

Relation between Executive Function and Math Anxiety in 1st Grade Students

Soo-Yeon Jeong*
Dongdaejjeon Elementary School

<ABSTRACT>

Although there have been many efforts to reduce students' math anxiety, the problem persists. This study examines the executive function as a solution to that problem, because previous studies on reducing early elementary school students' math anxiety suggest that it is important to focus on the executive function. Through research on previous studies, this study hypothesizes that studying the different levels of the executive function (working memory, inhibitory control, attentional shift) in the student with math anxiety will give insight through analysis of the data. As a results of this study, the students who fit that hypothesis are identified. These results can be used for research in real-world conditions in the future studies, and focusing on these results, interventions, programs, or lessons to reduce the students' math anxiety can be planned and implemented. This study can be the starting point of other studies for reducing early elementary school students' math anxiety by focusing on executive function.

Key words : executive function, math anxiety, early elementary school students, working memory, inhibitory control, attentional shift, cognitive neuroscience

Introduction

수학은 어려운 교과다(Ashcraft & Ridley, 2005). 수학에의 숙달은 수학을 다루는 분야와 수학 교육의 중요한 기초이지만(Kilpatrick, Swafford, Findell, & National Research Council Mathematics Learning, Study Committee, 2001), 많은 사람들이 수학에 숙달되기에 어려움을 겪는다(Ashcraft & Ridley, 2005). 공식적인 교육을 통해 가르쳐지는 다른 주제들과는 달리, 수학은 일상 속에서 경험적인 스트레스 유발인자로 여겨진다(Ashcraft & Ridley,

2005). 즉, 수학은 그 어렵다는 특성상 불안을 야기한다.

불안은 불확실한 결과를 가져오는 상태에 대한 불편한 감정과 염려다(Lim, K. & Lim, W., 2007). 불안은 특성불안과 상태불안으로 구분되는데, 특성불안은 개인의 성격차이에서 유래하는 만성적인 불안이며, 상태불안은 경험적으로 증대되며 특정한 자극에 의해 일시적으로 일어나는 불안이다(Lim, K. & Lim, W., 2007; Derakshan & Eysenck, 2009). 상태불안은 수학 불안과 시험불안을 포함하며 Hembree(1990)는 수학 불안이 시험불안과 밀접하

* Corresponding Author : Soo-Yeon Jeong, momzzi@naver.com

Received May 25, 2017; Accepted June 19, 2017; Published June 28, 2017

© 2017. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

로 수학 불안은 시험 불안 연구를 따른다고 하였다.

하지만 Ashcraft와 Ridley(2005)는 수학 불안과 시험 불안이 자극과 상황에 특수적인 공통점을 지니고 있음을 인지하면서도 이 둘을 분리된 구조로 보았으며, 수학 불안 연구의 역사적 고찰을 통해 “수학 불안은 수학과 관련된 상황에서의 스트레스 느낌뿐만 아니라 회피로 특징지어지는 부정적인 감정적 반응이다.”라고 정의하였다. Young, Wu와 Menon(2012)은 이 정의를 사용하여 수학 불안은 특성 불안과 독립적으로 나타나며 자극과 상황에 특수한 불안임을 증명하였다. 본 연구에서는 이 정의를 따른다.

1957년에 Dreger와 Aiken이 대학생의 수에 관한 불안을 주제로 수학 불안을 처음 보고한 이후로 (Ashcraft & Ridley, 2005에서 인용), 국외에서의 수학 불안을 줄이려는 연구들을 바탕으로(Tobias, 1987; Hembree, 1990), 국내에서도 많은 연구들이 이루어졌다(Won, S., 2009; Yoon, R. & Jeon, I., 2010; Jung, J. & Whang, W., 2013).

하지만 이러한 오래된 노력에도 불구하고 경제협력 개발 기구(Organization for Economic Co-operation and Development: OECD)가 주도하는 국제 학생 평가 프로그램(Programme for International Student Assessment: PISA)에서 우리나라 학생들의 수학 불안이 4번째로 높게 나타난 실정이다(OECD, 2014a). 그러므로 기존과는 다른 새로운 교육적 처치의 필요성이 대두된다.

최근에는 인지 과학의 발달로 인지 신경과학 연구들이 활발히 이루어지고 있다. 수학교육 영역에서는 Campbell(2005)이 그의 저서에서 “수학교육 신경과학”이라는 용어를 소개하면서 수학교육자 및 수학 연구자로서 인지 신경과학의 발전을 수학교육과 연관시켜야 한다고 주장하였다. 이에 부응하여 최근 국외에서는 인지신경기법을 사용한 수학 불안에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다(Colome, Nucez-Pena, & Suarez-Pellicioni, 2013; Sheffield, & Hunt, 2006; Suarez-Pellicioni, Nucez-Pena, & Colome, 2013; Young, Wu, & Menon, 2012). 이들은 뇌파 기법(electro-encephalogram: eeg), 기능적 자기 공명영상 기법(functional magnetic resonance imaging: fMRI), 시선 추적기(eye-tracker)를 이용

하여 수학 불안의 영향을 인지 신경적으로 밝혔다. 그 중에서도 특히, Luria(1976)에 의해 전두엽이 손상된 환자들의 행동에 문제가 있음을 통해 드러난, 고차적 인지 능력인 “실행 기능”과 수학 불안의 연관성이 증명되고 있다. 본 연구에서는 수학 불안을 줄이기 위한 새로운 처치에 대한 실마리를 실행 기능에서 찾고자 한다.

Theoretical Background

Krathwohl은 보다 나은 연구를 할 수 있는 아이디어들을 제공해 주는 것이 문헌 고찰이 갖는 역할이라고 하였으며, Marshal와 Rosman은 기존 연구들에서 해결되지 않은 문제점이 존재한다는 것을 발견한 상태에서 해당 연구가 그러한 문제점을 해결하는 데 도움을 줄 것이라는 사실을 강조하는 것이 문헌 분석의 역할이라고 하였다(Kim, Y. C., 2016에서 인용). 또한, 문서는 연구자로 하여금 시간과 공간의 한계를 넘을 수 있게 실질적으로 돕는 역할을 한다(Kim, Y. C., 2016). 특히, 고가의 장비를 사용해야하는 인지 신경적 방법의 연구를 실제로 하려면 많은 제약이 따르는데, 이에 문헌 분석은 아주 유용하다.

