의 타당도와 신뢰도를 검증하는 것을 목적으로 한다. 이 연구는 서울교육대학교 윤리위원회의 승인(SNUEIRB-2019-01-004)을 받았다.

1. 연구 대상

연구 1의 대상은 서울시에 소재한 S초등학교에 재학 중인 1~6학년 학생 중 연구 참여에 동의한 학생을 대상으로 선정하였다(단, 특수교육지원대상자는 제외). 연구 참여에 대한 동의를 얻기 위해 연구자가 직접 각 교실에서 학생들에게 연구에 대한 설명을 약 5분간 구두로 전달하였고, 연구에 참여하기를 원하는 학생들은 연구 설명서와 동의서<부록 6>을 가정으로 가져가서 부모님과 본인의 서명을 한 뒤 담임교사를 통해 연구자에게 제출하였다.

연구동의서를 회신한 학생은 총 292명이었고, 검사스케줄은 학급별로 담임교사와 협의하여 결정하였다. 이 중 예비 검사는 먼저 검사받기를 원하는 저·중·고학년, 즉 2, 3, 5학년 35명을 대상으로 하였고, 본 검사는 나머지 257명을 대상으로 하였다. 이들 중 검사 5와 8의 간섭과제를 동일한 번호로 응답한 10명(예비 검사 5명, 본 검사 5명)의 학생은 불성실한 응답으로 판별하여 연구 대상에서 제외하였다.

최종적으로 예비 검사 30명과 본 검사 252명을 합한 연구 대상은 <표 III-1>과 같다. <표 III-1>과 같이, 예비 검사와 본 검사의 연구 대상자의 성별은 남 145명(51%), 여 137명(49%)였고, 연령별 대상자수는 8세 37명(13%), 9세 54명(19%), 10세 45명(16%), 11세 45명(16%), 12세 47명(17%), 13세 54명(19%)이었다. (예비 검사와 본 검사 각각의 연구대상자 정보는 3장에 제시되어 있다.)

<표 III-1> 연구 대상자의 성별 및 나이

명(%)

성별 \ 나이	8세	9세	10세	11세	12세	13세	계
남	17(6)	24(8)	24(9)	19(7)	30(11)	31(11)	145(51)
여	20(7)	30(11)	21(7)	26(9)	17(6)	23(8)	137(49)
계	37(13)	54(19)	45(16)	45(16)	47(17)	54(19)	282(100)

2. 측정도구

가. 작업기억 검사

본 연구에서 사용되는 작업기억 검사는 컴퓨터 기반 검사로서, 개인검사이면서 집단으로 실시가 가능하다. 그리고 <표 III-2>과 같이, 음운루프, 시공간잡기장, 중앙집행기의 3가지 하위요소에 따라 총 8개의 소검사로 구성되어 있다. 먼저 음운루프(언어 단기기억)을 측정하는 과제에는 숫자폭(Digit forward span), 역순 숫자폭(Digit backward span)과 철자폭(Letter recall) 과제가 있고, 시공간잡기장(시공간 단기기억)을 측정하는 과제에는 매트릭스(Matrix span), 역순 매트릭스(Matrix backward span)와 화살폭(Arrow span) 과제가 있다. 중앙집행기를 측정하는 과제는 언어 과제와 시공간 과제로 나뉘는데, 언어 과제에는 읽기폭(Reading span) 과제가 있고, 시공간과제에는 대칭폭(Symmetry span) 과제가 있다.

검사 순서는 피험자가 검사방법을 쉽게 이해하고 수행할 수 있도록 소검사 간의 연관성이 높은 것끼리 순차적으로 진행하였고, 난이도가 쉬운 것과 어려운 것을 적절히 섞어서 분배하였다. 이러한 점을 고려하여 ‘숫자폭→역순 숫자폭→매트릭스폭→역순 매트릭스폭→읽기폭→철자폭→화살폭→대칭폭’의 순서로 검사를 진행하였다. 검사가 진행되는 도중에는 프로그램을 종료할 수 없으며, 마지막 검사까지 완료한 후 검사종료 버튼을 눌러야 검사 결과 데이터 파일이 생성·저장

된다. 상황에 따라 소검사 중 일부만을 실시할 경우를 고려하여 프로그램 폴더 내의 컨피그파일을 수정하여 해당 소검사만 실시할 수 있도록 설정하였다. 예를 들어, 기본 설정은 '1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8'로 저장되어 있고, 검사 5, 8만 재검사를 해야하는 경우에는 '5, 8'로 설정하면 해당 검사만 활성화된다.

검사에 필요한 도구는 윈도우 운영체제의 컴퓨터(노트북)와 마우스, 헤드폰(이어폰)이며, 기타 필기구는 사용하지 못하도록 하였다. 각 검사 과제는 모두 화면과 음성으로 검사에 대한 설명이 제시되며, 2~3개의 연습문항으로 시작되게 하였다. 본 문항에서 제시되는 기억폭은 2부터 시작하며(숫자폭은 3부터) 3문항 단위로 폭이 하나씩 증가하도록 하였다.

채점은 Conway 등(2005)의 연구를 참고하여 문항당 맞으면 1점, 틀리면 0으로 처리하는 절대-단위 점수(all-or-nothing unit scoring, ANU) 채점방식으로 처리하고 결과를 분석하였다. 각 소검사는 3문항 연속해서 틀렸을 때 종료되며, 다음 검사로 넘어가는 화면이 나타나도록 하였다. 검사 버튼은 순서대로 활성화되므로, 학생이 순서를 바꿀 수 없으며, 이 화면에서는 희망하는 경우 휴식이 가능하도록 하였다.

구체적인 작업기억 검사의 하위요소, 과제 종류와 내용은 <표 III-2>과 같고, 작업기억 검사의 실제 화면과 소검사별 지시문 및 검사 문항은 <부록 1>과 <부록 2>에 제시되어 있다.

<표 III-2> 작업기억 검사 요약

작업기억 하위요소	과제 종류	과제 내용
음운루프	숫자폭 (Digit forward span)	제시되는 숫자를 순서대로 기억하기 [총 21문항] 음성으로 1~9사이에서 무작위로 선택된 3~9개의 숫자가 소리로 제시된다. 이후 숫자를 기억해서 순서대로 입력한다.
	역순 숫자폭 (Digit backward span)	제시되는 숫자를 거꾸로 기억하기 [총 21문항] 음성으로 1~9사이에서 무작위로 선택된 2~8개의 숫자가 소리로 제시된다. 이후 숫자를 기억해서 역순으로 입력한다.
문자	철자폭 (Letter span)	제시되는 한글의 자음을 순서대로 기억하기 [총 18문항] 음성으로 ㄱ~ㅎ 한글 자음의 소리가 2~7개 제시된다. 이후 순서대로 자음을 기억해서 입력한다.

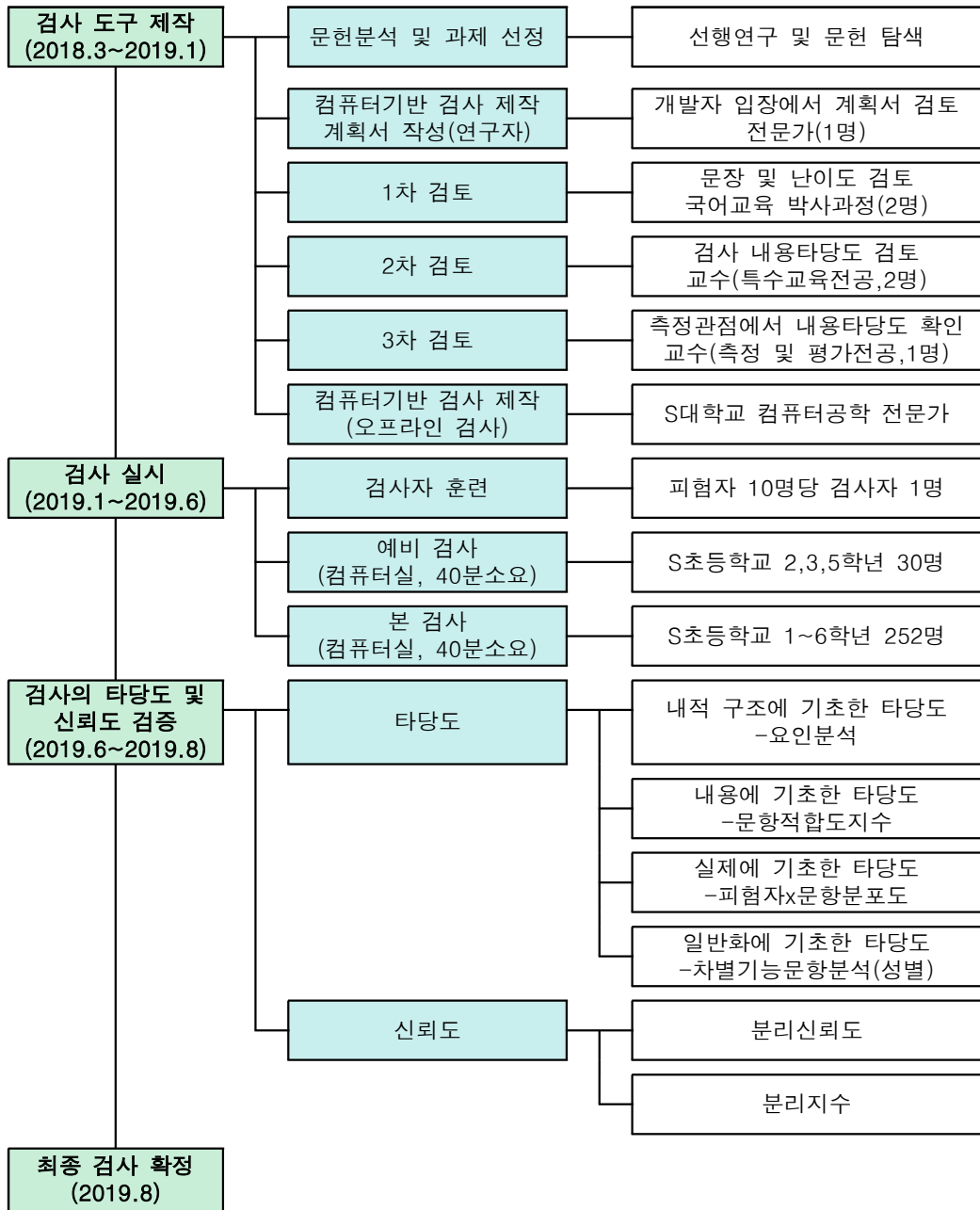
작업기억 하위요소		과제 종류	과제 내용
시공간잠기장	공간	매트릭스폭 (Matrix span)	사각형 매트릭스의 점등된 위치 순서대로 기억하기 [총 21문항] 순서대로 기억할 그리드 위치가 2~8개 제시된다. 사용된 격자는 4x4이다. 모든 그리드를 본 후에 순서대로 기억하여 그리드를 클릭한다.
		역순 매트릭스폭 (Matrix backward span)	사각형 매트릭스의 점등된 위치 순서 거꾸로 기억하기 [총 18문항] 순서대로 기억할 그리드 위치가 2~7개 제시된다. 사용된 격자는 4x4 격자이다. 모든 그리드의 위치를 본 후에 거꾸로 회상하여 클릭한다.
	시각	화살표 (Arrow span)	화살표 방향 기억하기 [총 15문항] 방향이 다른 화살표가 2~6개 제시된다. 각 화살표는 회전 각도 (0°-315°, 45° 단위)가 다를 수 있으므로 8개의 가능한 화살표가 있다.
중앙집행기	언어	읽기폭 (Reading span)	문장의 정오 판단하면서 제시되는 숫자 기억하기 [총 18문항] 숫자폭 과제에 간섭과제가 추가된 형태로, 음성으로 숫자가 제시된 다음에 나온 문장이 올바른지 정오판단을 한 후, 2~7개의 숫자가 제시된다. 숫자가 제시된 순서대로 기억해서 입력한다.
	시공간	대칭폭 (Symmetry span)	그림의 대칭 여부를 판단하면서 사각형 매트릭스의 점등된 위치 순서대로 기억하기 [총 18문항] 매트릭스폭 과제에 간섭과제가 추가된 형태로, 순서대로 기억할 그리드 위치가 2~7개 제시되며 사이사이 제시된 그림의 대칭여부를 판단한다. 그림 패턴은 세로축을 따라 대칭이거나 비대칭이고 왼쪽/오른쪽 화살표 키를 사용하여 대칭 판단을 내리면 다음 그리드가 점등된다. 모든 그리드를 본 후에 순서대로 기억하여 그리드를 클릭해야 한다.

3. 연구절차

연구 1은 2018년 3월부터 검사도구 제작을 위한 기초연구를 수행하였으며 2019년 8월까지 진행되었다. 검사 도구 제작, 검사 실시, 검사의 타당도 및 신뢰도 검증, 최종 검사 확정까지의 진행 절차는 다음 [그림 III-1]과 같다.

가. 검사 도구 제작

국내의 선행연구들과 국외의 표준화된 작업기억 검사에서 활용된 검사 과제들을 분석한 <표 II-1>, <표 II-2>와 같이 3개의 하위요소에 따라 8개 소검사로 이루어진 작업기억 검사 제작 계획서를 작성하였다. 소검사는 【검사1】 숫자 기억하기, 【검사2】 숫자 거꾸로 기억하기, 【검사3】 색이 변한 칸 기억하기,



[그림 III-1] 연구 1의 연구절차

【검사4】 색이 변한 칸 거꾸로 기억하기, 【검사5】 숫자 기억하기 II, 【검사6】 한글 자음 기억하기, 【검사7】 화살표 기억하기, 【검사8】 색이 변한 칸 기억하기 II로 구성되어 있다.

각 소검사는 검사 설명 후 2~3개의 연습 문항을 통해 검사에 적응할 수 있도록 하였다. 연습문항 후 ‘검사 시작’과 ‘한번 더 연습하기’ 버튼이 제시되어 필요한 학생의 경우 한 번 더 연습할 수 있도록 하였다. 또한 검사피로도도를 줄이기 위해 3문항 연속해서 틀릴 경우, 소검사가 자동 종료되도록 설정하였다.

검사 제작 계획서는 Stone과 Towse(2015)가 오픈 소스로 공유한 ‘인지 연구 도구(cognitive research tools)’ 사이트(<http://www.cognitivetools.uk/cognition>)에서 화면 구성, 데이터 파일 양식, 검사과제의 구현 등을 참고하여 작성하였다. 최종 검사 제작 계획서 폴더 안에는 프로그램명, 생성파일명, 전체적인 검사과제 구성 등이 설명된 워드파일과 소검사별 흐름도 PPT 8개, 생성 데이터 예시 파일 2개, 대칭과제 그림파일들이 포함되었고, 후에 음성파일이 추가되었다. 그리고 컴퓨터 프로그램 제작이 가능한 계획서의 형태로 만들기 위해 컴퓨터 관련 전문가 1인에게 3주간 7회에 걸쳐 검토를 받았고, 프로그램 구동 시 학생의 입력오류를 최소화하고, 제작의 용이성을 위해 다각도로 체크한 약 70 여개의 피드백(예, 학생 정보 입력 시 오류를 최소화하도록 글자 수 제한 명령 코드 넣기, 초단위 시간 설정 제시해주기, 시각적 과제 정답 클릭 시 범위 제한하기 등)을 통해 수정하였다.

제작한 검사 도구 내용은 관련 분야 전문가 5인(교육심리 및 특수교육 교수 3인, 박사과정 2인)에게 내용타당도를 검증받았다. 검증과정에서 피드백을 통해 수정된 내용은 첫째, 컴퓨터 프로그램 제작을 고려하여 기존에는 음운루프 관련 소검사(숫자폭, 역순 숫자폭, 철자폭)의 문항제시 방법을 시각적 제시로 계획하였으나, 청각적 정보를 처리하는 음운루프 측정에는 적합하지 않다는 의견에 따라 연구자의 음성을 녹음하여 청각적 문항 제시로 변경하였다. 둘째, 중앙집행기, 시공간잡기장과 관련된 소검사인 회전폭 과제가 대칭과 회전 여부를 모두 판단하

기에는 초등학생들에게 어렵다는 의견에 따라 대칭 여부만 판단하는 대칭폭 과제로 대체하였다. 셋째, 제시되는 숫자, 철자, 매트릭스의 위치, 화살표의 방향 등이 이전 문항에서의 학습효과가 반영되지 않도록 난수표를 이용하거나 빈도 분석 등을 통해 중복되지 않도록 구성하였다. 넷째, 기존에는 단순 폭 과제의 경우 성인의 기억폭(7±2)에 근거하여 2폭~9폭 3문항씩 최대 21문항으로 구성하였고, 복합 폭 과제의 경우 2폭~5폭이 적합하다고 제안한 것(Conway et al., 2005)을 근거로 12문항으로 구성하였다. 그러나 문항수가 실제 활용되는 것보다 충분해야 한다는 측정 전문가의 지적에 따라 소검사별 기존 12~15문항에서 15~21문항으로 문항 수를 늘렸다. 다섯째, 읽기폭 과제에서 정오판단 간섭과제로 사용되는 문장을 초등학교 수준과 어법에 맞게 수정하였다. 여섯째, 저학년 아동의 한글해독 수준을 고려하여 각 검사의 설명을 연구자의 목소리로 녹음하여 화면과 함께 제시되도록 하였다.

위와 같이 최종 검증받은 검사 제작 계획서를 S대 컴퓨터공학 전공자에게 의뢰하여 ‘초등학생용 작업기억 검사’를 제작하였다. 프로그램 개발 도구는 Electron 2.0.4이고, 프로그래밍 언어는 Node.js 10.15.0, 프레임워크는 Vue.js 2.5.16이다. 이 도구를 사용한 이유는 다양한 컴퓨터 운영체제에서 사용할 수 있고, 실험 환경의 제약이 적으며, 웹 기술을 사용하여 스마트폰 웹, 앱 환경에 익숙한 피실험자인 초등학생들에게 친숙한 UI, UX 바탕의 검사를 제작할 수 있는 장점이 있기 때문이다.

검사는 개인용 검사이지만 컴퓨터실에서 집단으로 실시할 수 있다. 단, 자리 배치는 두 피험자 사이의 한 자리를 공석으로 하여 서로의 화면이 보이지 않도록 한다. 소요시간은 약 30~40분으로 초등학교 1차시 수업시간인 40분 이내에 실시할 수 있다. 검사 대상은 초등학교 1~6학년(만 7세~만 13세) 학생을 대상으로 한다.

나. 검사자 훈련

본 검사를 컴퓨터실에서 집단으로 실시할 때, 검사 초기 학생의 개인정보 입력 과정과 검사 진행 과정 중의 문의 사항을 해결해줄 검사자가 필요하다. 약 피험자 10명당 1명 비율로 검사자를 두는 것이 권장되고, 본 연구에서도 피험자가 10명 이상일 때, 연구자 외에 제2의 검사자를 두었고, 사전에 다음과 같은 훈련 과정을 거쳤다. 첫째, 검사 프로그램 구동 전반적인 과정에 대해 직접 실습을 통해 검사자가 숙지하도록 하였다. 둘째, 학생 개인정보 입력과 답안 입력 시 일어나는 오류와 대처 방안에 대해 숙지하였다. 셋째, 학생들이 컴퓨터 외 연필 등의 필기구를 사용하지 못하도록 제재하도록 하였다.

다. 작업기억 검사 실시

본 연구 1의 검사는 예비 검사와 본 검사로 구분되어 있다. 예비 검사는 컴퓨터 검사를 실시하는 과정에서 생길 수 있는 오류를 최소화하기 위해, 연구에 동의한 학생들 중 일부를 대상으로 하였다. 본 검사는 예비 검사를 실시한 후에 도출된 사항들을 수정 및 보완하여 실시하였다.

1) 예비 검사

가) 예비 검사의 시기, 환경 및 대상

예비 검사 실시 전에 키보드와 마우스 활용이 처음인 경우를 조사하여, 별도의 연습을 통해 숫자 입력, 자음 입력, 마우스 클릭을 익힌 후 검사에 참여하도록 하였다. 예비 검사는 2019년 1월 31일 3~6교시에 걸쳐 실시되었다.

검사 장소는 헤드폰이 설치된 컴퓨터실이었고, 총 30대의 컴퓨터가 설치되어 있어 학생들이 서로 옆에 앉지 않고 한 자리씩 떨어져 앉도록 자리를 배치하였다.

예비 검사에 참여한 학생은 8세 13명, 9세 12명, 11세 10명, 총 35명이었다. 이들 중 【검사5】 읽기폭 과제와 【검사8】 대칭폭 과제의 간섭과제 응답을 무성의

하계 같은 번호로 모두 동일한 응답을 보인 7명(8세 2명, 9세 3명)을 결과에서 제외하였고, 나머지 30명의 예비 검사 결과를 분석하였다. 예비 검사 최종 분석 대상의 성별 및 나이는 <표 III-3>과 같다.

<표 III-3> 예비 검사 최종 분석대상의 성별 및 나이 명(%)

성별 \ 나이	만 8세	만 9세	만 11세	계
남	5(17)	3(10)	7(23)	15(50)
여	6(20)	6(20)	3(10)	15(50)
계	11(37)	9(30)	10(33)	30(100)

<표 III-3>에서 볼 수 있듯이, 예비 검사 최종 분석 대상자는 남 15명(50%), 여 15명(50%)로 구성되어 있고, 8세 11명(37%), 9세 9명(30%), 11세 10명(33%)로 고르게 분포되어 있다.

나) 예비 검사 결과

예비 검사를 실시한 결과, 작업기억의 소검사별 기술통계와 신뢰도는 <표 III-4>와 같다.

<표 III-4> 예비 검사의 소검사별 기술통계와 신뢰도

	검사1	검사2	검사3	검사4	검사5	검사6	검사7	검사8
문항수	21	21	21	18	15	18	15	15
최소값	8	7	6	4	5	1	2	2
최대값	18	19	14	14	15	13	12	15
평균	11.60	12.80	10.40	8.07	11.20	5.23	6.33	6.90
표준편차	2.85	3.27	2.27	2.39	2.96	2.93	2.67	3.14
왜도	1.13	0.60	-0.19	0.69	-0.40	1.28	0.58	1.20
첨도	0.45	-0.34	-1.43	0.81	-0.90	1.78	-0.04	1.55
신뢰도(α)	.840	.830	.854	.886	.835	.833	.839	.835

<표 III-4>에 제시된 바와 같이, 검사1~검사8의 문항수는 15~21개로 구성되어 있으며, 최소값은 1~8점, 최대값 12~19점, 평균 5.23~12.80점, 표준편차 2.27~3.27로 분포되어 있다. 소검사별 신뢰도는 모두 .830 이상으로 높은 신뢰도를 보였다.

다) 예비 검사 후 수정·보완점

예비 검사를 통해 초등학교 1~6학년 학생들이 실시하기에 적합한지, 지시문은 명확한지, 연습문제의 문항 수는 적절한지, 반응양식은 적절한지, 검사상의 오류는 없는지 등을 점검하였다.

점검한 결과, 다음의 내용을 수정·보완하였다. 첫째, 5학년 학생들의 경우, **【검사5】** 읽기폭과 **【검사8】** 대칭폭에서 만점 가까이 받은 학생들이 있어, 난이도가 높은 문항을 추가하여 친장효과를 피하기 위해 검사문항을 15문항에서 18문항으로 늘렸다. 둘째, 기억과제의 정답여부는 표시되고, 간섭과제의 정답여부는 표시되지 않았었는데, 간섭과제를 불성실하게 응답한 학생들이 있어서 정답여부가 화면에 표시되도록 프로그램을 변경하였다. 셋째, **【검사6】** 철자폭 과제의 경우 숫자폭과 동일하게 1번부터 3개의 자음이 제시되었는데, 예비 검사 결과 2, 3학년 학생들이 저조한 수행을 보이는 경우가 많았다. 숫자를 기억하는 것보다 철자를 기억하는 것이 더 어렵다고 분석되어, 철자폭이 하나 적은 2개의 자음부터 제시하는 것으로 변경하였고, 총 문항수는 18문항으로 유지하였다. 넷째, **【검사8】** 대칭폭의 경우 ‘대칭’이 무엇인지에 대해 묻는 학생들(2학년 7명, 3학년 5명)이 있었다. 이들은 간단한 검사자의 설명과 예시 그림을 보고 이해한 후 검사를 수행하였다. 이에 본 검사 실시에서는 대칭폭 검사가 실시되기 전에 설명 화면에 대칭의 정의(“대칭이란, 가운데를 중심으로 좌우 그림이 같은 것을 말합니다. 반으로 접었을 때 똑같이 포개어지는 그림.”)을 추가하였다. 다섯째, 5학년의 경우 마우스클릭이 빨라서 매트릭스폭, 화살폭처럼 마우스로 화면을 클릭하는 과제들에서 실수를 하게 되는 경우, 답안 입력 시 수정이 불가능한 점에 대해 불편함을

호소하였다(정답 입력칸이 있는 과제들은 백스페이스로 답안 수정이 가능하다). 이에 대해 개발자에게 의뢰하여 잘못 클릭한 칸을 한 번 더 클릭 시 취소되는 기능을 넣어 수정이 가능하도록 하였다. 마지막으로 2학년의 경우, 자신의 출석번호를 모르겠다고 하는 경우가 있어, 본 검사에서는 검사 전에 반드시 자신의 번호를 확인하도록 실시 절차에 포함시켜 검사 실시에 지장이 없도록 하였다. 또한, 컴퓨터 기반 검사인만큼 전체 학생들이 연습문항을 통해 문항입력방법을 충분히 습득하게 하였다.

2) 본 검사

가) 본 검사의 시기, 환경 및 대상

본 검사 실시 전에 키보드와 마우스 활용이 처음인 경우를 조사하여, 별도의 연습을 통해 숫자 입력, 자음 입력, 마우스 클릭을 익힌 후 검사에 참여하도록 하였다. 본 검사는 2019년 2월 7일~14일, 총 6일동안 1~6교시에 걸쳐서 실시되었다.

검사 장소는 예비 검사가 실시된 곳과 같은 컴퓨터실에서 검사를 진행하였으며, 검사 감독은 10명 이하인 경우 연구자가 감독하고, 10명 이상인 경우 연구자와 사전에 훈련된 전산실무사가 담당하였다. 특히 개인정보 입력이 어려운 1학년의 경우, 검사 실시 전에 담임교사의 도움을 받아 출석번호와 생년월 자료를 받아 입력 후 자리를 배정하였다.

검사 대상은 7세 37명, 8세 43명, 9세 38명, 10세 44명, 11세 40명, 12세 58명, 총 257명이었다. 대상 학생들이 성실하게 검사에 참여하는 것을 유도하기 위해 보상으로 간식을 제공한다고 약속하였고, 불성실하게 응답할 경우 재검사를 할 수 있다고 안내하였으며, 간섭과제 화면에도 정답여부가 제시되도록 하였다. 그럼에도 불구하고 검사 결과, 【검사5】 읽기폭과 【검사8】 대칭폭의 간섭과제 응답이 무성의하게 일련의 동일한 응답을 보인 경우가 있었다. 해당 학생에게 성실

한 검사 여부에 대해 면담한 후 필요한 경우 소검사만 따로 재검사를 실시하였다. 최종 응답이 불성실했던 5명을 제외한 최종 분석 대상자는 252명이었으며, 성별 및 나이에 따른 대상자 수는 <표 III-5>와 같다.

<표 III-5> 본 검사 연구 대상의 성별 및 나이 명(%)

성별 \ 나이	만 7세	만 8세	만 9세	만 10세	만 11세	만 12세	계
남	17 (7)	19 (8)	21 (8)	19 (8)	23 (9)	31 (12)	130 (52)
여	20 (8)	24 (10)	15 (6)	26 (10)	14 (6)	23 (9)	122 (48)
계	37 (15)	43 (17)	36 (14)	45 (18)	37 (15)	54 (21)	252 (100)

<표 III-5>에서 볼 수 있듯이, 본 검사 분석 대상자의 성별은 남 130명(52%), 여 122명(48%)이었고, 학년별 대상자수는 1학년 37명(15%), 2학년 43명(17%), 3학년 36명(14%), 4학년 45명(18%), 5학년 37명(15%), 6학년 54명(21%)이었다. 각 학년별 대상자수의 범위는 37~54명으로 비교적 고르게 분포되어 있었다.

나) 본 검사 결과

본 검사를 실시한 결과, 작업기억의 소검사별 평균 점수와 신뢰도는 <표 III-6>과 같다.

<표 III-6>에 제시된 바와 같이, 검사1~검사8의 문항수는 15~21개로, 예비검사에 비해 검사4, 5, 7의 문항수가 늘어났으며, 최소값은 0~4점, 최대값 14~21점, 평균 6.38~11.8점, 표준편차 2.66~3.89로 분포되어 있다. 예비검사에 비해 점수의 분포 범위가 늘어났는데, 이는 예비검사는 2, 3, 5학년을 대상으로 한 것에 반해 본 검사는 1학년부터 6학년을 포함하였기 때문으로 추측된다. 소검사별 신뢰도는 모두 .767 이상으로 양호한 편이다.

<표 III-6> 본 검사의 소검사별 기술통계

	검사1	검사2	검사3	검사4	검사5	검사6	검사7	검사8
문항수	21	21	21	21	18	18	15	18
최소값	4	2	4	2	0	0	0	0
최대값	21	21	18	20	18	15	14	16
평균	11.7	11.7	11.1	9.15	11.8	7.14	6.38	5.75
표준편차	3.32	3.74	3.01	3.02	3.86	2.66	2.73	3.89
왜도	0.06	-0.17	-0.16	0.14	-0.69	0.14	0.05	0.17
첨도	-0.25	-0.12	-0.27	-0.00	-0.11	-0.08	-0.69	-0.81
신뢰도(α)	.834	.831	.783	.785	.836	.767	.787	.841

4. 자료분석

연구 1의 목적은 초등학생용 작업기억 검사 도구의 타당도를 검증하는 데에 있다. 본 연구에서 수집된 252명의 자료에 대하여 우선 R기반의 Jamovi 1.0(The jamovi project, 2019) 통계 프로그램을 사용하여 요인들 간의 내적 구조를 보여주는 확인적 요인분석(Confirmatory Factor Analysis; CFA)을 수행하였다. 그리고 R 3.6.1(R Core Team, 2019) 통계프로그램의 **mirt**(Chalmers, 2012), **eRm**(Hatzinger & Rusch, 2009) 패키지를 활용하여 Rasch 측정 모형의 문항 적합도 지수(Item fit index), 피험자×문항분포도, 차별기능문항(Differential Item Function; DIF)을 통해 타당도를 검증하였고, 피험자 분리신뢰도와 분리지수를 통해 신뢰도를 검증하였다. 내용타당도는 검사도구 제작 절차에서 전문가 5인에게 검증을 받았다.

구체적인 검사 타당도와 신뢰도 검증 과정은 다음과 같다. 첫째, 내적 구조에 기초한 타당도와 관련하여 작업기억 소검사 중 역순 기억과제들이 음운루프, 시공간잡기장, 중앙집행기 중에서 어느 하위요소에 속하는지를 확인하기 위해 기존 연구에 활용된 경쟁 모델과 수정된 연구 모델의 모형적합도를 비교하였다. 이를

위해 Jamovi 1.0(The jamovi project, 2019) 통계 프로그램으로 최대 우도(Maximum Likelihood; ML) 추정 방법을 사용하여 확인적 요인분석을 수행하였다. 그리고 모형적합도를 평가하기 위해 비교 적합 지수(Comparative Fit Index, CFI), Tucker-Lewis 지수(TLI), 측정치의 평균제곱근 오차(Root Mean Square Error of Approximation; RMSEA), 표준화된 평균제곱근 잔차(Standardized Root Mean square Residual; SRMR), Akaike 정보 기준 지수(AIC), Bayesian 정보 지수(BIC)의 지표를 분석하였다. Hu와 Bentler(1999)에 따르면 좋은 모형적합도는 연속 데이터에 대해 CFI가 .95 이상, TLI가 .95 이상, SRMR이 .08 미만, RMSEA가 .06미만인 경우라고 제안하였다. 그리고 모형을 비교하기 위한 AIC, BIC 지수는 두 가지 이상의 모형 중 낮은 값이 더 나은 적합도를 나타낸다.

또한 요인분석에서 검사의 일차원성(unidimensionality) 가정 검증을 위해 고유값(eigenvalue)과 스크리 도표(scree plot)를 확인하였다. 일차원성 가정을 만족하는 경우는 제 1성분의 고유값만 1 이상인 경우, 혹은 두 개 이상의 고유값이 1 이상인 경우 스크리 도표 상에서 제 1성분과 제 2성분의 고유값 차이가 확연히 구별되는 경우이다(김주환 등, 2008).

둘째, 검사 내용에 기초한 타당도와 관련하여 검사가 측정하고자 하는 구인과 피험자의 반응이 얼마나 일치하는가에 근거하여 개별 문항의 양질 정도를 판단하였다. 이것은 Rasch 측정모형에서 제공되는 문항 적합도 지수를 통해 확인할 수 있다. 문항 적합도 지수에는 피험자의 능력 수준보다 너무 쉽거나 어려운 문항에서 발생하는 이상 반응에 민감한 외적합도 지수(Outfit mean square index)와 피험자의 능력 수준과 문항난이도가 비슷한 경우 발생하는 이상 반응에 민감한 내적합도 지수(Infit mean square index)가 있다(설현수, 2007). 내적합도 지수는 피험자의 능력 수준에 대한 보다 많은 정보를 제공하므로 가중치를 부여하고, 외적합도 지수는 가중치를 부여하지 않으므로 내적합도 지수를 좀 더 주의깊게 살펴보아야 한다(Englund et al., 2014). 연구목적에 따라 내적합도 지수와 외적합도 지수의 적절성을 판단하는 기준을 다르게 설정할 수 있지만, 일반적으로

0.5~1.5 사이의 값을 가지면 문항이 적합한 것으로 판단한다(Linacre, 2009).

본 연구의 검사도구는 작업기억 능력을 측정하는 것으로, 모든 소검사의 문항 구성이 기억해야 하는 정보의 개수가 뒤로 갈수록 늘어나는 구조이다. 따라서 본 연구에서는 너무 쉽거나 어려운 문항에서 발생하는 이상반응에 민감한 외적합도 지수보다는 피험자의 능력 수준에 대한 정보를 제공하는 내적합도 지수를 기준으로 문항의 적절성을 판단하였고(이경림, 2016), 내적합도 지수가 0.5에서 1.5사이를 벗어난 경우 부적합한 문항으로 검토하였다(Wuang & Su, 2009).

문항 적합도 지수 분석 대상은 피험자의 문항 반응과 문항 난이도의 관계를 나타낸 피험자 적합도 지수를 기준으로 Chi-square 기반 Z값 1.96을 초과하는 경우(Mair & Hatzinger, 2007)는 부적합한 피험자로 판단하여 제외하였다.

셋째, 실제에 기초한 타당도와 관련하여 검사 내용에 따른 피험자의 능력과 반응이 얼마나 일관성이 있는지를 알아보기 위해 문항난이도와 피험자의 반응에 대한 결과로 분석하였다. 이에 대한 정보는 피험자×문항 분포도 분석을 통하여 확인하였다(설현수, 2007). 피험자×문항 분포도 분석을 통해 문항의 난이도가 개인 능력의 모든 범위를 측정할 수 있도록 분포의 범위가 비슷할 때, 분포가 알맞게 되었다고 할 수 있다(Hong et al., 2005).

넷째, 일반화에 기초한 타당도와 관련하여 검사 점수의 특성과 해석이 다양한 집단, 배경에 걸쳐서 일반화될 수 있는지를 알아보기 위해 차별기능문항 분석을 실시하였다. 차별기능문항은 준거집단과 비교집단의 측정치를 구한 후, 측정치 차이에 대해 t 검증을 통해 통계적으로 차이가 있는지를 확인한다(설현수, 2007). 두 집단의 차이가 유의한 경우, 문항 내용이 특정 집단에 유리하게 작용하는지를 검토해볼 필요가 있다. 본 연구에서는 차별기능문항이라고 확신할 수 있는 문항을 찾을 때 두 가지 DIF 추출 방법을 사용하는 것이 합리적이라는 선행연구결과(강태훈, 2015)에 따라 안데르센 우도비 검증(Andersen's Likelihood Ratio test)와 멘텔-헨젤(Mantel-Haenszel) 방법을 통한 성별에 따른 차별기능문항 분석을 실시하였다. 이에 더하여 차별기능문항이더라도 검사의 목적에 부합하거나 내용

타당도 측면에서 적절하다면 그 문항은 검사에 필요한 문항이라는 선행연구(노연경, 김진호, 김수진, 2010)에 따라, 문항의 질적 분석 과정도 추가하였다.

다섯째, 신뢰도와 관련하여 측정의 일관성의 정도를 파악하기 위해 Cronbach α , 피험자 분리신뢰도(person separation reliability) 및 피험자 분리지수(person separation index) 분석을 실시하였다. Cronbach α 계수는 0.7 이상이면 적절하고, 피험자 분리 신뢰도는 0.8 이상이면서 피험자 분리지수가 2.0 이상일 경우 수용 가능하며(이다영 등, 2018), 검사의 일차원성 가정을 만족시키는 것으로 판단한다.

