

## 실행 기능과 읽기 발달: 억제 및 전환 능력은 어떻게 읽기 발달에 관여하는가?\*

주 나 래

최 영 은<sup>†</sup>

중앙대학교 심리학과

읽기 발달의 개인차에 기여하는 요인들은 매우 다양하다. 최근에는 실행 기능이 읽기 발달의 개인차에 관여하는 주요 변인이라는 연구들이 보고되면서 읽기 능력의 발달에 있어 실행 기능의 역할이 새롭게 조명되고 있다. 본고에서는 읽기 발달에 실행 기능 중에서도 억제 능력과 전환 능력이 구체적으로 연령에 따라 어떻게 기여하는지를 학령기와 학령전기로 나누어 검토하였다. 특히, 읽기 발달과 관련성을 가진 것으로 보고된 억제와 전환 능력들의 측정 방식을 세밀히 검토하여 구체적으로 읽기와 관련된 실행 기능의 요소와 개념을 검토하였다. 이와 더불어 구어 이해의 경로를 통해 실행 기능이 읽기에 미치는 간접적 영향도 함께 살펴 보았다. 그리고 실행 기능 향상 프로그램들의 효과를 검증한 연구들의 개괄을 통해 실행 기능 향상을 통한 읽기 및 언어 이해 향상의 방안을 모색하고, 관련하여 필요한 추후 연구들을 제안하였다.

주요어 : 실행 기능, 작업 기억, 억제 능력, 전환 능력, 읽기 발달, 언어 발달, 훈련

---

\* 이 연구는 2013년도 정부재원(교육과학기술부 인문사회연구역량강화사업비)으로 한국연구재단의 지원(NRF-2013S1A3A2054928) 및 2013년도 중앙대학교 신입생 성적 우수 장학금의 지원을 받아 연구되었음.

† 교신저자: 최영은, 중앙대학교 심리학과, E-mail: yochoi@cau.ac.kr

현대 사회에서 읽기는 매우 중요한 요소이다. 우리는 매일 수많은 읽을거리를 접하며 읽기를 통해 정보를 습득한다. 읽기 능력이 뛰어난 사람은 자신에게 필요한 정보를 더욱 쉽게 선택할 수 있을 뿐만 아니라 동일한 시간에 더 많은 정보를 얻을 수 있다. 이러한 맥락에서 아동의 읽기 능력 습득은 큰 함의를 지닌다. 어린 시절에 읽기 능력이 뛰어난 아동일수록 학령기에 접어들어서 더욱 읽기를 잘할 가능성이 높고(이기숙, 김순환, 정종원, 2011; 이기숙, 김순환, 정종원, 김민정, 2013), 학령기 읽기 능력은 국어를 포함한 수학, 사회, 자연 과목의 학업 성취에 영향을 미친다(조증열, 이임숙, 2004).

#### 읽기 발달의 개인차에 기여하는 요소들

읽기 능력 발달의 개인차에는 다양한 변인들이 연관되어 있다. 연령에 따라 그 기여도는 달라지지만 주로 음운적 처리, 형태소 인식, 어휘력과 같은 언어 능력 등이 읽기 능력 발달의 개인차에 영향을 미치는 요소들이다(박순길, 조증열, 유영미, 2013; 이임숙, 조증열, 2003; 조증열, 2011; 조증열, 배성봉, 박혜원, 박순길, 2012; Cho & McBride-Chang, 2005; Cho, McBride-Chang, & Park, 2008; Chung & McBride-Chang, 2011; Dixon, LeFevre, & Twilley, 1988; Kim, 2011).

음운적 처리는 구어와 문어를 처리할 때 음운적 정보를 활용하는 능력으로(Wagner & Torgesen, 1987), 말소리의 여러 유형과 단위를 지각하고 이를 조작할 수 있는 음운인식 능력(phonological awareness), 음운 정보를 저장하는 언어적 단기 기억(verbal short-term memory), 철자, 숫자, 사물 등의 이름을 정확하고 빠르게

말할 수 있는 명명속도(naming speed 혹은 빠른 자동 이름대기, rapid automatized naming) 등이 이 능력에 포함된다(김애화, 유현실, 김의정, 2010; 조증열, 2011). 특히, 음운 인식 능력은 중국어와 영어 읽기(McBride-Chang & Kail, 2002)만이 아니라 한글 읽기 능력을 예측하는 중요한 요인이다. 한글 읽기에서는 음운 인식 능력의 하위 단위인 음소뿐만 아니라 음절 인식능력도 읽기 능력을 유의하게 예측한다고 한다(김현자, 조증열, 2011; Cho & McBride-Chang, 2005; Cho et al., 2008).

형태소 인식 능력은 의미의 최소 단위인 형태소에 대해 인식하고, 형태소를 조작할 수 있는 능력을 말한다(Chung & McBride-Chang, 2011). 형태소 인식 또한 한글 읽기에 중요하며(박순길 외, 2013; Cho et al., 2008; McBride-Chang et al., 2005), 형태소 인식의 중요성은 학령 전기에서 학령기로 갈수록 증대한다고 한다(조증열, 2011).

이러한 문해 능력과 관련된 요소 외에도 보편적인 인지-지각-운동 능력의 개인차도 읽기 발달이나 능력의 개인차에 기여한다고 알려져 있다. 예를 들면, 낱자의 어디에 점이 있는지 등을 파악하여 정확히 문자를 인식할 수 있는 시지각 능력이나(박순길 외, 2013; 박보라, 최예린, 2014; 조증열, 2011; 조증열 외, 2012), 글자나 그림을 그리고 쓰는 것과 관련 있는 시각운동 능력(visuomotor skills, Becker, Miao, Duncan, & McClelland, 2014; Grissmer et al., 2010) 등도 읽기 발달의 개인차에 기여한다고 보고되었다.

그러나 시지각 능력이나 시각운동 능력보다 주요한 영향을 끼치는 것으로 가장 많이 주목받고 연구되어 온 요인은 작업 기억(working memory)이다. 더 많은 정보를 기억할 수 있는

능력은 예전의 개념과 새로운 개념을 결합 하여야 하거나 그 관계를 이해해야 할 때에나, 모호한 표현들에 대해 모호함이 해결될 때까지 한 가지 이상의 해석을 계속 기억해야 할 때에도 주요한 역할을 하기 때문이다 (Daneman & Tardif, 1987; Siegler & Alibali, 2005).

가장 널리 알려진 Baddeley(1992)의 작업 기억 모델에 따르면, 작업 기억은 중앙집행자(central executive), 시공간 잡기장(visuospatial sketch pad), 음운 루프(phonological loop)로 구성되어 있다. 중앙집행자는 주의 자원을 통제하는 역할을 하고, 시공간 잡기장은 시각 정보를 저장하고 통제하며, 음운 루프는 언어적 정보를 저장하고 인출하는 역할을 한다. 작업 기억 용량은 연령에 따라 증가하며, 작업 기억 용량이 증가할수록 더욱더 많은 정보를 처리할 수 있다(고선희, 최경순, 황민아 2009; 안성우, 서유경, 김유, 2011; Siegel & Ryan, 1989).

작업 기억은 성인의 통사적 처리, 의미적 처리, 단어 의미 처리 능력과 연관되어 있다고 보고되었다(조명한, 1997). 한꺼번에 많은 정보를 저장하고 처리할 수 있는 능력을 갖추고 있는 사람은 문법적으로 더 복잡한 문장을 잘 이해할 수 있고, 여러 의미를 가진 단어를 능숙하게 처리할 수 있기 때문이다. Daneman (1991)은 문장을 만들 때 관여하는 작업 기억의 용량을 측정하기 위한 말하기 폭 과제(speaking span test)와 문장을 이해할 때 관여하는 작업 기억 용량을 측정하기 위한 읽기 폭 과제(reading span test)를 사용하여, 구어 유창성과 작업 기억이 연관이 있다는 것을 밝혔다. 뿐만 아니라, 단순히 정보의 저장만을 측정하는 단어, 숫자외우기 과제보다 정보의 저장과 처리를 함께 측정하는 읽기 폭, 듣기 폭 과제

가 이해력과 더 큰 상관이 있음을 제시하였다 (Daneman & Merikle, 1996).

마찬가지로 학령기 아동의 작업 기억은 읽기 이해력에 고유한 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Borella & Ribaupierre, 2014; Cain, Oakhill, & Bryant, 2004). 특히, 읽기 이해력의 개인차를 많은 부분 설명하는 것으로 알려진 아동의 어휘력이나 단어 식별 능력을 제외하고도 작업 기억은 고유하게 읽기 이해력을 예측하는 요인인 것으로 나타났다(Cain et al., 2004). 우리나라 초등학교 4학년 아동을 대상으로 작업 기억과 읽기 유창성의 관계를 연구한 안제원, 방희정과 박현정(2013)의 연구에서도 똑바로 숫자 외우기(forward digit span task)와 거꾸로 숫자 외우기(backward digit span task)로 측정된 작업 기억 능력이 유의하게 아동의 읽기 유창성을 예측하는 것으로 나타났다.

#### 작업 기억 용량 대 정보 억제/조절 능력: 실행 기능의 개념

이와 같이 작업 기억의 크기가 읽기 이해력의 발달에 기여한다는 결과들은 다양한 연령층의 연구에서도 검증, 보고되었다(예, Siegel, 1994; Swanson, 1996 등). 그러나 흥미롭게도 Hasher와 Zacks(1988)는 작업 기억의 개인차는 단기 기억처럼 단순히 저장되는 정보의 양의 차이에서 비롯되기 보다는 불필요한 정보를 억제하는 능력의 영향을 받는다고 제안하였다(억제 기반 모형, Inhibition-based model). 특히, 이들은 성인과 노인을 비교하였을 때 노인이 작업 기억 과제에서 더 낮은 수행을 보이는 것은 노인의 작업 기억 용량이 더 작기 때문이 아니라, 나이를 먹을수록 억제 능력이 저

하되기 때문이라고 설명하였다(Lustig, May, & Hasher, 2001).

한국 성인을 대상으로 한 유현주, 김미라와 이정모(2006)의 연구에서도 작업 기억에 따른 개인차가 단순 저장량의 차이보다는 억제 능력의 차이에 기인한다는 결과가 있었다. 이들의 연구에서는 작업 기억이 큰 집단은 과제와 관련 없는 정보에 비해 과제와 관련 있는 정보를 더 빠른 시간에 인출 하였으나, 작업 기억이 작은 집단은 두 정보를 인출하는 시간에 유의한 차이가 없었다. 뿐만 아니라 아동에게서도 성인과 마찬가지로 억제 능력이 작업 기억에 영향을 끼친다는 관찰 결과도 있었다(김성현, 2012). 만 5세 아동에게 회상 과제를 주었을 때 작업 기억 폭이 큰 집단의 아동은 작업 기억 폭이 작은 집단의 아동보다 더 많은 물건을 기억하였다. 그러나 작업 기억 폭이 큰 집단에서 억제 능력이 낮은 집단은 억제 능력이 높은 집단보다 더 적은 개수를 회상하였다. 흥미로운 점은 억제 능력이 높은 집단은 작업 기억 폭에 관계없이 많은 목록을 회상하였다는 것이다. 이는 Hasher와 Zacks(1998)의 제안처럼 많은 정보를 효율적으로 기억해내는 데는 단순히 개인의 정보 저장 용량보다는 관련 정보만을 인출하고 관련이 없는 것은 인출되지 않도록 억제하는 억제 능력의 효율성이 더 중요한 역할을 할 수 있음을 지지하며 이러한 억제 능력의 기여가 학령전기부터 이뤄지고 있음을 시사하기도 한다.

