

작업기억과 읽기이해 간 상관관계에 대한 메타분석: 국내 일반아동을 중심으로

Associations of Working Memory and Reading Comprehension of Normal Children in South Korea: A Meta-Analysis

1차원고접수: 2023.01.03. 수정원고접수: 2023.02.22. 최종게재결정: 2023.03.08.

윤안순¹ · 박효영²

¹전남대학교 교육학과, 강사

²충실대학교 교양교육연구센터, 연구 교수

Yun, An-Soon¹

Park, Hyo-Young²

¹Dept. of Education Chonnam, National University

²Center for General Education, Soongsil University

국문초록 본 연구에서는 일반아동의 작업기억과 읽기이해 간 상관관계를 살펴본 국내 연구를 중심으로 메타분석을 실시하였다. 이를 위해 2022년 12월까지 주요 논문검색 사이트를 이용하여 자료를 수집하였고 총 15편의 논문을 분석자료로 선정하였다. 먼저 수집된 자료의 특성을 정리하였고, 총 15편의 분석자료에서 추출한 58개의 상관계수를 토대로 메타분석을 실시하여 전체 효과크기를 산출하였으며 작업기억의 하위요소와 학년 집단에 따라 효과크기의 유의한 차이가 나타나는지를 조절효과 분석을 통해 살펴보았다. 주요 연구결과를 살펴보면 첫째, 메타분석에 포함된 연구들은 주로 음운루프와 중앙집행기 요소를 통해 아동의 작업기억 능력을 측정하고 있는 것으로 나타났다. 둘째, 일반아동의 작업기억과 읽기이해 간 상관관계에 대한 전체 효과크기는 중간 정도인 것으로 나타났다. 셋째, 작업기억과 읽기이해 간 상관관계의 효과크기는 학년 집단에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이를 토대로 국내에서 수행되고 있는 연구들이 아동의 작업기억 능력을 측정하는데 일부 요소만을 다루고 있음을 확인할 수 있었고, 일반아동의 작업기억 능력과 읽기이해 기술이 어느 정도 밀접한 관련이 있음을 확인할 수 있었다. 이상 본 연구의 결과는 읽기이해 과제수행과 관련한 인지적 요인으로서 아동의 작업기억 능력을 살펴보는 것이 타당함을 밝히는 근거가 될 것이고, 작업기억과 읽기이해 간의 관련성 정도가 발달 수준에 따라 달라질 수 있음을 확인시켜주었다고 볼 수 있다.

주요어 작업기억, 읽기이해, 메타분석

Abstract In this study, a meta-analysis is conducted on the study of the correlation between working memory and reading comprehension of normal children. Data were collected to December 2022, and a total of 15 papers were selected as analysis data. The characteristics of the collected data were summarized, and a meta-analysis was performed based on 58 correlation coefficients to calculate the overall effect size. The results are as follows. First, the studies mainly measure children's working memory ability through the phonological loop and central executive components. Second, the overall effect size for the correlation between working memory and reading comprehension was medium. Third, the difference in the effect size of the correlation between working memory and reading comprehension according to grade group was statistically significant. Therefore, the studies measure children's working memory ability with some working memory components, and there is a close relationship with the working memory ability and reading comprehension skills of normal children. The results of this study will serve as a basis for clarifying the validity of examining children's working memory ability as a cognitive factor related to reading comprehension task performance.

Keywords working memory, reading comprehension, meta-analysis

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

교실 현장에서 학업 수행을 성공적으로 하기 위해서는 교사에게 주의를 집중하고, 충동적인 사고와 행동을

억제하는 한편 문제해결에 필요한 정보를 찾아 조작하면서 과제를 완료할 수 있어야 한다. 학업적 성공을 위한 이러한 주의력의 중요성이 학습 및 기억 이론과 연구에 의해 뒷받침되었는데 특히 정보처리모형을 기반으로 하는 작업기억(working memory)이 학업 과제를

Corresponding to 윤안순 (Yun, An-Soon)

전남대학교 교육학과, 강사 (Dept. of Education, Chonnam National University) E-mail. yas2545@daum.net

Copyright © 2023 The Korean Association of Human Development. All rights reserved.

수행하는데 주요한 인지적 요소인 것으로 밝혀졌다(Alloway, 2010; Alloway & Alloway, 2010). 작업기억은 추론, 이해 등을 요구하는 다양한 인지 과제를 수행하는 동안 정보를 잠시 저장하고 조작할 수 있는 제한된 용량의 시스템으로 정의된다(Baddeley, 2000). 작업기억은 4세에서 15세까지 선형적으로 증가하여 15세경에 성인 수준에 도달하는 것으로 나타난다(Gathercole, Pickering, Ambridge, & Wearing, 2004). 작업기억의 제한된 용량과 효율적 기능은 개인의 학업성취 수준과 학습 범위를 결정하며, 여러 정보를 기억하는 동시에 처리하는 등 집중력을 요구하는 학습의 전반적인 수행 차이를 야기할 수 있다(Kane & Engle, 2002). 관련 연구에서는 작업기억이 읽기(Cain, Oakhill, & Bryant, 2004), 어휘 습득(De Abreu, Gathercole, & Martin, 2011), 쓰기(Adams, Simmons, & Willis, 2015), 수학(Clearman, Klinger, & Szűcs, 2017) 등 다양한 학습 영역에서의 과제수행과 정적 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이에 학업수행능력에 대한 작업기억의 중요성이 보고된 바 있으며(Gathercole et al., 2016; Stevenson, Berwerff, Heiser, & Resing, 2014), 나아가 작업기억 훈련이 학습능력을 향상한다는 연구결과(Klingberg et al., 2005; Peng & Swanson, 2022)를 기반으로 한 학교 기반의 인지적 교육 프로그램에 대한 관심도 더욱 높아졌다.

작업기억의 구조와 측정 방법이 이론적 접근에 따라 다소 상이하지만(Cowan, 2017), 가장 폭넓게 인정되어 온 작업기억의 개념 모형은 Baddeley와 Hitch(1974)의 다중요소 모형(multiple component model)이다. 초기 Baddeley와 Hitch(1974)의 모형에서는 작업기억이 단기 기억을 유지하고 제어하는 능력을 가진 복잡한 체계라고 정의하면서 음운루프(phonological loop), 시공간 스케치북(visuospatial sketchpad), 중앙집행기(central executive)로 구성된 작업기억 체계를 제안하였다. 구체적으로 각 하위요소의 기능을 살펴보면 다음과 같다. 음운루프는 음성 기억과 발화를 포함하는 언어 정보의 임시저장 및 처리를 담당하고, 시공간 스케치북은 짧은 시간 동안 시각·공간 정보의 저장을 담당하며 정신 이미지의 생성 및 조작에 중요한 역할을 담당한다. 중

양집행기는 작업기억의 핵심 요소로서 정보를 처리할 때 주의를 기울이고 무관한 정보에 대한 간섭을 억제하며 음운루프와 시공간 스케치북 두 하위요소에서 보유할 수 있는 정보의 양을 늘리기 위해 일부 자원을 할애하는 역할을 담당한다(Baddeley & Logie, 1999). 이후 Baddeley(2000, 2012)는 일화적 완충기(episodic buffer) 요소를 추가하여 이를 중앙집행기를 통해 통제되는 임시저장 시스템으로 정의하고 그림 1과 같이 작업기억의 모형을 수정하였다. 이러한 결과는 작업기억의 구조와 기능을 이해하는 데 크게 기여하였고, 작업기억의 용량과 처리 능력에 대한 이해를 발전시키는 데 도움을 주었다.

읽기는 글로부터 의미를 얻는 복잡한 과정으로 음운 인식, 글자해독/단어인지, 읽기유창성, 어휘 읽기이해 등의 다양한 지식과 기술이 요구된다(National Reading Panel, National Institute of Child Health, & Human Development, 2000). 아동은 학령기 전부터 글을 읽기 시작하여 초등학교에 입학한 후에는 읽기 능력이 활발하게 발달된다(Chall, 1983). 학령기 아동의 학년이 올라갈수록 다양한 교과 내용을 학습하기 위해 지문을 읽고 이해하며 이해한 정보를 스스로 재조직하는 능력이 요구된다(McCray, Vaughn, & Neal, 2001). 이러한 글을 읽고 이해하는 능력은 학업성취에 지속해서 영향을 주기 때문에 초등학교 전반에 걸쳐 반드시 습득해야 하는 중요한 기초능력이다. 이에 2015 개정 교육과정에서는 한글 교육이 총 68시간으로 확대되었고, 일부 교육청에서는 외부 센터와 협력하여 한글 해독에

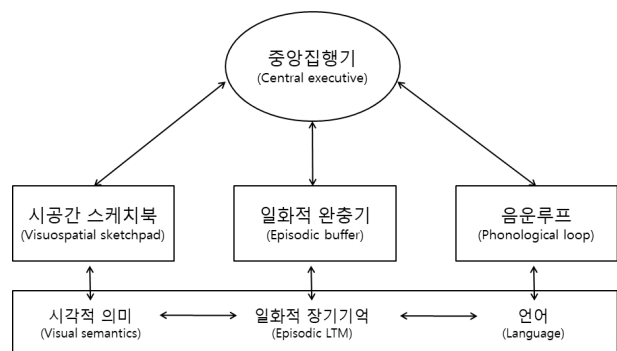


그림 1. 작업기억의 다중요소 모형(Baddeley, 2000)

어려움을 겪는 아동을 대상으로 아동의 뇌파 인지검사를 통해 기억력 혹은 집중력 수준을 평가하여 읽기 교육을 강화하기 위한 정책을 마련하기도 하였다.