5. 연구결과

가. 연구 대상자에 대한 기술 통계

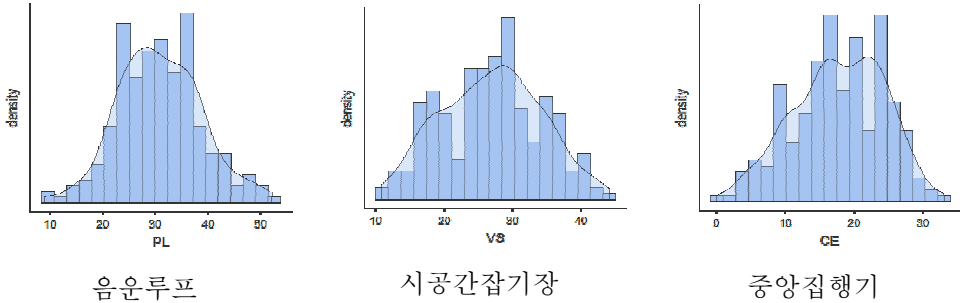
초등학생용 작업기억 검사의 타당화를 위해 S교 초등학생 257명을 대상으로 작업기억 검사를 실시하였다. 이 가운데 응답이 불성실했던 5명을 제외하고, 각 하위요소별로 피험자적합도가 부적합하게 판정된 대상자를 제외한 최종 분석 대상자의 작업기억 하위요소별 기술통계 자료는 <표 III-7>, [그림 III-2]와 같다.

<표 III-7> 작업기억 검사 하위요소별 기술통계

하위요소	N	Mean	SD	SE	왜도	첨도
음운루프	236	30.78	7.80	0.49	0.14	0.09
시공간잡기장	230	26.86	7.91	0.45	0.01	-0.61
중앙집행기	241	17.71	6.54	0.41	-0.26	-0.48

<표 III-7>과 같이, 음운루프 평균은 30.78(SD=7.80), 시공간잡기장 평균은 26.86(SD=7.91), 중앙집행기 평균은 17.71(SD=6.54)로 나타났다. 음운루프(왜도=0.14, 첨도=0.09) 시공간잡기장(왜도=0.01, 첨도=-0.61), 중앙집행기(왜도=-0.26,

첨도=-0.48)의 왜도와 첨도는 ± 1 을 넘지 않아 양호한 범위에 있음을 알 수 있으며, [그림 III-2]에서도 세 하위요소 모두 정규분포에 가까운 것을 알 수 있다.



[그림 III-2] 작업기억 검사 하위요소별 점수의 Histogram과 Density

나. 작업기억 검사 도구의 타당도 검증

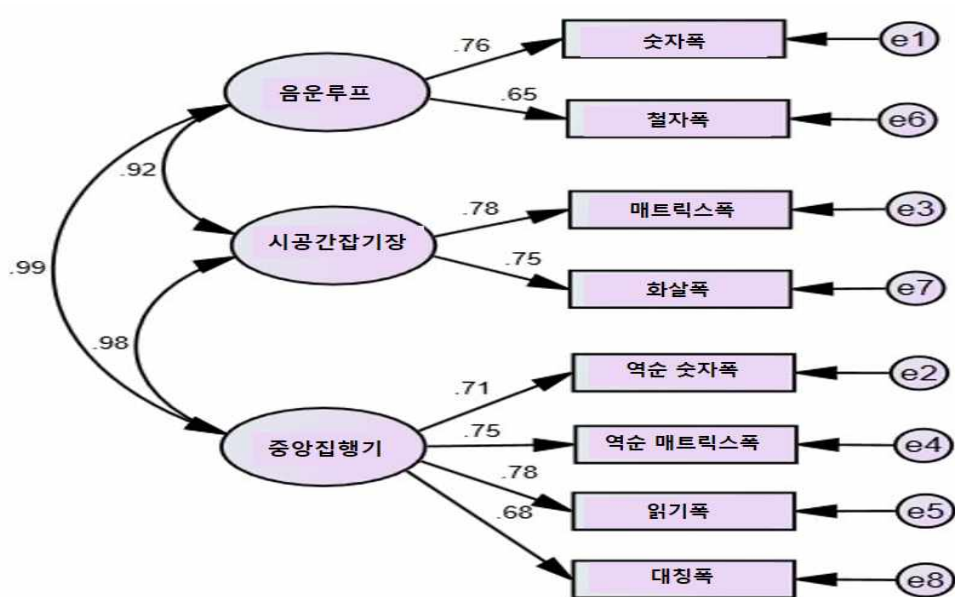
본 연구에서는 초등학생용 작업기억 검사 도구의 타당도 검증을 위해, 내적 구조에 기초한 타당도, 검사 내용에 기초한 타당도, 실제에 기초한 타당도, 일반화에 기초한 타당도의 네 가지 유형의 타당도를 확인하였다.

1) 내적 구조에 기초한 타당도

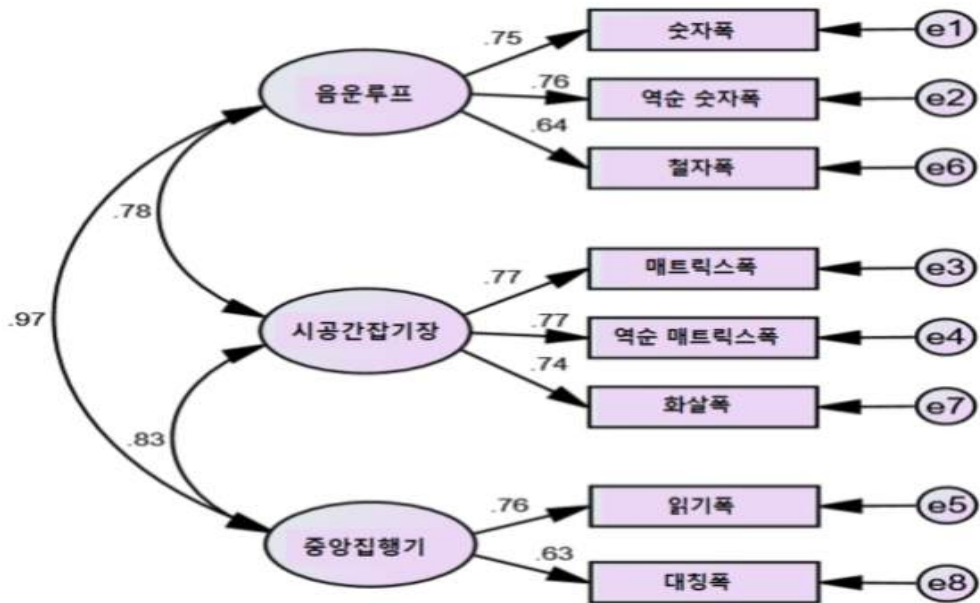
본 연구에서는 내적 구조에 기초한 타당도와 관련하여 검사의 요인 구조가 작업기억의 이론적 구성인 세 영역을 반영하는지 확인적 요인분석을 통해 검증하였다. 이를 위해 경쟁 모형과 연구 모형이 다음과 같은 이론적 배경에 의해 선정되었다. 경쟁 모형은 역순 기억과제가 순차 기억과제보다 정보 처리과정을 한 번 더 거치므로 중양집행기의 측정으로 분류하는 연구자들(박지은, 안성우, 2012; 정소라, 김동일, 2017; Ackerman, Beier & Boyle, 2005; Alloway, 2007, 2013; Gathercole et al., 2004)의 이론에 근거하였다. 연구 모형은 중양집행기의 측정은 정보의 저장과 처리를 동시에 요구하는 복합 폭 과제로 측정해야 한다고 주장하고, 역순 기억과제를 단기기억을 측정하는 과제로 분류하는 연구자들(김성만,

2008; 임경열, 최예지, 2017; Colom et al., 2005; Rosen & Engle, 1997)의 이론에 근거하였다.

이러한 이론적 배경하에 작업기억 소검사 중 역순 숫자폭과 역순 매트릭스폭이 중앙집행기에 속하는지 아니면 음운루프와 시공간잡기장에 속하는지를 확인하기 위해 경쟁 모형과 연구 모형의 확인적 요인분석을 다음과 같이 실시하였다. 작업기억 검사의 경쟁 모형의 확인적 요인분석 모델은 [그림 III-3]과 같고, 연구 모형의 확인적 요인분석 모델은 [그림 III-4]와 같으며, 작업기억 검사의 모형적 합도 지수는 <표 III-8>과 같다.



[그림 III-3] 경쟁 모형의 확인적 요인분석



[그림 III-4] 연구 모형의 확인적 요인분석

<표 III-8> 작업기억 검사 모형적합도 지수 비교

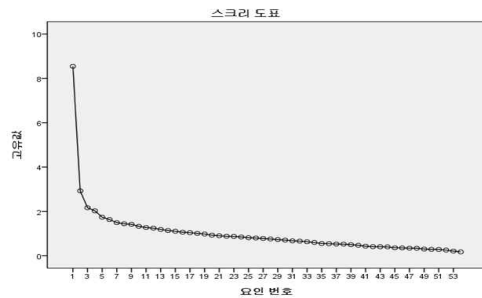
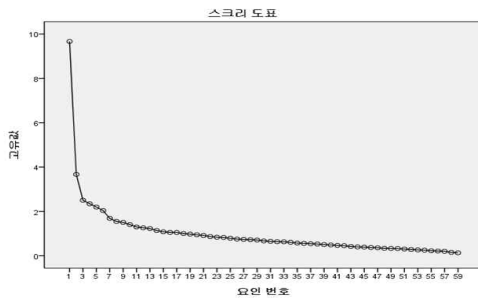
모형	χ^2	df	<i>p</i>	CFI	TLI	SRMR	RMSEA	AIC	BIC
경쟁 모형	81.974	17	<.001	0.921	0.869	0.049	0.123	9747	9842
연구 모형	41.715	17	<.001	0.964	0.940	0.042	0.083	9711	9806

<표 III-8>을 보면, 경쟁 모형(CFI= .921, TLI= .869, SRMR= .049, RMSEA=.123, AIC= 9747, BIC= 9842)의 모형적합도 지수에 비해 연구 모형(CFI= .964, TLI= .940, SRMR= .042, RMSEA= .083, AIC= 9711, BIC= 9806)의 모형적합도 지수 수치들이 6가지 모두 더 좋은 것을 알 수 있다. 이러한 확인적 요인분석 결과에 따라, 모형적합도 지수가 더 타당한 연구 모형을 적용하여 음운루프 검사 결과는 숫자폭, 역순 숫자폭, 철자폭으로 분석하였고, 시공간잡기장 검사 결과는 매트릭스폭, 역순 매트릭스폭, 화살폭으로 분석하였으며, 중앙집행기 검사 결과는 읽기폭, 대칭폭으로 분석하였다.

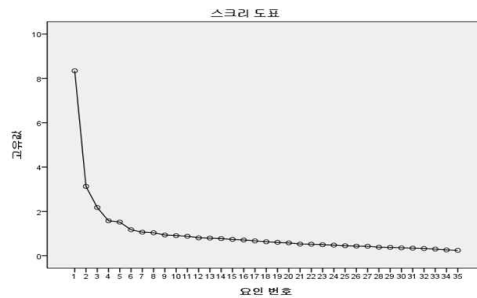
또한 연구 모형에 따라 Rasch 측정 모형의 기본 가정인 검사문항의 일차원성 가정을 검증하기 위해, 요인분석에서 고유값과 스크리 도표를 확인하였다. 작업 기억 하위요소별 고유값은 <표 III-9>와 같다.

<표 III-9> 작업기억 하위요소별 고유값(제1성분~제7성분)

음운루프		시공간잡기장		중양집행기	
Factor	Eigenvalue	Factor	Eigenvalue	Factor	Eigenvalue
1	8.892	1	7.751	1	7.618
2	2.770	2	2.036	2	2.372
3	1.663	3	1.297	3	1.353
4	1.437	4	1.178	4	0.733
5	1.337	5	0.858	5	0.679
6	1.19	6	0.749	6	0.341
7	0.818	7	0.617	7	0.257



[그림 III-5] 음운루프의 스크리 도표 [그림 III-6] 시공간잡기장의 스크리 도표



[그림 III-7] 중양집행기의 스크리 도표

<표 III-9>를 보면, 음운루프, 시공간잡기장, 중앙집행기 모두 고유값 1이상인 성분이 두 개 이상인 경우이므로, 제1성분과 제2성분의 고유값 차이를 확인해보아야 한다. 제1성분과 제2성분의 고유값 차이는 음운루프 6.122, 시공간잡기장 5.715, 중앙집행기 5.246으로 모두 크게 차이나는 것을 알 수 있다. 이러한 차이는 [그림 III-5], [그림 III-6], [그림 III-7]과 같이 스크리 도표상으로도 확연히 구별되었다.

[그림 III-5, 6, 7] 모두 스크리 도표에서 첫 번째 요인과 두 번째 요인의 고유값(eigenvalue)이 큰 차이를 나타내고 이후부터는 하락세가 완만하다. 즉, 첫 번째 요인의 고유값이 나머지에 비해 특히 강할 때 일차원성이 성립되는 것으로 수용된다(DeMars, 2010). 또한 [그림 III-4] 연구 모형의 확인적 요인분석 결과에서도 요인부하량이 모두 .63이상으로 양호하게 나타나 작업기억 검사의 하위요소인 음운루프, 시공간잡기장, 중앙집행기의 일차원성이 충족되는 것으로 파악되었다. 따라서 음운루프, 시공간잡기장, 중앙집행기를 단일차원으로 하여 각 영역별 문항 적합도 분석을 실시하였다.

2) 검사 내용에 기초한 타당도

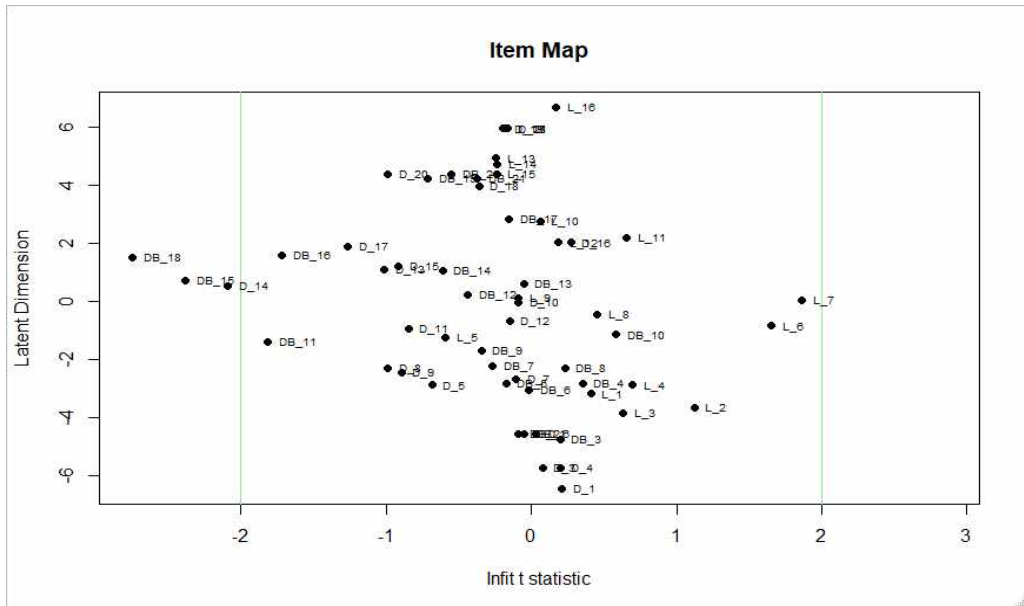
검사 내용에 기초한 타당도와 관련하여 작업기억 검사의 문항들이 측정하고자 하는 요인을 적절하게 대표하고 있는지와 부적절한 문항은 없는지는 문항 적합도 지수를 통해 검증하였다. 작업기억 세 하위요소별 문항 적합도 지수는 다음과 같다.

(가) 음운루프(검사 1, 2, 6)의 문항 적합도 분석

먼저, 피험자적합도(person fit) 분석 결과 252명 중 16명(6.3%)이 부적합한 대상으로 판정되어, 16명을 제외한 236명을 대상으로 분석하였다. 부적합한 피험자는 10% 미만으로 나타나 피험자 적합도는 양호한 것으로 보고되었다.

음운루프 문항들의 적합도를 한눈에 알아보기 위해 우선 [그림 III-8]과 같이

Item Map을 그려서 파악해보았다.



[그림 III-8] 음운루프 59문항의 Item Map

[그림 III-8]에 제시된 Infit t값은 문항이 적합할 가능성을 나타내는 것으로, t값의 수용범위인 -2에서 2사이면 적합하다. 대부분의 문항이 Infit t값이 -2와 2사이에 있고 숫자폭 14번과 역순 숫자폭 15, 18번이 -2보다 작은 값으로 나타나 부적합 문항일 가능성이 있는 것으로 나타났다.

구체적으로 음운루프 관련 소검사(검사 1, 2, 6) 60문항의 문항 적합도 지수를 산출한 결과는 <표 III-10>과 같다. <표 III-10>에 제시된 Infit MSQ값은 문항이 얼마나 적합한지를 나타낸 값으로, L_17번을 제외한 음운루프 59문항의 문항 적합도 지수는 기준치인 1 로짓을 중심으로 내적합도 지수는 0.714~1.258로 평가 문항의 내적합도 수용 범위 안에 있으므로, 음운루프 59문항은 적합한 것으로 검증되었다. Item Map에서 부적합 문항일 가능성이 있는 것으로 나타난 14번과 역순 숫자폭 15, 18번은 내적합도 지수는 각각 0.853, 0.827, 0.755으로 나타나 수용가능한 것

으로 판단하였다. 철자폭(L) 17번은 정답자가 0명으로 프로그램 자체 내에서 문항을 제외하고 분석이 진행되었다. 이에 검사의 타당도를 저해하는 부적합 문항으로 판단하였다.

<표 III-10> 음운루프(검사 1, 2, 6)의 문항 적합도 지수

	Difficulty	S.E.	Outfit MSQ	Infit MSQ	Outfit t	Infit t
D 1	-5.638	0.714	0.178	0.918	0.68	0.21
D 2	-5.638	0.714	3.862	0.841	1.51	-0.06
D 3	-5.212	0.590	0.164	0.918	0.16	0.08
D 4	-5.212	0.590	11.963	0.992	2.46	0.20
D 5	-2.684	0.228	0.758	0.889	-0.31	-0.68
D 6	-4.132	0.377	3.332	0.970	1.60	0.03
D 7	-2.401	0.211	6.457	0.979	5.47	-0.11
D 8	-2.159	0.198	0.794	0.885	-0.43	-0.99
D 9	-2.317	0.206	0.635	0.887	-0.83	-0.89
D 10	0.033	0.152	1.092	0.993	0.66	-0.09
D 11	-0.826	0.157	0.808	0.940	-0.96	-0.85
D 12	-0.509	0.154	1.028	0.988	0.22	-0.15
D 13	1.144	0.163	0.812	0.915	-1.00	-1.01
D 14	0.601	0.155	0.775	0.853	-1.56	-2.09
D 15	1.297	0.166	0.744	0.920	-1.34	-0.91
D 16	2.001	0.187	1.036	1.028	0.22	0.27
D 17	1.967	0.186	0.693	0.861	-1.13	-1.26
D 18	3.811	0.304	0.343	0.893	-0.83	-0.36
D 19	5.293	0.522	0.090	0.780	-0.01	-0.19
D 20	4.362	0.366	0.177	0.714	-0.98	-0.99
D 21	5.606	0.595	0.110	0.792	0.03	-0.17
DB 1	-4.284	0.400	1.599	0.943	0.82	-0.05
DB 2	-4.458	0.429	1.150	0.929	0.53	-0.09
DB 3	-4.458	0.429	5.966	1.027	2.22	0.20
DB 4	-2.584	0.222	1.395	1.047	0.84	0.35
DB 5	-2.490	0.216	0.897	0.966	-0.03	-0.17
DB 6	-2.845	0.240	1.314	0.988	0.68	-0.01
DB 7	-2.013	0.191	1.391	0.966	1.04	-0.27
DB 8	-2.013	0.191	2.883	1.023	3.32	0.23
DB 9	-1.483	0.172	1.081	0.967	0.37	-0.34
DB 10	-0.992	0.160	2.213	1.042	4.20	0.58
DB 11	-1.065	0.162	0.781	0.861	-0.87	-1.81
DB 12	0.380	0.153	0.936	0.968	-0.40	-0.44
DB 13	0.761	0.15	0.944	0.994	-0.32	-0.05
DB 14	1.144	0.163	0.818	0.948	-0.99	-0.61
DB 15	0.830	0.158	0.710	0.827	-1.94	-2.38
DB 16	1.626	0.175	0.566	0.837	-2.08	-1.71
DB 17	2.763	0.224	0.675	0.967	-0.65	-0.15
DB 18	1.597	0.174	0.530	0.755	-2.38	-2.75
DB 19	3.811	0.304	0.357	0.794	-0.63	-0.71
DB 20	4.007	0.325	0.286	0.822	-0.69	-0.55
DB 21	4.234	0.350	0.417	0.877	-0.51	-0.37
L_1	-2.845	0.240	2.174	1.065	1.61	0.41

	Difficulty	S.E.	Outfit MSQ	Infit MSQ	Outfit t	Infit t
L 2	-3.386	0.287	7.951	1.258	3.99	1.12
L 3	-3.561	0.305	2.619	1.145	1.58	0.63
L 4	-2.633	0.225	1.412	1.104	0.86	0.70
L 5	-1.040	0.161	0.862	0.954	-0.54	-0.59
L 6	-0.688	0.156	1.081	1.117	0.48	1.65
L 7	0.098	0.152	1.574	1.131	3.42	1.86
L 8	-0.290	0.152	0.988	1.029	-0.02	0.46
L 9	0.206	0.152	0.948	0.992	-0.32	-0.09
L 10	2.763	0.224	0.802	1.002	-0.33	0.06
L 11	2.212	0.196	0.850	1.079	-0.37	0.66
L 12	2.001	0.187	0.865	1.018	-0.37	0.19
L 13	4.503	0.385	0.237	0.871	-0.42	-0.24
L 14	4.503	0.385	0.413	0.888	-0.25	-0.23
L 15	4.234	0.350	0.451	0.905	-0.37	-0.24
L 16	6.037	0.718	0.089	0.894	0.54	0.17
L_17	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
L_18	6.037	0.718	0.067	0.795	-0.07	-0.16

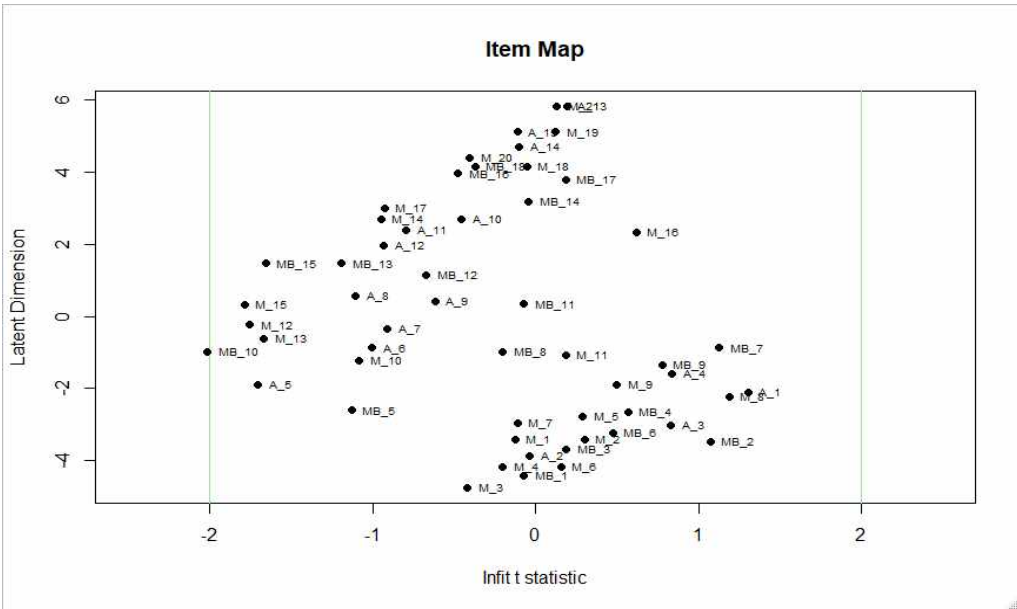
(나) 시공간잡기장(검사 3, 4, 7)의 문항 적합도 분석

피험자 적합도(person fit) 분석 결과 252명 중 22명(8.7%)이 부적합한 대상으로 판정되어, 22명을 제외한 230명을 대상으로 분석하였다. 부적합한 피험자는 10% 미만으로 나타나 피험자 적합도는 양호한 것으로 보고되었다.

시공간잡기장 문항들의 적합도를 한눈에 알아보기 위해 우선 [그림 III-9]과 같이 Item Map을 그려서 파악해보았다.

[그림 III-9]을 보면, 대부분의 문항이 Infit t값이 -2~2사이에 있고 역순 매트릭스폭 10번만 -2에 걸쳐 있어 부적합 문항일 가능성이 있는 것으로 나타났다.

구체적으로 시공간잡기장(검사 3, 4, 7) 54문항의 문항 적합도 지수를 산출한 결과는 <표 III-11>과 같다. 시공간잡기장 54문항의 문항 적합도 지수는 기준치인 1로짓을 중심으로 내적합도 지수는 0.809~1.198의 범위 안에 있으므로, 시공간잡기장 54문항은 모두 적합한 것으로 검증되었다. 따라서 Item Map에서 부적합 문항일 가능성이 있는 것으로 나타난 역순 매트릭스폭 10번은 수용가능한 것으로 판단되었다.



[그림 III-9] 시공간잡기장 54문항의 Item Map

<표 III-11> 시공간잡기장(검사 3, 4, 7)의 문항 적합도 지수

	Difficulty	S.E.	Outfit MSQ	Infit MSQ	Outfit t	Infit t
M 1	-3.110	0.234	1.003	0.967	0.16	-0.13
M 2	-3.110	0.234	1.020	1.043	0.20	0.30
M 3	-3.884	0.307	1.560	0.821	0.83	-0.42
M 4	-3.884	0.307	0.869	0.925	0.03	-0.20
M 5	-2.564	0.199	1.026	1.032	0.19	0.29
M 6	-3.706	0.287	1.442	1.018	0.79	0.16
M 7	-2.727	0.208	0.803	0.978	-0.45	-0.11
M 8	-2.114	0.179	1.331	1.119	1.28	1.19
M 9	-1.659	0.165	1.243	1.041	1.16	0.50
M 10	-1.125	0.154	0.835	0.922	-1.16	-1.08
M 11	-0.924	0.152	1.049	1.011	0.40	0.18
M 12	-0.242	0.148	0.782	0.885	-1.98	-1.75
M 13	-0.621	0.149	0.980	0.890	-0.13	-1.67
M 14	2.311	0.216	0.610	0.828	-0.77	-0.95
M 15	0.380	0.152	0.766	0.874	-1.79	-1.79
M 16	2.265	0.213	0.852	1.089	-0.25	0.62
M 17	2.919	0.260	0.387	0.805	-1.24	-0.93
M 18	3.725	0.350	0.396	0.932	-0.44	-0.05
M 19	4.168	0.420	0.546	0.944	0.22	0.12
M 20	4.168	0.420	0.205	0.781	-0.68	-0.41
M 21	6.025	0.989	0.096	0.848	0.10	0.13
MB 1	-4.091	0.333	1.583	0.949	0.89	-0.07
MB 2	-3.282	0.247	2.931	1.198	2.84	1.07

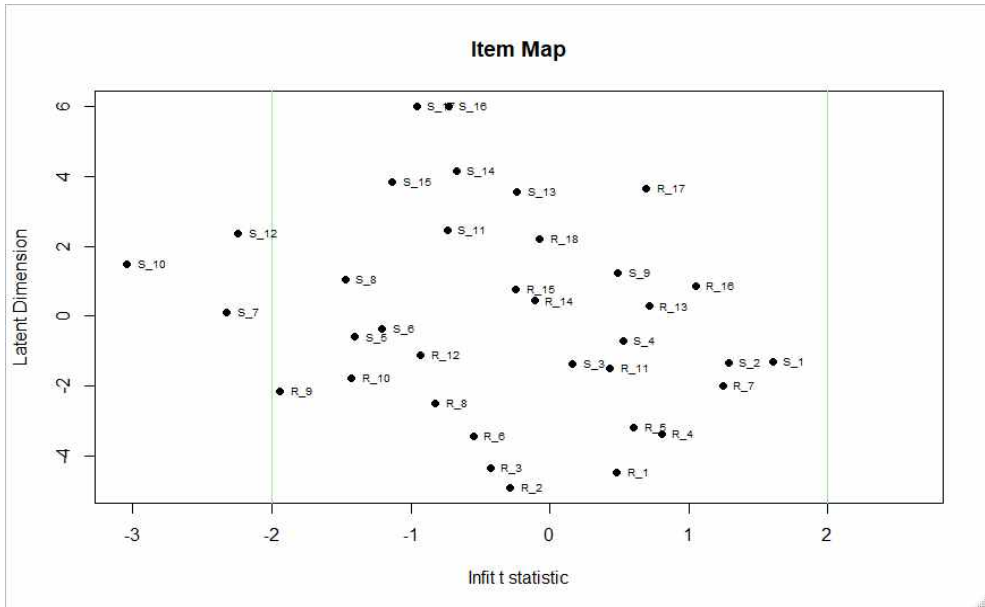
	Difficulty	S.E.	Outfit MSQ	Infit MSQ	Outfit t	Infit t
MB 3	-3.344	0.252	2.288	1.025	1.94	0.19
MB 4	-2.488	0.195	1.346	1.065	1.10	0.57
MB 5	-2.379	0.190	0.708	0.869	-0.96	-1.13
MB 6	-2.955	0.223	2.977	1.069	3.24	0.47
MB 7	-0.814	0.150	1.305	1.078	2.25	1.13
MB 8	-0.858	0.151	0.953	0.984	-0.32	-0.20
MB 9	-1.217	0.155	1.266	1.057	1.64	0.78
MB 10	-0.836	0.151	0.773	0.864	-1.83	-2.01
MB 11	0.335	0.151	0.876	0.993	-0.87	-0.07
MB 12	1.072	0.165	0.697	0.937	-1.53	-0.67
MB 13	1.436	0.175	0.724	0.878	-1.12	-1.19
MB 14	2.989	0.266	0.588	0.973	-0.57	-0.04
MB 15	1.406	0.174	0.573	0.834	-1.92	-1.66
MB 16	3.306	0.298	0.248	0.810	-0.89	-0.48
MB 17	3.725	0.350	0.586	1.025	-0.29	0.18
MB 18	3.725	0.350	0.213	0.821	-0.84	-0.37
A 1	-1.934	0.173	1.444	1.124	1.75	1.30
A 2	-3.706	0.287	0.608	0.975	-0.58	-0.03
A 3	-2.770	0.211	1.106	1.117	0.40	0.83
A 4	-1.407	0.159	1.065	1.065	0.42	0.84
A 5	-1.766	0.168	0.785	0.857	-1.05	-1.70
A 6	-0.880	0.151	1.106	0.931	0.86	-1.00
A 7	-0.326	0.148	0.950	0.939	-0.40	-0.91
A 8	0.583	0.155	0.834	0.916	-1.07	-1.10
A 9	0.424	0.152	0.868	0.953	-0.90	-0.62
A 10	2.506	0.228	0.607	0.910	-0.78	-0.45
A 11	2.135	0.206	0.615	0.873	-0.95	-0.80
A 12	1.792	0.189	0.598	0.879	-1.30	-0.93
A 13	4.363	0.456	0.247	0.899	0.32	0.19
A_14	4.600	0.507	0.231	0.870	-0.42	-0.10
A_15	4.363	0.456	0.099	0.809	-0.42	-0.11

(㉔) 중앙집행기(검사 5, 8)의 문항 적합도 분석

피험자 적합도(person fit) 분석 결과 252명 중 11명(4.3%)이 부적합한 대상자로 판정되어, 11명을 제외한 241명을 대상으로 분석하였다. 부적합한 피험자는 10% 미만으로 나타나 피험자 적합도는 양호한 것으로 나타났다.

시각적으로 중앙집행기 문항들의 적합도를 알아보기 위해 우선 [그림 III-10]과 같이 Item Map을 그려서 파악해보았다.

[그림 III-10]을 보면, 대부분의 문항이 Infit t값이 -2~2사이에 있고 대칭폭 7, 10, 12번이 -2보다 작은 값으로 나타나 부적합 문항일 가능성이 있는 것으로 나타났다.



[그림 III-10] 중앙집행기 35문항의 Item Map

구체적으로 중앙집행기(검사 5, 8) 35문항의 문항 적합도 지수를 산출한 결과는 <표 III-12>와 같다. 대칭폭(S) 18번은 정답자가 0명으로 문항분석이 불가하여 프로그램 자체 내에서 문항을 제외하고 분석이 진행되었다. S_18번을 제외한 중앙집행기 35문항의 내적합도 지수는 한 문항을 제외하고 모두 0.554~1.142의 범위 안에 위치하는 것으로 나타났다. 따라서 Item Map에서 부적합 문항일 가능성이 있는 것으로 나타난 대칭폭 7, 10, 12번은 수용가능한 것으로 판단되었다. 반면, 대칭폭(S) 17번의 내적합도 지수는 0.470으로, 문항 적합도 지수의 수용범위를 벗어났다. 결과적으로 문항 적합도 지수가 수용범위를 벗어난 S_17번과 정답자가 0명인 S_18번의 경우는 검사의 타당도를 저해하는 부적합 문항으로 제거할 필요성이 있는 것으로 밝혀졌다.

<표 III-12> 중앙집행기(검사 5, 8)의 문항 적합도 지수

	Difficulty	S.E.	Outfit MSQ	Infit MSQ	Outfit t	Infit t
R 1	-4.181	0.321	1.724	1.104	0.89	0.48
R 2	-4.288	0.333	0.492	0.886	0.16	-0.28
R 3	-4.181	0.321	0.583	0.883	0.01	-0.43
R 4	-3.053	0.230	1.282	1.125	0.60	0.81
R 5	-2.952	0.224	2.296	1.085	1.62	0.60
R 6	-3.106	0.233	0.647	0.904	-0.26	-0.55
R 7	-1.904	0.182	2.088	1.129	2.33	1.25
R 8	-2.354	0.197	1.124	0.901	0.41	-0.82
R 9	-2.035	0.186	0.742	0.804	-0.56	-1.94
R 10	-1.688	0.176	0.917	0.866	-0.14	-1.43
R 11	-1.400	0.170	1.160	1.036	0.62	0.43
R 12	-1.052	0.164	0.944	0.923	-0.15	-0.93
R 13	0.328	0.159	0.966	1.055	-0.10	0.71
R 14	0.425	0.159	0.863	0.989	-0.60	-0.11
R 15	0.694	0.161	0.821	0.978	-0.70	-0.25
R 16	0.846	0.163	0.930	1.086	-0.20	1.05
R 17	3.508	0.283	1.364	1.133	0.66	0.69
R 18	2.011	0.191	0.813	0.988	-0.24	-0.07
S 1	-1.372	0.169	1.190	1.142	0.75	1.60
S 2	-1.344	0.169	0.928	1.113	-0.18	1.29
S 3	-1.428	0.170	1.548	1.012	1.79	0.17
S 4	-0.749	0.161	0.934	1.040	-0.25	0.53
S 5	-0.700	0.160	0.962	0.892	-0.12	-1.41
S 6	-0.457	0.159	0.807	0.908	-0.98	-1.21
S 7	0.066	0.158	0.672	0.828	-1.80	-2.32
S 8	0.922	0.164	1.013	0.879	0.14	-1.47
S 9	1.106	0.167	0.966	1.041	-0.01	0.49
S 10	1.354	0.172	0.511	0.746	-1.66	-3.04
S 11	2.311	0.203	0.597	0.908	-0.66	-0.74
S 12	2.194	0.198	0.402	0.754	-1.29	-2.24
S 13	3.217	0.258	0.615	0.942	-0.13	-0.24
S 14	3.871	0.321	0.194	0.816	-0.52	-0.67
S 15	3.591	0.291	0.258	0.756	-0.60	-1.13
S_16	5.900	0.716	0.039	0.554	0.50	-0.73
S_17	5.900	0.716	0.028	0.470	0.47	-0.96
S_18	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN

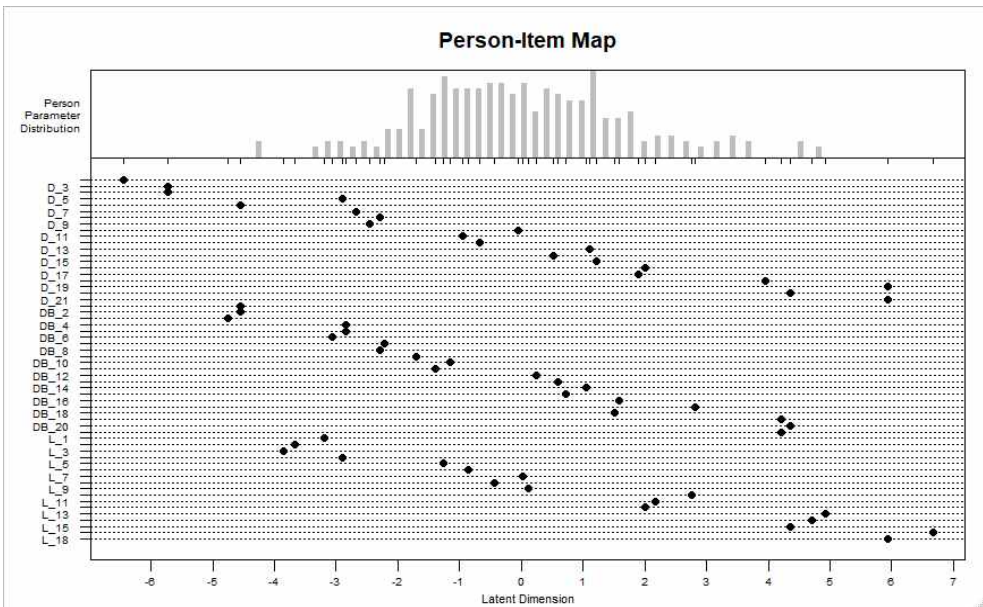
3) 실제에 기초한 타당도

실제에 기초한 타당도와 관련하여 작업기억 검사 도구의 각 문항들이 피험자의 검사 수행 결과와 일관성이 있으며 적절한 관계를 보이는지는 피험자×문항 분포도 분석으로 검증하였다. 작업기억 세 하위요소별 피험자×문항 분포도는 다음과 같다.