이러한 이점들을 바탕으로, 본 연구의 이론적 배경에서는 실행 기능이 무엇인지와 실행 기능과 수학 불안과의 관련성, 수학 불안의 요인, 실행 기능과 수학 불안 중재를 문헌 고찰을 통해 살펴보고, 기존의 문제점을 보완한 더 나은 아이디어를 얻고자 한다.

What is the Executive Function(EF)?

실행 기능이란 원하는 목표를 달성하기 위하여 상황에 맞게 행동이나 사고를 조절하고 관리하는 능력으로 뇌의 전두엽에서 담당하고 있는 고차적인 인지 능력이다(Do, R., et al., 2010). Luria(1976)는 전두엽은 감정적 활동과 행동을 규제하므로 전두엽, 특히 전전두엽의 손상은 개인의 행동 결과를 확인하거나 규제하는 능력을 파괴한다고 하였다. 이렇

듯, 실행 기능은 전두엽이 손상된 환자들의 행동에 문제가 있음을 통해 처음 드러났다.

실행 기능은 자기 규제, 정서 지능, 마음 이론과도 관련이 있지만, 본 연구에서는 이에 대해서는 깊게 탐구하지 않고, Friedman와 Miake(2004), Raver와 Blair(2016)와 같은 관점에서 실행 기능을 세 가지 요소로 보는 데에 국한한다.

Friedman와 Miake(2004)는 일반적으로 실행 기능에 포함된다고 여겨지는 많은 과제들을 분석하여 억제 기능, 전환 기능, 작업 기억의 갱신 기능의 세 가지가 실행 기능의 요소라고 밝혔다. 반면, Baddeley와 Hitch(1974)는 작업 기억 시스템이 계획, 전략 선택, 주의 통제와 같은 다양하고 복잡한 기능을 포함한다고 하였다. 즉, 작업 기억 안에 실행 기능의 개념을 포함하였다. 이렇듯 실행 기능의 수와 본질에 대한 일치가 없다(Derakshan & Eysenck, 2009).

본 연구에서는 Friedman와 Miake(2004)의 관점과 최근의 연구인 Raver와 Blair(2016)의 관점과 같은 맥락으로 실행 기능을 세 가지 요소로 보되, Baddeley와 Hitch(1974)과 같이 작업 기억 안에 실행 기능의 개념을 포함하여 보는 관점과의 혼동을 방지하기 위해 Friedman와 Miake(2004)의 갱신 기능이란 용어 대신 작업 기억이란 용어를 사용하여 작업 기억이 실행 기능에 포함됨을 드러내었다.

또한, 번역 오류를 피하기 위해 국내 연구를 참고하였으며(Lee, H., 2013; Cho, E., 2014), 이들 국내 연구에서 사용된 전환 “능력”이란 용어 대신에 “주의 전환”이란 용어가 실행 “기능”이란 용어를 고려했을 때의 “기능”과 “능력”의 의미 중복을 피할 수 있다고 여겼기 때문에 결과적으로 본 연구에서는 실행 기능을 작업 기억, 억제 통제, 주의 전환이라는 용어를 사용하여 나타낸다. 이제 각 기능의 정의와 특성 및 예와 평가 방법, 실행기능의 발달에 대해 소개하겠다.

Definition

Working memory

본 연구에서의 작업 기억이란 용어는 작업 기억 용량의 의미로 쓰인다. 작업 기억 용량에는 제한이

있으며, 이러한 제한에는 개인차가 있다.

단기 기억이 단순히 기억을 짧은 시간 동안 유지하는 것이라는 개념에 비하여 작업 기억은 기억을 조작하고 처리하는 개념까지 포함한 것이다. 예를 들어 숫자 2, 7, 3, 6을 듣고 따라하는 것은 단기 기억의 측정이지만 거꾸로 6, 3, 7, 2를 말해보는 것은 작업 기억을 측정하는 것이다(Kim, Y. M., 2016).

전통적인 작업 기억의 인지적 모델인 Baddeley와 Hitch(1974)의 모델에서는 작업 기억을 완충 기억장치로 설명한다. 완충 기억장치의 개념을 인지 신경적으로 설명하면, 임시 정보를 저장하는 뇌의 부분으로, 정보 전송이 요구되는 과제 관련 정보를 임시적으로 보유하며 CPU에 의해 처리된 하드 드라이브로부터의 정보에 대한 고속기억장치로서의 역할을 하는 컴퓨터의 RAM과 유사하다(D’Esposito, 2007). 즉, 작업 기억은 정보를 짧은 시간만 보유하는 특징을 가진다.

Inhibitory control

van der Sluis, de Jong와 van der Leij(2007)는 억제 통제는 목표에 적합한 행동을 위하여 의도적으로 자동적인 반응들을 억누르는 능력이라고 하였으며, 이는 무릎 반사 반응 같은 자동적인 반응을 통제하고 목표를 달성하고 오류를 피하기 위한 반응을 하도록 하는 능력이다(Kirkham, Cruess, & Diamond, 2003).

Attention shift

주의 전환은 관계없는 반응이나 전략에서 벗어나 새롭고 더 적절한 반응으로 전환하는 능력이며, 산술 전략과 다양한 단계의 산술 문제를 풀 때의 산술적인 보조 해결책을 선택함으로써 수학 수행에 포함되는 능력이라고 여겨진다(van der Sluis, de Jong, & van der Leij, 2007)

Examples

Raver와 Blair(2016)가 우노(UNO)와 같은 카드 게임을 예로 들어 실행 기능의 각 기능을 설명한 것에 덧붙여서 설명하겠다.

Working memory

카드 게임을 배우기 위해서는 아이들은 어떤 카드의 패턴과 그룹을 언제 사용할지에 대한 많은 정보를 마음속에 담고 있어야 한다. 게임의 규칙을 아는 것뿐만 아니라 그 규칙을 어떻게 실제 게임에 자신에게 유리하게 적용할지 마음속에서 처리하는 과정에서 작업 기억이 필요하다.

Inhibitory control

게임에 참여하는 데 그치는 게 아니라, 이기려는 아이들은 그들의 자동적으로 반응하려는 경향을 통제해야 한다. 예를 들어, 그들은 다른 플레이어들에게 팁을 주지 않기 위해 그들의 카드를 꼭 쥐고 있어야 한다.