실제 최근의 대뇌 연구들은 대뇌에서 작업 기억과 단기 기억을 담당하는 영역들이 다르다는 것을 보여주어(D'Esposito, Postle, Ballard, & Lease, 1999; Eldreth et al., 2006; Smith & Jonides, 1999) 작업 기억이 단순히 정보를 유지하는 것에 그치는 것이 아니라 정보를 효율

적으로 조작할 수 있도록 하는 억제 능력과 밀접하게 관련되어 있음을 뒷받침하고 있기도 하다. 그리고 이는 읽기 발달에서 나타나는 읽기 능력의 개인차에 억제와 전환 능력이 주요하게 개입될 가능성을 시사하고 있다.

실제로 읽기 이해 기술이 상대적으로 높은 집단과 낮은 집단의 비교 연구에서 Gernsbacher와 동료들은 읽기 이해 기술이 낮은 집단의 사람들이 한 가지 이상으로 해석될 수 있는 중의적 단어나 이미지의 의미 중 부적절한 의미를 억제하는데 어려움을 겪고 있고, 이러한 억제의 어려움이 읽기 능력의 개인차에 기여하고 있음을 실험적으로 제시하기도 하였다(Gernsbacher, Varner, & Faust, 1990; Gernsbacher & Faust, 1991).

이와 같이 최근에는 작업 기억의 용량에만 주목하던 것에서 벗어나 주의와 사고를 조절하는 측면의 인지적 능력의 개인차에 보다 주목하고 있다. 그리고 작업 기억을 사고와 행동의 조절 능력과 함께 포괄하여 실행 기능이라는 개념 하에 논의하고 있다. 여기에서 실행 기능이란 자신이 속해있는 환경에서 목표를 달성하기 위해 사고 및 행동을 적절하게 조절할 수 있는 상위 인지 능력을 말한다(Diamond, 2013, 2014). 그리고 이 실행 기능은 작업 기억(working memory), 억제 능력(inhibitory control), 전환 능력(shifting 또는 인지적 유연성, cognitive flexibility)의 세 개의 핵심 하위 영역으로 구성되어 있다고 여겨진다(Diamond, 2013; Garon, Bryson, & Smith, 2008; Lehto, Juujarvi, Kooistra, & Pulkkinen, 2003; Miyake, Emerson, & Friedman, 2000). 이 개념에서 작업 기억은 정보를 일시적으로 저장하고 이를 통제할 수 있는 능력이며(Baddeley, 1992; Diamond, 2013, 2014), 억제 능력은 자동적인

반응이나 불필요한 자극을 억누르고, 더 적절하고 필요한 사고와 행동을 대신 하는 능력을 말한다(Diamond, 2013, 2014). 그리고 전환 능력은 문제를 해결하거나 목적을 이루기 위해 관점이나 접근을 달리 사용하고, 새로운 규칙이나 요구 사항을 유연하게 적용할 수 있는 능력이다(Diamond, 2013, 2014). 특히, 전환 능력은 작업 기억과 억제 능력을 바탕으로 만들어지며, 더 늦게 발달한다고 알려져 있다(Garon et al., 2008). 그리고 이 세 핵심 영역들을 기반으로 추론이나 문제해결, 계획과 같은 보다 상위 실행 기능이 구성된다고 한다(Collins & Koechlin, 2012; Diamond, 2014; Lunt et al., 2012).

#### 실행 기능은 왜 읽기 발달에서 주목을 받는가?

최근에는 많은 읽기 연구들이 실행 기능(executive function)의 역할에 주목하고 있다(안제원 외, 2013; Becker et al., 2014; Blair & Razza, 2007; Chung & McBride-Chang, 2011; Foy & Mann, 2013; Sesma., Mahone, Levine, Eason, & Cutting, 2009). 실행 기능은 아동의 인지 능력 뿐만 아니라 학업 성취와 사회적 성공에 주요한 영향을 미친다고 보고되었다(Diamond & Lee, 2011). 특히, 실행 기능은 IQ보다도 학업 준비도(school readiness)에 더 중요한 요소라고 하며(Blair & Razza, 2007), 학령기 내내 수학이나 읽기 능력을 예측하고(Gathercole, Pickering, Knight, & Stegmann, 2004), 성인기에는 직업이나 결혼 만족도나 신체 및 정신 건강을 예측하는 요소이기도 하다(Dunn, 2010; Eakin et al., 2004; Prince et al., 2007). 뿐만 아니라 Moffitt 등(2011)은 3-11세의 실행 기능의 발달 정도가 지능, 성별, 사회 계층의 변인들을 통제하고도

이후 성인기의 신체 건강이나 범죄 가담여부를 주요하게 예측한다고도 보고하였다.

읽기 발달에서 실행 기능의 중요성은 최근 보고된 중재 연구에서도 제기되었다. Diamond, Barnett, Thomas와 Munro(2007)는 만 5세 아동을 대상으로 실행 기능을 향상시키기 위한 활동을 포함한 Tools of the Mind(Tools) 커리큘럼과 미국에서 초기 문해 능력을 증진시키기 위해 시행하고 있는 District's version of Balanced Literacy(dBL) 커리큘럼의 효과를 비교하였다. Tools는 아동이 자신의 행동을 억제하고, 규칙에 따르고, 계획을 세우고, 다른 시각에서 사고해 볼 수 있도록 하는 몇 가지의 하위 프로그램을 포함하고 있었다. 반면 dBL은 특정한 주제를 가지고 이와 관련된 책을 읽고, 말하고, 쓰는 프로그램을 제공하는 형식으로 구성되어 있었다. 2년간 각 프로그램에 참여한 아동들을 비교해본 결과 Tools 커리큘럼에 참여한 아동들이 억제 능력, 작업 기억, 전환 능력을 측정된 과제에서 유의하게 더 높은 수행을 보였다. 또한 측정된 실행 기능 능력 중 난이도가 높았던 과제의 측정치는 Tools 프로그램에 참여한 아동들의 어휘력, 단어 읽기, 수학 점수와 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이러한 연구 결과는 학령 전기에 읽기 등 학업 중심의 교육만을 제공하는 것보다 실행 기능을 증진시킬 수 있는 프로그램을 포함하는 것이 이후 아동의 학업 수행 및 학업 능력 증진에 효율적일 수 있음을 시사하는 것이었다.

실제로 Diamond 등(2007)의 연구를 비롯한 이후 다수의 연구들은 읽기 발달에 있어 실행 기능 중 작업 기억 외에 억제나 전환 능력의 중요성에 새롭게 주목하고 억제와 전환 능력의 향상을 통한 중재적 접근을 시도하고 있기

도 하다(Diamond & Lee, 2011; Korbach & Kray, 2009; Klingberg, 2010; Rothlisberger et al., 2012; Thorell et al., 2008).

그러나 읽기 능력 발달과 실행 기능 사이의 관계를 검토한 문헌들을 살펴보면 측정된 실행 기능과 읽기 능력의 하위 요소나 이에 사용된 과제, 대상 연령, 연구 방법(중단 또는 횡단) 등의 요소들에 따라 그 결과가 다소 상이하고 매우 복잡한 양상을 보이고 있다. 본 논문에서는 관련한 국내외 연구를 통틀어 면밀히 검토하고, 억제 및 전환 능력이 어떻게 발달 초기부터 읽기 발달에 관여하고 있는지를 종합적으로 개괄, 조명하여 최신의 연구들이 제안하고 있는 바를 체계적으로 정리해 보고자 한다. 특히, 읽기 발달 단계에 따라 억제와 전환 능력이 기여하고 있는 정도와 방식을 세밀히 조명해보고자 한다. 읽기 발달은 Chall(1979)의 제안처럼 다섯 단계로 세밀히 나누어 볼 수 있으나 실행 기능의 발달은 대체로 학령전기와 학령기로 나뉘어 측정 방식을 달리하는 경우가 많다. 과제의 난이도 등을 고려하면 동일한 과제를 학령전기부터 학령기까지 일정하게 제시하기 어려운 부분이 크기 때문이다. 따라서 본고에서도 실행 기능과 읽기 발달과의 관계를 학령기 이후와 학령전기로 나누어 그 양상과 중요도를 검토하여 보았다.

다음에서는 먼저 학령기 이후의 읽기 능력의 발달과 개인차에 있어 억제 및 전환 능력이 어떠한 기여를 하고 있는지, 관련한 연구들을 살펴보도록 하겠다.

#### 학령기 이후의 읽기 능력과 억제, 전환 능력

학령기에 이르면 아동의 읽기 능력은 활자

해독(decoding) 능력이 충분히 습득되어 자동화되기 시작하고 단어 읽기와 인식 능력도 발달하여 학령기 중기 이후부터는 본격적으로 텍스트를 읽는 능력을 발달시키게 된다(Hoff, 2013; Siegler & Alibali, 2005). 따라서 학령기에서 주로 측정되는 읽기 능력은 읽기 이해나 읽기 유창성(제한된 시간 내에 정확하게 단어를 읽어내는 능력) 등이 주를 이룬다.

안제원 등(2013)은 스트룹 과제를 통해 단어의 의미가 지시하는 색을 억제하고 글자 자체의 색을 정확하게 읽는 정도로 측정한 억제 능력과 숫자가 적힌 원을 연결하되 색을 번갈아가며 해야 하는 선로잇기 검사(Children's Color Trails Test)로 측정한 전환 능력의 개인차가 한국 초등학교 4학년의 읽기 이해력을 예측하는 주요변인임을 보고하였다. 특히, 억제와 전환 능력은 언어 및 시공간 작업 기억과 빠른 이름 대기 등보다 더 주요하게 이 시기 아동의 읽기 이해를 예측하는 것으로 나타났다. 읽기 유창성에서도 전환 능력은 유의하지 않았으나 억제 능력은 숫자 이름대기와 언어 작업 기억만큼 고유한 예측력을 가지고 있는 것으로 보고하였다.