(가) 음운루프(검사 1, 2, 6)의 피험자×문항 분포도

음운루프의 피험자×문항분포도는 [그림 III-11]와 같다.

[그림 III-11]에서 보는 바와 같이 음운루프 59문항은 숫자폭(D), 역순 숫자폭(DB), 철자폭(L) 모두 초기 2~3문항들의 난이도가 낮고, 문항번호가 뒤로 갈수록 난이도가 점차 높아지는 경향으로 보이며, 마지막 2~3문항들의 난이도가 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 음운루프 문항의 구성이 기억해야하는 항목이 2~3개로 시작하여 3문항 간격으로 1개씩 많아지는 것으로 구성되어 난이도가 점차 높아지는 것이 실제로도 반영되었음을 알 수 있다.



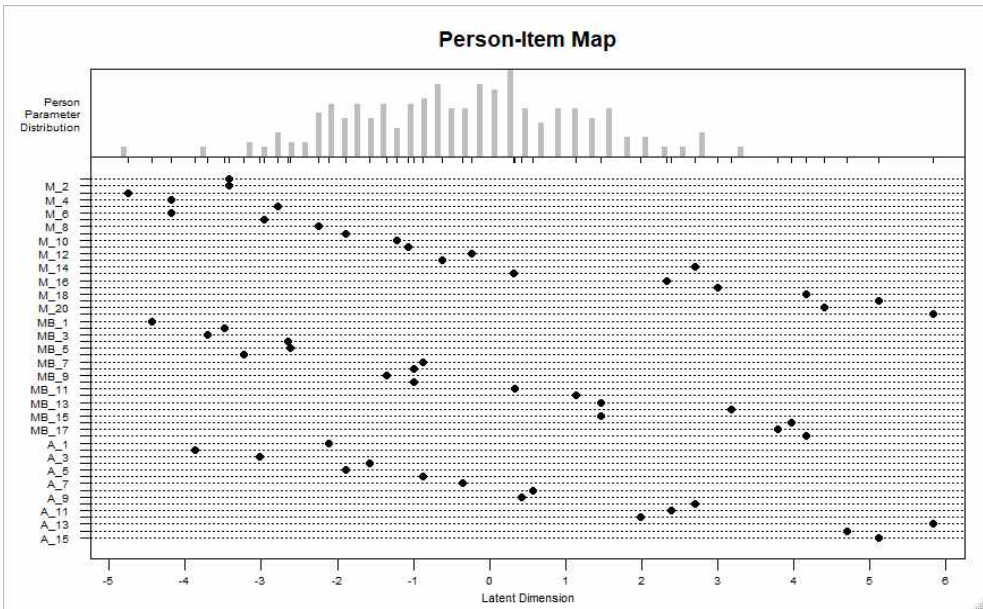
[그림 III-11] 음운루프 59문항의 피험자×문항 분포도

난이도의 범위는 숫자폭의 경우 -6~6, 역순 숫자폭의 경우 -5~5, 철자폭의 경우 -4~7사이였다. 피험자×문항 분포도를 통해 소검사별로 난이도를 비교하자면, 숫자폭이 가장 쉽고, 그 다음으로 역순 숫자폭이 더 어려우며, 가장 어려운 것은 철자폭으로 나타났다.

문항별 난이도 수준을 알 수 있는 소검사별 ICC 그래프는 <부록 4>에 제시되어 있다. 그래프를 살펴보면, 숫자폭, 역순 숫자폭, 철자폭 모두 문항번호가 뒤로 갈수록 난이도가 점차 어려워지는 것을 확인할 수 있다.

(나) 시공간잡기장(검사 3, 4, 7)의 피험자×문항 분포도

시공간잡기장의 피험자×문항분포도는 [그림 III-12]와 같다.



[그림 III-12] 시공간잡기장 54문항의 피험자×문항 분포도

[그림 III-12]에서 보는 바와 같이 시공간잡기장 54문항은 매트릭스폭(M), 역순 매트릭스폭(MB), 화살폭(A) 모두 1번~3번 문항들의 난이도가 낮고, 문항번호가 뒤로 갈수록 난이도가 점차 높아지며, 마지막 2~3문항들의 난이도가 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 시공간잡기장 문항의 구성이 기억해야하는 항목이 2~3개로 시작하여 3문항당 1개씩 많아지는 것으로 구성되어 난이도가 점차 높아지는 것이 실제로도 반영되었음을 알 수 있다.

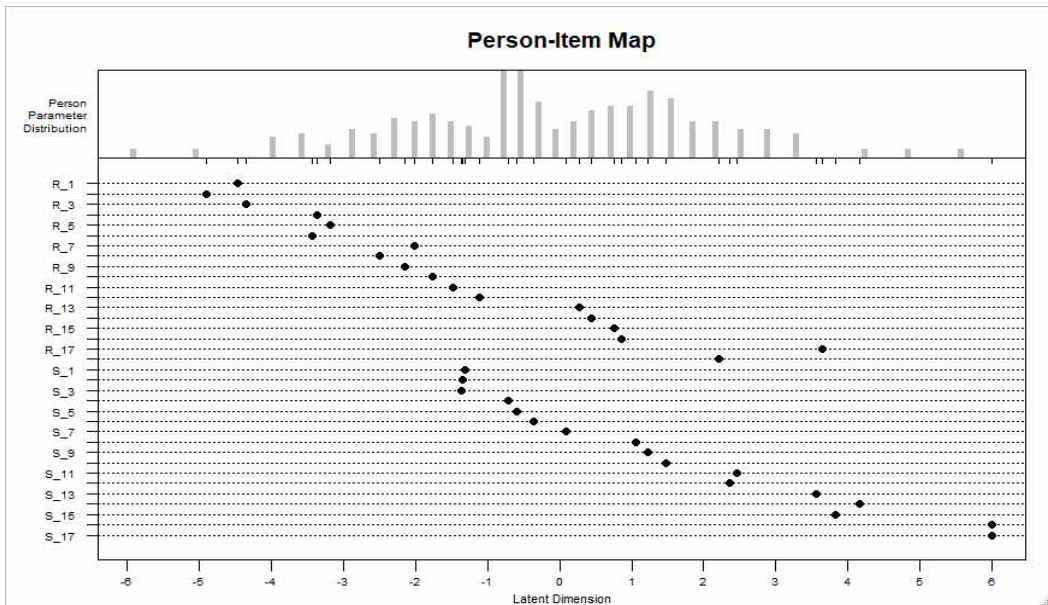
난이도의 범위는 매트릭스폭의 경우 -5~6, 역순 매트릭스폭의 경우 -5~4,

화살폭의 경우 -4~6사이였다. 피험자×문항 분포도를 통해 소검사별로 난이도를 비교하자면, 매트릭스폭이 가장 쉽고, 그 다음으로 역순 매트릭스폭이 조금 더 어려우며, 가장 어려운 것은 화살폭으로 나타났다.

문항별 난이도 수준을 알 수 있는 소검사별 ICC 그래프는 <부록 4>에 제시되어 있다. 그래프를 살펴보면, 매트릭스폭, 역순 매트릭스폭, 화살폭 모두 문항번호가 뒤로 갈수록 난이도가 점차 어려워지는 것을 확인할 수 있다.

(㉔) 중앙집행기(검사 5, 8)의 피험자×문항 분포도

중앙집행기의 피험자×문항분포도는 [그림 III-13]와 같다.



[그림 III-13] 중앙집행기 35문항의 피험자×문항 분포도

[그림 III-13]에서 보는 바와 같이 중앙집행기 35문항은 읽기(R), 대칭폭(S) 모두 1번~3번 문항들의 난이도가 낮고, 문항번호가 뒤로 갈수록 난이도가 점차 높아지는 경향으로 보이며, 마지막 2~3문항들의 난이도가 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 중앙집행기 문항의 구성이 기억해야 하는 항목이 2~3개로 시작하여

3문항당 1개씩 많아지는 것으로 구성되어 난이도가 점차 높아지는 것이 실제로도 반영되었음을 알 수 있다.

난이도의 범위는 읽기폭의 경우 -5~4, 대칭폭의 경우 -2~6사이였다. 피험자×문항 분포도를 통해 소검사별로 난이도를 비교하자면, 읽기폭에 비해 대칭폭이 훨씬 더 어려운 것으로 나타났다.

문항별 난이도 수준을 알 수 있는 소검사별 ICC 그래프는 <부록 4>에 제시되어 있다. 그래프를 보면, 읽기폭과 대칭폭 모두 문항번호가 뒤로 갈수록 난이도가 점차 어려워지는 것을 알 수 있다. 이는 작업기억 검사 문항의 구성이 기억해야 하는 항목이 3문항당 1개씩 많아지는 것을 반영함을 알 수 있다.

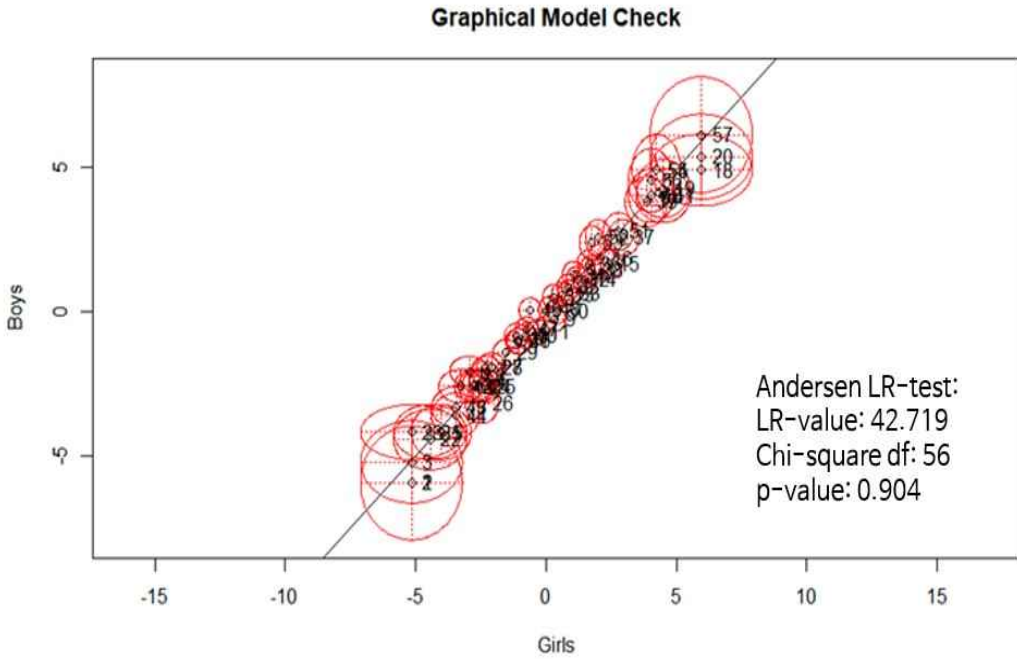
4) 일반화에 기초한 타당도

일반화에 기초한 타당도와 관련하여 작업기억 검사 도구가 성별 집단에 관계없이 동일한 기능을 하는지 확인하기 위해 성별에 따른 차별기능문항을 분석을 실시하였다. 본 연구에서는 여러 가지 차별기능문항 분석 방법 중에서 안데르센 우도비 검증(Andersen 's Likelihood Ratio test)와 멘텔-헨젤(Mantel-Haenszel) 방법으로 성별에 따른 차별기능문항(DIF) 분석을 실시하였다. 작업기억 세 하위 요소별 차별기능문항 분석은 다음과 같다.

(가) 음운루프(검사 1, 2, 6)의 차별기능문항 분석

먼저 안데르센의 우도비 검증의 그래픽 모델을 확인하여 성별에 따라 차이가 있는 문항이 있는지 [그림 III-14]과 같이 확인하였다.

[그림 III-14]에서 숫자는 문항번호를 나타내며, 문항번호를 둘러싼 타원은 신뢰구간을 나타낸다. 타원이 대각선을 벗어난 경우는 해당 문항이 집단에 따라 차이가 있다는 것을 나타내는데, 음운루프의 문항 대부분은 대각선과 겹쳐 있으므로 성별에 따른 차이가 없음을 알 수 있다. 또한 LR값은 42.719이고, p 값이 0.904로 통계적으로 유의하지 않아 성별에 따른 차이가 없다.



[그림 III-14] 음운루프 LR-test의 그래픽모델 확인

다음으로 멘텔-헨젤 방법을 통한 음운루프의 성별에 따른 차별기능문항 분석 결과는 <표 III-13>과 같다.

<표 III-13> 음운루프의 Mantel-Haenszel Chi-square statistic

문항	χ^2	ρ	M(여)	M(남)	문항	χ^2	ρ	M(여)	M(남)
D_1	0.000	1.000	0.99	0.99	DB_10	0.220	0.638	0.75	0.62
D_2	0.260	0.609	0.99	0.99	DB_11	0.158	0.690	0.74	0.66
D_3	0.500	0.479	0.99	0.98	DB_12	0.278	0.597	0.50	0.39
D_4	0.286	0.592	1.00	0.97	DB_13	0.056	0.811	0.39	0.37
D_5	0.055	0.814	0.92	0.86	DB_14	0.174	0.675	0.35	0.27
D_6	0.009	0.924	0.97	0.96	DB_15	0.001	0.975	0.40	0.33
D_7	2.799	0.094	0.93	0.81	DB_16	0.002	0.963	0.26	0.22
D_8	0.011	0.915	0.88	0.81	DB_17	0.901	0.342	0.11	0.13
D_9	0.049	0.824	0.89	0.83	DB_18	1.018	0.312	0.24	0.24

문항	χ^2	p	M(여)	M(남)	문항	χ^2	p	M(여)	M(남)
D_10	3.718	0.053	0.49	0.52	DB_19	0.161	0.687	0.06	0.06
D_11	0.321	0.570	0.69	0.62	DB_20	0.015	0.899	0.05	0.05
D_12	1.349	0.245	0.61	0.60	DB_21	0.040	0.841	0.03	0.04
D_13	0.136	0.712	0.33	0.29	L_1	2.581	0.108	0.95	0.87
D_14	0.096	0.756	0.43	0.37	L_2	0.787	0.374	0.96	0.92
D_15	2.036	0.153	0.28	0.29	L_3	0.603	0.437	0.96	0.94
D_16	3.146	0.076	0.16	0.22	L_4	0.543	0.460	0.92	0.87
D_17	0.616	0.432	0.19	0.19	L_5	0.001	0.967	0.74	0.66
D_18	0.000	0.994	0.05	0.05	L_6	1.418	0.233	0.70	0.59
D_19	0.000	1.000	0.01	0.02	L_7	0.019	0.888	0.53	0.46
D_20	0.257	0.611	0.03	0.04	L_8	5.172*	0.023	0.67	0.46
D_21	0.125	0.723	0.01	0.02	L_9	0.646	0.421	0.47	0.48
DB_1	0.075	0.782	0.98	0.96	L_10	0.162	0.686	0.13	0.11
DB_2	0.215	0.642	0.98	0.96	L_11	1.913	0.166	0.21	0.13
DB_3	0.024	0.875	0.99	0.96	L_12	0.714	0.398	0.24	0.14
DB_4	0.004	0.947	0.91	0.87	L_13	0.043	0.835	0.04	0.02
DB_5	0.038	0.843	0.89	0.87	L_14	2.253	0.133	0.04	0.02
DB_6	0.078	0.778	0.90	0.91	L_15	0.386	0.534	0.05	0.03
DB_7	0.006	0.937	0.87	0.79	L_16	0.235	0.627	0.01	0.01
DB_8	0.016	0.899	0.87	0.79	L_17	NaN	NaN	0.00	0.00
DB_9	0.028	0.866	0.81	0.72	L_18	∞ ***	0.000	0.00	0.01

* $p < .05$, *** $p < .001$

<표 III-13>을 보면, 철자폭(L) 8번 문항의 χ^2 은 5.172이고 p 값은 0.023으로 $p < .05$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 그러나 L_8번 문항은 안데르센 우도비 검증의 그래픽모델에서는 50번에 해당하는데, 그래프 상 50번 문항의 타원이 대각선을 벗어나지 않았다. 또한 문항을 질적으로 분석해 보면, 단순히 [口ㄱㅈㅅ]을 기억하는 문항으로 성별에 따라 차별적으로 기능하는 것은 합리적 근거가 없는 것으로 판단하였다.

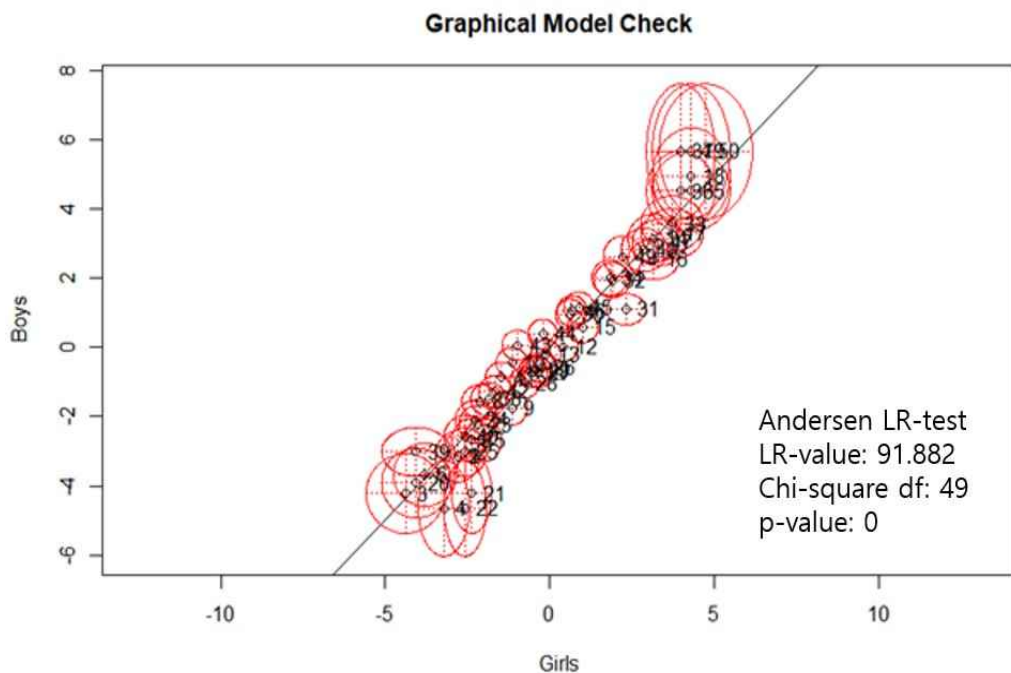
철자폭(L) 18번 문항의 경우, χ^2 이 Inf(infinity)로 분석되었다. 이는 문항을 맞춘 응답자가 매우 적어 수식에서 분모의 값이 너무 작아져 χ^2 값이 구해지지 않

은 것으로 풀이된다. p 값은 0.000으로 $p < .001$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났지만, χ^2 값이 무한으로 나타났기 때문에 p 값을 의미있게 볼 수 없다. 그러나 문항의 난이도가 너무 높아 피험자의 능력을 제대로 선별하지 못하는 문항으로 분석되어 제거할 필요성이 있는 것으로 판단하였다. 따라서 L_17, L_18번 문항은 검사의 타당도를 높이기 위해 제거하도록 한다.

그 외 57문항은 χ^2 값 0~3.146 사이이고, p 값은 .094~1 사이로 통계적으로 성별에 따라 차별적으로 기능하는 문항은 없는 것으로 분석되었다. 따라서 철자폭(L)의 3문항 외 음운루프 57문항은 타당한 검사 문항으로 검증되었다.

(나) 시공간잡기장(검사 3, 4, 7)의 차별기능문항 분석

먼저 안테르센의 우도비 검증과 그래픽 모델을 확인하여 성별에 따라 차이가 있는 문항이 있는지 [그림 III-15]과 같이 확인하였다.



[그림 III-15] 시공간잡기장 LR-test의 그래픽모델 확인

[그림 III-15]을 보면, 문항 21번(MB_2)과 22번(MB_3), 31번(MB_12), 43번(A_6)의 타원이 대각선과 겹치는 부분 없이 약간 떨어져 있는 것을 알 수 있다. 또한 LR값은 91.882이고, p 값이 0으로 통계적으로 유의하여 성별에 따라 차별적으로 기능하는 문항이 있다.

멘델-헨젤 방법을 통한 시공간잡기장의 차별기능문항 분석 결과는 <표 III-14>과 같다.

<표 III-14> 시공간잡기장의 Mantel-Haenszel Chi-square statistic

문항	χ^2	p	M(여)	M(남)	문항	χ^2	p	M(여)	M(남)
M_1	0.223	0.636	0.92	0.88	MB_7	0.212	0.645	0.63	0.56
M_2	0.752	0.385	0.92	0.88	MB_8	0.527	0.467	0.65	0.56
M_3	0.009	0.923	0.96	0.93	MB_9	0.326	0.567	0.69	0.65
M_4	3.007	0.082	0.98	0.91	MB_10	0.640	0.423	0.64	0.56
M_5	3.384	0.065	0.90	0.81	MB_11	0.410	0.521	0.37	0.40
M_6	0.692	0.405	0.96	0.92	MB_12	4.083*	0.043	0.33	0.19
M_7	0.037	0.846	0.89	0.85	MB_13	0.025	0.873	0.24	0.21
M_8	1.244	0.264	0.78	0.82	MB_14	0.035	0.851	0.07	0.06
M_9	1.525	0.216	0.80	0.68	MB_15	1.558	0.211	0.20	0.23
M_10	2.805	0.093	0.60	0.70	MB_16	1.466	0.225	0.04	0.06
M_11	1.081	0.298	0.64	0.60	MB_17	0.207	0.648	0.03	0.04
M_12	0.314	0.575	0.51	0.47	MB_18	1.095	0.295	0.01	0.06
M_13	0.020	0.886	0.56	0.56	A_1	0.311	0.577	0.75	0.81
M_14	1.588	0.207	0.10	0.14	A_2	2.526	0.112	0.92	0.96
M_15	0.862	0.353	0.41	0.34	A_3	0.049	0.824	0.89	0.87
M_16	1.151	0.283	0.14	0.10	A_4	1.948	0.162	0.68	0.73
M_17	0.415	0.519	0.08	0.06	A_5	0.559	0.454	0.74	0.78
M_18	0.068	0.793	0.03	0.04	A_6	12.533***	0.000	0.52	0.70
M_19	0.053	0.817	0.02	0.02	A_7	2.094	0.147	0.46	0.56
M_20	0.176	0.674	0.12	0.03	A_8	0.209	0.647	0.32	0.36
M_21	0.800	0.371	0.01	0.00	A_9	0.015	0.901	0.35	0.39
MB_1	0.041	0.838	0.96	0.95	A_10	0.000	0.983	0.10	0.09

문항	χ^2	p	M(여)	M(남)	문항	χ^2	p	M(여)	M(남)
MB_2	5.347*	0.020	0.97	0.86	A_11	0.609	0.435	0.12	0.14
MB_3	3.339	0.067	0.97	0.87	A_12	0.872	0.350	0.14	0.19
MB_4	0.172	0.678	0.86	0.83	A_13	0.012	0.912	0.02	0.24
MB_5	0.497	0.480	0.84	0.83	A_14	1.571	0.210	0.01	0.24
MB_6	1.008	0.315	0.92	0.87	A_15	0.125	0.723	0.03	0.01

* $p < .05$, *** $p < .001$

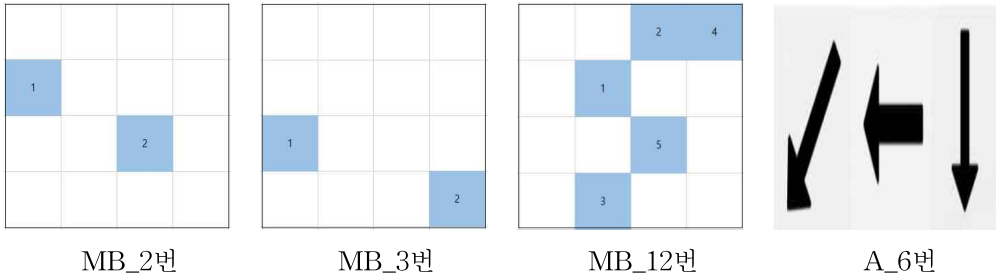
<표 III-14>에서는 역순 매트릭스폭(MB) 2번과 12번, 그리고 화살표(A) 6번 문항이 성별에 따라 차별적으로 기능하는 것으로 나타났다. MB_2번과 12번 문항의 χ^2 값은 각각 5.347, 4.083이고, p 값은 .021과 .043으로, $p < .05$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있다. A_6번 문항의 χ^2 값은 12.533이고, p 값은 .000로, $p < .001$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 확인되었다.

위의 두 가지 방법 모두에서 성별에 따른 차별기능문항으로 분석된 것은 MB_2, MB_12번과 A_6번 문항이고, 안테르센 우도비 검증에서는 MB_3번 문항이 성별에 따른 차별기능문항으로 분석되었다. 구체적으로 문항평균점수(M)의 남녀차이를 비교해보면, MB_2, 3, 12번은 각각 여학생의 평균이 0.11점, 0.10점, 0.14점 더 높고, A_6번은 남학생의 평균이 0.18점 더 높게 나타났다. 즉, 차별기능문항으로 분석된 역순 매트릭스폭(MB) 세 문항은 여학생의 점수가 0.10~0.14점 더 높고, 화살표(A) 6번 문항은 남학생의 점수가 0.18점 더 높은 것으로 나타나, 시공간잡기장 문항의 전체적인 남녀균형은 수용할만한 것으로 판단된다.

또한, 이 문항들을 질적으로 살펴보면, [그림 III-16]과 같이 MB_2번, 3번, 12번은 각각 4×4 매트릭스에서 [5, 11], [9, 16], [6, 3, 14, 4, 11] 위치를 역순으로 기억하는 문항이고, A_6번은 화살표 [225°, 270°, 180°]를 순서대로 기억하는 문항이다. 따라서 성별에 따라 차별적으로 기능할만한 내용적인 요소는 없다고 볼 수 있다.

그 외 나머지 50문항은 χ^2 값 0~3.384 사이이고, p 값은 .065~.912 사이로 통계적으로 성별에 따라 차별적으로 기능하는 문항은 없는 것으로 분석되었다. 최종

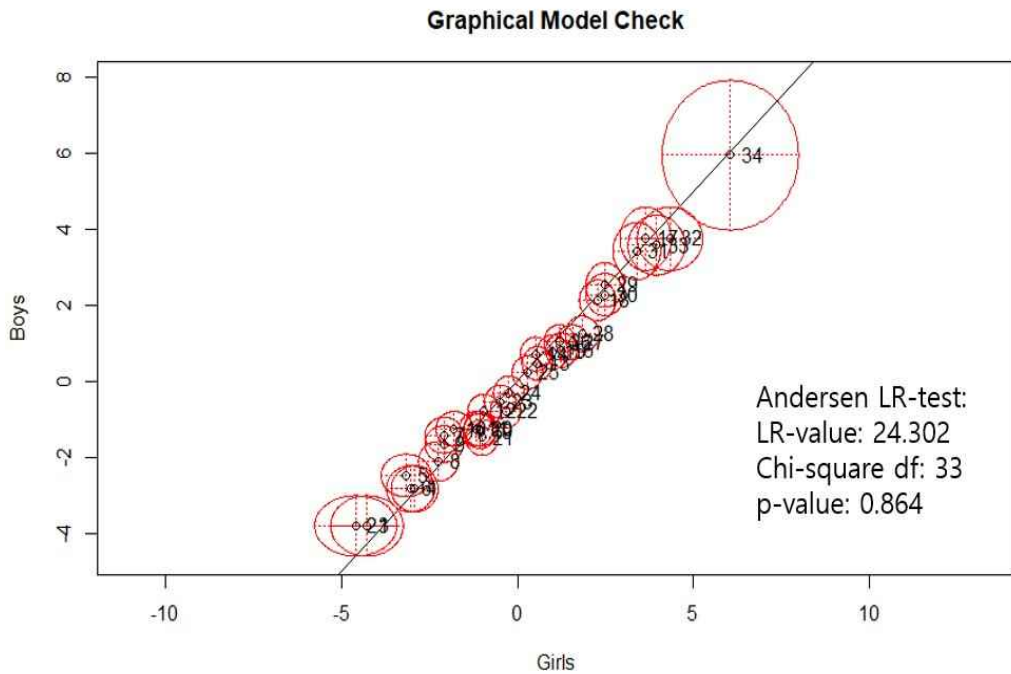
적으로 위와 같은 분석에 의해 시공간잡기장의 54문항은 모두 타당한 검사 문항으로 수용되었다.



[그림 III-16] MB_2번, 3번, 12번과 A_6번 문항 내용

(ㄷ) 중앙집행기(검사 5, 8)의 차별기능문항 분석

먼저 안데르센의 우도비 검증과 그래픽 모델을 확인하여 성별에 따라 차이가 있는 문항이 있는지 [그림 III-17]과 같이 확인하였다.



[그림 III-17] 중앙집행기 LR-test의 그래픽모델 확인

[그림 III-17]에 제시하였듯이, 중앙집행기의 문항 대부분은 대각선과 겹쳐 있으므로 성별에 따른 차이가 없음을 알 수 있다. 또한 LR값은 24.302이고, p값이 .864로 통계적으로 유의하지 않아 성별에 따른 차이가 없다.

멘텔-헨젤 방법을 통한 중앙집행기의 차별기능문항 분석 결과는 <표 III-19>와 같다.

<표 III-15> 중앙집행기의 Mantel-Haenszel Chi-square statistic

문항	χ^2	p	M(여)	M(남)	문항	χ^2	p	M(여)	M(남)
R_1	0.621	0.430	0.97	0.93	S_1	0.433	0.510	0.71	0.69
R_2	0.648	0.420	0.97	0.93	S_2	0.137	0.710	0.71	0.68
R_3	0.004	0.949	0.97	0.93	S_3	1.579	0.208	0.70	0.71
R_4	0.000	0.992	0.91	0.87	S_4	1.366	0.242	0.60	0.61
R_5	1.029	0.310	0.92	0.83	S_5	0.000	0.975	0.62	0.57
R_6	0.004	0.947	0.91	0.87	S_6	0.000	0.988	0.58	0.53
R_7	2.489	0.114	0.83	0.71	S_7	0.030	0.861	0.49	0.44
R_8	0.007	0.932	0.85	0.79	S_8	0.043	0.835	0.34	0.32
R_9	2.028	0.154	0.83	0.74	S_9	0.085	0.769	0.29	0.32
R_10	1.614	0.203	0.80	0.68	S_10	2.671	0.102	0.25	0.29
R_11	0.011	0.916	0.72	0.68	S_11	0.152	0.696	0.17	0.14
R_12	0.000	0.999	0.69	0.61	S_12	0.004	0.945	0.17	0.16
R_13	0.002	0.957	0.44	0.41	S_13	0.408	0.522	0.09	0.07
R_14	1.045	0.306	0.45	0.37	S_14	0.161	0.688	0.04	0.06
R_15	0.003	0.950	0.37	0.36	S_15	0.042	0.837	0.06	0.06
R_16	2.130	0.144	0.33	0.33	S_16	∞ ***	0.000	0.01	0.01
R_17	0.021	0.882	0.07	0.07	S_17	∞ ***	0.000	0.00	0.02
R_18	0.039	0.842	0.19	0.19	S_18	NaN	NaN	0.00	0.00

$pLSUP^{***} < .001$

<표 III-15>를 보면, 대칭폭(S) 16번과 17번 문항의 χ^2 도 Inf로 분석되었다. 또한 p값도 .000으로 $p < .001$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 하지만, χ^2 값이 무한이므로 p값을 의미있게 볼 수 없다. 음운루프와 마찬가지로

로 이 경우에도 문항의 난이도가 너무 높아 피험자의 능력을 제대로 선별하지 못하는 문항으로 보고 제거할 필요성이 있는 것으로 판단하였다. 따라서 S_16, S_17번 문항은 검사의 타당도를 높이기 위해 제거하도록 한다.

그 외 33문항은 χ^2 값 0~2.671 사이이고, p 값은 .114~1 사이로 통계적으로 성별에 따라 차별적으로 기능하는 문항은 없는 것으로 분석되었다. 따라서 대칭폭(S)의 3문항 외 중앙집행기 33문항은 타당한 검사 문항으로 검증되었다.

다. 작업기억 검사 도구의 신뢰도 검증

본 연구에서는 초등학생용 작업기억 검사 도구의 신뢰도 검증을 위해 Rasch 측정 모형에 근거하여 피험자 분리신뢰도와 분리지수 값을 산출하였으며, Cronbach α 계수도 확인하였다. 그 결과는 <표 III-16>과 같다.

<표 III-16> 피험자 분리신뢰도와 분리지수

	피험자 수	분리신뢰도	분리지수	잔차분산	α
음운루프	236	0.918	2.356	0.194	0.905
시공간잡기장	230	0.904	2.023	0.195	0.894
중앙집행기	241	0.917	3.492	0.291	0.905

<표 III-16>에서 제시된 바와 같이, 피험자 분리신뢰도는 음운루프 0.918, 시공간잡기장 0.904, 중앙집행기 0.917로 모두 0.9 이상이었다. 피험자 분리신뢰도는 1에 가까울수록 신뢰도가 높고, 일반적으로 .80 이상인 경우 측정의 일관성이 있는 것으로 판단하므로 작업기억 검사도구는 측정의 일관성이 매우 높아 내적신뢰도가 높은 것을 알 수 있다. 또한 Cronbach α 계수도 음운루프 0.905, 시공간잡기장 0.894, 중앙집행기는 0.905로 신뢰도가 매우 높게 나타났다.

<표 III-16>의 피험자 분리지수를 살펴보면, 음운루프 2.356, 시공간잡기장

2.023, 중앙집행기 3.492로 2.023~3.492의 범위 안에 있는 것으로 나타났다. 피험자 분리지수는 2.0 이상이면 수용 가능한 것으로 판단되므로, 작업기억 검사도구는 피험자의 수행 차이를 효과적으로 잘 분리하고 있는 것으로 나타났다.

이상에서 살펴본 바와 같이, 작업기억 검사도구의 신뢰도를 확인하기 위하여 피험자 분리신뢰도와 분리지수를 산출한 결과, 작업기억 검사도구는 작업기억을 일관성 있게 피험자의 수행 차이를 잘 측정해주는 검사도구임이 밝혀졌다.

라. 최종 검사 확정

초등학생용 작업기억 검사 도구의 타당도를 저해하는 문항으로 판정되어 제거할 필요성이 있는 문항은 다음과 같다. 먼저, 음운루프의 L_17번과 중앙집행기의 S_18번은 정답자가 0명으로 부적합 문항으로 판정되어 제거되었다. S_17번은 문항적합도 지수가 수용범위를 벗어나 부적합 문항으로 제거되었다. 차별기능문항 분석에서는 음운루프의 L_8, L_18번, 시공간잡기장의 MB_2, 3, 12번과 A_6번, 그리고 중앙집행기의 S_16, 17번이 차별기능문항으로 판정되었다. 차별기능문항 분석은 분석 방법에 따라 결과가 조금씩 다르게 나타나 차별기능문항으로 선별되어도 문항 제거는 신중히 결정해야 한다(노언경, 김진호, 김수진, 2010). 따라서 본 연구에서는 안테르센 우도 비율 테스트와 멘텔-헨젤 방법의 두 가지 분석을 실시하였고, 합리적인 판단을 위해 추가로 구체적인 문항의 질적 분석과 전체적인 검사 문항의 균형을 검토하였다. 이와 같은 과정을 통해 제거된 문항은 L_18번, S_16, 17번이었다.

결과적으로 타당도 검증을 통해 제거된 문항은 L_17, 18번, S_16, 17, 18번이었다. 즉, 대칭폭(S)은 기억폭이 7개로 동일한 3문항이 모두 제거되었고, 철자폭(L)은 기억폭이 7인 문항 중에서 L_17, 18번만 제거되고 L_16번은 남아있게 되었다. 이는 동일한 기억폭 3문항씩 구성된 검사도구 전체의 균형과 맞지 않는 것으로, 전체적인 검사의 균형을 위해 L_16번도 L_17, 18번과 함께 제거하는 것이 타당

한 것으로 판단되었다. 또한 L_16번의 문항적합도지수와 차별기능문항 분석 결과는 적합한 문항으로 수용되는 범위이지만, 정답평균(여0.01, 남0.01)이 매우 낮아 L_17, 18번과 함께 제거되어도 무방할 것으로 보인다.

최종적으로 초등학생용 작업기억 검사도구는 <표 III-17>과 같이 철자폭(L) 3개 문항과 대칭폭(S) 3개 문항을 제거하고, 음운루프 57문항, 시공간잡기장 54문항, 중앙집행기 33문항으로 타당도와 신뢰도가 검증되었다.

<표 III-17> 초등학생용 작업기억 검사도구 타당도 검증 후 제거 문항

타당도 검증		음운루프	시공간잡기장	중앙집행기
정답율 0%		L_17번*		S_18번*
문항 적합도				S_17번*
차별기능문항	(LR-test)		MB_2, 3, 12번 A_6번	
	(MH)	L_8번 18번*	MB_2, 12번 A_6번	S_16번* S_17번*
기타		L_16번*		
최종 검사도구		D_1~21번	M_1~21번	R_1~18번
		DB_1~21번	MB_1~18번	S_1~15번
		L_1~15번	A_1~15번	
		[총 57문항]	[총 54문항]	[총 33문항]

제거 문항: 번*

IV. 연구 2: 경계선급 지능 아동의 작업기억 특성 분석

연구 2는 연구 1에서 타당화된 초등학생용 작업기억 검사를 활용하여 경계선급 지능 아동의 작업기억 특성을 일반 아동과의 비교를 통해 분석하고자 한다. 연구 1과 마찬가지로 연구 2도 서울교육대학교 윤리위원회의 승인(SNUEIRB-2019-01-004)을 받았다.