글의 의미를 이해하고 해석하기 위해서는 글을 읽는 동안 일시적으로 정보를 저장하고 처리해야 하므로 읽기 수행에서 작업기억 능력은 중요한 역할을 하게 된다. 이와 관련하여 Gathercole과 Pickering의 연구(2000)에서는 7~10세 아동을 대상으로 작업기억과 읽기이해 간의 강한 상관관계가 있음을 밝히기도 하였다. Gagne, Yekovich와 Yekovich(2005)가 제시한 그림 2에서도 한 문장을 이해하고 정교화하는 각각의 단계에서 작업기억이 활성화되는 모습을 볼 수 있다. 예를 들어 ‘그 고양이는 검정색이다’라는 문장을 읽으면 작업기억을 통해 각 단어의 시각적 심상을 연결하거나 문자들과 관련된 소리 형태를 발음하고 의미를 활성화한다. 또한 글을 이해하기 위해서는 단어들로부터 순차적으로 개념을 구성하고 통합할 때까지 중간 표상들과 최종적인 표상들을 일시적으로 저장해야 한다. 즉 문장으로부터 정보를 통합하고 추론하여 복잡한 구문 구조를 처리하고, 글로부터 구체적인 정보를 회상하는 등의 과정에서 작업기억이 관여하게 된다. 그림 2에서 제시하고 있는 모형은 작업기억이 읽기 수행과 밀접한 관련이 있음을 나타내며, 작업기억 능력이 높은 사람들은 그렇지 않은

사람들보다 글을 읽는 동안 필요한 정보를 처리하고 이해하기 쉽게 조직화하는 기술이 우수하기 때문에 상대적으로 읽기 수행에서 긍정적인 결과를 보일 것으로 유추해볼 수 있다. 따라서 학령기 전후 아동을 대상으로 작업기억과 읽기이해 간의 관계를 체계적으로 살펴보는 것은 향후 읽기이해에 어려움을 겪을 위험이 있는 아동을 효과적으로 식별하고 아동의 학습을 지원하기 위한 개입 및 교육 전략의 개발을 위한 근거 자료를 제공할 수 있다.

지금까지 읽기이해의 개인차 원인을 규명하려는 연구들이 다수 수행되어져 왔는데 특히 Daneman과 Carpenter의 연구(1980) 이후로 작업기억 수행은 다양한 연령대의 아동들의 읽기이해와 밀접한 관련을 보이거나 읽기 수행을 예측하는 것으로 나타났다(Cain et al., 2004; Pham & Hasson, 2014; Savage, Lavers, & Pillay, 2007). 예컨대 단어해독이 정상수준임에도 불구하고 작업기억의 결손으로 인하여 읽기이해 또는 듣기이해의 어려움을 보고한 연구(Swanson, 1993), 일반아동의 어휘와 단어해독을 통제한 후에도 작업기억이 읽기이해를 예측하는 주요 지표 중 하나로 밝혀진 연구(Cain et al., 2004), 억제, 처리 속도, 명명 속도와 같은 다른 인지 요인을 제어한 후에도 작업기억이 단어 읽기 및 읽기이해를 고유하게 예측하는 것으로 보고한 연구(Christopher

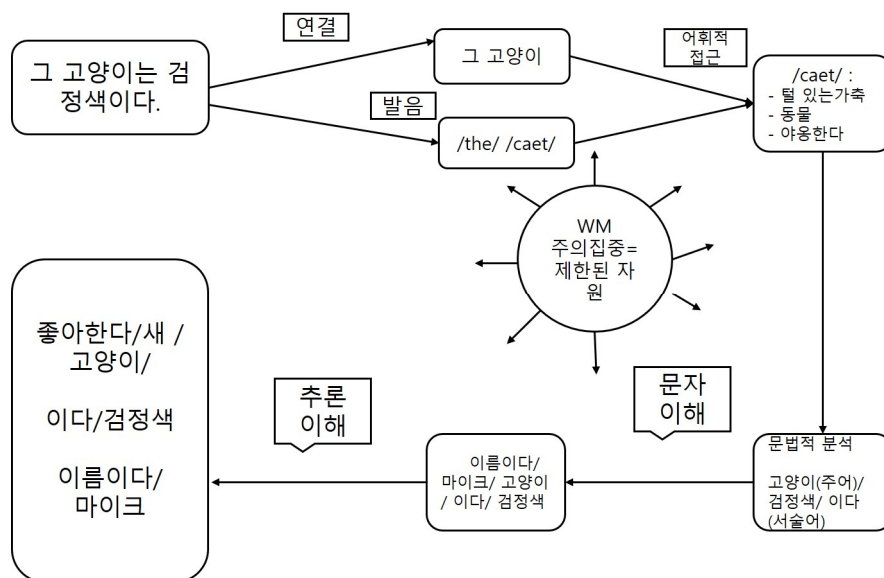


그림 2. 읽기 과정과 작업기억(Gagne et al., 2005)

et al., 2012)가 있었다. 읽기 기술을 갖춘 학령기 아동(평균 연령 10.9세 아동)을 대상으로 한 연구(Pham & Hasson, 2014), 초등학교 3~4학년 아동을 대상으로 한 연구(Chrysochoou, Bablekou, & Tsigilis, 2011)에서도 중앙집행기와 글 이해 과제수행 간의 관련성이 높게 나타나 어린 아동의 독해 과정에서의 어려움을 식별하기 위한 중앙집행기의 유용성을 보여주었다.

그러나 국내의 선행연구들에서는 읽기이해 부진 및 장애아동을 중심으로 일반아동과의 작업기억 특성을 비교한 연구들이 꾸준히 이루어졌지만(양민화, 김보배, 2019; 임동선 등, 2020; 정미란, 2013; 정소라, 김동일, 2017; 황민아, 2014, 2016), 일반아동을 중심으로 연구한 논문을 찾아보기가 어려운 실정이다. 또한 국내 일반아동 대상의 작업기억과 읽기이해 간 관련성을 보고한 선행연구들은 다소 상이한 연구결과들을 제시하고 있었다. 구체적으로 살펴보면 김민정과 김성수의 연구(2012)에서는 초등학교 고학년 아동의 작업기억과 텍스트 추론 간에는 인지적 기저 과정상에 관련성이 존재하기 때문에 작업기억이 텍스트 추론에 영향을 미치는 인지과정의 한 가지 변인임을 밝혔으나, 황민아의 연구(2014)에서는 초등학교 고학년 아동의 작업기억 능력과 어휘 및 읽기 검사 수행 간에 상관이 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 작업기억의 요소 중에서는 단어나 소리 정보를 일시적으로 저장하도록 하는 음운루프 요소와 읽기이해가 밀접한 관련이 있음을 밝힌 연구가 많았다(김신영, 한지아, 임동선, 2021; 김애화, 유현실, 황민아, 김의정, 고성룡, 2010; 이소은, 이윤경, 조미라, 2010). 반면 초등학교 2, 4학년 아동(황민아, 2016)과 초등학교 3학년 아동(김경선, 2014)의 전반적인 읽기 능력이 중앙집행기 요소와 관련이 있음을 보고한 연구, 초등학교 아동의 읽기이해가 음운루프, 시공간 스케치북, 중앙집행기 등 3가지 작업기억 요소와 모두 유의미한 상관이 있음을 보고한 연구(박지은, 안성우, 2012)도 있어 작업기억 요소에 따른 결과의 차이가 존재하고 있음을 확인할 수 있었다. 이와 관련하여 황민아의 연구(2016)에서는 음운루프 요소가 읽기 능력과 유의한 상관을 보이지 않은 것에 대해 상대

적으로 난이도 수준이 낮은 1가지 과제를 통해 음운루프 요소를 측정하였음을 언급하면서 여러 기능을 고려한 다양한 유형의 작업기억 과제를 포함해 결과를 해석할 것을 제안하였다. 또한 정미란의 연구(2013)에서는 일반아동의 문장이해 능력과 숫자 정보를 통한 작업기억 과제수행만이 유의한 상관을 보이는 것으로 나타나 작업기억을 측정하는데 있어 다양한 기억과제를 포함한 종합적이고 통합적인 평가가 필요함을 언급한 바 있다. 학령전기 언어발달지연 아동 및 일반아동의 이야기 이해능력과 작업기억 간의 관계를 살펴본 연구(임동선 등, 2020)에서는 연령이 증가함에 따라 이야기 이해능력에 미치는 작업기억 하위요소에 대해 탐색하는 것이 의미가 있음을 제안하기도 하였다. 이처럼 국내에서 일반아동을 대상으로 수행되어 온 읽기이해 관련 연구들은 아동의 작업기억 능력을 측정하는데 사용한 과제양식에서 다소 차이가 있고, 학령기 전후 아동을 포함하여 일관된 결론을 얻기에 어려움이 있는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 지금까지의 선행연구들을 토대로 체계적인 분석을 통해 국내 일반아동의 작업기억 요소와 읽기이해 간에 관계를 종합적으로 이해하고 살펴볼 수 있는 연구의 필요성이 제기된다.

최근 읽기이해를 보다 체계적이고 통합적으로 이해할 수 있는 연구가 국외에서 활발히 수행되고 있다. 메타분석(meta-analysis)은 개별 연구들의 연구결과를 수집하여 통계적으로 분석함으로써 결과를 통합하고자 하는 목적으로 수행되는 ‘분석의 분석(analysis of analysis)’이다(Glass, 1976). 국외의 메타분석 연구에서는 작업기억과 읽기이해 간 상관관계에 대한 효과크기가 .14에서 .36(Carretti, Borella, Cornoldi, & De Beni, 2009; Peng et al., 2018; Spiegel, Goodrich, Morris, Osborne, & Lonigan, 2021)으로 나타났다. 구체적으로 살펴보면 초등학생을 대상으로 작업기억과 읽기 간의 관계를 탐색한 메타분석 연구에서는 두 변인 간 상관의 효과크기가 보통 수준이었고 이러한 효과크기는 작업기억 요소와 학년 혹은 연령 수준에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Peng et al., 2018). 이는 읽기와 작업기억 간의 관계를 발달적 맥락에서 고려해야 함을 시

사한다. 구체적으로 초등학교 4학년 이전에는 작업기억 요소들이 유사한 크기로 읽기와의 관련성을 보이다가 4학년 이후에는 음운루프 요소가 읽기와 가장 강한 관련성이 있음을 보고한 연구(Peng et al., 2018), 상대적으로 학령기 후반 아동보다 학령기 전반 아동의 작업기억이 모든 읽기 능력과 동등하게 관련이 있음을 밝힌 결과(Spiegel et al., 2021)에 주목할 필요가 있다. 그리고 한글 읽기발달에서 글자를 읽기 시작하는 4세 이후의 미취학 아동(윤혜경, 1997)부터 학령기 아동의 연령대가 ‘읽기를 학습하는 단계’에서 ‘학습을 위한 읽기단계’(Chall, 1983)로의 이론적 전환에 걸쳐 있을 수 있다는 점을 감안하여 연령 혹은 학년이 아동의 읽기 이해와 작업기억 간의 관계에 영향을 줄 수 있는 요인으로 기능할 수 있을 것으로 예측되며 이에 따른 조절 효과 분석이 필요하다고 볼 수 있다.