그러나 Van der Sluis, de Jong과 Van der Leij(2007)의 연구에서는 네덜란드 4, 5학년의 읽기 유창성에 억제 능력보다는 전환 능력(shifting)이나 정보 갱신 능력(updated)이 좀 더 관련되어 있는 것으로 나타났다. 이들은 스트룹 과제와 더불어 활자의 수(예, 333에서 삼백삼십삼)가 아닌 개수(예, 333에서 3이 세 개)를 읽어야 하는 수량 억제(Quantity inhibition)와 크고 강렬한 도형 모양 안의 흐리고 작게 제시된 도형의 모양의 이름을 말하도록 하는 물체 억제(Object inhibition)를 사용하여 아동들의 억제 능력을 측정하였고, 선로잇기 검사 및 제

시되는 자극의 변화되는 색에 따라서 수를 읽거나 기호 또는 도형, 위치를 말해야 하는 전환 과제들을 사용하여 전환 능력을 측정하였다. 또한 다양한 길이의 글자나 수의 리스트의 마지막 3개만을 기억해서 보고해야 하는 등의 과제들로 측정된 갱신 능력도 추가로 측정하여 이러한 각각의 실행 기능의 요소들과 읽기 유창성(1분 안에 바르게 읽는 정도로 측정)의 관계를 검토하였다. 그 결과, 전환 능력과 갱신 능력은 어느 정도 읽기 유창성을 예측하는 것으로 나타났지만 억제 능력은 유의한 예측력이 없었다. 뿐만 아니라 전환 능력은 읽기 유창성과 부적 관계를 보였고, 전환 및 갱신 능력이 읽기 유창성을 설명하는 정도도 매우 낮았다(각각 2.7%와 6.1%의 변산을 설명함). Van der Sluis 등(2007)은 실행 기능의 요소들이 읽기 유창성을 잘 설명하지 못한 데에는 측정에 사용된 과제들에 동원된 다른 인지적 요소들(예, 이름대기, 처리 난이도 등)에 의해서 설명 변인이 분할되었기 때문일 수 있다고 설명하였다.

최근의 몇 연구들은 억제 능력을 단일 개념으로 보지 않고 하위 개념으로 더 나누어 볼 수 있다고 제안한다. 억제 능력 중에서도 멈춤 신호 과제(Go-Stop task)와 같이 외부 자극에 대해 우세하고 자동적으로 반응하는 행동을 억누르는 행동적 반응 억제 능력(response inhibition)과 현재 과제와 관련 없는 생각, 정보에 저항하는 인지적 억제 능력(cognitive inhibition)을 대별하며, 반응 억제는 읽기 이해와 별 상관 없이 인지적 억제 능력은 읽기 이해나 유창성에서 주요한 역할을 한다고 보고하였다(Arrington et al., 2014; Christopher et al., 2012). 특히, Arrington과 동료들(2014)은 미국의 11-17세(초등 6학년에서 고등 3학년까지)

를 대상으로 멈춤 신호 과제로 반응 억제를 측정하고, 인지적 억제 능력을 측정하기 위해 언어적 순행 간섭(verbally proactive interference; VPI) 과제를 사용하였다. 이 과제는 두 개의 단어 세트를 차례대로 제시하고, 처음 나왔던 단어 세트의 정보는 무시하고 이후에 나왔던 단어를 회상하도록 구성되어 있었다. 예를 들어 연구자가 ‘방금 나왔던 단어 중에 동물에 속하는 단어가 뭐였지?’라고 물으면 참가자는 두 번째 세트의 단어 중에 동물에 속하는 단어를 떠올려 대답해야 한다. 간섭이 있는 조건에서는 첫 번째 단어 세트에도 동물이 있는 단어가 등장하기 때문에, 참가자는 이전 세트의 정보를 억제해야 한다. 따라서 이 과제는 과제를 벗어나 다른 생각을 하거나 관련 없는 정보와 부적절한 정보를 억제하는 능력을 측정하도록 되어 있었다. 이들의 연구 결과, 반응 억제 능력은 읽기 이해보다는 문자 해독(decoding)에만 관여하는 것으로 나타났고, 언어적 순행 간섭 과제로 측정한 인지적 억제 능력이 읽기 이해력에 직접적인 관련이 있는 것으로 나타났다. 이는 앞서 Van der Sluis 등(2007)의 연구에서 사용된 과제들 간의 공통적 인지 요소들 외에도 억제 능력을 어떻게 개념화해서 측정하는가가 읽기 발달과의 관계성을 밝히는 데 중요하다는 점을 시사한다.

Friedman과 Miyake(2004)는 억제 능력을 더 세분화해서 볼 수 있다고 하고, 이들을 각각 우세 반응 억제(Prepotent response inhibition), 방해 간섭 저항(Resistance to distractor interference), 순행 간섭 저항(Resistance to proactive interference)으로 분리하여 제시하였다. 우세 반응 억제는 자동적인 반응을 억누르는 능력으로 Go/No-Go, 스트룹 과제로 측정되는 요인이라고 하였다. 방해 간섭 저항은 과제와 관련 없는 외적 정

보를 무시할 수 있는 능력이라고 하였다. 이는 방해자극과 목표 자극이 함께 제시될 때, 목표 자극에 집중하여 반응해야 하는 과제를 사용하여 측정된다고 하였다. 마지막으로 순행 간섭 저항은 이전 과제에서는 수행에 관련 있는 정보였으나, 현재 과제에서는 더 이상 관련이 없는 정보로부터 방해를 받지 않는 능력으로 정의하였다. 예컨대, 참가자들에게 두 가지 자극 목록을 주고, 이전의 정보를 무시하고 가장 최근의 정보만을 회상하도록 요청하는 과제로 이는 Arrington 등(2014)이 인지적 억제 능력으로 정의하고 언어적 순행 간섭 과제를 통해 측정했던 능력과 같은 것이었다.

Borella, Carretti와 Pelegrina(2010)는 만 10-11세 이탈리아 초등학생을 대상으로 읽기 이해력이 낮은 집단과 높은 집단으로 나누고, Friedman과 Miyake(2004)가 세분화하여 제시한 방식으로 억제 능력을 우세 반응 억제, 방해 간섭 저항, 순행 간섭 저항으로 각기 측정하여 두 집단에서 비교하였다. 그 결과, 우세 반응 억제나 방해 간섭 저항에서는 두 집단 간 차이가 유의하지 않았으나, 순행 간섭 저항 과제에서는 읽기 이해력이 낮은 집단의 수행이 유의하게 낮은 것을 관찰하였다. 이와 유사하게 Pimperton과 Nation(2010)도 영국의 만 7-8세 이해력이 낮은 아동과 통제 집단과의 비교에서 이해력이 낮은 아동들이 인지적 억제 능력을 측정하는 언어적 순행 간섭 과제와 작업 기억 과제에서 유의하게 낮은 수행을 보이는 것을 관찰하였다. 특히, 이들의 연구에서는 비언어적 순행 간섭 저항의 개인차도 측정하였는데, 비언어적 순행 간섭 저항에서는 비교집단과 차이가 없는 것으로 나타나 읽기 능력에 관계하는 억제 능력은 순행 간섭 저항의 요소이면서도 언어적인 것에 특정적이라는 제

안을 하기도 하였다. 그러나 이러한 결과가 억제 능력의 순행 간섭 저항의 미성숙이 읽기 발달에 영향을 끼쳤을 것이라는 인과관계를 도출하기는 이르다는 분석도 있다. 특히, 읽기를 많이 하면 할수록 읽기 경험을 통해 순행 간섭 저항을 숙련시키게 될 역방향의 인과관계도 가능한데, 읽기에 미숙한 아동일수록 읽기를 자꾸 회피하게 되고, 이는 읽기 경험을 적게 하도록 만들어 언어적 순행 간섭 저항의 과제에서 더 어려움을 보였을 수도 있다는 것이다(Wells et al., 2009).

Borella와 de Ribaupierre(2014)는 한 발 더 나아가서 10-12세의 초등학생들에게 지문이 보일 때와 보이지 않을 때의 이해 질문에 대한 반응이 작업 기억, 정보 처리 속도, 억제 능력의 하위 요소들과 관련이 있는 지를 살펴보았다. 그 결과, 억제 능력, 특히, 그 중 방해 간섭 저항은 지문이 보이지 않았을 때에 측정된 읽기 이해력과 관련이 있는 것으로 나타나 Hasher와 Zacks(1988)의 제한처럼 많은 정보의 기억을 요구하여 기억 부하가 어느 정도 있는 상태에서 억제 능력의 개인차가 읽기 이해력의 차이에 관여할 가능성을 제시하였다. 그러나 흥미롭게도 이들의 연구에서는 Arrington 등(2014)이나 Borella 등(2010), Pimperton과 Nation(2010)에서 관찰하였던 것과 달리 언어적 순행 간섭 저항은 지문 이해와 관련이 있지 않은 것으로 보고하였다.

종합해보면, 학령기 아동에게 있어 중요한 요소인 읽기 유창성과 이해력의 발달의 개인차에는 스트룹 과제나 언어적 순행 간섭 저항 과제 등을 통해 측정된 억제 능력의 방해 간섭 저항의 요소와 순행 간섭 저항의 요소가 영향을 끼칠 가능성이 높고, 특히, 순행 간섭 저항에서도 언어적인 정보에 대한 저항력은



읽기의 발달 정도가 상대적으로 지연된 학령기 아동들(poor reader라 부름)에서 그 관련성이 높은 것으로 보인다(Borella et al., 2010; Pimperton & Nation, 2010). 반면 방해 간섭 저항의 경우에는 기억해야 할 정보가 많은 상황에서 읽기에 특별한 어려움을 보이지 않는 아동들이 읽기를 유창하게 하고, 정확하게 이해하는 데 관여할 가능성이 높은 것으로 보인다(안제원 등, 2013; Borella & Ribaupierre, 2014). 그러나 이러한 억제 능력도 전환 능력이나 갱신 능력과 함께 작동하거나 전환 및 갱신 능력의 저변 기제로 작용하여 복합적으로 읽기 이해력이나 유창성의 발달에 영향을 끼칠 가능성도 배제하기는 이른 것으로 보인다(Van Der Sluis et al., 2007). 인지적 유연성으로 측정된 전환 능력은 억제와 더불어 읽기 이해와 유창성에 기여하는 것으로 관찰되었기 때문이다. 예컨대, Kieffer, Vukovic과 Berry(2013)는 초등학교 4학년을 대상으로 인지적 유연성과 읽기 이해력의 관계를 알아보았다. 위스콘신 카드 분류 검사(Wisconsin cards sorting test)를 통해 측정된 아동의 인지적 유연성은 구어 이해력, 단어 읽기 작업 기억, 처리 속도, 음운 인식 능력을 통제하고도 읽기 이해에 직접적인 관련이 있었다. 또한, 인지적 유연성은 듣기 이해력과 유의한 관련이 있었고 이를 통해 읽기 이해에 간접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 다른 연구들에서도 초등학생들의 인지적 유연성은 읽기 유창성과 이해력을 모두 유의하게 예측하는 것으로 관찰되었다(안제원, 방희정, 박현정, 2013; Cartwright, 2002; Cartwright, Marshall, Dandy, & Isaac, 2010; Colé, Duncan & Blaye, 2014).

다음에서는 읽기 발달의 초기 단계인 학령전기의 초기 문해 능력에 억제 능력이 어떤

영향을 끼치는지 살펴보도록 하겠다. 서두에서 제시하였듯이 아동 읽기 발달에서 실행 기능의 역할은 Diamond 등(2007)이 Tools프로그램으로 학령전기 아동들의 실행 기능을 강화한 것이 읽기 발달에도 긍정적 영향을 끼쳤을 가능성이 제기되면서부터 더욱 주목을 받게 되었다. 학령기에서 실행 기능이 읽기 능력에 기여하는 바도 중요하겠으나 발달의 가소성보다 크고 초기 발달의 양상이 장기적으로 이후 발달에도 영향을 끼칠 수 있는 점들을 고려한다면 실행 기능과 읽기 능력이 발달하기 시작하는 학령전기에 두 요인이 어떠한 상호작용을 하는 지를 검토하는 것은 더욱 중요하다고 하겠다.