1. 연구 대상

연구 2는 경계선급 지능 아동의 작업기억 특성을 일반 아동과의 비교를 통해 알아보고자, 경계선급 지능 아동과 일반 아동들을 연구 대상으로 선정하였다. 연구대상 아동의 모집은 우선 경계선급 지능 아동을 모집하고, 이후에 일반 아동을 모집하는 순서로 이루어졌다. 구체적인 모집 및 선정절차는 다음과 같다.

먼저, 경계선급 지능 아동의 모집은 온라인 상으로 경계선급 지능 아동의 학부모 카페에 연구에 대한 간략한 설명글과 첨부파일로 IRB 승인을 받은 연구 설명서와 동의서<부록 7>을 올리고, 연구에 참여하기를 희망하는 학부모들의 신청을 이메일과 문자로 수신하였다. 연구 참여 희망자 38명 중 부모와 전화 면담을 통해 컴퓨터 기반 검사를 끝까지 수행하기 어렵거나 작업기억 측정에 영향을 주는 다른 중복장애를 가지고 있는 자폐성 장애, ADHD, 청각장애가 있는 4명의 아동들은 대상에서 제외하였다. 지능검사 후에는 경계선급 지능 아동의 정의에 벗어나는 지능지수 69 이하의 4명을 제외하였다. 최종적으로 서울 및 수도권에 거주하는 총 30명의 경계선급 지능 아동이 연구 대상으로 선정되었다.

이후 일반 아동의 학부모 카페에 연구대상 모집글과 설명서와 동의서를 올리고, 연령과 성별을 고려하여 경계선급 지능 아동 집단과 비슷한 구성이 되도록 일반 아동을 모집하였다. 부모와의 전화 면담을 통해 ADHD가 있는 3명의 아동들은 대상에서 제외하였고, 경계선급 지능 아동과 연령 및 성별 구성이 비슷하게

모집되었을 때 검사 신청을 마감하였다. 최종적으로 서울 및 수도권에 거주하는 총 30명의 일반 아동이 연구 대상으로 선정되었다.

이상의 과정을 거쳐 선정된 경계선급 지능 아동 30명과 일반 아동 30명, 총 60명의 구체적 성별 및 연령 구성은 <표 IV-1>과 같다.

<표 IV-1> 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 성별 및 연령 명(%)

	성별	7세	8세	9세	10세	11세	12세	계
경계선급 지능 아동	남	1 (3)	5 (17)	6 (20)	3 (10)	2 (7)	2 (7)	19 (63)
	여	1 (3)	2 (7)	3 (10)	3 (10)	2 (7)	0 (0)	11 (37)
	계	2 (7)	7 (23)	9 (30)	6 (20)	4 (13)	2 (7)	30 (100)
일반 아동	남	2 (7)	4 (13)	5 (17)	3 (10)	2 (7)	1 (3)	17 (57)
	여	0 (0)	3 (10)	5 (17)	2 (7)	2 (7)	1 (3)	13 (43)
	계	2 (7)	7 (23)	9 (30)	6 (20)	4 (13)	2 (7)	30 (100)

<표 IV-1>에 제시하였듯이, 경계선급 지능 아동의 성별 구성은 여 11명(37%), 남 19명(63%)였고, 연령별 대상자수는 만 7세 2명(7%), 만 8세 7명(23%), 만 9세 9명(30%), 만 10세 6명(20%), 만 11세 4명(13%), 만 12세 2명(7%)이었다. 일반 아동의 성별 구성은 여 13명(43%), 남 17명(57%)였고, 연령별 대상자수는 만 7세 2명(7%), 만 8세 7명(23%), 만 9세 9명(30%), 만 10세 6명(20%), 만 11세 4명(13%), 만 12세 2명(7%)이었다.

또한, 경계선급 지능 아동 30명과 일반 아동 30명의 지능검사 결과는 <표 IV-2>와 같다.

<표 IV-2>와 같이, 경계선급 지능 아동의 지능지수 평균은 언어이해 85.5, 지각추론 86.4, 작업기억 77.3, 처리속도 72.2이었고, 전체 IQ의 평균은 75.8이었다. 반면, 일반 아동의 지능지수 평균은 언어이해 115.3, 지각추론 108.1, 작업기억

105.3, 처리속도 101.0이었고, 전체 IQ의 평균은 107.0이었다.

<표 IV-2> 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 지능검사 결과

하위 지표	경계선급 지능 아동		일반 아동	
	Mean	SD	Mean	SD
언어이해	85.5	14.3	115.3	16.5
지각추론	86.4	12.9	108.1	18.6
작업기억	77.3	12.1	105.3	20.7
처리속도	72.2	9.8	101.0	13.0
전체 IQ	75.8	5.7	107.0	18.5

2. 측정도구

가. 한국 웨슬러 아동용 지능검사(K-WISC-IV)

한국 웨슬러 아동 지능검사 4판(Korean-Wechsler Intelligence Scale for Children-IV, K-WISC-IV; 광금주, 오상우, 김청택, 2011)은 만6세에서 만 16세 11개월까지의 아동의 인지능력을 임상적으로 평가할 수 있는 개인 지능검사로, 학령기 아동을 위한 지능지수 측정에서 가장 광범위하게 사용되고 있다. 총 15개의 소검사와 4가지 지표로 구성되어 있고 전반적인 지적 능력을 나타내는 전체 IQ를 제공한다. 하위지표별 소검사는 언어이해 지표를 검사하는 공통성, 어휘, 이해, 상식, 단어추리가 있고, 지각추론 지표를 측정하는 토막 짜기, 공통그림찾기, 행렬추리, 빠진 곳 찾기, 그리고 작업기억 지표를 측정하는 숫자, 순차연결, 산수, 마지막으로 처리속도 지표를 측정하는 기호쓰기, 동형 찾기, 선택 소검사가 있다.

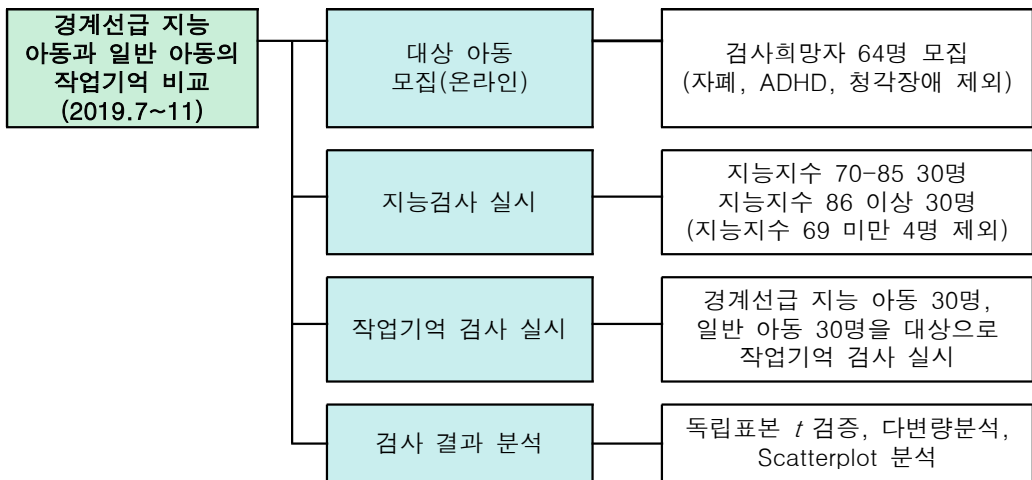
나. 작업기억 검사

연구 1에서 타당화된 작업기억 검사를 연구 2에 활용하였다. 작업기억 검사의

소검사는 만 7세에서 만 13세까지의 아동을 대상으로 작업기억 능력을 측정하며, <표 III-2>와 같이 총 8개의 소검사와 3가지 하위요소로 구성되어 있다. 하위요소별 소검사는 음운루프를 측정하는 숫자폭, 역순 숫자폭, 철자폭 과제가 있고, 시공간잡기장을 측정하는 매트릭스폭, 역순 매트릭스폭, 화살폭 과제가 있고, 중앙집행기를 측정하는 읽기폭과 대칭폭이 있다.

3. 연구절차

연구 2는 2019년 7월부터 연구 대상자를 모집하여 2019년 11월까지 진행되었다. 연구 1에서 타당화된 작업기억 검사도구를 활용하여 두 번째 연구주제인 경계선급 지능 아동들의 작업기억 특성을 분석하는 과제를 수행하였다. 경계선급 지능 아동을 모집하고 지능검사와 작업기억 검사를 실시한 후 검사 결과를 분석하는 진행 절차는 다음 [그림 IV-1]과 같다.



[그림 IV-1] 연구 2의 연구절차

가. 대상 아동 모집 및 선정

경계선급 지능 아동은 온라인 학부모 카페를 통해 서울 및 수도권에 살고 있는 총 38명의 대상자가 모집되었고, 부모와 전화 면담을 통해 자폐성장애, ADHD, 청각장애가 있는 4명의 아동들은 대상에서 제외하였다. 그리고 지능검사 후 지능지수 69 이하의 4명이 제외되었다. 이후 일반 아동의 학부모 카페를 통해 경계선급 지능 아동과 비슷한 연령과 성별로 구성된 30명의 일반 아동들이 모집되었다. 최종적으로 경계선급 지능 아동 30명, 일반 아동 30명이 연구 대상으로 선정되었다.

나. 지능검사 실시

경계선급 지능 아동의 지능검사는 2019년 7월 말부터 8월 중순까지 실시되었고, 검사 시간은 방학 중이므로 오전부터 저녁까지 희망시간대에 진행하였다. 일반 아동의 지능검사는 8월 중순부터 9월까지 실시되었고, 검사시간은 방학 중에는 오전부터, 학기 중에는 오후부터 희망시간대에 진행하였다.

검사 장소는 피험자의 희망에 따라 남산 또는 관교에 소재한 회의실에서 지능검사를 진행하였다. 두 곳 모두 사각형으로 된 약 7~10평 정도의 크기의 방에 큰 책상과 서로 마주 볼 수 있도록 의자를 세팅한 장소였다. 검사는 심리검사 관련 수업과 워크샵을 수료한 연구자가 모두 진행하였고, 숙련된 실시를 위해 심리검사 전문가와 함께 사전에 3번의 실습을 거쳤다.

연구대상자 중에서 전문기관으로부터 최근 1년 이내에 지능검사(K-WISC-IV)를 받은 경계선급 지능 아동 6명은 지능검사를 생략하였고, 그 기관으로부터 받은 지능검사 결과를 대상자의 동의하에 연구에 사용하였다.

다. 작업기억 검사 실시

작업기억 검사는 컴퓨터 기반 검사이므로, 경계선급 지능 아동과 일반 아동 모두 검사 실시 전에 피험자가 컴퓨터를 활용한 적이 있는지를 확인하고, 검사 답안 입력에 사용되는 키들(숫자, 자음)의 키보드 위치와 마우스 활용에 대해 설명하고 충분히 연습하는 시간을 가졌다.

경계선급 지능 아동의 작업기억 검사는 2019년 9월부터 10월까지 실시되었고, 일반 아동 작업기억 검사는 2019년 9월부터 11월까지 실시되었다. 검사 시간은 주중은 오후 희망시간대에 진행하였고, 주말은 오전, 오후 희망시간대에 진행하였다.

검사 장소는 지능검사와 같은 곳에서 진행되었으며, 노트북과 이어폰을 활용하여 검사를 실시하였다. 경계선급 지능 아동은 컴퓨터 활용 정도를 점검하고 필요한 경우 컴퓨터로 답안을 입력하는 방법을 연습을 하기 위해 일대일 개인검사의 방법으로 진행하였고, 일반 아동은 검사 희망시간대가 겹치는 경우 1~3명까지 동시에 검사를 진행하였다.

4. 자료분석

연구 2의 목적은 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 특성을 비교하고 분석하는 데에 있다. 이를 위해, 먼저 연구대상의 기술 통계 분석, 작업기억 하위요소별 t 검증을 실시하여 두 집단의 차이를 분석하였다. 다음으로 작업기억 발달 특성을 알아보기 위해 집단과 학년을 독립변수로 한 다변량분석을 실시하였으며, 연령별 표준화된 작업기억 점수로 Scatterplot을 그려 분석하였다. 그리고 작업기억 소검사 수준에서는 경계선급 지능 아동과 일반 아동이 어떤 특성들을 보이는지 알아보기 위해 각 집단별로 피어슨 상관분석(Pearson correlation analysis)을 실시하였고, 집단을 판별하는 주요 소검사 변인을 알아보기 위해 이분형 로지스틱 회귀분석(Binary logistic regression analysis)을 실시하였다. 또한

읽기폭과 대칭폭의 간섭과제 정답율도 집단별 차이가 있는지 t 검증을 실시하였다. 이러한 분석들에 활용된 통계 프로그램은 Jamovi 1.0(The jamovi project, 2019)이다.

추가로 통계적 검증에 따른 양적 결과가 지닌 제한점을 보완하기 위해, 경계선급 지능 아동과 일반 아동이 작업기억 검사 과정 중에 보인 언어적 표현과 음성 반응을 녹음하고, 특이점을 연구자가 관찰·기록하여 분석하였다.

5. 연구결과

가. 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 하위요소별 기술 통계

경계선급 지능 아동과 일반 아동 총 60명의 작업기억 하위요소별 기술통계는 <표 IV-3>, [그림 IV-2]와 같다.

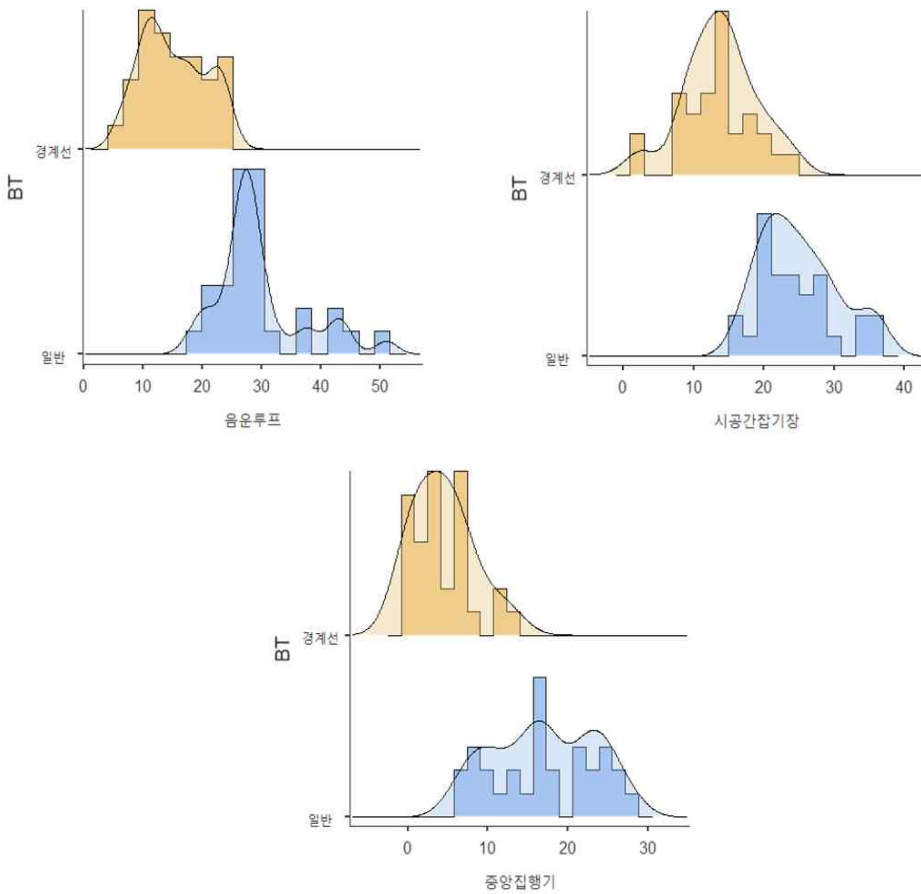
<표 IV-3> 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 하위요소별 기술 통계

하위요소	집단	N	Mean	SD	SE	왜도	첨도
음운루프	경계선(BIF)	30	15.10	5.39	0.98	0.21	-1.11
	일반(G)	30	29.60	7.55	1.38	1.19	1.31
시공간 잡기장	경계선(BIF)	30	13.70	5.09	0.93	-0.14	0.40
	일반(G)	30	25.01	5.51	1.01	0.59	-0.50
중앙 집행기	경계선(BIF)	30	4.40	3.66	0.67	0.69	-0.05
	일반(G)	30	17.01	6.33	1.16	-0.07	-1.11

<표 IV-3>와 같이, 음운루프 평균은 경계선급 지능 아동($M=14.75$, $SD=4.56$)에 비해 일반 아동($M=29.21$, $SD=7.09$)의 평균이 약 14점 더 높게 나타났다. 시공간잡기장 평균도 경계선급 지능 아동($M=13.00$, $SD=5.06$)에 비해 일반 아동($M=24.04$, $SD=5.37$)의 평균이 약 11점 더 높게 나타났다. 마지막으로 중앙집행기 평균도 경계선급 지능($M=3.62$, $SD=3.23$) 아동에 비해 일반($M=16.21$, $SD=6.47$)

아동의 평균이 약 13점 높게 나타났다.

정규분포 여부를 확인하기 위해 왜도와 첨도를 분석한 결과, 음운루프, 시공간 잡기장, 중앙집행기 모두 ± 2 을 넘지 않아 양호한 범위에 있음을 알 수 있다. [그림 IV-2]을 보면, 세 하위요소 모두 경계선급 지능 아동에 비해 일반 아동의 점수분포가 우측에 위치하여 두 집단 간 차이가 큰 것을 시각적으로 알 수 있다.



[그림 IV-2] 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 점수 분포

구체적으로 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 폭을 소검사별로 살펴보면 <표 IV-4>와 같다.

<표 IV-4>와 같이, 경계선급 지능 아동들의 작업기억 폭은 음운루프의 경우, 숫자폭 3~7개, 역순 숫자폭 2~5개, 철자폭 1~4개이고, 시공간잡기장의 경우, 매트릭스폭 1~6개, 역순 매트릭스폭 1~5개, 화살폭 1~4개이며, 중앙집행기의 경우, 읽기폭 0~5개, 대칭폭 0~4개이었다. 반면, 일반 아동의 작업기억 폭은 음운루프의 경우, 숫자폭 5~9개, 역순 숫자폭 2~8개, 철자폭 2~6개이고, 시공간잡기장의 경우, 매트릭스폭 2~8개, 역순 매트릭스폭 2~7개, 화살폭 2~6개이며, 중앙집행기의 경우, 읽기폭 1~7개, 대칭폭 0~6개이었다. 즉, 경계선급 지능 아동은 일반 아동에 비해 각 소검사별 작업기억 최소 폭은 같거나 1개 적고, 작업기억 최대 폭은 2~3개 적은 것으로 나타났다.

<표 IV-4> 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 소검사별 작업기억 폭 (개)

집단	기억 폭	음운루프			시공간잡기장			중앙집행기	
		숫자폭	역순 숫자폭	철자폭	매트릭스폭	역순 매트릭스폭	화살폭	읽기폭	대칭폭
경계선	최소	3	2	1	1	1	1	0	0
	최대	7	5	4	6	5	4	5	4
일반	최소	5	2	2	2	2	2	1	0
	최대	9	8	6	8	7	6	7	6

나. 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 하위요소별 차이 분석

경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 차이를 분석하기 위해 t 검증을 실시하였다. 이를 위해 먼저 t 검증에서 요구되는 정규분포성 가정과 Levene의 등분산 가정을 검증하였다. 그 결과는 <표 IV-5>와 같다.

<표 IV-5>의 정규분포성 검증 결과를 보면, 시공간잡기장($p=.253$)과 중앙집행기($p=.580$)는 정규분포성 가정을 만족하나, 음운루프($p=.005$)는 .01수준에서 통계적으로 유의하여 정규분포가 아닌 것으로 나타났다. 등분산 검증 결과에서는 음운루프($p=0.405$)와 시공간잡기장($p=0.451$)은 등분산 가정을 만족하나, 중앙집행기($p=0.003$)는 .01수준에서 통계적으로 유의하여 등분산이 아닌 것으로 나타났다.

<표 IV-5> 정규분포성 가정과 등분산 가정의 검증 결과

하위요소	정규분포성(Shapiro-Wilk)		등분산 (Levene's)			
	W	<i>p</i>	F	df	df2	<i>p</i>
음운루프	0.939**	.005	0.704	1	58	.405
시공간잡기장	0.975	.253	0.577	1	58	.451
중앙집행기	0.983	.580	9.340**	1	58	.003

***p* < .01

따라서 정규분포성 가정과 등분산 가정을 모두 만족하는 시공간잡기장은 Student's *t*값으로, 정규분포성 가정만을 만족하는 중앙집행기는 Welch's *t*값으로, 마지막으로 등분산 가정만을 만족하는 음운루프는 Mann-Whitney *U*값으로 두 집단의 차이를 검증하였다. 경계선급 지능아동과 일반아동의 작업기억 *t* 검증 결과는 <표 IV-6>과 같다.

<표 IV-6> 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 하위요소별 *t* 검증

하위요소	Student's <i>t</i>	Welch's <i>t</i>	U	df	<i>p</i>	<i>d</i>
음운루프			30.500***		< .001	-2.21
시공간잡기장	-8.28***			58.0	< .001	-2.14
중앙집행기		-9.44***		46.5	< .001	-2.44

****p* < .001

<표 IV-6>을 보면, 음운루프(*p*< .001), 시공간잡기장(*p*< .001), 중앙집행기(*p*< .001) 세 하위요소 모두 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 차이는 통계적으로 유의하였다. 즉, 경계선급 지능 아동은 일반 아동에 비해 음운루프(언어 단기기억), 시공간잡기장(시공간 단기기억), 중앙집행기(주의집중 및 주의력 분할) 능력이 매우 저조한 것으로 나타났다. 그리고 Cohen's *d*값을 보면, 음운루프(*d*=-2.21), 시공간잡기장(*d*=-2.14), 중앙집행기(*d*=-2.44) 모두 0.8 이상으로 매우

큰 효과크기를 나타내며, 두 집단의 차이가 중앙집행기가 가장 크게 나타났고, 그 다음은 음운루프, 시공간잡기장에서 순으로 나타났다.

다. 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 발달 특성 분석

경계선급 지능 아동과 일반 아동의 학년 또는 연령에 따른 작업기억 세 하위 요소의 발달 특성을 알아보기 위해 각 집단을 저학년(1~3학년)과 고학년(4~6학년)으로 분류하여 집단과 학년을 독립변수로 한 중다변량분석을 실시하였고, 추가로 연령에 따른 작업기억 발달을 알아보기 위해 작업기억 세 하위요소를 표준 점수로 변환하여 Scatterplot을 그려보았다.

1) 다변량분석 결과

작업기억 세 하위요소의 선형 조합된 점수에서 집단과 학년의 상호작용 효과를 살펴보기 위해 다변량분석(MANOVA)을 실시하였다. 이를 위해 먼저 다변량 분석에서 요구되는 공분산행렬에 대한 Box의 동일성 검증 결과 $\chi^2=30.803$, $df=18$, $p=.030$ 으로 검증에 위배되는 것으로 나타나 Pillai의 Trace값으로 분석하였다. 그 외 Shapiro-Wilk 정규성 검증 결과 $W=0.976$, $p=.272$ 으로 정규성을 만족하였고, Bartlett의 구형성 검증 결과 $\chi^2=28.084$, $df=5$, $p<.001$ 으로 종속변수 간 상관이 있는 것으로 검증되었다.

작업기억 세 하위요소의 선형 조합된 점수에서 집단과 학년의 주효과와 상호작용 효과를 살펴보기 위한 다변량분석(MANOVA)을 실시 결과는 <표 IV-7>과 같다.

<표 IV-7>의 결과를 보면, 두 집단은 음운루프, 시공간잡기장, 중앙집행기의 선형조합에 대한 집단의 주효과가 통계적으로 유의하였다(Pillai의 Trace= .745, $p<.001$). 그리고 음운루프, 시공간잡기장, 중앙집행기의 선형조합에 대한 학년의 주효과가 통계적으로 유의하였다(Pillai의 Trace= .357, $p<.001$). 반면, 집단과 학

년의 상호작용 효과는 통계적으로 유의하지 않았다(Pillai의 Trace= .009, $p < .919$).

<표 IV-7> 집단과 학년에 따른 작업기억 세 하위요소의 MANOVA 결과

독립변수	종속변수	Pillai의 Trace	단변량F	자유도	eta ²
집단	음운루프	.745***	78.390***	1/58	.583
	시공간잡기장		96.872***	1/58	.634
	중앙집행기		100.571***	1/58	.642
학년	음운루프	.357***	8.154**	1/58	.127
	시공간잡기장		27.815***	1/58	.332
	중앙집행기		10.084**	1/58	.153
집단 × 학년	음운루프	.009	.029	1/56	.001
	시공간잡기장		.175	1/56	.003
	중앙집행기		.415	1/56	.007

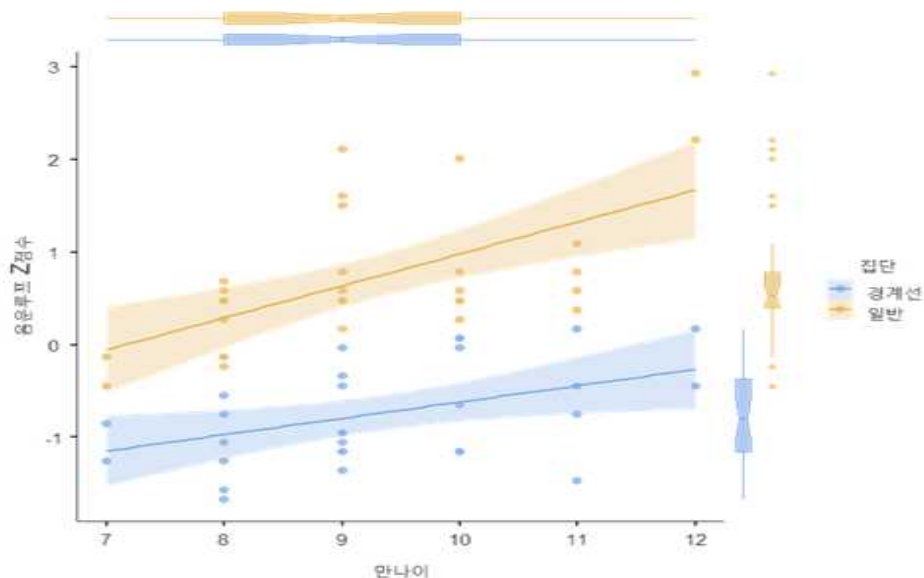
** $p < .05$, *** $p < .01$

각 변인별 두 집단의 수행 차이에 있어서, 경계선급 지능 아동은 작업기억 세 하위요소 모두에서 일반 아동에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 점수를 받았고, 저학년은 작업기억 세 하위요소 모두에서 고학년에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 점수를 받았다. 두 집단 간 작업기억의 차이에 대한 각 변수들의 설명력을 보면, 중앙집행기(eta²=.642), 시공간잡기장(eta²=.634), 그리고 음운루프(eta²=.583) 순으로 중요한 변인이었다. 저학년과 고학년 간의 작업기억 차이에 대한 각 변수들의 설명력을 보면, 시공간잡기장(eta²=.332), 중앙집행기(eta²=.153), 그리고 음운루프(eta²=.127) 순으로 중요한 변인이었다.

2) Scatterplot 분석 결과

경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억이 연령에 따라 어떻게 발달하는지 알아보기 위해 작업기억의 세 하위요소별 표준화된 점수로 Scatterplot을 그

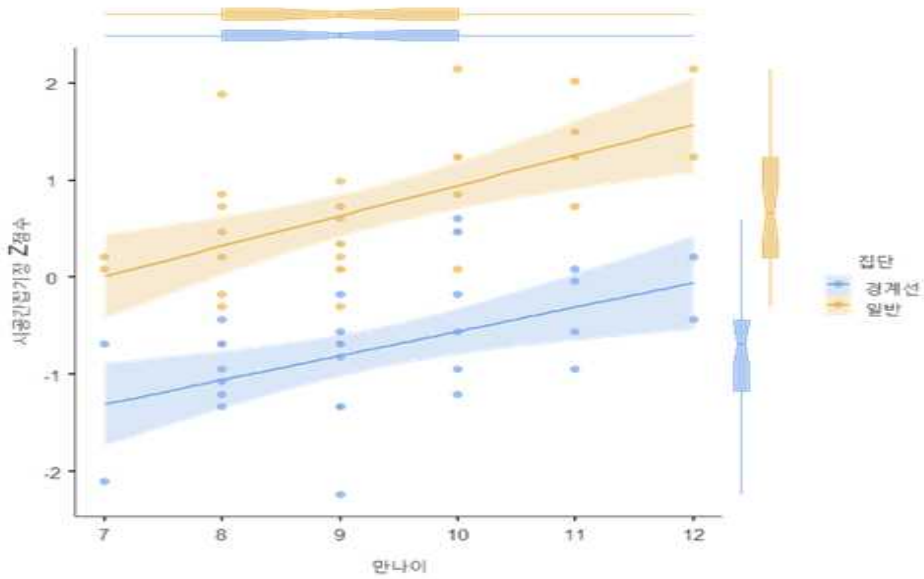
려보았다. 연령에 따른 성장방향을 알아보기 위해 회귀선을 그렸고, 가장자리에 Boxplots을 넣어 분포범위를 표시하였다. 음운루프의 Scatterplot은 [그림 IV-3]과 같고, 시공간잡기장의 Scatterplot은 [그림 IV-4]와 같고, 마지막으로 중앙집행기의 Scatterplot은 [그림 IV-5]와 같다.



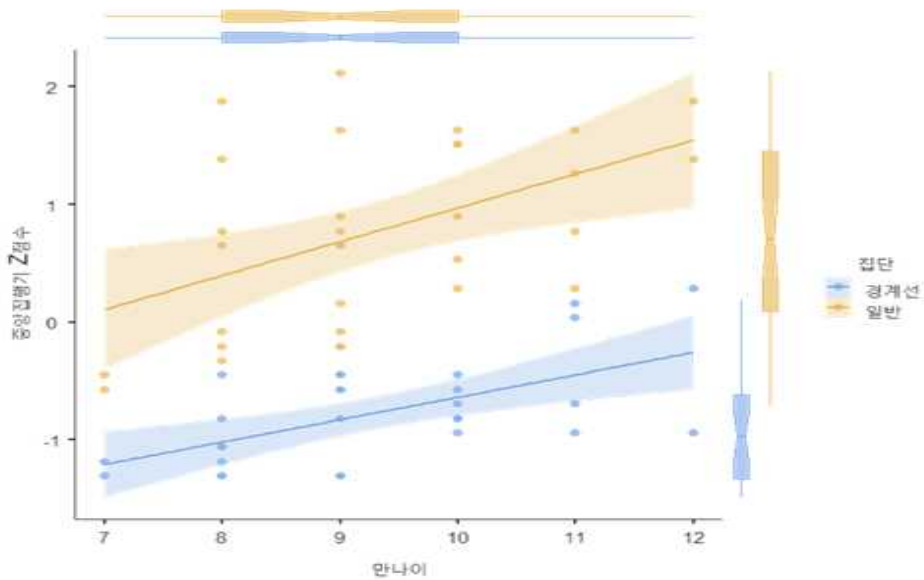
[그림 IV-3] 음운루프의 Scatterplot

[그림 IV-3]을 보면, 두 집단 모두 연령에 따라 음운루프가 점차 향상되는 경향을 보인다. 두 집단의 연령별 발달 폭을 비교해보면 경계선급 지능 아동의 음운루프는 일반 아동의 발달 폭에 비해 작은 폭으로 완만하게 발달하고 있으며, 연령이 높아짐에 따라 격차가 점점 벌어지는 경향을 보였다.

[그림 IV-4]를 보면, 시공간잡기장도 두 집단 모두 연령에 따라 점차 향상되는 경향을 보인다. 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 회귀선 기울기로 추측해볼 때, 두 집단의 시공간잡기장은 비슷한 속도로 발달하고 있으며, 두 집단의 시공간잡기장 회귀선 절편의 차이는 12세까지 쭉 유지되고 있다.



[그림 IV-4] 시공간잡기장의 Scatterplot



[그림 IV-5] 중앙집행기의 Scatterplot

[그림 IV-5]를 보면, 중앙집행기 표준화점수는 다른 하위요소에 비해 7세에서부터 집단 간 차이가 큰 것을 알 수 있다. 두 집단 모두 연령에 따라 점차 향상

되는 경향을 보이거나, 경계선급 지능 아동은 일반 아동에 비해 중앙집행기 능력이 저조하게 나타났고, 연령별 발달 경향도 완만하게 발달하고 있으며, 연령이 높아짐에 따라 격차가 점점 벌어지는 경향을 보였다.

라. 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 소검사 수준의 특성 분석

작업기억 소검사 수준에서는 경계선급 지능 아동과 일반 아동이 어떠한 특성들을 보이는지 알아보기 위해 먼저, 피어슨 상관분석을 통해 소검사 간의 상관관계가 집단별로 어떠한 차이를 보이는지 살펴보고, 이분형 로지스틱 회귀분석을 통해 경계선급 지능과 일반 아동을 판별하는 주요 소검사 변인을 탐색해보았다. 그리고 이중과제로 구성된 읽기폭과 대칭폭 소검사에서 간섭과제 정답율이 집단 간 어떠한 차이를 보이는지 t 검증을 통해 비교해보았다.

1) 집단별 작업기억 소검사 간의 상관관계

각 집단별로 작업기억 하위 소검사 간의 상관을 조사하기 위해 피어슨 상관분석을 실시하였다. 일반 아동의 작업기억 하위 소검사 간의 상관분석 결과는 <표 IV-8>과 같고, 경계선급 지능 아동의 작업기억 하위 소검사 간의 상관분석 결과는 <표 IV-9>와 같다.

<표 IV-8>에 제시하였듯이, 일반 아동의 작업기억 하위 소검사 간의 상관분석 결과를 살펴보면, 음운루프를 측정하는 숫자폭의 경우, 화살폭을 제외한 모든 소검사와 유의한 상관을 보였으며, 역순 숫자폭의 경우, 철자폭($r=.428$), 읽기폭($r=.499$), 대칭폭($r=.463$)과 유의한 상관을 보였고, 철자폭의 경우, 매트릭스폭($r=.372$), 읽기폭($r=.413$)과 유의한 상관을 보였다. 시공간잡기장을 측정하는 매트릭스폭의 경우, 읽기폭($r=.457$), 대칭폭($r=.573$)과 유의한 상관을 보였고, 역순 매트릭스폭의 경우, 화살폭($r=.389$), 읽기폭($r=.362$)과 유의한 상관을 보였다. 중앙집행기를 측정하는 읽기폭의 경우, 다른 7가지 소검사 모두와 유의한 상관을 보였

고, 대칭폭도 숫자폭($r=.530$), 역순 숫자폭($r=.463$), 매트릭스폭($r=.573$), 읽기폭($r=.473$)과 유의한 상관을 보였다.

<표 IV-8> 일반 아동의 작업기억 하위 소검사 간의 상관분석 결과

	D	DB	L	M	MB	A	R	S
숫자폭(D)	—							
역순숫자폭(DB)	0.479**	—						
철자폭(L)	0.764**	0.428*	—					
매트릭스폭(M)	0.651**	0.329	0.372*	—				
역순매트릭스폭(MB)	0.368*	0.082	0.330	0.263	—			
화살폭(A)	0.229	0.271	0.310	0.264	0.389*	—		
읽기폭(R)	0.584**	0.499**	0.413*	0.457*	0.362*	0.414*	—	
대칭폭(S)	0.530**	0.463**	0.329	0.573**	0.251	0.224	0.473**	—

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

<표 IV-9> 경계선급 지능 아동의 작업기억 하위 소검사 간의 상관분석 결과

	D	DB	L	M	MB	A	R	S
숫자폭(D)	—							
역순숫자폭(DB)	0.494**	—						
철자폭(L)	0.424*	0.137	—					
매트릭스폭(M)	0.086	0.017	0.18	—				
역순매트릭스폭(MB)	0.102	0.320	0.065	0.254	—			
화살폭(A)	0.267	0.250	0.473**	0.324	0.229	—		
읽기폭(R)	0.226	0.414*	0.063	-0.054	0.068	0.192	—	
대칭폭(S)	-0.067	-0.147	0.164	0.226	0.000	0.187	0.231	—

* $p < .05$, ** $p < .01$

이와 비교하여 <표 IV-9>에 제시된 경계선급 지능 아동의 작업기억 하위 소

검사 간의 상관분석 결과를 살펴보면, 음운루프를 측정하는 숫자폭의 경우, 역순 숫자폭($r=.494$), 철자폭($r=.424$)만 유의한 상관을 보였으며, 역순 숫자폭의 경우, 읽기폭($r=.414$)만 유의한 상관을 보였고, 철자폭의 경우, 화살폭($r=.473$)과 유의한 상관을 보였다. 그 외의 소검사들은 서로 유의한 상관을 보이지 않았다.

즉, 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억은 하위 소검사 간의 상관관계가 각기 다른 양상으로 나타났다. 일반 아동은 숫자폭, 읽기폭, 대칭폭이 다른 소검사와 상관관계가 대부분 높은 것으로 나타난 반면, 경계선급 지능 아동은 소검사 간의 상관관계가 대부분 낮은 것으로 나타났다.