그러나 국내의 작업기억 관련 메타분석을 살펴보면 현재까지 학습부진 및 학습장애 학생을 대상으로 한 작업기억과 읽기이해 간 상관연구에 대한 메타분석 연구(조영희, 정소라, 2020), 국외 연구를 중심으로 수화문장제 문제해결력과 작업기억 간 관계를 메타분석을 통해 살펴본 연구(신미경, 김우리, 2019)를 제외하고 국내 일반아동을 대상으로 한 읽기이해 관련 메타분석은 수행되고 있지 않아 이에 관한 연구가 필요한 실정이다. 또한 국내 일반아동의 읽기이해와 관련된 선행연구들은 개별 연구 단위에서 다소 상이한 결과를 나타내고 있으므로 메타분석을 통해 작업기억의 요소와 읽기이해와의 관련성을 통합적으로 확인할 필요가 있다. 종합하면 작업기억과 읽기이해 간의 관계에 관한 대부분의 선행연구는 읽기학습부진, 장애아동과 일반아동 간의 비교 연구로 수행되어 일반아동을 중심으로 진행된 연구가 많지 않았으며, 작업기억 요소와 읽기이해의 관계를 탐색한 연구들은 다소 상이한 결과를 보고하고 있어 이를 종합하여 이해해볼 수 있는 시도가 필요하다. 학령기 전후 아동을 포함한 국내의 일반아동을 중심으로 작업기억과 읽기이해 간의 관계를 통합적으로 살펴보기 위한 이러한 시도는 학습부진 아동 외에 일반아동의 읽기이해 과제수행에서 중요한 인지적 요소를

밝혀줄 수 있다는 점에서 의미가 있다. 나아가 본 연구를 토대로 일반아동의 읽기이해 능력을 증진하기 위한 인지적 중재 프로그램을 구축하는 데 도움을 제공할 수 있는 근거자료를 마련할 수 있을 것이다.

이상 기술된 연구의 필요성에 따라 본 연구의 목적은 그간의 국내 일반아동의 읽기 관련한 선행연구를 수집하고 체계적인 문헌고찰 및 메타분석을 통해 작업기억 요소와 일반아동의 읽기이해와의 상관크기를 비교·분석하여 국내 일반아동의 읽기이해와 작업기억 간의 관계를 탐색하는 것이다. 더불어 작업기억과 읽기이해 간의 상관관계 효과크기가 작업기억의 하위요소, 학년(연령) 등에 따라 유의한 차이가 나타나는지 확인하고자 한다.

2. 연구문제

- 연구문제 1. 일반아동을 대상으로 작업기억과 읽기이해 간의 관계를 살펴본 국내 선행연구들의 특성은 어떠한가?
- 연구문제 2. 일반아동의 작업기억과 읽기이해 간 상관관계에 대한 전체 효과크기는 어떠한가?
- 연구문제 3. 일반아동의 작업기억과 읽기이해 간 상관관계에 대한 효과크기는 작업기억의 하위요소, 학년(연령) 등에 따라 유의한 차이가 나타나는가?

II. 연구방법

1. 자료수집

본 연구에서는 PRISMA(Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses)(Moher, Liberati, Tetzlaff, & Altman, 2009) 및 APA MARS(American Psychological Association Meta Analysis Reporting Standard)(Appelbaum et al., 2018, table 9, pp.21-23)의 문헌 선정 절차에 따라 자료를 수집하였다. 이때 마지막 절차에서 수집된 선행연구의 참고문헌을 토대로 일

부 논문을 추가하여 메타분석에 포함될 자료를 최종 선정하였다. 자료 선정 절차를 그림 3에 제시하였고 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 국내에서 논문검색을 위해 주로 사용되고 있는 온라인 사이트 중 학술연구정보서비스(www.riss.kr), 한국학술정보시스템(kiss.kstudy.com), 누리미디어(www.dbpia.co.kr)를 통해 2022년 12월까지 출간된 국내 학술지 논문을 살펴보았다. 논문검색은 ‘작업기억’, ‘작동기억’, ‘음운루프’, ‘음운고리’, ‘시공간 스케치북’, ‘시공간 스케치판’, ‘시공간 스케치패드’, ‘중앙집행기’, ‘실행기능’, ‘읽기’, ‘읽기이해’, ‘문장이해’, ‘이야기이해’ 등을 조합한 주제어 검색과 키워드 검색을 통해 실시하였고 319편의 논문을 확인할 수 있었다. 둘째, 각각의 논문 검색 사이트를 통해 확인된 319편의 논문 중에서 중복된 경우를 제외하여 156편의 자료를 수집하였고 이에 대한 선별 작업을 실시하였다. 수집된 자료의 연구 제목과 초록을 검토하여 검색기준에 부합하지 않거나 연구대상에 일반아동을 포함하지 않은 경우를 제외하여 44편의 논문을 선별하였다. 셋째, 선별된 자료의 원문을 상세히 검토하여 작업기억과 읽기이해 간의 상관계수를 보고하지 않은 경우, 작업기억 및 읽기이해 과제를 구분하지 않은 경우를 제외하였고 이를 통해 13편의 논문을 선정하였다. 넷째, 선정된 자료의 참고문헌을 토대로 2편의 논문을 추가하는 과정을 거쳐 총 15편

의 자료를 본 연구의 메타분석에 포함하는 것으로 확정하였다.

2. 자료 분석

본 연구에서는 다음과 같은 절차를 통해 작업기억과 읽기이해 간 상관관계에 대한 메타분석을 실시하였다 (Appelbaum et al., 2018, table 9, pp.21-23). 첫째, 자료 선정 절차에 따라 분석대상에 포함된 총 15편의 상관 연구의 특성을 정리하였다. 연구의 특성은 분석대상인 학생 수, 학년(연령), 작업기억 하위요소, 작업기억 과제, 읽기이해 과제 등으로 나누어 정리하였다. 작업기억과 읽기이해 간의 상관계수는 연구에서 측정하고자 한 작업기억의 하위요소별로 나누어 살펴보았는데, 작업기억의 하위요소별 과제 유형이 연구자가 기술한 작업기억의 개념 모형에 따라 상이한 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서는 Baddeley(2000)의 이론적 모형에서 제시한 작업기억 하위요소별로 과제를 구분하여 메타분석에 포함된 각 연구의 작업기억 과제와 하위요소를 정리하는 과정을 거쳤다.

Baddeley(2000)는 인간이 정보를 처리하는 과정에서 정보를 유지하는 동시에 조작을 포함하는 기능이 중요하다는 것을 강조하였고 이를 바탕으로 음운루프, 시공간 스케치북, 중앙집행기, 일화적 완충기 하위요소로

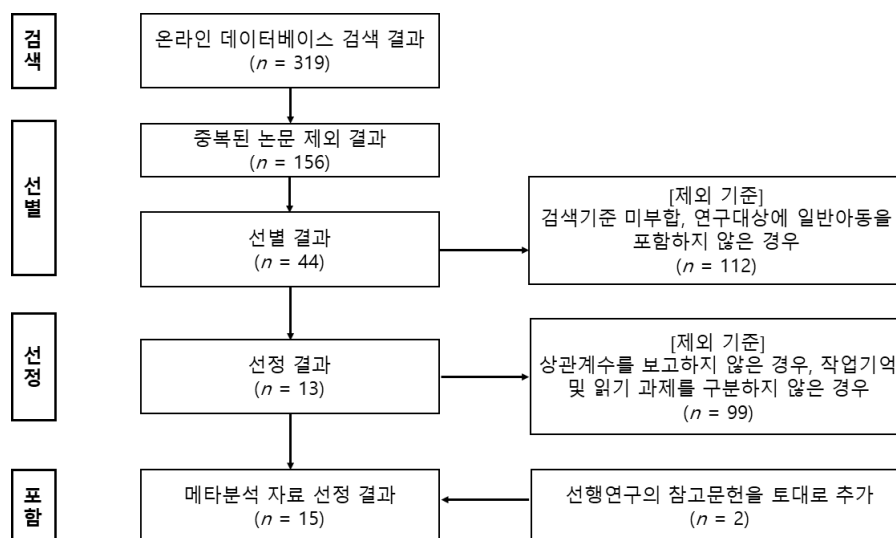


그림 3. 자료 선정 절차

구성된 작업기억의 개념 모형을 제시하였다(그림 1 참고). 본 연구에서는 그의 모형을 토대로 작업기억의 하위요소를 구분하여 각 연구에서 제시한 작업기억과 읽기이해 간의 상관계수를 정리하였고 총 58개의 상관계수 r 을 추출할 수 있었다.

둘째, R 프로그램(R 4.2.1 ver)의 분석 패키지(meta, metafor, metacor)를 활용하여 작업기억과 읽기이해 간 상관관계 자료에 대한 메타분석을 실시하였다. 먼저 metacor 명령어를 사용하여 상관계수 r 을 정규분포를 따르는 Fisher의 Z 로 전환하여 전체 효과크기를 산출하였고(Borenstein, Hedges, Higgins, & Rothstein, 2009), forest plot(forest 명령어 사용)을 통해 전체 및 각 연구별 효과크기를 그림으로도 살펴보았다. 이때 각 연구에서 나타난 효과크기 분포의 정도, 즉 효과크기의 이질성이 어느 정도인지를 확인하고자 표 1과 같이 이질성 통계치를 살펴보았다.

Q 값은 각 효과크기에서 관찰된 분산(전체 분산)을 나타내고 효과크기의 동질성을 검증하는데 사용되지만 ‘메타분석에 포함된 연구들 간의 분산은 0이다’라는 영가설의 진위만을 검증할 뿐이다(황성동, 2015). 본 연구에서 $Q = 84.17(df = 57, p < .05)$ 로 각 효과크기 간에 이질성, 즉 연구들 간의 분산이 존재하고 있는 것으로 나타났으며 효과크기의 이질성 정도를 좀 더 구체적으로 살펴보기 위하여 I^2 값을 확인하였다. I^2 값은 전체 분산에서 실제 연구 간 분산이 차지하는 비율(%)을 나타내고 25% 이하면 작은 크기의 이질성, 50%이면 중간 크기의 이질성, 75% 이상이면 큰 크기의 이질성이 있는 것으로 해석한다(Higgins, Thompson, Deeks, & Altman, 2003). 본 연구에서 $I^2 = 32.3\%(CI: 6.2-51.1)$ 로 메타분석에 포함된 각 연구에서 나타난 효과크기의 이질성이 중간 정도인 것으로 나타났고 이에 고정효과모형(fixed effect model)이 아닌 랜덤효과모형(random effects model)에 대한 분석결과를 살펴보려고 하였다(Borenstein

et al., 2009). 또한 메타분석에서 이질성이 작은 경우는 평균 효과크기를 제시하는 데 초점을 두지만 이질성이 큰 경우는 효과크기의 분산이 나타난 원인을 찾는 조절효과 분석에 초점을 두고 해석한다(조재훈, 2020). 이를 토대로 본 연구에서는 작업기억과 읽기이해 간 상관관계 연구들에 대한 메타분석의 결과를 랜덤효과모형에서 나타난 평균 효과크기가 어느 정도인지를 살펴보는 데 좀 더 초점을 두고, 작업기억 하위요소와 학년(연령)에 대한 조절효과가 나타나는지 살펴보려고 하였다.