Attentional shift

아이들은 카드의 숫자와 모양의 중요한 상세 정보 또는 각자의 플레이어가 몇 개의 카드를 얻었는지를 빠르게 알 수 있도록 집중해야 한다. 즉, 그들은 현재 자신이 가지고 있는 상세 정보를 빠르게 분류하고, 앞으로 가질 정보와 환경에서의 단서에도 유연하게 집중해야 하며, 불필요한 정보에는 집중하지 않아야 한다.

Tasks

Working memory

숫자 거꾸로 따라 외우기 과제, 단어 거꾸로 말하기 과제, 8개의 상자 과제 등이 사용된다.

Inhibitory control

위스콘신 카드분류 과제(Wisconsin Card Sorting Test: WCST), 선로 잇기 과제(Children's Color Trails Test: CCTT), 스트룹 과제(Stroop task) 등이 사용된다.

Attentional shift

낮과 밤 과제, 양과 사자 과제, 깃발 과제, 사이먼 세이즈(Simon says) 등이 사용된다.

Development of executive function

실행 기능과 같은 인지 능력의 발달은 전두엽의 성숙에 의해 영향을 받는다(Lawson, 2016). 전두엽은 성인 초기까지 계속해서 성장하지만, Luria는 전두엽이 급격히 성숙하는 시기로 만 3.5~4세와 만 7~8세의 연령을 꼽았다(Lawson, 2016에서 인용).

아기들을 예로 들어 실행 기능의 발달을 이해해보자. 아기들은 억제 통제가 발달되지 않았다. 그러므로 그들이 원하는 것이 충족되지 않으면 참지 못하고 운다. 또한, 주의 전환이 발달되지 않았기 때문에 엄마를 따라 다니는 도중에 신기한 장난감을 마주하면 그 장난감에 주의를 쏟으며 엄마를 잃어버리기 십상이다. 더구나 만 2세 미만의 아기들은, 카드게임에서 이기기를 논하기 전에, 복잡한 카드게임의 규칙 자체를 기억하고 이해할 수 없음은 당연하다(Raver & Blair, 2016).

이렇듯 아기들은 실행 기능을 가지고 태어나지는 않지만, Carlson(2015)은 아이들이 만 2세나 3세이어서도 복잡한 실행 기능들이 직접적으로 측정된다고 하였다. 만 2세 ~3세까지의 영유아기의 초기 경험은 부모와의 애착형성을 통해 아이에게 굉장히 중요한 영향을 준다는 사실은 흔히 알려져 있다. 하지만 이 시기의 초기 경험은 애착뿐만 아니라 실행 기능의 발달에도 중요하다는 사실을 Carlson(2015)을 통해 알 수 있다. 이에 민감한 돌봄과 주의를 쏟음, 낮은 지시와 간섭 등의 부모와 양육자의 행동을 포함한 초기 경험과 보육 방식의 중요성이 강조된다(Raver & Blair, 2016).

영유아가 지나면 인지능력이 변하지 않고 고정된다는 “결정적 시기”이론에 의하면 영유아가 지난 아이들은 이미 실행 기능 향상의 기회를 놓친 것으로 해석될 수 있다. 그렇다면, 교사는 학생들의 실행 기능을 향상시키기 위한 노력을 할 필요가 없을 것이다. 하지만 최근의 뇌과학 연구에는 “결정적 시기”이론에 대한 반론으로 “신경 가소성”이론이 제기되었다. 즉, 뇌의 구조와 기능이 성년기에도 경험이나 환경적 자극, 학습 등에 의해서 변할 수 있다는 것이 밝혀지기 시작했다(Kim, Y. M., 2016). 특히, 작업 기억의 경우, 타고나는 것이고 변하지 않는다고 여겨져 왔지만, Jaeggi, Buschkuhl, Jonides와 Perrig(2008)은 집중적인 작업 기억의 훈련에 의

해서 향상된다고 주장하였다.

본 연구에서는 영유아기 외에도 만 7~8세에 전두엽이 급격히 성숙함에 주목한다. 즉, 만 6세와 만 7~8세의 실행 기능은 크게 달라질 수 있다. Raver와 Blair(2016)는 아이들이 실행 기능을 기를 수 있도록 부모와 유치원이 이른 교육을 실시할 경우 초등학교 저학년이 되었을 때 기대하는 점수를 충족할 수 있다고 하였으며, 만 6세와 만 7~8세의 연령별 차이점이 유치원과 초등학교 저학년의 교육적 접근에 반영되어 아이들의 경험이 실행 기능의 발전과 전두엽과 뇌 속의 많은 연결들에 확장된 영향을 주도록 해야 한다고 제안하였다.

그런데 아쉽게도, 모든 아이들이 성장하면서 실행 기능 발달을 위한 경험이나 훈련의 기회를 가지지는 못한다(Raver & Blair, 2016). 그러므로 실행 기능에 대한 중재의 필요성이 제기된다. 한 가지 짚고 넘어가야 할 점은, 여기에서의 실행기능 발달을 위한 경험이나 훈련은 단순한 반복연습을 뜻하지는 않는다는 점이다. Diamond와 Lee(2011)가 실행 기능 발달을 위해 태권도와 같은 유산소 운동을 강조한 것을 보면 이에 대한 시사점을 얻을 수 있다. 예를 들어, 어린 아이에게 그 아이가 집중할 수 있는 시간을 크게 초과한 시간 동안 앉아서 책만 읽기를 강요해서는 그 아이의 억제 통제를 향상시키기는커녕 반발심만 증대시킬 것이다. 본 연구에서는 중재에 관해서 이론적 배경의 마지막에서 다룬다.

덧붙여, 전두엽의 성장만으로 실행 기능의 발달을 모두 설명하기에는 부족하다는 점을 밝힌다. 전두엽은 해부학적으로 세부적인 영역으로 나누어지며, 이중 실행 기능을 담당한다고 알려진 전전두엽에 대해서도 세부적으로 접근해야 엄밀해질 것이다. Do, R., et al.(2010)는 실행 기능의 각 기능들의 발달 시기의 차이에 대해서도 밝히고자 하였다. 본 연구에서는 실행 기능의 각 기능별 발달 시기는 고려하지 않고, 전두엽의 발달을 살펴보는 정도로만 실행 기능의 발달에 중요한 시기를 이끌어내었다.

How is the EF Related to Math Anxiety?

불안과 실행 기능, 수학 불안과 실행 기능의 관련성을 인지적인 이론들을 통해 밝히고, 인지 신경생물학적 연구를 통해 부연하려 한다.