2) 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 판별 변인

작업기억 소검사 중에서 경계선급 지능 아동과 일반 아동을 가장 잘 판별해주는 변인을 알아보기 위해 이분형 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 독립변인은 작업기억 하위 소검사 8개로 숫자폭, 역순 숫자폭, 철자폭, 매트릭스폭, 역순 매트릭스폭, 화살폭, 읽기폭, 대칭폭이었으며, 종속변인의 범주는 경계선급과 일반 아동이다. 종속변수를 잘 판별해주는 독립변수를 식별하고자 전진단계추가법(Wald 통계량 사용)을 적용하였다. 이분형 로지스틱 회귀분석 결과는 <표 IV-10>과 같다.

<표 IV-10>에 따르면, 3단계 모형의 적합성에 대한 검증 결과, χ^2 값이 62.454, 유의확률 $p<.001$ 으로 적합한 것으로 나타났고, 예측력을 평가하기 위해 R^2 을 사용한 결과, Cox와 Snell의 R^2 은 .647, Nagelkerke R^2 은 .862로 높게 나타났다. 모형은 총 3단계로 구축되었는데, 1단계부터 유의한 변인으로 나타난 것은 읽기폭이고, 2단계에서는 매트릭스폭이, 3단계에서는 철자폭이 유의한 요인으로 추가되었다. 즉, 3단계로 구축된 모형에서는 읽기폭, 매트릭스폭, 철자폭만 유의한 요인으로 나타났고, 그 외 5개 소검사 요인들은 추가되지 않았다. 즉, 경계선급 지능 아동과 일반 아동을 잘 판별하는 변인은 읽기폭(중앙집행기), 매트릭스폭(시공간 잡기장), 철자폭(음운루프)으로 나타났다.

<표 IV-10> 이분형 로지스틱 회귀분석의 결과

		B	S.E.	Wald	df	유의확률	Exp(B)
1 단계	읽기폭	.613	.159	14.917	1	.000	1.846
	상수항	-4.107	1.109	13.704	1	.000	.016
2 단계	매트릭스폭	.600	.251	5.698	1	.017	1.822
	읽기폭	.697	.236	8.712	1	.003	2.008
	상수항	-9.525	3.008	10.031	1	.002	.000
3 단계	철자폭	.996	.478	4.349	1	.037	2.708
	매트릭스폭	.723	.332	4.755	1	.029	2.061
	읽기폭	.610	.264	5.354	1	.021	1.840
	상수항	-14.843	4.934	9.049	1	.003	.000

-2 Log Likelihood = 23.990, $\chi^2 = 62.454(df=1, p<.001)$,
Cox와 Snell의 $R^2 = .647$, Nagelkerke $R^2 = .862$

<표 IV-11> 이분형 로지스틱 회귀 분류표

관측됨	예측			분류정확 %	
	집단		분류정확 %		
	경계선급	일반			
1 단계	집단	경계선급	25	5	83.3
		일반	5	25	83.3
	전체 퍼센트				83.3
2 단계	집단	경계선급	27	3	90.0
		일반	4	26	86.7
	전체 퍼센트				88.3
3 단계	집단	경계선급	28	2	93.3
		일반	4	26	86.7
	전체 퍼센트				90.0

또한, <표 IV-11>의 분류표를 살펴보면, 3단계에서 경계선급 지능 아동을 바르게 분류한 확률은 93.3 %, 일반 아동을 바르게 분류한 확률은 86.7%로 나타나 경계선급 지능 여부에 대한 집단의 분류 정확도가 높게 나타났으며, 전체 분류의 정확도는 90.0%인 것으로 나타났다.

3) 읽기폭과 대칭폭의 간섭과제 정답을 비교

읽기폭과 대칭폭에서 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 간섭과제 정답율에 유의한 차이가 있는지 분석하기 위해 t 검증을 실시하였다. 이를 위해 먼저 t 검증에서 요구되는 정규분포성 가정과 Levene의 등분산 가정을 검증하였다. 그 결과는 <표 IV-12>와 같다.

<표 IV-12> 정규분포성 가정과 등분산 가정의 검증 결과

	정규분포성(Shapiro-Wilk)		등분산 (Levene's)			
	W	p	F	df	df2	p
읽기폭 간섭과제 정답율	0.906***	< .001	13.938***	1	58	< .001
대칭폭 간섭과제 정답율	0.929**	.002	0.249	1	58	.620

** $p < .01$

<표 IV-12>의 정규분포성 검증 결과를 보면, 읽기폭 간섭과제 정답율($p < .001$)과 대칭폭 간섭과제 정답율($p = .002$) 모두 정규분포성 가정을 만족하지 않는 것으로 나타났다. 등분산 검증 결과에서는 대칭폭 간섭과제 정답율($p = 0.620$)은 등분산 가정을 만족하나, 읽기폭 간섭과제 정답율($p < .001$)은 .001수준에서 통계적으로 유의하여 등분산이 아닌 것으로 나타났다.

따라서 정규분포성 가정을 만족하지 않는 읽기폭과 대칭폭 간섭과제 정답율 모두 Mann-Whitney U 값으로 두 집단의 차이를 검증하였다. 두 집단의 읽기폭과 대칭폭의 간섭과제 정답율 차이에 대한 t 검증 결과는 <표 IV-13>과 같다.

<표 IV-13>을 보면, 중앙집행기 과제 중 읽기폭 간섭과제 정답율의 집단 차이가 통계적으로 유의하였다($p = .010$). 반면, 대칭폭 간섭과제 정답율의 집단 차이가 통계적으로 유의하지 않았다($p = .086$). 즉, 문장의 정오를 판단하는 과제 처리 정확도는 경계선급 지능 아동이 일반 아동에 비해 저조한 수행을 보이나, 그림의 대칭여부를 판단하는 과제 처리 정확도는 경계선급 지능 아동과 일반 아

동의 유의한 차이가 없음을 알 수 있다.

<표 IV-13> 간섭과제 정답율에서 집단간 차이 *t* 검증

	U	<i>p</i>	<i>d</i>
읽기폭 간섭과제 정답율	274.5**	.010	-0.798
대칭폭 간섭과제 정답율	333.5	.086	-0.483

***p* < .01

마. 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 검사과정 중 반응 비교

경계선급 지능 아동과 일반 아동이 작업기억 검사 과정에서 보인 언어적 표현과 음성 반응을 녹음하고, 특이점을 연구자가 관찰한 내용을 기록하여 이들의 반응을 분석한 내용은 다음과 같다.

첫째, 경계선급 지능 아동들의 대부분이 복합 폭 과제인 읽기폭과 대칭폭 과제에서 어려워하는 모습을 보였고, ‘생각이 잘 안나오, 어려워요.’ 등의 반응을 보였다. 반면, 일반 아동들은 읽기폭에서는 숫자를 중얼거리고, 대칭폭에서는 시선을 반복적으로 움직이며, 간섭과제를 해결하면서 동시에 기억과제를 기억하기 위한 모습들이 관찰되었다.

둘째, 역순 숫자폭 과제에서는 경계선급 지능 아동들 중 일부는 ‘이거 못할 것 같아요.’라는 반응을 보이거나 한 번 더 연습하기를 누르는 등 전반적으로 자신 없어 하는 모습을 보였다. 반면, 일반 아동들은 초기에는 순서대로 답안을 입력하는 실수를 하는 아동들이 일부 있었지만, 역순 숫자폭 과제에 곧 적응하고 검사에 임하는 모습을 보였다.

셋째, 경계선급 지능 아동 1, 2학년(3명)의 경우 컴퓨터 활용 경험이 없어 검사 전에 키보드 숫자와 자음 자판의 위치, 마우스 클릭법을 연습하는 시간을 충분히 가졌다. 그러나 연습 이후에도 피험자의 키보드 입력이 매우 느려서, 경계선급

지능 아동이 기억과제를 회상하여 말하면 검사자가 키보드로 대신 입력하고, 손가락으로 화면을 가리키면 검사자가 마우스로 응답을 대신 입력하는 방법으로 검사를 진행하였다. 반면, 일반 아동들은 대부분 컴퓨터 활용 경험이 있었고, 검사 수행에 전혀 문제가 없었으며, 컴퓨터 검사라는 것에 긍정적인 반응을 보이기도 하였다.

넷째, 경계선급 지능 아동들 중 일부는 ‘나는 못 해, 또 틀렸어.’라는 반응을 보이며 실패에 대한 두려움, 자신 없는 모습을 보였다. 일반 아동들 중에도 일부 학생들은 ‘저 기억 잘 못하는데...’라는 반응을 보이기도 하였지만, 검사 수행에서는 진지하게 집중하는 모습을 보였고, 대부분 자신의 능력이 궁금하다는 반응을 보이며 검사에 임하였다.

위와 같이, 경계선급 지능 아동들은 주의력 분할이 필요한 복합 폭 과제나 정보의 조작능력이 필요한 역순 기억과제에서 특히 더 어려움을 표현하는 모습을 보였다. 또한 이들은 단순한 조작 활동도 여러 번의 반복 훈련을 통해 익혀야 하고, 실패의 경험으로 인한 낮은 자아존중감을 가지고 있는 것을 알 수 있었다.

V. 논의 및 결론

1. 논의

본 연구에서는 초등학생용 작업기억 검사 도구를 제작하고, Rasch 측정 모형을 활용하여 타당도와 신뢰도를 검증하였다. 그리고 타당화된 검사도구를 활용하여 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 특성을 비교하였다. 본 장에서는 이러한 목적을 위해 수행된 연구결과를 중심으로 첫째, 작업기억 검사의 타당도와 신뢰도 검증, 둘째, 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 특성에 대해 종합적으로 고찰하고 논의해보고자 한다.

가. 작업기억 검사의 타당도와 신뢰도 검증

작업기억은 이론적으로 음운루프, 시공간잡기장, 중앙집행기의 하위요소로 구성되었으며(Baddeley, 2000), 이는 많은 연구들을 통해 증명되어왔다(Ackerman et al., 2005; Alloway et al., 2004; Baddeley, 2012). 대부분의 학자들은 단순 폭 과제 중 제시된 정보를 순서대로 기억하는 과제(예, 숫자폭, 매트릭스폭 등)로는 단기기억을 측정하고, 역순으로 기억하는 과제(예, 역순 숫자폭, 역순 매트릭스폭)는 정보의 조작 활동을 포함하므로 작업기억을 측정하는 검사로 분류하였다(박지은, 안성우, 2012; 정소라, 김동일, 2017; Ackerman, Beier & Boyle, 2005; Alloway, 2008, 2013; Gathercole et al., 2004). 그러나 일부 학자들은 정보의 저장과 처리를 동시에 요구하는 복합 폭 과제로 작업기억을 측정해야 한다고 주장하며, 역순 기억과제들을 단기기억을 측정하는 과제로 분류하였다(김성만, 2008; 임경열, 최애지, 2017; Colom et al., 2005; Rosen & Engle, 1997). 이에 본 연구에서도 역순 숫자폭과 역순 매트릭스폭이 음운루프, 시공간잡기장, 중앙집행기의

세 하위요소 중 어느 요소를 측정하는지 확인하기 위해 확인적 요인분석을 실시하였다.

확인적 요인분석 결과, 역순 숫자폭은 음운루프에, 역순 매트릭스폭은 시공간 잡기장에 포함시키는 연구 모형의 모형적합도 지수(CFI, TLI, SRMR, RMSEA, AIC, BIC)가 6가지 모두 경쟁 모형보다 더 적합하게 나타났다. 즉, 역순 숫자폭과 역순 매트릭스폭 과제가 단기기억 측정 요인으로 분류하는 것이 더 타당한 것으로 밝혀진 것이다. 이는 제시된 정보를 순서대로 기억하는 과제와 역순으로 기억하는 과제에서 요구되는 처리과정의 복잡성이 다르지 않다는 Rosen과 Engle(1997)의 연구와도 동일한 결과이며, 단기기억과 구별되는 작업기억은 주의력 분할이 필요한 복합 폭 과제로 측정하는 것이 더 타당하다는 주장(Turner & Engle, 1989; Unsworth et al., 2005)을 뒷받침한다.

한편, 연구 대상의 측면에서 보았을 때 4세부터 79세를 대상으로 한 Alloway(2013)의 작업기억자동평가-2(AWMA-2)에서는 역순 기억과제들이 중앙집행기의 요인으로 분석된 데에 반해, 7세에서 13세의 초등학생을 대상으로 한 본 연구에서는 역순 기억과제들이 단기기억 측정 요인으로 구조화된 것은 연구 대상에 따른 정보처리양상일 수 있다. 즉, 기억력이 완성된 성인기에는 거꾸로 기억하는 과제는 정보를 일시적으로 보유하면서 이전의 정보를 인출하여 조작하는 작업기억으로 구인되는 반면, 기억력이 발달하는 초등학교 시기에는 거꾸로 기억하는 과제들이 정보를 일시적으로 보유하는 단기기억의 연장선으로 구인된 것으로 추측될 수 있다.

이후 요인분석의 결과를 바탕으로 Rasch 측정 모형의 기본 가정인 일차원성 가정을 검증하기 위해, 작업기억 검사의 각 하위요소 문항들이 일차원성 가정을 만족시키는지를 스크리 도표로 검증하였다. 검증 결과, 음운루프, 시공간잡기장, 중앙집행기 모두 제1성분과 제2성분의 고유값이 큰 차이를 나타내고 이후 완만한 하락세를 보여, 일차원성 검증을 만족시키는 것으로 나타났다. 즉, 세 하위요소 모두 2~3개의 다른 양식으로 이루어진 소검사를 포함하고 있어 다차원적인

것처럼 보이지만 피험자들은 이를 일차원성을 지니고 있는 것처럼 인식하고 있고, 검사가 의도하는 각 차원들을 측정할 수 있도록 구성되어 있는 것이다.

Rasch 측정 모형을 활용하여 타당도와 신뢰도를 검증한 결과는 다음과 같다. 첫째, 문항 적합도 지수를 분석한 결과, 작업기억 검사 도구의 각 하위요소별 문항들은 거의 대부분 피험자의 능력 수준과 난이도를 적절하게 대표하고 있는 것으로 나타났다. 총 3개의 문항이 적합하지 않은 것으로 확인되었는데, 분석을 통해 제거된 문항들은 기억폭이 7개로 난이도가 높은 문항들이었다. 즉, 부적합한 문항으로 판별된 이유는 초등학생들의 작업기억 용량을 벗어난 문항들이었기 때문에 피험자의 능력을 벗어난 문항으로 분석된 것으로 유추할 수 있다. 이는 Conway 등(2005)의 연구와도 일치하는 것으로, 이 연구에서는 청소년 및 성인을 대상으로 작업기억 검사를 할 때에도 복합 폭 과제는 2~5개 또는 6개의 폭으로 문항을 구성하는 것을 권장하였다.

둘째, 작업기억 검사 문항의 난이도가 개인 능력의 모든 범위를 측정하고 있는지 알아보기 위해 피험자×문항 분포도를 분석한 결과, 검사 내용과 피험자의 수행 과정이 일관적이며 적절한 관계를 보이는 것으로 나타났다. 즉, 음운루프, 시공간잡기장, 중앙집행기 모두 문항 난이도가 골고루 퍼져 있어 피험자의 능력을 고루 측정하고 있음을 알 수 있었다. 좀 더 구체적으로 피험자×문항 분포도를 통해 소검사별 난이도를 비교해보면, 음운루프의 경우 숫자폭이 가장 쉽고, 다음으로 역순 숫자폭, 철자폭 순으로 난이도가 조금씩 높게 나타나 숫자를 기억하는 폭보다 한글 자음을 기억하는 폭이 더 작은 것을 알 수 있었다. 이는 숫자의 경우 한 음절로 된 청각 정보인데, 한글 자음은 두 음절로 이루어진 청각 정보이므로 기억부하량이 숫자보다 한글 자음이 더 많아 난이도의 차이가 나타난 것으로 해석된다. 이러한 논리로 청소년이나 성인을 대상으로 하는 숫자폭 검사에서는 2자리 수를 활용하기도 하는데(Stone & Towse, 2015), 본 연구의 결과에서 초등학생의 숫자폭 범위가 3~9개로 9개를 넘지 않았으므로, 초등학생을 대상으로 하는 숫자폭 검사에서는 한 자리 수로 측정하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

시공간잡기장의 경우 소검사별 난이도가 매트릭스폭이 가장 쉬운 것으로 나타났고, 그 다음 역순 매트릭스폭, 화살폭 순으로 나타났다. 매트릭스는 공간 정보이고 화살은 방향을 나타내는 시각 정보인데, 화살폭은 화살표의 방향만 달라지는 유사한 정보이므로 이를 변별해내는 능력이 매트릭스의 공간 정보를 변별하는 것보다 난이도가 조금 더 어렵게 나타난 것으로 보인다. 이는 시각 기억항목들 간의 유사성이 낮을 경우, 시각 작업기억 수행이 촉진될 수 있다는 김혜윤과 현주석(2015)의 연구결과와도 유사한 결과이다.

중앙집행기의 경우 소검사별 난이도가 읽기폭은 쉽고 대칭폭은 어려운 것으로 나타나, 음운루프와 시공간잡기장에 비해 검사 간 난이도 차이가 조금 크게 나타났다. 읽기폭은 2~7개까지 측정하였으나 마지막 세 문항의 정답율이 7%~33%인 것으로 보아, 초등학생의 읽기폭 용량은 2~8개까지 기억 가능한 것으로 보인다. 반면, 대칭폭은 2~6개까지 측정하였으나, 2개를 기억하는 첫 세 문항의 정답율이 70%인 것으로 보아, 대칭폭 용량은 1~6개까지 기억 가능할 것으로 보인다. 따라서, 초등학생을 대상으로 하는 연구에서는 청소년 및 성인을 대상으로 하는 연구(Conway et al., 2005)보다는 난이도를 낮추어 시공간 양식의 복합 폭 과제는 1개부터 측정하는 것이 더 타당한 것으로 보인다.

한편, 중앙집행기를 측정하는 읽기폭과 대칭폭은 모두 복합 폭 과제이고, 시작 문항이 2개로 폭이 같은데, 읽기폭에 비해 대칭폭의 난이도가 어렵게 나타난 이유는 언어 단기기억과 시공간 단기기억의 용량 차이에서 비롯된 것으로 보인다. Kaplan 등(1991)의 연구에서도 시공간폭 검사에서의 수행이 숫자폭 검사보다 대략 1~2개 적은 것으로 보고 되었고, 이러한 용량의 차이는 언어 정보를 구두로 시연하는 전략은 누구나 언어를 학습하면서 터득하게 되지만, 시공간 정보를 상징화하여 시연하는 전략은 일부 학생들이 필요에 의해 터득하게 되기 때문으로 유추할 수 있다. 실제로 학생들이 검사하는 장면에서 읽기폭은 소리를 내어 앞에 제시된 숫자들을 시연하는 모습을 흔히 찾아볼 수 있었던 반면, 대칭폭은 극히 소수의 학생들만이 키보드의 숫자판으로 제시된 매트릭스의 위치를 시연하는 모습을 찾아볼 수 있었다.

셋째, 작업기억 검사 문항들이 성별에 관계없이 동일한 기능을 하는지를 알아보기 위해 안데르센 우도비 검증와 멘텔-헨젤 방법의 두 가지 방법으로 차별기능문항 분석을 실시한 결과, 총 8문항이 차별기능문항으로 선별되었다. 선행연구에 따르면, 차별기능문항의 추출 결과는 문항이 검사 전체의 의도된 기능 방향과 일치하는지를 나타내는 기술적인 지표로서(김신영, 2001), 차별기능문항이더라도 내용 타당도 측면에서 적절하다면 검사에 필요한 문항이라고 할 수 있다(노연경, 김진호, 김수진, 2010). 따라서 차별기능문항으로 선별된 문항들을 무조건 제거하는 것이 아니라 질적으로 분석하는 과정을 거쳐 8문항 중 4문항만을 제거하였다.

마지막으로, Rasch 측정 모형에 근거하여 작업기억 검사의 신뢰도를 검증한 결과, 피험자 분리신뢰도가 세 하위요소 모두 높아 내적 신뢰도가 높은 것으로 나타났고, 피험자 분리지수도 세 하위요소 모두 양호한 범위로 작업기억 검사도가 피험자의 수행 차이를 효과적으로 잘 분리하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 본 연구의 작업기억 검사가 각 하위요소 측정의 일관성을 지니며 피험자 능력을 잘 분리하여 측정하는 것으로 타당하고 신뢰로운 검사라는 점을 입증해 준다.

나. 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 특성 비교

연구 1에서 확정된 작업기억를 활용하여 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억을 측정하고 비교·분석한 연구 2의 결과에 대해 대한 논의는 다음과 같다.

첫째, 경계선급 지능 아동은 일반 아동에 비해 작업기억 수행 능력이 저조하였다. 구체적으로 작업기억 하위요소별 차이를 분석한 결과, 두 집단의 차이가 중앙집행기에서 가장 크게 나타났고, 음운루프, 시공간잡기장 순으로 나타났다. 이러한 결과는 지적장애의 정도에 따라 작업기억 결함이 증가하였다는 Schuchardt 등(2010)의 연구와 경계선급 지능 아동의 언어 및 시공간 작업기억 결손을 입증한 Alloway(2010)의

연구 결과를 뒷받침한다.

둘째, 경계선급 지능 아동의 작업기억 폭은 일반 아동의 작업기억 폭에 비해 2개 정도 적은 것으로 나타났다. Spitz(1973)의 연구에서는 일반 아동의 단기기억 폭은 7 ± 2 , 교육가능한 지적장애 아동(평균 IQ 62)의 단기기억 폭은 4 ± 1 인 것으로 나타났는데, 이와 비교해볼 때 경계선급 지능 아동의 단기기억 폭이 5 ± 2 로 나타난 본 연구의 결과는 타당한 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서는 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 음운루프(언어 단기기억)와 시공간잡기장(시공간 단기기억) 뿐만 아니라 중앙집행기 용량에서도 차이가 나는 것을 입증하여, 기존의 단기기억 용량 차이를 입증한 선행연구에 더하여 작업기억 용량 차이로 연구결과를 확대하였다.

셋째, 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 연령별 작업기억 발달 경향을 알아보기 위해 작업기억 하위요소별로 Scatterplot과 다변량분석을 실시한 결과, 두 집단 모두 연령이 높아짐에 따라 세 하위요소 모두 향상되는 경향을 보였다. 연령에 따라 집단 간 차이가 벌어지는지와 관련해서 Scatterplot에서는 세 하위요소 모두 연령이 높아짐에 따라 집단 간 차이가 벌어지는 경향을 보였으나, 다변량분석에서는 집단과 연령의 상호작용 효과는 없었다. 즉, 경계선급 지능 아동의 언어 단기기억과 시공간 단기기억, 주의력 분할 등과 관련된 작업기억 용량은 연령이 높아져도 일반 아동과의 차이가 유지되는 경향을 보였다. 이러한 결과는 발달이론의 관점에서 지능이 낮은 아동들도 연령이 증가함에 따라 일반 아동과 같은 발달단계를 거치는 하나 그 수준이 낮은 정도에 머무른다는 인지발달연구들(Dasen et al., 1978; Uzgiris, 1976)과 맥락을 같이 한다.

넷째, 작업기억 하위 소검사 간의 관련성을 조사하기 위한 상관분석 결과에서 경계선급 지능 아동과 일반 아동 집단은 다른 양상을 보였다. 일반 아동들의 경우, 음운루프 측정 소검사들 간의 상관이 있고, 중앙집행기 측정 소검사와 그 외 다른 소검사 간의 상관이 있었다. 반면, 경계선급 지능 아동들의 경우, 음운루프 측정 소검사들 간의 상관은 있었지만, 중앙집행기 측정 소검사와 그 외 다른 소검사 간의 상관이 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 두 집단의 작업기억 내 상관

관계 양상이 다르다는 것을 의미한다. 경계선급 지능 아동의 작업기억과 실행기능 프로파일을 분석한 Alloway(2010)의 연구에서도 이들이 독특한 프로파일을 가지고 있음을 보고하였고, 읽기부진 아동과 일반 아동의 작업기억을 비교한 이한규(2011)의 연구에서도 일반 아동에서 나타난 작업기억 소검사 간의 상관이 읽기부진 아동에서는 나타나지 않는 등 각 집단별로 다른 양상을 보였다. 즉, 인지능력의 차이가 있거나 학습에 어려움이 있는 집단은 작업기억과 관련된 정보처리의 양상이 다르게 나타난다고 볼 수 있다.

다섯째, 작업기억 소검사 중에서 경계선급 지능 아동과 일반 아동을 가장 잘 판별하는 변인을 알아보기 위해 이분형 로지스틱 회귀분석을 실시한 결과, 경계선급 지능 아동을 잘 판별하는 변인은 읽기폭(중앙집행기), 매트릭스폭(시공간잡기장), 철자폭(음운루프)으로 나타났다. 판별 변인에 세 하위요소의 소검사가 한 가지씩 고루 포함되었으므로 경계선급 지능 아동들을 짧은 시간 안에 대략적으로 선별할 필요성이 있을 때 이 세 가지 소검사를 활용할 수 있다.

여섯째, 경계선급 지능 아동과 일반 아동 집단의 읽기폭과 대칭폭 간섭과제 정답율을 비교한 t 검증 결과, 일반 아동의 읽기폭 간섭과제 정답율이 경계선급 지능 아동의 정답율보다 높았으나, 대칭폭의 간섭과제 정답율은 집단에 따른 차이가 없었다. 읽기폭의 간섭과제는 문장의 정오판단이고, 대칭폭의 간섭과제는 대칭여부 판단임을 감안할 때, 경계선급 지능 아동은 문장을 읽고 정오를 판단하는 능력은 일반 아동에 비해 저조하나, 그림을 보고 대칭여부를 판단하는 능력은 일반 아동과 유의한 차이가 없는 것으로 분석된다. 이는 지능이 낮은 아동의 기억수행이 글자보다는 그림이 더 우수했다는 Ellis와 Wooldridge(1985)의 연구와도 같고, 경도지적장애아동들은 언어 작업기억보다 시공간 작업기억이 조기에 발달하는 특성을 보인다는 이태화(2001)의 연구 결과와도 같은 맥락이다. 즉, 이들은 상징적 체계(글자)가 아직 충분히 발달되지 않아 심상체계(그림)에 더 의존하는 것으로 보이며(Paivio, 1971), 따라서 경계선급 지능 아동에게 정보를 제공할 때에는 언어적 자료만 제공하기보다는 시공간적 자료를 함께 제공하여 아동의 이해를

도움 필요가 있다.

한편, 작업기억을 측정하는 복합 폭 과제에서 간섭과제는 피험자 누구나 할 수 있는 것으로 해야 한다는 Kyllonen(2002)의 주장에서 비취볼 때, 언어발달이 느린 경계선급 지능 아동이나 지적장애 아동들을 대상으로 작업기억을 측정할 때에는 언어 양식의 과제보다는 시공간 양식의 과제를 간섭과제로 채택해야 한다는 시사점을 준다.

일곱째, 경계선급 지능 아동들과 일반 아동들이 작업기억 검사과정에서 보인 언어적 표현들과 특이점을 질적으로 분석한 결과, 복합 폭 과제인 읽기폭과 대칭폭 과제에서 일반 아동들이 기억과제 회상을 유지하기 위해 전략을 사용하는 것과는 대조적으로, 경계선급 지능 아동들은 기억과제를 회상을 매우 어려워하며 연달아 틀리고 검사가 종료되는 경우가 대부분이었다. 이는 경계선급 지능 아동들이 다양한 기억전략을 보유하고 있지 않으며, 상황에 적절한 기억전략을 사용하기도 어렵다는 Eva(2003)의 연구결과를 뒷받침한다. 또한 경계선급 지능 아동들 중 컴퓨터 활용 경험이 없는 경우, 자판 연습 등을 충분히 했음에도 불구하고, 검사자의 도움이 필요하였다. 이는 경계선급 지능 아동들이 기능을 익힐 때에 일반 아동들보다 많은 연습과 반복이 필요하다는 박찬선과 장세희(2015)의 연구와도 같은 결과이다. 그리고 정희정(2006)의 연구와 마찬가지로 본 연구에서도 경계선급 지능 아동들은 실패에 대한 두려움, 자신 없어 하는 반응을 보여 반복된 실패로 인한 낮은 자아존중감을 다시 한 번 확인할 수 있었다.

2. 결론 및 제언

본 장에서는 연구 과정을 통해 도출된 결과들과 이를 바탕으로 얻어진 통찰들을 요약하고 본 연구결과가 교육 현장에 기여할 수 있는 교육적 함의를 찾고자 한다. 마지막으로 연구 진행 과정에서 나타난 한계점을 언급하고 이에 대한 개선 방향을 제시하고자 한다.

가. 결론

본 연구는 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있는데, 연구 1에서는 초등학생을 대상으로 작업기억 세 하위요소를 모두 포함하여 측정하는 초등학생용 작업기억 검사 도구를 제작하여 타당화하였고, 연구 2에서는 타당화된 초등학생용 작업기억 검사 도구로 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 특성을 비교 분석하였다. 이러한 두 가지의 연구결과를 종합하여 내린 결론은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 제작된 초등학생용 작업기억 검사는 확인적 요인분석을 통해 음운루프를 측정하는 숫자폭, 역순 숫자폭, 철자폭과 시공간잡기장을 측정하는 매트릭스폭, 역순 매트릭스폭, 화살폭, 그리고 중앙집행기를 측정하는 읽기폭과 대칭폭으로 구조화되었다. 이는 역순 기억과제들을 중앙집행기 측정에 활용한 기존 검사(Alloway, 2013)와는 다른 결과이나, 복합 폭 과제로 중앙집행기를 측정해야 한다고 주장하는 연구자들(Daneman & Cartpenter, 1980; Turner & Engle, 1989; Unsworth et al., 2005)의 주장을 뒷받침하는 결과이다. 또한 본 검사의 연구대상이 초등학생을 대상으로 함을 감안할 때, 기억력이 완성된 성인과는 달리 기억력이 발달해가는 초등학생의 경우 역순 기억과제들은 단기기억의 연장선에서 같은 구인으로 측정된다고 볼 수 있다.

둘째, 위와 같이 구성된 초등학생용 작업기억 검사는 Rasch 측정 모형을 활용하여 문항 적합도 지수, 피험자 적합도 지수, 피험자×문항분포도, 차별기능문항, 그리고 피험자 분리신뢰도와 분리지수를 통해 타당도와 신뢰도를 검증하였다. 이는 기존의 작업기억 검사들이 고전검사이론에 근거하여 타당화된 것과는 차별화되며(Alloway, 2008; Pickering & Gathercole, 2001), 요인분석과 Rasch 측정 모형의 문항적합도 지수를 활용하여 작업기억 검사를 타당화한 Englund 등(2014)의 연구보다 더 다각도로 타당도를 증명하였다는 측면에서 더욱 의미가 있다.

셋째, 확정된 작업기억 검사 도구를 활용하여 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억을 측정하고 비교·분석한 결과, 경계선급 지능 아동은 일반 아동에 비해 작업기억 수행 능력이 저조하며, 작업기억 폭이 세 하위요소 모두 약 2개

정도 적은 것으로 나타났다. 따라서 이들을 대상으로 하는 수업이나 활동에서 한 번에 제공되는 정보의 양은 일반 아동을 대상으로 할 때보다 적게 제공하고, 교사의 지시사항은 한 번에 3개 이상 하지 않는 것이 권장된다.

넷째, 경계선급 지능 아동의 작업기억 발달은 연령이 높아짐에 따라 점차 향상되는 경향을 보였다. 그러나 연령이 높아져도 경계선급 지능 아동의 언어 단기기억과 시공간 단기기억, 주의력 분할 등과 관련된 작업기억 용량은 일반 아동과의 차이가 여전히 유지되므로 최대한 빠른 시기에 작업기억이 낮은 학생들을 선별하여 작업기억 훈련 등의 중재를 실시하는 교육적 노력은 매우 중요하겠다.

다섯째, 작업기억 소검사 수준에서의 특성은 상관분석 결과, 경계선급 지능 아동과 일반 아동 집단은 서로 다른 양상을 보여, 인지 능력에 차이가 있는 집단은 작업기억과 관련된 정보처리의 양상이 다르게 나타나는 것으로 분석되었다. 또한 작업기억 소검사 중에서 경계선급 지능 아동과 일반 아동을 가장 잘 판별해주는 변인은 읽기폭(중앙집행기), 매트릭스폭(시공간잡기장), 철자폭(음운루프)으로 나타났다. 이러한 결과를 실제 교육 현장에 적용한다면, 경계선급 지능 아동을 대략적으로 선별해야 할 필요성이 있을 때 작업기억 검사 중에서도 읽기폭, 매트릭스폭, 철자폭의 세 가지 소검사를 활용할 수 있다.

여섯째, 경계선급 지능 아동의 언어적 정보처리는 일반 아동보다 낮은 수행을 보이나, 시공간적 정보처리는 일반 아동과 비슷한 수행을 보였다. 따라서 경계선급 지능 아동에게 정보를 제공할 때에는 언어적 정보와 함께 시공간적 정보를 곁들여 설명하거나 활동하는 것이 아이들의 이해를 도울 수 있다.

마지막으로 경계선급 지능 아동들은 검사 과정에서 기억전략의 부족, 기능 숙달을 위한 반복의 필요성, 실패에 대한 두려움, 낮은 자아존중감과 같은 정서적 특성을 나타냈으며, 이에 대한 교육적 중재가 필요하다는 시사점을 얻을 수 있었다.

나. 연구의 의의

작업기억 검사와 경계선급 지능 아동의 작업기억 특성과 관련하여 본 연구의 의의를 정리하면 다음과 같다.

첫째, Baddeley(2000)의 작업기억 모델에 근거한 음운루프, 시공간잡기장, 중앙집행기를 측정할 수 있는 초등학생용 작업기억 검사를 제작하였다. 컴퓨터 기반으로 제작하여 검사자 변인을 통제하였으며, 개인검사이지만 여러 명을 한 번에 검사할 수 있는 유용성도 갖추었다. 따라서 실제 학교 현장에서 필요에 따라 작업기억 검사를 실시하기에 편리하다.

둘째, 작업기억 하위요소 측정과 관련하여, 본 연구결과를 통해 음운루프는 숫자폭, 역순 숫자폭, 철자폭으로, 시공간잡기장은 매트릭스폭, 역순 매트릭스폭, 화살폭으로, 그리고 중앙집행기는 읽기폭, 대칭폭으로 측정하는 구조로 요인화되었다. 이는 기존의 연구와는 다른 결과로, 역순 기억과제는 단기 기억의 측정에 더 적합하고, 중앙집행기는 복합 폭 과제로 측정하는 것이 더 적합하다는 최근 연구들(김성만, 2008; 임경열, 최애지, 2017; Colom et al., 2005; Rosen & Engle, 1997)의 결과를 뒷받침하는 것으로서의 의의가 있다.

셋째, 초등학생용 작업기억 검사의 타당도와 신뢰도를 검증함에 있어 문항반응이론을 활용하였다. 검사를 구성하는 문항 하나하나에 근거하여 문항을 분석함으로써 보다 상세하고 질적인 분석을 통해 작업기억 검사 도구의 타당도와 신뢰도를 검증하였다.

넷째, 일반 아동과 비교한 경계선급 지능 아동의 작업기억 특성을 밝혔다. 구체적으로 경계선급 지능 아동은 일반 아동에 비해 작업기억 폭이 2개 정도 적다는 점, 세 하위요소 모두 일반 아동에 비해 저조한 수행을 보인다는 점, 작업기억 발달이 연령에 따라 향상되나 일반 아동의 작업기억과의 차이는 유지된다는 점, 그리고 언어적 정보처리의 정확도가 떨어진다는 점 등의 교육적 중재를 위한 시사점들을 발견하였다. 본 연구에서 밝힌 경계선급 지능 아동의 작업기억 특성에 기초하여 이들의 교육적 중재 프로그램을 개발할 때 반영해야 할 점은 다음

과 같다. 한 번에 제공하는 정보의 양은 일반 아동의 수준보다 적게, 핵심적으로 시각적 자료로 제시하기, 교사의 지시사항은 한 번에 1~2가지로 쪼개어 확인하면서 단계적으로 제시하기, 활동시간은 일반 아동보다 넉넉히 제공하기, 연습이 필요한 과제는 여러 번 반복하는 기회를 주기 등이다.

다섯째, 본 연구를 통해 연령이 높아져도 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 차이가 유지되는 것을 알 수 있었다. 따라서 되도록 학령기 초기에 경계선급 지능 아동들을 선별하여 조기 중재를 실시해야 하고, 이를 통해 교육격차가 커지는 것을 방지하려는 노력이 필요하다.

다. 제한점 및 제언

본 연구는 이상에서 살펴본 의의와 시사점에도 불구하고, 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 본 연구의 제한점을 바탕으로 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 본 연구에서는 Rasch 측정 모형을 활용하여 신뢰도와 타당도를 검증하는 과정에 있어서 국내에는 작업기억과 관련된 표준화된 검사가 없어 외적 준거와 검사 결과에 근거한 공인 타당도와 변별 타당도를 검증하지 못했다. 추후 연구에서는 이를 보완하여 기존 인지 검사들의 하위과제와 작업기억 하위요소와 비교하여 관련성이 있는 검사들을 활용하여 공인 타당도와 변별 타당도를 검증해볼 필요가 있다.

둘째, 작업기억 검사의 타당화는 서울S초등학교 학생들을 대상으로 하였다. 추후 연구에서는 지역을 고려한 표집의 다양화를 통해 작업기억 검사 도구의 직접적 활용에 대한 기준을 마련하는 것이 필요하다.