#### 학령전기의 읽기 발달과 억제, 전환 능력

학령전기는 초기 문해 능력이 발달하는 시기로 활자를 인식하고, 이를 소리로 전환하는 해독 과정을 습득하는 과정 중에 있어 읽기가 유창하지 않고 자동화되지 않은 시기이다. 따라서 이 때 주요한 문해 능력으로는 음소 인식(phoneme awareness)이나 음절 인식(syllable awareness), 활자 지식(letter knowledge) 등을 들 수 있다. 그렇다면 읽기 이해력이나 유창성과 달리 이러한 초기 문해 능력 발달의 개인차에도 실행 기능이 기여를 하는 것일까?

억제 능력은 학령전기 아동의 읽기와 관련된 지표들의 발달에도 영향을 끼치는 것으로 나타난다(Becker et al., 2014; Blair & Razza, 2007; Chung & McBride-Chang, 2011; Foy & Man, 2013). 이 시기의 억제 능력은 주로 밤-낮 과제(day and night stroop task, Gerstadt, Hong & Diamond, 1994)나 막대 두드리기 과제(peg-tapping task, Blair & Razza, 2007) 등을 통

해 측정된다. 이러한 과제들의 특성은 서로 상반되는 두 가지 자극을 사용하여, 한 자극을 보여주면 이와 반대되는 이름을 말하게 하거나 반응을 하도록 하는 것이다. 예를 들어, 밤-낮 과제에서는 밤을 나타내는 그림이 나올 때는 ‘낮’이라고 답해야 하고, 낮을 나타내는 그림이 나올 때는 ‘밤’이라고 답해야 한다. 막대 두드리기 과제에서는 실험자가 책상을 한번 칠 때 아동은 책상을 두 번 쳐야하고, 실험자가 책상을 두 번 칠 때 아동은 책상을 한번 쳐야한다. 이러한 내용을 응용하면 유사한 과제를 달리 만들 수 있기도 한데, 예컨대 위-아래를 반대로 말하게 하거나 남자-여자를 반대로 말하게 하는 과제를 들 수 있다(Chung & McBride-Chang, 2011). 이들 과제들은 규칙을 기억하고 있다가 자극을 보고 바로 반응하려는 경향을 억제하고 규칙에 맞추어 반응을 해야 한다는 점에서 서로 유사하다.

이외에도 /ba/ 소리가 들리면 계속해서 반응을 하고, /pa/ 소리가 들리면 반응을 하지 않도록 구성하여 제시한 Go/No-Go 과제가 억제 능력 측정에 사용되기도 하였다(Foy & Mann, 2013). 이는 더 빈번한 자극과 연관된 자동적이고 우세한 반응을 다른 자극이 제시되었을 때, 얼마나 잘 통제할 수 있는가를 측정하기 때문이라고 한다.

GO/No-Go과제를 사용하여 만 5세 아동을 연구한 Foy와 Mann(2013)의 연구에서는 학령전기 아동의 억제 능력이 음운 인식이나 활자 지식, 단어와 비단어를 정확히 읽는 것과 같은 초기 읽기 지표와 정적인 상관을 보였고, 연령이나 어휘력, 작업 기억의 개인차를 통제하고도 고유한 예측력을 갖는 것으로 보고되었다. 유사하게 홍콩의 5세 아동을 1년간 추적 연구하였던 Chung과 McBride-Chang(2011)의

연구에서도 밤-낮, 여자-남자, 크다-작다, 위-아래 과제를 통해 아동들의 우세 반응 억제를 측정된 결과, 이러한 억제 능력의 개인차가 5세 때의 단어 읽기 개인차에 대한 고유한 예측력이 있다고 보고하였다. 마찬가지로 미국의 저소득 가정 자녀를 대상으로 실험 기능과 수학, 읽기 능력 등의 관계를 조명한 Blair와 Razza(2007)의 연구에서도 막대 두드리기로 측정된 억제 능력이 아이들의 음운 인식과 활자 지식의 발달 정도를 어휘력의 개인차를 통제 한 이후에도 고유하게 예측한다고 보고하였다.

학령기 아동을 대상으로 한 연구들에서 억제 능력을 여러 개의 하위 요소로 세분화 하여 살펴본 것과는 달리, 학령전기 아동을 대상으로 한 연구들에서는 억제 능력을 별도로 구분하여 사용하지 않았다. 그러나 최근에는 학령 전기 아동의 억제 능력도 하위 요소로 구분하여 연구하려는 시도가 늘고 있다. 학령 전기에서는 억제 능력을 주로 행동적 조절력 (behavioral regulation)과 인지적 억제(cognitive inhibition)로 나누어 살펴보고 있다. 예컨대 이중 언어를 습득하는 아동과 단일 언어를 습득하는 아동의 실행 기능을 비교한 연구에서 아동의 억제 능력을 행동적 조절력과 인지적 억제로 나누어서 살펴보았다. 그 결과, 이중 언어 집단은 단일 언어 집단에 비해 규칙들이 달라지는 상황에 적절하게 사고와 반응을 해야 하는 인지적 억제 및 유연성 측정 과제 (conflict task라고도 함)에서는 더 나은 수행을 보였으나, 만족 지연(delay of gratification)과 같은 행동적 조절능력에서는 이러한 이점이 나타나지 않았다(Carlson & Meltzoff, 2008).

머리부터 발끝까지의 게임(head-to-toes task)은 인지적 억제보다는 행동적 자기 조절능력을 측정하는 과제로 사용되어 왔다(Becker et

al., 2014; McClelland et al., 2007). 이 과제는 실험자가 지시하는 내용에 반대되는 반응을 해야 하는 것인데, ‘머리를 만져라(touch your head)’라고 하면 머리가 아닌 발가락을 만져야 하도록 구성되어 있다. McClelland 등(2007)은 4세 아동을 1년간 추적하면서 이들의 행동 조절 능력을 머리부터 발끝까지 게임으로 측정하였다. 그리고 4세 초반에서 후반 사이에 행동 조절 능력이 더 많이 증가하였을수록 문해 능력(미국에서 표준화된 측정도구인 Woodcock Johnson(WJ-III)의 소검사를 사용함)과 더불어 어휘력에서의 향상도 높아지는 것을 관찰하였다. 이러한 결과는 학령전기에 인지적 억제력뿐만 아니라 자신의 행동을 조절하고 통제할 수 있는 외현적 요소들도 초기 읽기 발달에 관여하고 있음을 시사하는 것이다. 특히, 자기 행동 조절 능력은 학교와 같이 집단 속에서 규율에 맞추어 행동하고 학습해야 하는 상황에서 매우 유용한 기술이다. 이러한 이유에서도 자기 행동 조절 능력은 초등학교 준비도(school readiness)에 크게 영향을 끼친다고 알려져 있고, 다수를 대상으로 하는 교수 학습에서도 적응적인 능력이므로 어휘력과 읽기 능력과 같은 학업 수행력에도 긍정적 영향을 끼치는 것으로 보인다(Walness et al., 2011, 2013).

Becker 등(2014)도 머리-발-무릎-어깨 과제(Head-Toes-Knees-Shoulder task; HTKS)와 밤-낮 과제를 모두 사용하여 5-6세 아동들의 행동적 자기 조절력(behavioral self-regulation)과 인지적 억제력을 측정하였는데, 이 두 측면의 억제력이 모두 활자-단어 인식 측정 도구(letter-word identification, WJ-III의 활자-단어 인식 소검사로 측정)를 통해 측정한 초기 문해 능력에 시각운동 기술(visuomotor skill)과 더불어 주요한

기여를 한다고 보고하였다. 특히, 행동적 조절력은 읽기와 쓰기에서 중요한 역할을 하는 미세한 시각운동 기술(예, 복잡한 활자의 모양을 손으로 재생해 내는 것)의 발달에 주요한 것으로 나타났다. 이는 미세한 운동을 하는 데에는 자신의 행동 조절력이 중요하기 때문이라고 하였다. 이와 더불어 인지적 억제는 작업 기억과 함께 손으로 그려내야 할 도형이나 활자들을 마음에 표상하고 있다가 관련이 있는 부분을 순차적으로 표현해 내어야 하는 측면의 시각운동 기술의 근간이 되므로 인지적 억제가 발달할수록 시각운동 기술도 발달하고 더불어 초기 문해 능력도 더 발달될 수 있다고 제안하였다.

억제 능력과 달리 전환 능력의 경우는 학령전기 아동들의 읽기 발달 지표 예측에서 일관된 결과를 보기는 힘들다. Blair와 Razza(2007)는 학령전기 아동에게 크기, 색, 모양이 다른 여러 도형들을 주고 아동들에게 차원을 달리 해가며 서로 묶일 수 있는 도형들을 고르게 함으로써 전환 능력(혹은 인지적 유연성)을 측정하였다. 그러나 학령전기 아동의 인지적 유연성은 음소 인식 능력과 정적인 상관을 보였으나, 유의하게 이를 예측하지는 못하였다. 반면 다른 연구들은 학령전기 전환 능력이 음운 인식 능력, 활자 인식 등과 같은 초기 문해 능력에 영향을 미친다고 보고하였다(Bierman et al., 2008). 이렇게 이 시기에 전환 능력의 역할이 혼재된 양상으로 관찰되는 데에는 발달 시기의 영향이 주요할 수 있을 것으로도 보인다. 실행 기능 중에서도 전환 능력은 작업 기억과 억제 능력이 발달하고 난 뒤에 이를 토대로 형성된다고 알려져 있다(Diamond, 2014; Garon et al., 2008). 따라서 이 시기 아동에게서는 아직 적절한 변산을 가진

개인차의 측정치를 얻기가 어려울 가능성도 존재하기 때문이다. 이는 추후 연구를 통해서 체계적으로 밝혀내야 할 부분이기도 하겠다.

종합해보면, 학령전기에는 인지적 억제 능력과 더불어 자기 행동 조절 능력 차원의 실행 기능의 요소도 함께 읽기 발달에 기여하고 있는 것으로 볼 수 있다. 구체적으로, 이 시기의 억제 능력의 발달 정도는 초기 읽기 발달에서 중요한 능력인 음운이나 음절 인식력을 높이고, 활자 인식 발달에도 기여하며 어휘력의 향상에 긍정적 영향을 끼칠 수 있는 것으로 보인다.

그러나 학령기 아동 대상의 연구에서 사용되었던 억제 및 전환 능력 측정 과제들은 과제 난이도나 복잡도로 인해 학령전기 아동을 대상으로 사용되지 못한 것을 볼 수 있었다. 그리고 학령전기 아동을 대상으로 한 억제 능력의 측정도 사고적 측면보다 행동적 측면의 조절력을 중심으로 측정된 경향이 많았음도 볼 수 있었다. 이로 인하여 발달 과정에서 연속적으로 어떠한 변화가 일어나는지를 살펴보기에는 아직은 한계가 크다는 것도 관찰할 수 있었다. 따라서 향후 연구에서는 억제 및 전환 능력의 개념을 연속적으로 측정할 수 있는 과제들을 사용하여 장기, 단기 종단 연구들을 통해 실행 기능의 기여가 구체적으로 어떻게 발달 초기에서 중기까지 이어지는지를 세밀히 밝혀내는 작업이 필요할 것이다.