Executive function & Anxiety

Cognitive Theory

Cognitive Theory in 1980s

인지적 방해이론(Sarason, 1988)에서는 불안의 경험은 과제와 무관한 걱정과 같은 생각들을 포함하는데, 이러한 생각들은 중심 과제에 두어야 할 주의량을 감소시켜 수행에 영향을 준다고 증명하였다. 즉, 불안이 높으면 점수가 낮아지는 등의 결과로 나타난다고 하였다. 그러나 이 이론은 어떻게 과제와 관련하지 않은 과정이 인지 시스템의 기능과 관련되는지에 대해 상세하게 설명하는데 실패했으며, 불안이 낮고 높은 집단 간의 차이가 수행의 차이와 결합되지 않는다는 몇몇의 연구가 있다는 점에서 빈틈을 보인다(Derakshan & Eysenck, 2009).

The Processing Efficiency Theory

Working memory & Anxiety

과정 효과 이론(Eysenck & Calvo, 1992)에서는 인지적 방해 이론의 두 개의 빈틈을 설명한다. 과정 효과 이론에서는 과제와 무관한 과정은 작업 기억 시스템의 기능에 영향을 주며 불안은 작업 기억의 요소 중 하나인 중심 실행의 유용한 용량을 감소시킨다고 하였다.

또한, 과제와 무관한 과정이 수행 효과에 역효과를 가지는 데에 필수적이지는 않으며, 불안한 개인이 불안의 역효과에 대한 보상을 시도하려는 추가적인 과정 자원을 활용하면서 증가된 노력에 의해 수행이 달성될 수 있다고 하였다.

결론적으로, 불안은 수행 효과보다 과정 효과를 더 함축한다고 하였다. 하지만 어떻게 과제와 관련하지 않은 과정이 인지 시스템의 기능, 특히 작업 기억과 관련되는지 상세하게 설명하는 데에는 실패했다(Derakshan & Eysenck, 2009).

The Attentional Control Theory Executive Function & Anxiety

주의 통제 이론(Eysenck, Derakshan, Santos, & Calvo, 2007)에서는 과정 효과 이론이 상세하게 설명하지 못한 부분을 설명한다. 중심 실행은 많은 기능을 수행하는데, 불안이 강화된 편도체 활성화와 결합하여 전두엽 영역의 보충을 감소시킨다고 하였다. 다른 말로, 불안은 작업 기억의 중심 실행 요소의 중요한 기능인 주의 통제에 영향을 주며 억제 통제, 주의 전환, 작업 기억이 불안이 함축하는 주된 기능이라 가정하였다(Derakshan & Eysenck, 2009).

New Attentional Control Theory Inhibitory Control, Attentional shift & Anxiety

새로운 주의 통제 이론(Derakshan & Eysenck, 2009)에서는 작업 기억을 뺀 억제 통제와 주의 전환 기능이 불안을 함축하는 주된 기능이라 가정하였다. Derakshan과 Eysenck(2009)는 실행 기능에 대한 불안의 효과를 측정하여 그 심리논리적인 과정을 정의하는 것이 중요하다고 주장하며 논의를 마쳤다.

Components of Executive Function

과정 효과 이론의 부정확한 설명과 주의 통제 이론의 가정이 새로운 주의 통제 이론에서 바뀐 점은 실행 기능의 요소를 보는 관점의 변화에 의한 것으로 보인다.

과정효과 이론과 주의 통제 이론에서는 Baddeley

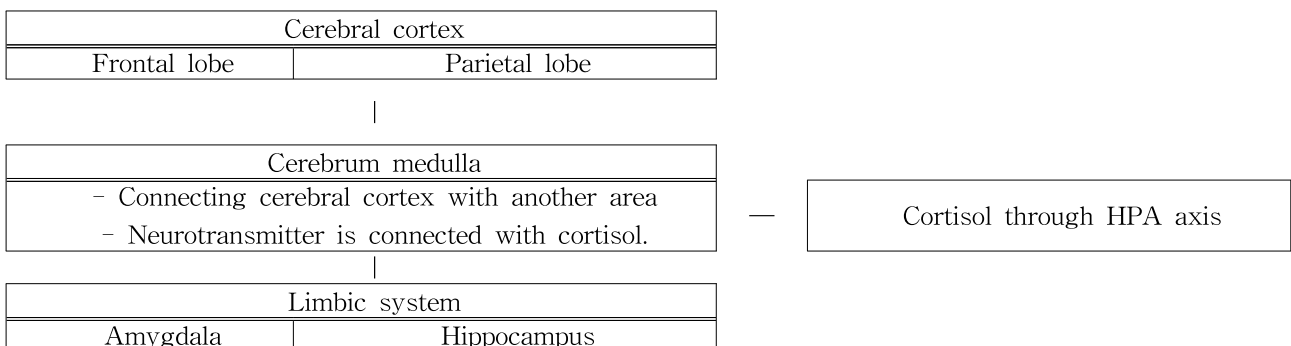
와 Hitch(1974)와 같이 작업 기억이 실행 기능의 개념을 포함한다고 보았고, 새로운 주의 통제 이론에서는 Friedman와 Mlake(2004)가 재개념화한 실행 기능 요소들을 따랐다.

앞서 언급한 바와 같이 실행 기능의 수와 본질에 관한 일치가 없다. Derakshan과 Eysenck(2009)은 이로 인해 불안에 의해 어떤 기능이 보다 더 또는 덜 영향 받는지 구체화하는 것이 중요하다고 하였으며, 이 이슈가 주의 통제 이론에 직접적으로 다루졌다고 하였다. 실제로 주의 통제 이론과 새로운 주의 통제 이론(Derakshan & Eysenck, 2009)에서는 강조하는 기능을 구체화하였고, 각 이론의 가정에서 드러난 강조하는 기능은 서로 다르다.

Cognitive Neurobiological Studies

앞서 전두엽은 해부학적으로 세부적인 영역으로 나뉜다고 언급하였다. 또한, Duncan et al의 fMRI 촬영 결과, 전두엽의 역할이 실행 기능에만 국한된 게 아니라 유동성 지능의 신경학적 기반과도 관련 된다는 점이 밝혀졌다(Kim, Y. M., 2016에서 인용). 이렇듯 전두엽만으로 실행 기능과 불안의 관련성을 설명하기에 충분하지는 않지만, 이를 이해하는 데에는 도움이 될 것이다.