셋째, 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 특성 비교 분석은 서울 및 수도권 학생들을 대상으로 하였고 연구에 참여한 고학년 학생들이 저학년에 비해 적었다. 추후 연구에서는 표본의 표집 지역을 넓히고, 학년별 인원을 충분히 확보할 필요가 있겠다.

넷째, 본 연구는 초등학생용 작업기억 검사 도구를 타당화하고 경계선급 지능 아동과 일반 아동의 작업기억 특성을 파악하는데 그치고 있다. 추후 연구에서는 경계선급 지능 아동의 작업기억 향상을 위한 훈련 프로그램을 적용하여 그 효과를 검증하는 연구가 필요하다. 현재 기존 연구들에서 제시하고 있는 작업기억 훈련 프로그램은 Cogmed Working Memory Training(Klingberg et al., 2005), Jungle MemoryTM(Alloway et al., 2013), Kwon's 소프트웨어(권상남 등, 2015), 그리고 이명진 등(2015)이 개발한 아동용 작업기억 훈련프로그램 등이 있다. 이러한 훈련 프로그램들을 본 연구에서 발견한 경계선급 지능 아동의 특성에 맞게 보완하여 그 효과를 검증하는 후속 연구들을 기대해본다.

참고 문헌

- 강옥려 (2016). 경계선급 지능 아동의 교육: 과제와 해결 방안. **한국초등교육**, 27(1), 361-378.
- 강옥려, 이새별 (2018). 초등학교 장애학생들의 작업기억 특성에 관한 고찰. **한국초등교육**, 29(3), 115-139.
- 강태훈 (2015). 자료크기와 집단 간 피험자 수의 차이가 차별기능문항 추출의 제 1종 오류에 미치는 영향. **교육평가연구**, 28(2), 577-600.
- 고일영 (2010). 경계선 지능 아동에 대한 치료적 개입. 2010년도 한국재활심리학회 학술대회 자료집(pp. 26-47).
- 곽금주, 오상우, 김청택 (2011). **한국 웨슬러 아동 지능검사(K-WISC-IV)**. 서울: 학지사.
- 곽윤지 (2016). 학령기 경계선지능아동의 문맥 유무에 따른 은유 이해 능력. 석사학위논문, 단국대학교 대학원.
- 권상남, 이근민, 김소영 (2015). 작업기억 향상과 전두엽 활성화 프로그램 개발 및 효과성 검증 연구. **장애와 고용**, 25(3), 5-33.
- 권영주 (1998). 구조화된 집단놀이치료가 경계선지능 아동의 적응행동에 미치는 효과. **놀이치료연구**, 2(2), 52-71.
- 김근하 (2009). 경계선급 지능 초등학생의 학년별 학업성취 변화. **아시아장애사회학연구**, 9, 155-173.
- 김민경 (2015). 학령기 경계선 지능 아동의 듣기이해 점검능력. 석사학위논문, 단국대학교 대학원.
- 김성만 (2008). 수학 학습장애아의 작동기억 및 수학적 능력: 두 자리 수 덧셈과 뺄셈 능력에 영향을 미치는 요소 분석. 박사학위논문, 한국교원대학교 대학원.
- 김수영 (2002). 언어발달지체아동의 문법형태소 사용 특성. 석사학위논문, 한림대학교 대학원.
- 김수진 (2015). 학령기 경계선급 지능 아동의 관용어 이해능력. 석사학위논문, 단국대

학교 대학원.

- 김우리, 고은영 (2015). 작업기억과 학습의 관계: 장애(위험군) 학생을 대상으로 한 작업기억 연구 분석. **학습장애연구**, 12(1), 91-117.
- 김원정, 이경숙, 신의진 (2007). 경계선 지능 임상아동의 정서사회인지 향상 프로그램 효과. 한국심리학회 학술대회 자료집(pp. 210-211).
- 김은지 (2016). 경계선 지능 아동의 정의 제시 조건과 문맥 제시 조건에 따른 단어의 미 추론. 석사학위논문, 단국대학교 대학원.
- 김주영 (2018). 학령기 경계선 지적기능 아동의 언어 및 읽기 능력. **학습자중심교과교육연구**, 18(2), 139-157.
- 김주영, 김자경 (2016). 학령기 경계선 지적 기능 아동의 읽기 하위영역별 특성. **언어치료연구**, 25(1), 67-76.
- 김주환, 김민규, 김은주, 신의진 (2008). 온라인 게임 중독검사 개발과 타당화 분석. **한국청소년연구**, 19(1), 385-415.
- 김혜윤, 현주석 (2015). 기억항목들 간의 유사성이 시각작업기억 수행에 미치는 영향, **한국심리학회지: 인지 및 생물**, 27(2), 291-312.
- 김혜정, 김도연 (2017). 통합적 독서치료프로그램을 활용한 사회적 기술 증진 효과: 경계선지적기능 아동을 중심으로. **발달지원연구**, 6(1), 23-38.
- 김희수, 염시창, Shallert, D. (2002). 하이퍼텍스트 보조학습에서 사전 지식, 작동기억 및 하이퍼텍스트 탐색도구 유형이 학업성취도에 미치는 효과. **교육공학연구**, 18(1), 79-108.
- 김후비 (2012). 경계선 지능 언어발달지체 아동의 문장길이와 구조에 따른 문장 따라 말 하기 수행력. 석사학위논문, 단국대학교 대학원.
- 노연경, 김진호, 김수진 (2010). PISA 2003 문제해결력 영역에 대한 성별 차별기능문항 추출. **교육방법연구**, 22(4), 165-194.
- 박지은, 안성우 (2012). 수학 학습부진아동과 일반아동의 읽기능력과 작업기억 특성 비교. **특수아동교육연구**, 14(3), 479-499.
- 박찬선, 장세희 (2015). 경계선 지능을 가진 아이들: 느린 학습자의 이해와 교육.

과주: 이담Books.

- 박현숙 (2018). 경계선 지적 기능 아동 선별 체크리스트: 타당화와 하위특성 연구. 박사학위논문, 성균관대학교 대학원.
- 백수진, 안성우, 서유경, 신영주 (2007). 읽기장애아동과 일반아동의 작업기억 특성 비교 연구. **정서·행동장애연구**, 23(3), 265-300.
- 백준오 (2014). 한국어 능력과 작업기억 간의 상관성 연구. 박사학위논문, 경희대학교 대학원.
- 변관석, 신진숙 (2017). 경계선 지능에 관한 국내연구 동향 분석. **특수아동교육연구**, 19(1), 79-109.
- 서희영, 김초복 (2014). 영역 특수성에 따른 작업기억의 훈련 효과: 메타분석. **한국심리학회지: 인지 및 생물**, 26(4), 207-231.
- 설현수 (2007). Messick의 타당도 관점에서 Rasch측정 모형 적용을 통한 대학 강의 평가 도구 개발의 타당화. **교육평가연구**, 20(4), 31-51.
- 설현수 (2012). Rasch 측정모형을 이용한 Raven Advanced Progressive Matrices 지능검사의 타당화. **교육평가연구**, 25(4), 745-766.
- 설현수 (2013). 문항반응이론모형에 의한 기준선 설정 방법. **한국교육문제연구**, 31(2), 179-192.
- 설현수 (2014). Bootsrtap 방법을 이용한 Rasch 이분 문항 적합도 지수의 신뢰구간 탐색. **교육평가연구**, 27(2), 279-298.
- 성태제 (2004). **문항제작 및 분석의 이론과 실제**. 서울: 학지사.
- 성태제 (2016). **문항반응이론의 이해와 적용**. 과주: 교육과학사.
- 송기범, 권상남, 이지윤 (2013). 컴퓨터프로그램을 이용한 작업기억훈련이 ADHD아동의 작업기억과 전전두활성화에 미치는 효과. **학습장애연구**, 10(2), 111-130.
- 송영혜, 김양오 (2001). 게임놀이치료가 경계선지능 아동의 주의집중행동 향상에 미치는 효과. **놀이치료연구**, 5(2), 25-42.
- 송중용 (1999). 한글 읽기장애 아동의 작업기억 특성. 박사학위논문, 서울대학교 대학원.

- 송현주 (2008). 비교-이해점검중재가 학령기 경계선 지능 아동의 명료화 요구에 미치는 효과. 석사학위논문, 단국대학교 대학원.
- 신민섭, 이정은, 이지현, 이진주, 권은미, 전해진, 이승환 (2017). 스마트 토이를 활용한 아동용 인지능력 증진 프로그램의 예비 효과 연구. **소아청소년정신의학**, **28**(2), 106-114.
- 신민섭, 이진주, 어윤정, 오서진, 이정은, 김일중, 홍초롱 (2016). 학령기 아동용 스마트 기기를 사용한 기억력 평가과제의 개발 및 타당도 검증 연구. **소아청소년정신의학**, **27**(2), 130-138.
- 여광응, 김나영, 정영숙, 이태화 (2001). 정신지체아와 학습부진아의 작업기억 특성에 관한 비교 연구. **정신지체연구**, **3**, 1-23.
- 우정환, 강옥려, 김소희, 김요섭, 김윤옥, 허승준, 허유성 (2015). 난독증/경계선지능 학생 지원방안을 위한 탐색. 2015년도 한국학습장애학회 동계 학술대회 자료집(pp. 49-81).
- 유경, 정은희 (2007). 이야기쓰기활동을 통해 살펴본 학령기 경계선지능 언어발달장애아동의 쓰기특성. **특수교육저널: 이론과 실천**, **8**(3), 231-247.
- 유경, 정은희 (2008). 이야기쓰기를 통해 살펴본 학령기 단순언어장애아동의 쓰기특성. **Communication Sciences and Disorders**, **13**(1), 63-85.
- 유경, 정은희, 김락형 (2007). 학령기 경계선지능 아동의 언어특성 연구. **특수아동교육연구**, **9**(4), 193-209.
- 유경, 정은희, 김락형 (2008). 단순언어장애아동과 경계선지능 언어 발달장애아동의 인지 특성. **동의신경정신과학회지**, **19**(1), 97-105.
- 유승미 (2015). 학령기 경계선급 지능 아동의 어휘적 중의성 이해. 석사학위논문, 단국대학교 대학원.
- 이금진 (2011). 학령기 경계선 지능 아동의 사회성숙도와 자존감향상을 위한 멘토링 효과성 분석: 대학생 멘토와 경계선 아동의 상호효과를 중심으로. **한국가족복지학**, **34**, 137-165.
- 이경림 (2016). 시각장애 초등학생을 위한 일상생활 기술 평정척도의 라쉬 모형 적용

- 개발. **시각장애연구**, 32(4), 1-26.
- 이기정 (2016). 마인드맵을 활용한 일기쓰기 활동이 경계선급 지능 학생의 쓰기능력에 미치는 영향. **학습장애연구**, 13(1), 107-126.
- 이다영, 양희준, 양동석, 최진혁, 박병수, 박지운 (2018). 파킨슨병 환자에서 한국어판 Dizziness Handicap Inventory의 라쉬 분석에 의한 임상측정 특성 평가. *Research in Vestibular Science*, 17(4), 152-159.
- 이명진, 홍선주, 신경희, 김초복 (2015). 아동용 작업기억 훈련 프로그램 개발 및 예비연구. **사회과학연구**, 26(4), 27-44.
- 이미래, 황민아, 고선희 (2017). 학령기 경계선급 지능 아동의 다의 동사 이해. **언어치료연구**, 26(4), 55-65.
- 이수진, 김화수 (2016). 설명담화에 나타난 경계선지능 언어장애 아동의 화용 특성. **지적장애연구**, 18(2), 49-68.
- 이태화 (2001). 정신지체아동의 작업기억 발달 특성. 박사학위논문, 대구대학교 대학원.
- 이한규 (2011). 읽기 관련 작업기억 분석. **인지과학**, 22(2), 193-215.
- 이한규 (2016). 주의력결핍과잉행동장애 아동의 지능과 작업기억의 관계에 관한 연구. **특수교육저널: 이론과 실천**, 17(2), 167-187.
- 임경열, 최애지 (2017). 복합 작업기억 간편검사 제작을 위한 예비연구: 단순 작업기억과의 상관. **언어치료연구**, 26(1), 47-55.
- 임인재, 김신영, 박현정 (2003). **심리측정의 원리**. 서울: 교육출판사.
- 임재현, 황민아, 고선희 (2016). 학령기 경계선급 지능 아동과 일반 아동 간 음운 수수께끼 풀이와 음운인식능력 비교. **언어치료연구**, 25(4), 133-143.
- 임종아, 황민아 (2006). 경계선지능 언어발달장애아동과 일반아동의 문법성 판단 및 오류수정: 조사를 중심으로. **음성과학**, 13(2), 59-72.
- 정희정, 이재연 (2005). 경계선 지적 기능 아동의 인지적, 행동적 특성. **아시아아동복지연구**, 3(3), 109-125.
- 정희정, 이재연 (2008). 경계선 지적 기능 아동의 특성. **특수교육학연구**, 42(4),

43-66.

- 지은림, 채선희 (2000). **Rasch 모형의 이론과 실제**. 서울: 교육과학사.
- 진현정 (2016). 경계선 지적 기능 성인의 자립과정에 관한 연구. 석사학위논문, 가톨릭대학교 대학원.
- 황민아 (2016). 초등학교 2, 4학년 읽기부진 아동의 언어성 작업기억: 비단어 따라말하기, 문장 따라말하기 및 읽기폭 검사를 중심으로. **학습장애연구**, 13(3), 19-47.
- Abu-Rabia, S. (2003). The influence of working memory on reading and creative writing processes in a second language. *Educational Psychology*, 23(2), 209-222.
- Ackerman, P. L., Beier, M. E., & Boyle, M. O. (2005). Working memory and intelligence: The same or different constructs?. *Psychological Bulletin*, 131(1), 30.
- Allen, M. J., & Yen, W. M. (1979). *Introduction to measurement theory*. Monterey, CA: Brooks.
- Allen, R. J., Hitch, G. J., & Baddeley, A. D. (2009). Cross-modal binding and working memory. *Visual Cognition*, 17, 83 - 102.
- Allen, R., Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (2006). Is the binding of visual features in working memory resource-demanding? *Journal of Experimental Psychology: General*, 135, 298 - 313.
- Alloway T. P., & Alloway R. G. (2010) Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology*, 106, 20 - 29.
- Alloway, T. P. (2007). *Automated working memory assessment (AWMA)*. London: Psychological Corporation.
- Alloway, T. P. (2010). Working memory and executive function profiles of individuals with borderline intellectual functioning. *Journal of Intellectual*

- Disability Research*, 54, 448-456. doi:10.1111/j.1365-2788.2010.01281.x
- Alloway, T. P. (2012). Can interactive working memory training improve learning? *Journal of Interactive Learning Research*, 23, 1-11.
- Alloway, T. P., Bibile, V., & Lau, G. (2013). Computerized working memory training: Can it lead to gains in cognitive skills in students?. *Computers in Human Behavior*, 29(3), 632-638.
- Alloway, T. P. (2013). *Automated working memory assessment*(2nd Eds) (AWMA-2). London: Pearson.
- Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2008). *Jungle memory training program*. Edinburgh, United Kingdom: Memosyne.
- Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2017). **학습 어려움의 이해와 극복, 작업기억에 달렸다**(이찬승, 이나경 역). 서울: 한국뇌기반연구소 (월출판년도 2015). *Understanding working memory*.
- Alloway, T. P., & Alloway, R. G., & Wootan, S. (2014). Home sweet home: Does where you live matter to working memory and other cognitive skills? *Journal of Experimental Child Psychology*, 124, 124-131.
- Alloway, T. P., & Gathercole, S. E. (2005). The role of sentence recall in reading and language skills of children with learning difficulties. *Learning and Individual Differences*, 15, 271-282.
- Alloway, T. P., Bibile, V., & Lau, G. (2013). Computerized working memory training: Can it lead to gains in cognitive skills in students? *Computers & Human Behavior*, 29, 632-638.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H., & Elliott, J. (2008). Evaluating the validity of the automated working memory assessment. *Educational Psychology*, 28, 725 - 734.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H., & Elliott, J. (2009). The cognitive and behavioral characteristics of children with low working memory. *Child*

Development, 80(2), 606–621.

- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Willis, C., & Adams, A. M. (2004). A structural analysis of working memory and related cognitive skills in early childhood. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87, 85–106.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Willis, C., & Adams, A. M. (2005). Working memory and special educational needs. *Educational and Child Psychology*, 22, 56–67.
- American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic & statistical manual of mental disorders*(5th ed.). Arlington, VA: Author.
- Anastasi, A., & Urbina, S. (1997). *Psychological testing*. New Jersey: Prentice Hall/Pearson Education.
- Anderson, J. R. (1990). *Cognitive psychology and its implications*. New York: Freeman.
- Arbuckle, J. L. (2014). *Amos (version 23.0)*[computer program]. Chicago: IBM SPSS.
- Archibald, L. M., & Gathercole, S. E. (2006). Short-term and working memory in specific language impairment. In T. P. Alloway & S. E. Gathercole (Eds.), *Working memory in neurodevelopmental conditions*(pp. 139–160). Hove, England: Psychology Press.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. *Psychology of Learning and Motivation*, 2, 89–195.
- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556–559.
- Baddeley, A. D. (1966a) Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic and formal similarity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18, 362 - 365.
- Baddeley, A. D. (1966b). The influence of acoustic and semantic similarity on

- long-term memory for word sequences. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *18*, 302 - 309.
- Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *49A*(1), 5 - 28.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, *4*, 417-423.
- Baddeley, A. D. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *The Annual Review of Psychology*, *63*, 1-29.
- Baddeley, A. D. (2015). Short-term memory, working memory. In Sabon & G. Sans(2nd ed.), *Memory*(pp. 110-265). London: Psychology Press.
- Baddeley, A. D., & Andrade, J. (2000). Working memory and the vividness of imagery. *Journal of Experimental Psychology: General*, *129*, 126-145.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. A. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation*(pp. 47-89). New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1977). Recency re-examined. In S. Dornic(Ed.). *Attention and performance*(pp. 647-667). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Baddeley, A. D., Allen, R. J., & Hitch, G. J. (2011). Binding in visual working memory: The role of the episodic buffer. *Neuropsychologia*, *49*(6), 1393-1400.
- Baddeley, A. D., Bressi, S., Della Sala, S., Logie, R., & Spinnler, H. (1991). The decline of working memory in Alzheimer's Disease: A longitudinal study. *Brain*, *114*, 2521 - 2542.
- Baddeley, A. D., Gathercole, S., & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, *105*(1), 158.
- Baddeley, A. D., Hitch, G. J., & Allen, R. J. (2009). Working memory and binding

- in sentence recall. *Journal of Memory and Language*, *61*, 438 - 456.
- Baddeley, A. D., Papagno, C., & Vallar, G. (1988). When long-term learning depends on short-term storage. *Journal of Memory and Language*, *27*, 586 - 595.
- Baddeley, A. D., Thomson, N., & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *14*, 575 - 589.
- Baker, D. R. (1991). A summary of research in science education-1989. *Science Education*, *75*(3), 1-35.
- Bellugi, U., Marks, S., Bihrl, A., & Sabo, H. (1988). Dissociation between language and cognitive functions in Williams syndrome. In D. V. M. Bishop & K. Mogford (Eds.), *Language development in exceptional circumstances* (pp. 177-189). Edinburgh, Scotland: Churchill Livingstone.
- Bonifacci, P. (2008). Speed of processing and reading disability: A cross investigation of dyslexia and borderline intellectual functioning. *Cognition*, *107*(3), 999-1017.
- Brener, R. (1940). An experimental investigation of memory span. *Journal of Experimental Psychology*, *26*, 467 - 483.
- Broadway, J. M., & Engle, R. W. (2010). Validating running memory span: Measurement of working memory capacity and links with fluid intelligence. *Behavior Research Methods*, *42*(2), 563-570.
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, *19*(3), 273-293.
- Cain, K. E., Bryant, P. E., & Oakhill, J. (2004). Children's reading comprehension ability: Concurrent prediction by working memory, verbal ability, and component skills. *Journal of Educational Psychology*, *96*(1), 31-42. DOI:

10.1037/0022-0663.96.1.31

- Cain, K., & Towse, A. S. (2008). To get hold of the wrong end of the stick: Reasons for poor idiom understanding in children with reading comprehension difficulties. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 51*(6), 1538-1549.
- Carlesimo G. A., Perri R., Turriziani P., Tomaiuolo F., & Caltagirone, C. (2001). Remembering what but not where: Independence of spatial and visual working memory in the human brain. *Cortex, 37*, 519 - 534.
- Case, R., Kurland, D. M., & Goldberg, J. (1982). Operational efficiency and the growth of short-term memory span. *Journal of Experimental Child Psychology, 33*, 386-404.
- Chalmers, R., P. (2012). Mirt: A multidimensional item response theory package for the R environment. *Journal of Statistical Software, 48*(6), 1-29. doi: 10.18637/jss.v048.i06
- Chalmers, K. A., & Freeman, E. E. (2017). Working memory power test for children. *Journal of Psychoeducational Assessment, 37*(1), 105-111. <https://doi.org/10.1177/0734282917731458>
- Chauhan, S. (2011). Slow learners: Their psychology and educational programmes. *International Journal of Multidisciplinary Research, 1*(8), 279-289.
- Colle, H. A. (1980). Auditory encoding in visual short-term recall: Effects of noise intensity and spatial location. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 19*, 722 - 735.
- Colom, R., Rebollo, I., Abad, F. J., & Shih, P. C. (2006). Complex span tasks, simple span tasks, and cognitive abilities: A reanalysis of key studies. *Memory & Cognition, 34*(1), 158-171.
- Conrad, R. (1964). Acoustic confusion in immediate memory. *British Journal of Psychology, 55*, 75 - 84.

- Conrad, R., & Hull, A. J. (1964). Information, acoustic confusion and memory span. *British Journal of Psychology*, *55*, 429 - 432.
- Conway, A. R., Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in Cognitive Sciences*, *7*, 547-552.
- Conway, A. R., Kane, M. J., Bunting, M. F., Hambrick, D. Z., Wilhelm, O., & Engle, R. W. (2005). Working memory span tasks: A methodological review and user's guide. *Psychonomic Bulletin & Review*, *12*(5), 769-786.
- Cooter, K. S., & Cooter, R. B. (2004). One size doesn't fit all: Slow learners in the reading classroom. *Reading Teacher*, *57*, 680-688.
- Corsi, P. M. (1972). Human memory and the medial temporal region of the brain. Doctoral dissertation, McGill University, Montreal, QC.
- Cowan, N. (1995). *Attention and memory: An integrated framework* (p. 100). Oxford Psychology Series, No. 26. London: Oxford University Press.
- Cowan, N. (2005). *Working memory capacity*. Hove, UK: Psychology Press.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *19*, 450-466.
- Dasen, P., Inhelder, B., Lavalley, M., & Retschitzxi, J. (1978). *Naissance de L intelligence chez L enfant baoule de cote d Ivoire*. Berne: Hans Huder.
- Deary, I. J. (2000). *Looking down on human intelligence: From psychometrics to the brain*. London: Oxford University Press.
- Dekker, M. C., & Koot, H. M. (2003). DSM-IV Disorders in children with borderline to moderate intellectual disability: Prevalence and impact. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *42*(8), 915 - 922. <http://dx.doi.org/10.1097/01.CHI.0000046892.27264.1A>
- DeMars, C. (2010). *Item response theory*. London: Oxford University Press.

- Desjardins, C. D., & Bulut, O. (2017). *Handbook of Educational Measurement and Psychometrics Using R*. New York: CRC Press.
- Dunning, D. L., Holmes, J., & Gathercole, S. E. (2013). Does working memory training lead to generalized improvements in children with low working memory? A randomized controlled trial. *Developmental Science, 16*, 915-925.
- EBS 뉴스 심층취재: 경계선 지능. <http://www.youtube.com>에서 2014년 6월 14일 인출.
- Elliott, J. L., & Thurlow, M. L. (2006). *Improving test performance of students with disabilities: On district and state assessment*(2nd ed.). Thousand Oaks: Merrill.
- Ellis, N. R., & Wooldridge, P. W. (1985). Short-term memory for pictures and words by mentally retarded and nonretarded persons. *American Journal of Mental Deficiency, 89*, 393-402.
- Engel, P. M. J., Heloisa Dos Santos, F., & Gathercole, S. E. (2008). Are working memory measures free of socio-economic influence? *Journal of Speech, Language and Hearing Research, 51*, 1580 - 1587.
- Engle, R. W., Carullo, J. J., & Collins, K. W. (1991). Individual differences in working memory for comprehension and following directions. *Journal of Educational Research, 84*, 253 - 262.
- Engle, R. W., Kane, M. J., & Tuholski, S. W. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence and functions of the prefrontal cortex. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*(pp. 102-134). New York: Cambridge University Press.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A

- latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, *128*(3), 309–331.
- Englund, J. A., Decker, S. L., Woodlief, D. T., & DiStefano, C. (2014). Development and evaluation of online, multicomponent working memory battery. *Assessment*, *21*(5), 543–561. doi: 10.1177/1073191114524016
- Eva, B. (2003). School adjustment of borderline intelligence pupils. *Strategies*, *8*, 44–59.
- Farah, M. J., Hammond, K. M., Levine, D. N., & Calvanio, R. (1988). Visual and spatial mental imagery: Dissociable systems of representation. *Cognitive Psychology*, *20*(4), 439 - 462.
- First, M. B., France, A., & Pincus, H. A. (2004). DSM-IV-TR guidebook. American Psychiatric Publishing, Inc.
- Foster, J. L., Shipstead, Z., Harrison, T. L., Hicks, K. L., Redick, T. S., & Engle, R. W. (2015). Shortened complex span tasks can reliably measure working memory capacity. *Memory and Cognition*, *43*(2), 226–236.
- Gabriele, M., Mara, M., & Pietro, P. (1998). Adolescent with borderline intellectual functioning psychopathological risk. *Adolescence*, *33*, 409–425.
- Gathercole, S. E., & Adams, A. (1993). Phonological working memory in very young children. *Developmental Psychology*, *29*, 770–778.
- Gathercole, S. E., & Adams, A. M. (1994). Children ' s phonological working memory: Contributions of long-term knowledge and rehearsal. *Journal of Memory and Language*, *33*(5), 672–688.
- Gathercole, S. E., & Alloway, T. P. (2008). *Working memory and learning: A teacher's guide*. London: Sage Publications.
- Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1990). The role of phonological memory in vocabulary acquisition: A study of young children learning new names. *British Journal of Psychology*, *81*, 439–454.

- Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2000). Assessment of working memory in six- and seven-year old children. *Journal of Educational Psychology, 92*, 377-390.
- Gathercole, S. E., Alloway, T. P., Willis, C., & Adams, A. M. (2006). Working memory in children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology, 93*(3), 265-281.
- Gathercole, S. E., Brown, L., & Pickering, S. J. (2003). Working memory assessments at school entry as longitudinal predictors of National Curriculum attainment levels. *Educational Psychology, 70*, 177-194.
- Gathercole, S. E., Lamont, E., & Alloway, T. P. (2006). Working memory in the classroom. In Pickering S (Ed.), *Working Memory and Education* (pp. 219 - 240). Cambridge: Academic Press.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology, 40*(2), 177.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., & Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: Evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition, 18*(1), 1-16.
- Gathercole, S. E., Tiffany, C., Briscoe, J., & Thorn, A. (2005). Developmental consequences of poor phonological short term memory function in childhood: A longitudinal study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 46*, 598-611. doi:10.1111/j.1469-7610.2004.00379.x
- Gaulin, C. A., & Campbell, T. F. (1994). Procedure for assessing verbal working memory in normal school-age children: Some preliminary data. *Perceptual and Motor Skills, 79*, 55-64.

- Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., & DeSoto, M. C. (2004). Strategy choices in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology, 88*, 121 - 151.
- Gersten, R., Jordan, N. C., & Flojo, J. R. (2005). Early identification and interventions for students with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 38*(4), 293-304.
- Gottardo, A., Stanovich, K. E., & Siegel, L. S. (1996). The relationships between phonological sensitivity, syntactic processing, and verbal working memory in the reading performance of third-grade children. *Journal of Experimental Child Psychology, 63*(3), 563-82.
- Grossman, G. S. (1973). Clinical legal education: History and diagnosis. *Journal of Legal Education, 26*, 162.
- Hamilton, C., Coates, R., & Heffernan, T. (2003). What develops in visuo-spatial working memory development?. *European Journal of Cognitive Psychology, 15*(1), 43-69.
- Hatzinger, R., & Rusch, T. (2009). IRT models with relaxed assumptions in eRm: A manual-like instruction. *Psychology Science Quarterly, 51*, 87 - 120.
- Heber, R. (1961). Modifications in the manual on terminology and classification in mental retardation. *American Journal of Mental Deficiency, 65*, 499-500.
- Henry, L. A. (2001). How does the severity of a learning disability affect working memory performance? *Memory, 9*(4), 233 - 247. <http://dx.doi.org/10.1080/09658210042000085>
- Hicks, K. L., Foster, J. L., & Engle, R. W. (2016). Measuring working memory capacity on the web with the online working memory lab (the OWL). *Journal of Applied Research in Memory and Cognition, 5*(4), 478-489. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jarmac.2016.07.010>

- Holding, D. H. (1989). Counting backward during chess move choice. *Bulletin of Psychonomic Society*, 27, 421 - 424.
- Holmes, J., Gathercole, S. E., & Dunning, D. L. (2009). Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Developmental Science*, 12, 9-15.
- Hong, S., Kim, B. S., & Wolfe, M. M.(2005). A psychometric revision of the european american values scale for asian americans using the Rasch model. *Measurement and Evaluation in Counseling and Develoment*, 37(4), 194-207.
- Hoskyn, M., & Swanson, H. L. (2003). The relationship between working memory and writing in younger and older adults. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 16(8), 759-784. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1027320226283>
- Jensen, A. R. (1998). *The g factor: The science of mental ability*. Westport, CT: Praeger.
- Jensen, A. R., & Figueroa, R. A. (1975). Forward and backward digit span interaction with race and IQ: Predictions from Jensen's theory. *Journal of Educational Psychology*, 67(6), 882.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99, 122 - 149.
- Kane, M. J., Hambrick, D. Z., Tuholski, S. W., Wilhelm, O., Payne, T. W., & Engle, R. W. (2004). The generality of working memory capacity: A latent-variable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning(pp. 195-196). *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(2), 189-217.
- Kaplan, E., Fein, D., Morris, R, & Delis, D. C. (1991). *WAIS-R as a*

- neuropsychological instrument*. New York: The Psychological Corporation.
- Karande, S., Kanchan, S., & Kulkarni, M. (2005). Clinical and psychoeducational profile of children with borderline intellectual functioning. *Indian Journal of Pediatrics, 75*, 795–800.
- Karlsen, P. J., Allen, R. J., Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (2010). Binding across space and time in visual working memory. *Memory and Cognition, 38*, 292 - 303.
- Kavale, K. A., & Forness, S. R. (1996). Social deficits and learning disabilities: a meta-analysis. *Journal of Learning Disabilities, 29*(3), 226–337.
- Kaznowski, K. (2004). Slow learners: Are educators leaving them behind? *National Association of Secondary School Principals Bulletin, 88*, 31–45.
- Kline, P. (2000). *Handbook of psychological testing* (2nd ed.). New York: Routledge.
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., & Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD: A randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 44*, 177–186.
- Levine, M. (2003). Celebrating diverse minds. *Educational Leadership, 61*, 14–18.
- Linacre, J. M. (2014). *Winsteps (Version 3.81. 0)*. Beaverton, Oregon: Winsteps.com.
- Logie, R. H., Zucco, G., & Baddeley, A. D. (1990). Interference with visual short-term memory. *Acta Psychologica, 75*, 55–74.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature, 390*, 279 - 281.
- Luzzatti, C., Vecchi, T., Agazzi, D., Cesa-Bianchi, M., & Vergani, C. (1998). A neurological dissociation between preserved visual and impaired spatial processing in mental imagery. *Cortex, 34*, 461 - 469.

- Ma, L., Chang, L., Chen, X., & Zhou, R. (2017). Working memory test battery for young adults: Computerized working memory assessment. *PLoS ONE*, *12*(3), e0175047. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175047>
- MacMillan, D. L., Gresham, F. M., Bocian, K. M., & Lambros, K. M. (1998). Current plight of borderline students: Where do they belong? *Education and Training in Mental Retardation and Developmental Disabilities*, *33*(2), 83–94.
- Mair, P., and Hatzinger, R. (2007). Extended rasch modeling: The eRm package for the application of IRT models in R. *Journal of Statistical Software*, *20*(9), 1–20.
- Meer, D. J., & Meere, J. (2004). Response inhibition in children with conduct disorder and borderline intellectual functioning. *Child Neuropsychology*, *10*(3), 189–194.
- Melby-Lervag, M., Redick, T. S., & Hulme, C. (2016). Working memory training does not improve performance on measures of intelligence or other measures of "far Transfer": Evidence from a meta-analytic review. *Perspectives on Psychological Science*, *11*(4), 512–534.
- Messick, S. (1995). Standards of validity and the validity of standards inperformance assessment. *Education onal Researcher*, *23*(2), 13–23.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, *63*(2), 81.
- Milner, B. (1971). Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. *Br. Med. Bull*, *27*, 272 - 277.
- Montgomery, J. (2000). Relation of working memory to off-line sentence comprehension in children with specific language impairment. *Applied Psycholinguistics*, *21*, 117–148.

- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behaviour. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz, & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation: Advances in research and theory* (Vol. 4, pp. 1 - 18). New York: Plenum Press.
- Oberauer, K., Sub, H.-M., Schulze, R., Wilhelm, O., & Wittmann, W. W. (2000). Working memory capacity—facts of a cognitive ability construct. *Personality and Individual Differences, 29*, 1017-1045.
- Oswald, F. O., McAbee, S. T., Redick, T. S., & Hambrick, D. Z. (2015). The development of a short domain-general measure of working memory capacity. *Behavior Research Methods, 47*(4), 1343-1355.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Papagno, C., & Vallar, G. (1995). Verbal short-term memory and vocabulary learning in polyglots. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 38A*, 98-107.
- Papagno, C., Valentine, T., & Baddeley, A. D. (1991). Phonological short-term memory and foreign language vocabulary learning. *Journal of Memory and Language, 30*, 331 - 347.
- Pascaul-Leone, J. (1970). A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages. *Acta Psychologica, 32*, 301-346.
- Passolunghi, M.C. (2006). Working memory and mathematical disability. In T. P. Alloway & S. E. Gathercole (Eds.), *Working memory in neurodevelopmental conditions*(pp. 113-138). Hove, England: Psychology Press.
- Peltopuro, M., Ahonen, T., Kaartinem, J., Seppälä, H., & Närhi, V. (2014). Borderline intellectual functioning: A systematic literature review. *Intellectual and Developmental Disabilities, 52*(6), 419-443.

- Peng, P., & Fuchs, D. (2016). A meta-analysis of working memory deficits in children with learning difficulties: Is there a difference between verbal domain and numerical domain? *Journal of Learning Disabilities, 49*, 3 - 20.
- Petrides, M., & Milner, B. (1982). Deficits on subject-ordered tasks after frontal-and temporal-lobe lesions in man. *Neuropsychologia, 20*, 249-262.
- Phillips, W. A. (1974). On the distinction between sensory storage and short-term visual memory. *Perception and Psychophysics, 16*, 283 - 290.
- Pickering, S. J. (2006). *Working memory and education*. London: Academic Press.
- Pickering, S. J., & Gathercole, S. (2001). *Working Memory Test Battery for Children (WMTB-C)*: Manual. London: Pearson.
- Pickering, S. J., Gathercole, S. E., Hall, M., & Lloyd, S. A. (2001). Development of memory for pattern and path: Further evidence for the fractionation of visuo-spatial memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A, 54*(2), 397-420.
- Pollack, I., Johnson, L. B., & Knaff, P. R. (1959). Running memory span. *Journal of Experimental Psychology, 57*(3), 137.
- Postman, L., & Phillips, L. W. (1965). Short-term temporal changes in free recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 17*, 132-138.
- R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org/>.
- Rasch, G. (1960). *Probabilistic models for some intelligence and attainment tests*. Copenhagen, Denmark: Institute of Educational Research.
- Reddy, G. L., & Kusuma, R. A. (2006). *Slow Learners their Psychology and Instruction*. Discovery Publishing House. New Delhi.; 박현숙 옮김 (2013). 「경계선 지적 기능 아동·청소년을 위한 느린 학습자의 심리와 교육」. 학지사.
- Rosen, V. M., & Engle, R. W. (1997). Forward and backward serial recall. *Intelligence, 25*(1), 37-47.

- Russell, J., Jarrold, C., & Henry, L. (1996). Working memory in children with autism and with moderate learning difficulties. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 37*(6), 673-686.
- Salame, P., & Baddeley, A. D. (1982). Disruption of short-term memory by unattended speech: Implications for the structure of working memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 21*, 150 - 164.
- Salame P., & Baddeley A. D. (1986). Phonological factors in STM: Similarity and the unattended speech effect. *Bull. Psychonom. Soc. 24*, 263 - 265.
- Schrank, F. A., & Wendling, B. J. (2018). *The Woodcock - Johnson IV. Contemporary Intellectual Assessment: Theories, Tests, and Issues*, 383.
- Schuchardt, K., Gebhardt, M., & Mäehler, C. (2010). Working memory functions in children with different degrees of intellectual disability. *Journal of Intellectual Disability Research, 54*(4), 346-353.
- Schuchardt, K., Schuchardt, K., Maehler, C., & Hasselhorn, M. (2011). Functional deficits in phonological working memory in children with intellectual disabilities. *Research in Developmental Disabilities, 32*(5), 1934-1940.
- Seamon J. G., & Kenrick, D. T. (1994). *Psychology. Englewood Cliffs* (p. 220). NJ: Prentice Hall.
- Service, E. (1992). Phonology, working memory, and foreign-language learning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 45A*, 21-50.
- Shah, P., & Miyake, A. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: General, 125*, 4-27.
- Shaw, S. R. (2008). An educational programming framework for a subset of students with diverse learning needs: Borderline intellectual functioning. *Intervention in School and Clinic, 43*(5), 291-299.
- Shaw, S. R. (2010). Rescuing students from the slow learner trap. *Principal*

Leadership, 10(6), 12-16.