셋째, 본 연구에서는 메타분석 결과인 효과크기를 해석하기에 앞서 출간오류가 존재하는지를 살펴보았다. 먼저 funnel 명령어를 통해 메타분석에 포함된 각 연구의 효과크기와 표준오차를 확인하여 좌우대칭의 모습을 보이는지 살펴보았고 그 결과를 그림 4에 제시하였다.

그림 4에 제시한 것처럼 효과크기와 표준오차의 분포가 시각적으로는 좌우대칭을 나타내는 것으로 볼 수 있으나 Egger, Smith, Schneider와 Minder(1997)가 제안한 회귀모형 검정을 실시하여 funnel plot의 비대칭에 대한 통계적 분석을 실시하였다(metabias 명령어 사용). 그 결과, 각 연구의 효과크기와 표준오차 간의 관계를 나타낸 회귀모형이 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났($t = .45, df = 56, p > .05$). 즉 본 연구에서 메타분석에 포함된 각 연구의 효과크기와 표준오차

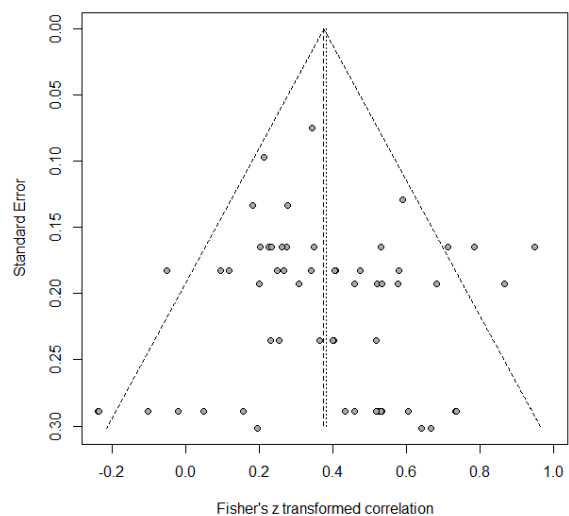


그림 4. funnel plot

표 1. 이질성 통계치

k	Q	df	p	T^2	$I^2(\%)$
58	84.17*	57	.0111	.0182	32.3 [CI: 6.2-51.1]

* $p < .05$.

가 유의미한 관계가 없다고 해석할 수 있기에 출간오류는 없는 것으로 판단하였다. 이상의 절차를 토대로 본 연구에서는 총 15편의 자료(58개의 상관계수)를 가지고 작업기억과 읽기이해 간 상관관계에 대한 메타분석을 실시하였다.

III. 결과 및 해석

1. 작업기억과 읽기이해 간 상관관계 연구 특성

본 연구에서 분석자료로 선정한 15편의 연구에 대한

특성을 다음 표 2에 제시하였다. 먼저 학년 구분에서 초등학교 1학년부터 3학년을 저학년 집단으로, 4학년부터 6학년을 고학년 집단으로 하여 각 연구의 특성을 살펴보았을 때 초등학교 저학년과 고학년 집단을 모두 포함하고 있는 연구가 5편으로 가장 많고, 초등학교 저학년을 대상으로 한 연구가 4편, 미취학 아동과 초등학교 고학년을 대상으로 한 연구가 각각 3편이었다.

다음으로 각 연구에서 측정하고자 한 작업기억의 하위요소를 살펴보면 음운루프와 중앙집행기 요소가 주를 이루고 있음을 알 수 있었다. 음운루프 과제로는 숫자바로따라하기(곽금주, 박혜원, 김청택, 2001; 곽금주, 오상우, 김청택, 2011; 김애화, 김의정, 황민아, 유현실,

표 2. 작업기억과 읽기이해 간 상관관계 연구 특성

저자	학생 수 (분석 대상)	학년	작업기억 하위요소	작업기억 과제	읽기이해 과제	상관계수 (r)
김경선 (2014)	291(183)	초3	중앙집행기	읽기폭 과제(서울대 심리교육연구소)	읽기이해과제(김경선, 2013)	.33
김민정, 김성수 (2012)	45(45)	초4~초6	음운루프	날말 순서대로 회상(김성수, 2003)	텍스트 연결추론*	-.10(초4)
			음운루프	날말 순서대로 회상(김성수, 2003)	텍스트 연결추론*	.63(초5)
			음운루프	날말 순서대로 회상(김성수, 2003)	텍스트 연결추론*	.49(초6)
			음운루프	날말 순서대로 회상(김성수, 2003)	텍스트 외적추론*	-.02(초4)
			음운루프	날말 순서대로 회상(김성수, 2003)	텍스트 외적추론*	.63(초5)
			음운루프	날말 순서대로 회상(김성수, 2003)	텍스트 외적추론*	.49(초6)
			중앙집행기	조작이 들어간 날말 회상(김성수, 2003)	텍스트 연결추론*	.41(초4)
			중앙집행기	조작이 들어간 날말 회상(김성수, 2003)	텍스트 연결추론*	.48(초5)
			중앙집행기	조작이 들어간 날말 회상(김성수, 2003)	텍스트 연결추론*	.49(초6)
			중앙집행기	조작이 들어간 날말 회상(김성수, 2003)	텍스트 외적추론*	.55(초4)
김신영 등 (2021)	33(33)	4~6세	중앙집행기	조작이 들어간 날말 회상(김성수, 2003)	텍스트 외적추론*	.43(초5)
			중앙집행기	조작이 들어간 날말 회상(김성수, 2003)	텍스트 외적추론*	.48(초6)
			중앙집행기	스트롭과제(임동선, 한지윤, 2019)	이야기이해과제(임동선 등, 2020)	-.05
			음운루프	비단어따라말하기(임동선, 한지윤, 2019)	이야기이해과제(임동선 등, 2020)	.12
김연수, 곽금주 (2014)	110(110)	4세, 6세	시공간 스케치북	매트릭스 과제(천소연, 임동선, 2017)	이야기이해과제(임동선 등, 2020)	.26
			일화적 완충기	단어목록회상하기(천소연, 임동선, 2017)	이야기이해과제(임동선 등, 2020)	.44
박지은, 안성우 (2012)	80(40)	초2~초6	음운루프	문장바로따라하기(박혜원 등, 1996)	읽기이해 검사(노성임, 2004)	.21
			음운루프	숫자바로따라하기(곽금주 등, 2011)	읽기이해 검사(박경숙 등, 1989)	.49
			시공간 스케치북	매트릭스 과제(백수진 등, 2007)	읽기이해 검사(박경숙 등, 1989)	.61
			중앙집행기	조작폭(곽금주 등, 2011)	읽기이해 검사(박경숙 등, 1989)	.66
백수진 등 (2007)	38(14)	초4~초5	중앙집행기	숫자거꾸로따라하기(곽금주 등, 2011)	읽기이해 검사(박경숙 등, 1989)	.74
			중앙집행기	읽기폭(송중용, 1999)	읽기이해 검사(박경숙 등, 1989)	.58
			음운루프	비단어따라하기(이은주, 심현섭, 2003)	읽기이해 검사(박경숙 등, 1989)	.57
			시공간 스케치북	매트릭스 과제(Logie et al., 1990)	읽기이해 검사(박경숙 등, 1989)	.19
안제원 등 (2013)	59(59)	초4	음운루프	숫자바로따라하기(곽금주 등, 2001)	읽기이해검사(박경숙 등, 2005)	.27
			중앙집행기	숫자거꾸로따라하기(곽금주 등, 2001)	읽기이해검사(박경숙 등, 2005)	.18
			시공간 스케치북	Corsi block 과제(곽금주 등, 2001)	읽기이해검사(박경숙 등, 2005)	.18