Raver과 Blair(2016)는 불안과 실행 기능의 신경 생물학적 과정을 설명한다. 실행 기능은 하향식 과정(Top-down processing)으로 불안과 같은 감정에 영향을 주고, 감정은 상향식 과정(Bottom-up processing)으로 실행 기능에 영향을 준다고 묘사한다. 여기서의 상향식 하향식 과정은 실행 기능과 감정이 서로 영향을 주는 과정을 신경생물학적으로 묘사하는 용어로 쓰였다.



[Figure 1] Interaction between limbic system and the cerebral cortex(Raver & Blair, 2016)

실행 기능은 대뇌 피질 영역의 신경 활동과 연관되어 있으며 감정은 변연계와 관련되어 있다는 사실을 바탕으로, 하향식 과정에서는 전두엽으로 부터의 신호가 해부학적으로 전두엽의 뒤에 있는 피질과 밑에 있는 변연계를 포함하는 피질 하로 확장한다. 그리고 어느 정도는 전두엽이 이 영역들의 작용을 통제한다.

상향식 과정에서 변연계가 사고 뇌와 소통하는 방식은 전두엽의 뉴런이 더욱 활성화되면서 신경 전달 물질의 수준을 알맞은 수준으로 증가시킴으로 인한다. 이러한 중요한 신경 전달 물질*은 몸의 HPA축**으로 알려진 스트레스 관련 활동의 결과물인 코티솔 호르몬과 연결된다.

코티솔은 아이들의 타액에 나타나기 때문에, 이는 과학자들에게 어떻게 아이들의 뇌와 몸이 그들의 환경에 반응하는지에 대해 대략적으로 보여준다. 코티솔이나 다른 신경 전달 물질의 레벨이 아주 높을 때나 아주 낮을 때 전두엽의 활성화는 떨어지며, 결과적으로, 이 뇌 영역이 지원하는 사고력이 쉽게 사용 가능해지지 않는다. 넓은 견지에서, 이는 대뇌 피질 밑의 변연계의 구조가 스트레스와 감정 규제에 반응하여 급진적으로 전두엽과 연결되는 것에 기인하므로 일어난다. 본 연구에서는 이러한 과정을 단순화하여 [Figure 1]로 나타내어 이해를 돕고자 하였다.

강한 실행 기능과 감정을 가지고 있는 학생이 어려운 수학 시험을 풀 때에는 그들의 수행에의 오류가 아닌 큰 목적에 초점을 맞추며 주의를 이동하는 반면, 주의 전환이 어려운 아이들은 일시적으로 시험이 어렵다는 징후에 쉽게 방해에 부딪히고, 오르는 불안의 감정을 식히기 위해 어려운 시간을 보낼 것이다(Raver & Blair, 2016). 이는 신경생물학적 설명과 일치하는 현상이다.

결론적으로, 감정은 실행 기능에 영향을 주고 영향을 받는다. 본 연구에서 주목하는 감정은 수학 불안이다.

Executive function & Math anxiety

지금까지는 실행 기능과 불안의 관련성에 대해 알아보았다. 그렇다면 수학 불안과 실행 기능도 서로 영향을 줄까? 이에 대해 알아보기 전에, 우선, 수학 불만의 정의부터 되짚어 보겠다. 수학 불안은 수학과 관련된 상황에서의 불안이다. 그러므로 수학과 관련된 상황에서의 불안에 대한 인지적, 인지 신경생물학적 연구들에 대해 알아보겠다.

Cognitive Theory

Cognitive Theory in 1980s

Tobias(1987)는 수학 불만의 기제를 뇌의 사고 시스템을 빗대어 인지적으로 설명하였다. 그는 당황과 같은 감정이 생기면 문제를 해결할 수 없어 보임으로 자신감을 잃게 되고, 경직된 감정은 뇌의 사고 구조를 정지 상태로 이끈다고 하였다.

The Processing Efficiency Theory

Working memory & Math anxiety Adult Studies

Beilock과 DeCaro(2007)는 과정 효과 이론에 기반하여 수학 불안이 어떠한 과정을 통해 성인의 수학 문제 해결에 영향을 주는지를 밝히기 위해 문제 해결 과정에서의 개인차에 있어서 두 구별되는 과정을 제안하였다. 이는 작업 기억이 낮은 학생들이 주로 사용하는 연상 과정과 작업 기억이 높은 학생들이 주로 사용하는 규칙 기반 과정이다.

그들은 두 가지 실험을 실행하였는데, 첫 번째 실험을 통해, 수학 불안을 야기할 만한 높은 압박의 상황에서는 높은 작업 기억의 개인도 낮은 작업 기억의 개인과 유사한 타입의 문제 해결 전략을 채택하므로 정확성이 떨어지는 결과를 야기한다고 하였다.

두 번째 실험에서는 심지어 연상 과정이 더 나은 결과를 가져오는 문제가 제시되었음에도, 높은 압박 상태에서는 높은 작업 기억의 개인이 낮은 작업 기억의 개인보다 단순한 해결 전략을 덜 사용하려는 경향이 있었다. Ricks, Turley-Ames와 Wiley이 높

*Dopamine and Norepinephrine

**Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis

은 작업 기억을 가진 개인이 잘못된 정보에의 집중을 유지하고 그 잘못된 해결 방법을 버리지 않는 경향이 있다고 한 것으로도 이를 설명 가능하다 (Beilock & DeCaro, 2007에서 인용).

두 가지 실험을 종합하면, 작업 기억이 높은 성인들이 그들의 규칙 기반 특성에 기인하여 작업 기억이 낮은 성인들에 비해 수학 불안에 의한 부정적인 영향을 더 받는다.

Beilock과 DeCaro(2007)는 작업 기억과 수행 간의 관련성이 큼에도 어떻게 실행 기능에서의 개인차가 작업 기억이 높고 낮은 개인이 복잡한 문제를 풀 때의 문제 해결 전략 견지에서 개인차를 입증하는지가 적게 알려졌으므로, 실행 기능의 이론과 발달을 이해하여 이러한 실제 현상을 설명하는 것이 중요하다고 강조하며 논의를 마쳤다.

성인을 대상으로 한 다른 연구에서도 작업 기억이 높은 사람들이 간단한 더하기 과제를 풀때와 (Colome et al., 2013), 스스로 오류를 점검할 때에 (Suarez-Pellicioni et al., 2013), 과정 효과 이론을 기반으로 작업 기억이 낮은 사람들에 비해 부정적인 영향을 받음이 증명되었다.