- Siegel, L. S., & Ryan, E. B. (1989). The development of working memory in normally achieving and subtypes of learning disabled children. *Child Development*, 60, 973-980.
- Silbergliitt, B., Burns, M. K., Madyun, N. H., & Lail, K. E. (2006). Relationship of reading fluency assessment data with state accountability test scores: A longitudinal comparison of grade levels. *Psychology in the Schools*, 43, 527-535.
- Singh, V. P. (2004). *Education of the slow learner*. New Delhi: Sarup.
- Spitz, H. H. (1973). The channel capacity of educable mental retardates. In D. K. Routh (Ed), *The Experimental Psychology of Mental Retardation* (pp. 133-156). Chicago. Aldine.
- Stauffer, J. M., Ree, M. J., & Carretta, T. R. (1996). Cognitive components tests are not much more than g: An extension of Kyllonen's analyses. *Journal of General Psychology*, 123, 193 - 205.
- Stone, J. M., & Towse, J. N. (2015). A working memory test battery: Java-based collection of seven working memory tasks. *Journal of Open Research Software*, 3(1), e5. DOI: <http://doi.org/10.5334/jors.br>
- Stothard, S. E., & Hulme, C. (1992). Reading comprehension difficulties in children. *Reading and Writing*, 4(3), 245-256.
- Swanson, H. L. (1995). *Swanson Cognitive Processing Test(S-CPT): A dynamic assessment measure*. Austin, TX: PRO-ED.
- Swanson, H. L. (1995). Using the cognitive processing test to assess ability: Development of a dynamic assessment measure. *School Psychology Review*, 24(4), 672-693.
- Swanson, H. L. (2006). Working memory and reading disabilities: Both phonological and executive processing deficits are important. In T. P.

- Alloway & S. E. Gathercole (Eds.), *Working memory and neuro-developmental disorders*(pp. 59–88). Hove, England: Psychology Press.
- Swanson, H. L., & Jerman, O. (2006). Math disabilities: A selective meta-analysis of the literature. *Review of Educational Research, 76*(2), 249–274.
- Swanson, H. L., & Sachse-Lee, C. (2001). Mathematical problem solving and working memory in children with learning disabilities: Both executive and phonological processes are important. *Journal of Experimental Child Psychology, 79*, 294–321.
- Swanson, H. L., Zheng, X., & Jerman, O. (2009). Working memory, short-term memory, and reading disabilities: A selective meta-analysis of the literature. *Journal of Learning Disabilities, 42*(3), 260–287.
- Terman, L. M. (1916). *The measurement of intelligence: An explanation of and a complete guide for the use of the Stanford revision and extension of the Binet-Simon intelligence scale*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- The jamovi project (2019). Jamovi. (Version 1.0) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- Turner, M. L., & Engle, R. W. (1989). Is working memory capacity task dependent? *Journal of Memory and Language, 28*, 127–154.
- Unsworth, N., Fukuda, K., Awh, E., & Vogel, E. K. (2014). Working memory and fluid untelligence: Capacity, attention control, and secondary memory. *Cognitive Psychology, 71*, 1–26.
- Unsworth, N., Heitz, R. P., Schrock, J. C., & Engle, R. W. (2005). An automated version of the operation span task. *Behavior Research Methods, 37*, 498–505.
- Uzgiris, I. C. (1976). Organization of sensorimotor intelligence. In M. Lewis(Ed.), *Origins of intelligence*(pp. 123–163). New York: Plenum.
- Van der Molen, M. J., Van Luit, J. E., Jongmans, M. J., & Van der Molen, M.

- W. (2007). Verbal working memory in children with mild intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, *51*(2), 162–169.
- Verguts, T., & DeBoeck, P. (2001). On the correlation between working memory capacity and performance on intelligence tests. *Learning and Individual Differences*, *13*, 259–272.
- Von Bastian, C. C., & Oberauer, K. (2014). Effects and mechanisms of working memory training: A review. *Psychological Research*, *78*(6), 803–820.
- Walker, D., Greenwood, C., Hart, B., & Carta, J. (1994). Prediction of school outcomes based on early language production and socioeconomic factors. *Child Development*, *65*(2), 606–621.
- Walker, D., Greenwood, C., Hart, B., & Carta, J. (1994). Prediction of school outcomes based on early language production and socioeconomic factors. *Child Development*, *65*, 606 - 621.
- Wechsler, D. (2008). *Wechsler adult intelligence scale - Fourth Edition (WAIS - IV)*. San Antonio, TX: NCS Pearson, 22, 498.
- Wieland, J., & Zitman, F. G. (2016). It is time to bring borderline intellectual functioning back into the main fold of classification systems. *BJPsych Bulletin*, *40*(4), 204–206.
- Wilson, B. A., Baddeley, A. D., & Young, A. W. (1999). LE, a person who lost her “mind’s eye”. *Neurocase*, *5*, 119 - 127.
- Wilson, J. L., Scott, J. H., & Power, K. G. (1987). Developmental differences in the span of visual memory for pattern. *British Journal of Developmental Psychology*, *5*(3), 249–255.
- Yuan, K., Steedle, J., Shavelson, R., Alonzo, A., & Oppezzo, M. (2006). Working memory, fluid intelligence, and science learning. *Educational Research Review*, *1*(2), 83–98.

A B S T R A C T

Validation of the Working Memory Test and Analysis of Working Memory Characteristics of Children with Borderline Intellectual Functioning

by

Lee Sae Byoul

Major in Educational Psychology, Counseling,
Special Education Graduate School of Education
Seoul National University of Education

Supervised by professor : Kang Ock Ryeo, Ph.D

The borderline intellectual functioning (BIF) indicates those whose Intelligence Quotient (IQ) is from IQ 70 to IQ 85 (from -1 to -2SD). Most children with BIF go to school without sufficient awareness of their language and academic struggles, and they have difficulties in school. The BIF's prevalence is estimated to be approximately 13.59% of all students, generally 2-3 students per class. As their learning, emotional, behavioral and social characteristics are related to the interaction of a vicious cycle caused by cognitive difficulties, the

intervention and the training to improve their cognitive skills will contribute not only to improve academic skills but also to reduce issues with the school adaptation.

The cognitive ability is often represented by the IQ, which has been considered the most important factor in predicting the execution of learning techniques such as reading and arithmetic (Stohard & Hulme, 1992). The recent studies comparing IQ and working memory (WM), however, have shown that WM is a more relevant predictor of academic performance (Alloway & Alloway, 2010). WM is a mental workspace that temporarily holds and manipulates information. Individual differences in WM abilities can lead to differences in task performance in most of the classrooms where students are asked to memorize multiple information and pay attention to teacher instruction at the same time. Therefore, the students need to be identified early enough so the appropriate educational support can be provided before the WM deficiencies affect their learning and academic achievement. It requires the examination tools that can specifically conceptualize WM and measure them reasonably.

There is no standardized WM test in Korea, so the name of tasks and measurement elements used in the studies are not same (Kim & Go, 2015). In addition, the studies that validated the working memory test showed that adults are the subjects of study (Lim & Choi, 2017), or touch monitors were needed (Sin et al., 2016). And even computer-based tests, it were conducted individually with a large

amount of time and cost(Kim et al., 2002; Do & Lee, 2006; Baek et al., 2007), or when it was conducted as a group, the response was written on the answer sheet, so the item presentation time was not controlled(Lee, 2011).

Given the background, WM test is required for elementary school students that it is a computer-based personal test, but it can be conducted in a group. So the current study modified and supplemented the evaluation tasks used in the previous WM research to develop the WM test based on the multiple component model by Baddeley(2000) and verified the validity of the testing for elementary school students. Then, WM characteristics of children with BIF and typically developing children were compared and analyzed using the WM test that was validated. Specific research processes are as follows:

First, the WM evaluation tasks used in the previous studies (Alloway, 2013; Baek, 2007; Kwak, 2011; Jin, 2018; Song, 1999; Stone & Towse, 2015) were modified and supplemented. Accordingly, a flow chart of the WM test consisting of three sub-components and eight sub-tests was developed. The test contents were verified by experts in related fields (i.e., three professors of educational psychology and special education and two doctoral students in Korean language education). The test flow chart was validated by a computer science expert to produce a UI and UX-based testing program that (a) can be used in various computer platforms, (b) can be applicable to elementary school students who are familiar with the smartphone web

and app environment, and (c) can minimize the limitations in the experimental environment. The program development tool used is Electron 2.0.4. The programming language used is Node.js 10.15.0 along with the framework, which is Vue.js 2.5.16.

To validate the WM test for elementary school students, the WM test was conducted for 252 elementary school students. The collected data were structured into the phonological loop (i.e., digit recall, backward digit recall, and letter recall), the visuo-spatial sketchpad (i.e., matrix, backward matrix, arrow recall), and the central executive (i.e., reading span, symmetry span) through the confirmatory factor analysis. Depending on the researchers, the central executive is measured by backward recall task (Ackerman, Beier & Boyle, 2005; Alloway, 2013; Gathercole et al., 2004; Jung & Kim, 2017; Park & An, 2012) or complex span task (Colom et al., 2005; Kim, 2008; Lim & Choi, 2017; Rosen & Engle, 1997). According to the results of this study (factor analysis), complex span task is more appropriate than backward recall task. In other words, backward digit recall is more suitable as a measure for the phonological loop, and backward matrix is more suitable as a measure for the visuo-spatial sketchpad. These three sub-component structured WM test was validated with item fit index, person fit index, person-item map, differential item function (DIF), person separation reliability and separation index.

The WM results collected from students with and without BIF were measured, compared and analyzed using the validated WM test. First,

the children with BIF showed lower WM performance than typically developing children, and the WM span was about 2 less in all three sub-components. It indicates that, in class activities for them, the amount of information provided at one time for children with BIF should be less than that for typically developing children and the teacher's instruction should be limited to 1-2 at a time.

Second, while the WM development of children with BIF tended to increase gradually with age, the gap between children with BIF and typically developing children maintained. So, there is a need of additional educational efforts to screen and diagnose these children as early as possible and improve their WM through early intervention.

Third, at the level of WM subtests, the correlations between subtests were different in children with BIF and typically developing children. And subtests that best distinguish children with BIF were reading span, matrix, and letter recall. Therefore, these three subtests can be used when children with BIF needs to be screened roughly and quickly.

Fourth, as a result of the analysis of the correct answer rate of children with BIF and typically developing children in reading span and symmetry span interference tasks, the linguistic information processing of children with BIF showed lower performance than typically developing children. Their visuo-spatial information processing was not significantly different from that of typically developing children. Therefore, when providing information to children with BIF,

the visuo-spatial information should be provided along with the linguistic information.

In addition, the qualitative analysis of responses from children with BIF during the WM test showed the emotional characteristics of children with BIF (e.g., lack of memory strategy, need for repetition to master function, fear of failure, and low self-esteem) suggesting that the targeted educational intervention is critical.

There are some limitations and suggestion in the current study. First, there was a limitation in terms of the process of verifying reliability and validity using the Rasch measurement model. There was no standardized test related to the WM test, meaning that the concurrent validity and discriminant validity could not be verified and that the sampling was concentrated only in some regions. In future studies, it is important to address the limitation and verify the concurrent validity as well as the discriminant validity using the subtasks of the existing cognitive tests related to the WM test. Second, sampling is biased in some areas. As a follow-up study, it is critical to establish norms for the direct use of the WM test through sampling in diverse regions. Third, this study is only to validate and characterize WM. As a follow-up study, there is a need to establish an intervention program that can improve the WM of children with BIF, and to examine the effects of the intervention.

The study has the following significance. First, the computer-based WM test was developed and the validity of the test was verified using

the Rasch measurement model. The test was made on a computer basis to control the tester variables. It is an individual testing, but it can be used for the group testing as well. Second, in relation to the measurement of WM sub-components, this study also supported the findings of recent studies that backward recall tasks are more suitable for short-term memory, and complex span tasks are more suitable for CE. Third, the validity and reliability of the test were verified through more detailed and qualitative analysis based on each item constituting the test by applying item response theory. Fourth, as one of the cognitive characteristics of children with BIF placed in the blind spot of education, the current study may serve as the basic research in identifying the characteristics of WM ability and in planning instructional methods to support them.

keywords: WM test, children with borderline intellectual functioning(BIF), WM characteristics, phonological loop, visuo-spatial sketchpad, central executive

부 록

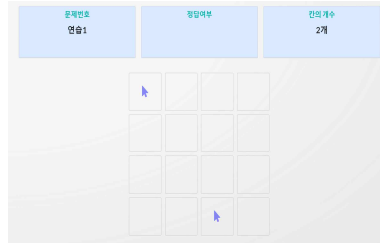
- <부록 1> 작업기억 검사의 화면 예시
- <부록 2> 소검사별 지시문과 검사 문항(정답)
- <부록 3> 문항별 문항특성곡선(ICC)
- <부록 4> 작업기억 하위요소별 검사정보함수(TIF)
- <부록 5> 분석에 사용된 R 코드
- <부록 6> IRB 심의 결과 통지서
- <부록 7> 연구 설명서 및 동의서

<부록 1> 작업기억 검사의 화면 예시

<h3>작업기억 검사</h3> <p>초등학생용</p> <p>→</p>	<p>학교명 지역 기타</p> <p>학년반 1 11</p> <p>번호 11</p> <p>생년월일 2007 7 11</p> <p>이름 이름</p> <p>성별 남 여</p> <p>→</p>																
<h3>작업기억 검사</h3> <p>검사1 검사2</p> <p>검사3 검사4</p> <p>검사5 검사6</p> <p>검사7 검사8</p> <p>준비가 되면 검사1 버튼을 누르세요.</p>																	
<h3>숫자 기억하기</h3> <p>잘 듣고, 1부터 9까지 수 중에서 제시된 순서대로 입력하세요. 숫자의 개수는 점차 늘어납니다. 세 번 연속 틀리면 검사가 종료됩니다. 검사를 진행하려면 다음 버튼을 클릭해주세요.</p> <p>→</p>	<p>문제번호 정답여부 숫자 개수 연습1 2개</p> <p>순서대로 수를 입력하고 Enter를 누르세요.</p> <p>_____</p>																
<h3>숫자 거꾸로 기억하기</h3> <p>잘 듣고, 1부터 9까지 수 중에서 제시된 마지막 숫자부터 반대순서로 입력하세요. 숫자의 개수는 점차 늘어납니다. 세 번 연속 틀리면 검사가 종료됩니다. 검사를 진행하려면 다음 버튼을 클릭해주세요.</p> <p>→</p>	<p>문제번호 정답여부 숫자 개수 연습1 2개</p> <p>역순(반대순서)로 수를 입력하고 Enter를 누르세요.</p> <p>_____</p>																
<h3>색이 변한 칸 기억하기</h3> <p>가로4칸, 세로4칸으로 된 정사각형 중에서 색이 변하는 칸을 순서대로 클릭하세요. 색이 변하는 칸의 개수는 점차 늘어납니다. 세 번 연속 틀리면 검사가 종료됩니다. 검사를 진행하려면 다음 버튼을 클릭해주세요.</p> <p>→</p>	<p>문제번호 정답여부 칸의 개수 4 3개</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="background-color: blue;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="background-color: blue;"></td> </tr> </tbody> </table>																

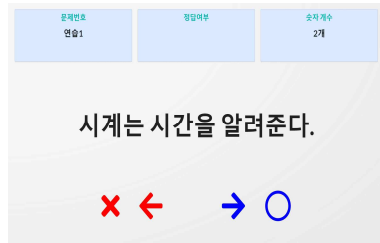
색이 변한 칸 거꾸로 기억하기

가로4칸, 세로4칸으로 된 장사각형 중에서 색이 변하는 칸을,
마지막 칸부터 역순번(대신)으로 클릭하세요.
색이 변하는 칸의 개수는 점차 늘어납니다.
세 번 연속 틀리면 경사가 종료됩니다.
검사를 진행하려면 다음 버튼을 클릭해주세요.



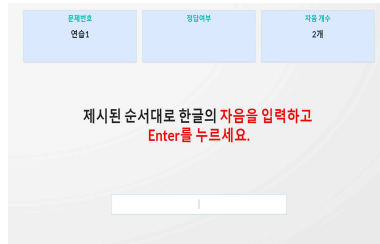
숫자 기억하기2

숫자 하나가 출된 후 제시된 문장을 읽고,
맞으면 ▶ 틀리면 ◀ 자판을 키보드에서 누르세요.
혹시 답을 모르겠다라도 추측을 해서 서 가능한 범위 알려주세요.
답을 하면 문장이 사라지고, 또 숫자 하나가 출됩니다. 이 숫자를 잘 기억해두었다가 답을 입력해야 합니다.
검사를 진행하려면 다음 버튼을 클릭해주세요.



한글 자음 기억하기

ㄱ부터 ㅇ까지의 한글 자음이 2개-4개 제시됩니다.
잘 기억해서 제시된 순서대로 입력하세요.
자음의 개수는 점차 늘어납니다.
검사를 진행하려면 다음 버튼을 클릭해주세요.



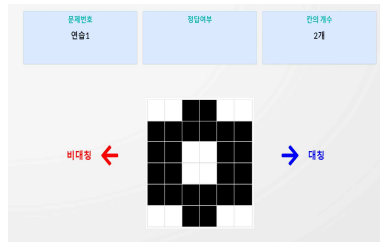
화살표 기억하기

제시되는 화살표는 8방향틀 가리킵니다.
화면에 보이는 화살표의 방향을 잘 기억했다가 순서대로 클릭합니다.
검사를 진행하려면 다음 버튼을 클릭해주세요.



색이 변한 칸 기억하기2

색이 변하는 칸이 1초간 보이고, 이후 나타난 그림이 **대칭인지 아닌지** 판단하는 과제입니다. 대칭이면
▶ 대칭이 아니면 ◀ 자판을 키보드에서 누르세요.
대칭이란, 가운데를 중심으로 좌우 그림이 같은 것을 말합니다.
(반으로 접었을때 똑같이 보게되는 그림)
색이 변하는 칸을 기억했다가 순서대로 클릭하세요.
검사를 진행하려면 다음 버튼을 클릭하세요.



<부록 2> 소검사별 지시문과 검사 문항(정답)

【검사1】 숫자 기억하기 (숫자폭)

지시문 "잘 듣고, 1부터 9까지 수 중에서 제시된 순서대로 입력하세요.",

"숫자의 개수는 점차 늘어납니다.",

"세 번 연속 틀리면 검사가 종료됩니다.",

"검사를 진행하려면 다음 버튼을 클릭해주세요."

문항	내용	문항	내용
연습1	[1, 8]	11	[4, 3, 2, 7, 6, 1]
연습2	[6, 1, 3]	12	[9, 3, 5, 6, 8, 2]
1	[2, 7, 5]	13	[2, 7, 5, 3, 8, 4, 6]
2	[5, 9, 1]	14	[4, 9, 1, 3, 7, 2, 6]
3	[2, 8, 5]	15	[8, 3, 1, 6, 2, 4, 5]
4	[5, 9, 4, 7]	16	[9, 5, 3, 4, 8, 6, 5, 2]
5	[7, 3, 1, 2]	17	[1, 5, 6, 2, 8, 9, 4, 3]
6	[8, 4, 1, 9]	18	[5, 7, 2, 3, 8, 1, 9, 4]
7	[7, 5, 2, 8, 9]	19	[4, 2, 7, 6, 9, 1, 3, 5, 8]
8	[6, 3, 8, 5, 4]	20	[3, 1, 5, 8, 6, 9, 7, 2, 4]
9	[2, 4, 9, 7, 3]	21	[7, 3, 8, 1, 9, 4, 5, 2, 6]
10	[1, 8, 6, 5, 2, 9]		

【검사2】 숫자 거꾸로 기억하기 (역순 숫자폭)

지시문 "잘 듣고, 1부터 9까지 수 중에서 제시된 마지막 숫자부터 반대순서로 입력하세요.",

"숫자의 개수는 점차 늘어납니다.",

"세 번 연속 틀리면 검사가 종료됩니다.",

"검사를 진행하려면 다음 버튼을 클릭해주세요."

문항	내용	문항	내용
연습1	[7, 1]	10	[7, 3, 4, 2, 6]
연습2	[5, 8]	11	[3, 4, 8, 9, 2]
연습3	[9, 1, 6]	12	[8, 1, 7, 2, 3]
1	[1, 4]	13	[2, 6, 4, 9, 8, 1]
2	[3, 7]	14	[7, 5, 2, 9, 1, 3]
3	[4, 9]	15	[6, 8, 5, 3, 4, 1]
4	[6, 5, 2]	16	[2, 9, 4, 6, 1, 7, 5]
5	[2, 7, 4]	17	[5, 7, 3, 1, 9, 6, 8]
6	[1, 8, 2]	18	[6, 8, 4, 9, 1, 2, 7]
7	[3, 8, 9, 1]	19	[9, 3, 4, 1, 7, 6, 8, 5]
8	[5, 7, 3, 9]	20	[8, 2, 9, 7, 3, 1, 4, 6]
9	[6, 1, 4, 7]	21	[9, 4, 2, 6, 5, 3, 1, 8]

【검사3】 색이 변한 칸 기억하기 (매트릭스폭)

지시문 "가로 4칸, 세로 4칸으로 된 정사각형 중에서 색이 변하는 칸을 순서대로 클릭하세요.",
 "색이 변하는 칸의 개수는 점차 늘어납니다.",
 "세 번 연속 틀리면 검사가 종료됩니다.",
 "검사를 진행하려면 다음 버튼을 클릭해주세요."

문항	내용(위치번호)	문항	내용(위치번호)
연습1	[4, 10]	10	[2, 4, 12, 13, 10]
연습2	[6, 16]	11	[9, 4, 13, 7, 12]
연습3	[1, 14, 8]	12	[6, 2, 14, 4, 13]
1	[8, 2]	13	[2, 1, 13, 6, 7, 8]
2	[14, 7]	14	[16, 8, 15, 2, 9, 4]
3	[5, 13]	15	[15, 11, 1, 2, 6, 13]
4	[5, 1, 3]	16	[14, 3, 13, 11, 12, 2, 10]
5	[11, 7, 12]	17	[13, 4, 11, 5, 8, 10, 1]
6	[4, 7, 13]	18	[12, 9, 1, 10, 15, 8, 13]
7	[10, 4, 2, 14]	19	[11, 2, 8, 9, 16, 13, 7, 1]
8	[5, 14, 7, 11]	20	[10, 7, 1, 4, 12, 5, 14, 3]
9	[3, 9, 13, 7]	21	[9, 6, 8, 15, 12, 2, 11, 1]

【검사4】 색이 변한 칸 거꾸로 기억하기 (역순 매트릭스폭)

지시문 "가로 4칸, 세로 4칸으로 된 정사각형 중에서 색이 변하는 칸을,",
 "마지막 칸부터 반대순서로 클릭하세요.",
 "색이 변하는 칸의 개수는 점차 늘어납니다.",
 "세 번 연속 틀리면 검사가 종료됩니다.",
 "검사를 진행하려면 다음 버튼을 클릭해주세요."

문항	내용(위치번호)	문항	내용(위치번호)
연습1	[1, 15]	9	[1, 13, 8, 11]
연습2	[8, 9]	10	[2, 5, 12, 7, 10]
연습3	[3, 14, 1]	11	[9, 4, 13, 1, 12]
1	[7, 13]	12	[6, 3, 14, 4, 11]
2	[5, 11]	13	[2, 7, 13, 6, 8, 9]
3	[9, 16]	14	[15, 8, 16, 2, 9, 4]
4	[3, 13, 10]	15	[16, 11, 1, 2, 6, 13]
5	[11, 7, 14]	16	[5, 3, 13, 11, 12, 2, 6]
6	[4, 8, 14]	17	[13, 4, 11, 5, 8, 10, 1]
7	[10, 4, 13, 2]	18	[12, 9, 1, 8, 10, 15, 7]
8	[6, 13, 7, 15]		

【검사5】 숫자 기억하기 2 (읽기폭)

지시문 "숫자 하나가 들린 후, 제시된 문장을 읽고,",
 "맞으면 오른쪽 화살표, 틀리면 왼쪽 화살표를 키보드의 자판에서 누르세요..",
 "혹시 모르겠더라도 추측을 해서 가능한 빨리 답해주세요.",
 "세 번 연속 틀리면 검사가 종료됩니다.",
 "검사를 진행하려면 다음 버튼을 클릭해주세요."

맞는 문장 45개/ 틀린 문장 45개

문항	숫자	내용(정오)	숫자	내용(정오)
연습1	2	시계는 시간을 알려준다.(O)	9	물고기는 하늘을 날아다닌다.(X)
연습2	5	사자는 풀을 먹고 산다.(X)	7	개미는 땅 속에 집을 짓는다.(O)
연습3	8	벌은 꽃에서 꿀을 먹는다.(O)	4	거미의 다리는 8개이다.(O)
	1	새들은 바다 속에서 산다.(X)		
1번	6	호박은 나무 위에서 열린다.(X)	3	비행기는 하늘 위를 난다.(O)
2번	1	자동차는 도로 위를 달린다.(O)	7	양말은 손에 신는 것이다.(X)
3번	9	염소의 배에 뿔이 달렸다.(X)	5	의자는 앉을 때 사용한다.(O)
4번	2	자동차에는 바퀴가 있다.(O)	6	오리는 강에 사는 물고기이다.(X)
	8	병아리의 다리는 4개이다.(X)		
5번	3	연필로 글씨를 쓴다.(O)	9	단풍잎은 여름에 색이 변한다.(X)
	7	축구는 손으로 하는 운동이다.(X)		
6번	4	모자는 목에 감는 것이다.(X)	2	거북이는 등이 단단하다.(O)
	1	은행은 저금하는 곳이다.(O)		
7번	5	제비는 벌레를 잡아먹는다.(O)	6	토끼는 귀가 짧은 동물이다.(X)
	3	개나리꽃은 빨강다.(X)	1	추석에는 송편을 먹는다.(O)
8번	6	학생은 가르치는 사람이다.(X)	4	눈은 여름에 주로 내린다.(X)
	2	보름달은 밤에 볼 수 있다.(O)	9	달팽이는 느리게 움직인다.(O)
9번	7	기린은 목이 길다.(O)	5	사다리로 나무를 자른다.(X)
	1	지우개로 글씨를 지운다.(O)	8	봄이면 나뭇잎이 떨어진다.(X)
10번	4	나사를 조일 때 망치를 쓴다.(X)	3	손가락으로 밥을 먹는다.(O)
	6	여름에는 날씨가 덥다.(O)	9	피구는 발로 하는 운동이다.(X)
	2	달리기를 할 땐 부츠를 신는다.(X)		
11번	1	식사 후에 양치질을 한다.(O)	5	핸드폰으로 전화를 한다.(O)
	8	눈이 나쁘면 안경을 쓴다.(O)	3	젓가락으로 국물을 먹는다.(X)
	7	한겨울에 반팔을 입는다.(X)		
12번	9	잘 때는 불을 켜다.(X)	3	컵으로 물을 마신다.(O)
	7	젤리는 말랑말랑하다.(O)	1	종이의 원료는 고무이다.(X)
	8	수영장에서 코트를 입는다.(X)		
13번	2	주전자로 물을 끓인다.(O)	7	바다에서 물놀이를 한다.(O)
	6	교실에는 책상이 없다.(X)	1	도서관에서 옷을 빌린다.(X)
	4	음식은 그릇에 담는다.(O)	9	귀로 냄새를 맡는다.(X)

문항	숫자	내용(정오)	숫자	내용(정오)
14번	3	접시로 물을 마신다.(X)	8	비가 오면 우산을 쓴다.(O)
	7	의사는 병을 고친다.(O)	2	풍선은 무겁다.(X)
	5	과자는 서점에서 산다.(X)	1	공원에서 산책을 한다.(O)
15번	8	버스는 사람들을 태운다.(O)	1	놀이터에서 그네를 탄다.(O)
	5	매미는 땅바닥에서 산다.(X)	7	밤에는 해가 보인다.(X)
	2	구름은 바다에 있다.(X)	6	숲에는 나무가 많다.(O)
16번	4	우리나라의 수도는 부산이다.(X)	9	냉장고 안은 차갑다.(O)
	8	겨울에 오는 비는 장마이다.(X)	3	떡은 쫄깃쫄깃 맛있다.(O)
	6	설탕은 단맛을 낸다.(O)	2	나무는 가을에 새싹이 난다.(X)
	7	사람이 태어난 날은 생일이다.(O)		
17번	5	농부는 농사를 짓는다.(O)	1	비가 계속 오면 가뭄이 든다.(X)
	9	엄마의 여동생은 고모이다.(X)	4	곰은 겨울잠을 잔다.(O)
	7	우리가 사는 곳은 지구이다.(O)	3	과도가 술술 분다.(X)
	2	밤이 지나가면 저녁이 온다.(X)		
18번	1	어부는 물고기를 잡는다.(O)	4	사람들은 마을에 모여 산다.(O)
	6	필통에 연필을 넣는다.(O)	5	이모의 오빠는 외삼촌이다.(O)
	8	낮잠은 밤에 자는 것이다.(X)	2	소의 새끼는 병아리이다(X)
	3	신맛을 내는 것은 소금이다.(X)		

【검사6】 한글 자음 기억하기 (철자폭)

지시문 "ㄱ부터 ㅎ까지의 한글 자음이 2개~7개 제시됩니다.",

"잘 기억해서 제시된 순서대로 입력하세요.",

"자음의 개수는 점차 늘어납니다.",

"검사를 진행하려면 다음 버튼을 클릭해주세요."

ㄱ ㄴ ㄷ ㄹ ㅁ ㅂ ㅅ ㅇ ㅈ ㅊ ㅋ ㅌ ㅍ ㅎ
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

문항	내용(자음번호)	문항	내용(자음번호)
연습1	[1, 5]	9	[13, 14, 4, 11]
연습2	[4, 14]	10	[3, 2, 6, 4, 7]
1	[2, 6]	11	[10, 12, 1, 2, 6]
2	[8, 3]	12	[3, 14, 9, 1, 7]
3	[9, 1]	13	[11, 5, 12, 14, 3, 7]

문항	내용(자음번호)	문항	내용(자음번호)
4	[7, 11, 5]	14	[2, 1, 12, 13, 9, 6]
5	[14, 3, 2]	15	[5, 4, 12, 1, 6, 3]
6	[12, 4, 13]	16	[5, 13, 2, 1, 4, 14, 11]
7	[6, 2, 4, 10]	17	[7, 13, 10, 5, 14, 3, 11]
8	[5, 1, 9, 7]	18	[2, 10, 4, 12, 1, 6, 7]

【검사7】 화살표 기억하기 (화살표)

지시문 "제시되는 화살표는 8방향을 가리킵니다.",

"화면에 보이는 화살표의 방향을 잘 기억했다가 순서대로 클릭합니다.",

"검사를 진행하려면 다음 버튼을 클릭해주세요."

45°=1, 90°=2, 135°=3, 180°=4, 225°=5, 270°=6, 315°=7, 0°=8

문항	내용(방향번호)	문항	내용(방향번호)
연습1	[8, 4]	7	[1, 8, 6, 7]
연습2	[6, 2]	8	[3, 2, 5, 1]
연습3	[1, 3, 7]	9	[7, 8, 5, 3]
1	[5, 8]	10	[8, 3, 2, 4, 5]
2	[1, 5]	11	[4, 2, 5, 3, 6]
3	[2, 6]	12	[8, 7, 5, 6, 3]
4	[4, 1, 5]	13	[1, 4, 5, 2, 6, 8]
5	[3, 7, 8]	14	[2, 8, 3, 5, 7, 1]
6	[5, 6, 4]	15	[7, 4, 5, 2, 3, 6]

【검사8】 색이 변한 칸 기억하기 2 (대칭폭)

지시문 "색이 변하는 칸이 1초간 보이고, 이후 나타난 그림이 대칭이면 오른

쪽 화살표, 대칭이 아니면 왼쪽 화살표를 키보드에서 입력하세요.",

"대칭이란, 가운데를 중심으로 좌우 그림이 같은 것을 말합니다.",

"(반으로 접었을때 똑같이 포개지는 그림)",

"색이 변하는 칸을 기억했다가 순서대로 클릭하세요.",

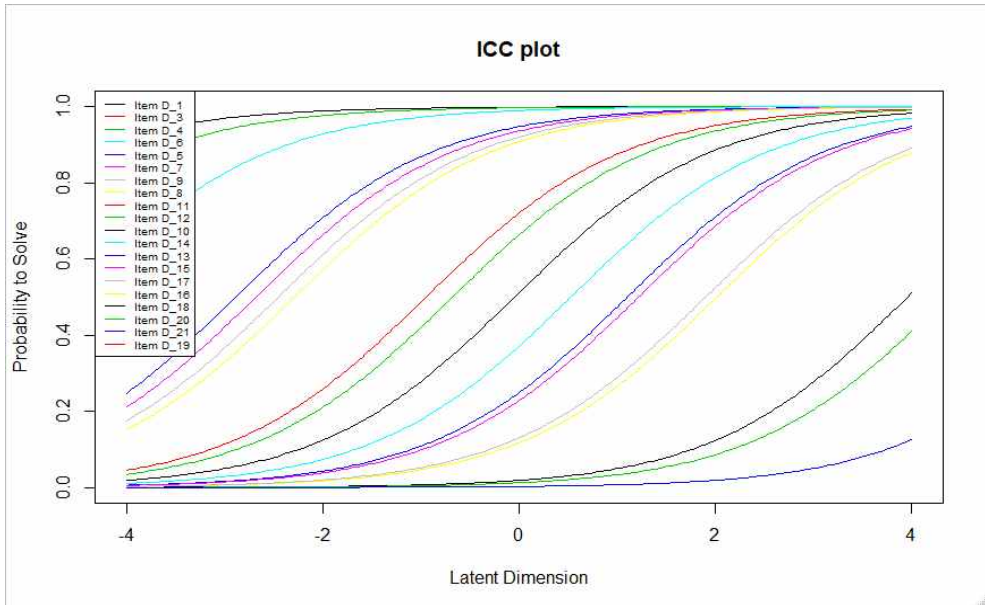
"검사를 진행하려면 다음 버튼을 클릭하세요."