저자	학생 수 (분석 대상)	학년	작업기억 하위요소	작업기억 과제	읽기이해 과제	상관계수 (r)
양민화, 김보배 (2019)	150(63)	초1~초2	음운루프	숫자바로따라하기(김애화 등, 2014)	읽기이해 검사(김애화 등, 2014)	.53
			중앙집행기	숫자거꾸로따라하기(김애화 등, 2014)	읽기이해 검사(김애화 등, 2014)	
			음운루프	문장바로따라하기(김애화 등, 2014)	읽기이해 검사(김애화 등, 2014)	
이소은 등 (2010)	30(30)	초1~초3	음운루프	숫자바로따라하기(곽금주 등, 2001)	단락이해 과제(이윤경, 2007)	.48
			음운루프	비단어따라하기(연구자 자체 개발)	단락이해 과제(이윤경, 2007)	.59
			음운루프	문장바로따라하기*	단락이해 과제(이윤경, 2007)	.20
임동선 등 (2020)	36(21)	4~6세	음운루프	비단어따라하기(임동선 등, 2015)	이야기 이해(사실 이해)*	.48
			음운루프	비단어따라하기(임동선 등, 2015)	이야기 이해(추론 이해)*	.38
			시공간 스케치북	매트릭스 과제(임동선 등, 2015)	이야기 이해(사실 이해)*	.23
			시공간 스케치북	매트릭스 과제(임동선 등, 2015)	이야기 이해(추론 이해)*	.38
			일화적 완충기	단어목록회상하기(천소연, 임동선, 2017)	이야기 이해(사실 이해)*	.35
			일화적 완충기	단어목록회상하기(천소연, 임동선, 2017)	이야기 이해(추론 이해)*	.25
정미란 (2013)	80(40)	초3-초6	음운루프	숫자바로따라하기(곽금주 등, 2001)	문장이해(박경숙 등, 2005)	.22
			음운루프	숫자바로따라하기(곽금주 등, 2001)	단락글 이해(박경숙 등, 2005)	.20
			중앙집행기	숫자거꾸로따라하기(곽금주 등, 2001)	문장이해(박경숙 등, 2005)	.34
			중앙집행기	숫자거꾸로따라하기(곽금주 등, 2001)	단락글 이해(박경숙 등, 2005)	.23
			중앙집행기	읽기폭(고선희 등, 2009)	문장이해(박경숙 등, 2005)	.27
			중앙집행기	읽기폭(고선희 등, 2009)	단락글 이해(박경숙 등, 2005)	.26
정부자 (2009)	30(30)	초2-초3	음운루프	숫자바로따라하기(곽금주 등, 2001)	이야기 추론(윤혜련, 2004)	.70
			중앙집행기	숫자거꾸로따라하기(곽금주 등, 2001)	이야기 추론(윤혜련, 2004)	.52
정소라, 김동일 (2017)	62(33)	초3, 초5	음운루프	숫자, 비단어따라하기*	읽기이해_사실이해(김동일, 신종호, 2003)	.33
			음운루프	숫자, 비단어따라하기*	읽기이해_추론이해(김동일, 신종호, 2003)	.10
			시공간 스케치북	매트릭스 과제*	읽기이해_사실이해(김동일, 신종호, 2003)	.39
			시공간 스케치북	매트릭스 과제*	읽기이해_추론이해(김동일, 신종호, 2003)	.24
			중앙집행기	읽기폭, 숫자거꾸로따라하기*	읽기이해_사실이해(김동일, 신종호, 2003)	.52
			중앙집행기	읽기폭, 숫자거꾸로따라하기*	읽기이해_추론이해(김동일, 신종호, 2003)	.39
황민아 (2014)	27(15)	초3-초5	음운루프	문장바로따라하기_문장단위(김애화 등, 2014)	읽기이해 검사(박경숙 등, 2005)	.15
			음운루프	문장바로따라하기_낱말단위(김애화 등, 2014)	읽기이해 검사(박경숙 등, 2005)	.05
			음운루프	비단어따라하기_단어단위(연구자 자체 개발)	읽기이해 검사(박경숙 등, 2005)	-.24
			음운루프	비단어따라하기_음절단위(연구자 자체 개발)	읽기이해 검사(박경숙 등, 2005)	-.23
황민아 (2016)	57(30)	초2, 초4	음운루프	문장바로따라하기(김애화 등, 2014)	읽기이해 검사(김애화 등, 2014)	.49
			음운루프	비단어따라하기(황민아, 2015)	읽기이해 검사(김애화 등, 2014)	.30
			중앙집행기	읽기폭(고선희 등, 2009)	읽기이해 검사(김애화 등, 2014)	.43

주. *표시는 연구자가 기존 과제를 수정 및 보완한 것임.

2014), 비단어따라하기(이은주, 심현섭, 2003; 임동선, 양윤희, 김신영, 2015; 임동선, 한지윤, 2019; 황민아, 2015), 문장바로따라하기(김애화 등, 2014; 박혜원, 곽금주, 박광배, 1996), 낱말 순서대로 회상하기(김성수, 2003) 등 들려준 정보를 그대로 따라 말하거나 회상하여 말하도록 요구하는 과제로 나타났다. 중앙집행기 과제는 스트룹 검사(임동선, 한지윤, 2019), 숫자거꾸로 따라하기(곽금주 등, 2001; 곽금주 등, 2011; 김애화 등, 2014), 조작폭(곽금주 등, 2011), 읽기폭(고선희, 최경순, 황민아, 2009; 송종용, 1999) 등 정보를 유지하면

서 일부 처리과정을 요구하는 과제인 것으로 나타났다. 작업기억의 시공간 스케치북 하위요소를 측정하기 위한 과제는 매트릭스 과제(백수진, 안성우, 서유경, 신영주 2007; 임동선 등, 2015; 천소연, 임동선, 2017; Logie, Zucco, & Baddeley, 1990)가 주를 이루었고, 아동용 지능검사의 Corsi block 과제(곽금주 등, 2001)를 사용한 연구도 있었다. 그 외에 일화적 완충기 요소를 측정하기 위한 과제로서 단어목록회상하기(천소연, 임동선, 2017)가 사용되는 것으로 나타났다.

앞서 언급한 것처럼 Baddeley와 Hitch(1974)는 작업

기억을 음운루프, 시공간 스케치북, 중앙집행기로 구성된 인지적 체계로 보았고 이후 일화적 완충기 요소를 추가한 개념 모형을 주장하였다(Baddeley, 2000). 이를 토대로 각 연구들을 살펴보면 김신영 등의 연구(2021)만이 4가지 작업기억 하위요소들을 모두 측정하는 과제를 포함하고 있는 것으로 나타났으며, 일화적 완충기를 제외한 3가지 작업기억 하위요소들을 모두 측정하는 연구는 박지은과 안성우(2012), 백수진 등(2007), 안제원, 방희정과 박현정(2013), 정소라와 정동일(2017)의 연구뿐이었다. 그 외에 국내에서 작업기억과 읽기이해 간의 관계를 살펴보고자 한 연구들은 주로 1~2가지의 하위요소만을 가지고 아동의 작업기억 능력을 측정하고 있음을 확인할 수 있었다. 즉 2000년 Baddeley를 통해 음운루프, 시공간 스케치북, 중앙집행기, 일화적 완충기 등 4가지 하위요소로 구성된 작업기억의 이론 모형이 출현한 이후로 아직까지 국내에서는 아동의 작업기억 능력을 측정하기 위한 통합적 접근이 다소 부족한 것을 알 수 있었다.

한편 각 연구에서 아동의 읽기이해 능력을 측정하기 위하여 사용한 과제로는 기초학습검사(박경숙, 윤점룡, 박효정, 1989), 기초학력검사(박경숙, 김계옥, 송영준, 정동영, 정인숙, 2005), 읽기 성취 및 읽기 인지처리 검사(김애화 등, 2014) 등에 포함된 읽기이해 소검사, 단락(이윤경, 2007), 이야기(윤혜련, 2004; 임동선 등, 2020) 글을 통한 읽기이해 과제인 것으로 나타났다.

마지막으로 각 연구에서 보고한 작업기억 및 읽기이해 과제의 신뢰도 계수를 살펴보면 음운루프 과제는 .66에서 .84, 시공간 스케치북 과제는 .66에서 .79, 중앙집행기 과제는 .65에서 .84, 일화적 완충기 과제는 .72, 읽기이해 과제는 .65에서 .95로 나타났다. 타당도의 경우 일부 연구(김신영 등, 2021; 이소은 등, 2010)에서 작업기억 과제의 내용타당도를 살펴본 것을 알 수 있었고, 정소라와 김동일의 연구(2017)에서는 각 과제의 구인타당도를 보고하였는데 작업기억 과제는 .63에서 .81, 읽기이해 과제는 .68에서 .81로 나타났다.

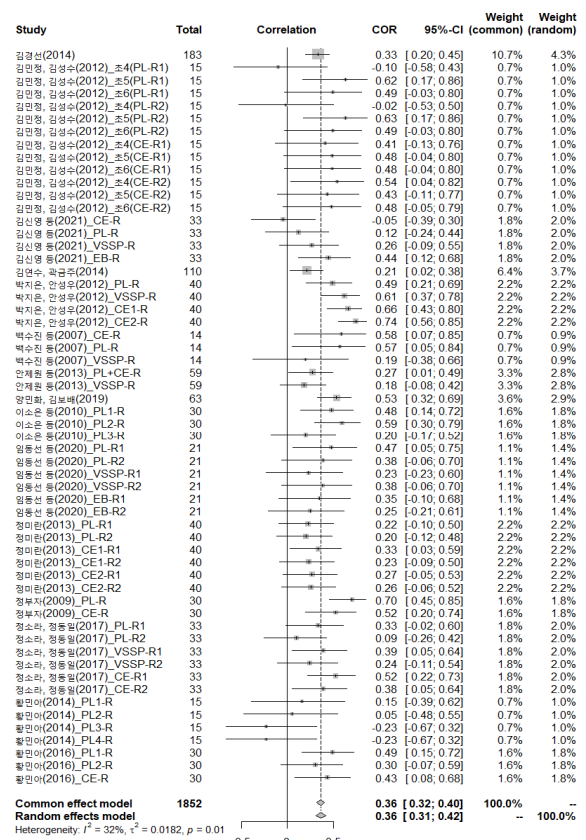
2. 작업기억과 읽기이해 간 상관관계 전체 효과크기

다음으로 작업기억과 읽기이해 간 상관관계를 다른 연구들에 대해 메타분석을 실시하여 전체 효과크기를 산출하였다. 앞서 메타분석에 포함된 연구들 간의 이질성 정도가 중간 정도인 것으로 나타났기에 표 3과 같이 랜덤효과모형에 대한 분석결과를 살펴보았다. 그 결과 일반아동의 작업기억과 읽기이해 간에는 .36(.3087-.4167)의 효과크기가 있는 것으로 나타났으며 이는 중간 정도의 효과크기로 해석할 수 있다(Cohen, 1988).

전체 및 각 연구별 효과크기에 대한 forest plot을 살펴보면 다음 그림 5와 같다.

표 3. 작업기억과 읽기이해 간 상관관계 메타분석 전체 효과크기

	<i>k</i>	<i>r</i>	95% CI		<i>Z</i>	<i>p</i>
			Low	Upper		
random effects model	58	.36	.3087	.4167	11.99	<.0001



주. PL: 음운루프, VSSP: 시공간 스케치북, CE: 중앙집행기, EB: 일화적 완충기, R: 읽기이해, 자세한 과제명은 표 2 참조

그림 5. Forest plot

표 4. 작업기억과 읽기이해 간 상관관계 조절효과 분석

		<i>k</i>	<i>r</i>	95% CI		<i>Q(df)</i>	<i>p</i>
				Low	Upper		
학년	미취학	11	.26	.1403	.3692	6.61(2)*	.0367
	초저	7	.46	.3531	.5557		
	초고	17	.37	.2550	.4708		
	음운루프	26	.32	.2315	.4088	2.49(3)	.4780
작업기억 하위요소	시공간 스케치북	8	.33	.1715	.4660		
	중앙집행기	19	.42	.3260	.5051		
	일화적 완충기	3	.36	.0852	.5844		

* $p < .05$.