Hunt et al. (2015)은 시선 추적기(eye-tracker)를 이용한 안구 운동 분석을 통해, 수학 불안이 오류율, 즉 수행과 관련이 없다고 나타났다고 하였다. 이로써 과정 효과 이론의 가설을 인지 신경적으로 뒷받침하였다.

Children Studies

앞선 성인 연구들과 같은 선상으로, Ramirez, Gunderson, Levine과 Beilock(2013)은 초등학교 1, 2학년의 아동들을 대상으로 수학 불안과 수학 성취 간의 관계를 알아보았다. 수학 불안과 수학 성취 간의 부정적인 관계는 상대적으로 높은 작업 기억을 가진 아동들에게 나타났고 상대적으로 낮은 작업 기억을 가진 아동들에게는 그렇지 않았다. 실제로, 작업 기억이 낮은 아동들은 수학 불안이 높던지 않던지 성취가 계속 낮았다.

작업 기억은 심지어 어린 나이에 강력하게 문제 전략과 수학 수행에 영향을 주기 때문에, 이 현상을 수학 문제를 풀 때 작업 기억에 강하게 의존하는 아이들의 상황에 관한 걱정이 수학 수행을 지지하는 인지적 자원을 방해하는, “작업 기억 파괴”라고 일컬으며 설명하였다. 반대로 낮은 작업 기억을 가진 학생들은 덜 복잡한 문제 해결 전략을 사용하기 때문에 수학 성취에 수학 불안에 의한 영향을 상대적으로 받지 않았다.

New Attentional Control Theory

Inhibitory Control, Attentional shift & Math anxiety

Hunt et al.(2015)은 수학 불안과 응답 시간과는 확실히 정적 관계가 있었으므로, 이는 새로운 주의 통제 이론의 가정인 억제 통제와 주의 전환을 지지한다고 하였다. Colome et al.(2013)과 Suarez-Pellicioni et al.(2013)은 과정 효과 이론뿐만

<Table 1> The fMRI results as per the students' math anxiety(Young et al., 2012)

Students The fMRI result	Low math anxiety students	High math anxiety students
The brain's areas of activation	- Left IPS/ SPL - Right primary somatosensory cortex - Left VMPFC - Right DLPFC - Right and left basal ganglia(caudate, putamen)	- Right basolateral amygdala - Right anterior hippocampus
The brain's areas of amygdalar connectivity	- Right SPL/ IPS - Left SPL/ IPS	- Left and right thalamus - Left basolateral amygdala - Left and right VMPFC

아니라 주의 통제 이론 기반으로도 작업 기억이 높은 사람이 작업 기억이 낮은 사람들에 비해 부정적인 영향을 받음을 설명하였다.

Cognitive Neurobiological studies

불안에서의 인지 신경생물학적 연구와 마찬가지로, 수학 불안에서의 인지 신경생물학적 연구도 실행 기능과의 관련성을 모두 뒷받침하기에는 불충분하다. 하지만 전두엽을 벗어나 두정엽까지 확장한 논의를 이끌어내기 위해서는 이러한 연구에 대한 이해가 필요하다. Young et al.(2012)은 초등학교 1, 2학년 학생들이 수학 문제를 풀 때의 뇌의 변화를 기능적 자기 공명영상 기법(fMRI)으로 측정한 결과를 그들이 스스로 보고한 수학 불안과 비교하였다.

수학 불안이 낮은 학생들은 높은 학생들에 비해 상대적으로 전두엽에 해당하는 영역*, 두정엽에 해당하는 영역**이 활성화되었고, 편도체***와 두정엽에 해당하는 영역의 연결성이 증가하였다. 반면, 수학 불안이 높은 학생들은 낮은 학생들에 비해 변연계에 해당하는 편도체와 해마가 활성화되었으며, 편도체****와 전두엽에 해당하는 영역의 연결성이 증가하였다.

본 연구에서는 Young et al.(2012)의 결과를 재조각하여 <Table 1>의 표로 나타내었다. 이 결과를 첫째, 전두엽에 주목하고 둘째, 수학 불안이 낮은 학생들에게서 전두엽과 두정엽에 해당하는 영역이 활성화된다는 점에 주목하여 해석하겠다.

첫째, 전두엽의 “활성화”는 수학 불안이 낮은 학생에게 높았던 반면, 전두엽의 “편도체와의 연결성”은 수학 불안이 높은 학생들에게 많았다. 이 연구에서는 높은 수학 불안의 학생들의 편도체의 탈선적 반응을 조사하기 위해 fMRI 데이터를 Kriegeskorte, Goebel과 Bandettini의 다각적 패턴 분석(multivariate pattern analysis: MPA) 방법을 사용하여 편도체와의 연결성을 분석하였다(Young et al., 2012에서 인용). Young et al. (2012)은 과활성

된 편도체 기능은 수학 문제 해결 동안의 탈선적인 기능적 상호작용에 공헌한다는 점을 발견하였다. 즉, 편도체와 전두엽의 연결성은 수학 불안이 높은 학생의 편도체가 활성화 된다는 점에 기인한다. Etkin, Prater, Hoeft, Menon과 Schatzberg, Etkin과 Wager에 의한 전두엽에 해당하는 영역이 편도체의 활동을 조정하면서 부정적인 감정을 규제한다는 결과와도 같은 맥락으로 해석할 수 있다(Young et al., 2012에서 인용). 초등학교 1, 2학년 학생들을 대상으로 한 또 다른 연구인, Ramirez et al.(2013)의 “작업 기억 파괴”와도 비슷한 현상으로 보일 수도 있지만, Young et al.(2012)의 결과는 작업 기억과는 독립적으로 나타났기 때문에 이와 결부 짓는 데에는 비약이 따른다.

둘째, 전두엽 대뇌 피질 영역의 신경 활동이 실행 기능과 연관되어 있다는 사실은 이미 본 연구에서 자주 언급되고 있으나, 두정엽은 처음 등장하므로 두정엽의 역할부터 소개하겠다. Wu, Amin, Barth, Melcarne와 Menon은 두정엽에 해당되는 영역은 수학 문제 해결을 포함한다고 알려져 있다고 하였다(Young et al., 2012에서 인용). 두정엽에 대해 논의하는 것은 실행 기능을 담당하는 전두엽에서 벗어난 범위이지만, 두정엽은 수학교과에서 영역 특이적이므로 중요하며, Varma, McCandliss과 Schwartz은 과연 어떤 학습방법이 전두엽 의존에서 두정엽으로의 전이에 더 큰 도움이 되는지가 인지신경과 학이 불러일으킨 해결해야 할 중요한 과제로 판단된다고 하였다(Kim, Y. M., 2016에서 인용). 그러므로 본 연구에서는 궁극적으로 실행 기능, 전두엽을 넘어서 두정엽까지 아우르는 논의를 이끌어내고자 한다.