간섭과제로 대칭/비대칭 그림 제시

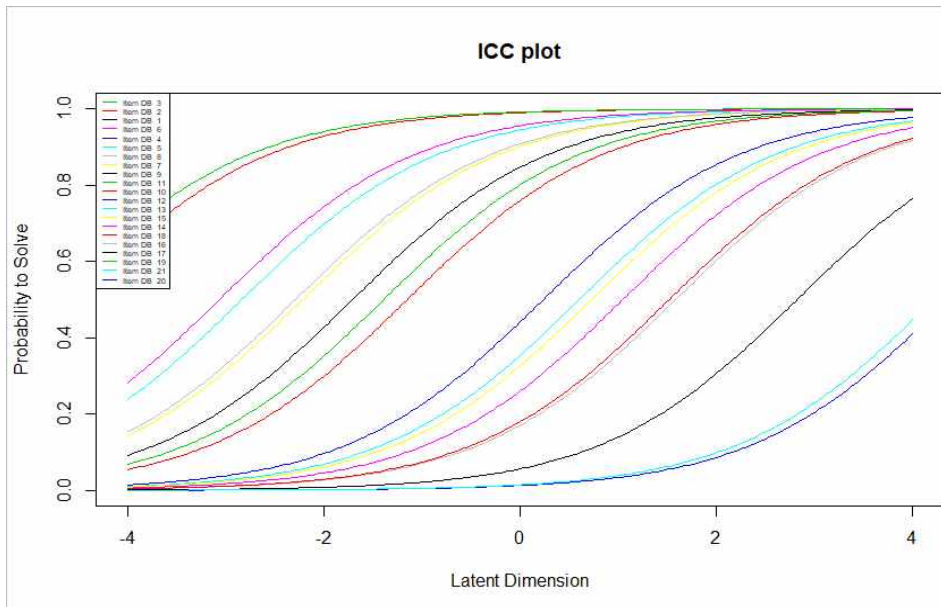
문항	내용(위치번호)	문항	내용(위치번호)
연습1	[10, 4]	9	[3, 12, 9, 15]
연습2	[9, 16]	10	[2, 5, 13, 6, 9]
연습3	[1, 11, 8]	11	[8, 3, 12, 15, 9]
1	[15, 3]	12	[7, 2, 14, 1, 16]
2	[14, 8]	13	[3, 8, 11, 7, 10, 9]
3	[6, 14]	14	[16, 7, 15, 1, 9, 4]
4	[7, 1, 4]	15	[14, 12, 5, 10, 6, 13]
5	[12, 7, 9]	16	[13, 2, 14, 5, 8, 11, 3]
6	[5, 8, 14]	17	[1, 6, 15, 4, 7, 12, 9]
7	[10, 3, 2, 13]	18	[4, 11, 5, 16, 3, 10, 14]
8	[4, 13, 6, 10]		

<부록 3> 문항별 문항특성곡선(ICC)

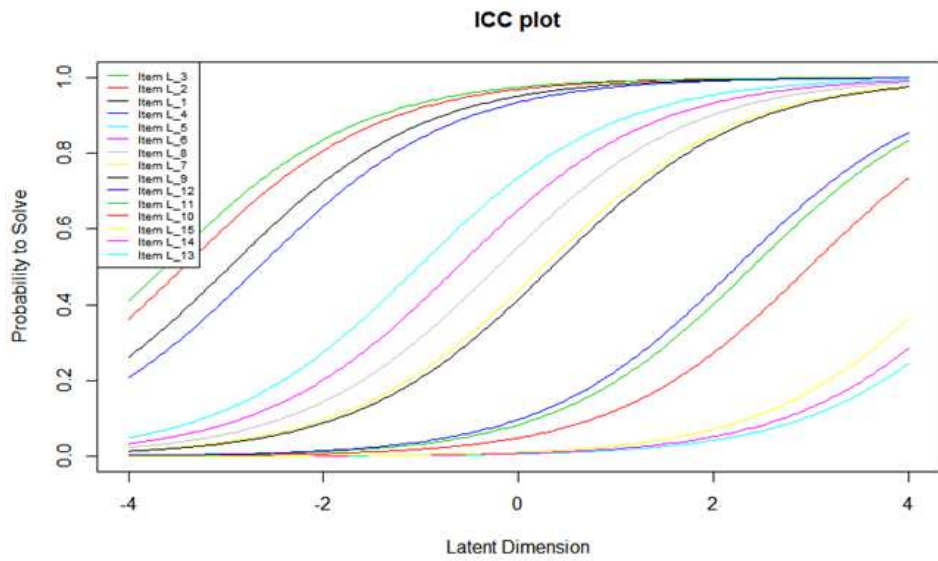
1) 음운루프



[그림 1] 검사1 (숫자폭)의 ICC

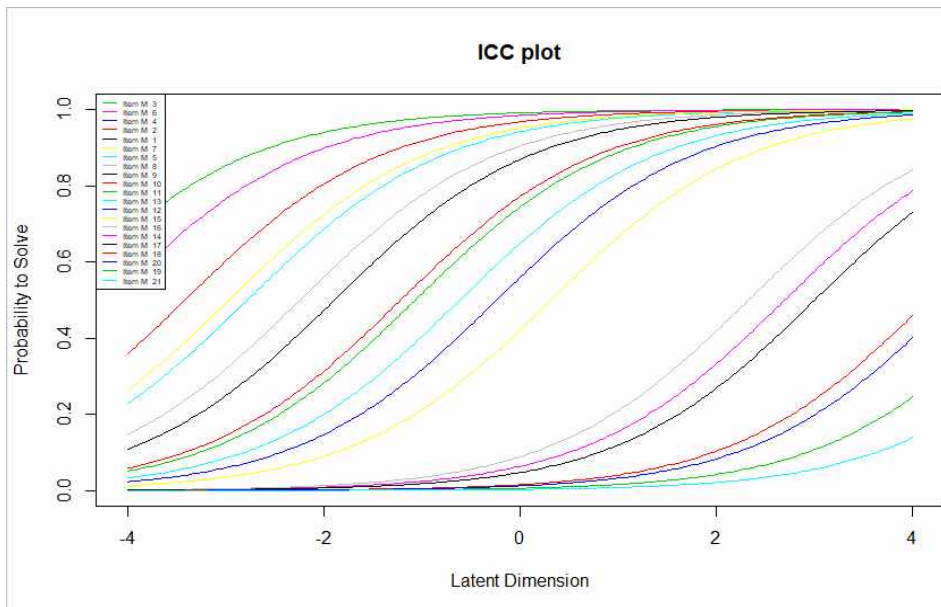


[그림 2] 검사2 (역순 숫자폭)의 ICC

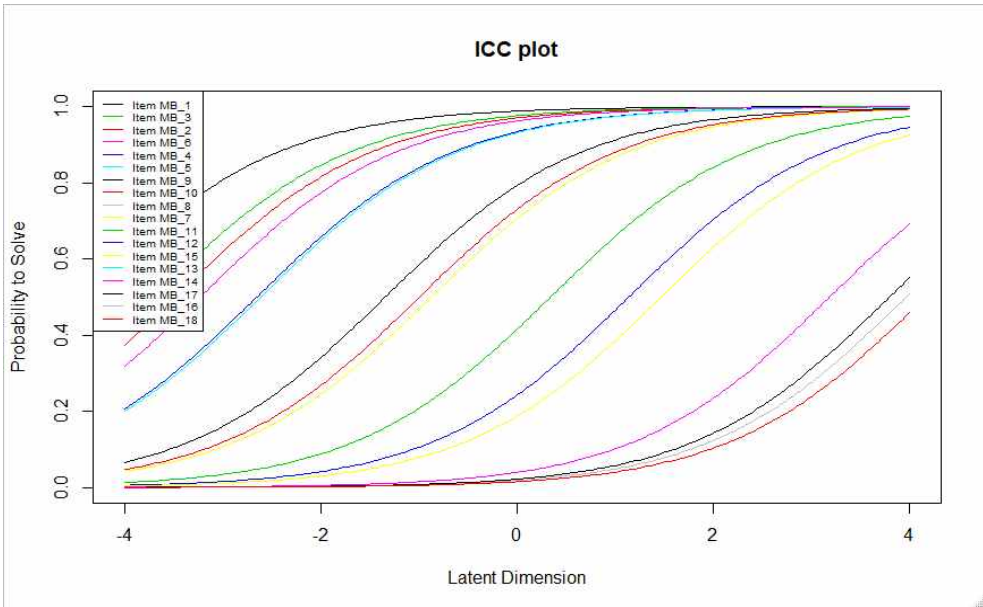


[그림 3] 검사6 (철자폭)의 ICC

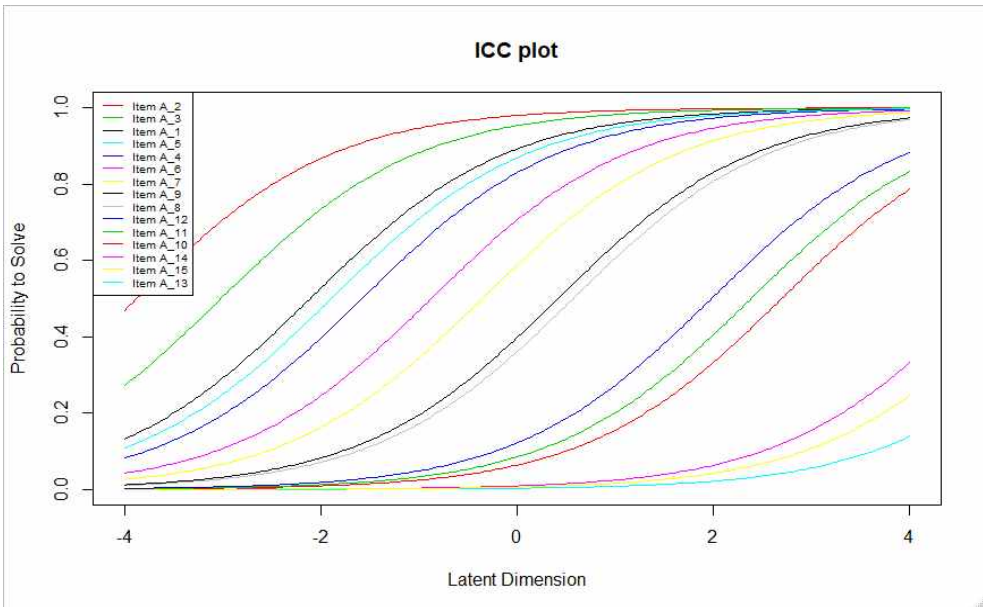
2) 시공간잡기장



[그림 4] 검사3 (매트릭스폭)의 ICC

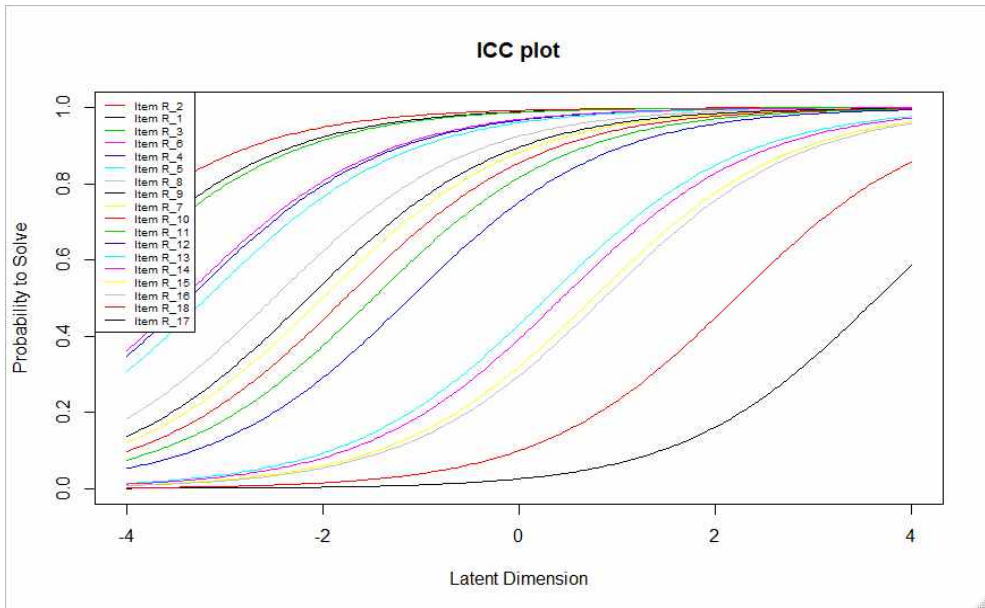


[그림 5] 검사4 (역순 매트릭스폭)의 ICC

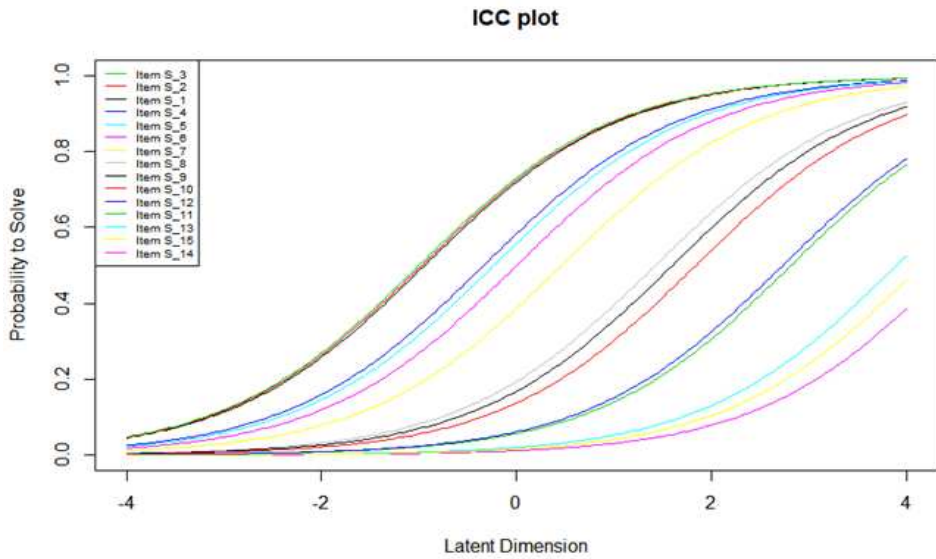


[그림 6] 검사7 (화살폭)의 ICC

3) 중앙집행기

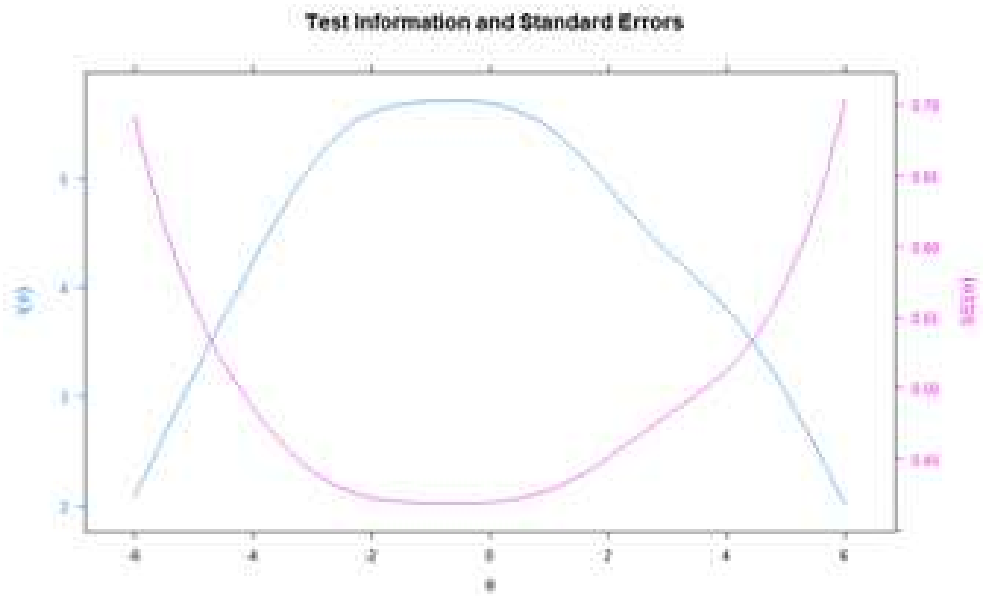


[그림 7] 검사5 (읽기폭)의 ICC

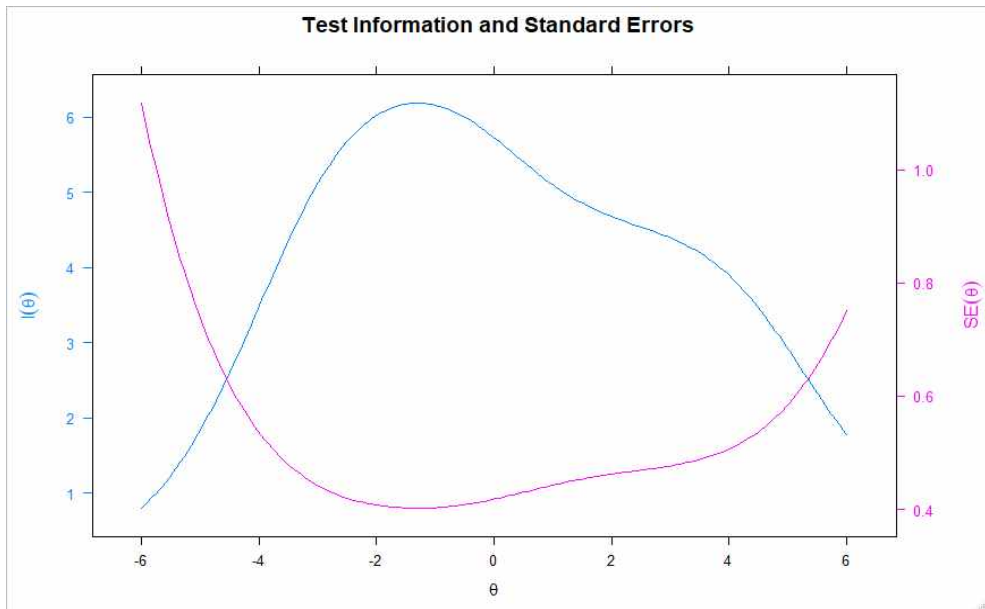


[그림 8] 검사8 (대칭폭)의 ICC

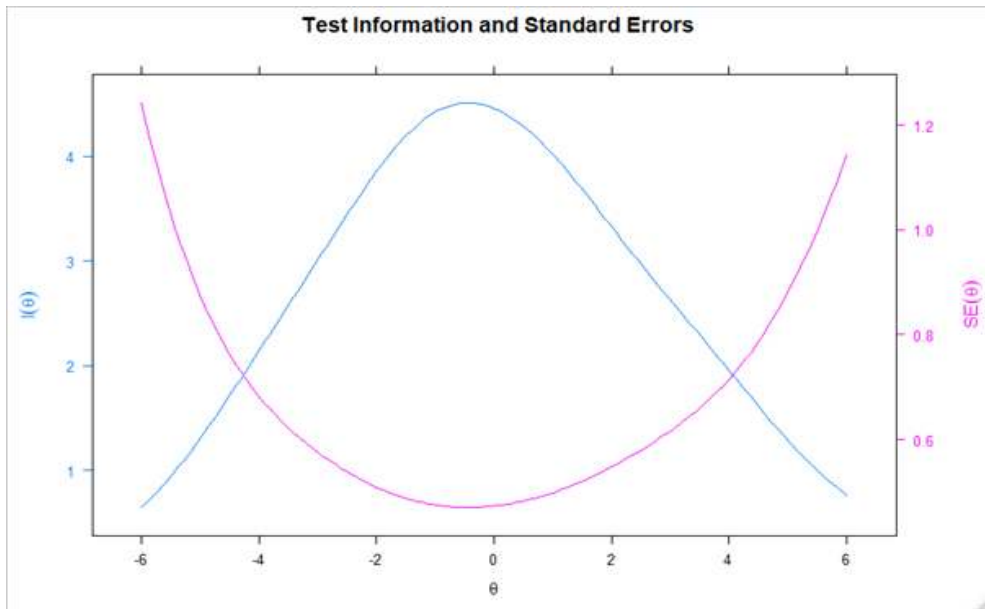
<부록 4> 작업기억 하위요소별 검사정보함수(TIF)



[그림 9] 음운루프의 검사정보함수



[그림 10] 시공간잡기장의 검사정보함수



[그림 10] 중앙집행기의 검사정보함수

<부록 5> 분석에 사용된 R 코드

```
#rasch model(eRm)1)
install.packages("eRm")
library(eRm)

#import Dataset 이후
dat_1<-파일명[, 문항시작:문항끝]
dat_1
res_rm_1<-RM(dat_1)
res_rm_1          #Item difficulty parameters

plotjointICC(res_rm_1, item.subset = 1:21, cex=.6)
plotPimap(res_rm_1, cex.gen=.6)
plotPimap(res_rm_1, cex.gen=.6, sorted=TRUE)

#문항적합도 지수
pp_ml_1 <- person.parameter(res_rm_1)
itemfit(pp_ml_1)
plotPWmap(res_rm_1)
personfit_vs<-personfit(pp_ml_1)
personfit_vs

#안데르센 우도비 검증
lrt_1 <- LRtest(res_rm_1, splitter = 파일명$성별)
plotGOF(lrt_1, conf = list(), tlab = "number", xlab = "Girls", ylab = "Boys")
lrt_1

#멘텔과 헨젤 DIF검증
tmp1 <- difMH(dat_1, group = 파일명$성별, focal.name =F)
tmp1
plot(tmp1)

#분리신뢰도/분리지수
res <- SepRel(pp_ml_1)
```

```

res
summary(res)

#rasch model(mirt)2)
install.packages("mirt")
library(mirt)

rasch_mod<-"F=2-34"
rasch_fit<-mirt(data=파일명, model=rasch_mod, itemtype = "Rasch",
SE=TRUE)
rasch_fit
rasch_params<-coef(rasch_fit,IRTpars=TRUE,simplify=TRUE)
rasch_items<-rasch_params$items
rasch_items

plot(rasch_fit, type="infoSE") #검사정보함수

rasch_itemfit<-itemfit(rasch_fit, fit_stats= c("S_X2", "G2", "Zh", "Infit"),
impute=10)
rasch_itemfit

rasch_personfit<-personfit(rasch_fit)
rasch_personfit

#DIF
results_MH<-difMH(Data=파일명, group="성별", focal.name = 1)
results_MH
plot(results_MH)

```

-
- 1) Mair, P., & Hatzinger, R. (2007). Extended Rasch modeling: The eRm package for the application of IRT models in R. *Journal of Statistical Software*, 20(9), 1-20.
 - 2) Chalmers, R. P. (2012). mirt: A multidimensional item response theory package for the R environment. *Journal of Statistical Software*, 48(6), 1-29.

<부록 6> IRB 심의 결과 통지서

[별지 제7호]

결과통지서

2019년 1월 15일에 접수된 신속심의(보완 후 신속) 에 대하여 서울교육대학교 생명윤리위원회에서 심의하여 다음과 같이 결정하였음을 통지합니다.

과제번호	2018-0017			관리번호	2018-0017-03	
연구과제명	작업기억 검사의 타당화와 경계선급 지능 아동의 작업기억 특성 분석					
연구책임자	성 명	이새별	소 속	서울교대	직 위	박사생
연구담당자	성 명		소 속		직 위	

심의대상	<input checked="" type="checkbox"/> 신규심의		<input type="checkbox"/> 심의 면제	
	<input type="checkbox"/> 연구계획변경		<input type="checkbox"/> 지속심의/중간보고	
	<input type="checkbox"/> 중대한 이상반응		<input type="checkbox"/> 위반/이탈사례	
	<input type="checkbox"/> 연구(조기)종료/결과보고		<input type="checkbox"/> 기타	
심의일자	2019년 1월 24일	심의 장소	IRB 4층 회의실	
위원회	서울교육대학교 생명윤리위원회			
심의종류	<input type="checkbox"/> 정규심의		<input checked="" type="checkbox"/> 신속심의	
심의결과	<input checked="" type="checkbox"/> 승인	<input type="checkbox"/> 조건부 승인	<input type="checkbox"/> 보완 후 신속심의	
	<input type="checkbox"/> 보완 후 정규심의	<input type="checkbox"/> 중지/보류	<input type="checkbox"/> 부결/반려	
승인일자	2019년 1월 24일	승인 유효기간	생명윤리위원회 승인일 - 2020년 1월 24일	
승인번호	SNUE IRB-201901-004			
심의의견	이전 심의에서 지적받았던 사항들에 대하여 충분한 보완이 이루어졌다고 생각합니다. 승인된 계획에 따라 연구를 충실하게 수행하시기 바랍니다.			
심의원 서류	제출된 서류 일체			

※ 모든 연구자들은 아래의 사항을 준수하여야 합니다.

- 1) 승인된 계획서에 따라 연구를 수행하여야 합니다.
- 2) 위원회의 승인을 받은 동의서를 사용하여야 합니다.
- 3) 모국어가 한국어가 아닌 연구대상자들에게는 승인된 동의서를 연구대상자의 모국어로 인증된 번역본을 사용할 것이며 이러한 동의서 번역본은 반드시 위원회의 승인을 받아야 합니다.
- 4) 연구진행에 있어 연구대상자를 보호하기 위해 불가피한 경우를 제외하고 연구의 어떠한 변경이든 위원회의 사전 승인을 받고 수행하여야 합니다.

- 5) 연구대상자들의 보호를 위해 취해진 어떠한 응급상황에서의 변경도 즉각 위원회에 보고하여야 합니다.
- 6) 위원회에서 승인된 계획서에 따라 등록된 어떠한 연구대상자라도 사망, 입원, 심각한 질병에 대하여는 위원회에 보고하여야 합니다.
- 7) 연구 또는 연구대상자의 안전에 대해 유해한 영향을 미칠 수 있는 어떠한 새로운 정보도 즉각적으로 위원회에 보고하여야 합니다.
- 8) 위원회의 요구가 있을 때에는 연구의 진행과 관련된 보고를 위원회에 제출하여야 합니다.
- 9) 위원회가 심의한 과제에 대해 조사 및 감독 차원에서 현장점검을 실시할 시 원활한 점검절차 진행을 위해 연구자는 연구진행과 관련된 서류를 준비하고 협조하여야 합니다.
- 10) 연구대상자 모집공고를 사용할 시에는 사용 전에 위원회의 승인을 받아야 합니다.
- 11) 동의는 강제 혹은 부당한 영향이 없는 상태에서 충분한 설명에 근거하여 수행되어야 하며, 잠재적인 연구대상자에게 연구에 참여여부를 고려할 수 있도록 충분히 기회를 제공하여야 합니다.
- 12) 연구자와 그밖에 이해당사자는 연구계획서 승인을 광고나 홍보, 상업적 목적으로 사용할 수 없습니다.
- 13) 위원회의 심의결과 시정요구에 대해 모두 이행 및 충족될 경우에만 연구를 진행할 수 있습니다.
- 14) 위원회가 시정 및 보완을 요구한 경우 시정·보완 계획을 1개월 이내에 본 위원회에 제출하여야 합니다. 심의일로부터 1년 이내에 시정·보완 계획을 제출하지 않은 경우 심의가 무효화될 수 있습니다.
- 15) 승인기간 이후에도 연구를 지속하기 위해서는 적어도 승인 만료 2개월 전까지 연구의 진행상황에 대하여 지속심의를 받아야 합니다.
- 16) 연구 종료 후 3개월 이내에 종료보고, 6개월 이내에 결과보고를 하여야 합니다. 종료보고시에는 수집된 연구대상자의 동의서 사본(또는 스캔본)을 제출하여야 합니다.
- 17) 연구와 관련된 기록은 연구가 종료된 시점을 기준으로 최소 3년간 보관하여야 합니다(단 개인정보는 종료 후 즉시 폐기가 원칙).
- 18) 결과보고서에 첨부되는 연구결과물(학위 논문, 학술지 논문, 학술대회 발표자료)에는 '연구방법' 또는 '연구윤리'를 설명하는 부분에 승인받은 IRB 번호를 반드시 기재하여야 합니다.

2019년 1월 24일

서울교육대학교 생명윤리위원장



<부록 7> 연구 설명서 및 동의서



<연구문제1> 작업기억 검사 타당화 연구 설명서 및 동의서



연구 참여자 보호자용 설명서 및 동의서

연구과제명 : 작업기억 검사의 타당화와 경계선급 지능 아동의 작업기억 특성 분석
연구책임자 : 이세별(서울교육대학교, 교육전문대학원 교육심리·상담·특수교육 박사과정생)

이 연구는 작업기억 검사를 타당화하고, 타당화된 작업기억 검사를 토대로 초등학교생들의 작업기억 특성을 분석하기 위한 연구입니다. 이 연구는 자발적으로 참여의사를 밝힌 학생들을 대상으로 수행될 것입니다. 학부모님의 자녀를 본 연구에 참여하도록 동의할 것인지 여부를 결정하기 전에, 본 연구가 왜 수행되는지 그리고 연구의 내용이 무엇인지 이해하는 것이 중요합니다. 다음 내용을 신중히 읽어보신 후 참여 의사를 밝혀 주시길 바라며, 필요하다면 가족과 주변의 지인들과도 의논해보시기를 권합니다. 만일 본 연구에 대한 질문이 있다면 연구원(이세별, 010-8630-0611)이 자세히 설명해드릴 것입니다. 궁금한 점이 있으시면 언제든지 연락주시기 바랍니다.

1. 이 연구는 왜 하나요?

이 연구는 작업기억 검사를 초등학교생을 대상으로 타당화하고, 초등학교생들의 작업기억 특성을 분석하여, 향후 작업기억 중재 프로그램과 관련된 연구의 기초 토대를 마련하기 위해서 실시합니다.

2. 얼마나 많은 사람이 참여하나요?

서울시에 있는 약 5개의 초등학교 학생들(1학년~6학년) 중 참여의사를 밝힌 300명 정도가 연구에 참여할 예정입니다.

3. 만일 자녀가 연구에 참여하면 어떤 과정이 진행되나요?

연구 참여 학생들이 창의적 체험활동(컴퓨터) 시간 또는 방과 후 시간에 작업기억 검사(30분)를 수행합니다.

4. 연구 참여 기간은 얼마나 됩니까?

본 연구는 2019년 1월부터 2020년 2월까지 자료를 수집하는 것으로 진행되며, 귀하의 자녀는 연구 기간 중 1회의 검사를 수행하게 됩니다.

5. 참여 도중 그만두어도 됩니까?

예, 귀하의 자녀는 언제든지 어떠한 불이익 없이 참여 도중에 그만 둘 수 있습니다. 만일 귀

승인

2019.01.24

주식회사
NUE IRB

하의 자녀가 연구에 참여하는 것을 그만두고 싶다면 담당 연구원에게 즉시 말씀해 주십시오.

6. 이 연구에 참여할 경우 위험한 내용은 없나요?

본 연구에 참여 형태는 인지 검사의 수행이므로 위험요소나 심각한 부작용을 초래할 가능성이 매우 낮습니다.

7. 만일 이 연구에 참여하지 않는다면 불이익이 있습니까?

귀하의 자녀가 본 연구에 참여하지 않을 자유가 있습니다. 또한, 귀하의 자녀가 본 연구에 참여하지 않아도 어떠한 불이익이 없음을 알려드립니다.

8. 이 연구에 참여하면 얻게 되는 이익과 보상이 있나요?

네. 연구에 참여하게 되면, 연구에서 실시되는 작업기억 검사를 통해 자녀분의 작업기억 특성에 대한 정보를 알 수 있습니다. 또한 검사 후 간단한 다과를 제공할 예정입니다.

9. 연구에서 얻은 모든 개인 정보는 보호되며, 비밀이 보장됩니까?

네. 개인정보관리책임자는 서울교육대학교의 이새별(010-8630-0611)입니다. 본 연구의 참여로 귀하의 자녀에게서 수집되는 개인정보는 오직 연구만을 위해 사용되며, 수집된 정보는 개인정보보호법에 따라 관리됩니다. 또한 이름 등 개인식별정보는 코드화되어 개인 정보의 비밀보장을 위해 최선을 다할 것입니다. 이 연구에서 얻어진 개인 정보가 학회지나 학회에 공개될 때 학생의 이름과 개인정보는 모두 사용되지 않을 것이며, 다른 사람에게도 제공하지 않습니다. 그러나 법이 요구하면 학생의 개인정보는 제공될 수도 있습니다. 또한 모니터 요원, 점검 요원, 서울교육대학교 생명윤리위원회는 연구 참여자의 비밀보장을 침해하지 않고 관련규정이 정하는 범위 안에서 본 연구의 실시 절차와 자료의 신뢰성을 검증하기 위해 연구 결과를 직접 열람할 수 있습니다. 연구 관련 자료는 연구 종료와 동시에 개인 정보를 폐기한 상태에서 2차의 잠금장치를 통하여 3년간 보관되며 이후 폐기될 것입니다. 다만, 자료 보관 기간 내에 본 연구와 유사한 연구를 진행할 경우에는 본 연구의 자료를 사용할 수 있습니다. 귀하가 본 동의서에 서명하는 것은, 이러한 사항에 대하여 사전에 알고 있었으며 이를 허용한다는 의사로 간주될 것입니다.

10. 연구 문의

본 연구에 대해 질문이 있거나 연구 중간에 문제가 생길 시 다음 연구 담당자에게 언제든지 연락하십시오.

이름: 이새별 전화번호: 010-8630-0611

만일 어느 때라도 연구대상자로서 귀하의 권리에 대한 질문이 있다면 서울교육대학교 생명윤리위원회에 연락하십시오(전화번호: 02-3475-2158)

승인

2019 .01. 24

WJJE IRB

<연구문제2> 경계선급 지능 아동의 작업기억 특성 연구 설명서 및 동의서



연구 참여자 보호자용 설명서 및 동의서

연구과제명 : 작업기억 검사의 타당화와 경계선급 지능 아동의 작업기억 특성 분석

연구책임자 : 이새별(서울교육대학교, 교육전문대학원 교육심리·상담·특수교육 박사과정생)

이 연구는 작업기억 검사를 타당화하고, 타당화된 작업기억 검사를 토대로 초등학생들의 작업기억 특성을 분석하기 위한 연구입니다. 이 연구는 자발적으로 참여의사를 밝힌 학생들을 대상으로 수행될 것입니다. 학부모님의 자녀를 본 연구에 참여하도록 동의할 것인지 여부를 결정하기 전에, 본 연구가 왜 수행되는지 그리고 연구의 내용이 무엇인지 이해하는 것이 중요합니다. 다음 내용을 신중히 읽어보신 후 참여 의사를 밝혀 주시길 바라며, 필요하다면 가족과 주변의 지인들과도 의논해보시기를 권합니다. 만일 본 연구에 대한 질문이 있다면 연구원(이새별, 010-8630-0611)이 자세히 설명해드릴 것입니다. 궁금한 점이 있으시면 언제든지 연락주시기 바랍니다.

1. 이 연구는 왜 하나요?

이 연구는 작업기억 검사를 초등학생을 대상으로 타당화하고, 초등학생들의 작업기억 특성을 분석하여, 향후 작업기억 중재 프로그램과 관련된 연구의 기초 토대를 마련하기 위해서 실시합니다.

2. 얼마나 많은 사람이 참여하나요?

서울시에 있는 약 5개의 초등학교 학생들(1학년~6학년) 중 참여의사를 밝힌 80명 정도가 연구에 참여할 예정입니다.

3. 만일 자녀가 연구에 참여하면 어떤 과정이 진행되나요?

방과 후 시간에 2회에 걸쳐 작업기억 검사(30분)와 지능검사(2시간 소요)를 실시하게 됩니다.

4. 연구 참여 기간은 얼마나 됩니까?

본 연구는 2019년 1월부터 2020년 2월까지 자료를 수집하는 것으로 진행되며, 귀하의 자녀는 연구 기간 중 2회의 검사를 수행하게 됩니다.

5. 참여 도중 그만두어도 됩니까?

예, 귀하의 자녀는 언제든지 어떠한 불이익 없이 참여 도중에 그만 둘 수 있습니다. 만일 귀하의 자녀가 연구에 참여하는 것을 그만두고 싶다면 담당 연구원에게 즉시 말씀해 주십시오.

승인

2019.01.24

6. 이 연구에 참여할 경우 위험한 내용은 없나요?

본 연구에 참여 형태는 인지 검사의 수행이므로 위험요소나 심각한 부작용을 초래할 가능성이 매우 낮습니다. 지능검사의 경우, 2시간 정도 걸리고 약 30분마다 물과 간식을 제공하고, 화장실을 다녀오도록 쉬는 시간을 제공합니다.

7. 만일 이 연구에 참여하지 않는다면 불이익이 있습니까?

귀하의 자녀가 본 연구에 참여하지 않을 자유가 있습니다. 또한, 귀하의 자녀가 본 연구에 참여하지 않아도 어떠한 불이익이 없음을 알려드립니다.

8. 이 연구에 참여하면 얻게 되는 이익과 보상이 있나요?

네. 연구에 참여하게 되면, 연구에서 실시되는 작업기억 검사를 통해 자녀분의 작업기억 특성에 대한 정보를 알 수 있습니다. 또한 지능검사(K-WISC-IV)에도 참여하는 경우, 검사비용(병원 15만원)을 절감하고 무료로 검사결과지를 제공받을 수 있습니다.

9. 연구에서 얻은 모든 개인 정보는 보호되며, 비밀이 보장됩니까?

네. 개인정보관리책임자는 서울교육대학교의 이새별(010-8630-0611)입니다. 본 연구의 참여로 귀하의 자녀에게서 수집되는 개인정보는 오직 연구만을 위해 사용되며, 수집된 정보는 개인정보보호법에 따라 관리됩니다. 또한 이름 등 개인식별정보는 코드화되어 개인 정보의 비밀 보장을 위해 최선을 다할 것입니다. 이 연구에서 얻어진 개인 정보가 학회지나 학회에 공개될 때 학생의 이름과 개인정보는 모두 사용되지 않을 것이며, 다른 사람에게도 제공하지 않습니다. 그러나 법이 요구하면 학생의 개인정보는 제공될 수도 있습니다. 또한 모니터 요원, 점검 요원, 서울교육대학교 생명윤리위원회는 연구 참여자의 비밀보장을 침해하지 않고 관련규정이 정하는 범위 안에서 본 연구의 실시 절차와 자료의 신뢰성을 검증하기 위해 연구 결과를 직접 열람할 수 있습니다. 연구 관련 자료는 연구 종료와 동시에 개인 정보를 폐기한 상태에서 2차의 잠금장치를 통하여 3년간 보관되며 이후 폐기될 것입니다. 다만, 자료 보관 기간 내에 본 연구와 유사한 연구를 진행할 경우에는 본 연구의 자료를 사용할 수 있습니다. 귀하가 본 동의서에 서명하는 것은, 이러한 사항에 대하여 사전에 알고 있었으며 이를 허용한다는 의사로 간주될 것입니다.

10. 연구 문의

본 연구에 대해 질문이 있거나 연구 중간에 문제가 생길 시 다음 연구 담당자에게 언제든지 연락하십시오.

이름: 이새별 전화번호: 010-8630-0611

만일 어느 때라도 연구대상자로서 귀하의 권리에 대한 질문이 있다면 서울교육대학교 생명윤리위원회에 연락하십시오(전화번호: 02-3475-2158)



동 의 서

연구제목 : 작업기억 검사의 타당화와 경계선급 지능 아동의 작업기억 특성 분석

1. 나는 본 연구의 설명문을 읽었으며 담당 연구원과 이에 대하여 의논하였습니다.
2. 나는 위험과 이득에 관하여 들었으며 나의 질문에 만족할 만한 답변을 얻었습니다.
3. 나는 이 연구에 참여하는 것에 대하여 자발적으로 동의합니다.
4. 나는 이 연구에서 얻어진 나의 개인 정보를 현행 법률과 서울교대 생명윤리위원회 규정이 허용하는 범위 내에서 연구자가 수집하고 처리하는데 동의합니다.
5. 나는 담당 연구자나 위임 받은 대리인이 연구를 진행하거나 결과 관리를 하는 경우와 보건 당국, 학교 당국 및 서울교육대학교 생명윤리위원회가 실태 조사를 하는 경우에는 비밀로 유지되는 나의 개인 신상 정보를 직접적으로 열람하는 것에 동의합니다.
6. 나는 언제라도 이 연구의 참여를 철회할 수 있고 이러한 결정이 나에게 어떠한 해도 되지 않을 것이라는 것을 압니다.
7. 나의 서명은 이 동의서의 사본을 받았다는 것을 뜻하며 연구 참여가 끝날 때까지 사본을 보관하겠습니다.

_____	_____	_____
연구참여 아동 성명	서 명	날짜 (년/월/일)
_____	_____	_____
법정대리인 성명(연구참여자와의 관계)	서 명	날짜 (년/월/일)
_____	_____	_____
동의서 받은 연구원 성명	서 명	날짜 (년/월/일)
_____	_____	_____
연구책임자 성명	서 명	날짜 (년/월/일)