3. 작업기억과 읽기이해 간 상관관계 조절효과 분석

본 연구에서는 작업기억과 읽기이해 간 상관관계가 작업기억의 하위요소, 학년 등에 따라 유의한 차이가 나타나는지를 살펴보기 위하여 조절효과 분석을 실시하였다. 작업기억 과제점수를 총합으로 산출한 연구($k = 2$), 연구대상에 초등학교 저학년과 고학년이 모두 포함된 연구($k = 23$)는 조절효과 분석에서 제외하였고 그 결과를 표 4에 제시하였다. 분석결과 작업기억과 읽기이해 간 상관관계의 효과크기는 학년($Q = 6.61$, $df = 2$, $p < .05$)에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 초등학교 저학년을 대상으로 하였을 때 작업기억과 읽기이해 간 상관관계 효과크기가 가장 높았고(.46), 다음으로 초등학교 고학년(.37), 미취학 아동(.26) 순이었다. 한편 작업기억과 읽기이해 간 상관관계의 효과크기는 작업기억의 하위요소에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($Q = 2.49$, $df = 3$, $p > .05$).

IV. 논의 및 결론

본 연구에서는 2022년 12월까지 국내에서 일반아동을 대상으로 작업기억과 읽기이해 간 상관관계를 살펴본 연구들을 수집하여 각 연구의 특성을 확인하고 메타분석을 실시하였다. 이를 위해 PRISMA 및 APA MARS의 문헌 선정 절차를 토대로 분석에 포함될 자료를 선정하였고 연구들 간의 이질성 정도, 출간오류 등을 살

펴본 후에 메타분석의 결과를 해석하였다. 주요 결과를 토대로 논의하면 다음과 같다.

첫째, 작업기억과 읽기이해 간의 상관관계를 살펴본 국내 연구들은 주로 음운루프와 중앙집행기 과제를 통해 아동의 작업기억 능력을 측정하고 있음을 확인할 수 있었다. 1960년대 이후 인지주의 관점이 부상함에 따라 인간이 외부에서 유입된 새로운 정보를 단순히 저장하여 기억하기보다는 짧은 시간 유지하는 동시에 문제해결을 위한 정보들 간의 어떠한 처리과정을 하고 있다는 것이 밝혀졌다. 이러한 작업기억 능력은 다양한 인지과제와 학업적 수행에 영향을 주는 중요한 인지적 체계인 것으로 나타났다. 이후 음운루프, 시공간 스케치북, 중앙집행기, 일화적 완충기 등의 하위요소를 포함한 작업기억의 이론 모형이 제안되었고 이를 토대로 아동의 여러 학업적 기술과 작업기억 능력 간의 관련성을 살펴보려는 연구들이 지속해서 수행돼 왔다(Alloway & Passolunghi, 2011; Friso-van den Bos, Van der Ven, Kroesbergen, & Van Luit, 2013). 작업기억 능력이 부족한 아동의 경우 과제를 해결하는 데 필요한 정보들을 저장하면서 조작하는 것에 힘들어하기 때문에 단어, 문장, 단락 등의 의미를 기억하면서 전체적으로 글을 이해하는 데 어려움을 경험하는 것으로 나타났으며 이는 학습부진아 혹은 학습장애아뿐만 아니라 일반아동에게도 나타나는 것으로 확인되었다(Cain et al., 2004; Pham & Hasson, 2014). 본 연구의 메타분석에 포함된 문헌들을 살펴보면 작업기억이 아동의 읽기이해 능력과 밀접한 관계가 있음을 밝히고자 했으나 아동의 작

업기억 능력을 통합적으로 측정하려는 시도가 부족한 것으로 나타났다. 초기 Baddeley와 Hitch(1974)의 이론 모형을 토대로 음운루프, 시공간 스케치북, 중앙집행기 등의 3가지 요소로써 작업기억 능력을 측정하려는 시도는 박지은과 안성우(2012), 정소라와 정동일(2017)의 연구에서 확인할 수 있었고, 이 이론 모형에 일화적 완충기 요소를 추가한 4가지 요소를 통해 작업기억 능력을 통합적으로 측정한 연구는 김신영 등의 연구(2021)가 유일했다. 이 외에는 주로 숫자 정보에 대한 회상 정도를 측정하고 있는 지능검사의 일부 과제만을 통해 아동의 작업기억 능력을 살펴보는 연구가 많았기 때문에 작업기억의 음운루프 요소와 읽기이해 간의 관련성을 해석하려는 접근이 많은 것을 확인할 수 있었다. 그러나 앞서 언급한 것처럼 작업기억은 음성학적 및 시공간적 정보에 대한 저장기능, 그리고 이 정보들 간의 처리과정을 통제하는 기능을 모두 포함하고 있기 때문에 각각의 기능을 확인할 수 있는 과제들을 통해 아동의 작업기억 능력을 면밀히 살펴볼 필요가 있다. 이를 통해 읽기이해가 작업기억의 어떠한 요소와 관련이 있는지를 구체적으로 확인할 수 있으며 나아가 읽기이해 기술이 부족한 아동에 대한 효과적인 개입 프로그램을 개발하는 데 기여할 수 있을 것이다.

둘째, 작업기억과 읽기이해 간 상관관계 연구에 대한 메타분석을 실시한 결과 전체 효과크기가 약 .36의 중간 정도로 나타났다. 조영희와 정소라(2020)는 학습부진아와 학습장애아를 대상으로 국내에서 수행된 선행연구들을 통해 작업기억과 읽기이해 간에 .38 정도의 효과크기가 있는 것으로 보고했으며, Peng 등의 연구(2018)에서는 초등학교생의 작업기억 과제수행과 읽기 간에 .29의 효과크기가 있음을 보고한 바 있어 본 연구의 결과와 유사한 것을 알 수 있다. 작업기억의 개념적 정의에 대해 합의된 바는 그것이 저장과 처리 기능 모두를 포함하는 역동적 체계라는 점이다. 이에 작업기억 기술은 다양한 유형의 정보를 다루는 과제수행에 영향을 미치고 아동의 학습과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고된다(Gathercole & Alloway, 2008; Swanson & Alloway, 2012). 특히 작업기억은 읽은 내용의 정보를 자신이 가진

사전지식과 통합하는 능력과 관련이 있기에(Daneman & Merikle, 1996), 선행연구에서는 작업기억 성장의 문제가 이후 아동의 읽기 수행에 영향을 주거나(Swanson & Jerman, 2007) 읽기이해력의 부족을 야기시키는 주요 원인으로서 작업기억 능력의 결핍을 언급하기도 하였다(DeMarie & Lopez, 2013). 국내에서는 주로 학습부진아 혹은 학습장애아를 대상으로 수행되어왔다는 점을 고려해봤을 때, 본 연구에서 실시한 메타분석의 결과는 일반아동에게도 작업기억 능력이 읽기이해와 어느 정도 밀접한 관련이 있음을 밝혀준 것으로 볼 수 있다.

셋째, 작업기억과 읽기이해 간 상관관계의 효과크기에서 학년 집단이 유의한 조절변인이 된다는 것과 초등학교 저학년 집단에서 상관관계 효과크기가 가장 크게 나타난 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 작업기억과 읽기이해 간의 상관 정도가 학년(연령)에 따라 달라질 수 있음을 밝힌 선행연구의 결과와 일치한다(조영희, 정소라, 2020; Peng et al., 2018). 또한 상대적으로 학령기 후반에 비해 학령기 전반 아동의 작업기억이 모든 읽기 기술과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고된 바 있으며(Spiegel et al., 2021), 다른 시기보다 초등학교 저학년 시기에 실시한 작업기억 훈련이 읽기 능력에 가장 큰 영향을 줄 수 있다는 주장(Peng & Miller, 2016)과 맥을 같이 한다고 볼 수 있다. 앞서 기술한 내용을 살펴보면 분석대상에 포함된 연구들은 작업기억 능력을 측정하는데 주로 음운루프와 중앙집행기 과제를 사용하고 있었다. 특히 숫자, 문장, 비단어 등의 음성학적 정보를 바로 따라 하도록 요구하는 음운루프 과제의 특성은 언어처리가 포함되어 있고 이러한 속성이 주로 초등학교 저학년의 읽기이해 수행을 예측하는 변인으로 보고된 바 있어(김애화 등, 2010), 본 연구에서 작업기억과 읽기이해의 상관관계 효과크기가 상대적으로 초등학교 저학년 집단에서 높게 나타났을 가능성이 있다. 한편 미취학 아동의 작업기억과 읽기이해의 관련성이 비교적 낮게 나타난 것은 음운루프, 시공간 스케치북, 중앙집행기로 구성된 작업기억의 3요소 체계가 6세 때 형성된다는 주장(Gathercole et al., 2004)에 비추어보았을 때 6세 이하 아동의 작업기억

기술이 완전히 발달하지 않았기 때문에 해석해볼 수 있다. 반면 본 연구에서 작업기억 하위요소에 따른 작업기억과 읽기이해 간 상관관계의 효과크기는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. Peng 등의 메타분석 연구(2018)에서는 작업기억 하위요소의 조절 효과가 유의하게 나타났는데 해당 연구에서의 작업기억 하위요소 구분이 본 연구의 이론 모형과 다르고 읽기이해 외에 다른 읽기 기술을 포함하고 있다는 점에서 차이가 있었다. 이러한 내용을 바탕으로 앞으로의 후속 연구들이 다양한 작업기억 요소를 측정하는 과제를 포함하고, 여러 학년 집단을 대상으로 하여 지속적으로 수행된다면 아동의 작업기억과 읽기이해와의 관계에서 영향을 줄 수 있는 조절변인을 좀 더 면밀히 확인하고 해석해볼 수 있을 것이다.