“신경망 효율성 이론”은 높은 지능의 소유자는 평균적인 수준의 개인들과 비교할 때 문제해결을 위하여 정신적으로 적게 활동한다는 것을 뜻한다. 즉, 높은 지능이란 뇌가 얼마나 많이 일하느냐가 아니라 얼마나 효율적으로 일하는가에 달렸다는 이론이다(Kim, Y. M., 2016). “신경망 효율성”이론을 근거

*Left ventromedial prefrontal cortex(VMPFC), Right dorsolateral prefrontal cortex(DLPFC)

**Left intraparietal sulcus(IPS), Left superior parietal lobule(SPL)

***Amygdala of low math anxiety students which is activated relatively lower

****Amygdala of high math anxiety students which is activated relatively higher

로, Kim, Y. M.(2016)는 수학 영재가 일반 영재와 다른 점으로 두정엽에 해당되는 영역과 전두엽에 해당되는 영역의 연결성이 매우 우수한 점과, 성장에 따라서 전두엽에서 두정엽으로 전이가 발생한다는 점을 설명하였다. 이로써 수학 불안이 낮은 학생들에게서 전두엽과 두정엽에 해당하는 영역이 활성화된다는 점에서 더 나아가, 전두엽 의존에서 두정엽으로의 전이에까지 시야를 확장해야 한다는 점을 시사한다.

Factors Contributing to Math Anxiety

The Existing Factors

수학 불안은 정의적인 측면에만 해당되므로 수학 불안에 관한 연구는 수학에 관한 연구가 아니라고 보는 시각이 존재할 수 있다. 하지만 수학 불안은 수학 그 자체로도 유발되며, 수학 불안에는 인지적인 측면을 포함한 복합적인 요소가 얹혀있다.

Ko, S.과 Lee, C.(2014)은 1960년대에 수학 태도 척도인 Math Attitude Scale(MAS), 1970년대에 수학 불안 척도인 Mathematics Anxiety Rating Scale(MARS)와 Mathematics Anxiety Scales(MAS)가 개발되었고, 1988년에 Wigfield와 Meece는 기존의 수학 불안 척도 대부분이 정서적 반응만을 고려한 것이라고 지적하며 인지적 요인도 구성한 Mathematics Anxiety Questionnaire(MAQ)를 개발 하였다고 하였다. 1990년대 이후에는 MARS-R과 Ferguson의 Phobos척도가 사용되어, 기존의 수학 불안 척도를 실험 대상의 학교급에 맞게 수정하였다고 하였다.

이러한 국외의 수학 불안 척도를 바탕으로 국내에서도 검사지를 통해 수학 불안 요인을 알아내고자 한 연구가 있다(Heo, H., 1996; Ko, H., & Lee, H., 2012). Heo, H.(1996)는 수학 불안 요인으로 기초 기능 결여를 포함하는 수학 교과 요인, 교사 요

인, 자아개념을 포함하는 수학 성취 요인, 부모의 태도 및 부정적 생각을 포함하는 인지 요인 및 부정적 생각 요인, 수학에 대한 태도를 들었으며, Ko, H.와 Lee, H.(2012)은 수학내적, 수학외적, 학습방법, 시험 및 성적을 수학 불안 요인으로 보았다.

각 연구자들이 바라보는 요인은 다양하고 복잡해 보이지만, 실상은 분류와 용어가 다르고, 각 연구자들의 관점에 따라 어떤 요인을 강조하고 추가하는지에 차이점이 있을 뿐, 공통된 요소가 많다고 여겨진다.

The Factors for This Study

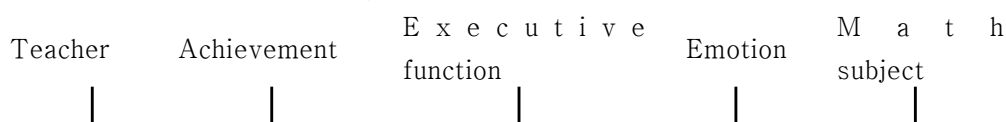
본 연구에서는 수학 불안과 실행 기능의 관련성을 근거로 수학 불안의 주요인을 실행 기능으로 본다고 할 수 있다. 이러한 관점이 기존의 연구에서 나타난 수학 불안 요인과 동떨어진 것은 아니다

실행 기능은 인지적 능력이며 수학적적 요인인 부모의 영향을 크게 받으며 부정적인 생각과도 서로 영향을 준다. Heo, H.(1996)의 요인을 예로 들어 설명하면, 실행 기능은 기초 기능 결여, 부모의 태도와 밀접하게 연관되며, 자아개념과 부정적인 생각, 수학 성취와도 복잡하게 얹혀있다.

본 연구에서는 수학 불안 요인에 실행 기능이란 개념을 추가하여 인지적인 요인을 포괄적으로 본다고 봄이 타당하다. 본 연구에서는 [Figure 2]와 같이 수학 불안 요인을 크게 교사, 성취, 실행 기능, 감정, 수학 교과로 보고 있다.

이 요인들은 본 연구에서의 관점을 토대로 임의적으로 추출한 요소들로, 수정 가능하고 임시적이다. 본 연구에서 이 요소들의 타당성을 입증하지는 않지만, 본 연구를 이해하는 데에 도움이 될 것이라 여겨 제시하였다. 또한, 각 요소들은 분절적으로 수학 불안에 영향을 주는 것이 아니라 서로 복합적으로 얹혀 영향을 준다는 점을 강조하려 한다. 즉, 실행 기능, 감정과 성취는 서로 영향을 주고받는다.