이러한 한계가 있다는 점을 감안하고 현재까지의 연구들을 중심으로 종합해보면, 발달 초기에는 행동적 조절력이 시각운동 기술을 사용하거나 읽기와 같은 활동에 집중해야 하는 측면에서 많은 영향력을 끼치는 것으로 보

이고, 사고적 억제력은 음운과 활자 인식, 단어 인출 등에서 영향을 끼치다가 읽기 능력이 성숙되는 학령기에 접어들기 시작하면 보다 구체화된 방해 간섭 억제 능력이나 순행 간섭 억제 능력 등의 활용으로 세분화되어 읽기 이해와 유창성에 관여하게 되는 것으로 종합해 볼 수 있겠다.

다음에서는 문해 능력의 근간이 되는 구어 능력의 발달에 실행 기능이 관여하는지를 살펴보고, 발달 초기부터 읽기 능력 발달에 간접적인 경로를 통해서도 실행 기능이 그 역할을 담당할 수 있는지를 검토해 보겠다.

#### 읽기 발달의 근간인 구어 발달에 억제 및 전환 능력이 미치는 영향

지금까지의 연구 결과들을 살펴보면 실행 기능, 특히, 억제 능력은 단순 기억 용량을 넘어서 읽기 발달 초기부터 음소, 음절, 활자를 정확하게 인식하고 단어를 유창하게 읽는 능력에 주요한 기여를 하고 있으며 이러한 기여는 학령기 이후까지도 장기적으로 깊이 관여되어 있는 것을 볼 수 있었다. 그런데 이러한 기여는 읽기 발달에 대한 직접적인 영향뿐만 아니라 다른 경로를 통해서도 이루어 질 가능성이 있는 것으로 보인다.

특히, 문해 능력은 구어(spoken language 또는 oral language) 능력의 발달에 근간을 두고 있다(Dehaene, 2009; Foorman et al., 2015). 최근의 연구들은 구어 능력에 있어서도 실행 기능의 억제 및 전환 능력이 주요한 역할을 할 가능성을 제기하고 있다(Novick et al., 2005, 2008). 예컨대, 오도문장(garden-path sentences, Carroll, 2008)들은 최초로 잘못 해석된 문장이나 단어의 의미를 억제하고, 변화된 문맥에

맞게 문장과 단어의 의미를 갱신, 수정하는 능력을 요구한다. 예를 들면, “The florist sent the flowers....”라는 문장을 듣는다면 청자는 먼저 “플로리스트가 꽃을 보냈다”라고 해석하기 시작할 것이다. 그런데 문장이 계속되어 “The florist sent the flowers was very pleased.”로 끝나면 처음 해석이 잘못되었음을 깨닫고 처음 해석을 억제한 상태에서 올바른 새로운 해석인 “꽃을 받은 플로리스트는 매우 기뻐다.”로 빠르게 수정, 갱신해야 할 필요가 생긴다. 이와 같은 문장 처리 상황에서 처음 해석을 억제하고 새로운 해석을 선택, 수정하는 과정에는 실행 기능의 억제 및 전환 능력이 주요하다는 것이다(Choi & Trueswell, 2010; Novick et al., 2005, 2008; Trueswell, Sekerina, Hill, & Logrip, 1999). 그리고 문장 처리 과정에서 4-5세의 학령전기 아동들이 보이는 문장 해석 오류는 억제 및 전환 능력의 미발달에서 기인하였을 가능성도 관찰되었다(손현주, 최영은, 2011; Choi & Trueswell, 2010).

이러한 결과들은 실행 기능이 구어 발달의 문장 처리와 이해 과정 발달에 관여되어 있음을 제안한다. 그리고 앞서 언급한 것처럼 읽기 능력은 구어 능력에도 그 뿌리를 두고 있다. 이는 실행 기능이 구어 이해 능력의 발달에도 관여함으로써 사실상 읽기 발달에 직접적으로 기여할 뿐만 아니라 구어발달의 경로를 통해서도 간접적으로 영향을 행사할 수도 있음을 시사하는 것이다. 이러한 관계가 보다 확립되게 된다면 이는 실행 기능의 억제 및 전환 능력이 단일 경로가 아니라 다중 경로를 통해 읽기 능력 발달에 다층적으로 영향을 행사할 가능성을 제시하게 될 것이다.

## 읽기 장애와 억제 및 전환 능력

난독증(dyslexia)은 지능에는 특별한 이상이 없지만 글을 읽고 쓰는데 어려움이 있는 증상을 말한다(김민정, 이승복, 이희란, 2009). 우리나라에서는 주로 읽기학습장애, 읽기이해부진이라는 용어와 같이 쓰이고 있다. 난독증이 있는 아동, 성인은 일반 아동, 성인에 비해 작업 기억 과제 수행이 저조하다는 것은 이미 널리 알려진 사실이다(김화수, 이세연, 2013; Swanson & Berninger, 1995). 그러나 구체적으로 작업 기억의 어떠한 요소에 문제가 있는지에 대해서는 연구 결과가 혼재되어 있었다. 김화수와 이세연(2013)은 2000년도에서 2011년도 동안 국외에서 연구된 아동 언어장애와 관련된 작업 기억의 연구 결과들을 정리하였다. 이 중 읽기 장애(reading disability)와 난독증을 대상으로 한 연구 결과를 종합하여 보면, 읽기에 어려움을 보이는 아동은 음운 루프, 시공간 잡기장과 중앙집행자 수행이 모두 정상 아동에 비해 저조한 것으로 나타났다. 또한 난독증 아동은 작업 기억의 이상으로 인해 글을 읽을 때 정상 아동과 다른 전략을 사용하며, 활성화되는 뇌의 패턴도 다르다고 보고되었다.

국내 연구들에서도 이와 유사한 결과가 보고되었다. 읽기 학습 혹은 읽기 부진 아동은 시각 및 음운 작업 기억 능력이 일반 아동에 비해 낮았으며, 중앙집행기의 능력을 측정하는 복합 작업 기억 과제들에서도 저조한 수행을 보였다(송찬원, 2011; 이한규, 2011). 그러나 최근 연구에서는 문장 따라 말하기 과제로 측정된 작업 기억 능력은 읽기이해부진 아동이 일반 아동에 비해 저조하게 나타났으나, 비단어 따라 말하기로 측정된 작업 기억에서의 수

행은 일반 아동과 읽기이해부진 아동이 유의한 차이를 보이지 않아(황민아, 2014), 작업 기억에서의 상대적 취약성은 언어적 처리에 특정적일 가능성도 제시되었다.

작업 기억뿐만 아니라 읽기에 어려움을 보이는 난독증 혹은 읽기 부진 아동은 일반 아동에 비해 억제 능력이 약하다고 보고되었다(Booth, Boyle, & Kelly, 2014; Reiter, Tucha, & Lange, 2005; Wang, Tasi, & Yang, 2012). 특히, 단순히 우세한 반응을 억제하는 능력에는 두 집단 간 차이가 없었지만, 스트룹 과제와 같이 규칙을 기억했다가 행동해야 하는 복잡한 반응 억제 과제의 경우, 난독증 아동들의 수행이 더 낮은 것으로 나타났다(Reiter et al., 2005). 또한 억제 능력의 차이는 과제에 따라 다르게 나타났는데, 난독증 아동은 숫자 자극을 사용한 수 억제 과제에서는 일반 아동과 유사한 수행을 보였지만, 언어 자극을 사용한 단어 억제 과제에서는 유의미하게 저조한 수행을 보였다(Wang et al., 2012). 이는 작업 기억과 유사하게 난독증 아동의 억제 능력의 결합이 모든 인지적 처리에서 발생하는 것이 아니라, 언어적 처리에 국한된 것일 수 있음을 제안한다.

난독증 증상이 있는 성인 혹은 아동이 인지적 유연성에 결합이 있는가에 대해서는 아직까지 연구 결과가 혼재되어 있다. Stoet, Markey와 Lopez(2007)는 난독증 성인과 일반 성인을 비교하였을 때, 인지적 유연성 과제에서의 정확성이나 규칙이 바뀌었을 때 반응 시간에서 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 그러나 난독증 성인은 일반 성인에 비해 전반적인 반응 시간이 더 느렸다. 이러한 연구 결과를 통해 연구자들은 난독증 성인이 인지적 유연성에 결합이 있는 것이 아니라,

지각적 수준에서 주의 전환이 부족한 것이라고 제안하였다. 그러나 Poljac 등(2009)은 난독증 증상이 있는 청소년이 일반 청소년에 비해 규칙을 전환하였을 때 반응하는 시간도 길고, 오류율도 높았다고 보고하였다. 또 다른 연구에서는 학령기 읽기 부진 아동들이 인지적 유연성과 작업 기억을 측정한 과제들을 합친 점수에서 유의하게 더 낮은 수행을 보였다고 보고하였다(Engel de Abreu et al., 2014). 이는 난독증 증상이 있는 성인, 아동이 규칙이나 주의를 전환하는데 결함이 있을 가능성을 보여준다. 그러나 Engel de Abreu et al(2014)의 연구에서는 인지적 유연성과 작업 기억이 분리되지 않고 하나의 요소로 나타났다. 이는 학령기 아동에게서 인지적 유연성이 아직 덜 발달되어 작업 기억과 분리 되지 않았거나, 인지적 유연성이 작업 기억이 측정하는 변량 이상을 넘어서서 고유하게 큰 변량을 지니지 못했음을 의미할 수도 있다. 실제로 사건 관련 전위(Event-Related Potentials; EPRs) 측정을 활용한 연구들은 난독증 환자들에게서 나타나는 인지적 유연성의 결합이 실제로는 작업 기억의 결합으로 인해 나타난 결과일 수 있음도 제안하고 있다(Horowitz-Kraus, 2014). 이와 같이 작업 기억이나 억제 능력에서 나타나는 차이가 인지적 유연성의 측면에서는 아직 명확하게 관찰되지 않아 관련한 추후 연구가 더 필요할 것으로 보인다.

현재까지의 읽기 장애 혹은 읽기 부진 아동들의 연구 결과를 종합해보면, 실행 기능 중에서도 작업 기억과 억제 능력은 언어적 정보 처리를 담당하는 영역특수적인 측면에서 읽기 부진 아동들에게 상대적으로 취약한 면이 있는 것을 볼 수 있었다. 이러한 결과들은 읽기에 어려움을 보이는 아동들에 있어 읽기 능력

의 부진함은 실행 기능의 언어 정보를 담당하는 작업 기억과 억제 능력의 발달이 상대적으로 덜 되어 있기 때문일 수 있음을 시사하며, 읽기 장애 아동들에 대한 중재가 단순히 읽기 훈련에만 그치는 것으로는 부족하거나 효율성이 낮을 수 있고 취약한 실행 기능의 향상을 위한 훈련도 매우 중요할 수 있음을 시사한다.