이상의 결과를 토대로 본 연구의 의의를 제시하면 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서는 작업기억과 읽기이해 간 상관관계의 효과크기를 학습부진아동이나 학습장애아동이 아닌 일반아동을 중심으로 살펴보고자 하였기에 실제적 측면에서 의의가 있다고 볼 수 있다. 상대적으로 국내에 비해 국외에서는 학습능력에 결핍이 있는 아동만큼이나 일반아동을 대상으로 작업기억 능력과 다양한 학업적 과제수행 간의 관련성을 살펴보는 시도가 많았다. 이는 작업기억 능력이 실제 학교 현장이나 여러 학습장면에 놓여있는 모든 아동에게 중요하고 특히 복잡한 인지과제를 수행하는 데 관여하는 중요한 요소이기 때문이다. 최근 작업기억을 포함한 훈련에 초점을 둔 교육 프로그램이 읽기이해 능력 향상에 도움이 되었다는 연구들이 보고됨에 따라(Carretti, Borella, Elosúa, Gómez-Veiga, & García-Madruga, 2017; Peng & Goodrich, 2020) 이러한 인지적 교육 개입의 관심과 필요성은 더욱 증대될 것이다. 이에 본 연구의 결과는 인지적 문제해결에 특별한 어려움을 겪고 있는 장애아동 뿐만 아니라 일반아동을 대상으로 한 작업기억의 개입이 읽기이해 기술을 향상시키는데 도움이 될 수 있음을 나타내는 근거자료로 활용될 수 있다. 둘째, 아동의 읽기이해가 어떠한 작업기억 요소와 관련이 있는지 구체적으로 살펴보기 위해서는 음운루프를 포함

한 여러 작업기억의 하위요소를 통합적으로 측정할 필요가 있을 것이다. 이와 관련하여 국내의 연구동향 분석에서는 작업기억의 하위체계에 따른 과제를 사용하여 각각의 특성을 확인할 필요가 있음을 언급한 바 있고(김우리, 고은영, 2015), 작업기억 측정에 있어 다양한 기억 과제를 포함하여 하위요소별로 읽기이해와의 관련성을 탐색해야 한다는 주장이 보고되기도 하였다(임동선 등, 2020; 정미란, 2013). 작업기억 능력을 하위요소에 따라 확인하려는 시도는 작업기억 능력의 증진을 통해 또 다른 학업적 수행에 긍정적인 향상을 도모하기 위한 것이다. 이는 현재 아동이 작업기억의 어떠한 기능에서 어려움을 경험하고 있는지를 구체적으로 살펴볼 수 있게 해 준다는 점에서 중요하다. 나아가 이러한 시도는 학업 성과를 높이기 위한 인지적 개입 프로그램을 구축하는데 작업기억의 여러 기능을 고려할 필요가 있음을 밝히는 근거가 될 수 있다. 마지막으로 작업기억 하위요소들을 모두 측정할 수 있는 표준화된 검사도구를 개발할 필요가 있다. 아직까지 국내에서 사용하고 있는 작업기억 과제는 주로 웨슬러 지능검사 등의 소검사로써 일부 요소만을 측정하는데 국한되어 있기 때문에, 모든 아동에게 적용할 수 있고 작업기억의 모든 하위요소들을 측정할 수 있는 표준화된 검사도구가 개발될 필요가 있을 것이다.

본 연구의 제한점을 기술하고 이를 토대로 후속 연구를 위해 제언하면 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서는 일반아동을 중심으로 작업기억과 읽기이해 간 상관관계의 효과크기를 살펴보았으나 주로 국내에서 학습부진아 혹은 학습장애아를 대상으로 한 연구가 수행되었다는 점에서 일반아동과 학습부진아를 대상으로 한 연구를 비교하여 살펴볼 수 있는 분석이 필요할 수 있다. 이를 통해 작업기억과 읽기이해 간 관계에 영향을 주는 조절변인이 일반아동 집단과 학습부진아 집단에서 각각 다르게 나타나는지도 확인해볼 수 있을 것이다. 둘째, 아동 이외의 학령기를 대상으로 수행된 연구를 분석자료에 포함하여 작업기억과 읽기이해 간의 관계를 좀 더 통합적으로 이해해볼 수 있는 시도가 필요할 것이다. 본 연구에서는 읽기 능력이 학령기 전후로 발

달한다는 점을 고려하는 한편 읽기 기술에 어려움을 경험하는 아동을 미리 선별하여 필요한 교육적 개입을 하는데 기초자료를 제공할 수 있도록 학령기 전후 아동을 대상으로 한 연구물을 수집하여 메타분석을 실시하였다. 그러나 중학생, 고등학생 등 학교 현장에 놓여 있는 다양한 연령 집단의 학습자를 대상으로 수행된 연구를 포괄적으로 살펴본다면 작업기억과 읽기이해 간의 관계를 학습자 특성을 고려하여 이해해보고 실제적 측면에서 도움을 줄 수 있는 근거를 마련할 수 있을 것이다. 이를 위해서는 작업기억과 학업적 과제수행과의 관련성을 미취학 및 초기 학령기뿐만 아니라 후기 학령기 집단을 대상으로 살펴보려는 다수의 시도들이 뒷받침되어야 할 것이다.

본 연구에서는 일반아동을 대상으로 작업기억과 읽기이해 간의 상관관계를 살펴본 국내 연구를 통해 두 변인 간의 관련성을 통합적으로 해석함으로써 이를 토대로 실제적 측면에서 줄 수 있는 의의를 확인하고자 하였다. 본 연구의 메타분석 결과가 읽기이해 과제수행에 어려움을 경험하는 아동에게 작업기억 능력을 증진하기 위한 개입이 도움이 될 수 있다는 것을 확인시켜 주는 중요한 기초자료로 활용되기를 기대해본다.

참고문헌

(*)는 메타분석에 포함된 논문임.

고선희, 최경순, 황민아 (2009). 읽기 폭 과제로 측정한 정상 아동의 작업기억 발달. *언어청각장애연구*, 14(3), 303-312.

곽금주, 박혜원, 김청택 (2001). *한국 웨슬러 아동 지능검사 3판*. 서울: 도서출판 특수교육.

곽금주, 오상우, 김청택 (2011). *한국 웨슬러 아동 지능검사 4판*. 서울: 학지사 심리검사연구소.

김경선 (2013). The relation between reading comprehension and the reading related skills of students at risk for reading disabilities. *서울대학교 대학원 박사학위논문*.

*김경선 (2014). 읽기 저성취 아동의 읽기이해점검과 읽기이해와의 관계 분석. *학습자중심교과교육연구*, 14(11), 221-238.

김동일, 신종호 (2003). *ACCENT: 인지-학업성취종합검사*. 서울대학교 교육연구소.

*김민정, 김성수 (2012). 초등학교 고학년 아동의 기능적 작업기억과 텍스트 추론 간의 관련성. *언어치료연구*, 21(4), 107-122. <https://doi.org/10.15724/jslhd.2012.21.4.007>

김성수 (2003). 단순언어장애 아동의 기능적 작업기억과 낱말 습득 특성. *단국대학교 대학원 박사학위논문*.

*김신영, 한지아, 임동선 (2021). 학령전기 아동들의 이야기 이해 및 이야기 문법 산출 능력과 실행기능의 관계. *한국심리학회지: 발달*, 34(2), 61-86. <https://doi.org/10.35574/KJDP.2021.6.34.2.61>

김애화, 김의정, 황민아, 유현실 (2014). 읽기 성취 및 읽기 인지처리능력 검사(Reading Achievement & Reading Cognitive Processes Ability; RA-RCPP). 서울: 학지사.

김애화, 유현실, 황민아, 김의정, 고성룡 (2010). 초등학생의 읽기이해 능력 예측변인에 관한 연구. *언어청각장애연구*, 15(3), 357-380.

*김연수, 곽금주 (2014). 4세 실행기능과 6세 읽기 능력간 관련성: 단기종단적 탐색. *한국심리학회지: 발달*, 27(2), 23-40.

김우리, 고은영 (2015). 작업기억과 학습의 관계: 장애(위험군) 학생을 대상으로 한 작업기억 연구 분석. *학습장애연구*, 12(1), 91-117.

노성임 (2004). *서울지역 1학년 아동의 읽기 능력*. 한림대학교 사회복지대학원 석사학위논문.

박경숙, 김계옥, 송영준, 정동영, 정인숙 (2005). *기초학력검사(KISE-BATT)*. 안산: 국립특수교육원.

박경숙, 윤점룡, 박효정 (1989). *기초학습기능검사*. 서울: 한국교육개발원.

*박지은, 안성우 (2012). 수학 학습부진아동과 일반아동의 읽기능력과 작업기억 특성 비교. *특수아동교육연구*, 14(3), 479-499. <https://doi.org/10.21075/kacs.2012.14.3.479>

박혜원, 곽금주, 박광배 (1996). *한국 웨슬러 유아지능검사*. 서울: 도서출판 특수교육.

*백수진, 안성우, 서유경, 신영주 (2007). 읽기장애아동과 일반아동의 작업기억 특성 비교 연구. *정서·행동장애연구*, 23(3), 265-300.

송중용 (1999). *한글 읽기장애 아동의 작업기억 특성*. 서울대학교 대학원 박사학위논문.

신미경, 김우리 (2019). 수학 문장제 문제해결력과 작업기억 간 상관관계에 대한 메타분석. *특수교육학연구*, 54(1), 61-89. <https://doi.org/10.15861/kjse.2019.54.1.61>

*안제원, 방희정, 박현정 (2013). 초등학교 고학년 아동의 빠른 이름대기 및 실행기능과 읽기능력 간의 관계. *한국심리학회지: 발달*, 26(1), 85-102.

*양민화, 김보배 (2019). 읽기이해 예측지표에서 나타나는 난독현상 경험 아동과 일반아동의 차이점 연구. *직문연구*, 40, 77-110. <https://doi.org/10.31565/korow.2019.40.003>

윤혜경 (1997). *한글획득에서 '글자읽기' 단계에 대한 연구*.