#### 환경적 요소에 따른 억제 및 전환 능력 발달 차이

이처럼 실행 기능의 억제 및 전환 능력의 발달은 언어 처리 전반에 걸쳐, 그리고 학령 전기에서 학령기에 이르기까지 학업과 직결되는 읽기 능력의 발달에 매우 주요한 역할을 하는 것을 볼 수 있다. 이러한 실행 기능은 대체로 학령전기부터 서서히 발달되어 청소년기에 본격적으로 성숙하는 것으로 알려져 왔으나(Huttonlocher & Dahbolkar, 1997), Kovacs과 Mehler(2009)는 영아기 부터도 실행 기능의 발달에 개인차가 있을 수 있다고 하였다. 이들은 만 9개월의 단일 언어에만 노출된 영아들과 이중 언어에 노출된 영아들의 억제 능력을 규칙에 따라 응시 반응을 적절히 변화할 수 있는지를 통해 관찰하였는데, 실행 기능을 강화하는 효과가 있는 것으로 알려진 이중 언어에의 노출이(Bialystok, 2011; Carlson & Meltzoff, 2008; Engel de Abreu et al., 2012) 9개월 영아들의 억제 및 전환 능력을 높이는 데에도 관여할 수 있음을 보여주었다.

게다가 실행 기능의 발달은 부모의 교육수준이나 소득과 같은 사회경제적 요소나 자기 행동 조절에 대한 부모의 신념 등의 영향을 받는다고 알려져 있다(최미혜, 최영은, 남민지, 2013; Ardila et al., 2005; Farah et al., 2006;

Hackman & Farah, 2009; Noble, Norman, & Farah., 2005). 뿐만 아니라 Bernier 등(2012)은 12개월의 부모와 아동의 애착 관계와 부모 양육방식(민감하게 영아의 요구에 반응하는지 등)은 2-3세가 되었을 때의 실행 기능의 발달 정도를 잘 예측한다고도 하였다. 그리고 중국이나 한국처럼 개인보다는 집단 내에서의 화합을 강조하고 단체의 행동 목표에 따라 아동들이 개인 충동을 억제하고 조절하기를 더 많이 요구하는 문화권의 3세 아동은 개인을 중시하는 영국이나 캐나다에 비해 실행 기능이 더 높게 발달되었다는 보고도 있었다(Oh & Lewis, 2008; Sabbagh et al., 2006).

이러한 결과들은 발달 초기부터 어떠한 환경에서 성장하느냐에 따라 실행 기능은 더 계발될 수 있으며 이는 다시 언어 및 문해 능력의 증진에도 도움이 될 수 있음을 시사한다. 동시에 사회 경제적으로 취약한 계층의 아동들은 실행 기능만이 아니라 문해 능력의 저하라는 이중위기에 처해 있을 수 있음을 제안하기도 한다.

#### 발달 초기 실행 기능 촉진을 위한 중재의 효과

그렇다면 발달 초기부터 실행 기능의 발달을 촉진하고 강화하는 데 효과적인 중재에는 어떤 것들이 있을까? 앞서 제시하였던 Tools프로그램을 비롯하여 명상이나 요가, 혹은 태권도와 같은 무술 수업, 컴퓨터 게임 등이 학령전기부터 학령기에 이르는 아동들의 실행 기능, 특히, 억제 및 전환 능력을 향상시킬 수 있는지의 중재 연구가 많이 이루어지고 있다(Diamond & Lee, 2011; Karbach & Kray, 2009; Klingberg, 2010; Rothlisberger et al., 2012; Thorell et al., 2008). 결과들을 보면 작업 기억

에 비해 억제 능력은 훈련을 통해 향상되기 어렵다는 관찰(Thorell et al., 2008)부터 장기간의 명상, 요가, 무술 수업 등은 도움이 된다는 연구들(Diamond & Lee, 2011)까지 다양한 결과가 보고되고 있다. 그러나 각각의 효과가 중재 대상의 연령이나 성별 등 다양한 개인 변인들에 따라 다르게 나타나며 장기의 프로그램들의 경우에는(예, Tools 프로그램은 2년 간 시행함) 가의 요인들(예, 특정 표본이 대상일 가능성)을 완전히 배제하기 어렵다는 제한점들이 여전히 존재한다.

그럼에도 Novick 등(2014)은 성인을 대상으로 한 단기간의 인지 억제 훈련을 통해 문장 처리 오류율을 낮추고 언어 처리 능력을 향상시킬 수 있는 가능성을 보여주었다. Garcia-Madruga 등(2013)도 초등생에게 억제를 비롯한 전환, 지식 통합, 주의 등의 훈련을 한 결과 읽기 이해가 증가하였다고 하였다. 물론 이 연구에서는 실행 기능 이외에도 문해 능력의 요소들에 대한 훈련이 포함되어 있었기에 그 순수한 역할을 알기 어렵다는 단점이 있으나 두 연구를 종합해보면 실행 기능의 강화만을 통해서도 발달 초기부터 자기 행동 조절에서부터 사고 조절 능력, 그리고 언어와 읽기 발달에 긍정적인 촉진 효과를 가져 올 수 있음을 기대해 볼 수 있다.

실행 기능을 표적으로 한 중재 프로그램은 실행 기능이 갖고 있는 읽기 능력(이외에도 수학 등 다른 학업 수행에도 영향을 끼침, 예, Blair & Razza, 2007)에서의 역할로 인해 어찌 보면 하나의 돌로 두 마리의 토끼를 잡을 수 있는 가능성, 즉, 저비용 고효율의 중재 효과를 낼 수도 있겠다는 가능성을 제시한다. 이는 난독증을 비롯하여 읽기 부진으로(국내에서는 학습 부진으로도 많이 분류되는) 고통

받는 아이들만이 아니라 사회 경제적으로 취약한 아동들에게도 상대적으로 저렴한 비용으로도 읽기 능력을 개발하고 학업을 증진시킬 수 있는 길을 열어줄 수도 있을 것이다.

## 결론 및 제언

본고에서는 실행 기능과 읽기 발달의 관계를 발달 단계에 따라 검토하였고, 특히, 실행 기능 중에서도 억제와 전환 능력이 학령전기 와 학령기에 각각 읽기 발달의 어떠한 측면에 영향을 끼치고 있는지를 상세히 살펴보았다. 작업 기억은 이미 잘 알려진 바와 같이 전 연령에서 읽기 능력을 잘 예측하는 요인이었으나 작업 기억의 개인차는 용량보다는 억제 능력의 차이에 기인하였을 가능성이 컸다. 억제 능력은 학령전기에는 아동의 사고만이 아니라 행동 조절에도 기여하여 읽기 발달에 중요한 초기 문해 능력들인 음운이나 음절, 활자 인식에서부터 복잡한 활자를 표상하여 손으로 재생할 수 있는 미세한 시각운동 기술의 발달에도 영향을 끼치는 것으로 나타났다.

학령기에 이르면 억제 능력은 보다 세분화된 형태로 읽기에 영향을 끼치게 되는 데 이 시기에는 우세 반응 억제보다는 순행 간섭에 저항하거나 방해 간섭에 저항하는 능력이 자동화된 읽기에서의 이해와 유창성을 돕는 것으로 나타났다. 그리고 이 시기에는 학령전기와는 달리 억제 능력만이 아니라 전환이나 갱신 능력도 매우 중요한 역할을 하게 되는 것으로 보인다.

그러나 현재까지의 연구들은 대부분 학령기와 학령전기 아동을 대상으로 상이한 과제들을 사용하여 억제와 전환 능력을 측정하여왔



다. 특히, 앞에서 제시한 바와 같이 학령기 아동을 대상으로 사용한 과제들은 억제 능력을 보다 세분화하여 방해 간섭 억제나 순행 간섭 억제 등으로 나누어 측정하였을 뿐만 아니라 읽기 능력의 측정에 있어서도 지문을 보여주거나 보여주지 않는 조건을 비교하는 등 보다 높은 난이도의 과제들을 활용하여 측정하였던 반면에 학령전기 아동들에게 제시한 과제들은 단순하고 세분화된 억제 능력을 측정하는 데에는 한계가 있었다. 이와 같은 상이한 측정 과제들의 사용은 발달 과정에서 구체적으로 실행 기능의 억제 나 전환 능력의 구성 요소가 점차 세분화된 것인지 애초부터 동일하였으나 다만 측정 상의 한계에 근거한 것인지 지금까지의 연구로는 구분하기가 어렵다. 따라서 학령전기와 학령기를 아우르는 측정과제들의 개발과 이를 활용한 발달 과정상의 변화와 읽기 능력에의 기여도 변화를 추적하는 연구들이 있어야 발달에 따른 실행 기능과 읽기 능력 발달과의 관계 조명이 보다 구체적으로 이루어 질 수 있을 것으로 보인다.

무엇보다 실행 기능은 사회 경제적 요인이나 양육 방식, 언어와 문화적 차이와 같은 환경적 요인에 따라 영아기 부터 발달 정도가 달라진다고 한다. 이는 환경적 측면에서 취약한 상황에 놓인 아동들에게 실행 기능의 미발달만이 아니라 주요한 학업 능력의 근간인 읽기 능력을 취약하게 할 수도 있는 요소인 것으로 보인다. 반면에 이는 중재를 통해 실행 기능을 강화하였을 때, 그 효과가 실행 기능 내에서만 머무르지 않고 구어 이해와 읽기 능력 발달로도 전이될 수 있을 가능성도 동시에 제시하기도 한다.

그러나 실행 기능 향상 훈련 프로그램의 전이 효과는 아직까지 Novick 등(2014)의 성인을

대상으로 한 구어 이해 능력 증진 연구 외에는 없는 것으로 보인다. 향후에는 보다 어린 연령층을 대상으로 하여 실시할 수 있는 훈련 프로그램을 개발하고, 발달 초기의 실행 기능의 향상이 언어와 읽기 발달의 향상이로도 이어질 수 있는지를 단기만이 아니라 종단적으로도 검토할 수 있는지를 체계적으로 검토하는 연구가 매우 중요할 것이다. 특히, 발달 초기에 잠재적인 읽기 부진 아동의 실행 기능을 향상시키는 것이 어떠한 긍정적 효과를 가져올 수 있을지를 체계적으로 밝히는 것은 읽기 장애로 고통 받는 많은 아동과 성인에게 무엇보다 중요한 것이다.

## 참고문헌

- 고선희, 최경순, 황민아 (2009). 읽기 폭 과제로 측정된 정상아동의 작업기억 발달. 언어척각장애연구, 14(3), 303-312.
- 김민정, 이승복, 이희란 (2009). 발달설 난독증에 대한 신경학적 연구 고찰. 특수교육, 8(2), 259-278.
- 김성현 (2012). 만 5세 유아의 인지적 억제와 작업기억 폭이 회상수행에 미치는 영향. 한국교육문제연구, 30(2), 281-300.
- 김애화, 유현실, 김의정 (2010). 음운처리의 요인 구조: 음운인식, 음운기억, 빠른 자동 이름대기는 별개의 능력인가?. 언어척각장애연구, 15(2), 177-192.
- 김현자, 조중열 (2001). 학령전 아동에서 음운인식, 시각지각 및 한글 읽기와의 관계: 인지발달. 한국심리학회, 14(2), 15-28.
- 김화수, 이세연 (2013). 아동언어장애와 관련된 작업기억 연구동향. 한국언어치료학회,

- 22(2), 119-143.
- 박보라, 최예린 (2014). 4-5 세 일반 아동의 초기 읽기 능력과 시지각 및 음운인식 능력 간 관련성. *한국언어치료학회*, 23(3), 91-103.
- 박순길, 조증열, 유영미 (2013). 읽기부진 아동의 문식성 예언변인 연구. *특수교육*, 12(1), 155-180.
- 손현주, 최영은 (2011). 학령전기 아동의 문장 처리 능력과 실행 기능의 관련성 연구. *한국심리학회지: 발달*, 24(3), 87-104.
- 송찬원 (2011). 수학학습장애아와 일반아동의 신경심리적 작업기억 특성 비교: 아동용 Rey-Kim 기억검사를 중심으로. *특수교육저널: 이론과 실천*, 12(3), 405-427.
- 안성우, 서유경, 김 유 (2011). 작업기억의 발달에 대한 실증적 연구: 음운기억과 중앙 집행기 발달을 중심으로. *언어치료연구*, 20(1), 69-85.
- 안제원, 방희정, 박현정 (2013). 초등학교 고학년 아동의 빠른 이름대기 및 실행기능과 읽기능력 간의 관계. *한국심리학회지: 발달*, 26(1), 85-102.
- 유현주, 김미라, 이정모 (2006). 작업기억의 개인차: 무관련 정보 억제의 차이. *인지과학*, 17(3), 207-229.
- 이기숙, 김순환, 정종원 (2011). 만 5 세 유아의 읽기능력, 어휘력과 개인, 환경 변인이 초등학교 1 학년 읽기이해능력과 어휘력에 미치는 영향. *아동학회지*, 32(6), 123-139.
- 이기숙, 김순환, 정종원, 김민정 (2013). 만 5 세 읽기능력, 어휘력 및 개인·환경 변인에 따른 초등학교 3 학년 읽기이해능력과 어휘력. *유아교육연구*, 33(4), 363-384.
- 이임숙, 조증열 (2003). 초등학생의 읽기와 인지-언어적 변인들과의 인과적 관계. *한국심리학회지: 발달*, 16(4), 211-225.
- 이한규 (2011). 읽기 관련 작업기억 분석. *한국인지과학회*, 22(2), 193-215.
- 조명한 (1997). 일반: 작업기억과 언어처리의 개인차. *한국심리학회지: 일반*, 16(1), 18-39.
- 조증열, 이임숙 (2004). 초등학생의 읽기 능력, 독서, 학업효능감 및 학업성적간의 인과적 관계. *초등교육연구*, 17(1), 127-143.
- 조증열 (2011). 초등 중학년의 한글 문식성 발달에 대한 인지심리학적 이해. *한국초등국어교육*, 45, 335-350.
- 조증열, 배성봉, 박혜원, 박순길 (2012). 도시와 농촌 아동의 인지 언어적 기술과 문식성, 수학 능력과의 관계. *유아교육연구*, 32(3), 357-381.
- 최영은, 최미혜, 남민지 (2013). 사회 경제적 지위에 따른 학령 전기 아동의 실행 기능 발달. *한국심리학회지: 발달*, 26(4), 107-123.
- 황민아 (2014). 읽기이해부진 아동의 작업기억 특성: 문장 따라말하기 및 비단어 따라말하기 검사를 중심으로. *한국학습장애학회*, 11(1), 53-72.
- Ardila, A., Rosselli, M., Matute, E., & Guajardo, S. (2005). The influence of the parents' educational level on the development of executive functions. *Developmental neuropsychology*, 28(1), 539-560.
- Arrington, C. N., Kulesz, P. A., Francis, D. J., Fletcher, J. M., & Barnes, M. A. (2014). The Contribution of Attentional Control and Working Memory to Reading Comprehension and Decoding. *Scientific Studies of Reading*,

- (ahead-of-print), 1-22.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559.
- Becker, D. R., Miao, A., Duncan, R., & McClelland, M. (2014). Behavioral self-regulation and executive function both predict visuomotor skills and early academic achievement. *Early Childhood Research Quarterly*, 29(4), 411-424.
- Bernier, A., Carlson, S. M., Deschênes, M., & Matte Gagné, C. (2012). Social factors in the development of early executive functioning: a closer look at the caregiving environment. *Developmental science*, 15(1), 12-24.
- Bialystok, E. (2011). Reshaping the mind: the benefits of bilingualism. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 65(4), 229-235.
- Bierman, K. L., Domitrovich, C. E., Nix, R. L., Gest, S. D., Welsh, J. A., Greenberg, M. T., Blair, C., Nelson, K. E., & Gill, S. (2008). Promoting Academic and Social Emotional School Readiness: The Head Start REDI Program. *Child development*, 79(6), 1802-1817.
- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child development*, 78(2), 647-663.
- Booth, J. N., Boyle, J. M., & Kelly, S. W. (2014). The relationship between inhibition and working memory in predicting children's reading difficulties. *Journal of Research in Reading*, 37(1), 84-101.
- Borella, E., & de Ribaupierre, A. (2014). The role of working memory, inhibition, and processing speed in text comprehension in children. *Learning and Individual Differences*, 34, 86-92.
- Borella, E., Carretti, B., & Pelegrina, S. (2010). The specific role of inhibition in reading comprehension in good and poor comprehenders. *Journal of Learning Disabilities*, 43(6), 541-552.
- Carroll, D. W. (2008). *Psychology of language* (5<sup>th</sup> edition). Belmont, CA: Thompson Wadsworth.
- 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.
- Carlson, S. M., & Meltzoff, A. N. (2008). Bilingual experience and executive functioning in young children. *Developmental science*, 11(2), 282-298.
- Cartwright, K. B. (2002). Cognitive development and reading: The relation of reading-specific multiple classification skill to reading comprehension in elementary school children. *Journal of Educational Psychology*, 94(1), 56-63.
- Cartwright, K. B., Marshall, T. R., Dandy, K. L., & Isaac, M. C. (2010). The development of graphophonological-semantic cognitive flexibility and its contribution to reading comprehension in beginning readers. *Journal of Cognition and Development*, 11(1), 61-85.
- Chall, J. S. (1979). Minimum Competency in Reading: An Informal Survey of the States. *Phi Delta Kappan*, 60(5), 351-52.
- Cho, J. R., & McBride-Chang, C. (2005). Correlates of Korean Hangul acquisition

- among kindergartners and second graders. *Scientific Studies of Reading*, 9(1), 3-16.
- Cho, J. R., McBride-Chang, C., & Park, S. G. (2008). Phonological awareness and morphological awareness: Differential associations to regular and irregular word recognition in early Korean Hangeul readers. *Reading and Writing*, 21(3), 255-274.
- Choi, Y., & Trueswell, J. C. (2010). Children's (in) ability to recover from garden paths in a verb-final language: Evidence for developing control in sentence processing. *Journal of Experimental Child Psychology*, 106(1), 41-61.
- Christopher, M. E., Miyake, A., Keenan, J. M., Pennington, B., DeFries, J. C., Wadsworth, S. J., Willcutt Erik, & 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), 470-487.
- Chung, K. K., & McBride-Chang, C. (2011). Executive functioning skills uniquely predict Chinese word reading. *Journal of Educational Psychology*, 103(4), 909-921.
- Colé, P., Duncan, L. G., & Blaye, A. (2014). Cognitive flexibility predicts early reading skills. *Cognitive Science*, 5, 565.
- Collins, A., & Koechlin, E. (2012). Reasoning, learning, and creativity: frontal lobe function and human decision-making. *PLoS biology*, 10(3), e1001293.
- Conners, F. A. (2009). Attentional control and the simple view of reading. *Reading and Writing*, 22(5), 591-613.
- Daneman, M. (1991). Working memory as a predictor of verbal fluency. *Journal of Psycholinguistic Research*, 20(6), 445-464.
- Daneman, M., & Merikle, P. M. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3(4), 422-433.
- Daneman, M., & Tardif, T. (1987). Working memory and reading skill reexamined. In M. Coltheart (Ed.), *Attention and performance XII: The psychology of reading* (pp.491-508). Hove, U.K.: Erlbaum.
- Dehaene, S. (2009). *Reading in the brain: The new science of how we read*. New York, NY: Penguin.
- D'Esposito, M., Postle, B. R., Ballard, D., & Lease, J. (1999). Maintenance versus manipulation of information held in working memory: an event-related fMRI study. *Brain and cognition*, 41(1), 66-86.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135-168.
- Diamond, A. (2014). UNDERSTANDING EXECUTIVE FUNCTIONS: What helps or hinders them and how executive functions and language development mutually support one another. *Perspectives on Language and Literacy*, 40(2), 7-10.
- Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*, 333(6045), 959-964.
- Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science (New York, NY)*,

- 318(5855), 1387-1388.
- Dixon, P., LeFevre, J. A., & Twilley, L. C. (1988). Word knowledge and working memory as predictors of reading skill. *Journal of Educational Psychology*, 80(4), 465-472.
- Dunn, J. R. (2010). Health behavior vs the stress of low socioeconomic status and health outcomes. *JAMA*, 303(12), 1199-1200.
- Eakin, L., Minde, K., Hechtman, L., Ochs, E., Krane, E., Bouffard, R., Greenfield, B., & Looper, K. (2004). The marital and family functioning of adults with ADHD and their spouses. *Journal of Attention Disorders*, 8(1), 1-10.
- Eldreth, D. A., Patterson, M. D., Porcelli, A. J., Biswal, B. B., Rebbeci, D., & Rypma, B. (2006). Evidence for multiple manipulation processes in prefrontal cortex. *Brain research*, 1123(1), 145-156.
- Engel De Abreu, P. M., Cruz-Santos, A., Tourinho, C. J., Martin, R., & Bialystok, E. (2012). Bilingualism enriches the poor enhanced cognitive control in low-income minority children. *Psychological science*, 23(11), 1364-1371.
- Engel de Abreu, P. M., Abreu, N., Nikeado, C., Puglisi, M., Tourinho, C., Miranda, M., Befi-Lopes, D. M., Bueno, O. F.A., & Martin, R. (2014). Executive Functioning and Reading Achievement in School: A study of Brazilian Children Assessed by Their Teachers as "Poor Readers". *Frontiers in psychology*, 5, 550.
- Farah, M. J., Shera, D. M., Savage, J. H., Betancourt, L., Giannetta, J. M., Brodsky, N. L., Malmud, E. K., & Hurt, H. (2006). Childhood poverty: Specific associations with neurocognitive development. *Brain research*, 1110(1), 166-174.
- Foy, J. G., & Mann, V. A. (2013). Executive function and early reading skills. *Reading and Writing*, 26(3), 453-472.
- Foorman, B. R., Herrera, S., Petscher, Y., Mitchell, A., & Truckenmiller, A. (2015). The structure of oral language and reading and their relation to comprehension in Kindergarten through Grade 2. *Reading and Writing*, 28(1), 1-27.
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: a latent-variable analysis. *Journal of experimental psychology: General*, 133(1), 101-135.
- García Madruga, J. A., Elosúa, M. R., Gil, L., Gómez Veiga, I., Vila, J. Ó., Orjales, I., Contreras, A., Rodríguez, R., Melero, M. Á., & Duque, G. (2013). Reading comprehension and working memory's executive processes: An intervention study in primary school students. *Reading Research Quarterly*, 48(2), 155-174.
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychological bulletin*, 134(1), 31-60.
- 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*, 18(1), 1-16.
- Gernsbacher, M. A., & Faust, M. E. (1991). The