- 인간발달연구, 4(1), 66-75.
- 윤혜련 (2004). '다시말하기'를 통해 본 학령기 단순언어장애아동의 이야기 이해 및 산출 특성. 이화여자대학교 대학원 박사학위논문.
- *이소은, 이윤경, 조미라 (2010). 초등학교 저학년 아동의 단락듣기 이해와 작업기억 능력 간의 관계. *Communication Sciences and Disorders*, 15(1), 56-65.
- 이윤경 (2007). 학령기 언어검사 도구 개발: 타당도와 신뢰도 분석을 중심으로. *Communication Sciences and Disorders*, 12(4), 569-586.
- 이은주, 심현섭 (2003). 무의미 음절 따라 말하기를 통한 단순조음음운장애아동과 정상아동의 음운기억 수행 능력 비교연구. *언어청각장애연구*, 8(2), 127-145.
- 임동선, 양윤희, 김신영 (2015). 단순언어장애 아동과 일반 아동의 작업기억 제시방식 및 과제유형에 따른 수행능력 비교. *Communication Sciences & Disorders*, 20(1), 13-23. <https://doi.org/10.12963/csd.15230>
- 임동선, 한지윤 (2019). 언어발달지체 아동의 음운루프, 시·공간 잡기장, 일화적 완충기, 억제기능과 문법 능력 간의 관계. *특수교육학연구*, 54(2), 183-204. <https://doi.org/10.15861/kjse.2019.54.2.183>
- *임동선, 홍소라, 송민섭, 채미선, 김효실, 김신영 (2020). 학령전기 언어발달지체 아동과 일반 아동의 이야기 이해 능력과 작업기억과의 관계. *언어치료연구*, 29(4), 57-70. <https://doi.org/10.15724/jslhd.2020.29.4.057>
- *정미란 (2013). 초등학교 3-6학년 읽기이해부진학생의 읽기이해력 예측변인 탐색. *학습장애연구*, 10(3), 79-103.
- *정부자 (2009). 초등학교 저학년 읽기부진 아동의 읽기관련 변인에 관한 연구. *재활복지*, 13(2), 313-327.
- *정소라, 김동일 (2017). 시각장애 아동의 읽기 이해와 작업기억의 특성 분석 : 정안 아동과의 비교를 중심으로. *시각장애연구*, 33(4), 1-21. <https://doi.org/10.35154/kjvi.2017.33.4.1>
- 조영희, 정소라 (2020). 작업기억과 읽기이해 간 상관관계 메타분석. *특수교육*, 19(3), 5-29. <https://doi.org/10.18541/ser.2020.08.19.3.5>
- 조재훈 (2020). 메타분석의 이론과 실제. *Journal of Rhinology*, 27(2), 83-89. <https://doi.org/10.18787/jr.2020.00320>
- 천소연, 임동선 (2017). 단어목록 회상을 통한 언어발달지체 아동과 일반아동의 덩이짓기 능력 연구. *Communication Sciences & Disorders*, 22(2), 233-244. <https://doi.org/10.12963/csd.17374>
- *황민아 (2014). 읽기이해부진 아동의 작업기억 특성: 문장 따라말하기 및 비단어 따라말하기 검사를 중심으로. *학습장애연구*, 11(1), 53-72.
- 황민아 (2015). 일반아동의 비단어 따라말하기. *Communication Sciences & Disorders*, 20(3), 374-385. <https://doi.org/10.12963/csd.15254>
- *황민아 (2016). 초등학교 2, 4학년 읽기부진 아동의 언어성 작업기억: 비단어 따라말하기, 문장 따라말하기 및 읽기 폭 검사를 중심으로. *학습장애연구*, 13(3), 19-47.
- 황성동 (2015). R를 이용한 메타분석. 서울: 학지사.
- Adams, A. M., Simmons, F., & Willis, C. (2015). Exploring relationships between working memory and writing: Individual differences associated with gender. *Learning and Individual Differences*, 40, 101-107. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.04.011>
- Alloway, T. P. (2010). Working memory and executive function profiles of individuals with borderline intellectual functioning. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(5), 448-456. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2788.2010.01281.x>
- 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(1), 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.11.003>
- Alloway, T. P., & Passolunghi, M. C. (2011). The relationship between working memory, IQ, and mathematical skills in children. *Learning and Individual Differences*, 21(1), 133-137. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.09.013>
- Appelbaum, M., Cooper, H., Kline, R. B., Mayo-Wilson, E., Nezu, A. M., & Rao, S. M. (2018). Journal article reporting standards for quantitative research in psychology: The APA publications and communications board task force report. *American Psychologist*, 73(1), 3-25. <https://doi.org/10.1037/amp0000191>
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A. D. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 63, 1-29. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-89). NY: Academic Press.
- Baddeley, A. D., & Logie, R. H. (1999). Working memory: The multiple-component model. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 28-61). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174909.005>
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to meta-analysis*. Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470743386>
- Cain, K., Oakhill, J., & Bryant, P. (2004). Children's reading comprehension ability: Concurrent prediction by working memory, verbal ability, and component skills. *Journal of Educational Psychology*, 96(1), 31-42.

- <https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.1.31>
- Carretti, B., Borella, E., Cornoldi, C., & De Beni, R. (2009). Role of working memory in explaining the performance of individuals with specific reading comprehension difficulties: A meta-analysis. *Learning and Individual Differences*, 19(2), 246-251. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2008.10.002>
- Carretti, B., Borella, E., Elosúa, M. R., Gómez-Veiga, I., & García-Madruga, J. A. (2017). Improvements in reading comprehension performance after a training program focusing on executive processes of working memory. *Journal of Cognitive Enhancement*, 1(3), 268-279. <https://doi.org/10.1007/s41465-017-0012-9>
- Chall, J. S. (1983). *Stages of reading development*. NY: McGraw-Hill.
- Christopher, M. E., Miyake, A., Keenan, J. M., Pennington, B., DeFries, J. C., Wadsworth, S. J., Willcutt, E., & Olson, R. K. (2012). Predicting word reading and comprehension with executive function and speed measures across development: a latent variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(3), 470-488. <https://doi.org/10.1037/a0027375>
- Chrysochoou, E., Bablekou, Z., & Tsigilis, N. (2011). Working memory contributions to reading comprehension components in middle childhood children. *The American Journal of Psychology*, 124(3), 275-289. <https://doi.org/10.5406/amerjpsyc.124.3.0275>
- Clearman, J., Klinger, V., & Szűcs, D. (2017). Visuospatial and verbal memory in mental arithmetic. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 70(9), 1837-1855. <https://doi.org/10.1080/17470218.2016.1209534>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cowan, N. (2017). The many faces of working memory and short-term storage. *Psychonomic Bulletin & Review*, 24(4), 1158-1170. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1191-6>
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19(4), 450-466. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(80\)90312-6](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(80)90312-6)
- Daneman, M., & Merikle, P. M. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3(4), 422-433. <https://doi.org/10.3758/BF03214546>
- De Abreu, P. M. J. E., Gathercole, S. E., & Martin, R. (2011). Disentangling the relationship between working memory and language: The roles of short-term storage and cognitive control. *Learning and Individual Differences*, 21(5), 569-574. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2011.06.002>
- DeMarie, D., & Lopez, L. M. (2013). Memory in schools. In P. J. Bauer, & R. Fivush (Eds.), *The wiley handbook on the development of children's memory* (Vol. 2, pp. 836-864). Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118597705.ch36>
- Egger, M., Smith, G. D., Schneider, M., & Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ*, 315(7109), 629-634. <https://doi.org/10.1136/bmj.315.7109.629>
- Friso-van den Bos, I., Van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 10, 29-44. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.05.003>
- Gagne, E. D., Yekovich, C. W., Yekovich, F. R. (2005). 인지심리와 학교학습. 이용남 외(역). 파주: 교육과학사. (원문 발간일, 1993)
- Gathercole, S. E., & Alloway, T. P. (2008). *Working memory and learning: A practical guide*. London: Sage.
- Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2000). Working memory deficits in children with low achievements in the national curriculum at 7 years of age. *British Journal of Educational Psychology*, 70(2), 177-194. <https://doi.org/10.1348/000709900158047>
- 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), 177-190. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.2.177>
- Gathercole, S. E., Woolgar, F., Kievit, R. A., Astle, D., Manly, T., Holmes, J., & CALM Team. (2016). How common are WM deficits in children with difficulties in reading and mathematics? *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 5(4), 384-394. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2016.07.013>
- Glass, G. V. (1976). Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational Researcher*, 5(10), 3-8. <https://doi.org/10.3102/0013189X005010003>
- Higgins, J. P., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ*, 327(7414), 557-560. <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557>
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 637-671. <https://doi.org/10.3758/BF03196323>
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlstrom, 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(2), 177-186.
<https://doi.org/10.1097/00004583-200502000-00010>
- Logie, R. H., Zucco, G., & Baddeley, A. D. (1990). Interference with visual short-term memory. *Acta Psychologica*, 75(1), 55-74. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(90\)90066-O](https://doi.org/10.1016/0001-6918(90)90066-O)
- McCray, A. D., Vaughn, S., & Neal, L. V. I. (2001). Not all students learn to read by third grade: Middle school students speak out about their reading disabilities. *The Journal of Special Education*, 35(1), 17-30. <https://doi.org/10.1177/002246690103500103>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Journal of Clinical Epidemiology*, 62, 1006-1012.
<https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>
- National Reading Panel (US), National Institute of Child Health, & Human Development (US). (2000). *Teaching children to read: An evidence-based assessment of the scientific research literature on reading and its implications for reading instruction: Reports of the subgroups*. National Institute of Child Health and Human Development, National Institutes of Health.
- Peng, P., Barnes, M., Wang, C., Wang, W., Li, S., Swanson, H. L., Dardick, W., & Tao, S. (2018). A meta-analysis on the relation between reading and working memory. *Psychological Bulletin*, 144(1), 48-76.
<https://doi.org/10.1037/bul0000124>
- Peng, P., & Goodrich, J. M. (2020). The cognitive element model of reading instruction. *Reading Research Quarterly*, 55, S77-S88. <https://doi.org/10.1002/rrq.336>
- Peng, P., & Miller, A. C. (2016). Does attention training work? A selective meta-analysis to explore the effects of attention training and moderators. *Learning and Individual Differences*, 45, 77-87.
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.11.012>
- Peng, P., & Swanson, H. L. (2022). The domain-specific approach of working memory training. *Developmental Review*, 65, 101035.
<https://doi.org/10.1016/j.dr.2022.101035>
- Pham, A. V., & Hasson, R. M. (2014). Verbal and visuospatial working memory as predictors of children's reading ability. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 29(5), 467-477. <https://doi.org/10.1093/arclin/acu024>
- Savage, R., Lavers, N., & Pillay, V. (2007). Working memory and reading difficulties: What we know and what we don't know about the relationship. *Educational Psychology Review*, 19(2), 185-221.
<https://doi.org/10.1007/s10648-006-9024-1>
- Spiegel, J. A., Goodrich, J. M., Morris, B. M., Osborne, C. M., & Lonigan, C. J. (2021). Relations between executive functions and academic outcomes in elementary school children: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 147(4), 329-351. <https://doi.org/10.1037/bul0000322>
- Stevenson, C. E., Bergwerff, C. E., Heiser, W. J., & Resing, W. C. (2014). Working memory and dynamic measures of analogical reasoning as predictors of children's math and reading achievement. *Infant and Child Development*, 23(1), 51-66. <https://doi.org/10.1002/icd.1833>
- Swanson, H. L. (1993). Working memory in learning disability subgroups. *Journal of Experimental Child Psychology*, 56(1), 87-114. <https://doi.org/10.1006/jecp.1993.1027>
- Swanson, H. L., & Alloway, T. P. (2012). Working memory, learning, and academic achievement. In K. R. Harris, S. Graham, & T. Urdan (Eds.), *APA Educational psychology handbook* (Vol. 1, pp. 327-366). Washington DC: American Psychological Association.
<https://doi.org/10.1037/13273-012>
- Swanson, H. L., & Jerman, O. (2007). The influence of working memory on reading growth in subgroups of children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96(4), 249-283.
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2006.12.004>