- mechanism of suppression: a component of general comprehension skill. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17(2), 245-262.
- Gernsbacher, M. A., Varner, K. R., & Faust, M. E. (1990). Investigating differences in general comprehension skill. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(3), 430-445.
- Gerstadt, C. L., Hong, Y. J., & Diamond, A. (1994). The relationship between cognition and action: performance of children 312-7 years old on a stroop-like day-night test. *Cognition*, 53(2), 129-153.
- Grissmer, D., Grimm, K. J., Aiyer, S. M., Murrah, W. M., & Steele, J. S. (2010). Fine motor skills and early comprehension of the world: two new school readiness indicators. *Developmental psychology*, 46(5), 1008-1017.
- Hackman, D. A., & Farah, M. J. (2009). Socioeconomic status and the developing brain. *Trends in cognitive sciences*, 13(2), 65-73.
- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. *Psychology of learning and motivation*, 22, 193-225.
- Hoff, E. (2013). *Language development* (5<sup>th</sup> edition). Belmont, CA: Cengage Learning.
- Horowitz-Kraus, T. (2014). Pinpointing the Deficit in Executive Functions in Adolescents With Dyslexia Performing the Wisconsin Card Sorting Test An ERP Study. *Journal of learning disabilities*, 47(3), 208-223.
- Huttenlocher, P. R., & Dabholkar, A. S. (1997). Developmental anatomy of prefrontal cortex. In N. Krasnegor, G. Lyon, & P. Goldman-Rakic (Eds.), *Development of the prefrontal cortex: Evolution, neurobiology, and behavior* (pp. 69-83). Baltimore: Brookes Publishing.
- Karbach, J., & Kray, J. (2009). How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task switching training. *Developmental science*, 12(6), 978-990.
- Kieffer, M. J., Vukovic, R. K., & Berry, D. (2013). Roles of Attention Shifting and Inhibitory Control in Fourth Grade Reading Comprehension. *Reading Research Quarterly*, 48(4), 333-348.
- Kim, Y. S. (2011). Proximal and distal predictors of reading comprehension: Evidence from young Korean readers. *Scientific Studies of Reading*, 15(2), 167-190.
- Klingberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in cognitive sciences*, 14(7), 317-324.
- Kovács, Á. M., & Mehler, J. (2009). Cognitive gains in 7-month-old bilingual infants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(16), 6556-6560.
- Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21(1), 59-80.
- Lunt, L., Bramham, J., Morris, R. G., Bullock, P. R., Selway, R. P., Xenitidis, K., & David, A. S. (2012). Prefrontal cortex dysfunction and 'Jumping to Conclusions': Bias or deficit?. *Journal of neuropsychology*, 6(1), 65-78.
- Lustig, C., May, C. P., & Hasher, L. (2001).

- Working memory span and the role of proactive interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(2), 199-207.
- McBride-Chang, C., & Kail, R. V. (2002). Cross-cultural similarities in the predictors of reading acquisition. *Child development*, 73(5), 1392-1407.
- McBride-Chang, C., Cho, J. R., Liu, H., Wagner, R. K., Shu, H., Zhou, A., Cheuk, C. S-M., & Muse, A. (2005). Changing models across cultures: Associations of phonological awareness and morphological structure awareness with vocabulary and word recognition in second graders from Beijing, Hong Kong, Korea, and the United States. *Journal of experimental child psychology*, 92(2), 140-160.
- McClelland, M. M., Cameron, C. E., Connor, C. M., Farris, C. L., Jewkes, A. M., & Morrison, F. J. (2007). Links between behavioral regulation and preschoolers' literacy, vocabulary, and math skills. *Developmental psychology*, 43(4), 947-959.
- Miyake, A., Emerson, M. J., & Friedman, N. P. (2000). Assessment of executive functions in clinical settings: Problems and recommendations. In *Seminars in speech and language*, 21(2), 169-183.
- Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H., Houts, R., Poulton, R., Reverts, B. W., Ross, S., Sears, M. R., Thomson, W. M., & Caspi, A. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7), 2693-2698.
- Noble, K. G., Norman, M. F., & Farah, M. J. (2005). Neurocognitive correlates of socioeconomic status in kindergarten children. *Developmental science*, 8(1), 74-87.
- Novick, J. M., Hussey, E., Teubner-Rhodes, S., Harbison, J. I., & Bunting, M. F. (2014). Clearing the garden-path: Improving sentence processing through cognitive control training. *Language, Cognition and Neuroscience*, 29(2), 186-217.
- Novick, J. M., Thompson-Schill, S. L., & Trueswell, J. C. (2008). Putting lexical constraints in context into the visual-world paradigm. *Cognition*, 107(3), 850-903.
- Novick, J. M., Trueswell, J. C., & Thompson-Schill, S. L. (2005). Cognitive control and parsing: Reexamining the role of Broca's area in sentence comprehension. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 5(3), 263-281.
- Oh, S., & Lewis, C. (2008). Korean preschoolers' advanced inhibitory control and its relation to other executive skills and mental state understanding. *Child Development*, 79(1), 80-99.
- Poljac, E., Simon, S., Ringlever, L., Kalcik, D., Groen, W. B., Buitelaar, J. K., & Bekkering, H. (2010). Impaired task switching performance in children with dyslexia but not in children with autism. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63(2), 401-416.
- Pimperton, H., & Nation, K. (2010). Suppressing irrelevant information from working memory: Evidence for domain-specific deficits in poor comprehenders. *Journal of Memory and Language*, 62(4), 380-391.
- Prince, M., Patel, V., Saxena, S., Maj, M.,

- Maselko, J., Phillips, M. R., & Rahman, A. (2007). No health without mental health. *The Lancet*, 370(9590), 859-877.
- Reiter, A., Tucha, O., & Lange, K. W. (2005). Executive functions in children with dyslexia. *Dyslexia*, 11(2), 116-131.
- Röthlisberger, M., Neuenschwander, R., Cimeli, P., Michel, E., & Roebers, C. M. (2012). Improving executive functions in 5- and 6-year-olds: Evaluation of a small group in prekindergarten and kindergarten children. *Infant and Child Development*, 21(4), 411-429.
- Sabbagh, M. A., Xu, F., Carlson, S. M., Moses, L. J., & Lee, K. (2006). The development of executive functioning and theory of mind a comparison of Chinese and US preschoolers. *Psychological Science*, 17(1), 74-81.
- Sesma, H. W., Mahone, E. M., Levine, T., Eason, S. H., & Cutting, L. E. (2009). The contribution of executive skills to reading comprehension. *Child Neuropsychology*, 15(3), 232-246.
- Siegel, L. S. (1994). Working memory and reading: A life-span perspective. *International Journal of Behavioral Development*, 17(1), 109-124.
- Siegel, L. S., & Ryan, E. B. (1989). The development of working memory in normally achieving and subtypes of learning disabled children. *Child development*, 60(4), 973-980.
- Siegler, R. S., & Alibali, M. W. (2005). Information-processing theories of development. In R. S. Siegler (Ed.), *Children's thinking* (4<sup>th</sup> ed., pp.65-106). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Smith, E. E., & Jonides, J. (1999). Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, 283(5408), 1657-1661.
- Stoet, G., Markey, H., & López, B. (2007). Dyslexia and attentional shifting. *Neuroscience letters*, 427(1), 61-65.
- Swanson, H. L. (1996). Individual and age-related differences in children's working memory. *Memory & Cognition*, 24(1), 70-82.
- Swanson, H. L., & Berninger, V. (1995). The role of working memory in skilled and less skilled readers' comprehension. *Intelligence*, 21(1), 83-108.
- Thorell, L. B., Lindqvist, S., Bergman Nutley, S., Bohlin, G., & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental science*, 12(1), 106-113.
- Trueswell, J. C., Sekerina, I., Hill, N. M., & Logrip, M. L. (1999). The kindergarten-path effect: Studying on-line sentence processing in young children. *Cognition*, 73(2), 89-134.
- van der Sluis, S., de Jong, P. F., & van der Leij, A. (2007). Executive functioning in children, and its relations with reasoning, reading, and arithmetic. *Intelligence*, 35(5), 427-449.
- Wagner, R. K., & Torgesen, J. K. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological bulletin*, 101(2), 192-212.
- Wang, L. C., Tasi, H. J., & Yang, H. M. (2012). Cognitive inhibition in students with and without dyslexia and dyscalculia. *Research in developmental disabilities*, 33(5), 1453-1461.
- Wanless, S. B., McClelland, M. M., Acock, A. C.,



- Ponitz, C. C., Son, S. H., Lan, X., Morrison, F. J., Chen, J-L., Chen F-M., Lee, K., Sung, M., & Li, S. (2011). Measuring behavioral regulation in four societies. *Psychological assessment*, 23(2), 364-378.
- Wanless, S. B., McClelland, M. M., Lan, X., Son, S-H., Cameron, C. E., Morrison, F. J., Chen, F-M., Chen, J-L., Li, S., Lee, K., Sung, M. (2013). Gender differences in behavioral regulation in four societies: The United States, Taiwan, South Korea, and China. *Early Childhood Research Quarterly*, 28(3), 621-633.
- Wells, J. B., Christiansen, M. H., Race, D. S., Acheson, D. J., & MacDonald, M. C. (2009). Experience and sentence processing: Statistical learning and relative clause comprehension. *Cognitive Psychology*, 58, 250-271.
- 1차원고접수 : 2014. 10. 24.  
수정원고접수 : 2015. 01. 06.  
최종게재결정 : 2015. 03. 02.

## **Executive Functions and Development of Reading: How inhibition and switching affect reading development?**

**Narae Ju**

**Youngon Choi**

Psychology, Chung-Ang University

Various factors contribute to individual differences in reading development. Among these factors, the executive functions (EF) has recently received much interest as the main agent that causes individual variations in reading development. In this review, we examined how EF, especially inhibitory control and switching components of EF, relate to reading abilities from preschool years to school years and beyond. Specifically, we reviewed various measures that have been used to tap into these two sub-components of EF across many studies testing children at various ages, and how these measures relate to which aspects of reading, such as, comprehension, fluency, or emergent literacy skills. Also a review was conducted on the research that reported transfer effect of training designed to improve EF into reading skills and tried to examine direct and indirect routes the EF can influence reading development.

*Key words* : *executive functions, working memory, inhibition, switching, reading development, language development, training*