본 연구에서의 수학 교과 요소에는 수학 자체의 어



[Figure 2] The factors contributing to math anxiety for this study

려움과 함께 수학 내용과 과정에 관한 인지적 요소를 포함한다. 또한, 교사는 학생의 실행 기능과 감정, 성취, 수학 교과에 인지적인 요소를 중재할 수 있는 중대한 요인이라고 보며, 부모는 실행 기능에 가장 영향을 주는 세부요인이라고 본다. Beilock, Gunderson, Ramirez와 Levine이 수학 불안을 가진 교사와 부모는 학생들의 수학 성취에 강력한 영향을 발휘한다고 한 점을 미루어(Ramirez et al., 2013에서 인용), 교사와 부모의 영향력을 짐작할 수 있을 것이다. 수학에 대한 자아개념은 초등학교 2학년 학생들의 수학 불안 요인 중 가장 강력한 요인이므로(Jameson, 2014), 수학에 대한 자아 개념을 감정의 세부 요인으로 포함할 수 있을 것이다.

요약하자면, 본 연구에서 임시적으로 제시한 다섯 가지 수학 불안 요소들은 서로 복합적으로 얽혀 영향을 주며, 각 요소들에 영향을 주는 세부요소들이 더 존재한다.

Achievement

Ko, S.과 Lee, C.(2014)이 국내의 수학 불안 연구들을 문헌 연구한 결과, 수학 불만에 가장 크게 영향을 끼치는 요인은 성취라고 하였다. 또한, Schunk's는 초등학생들을 대상으로 한 연구에서 수학에 대한 자아 효능감이 수학성취에 가장 중요한 요인이라고 하였다(Jameson, 2014에서 인용).

수학 성취는 종종 수행 결과와 혼용된다. 본 연구에서는 수학 불안이 수행 효과보다 과정 효과에 더 영향을 준다고 주장하는 과정 효과 이론을 근거로 하기 때문에, 수학 불안이 성취에 영향을 준다는 주장은 본 연구와는 이율배반적으로 느껴질 수도 있다. 물론, 과정 효과 이론에 의거하면, 수학 불안이 꼭 수학 즉각적인 수행결과로 나타나지는 않는다. 하지만 과정 효과 이론은 인지적 방해 이론의 빈틈을 보충하는 이론이지, 인지적 방해 이론을 완전히 부정하는 이론은 아니다. 오히려 불안의 영향을 인지적으로 설명한다는 점에서 같은 선상의 이론이다. 즉, 수학 불안의 높음이 즉각적으로는 수행 효과보다 과정 효과에 영향을 주며, 본 연구는 이 점에 주목하고 있지만, 이 과정을 적절히 규제하지 못한다면 종국적으로는 수행 효과에도 부정적인 영향을 준다는 것은 어찌 보면 당연한 결과이다.

특히, 작업 기억과 수학불안, 성취와의 관련성이 밝혀지고 있다. 성인을 대상으로 한 Beilock과 DeCaro(2007)의 연구에서는 수학 불안의 상황에서는 높은 작업 기억의 개인의 문제 해결에 본래 가진 능력보다 정확성이 떨어지는 결과를 야기한다고 하였다. 아동을 대상으로 한 Ramirez et al.(2013)의 연구에서도 수학 불안과 수학 성취 간의 관계에 따른 부정적인 영향은 높은 작업 기억을 가진 아이들에게 상대적으로 더 나타났다. 즉, 높은 작업 기억은 높은 수학 불안을 매개로 높은 작업 기억을 가진 개인의 성취에 부정적인 영향을 준다.

Interventions

결론부터 밝히자면, 실행 기능에 중점을 두어 수학 불안을 감소시키려는 국내외 연구는 없었다. 여기에서는 실행 기능에 대한 중재와, 인지적 처치와 심리적 처치로 나눈 수학불안에 대한 기존 처치를 소개하고 새로운 중재를 제안하겠다.

Interventions for Executive Function

Diamond와 Lee(2011)는 실행 기능 발달을 위한 기존의 교실 교육과정 네 개;Tools of The Mind, Montessori의 교육과정, PATHS(Promoting Alternative Thinking Strategies), Chicago School Readiness Project(CSRP)를 표를 만들어 비교하였다. 이 중 Tools of The Mind의 수업에는 게임을 통한 수학 활동 수업이 있다. 또한 그는 컴퓨터를 활용한 게임, 유산소 운동, 정신 훈련이 실행 기능 향상에 도움이 되는 접근이라고 하였다. Davis et al의 fMRI의 결과에 따르면, 아동을 대상으로 매일 실시한 달리기 게임, 유산소 게임, 줄넘기, 농구와 축구 등이 전전두엽의 활성화를 가져온다고 한다(Roh, M., 2016에서 인용). 또한, 문헌연구와 양적연구를 통해 보드게임이 실행 기능에 효과가 있다는 점이 밝혀졌다(Park, S., et al.(2010). 하지만 Park, S., et al.(2010)이 조사한 보드게임을 실행 기능에 적용한 연구는 주의력에 문제가 있는 학생이나 고학년 학생 위주가 많았다. Park, S., et al.(2010)는 특히 실행 기능에 적용되는 보드게임은 인지과정에

작용하고 있어 이에 대한 연구가 더욱 활발해질 필요가 있다고 하였다.

Raver와 Blair(2016)는 실행 기능이 감정에 영향을 주는 것에 초점을 둔 하향식 과정(Top-down processing) 중재, 감정이 실행 기능에 영향을 주는 것에 초점을 둔 상향식 과정(Bottom-up processing) 중재, 이 둘 모두에 초점을 둔 중재로 기존의 중재를 분류하여 소개하였다. 그는 정책적 의지로 아이들의 스트레스 노출을 경감하도록 하는 프로그램에 투자하여야 한다고 하였으며 두 과정 모두를 타겟으로 하는 교실 접근인 SECURE모델을 소개했다. 이 모델은 유치원에서부터 5학년까지의 자기 규제의 다양한 영역과 내재적인 기술을 겨냥한다. Raver와 Blair(2016)은 SECURE모델과 같이 실행 기능과 감정 모두를 겨냥한 중재를 강조하였다. 본 연구에서 주목하는 감정은 당연 수학 불안이다.

Treatments for Math Anxiety

Cognitive Treatments

The Existing Treatments

수학 불안에 대한 치료로, 국외에서는 Tobias(1987)의 분할노트 쓰기 기법, Student Teams Achievement Divisions(STAD) 모형(Slavin, 1978), 미국 코넬대학교(Cornell University) 교수·학습센터에서 노트필기 전략으로 소개된 코넬 노트기법이 사용되었다.

이러한 국외 연구를 바탕으로 국내에서는 Won, So.(2009)의 소그룹 협동학습, Yoon, R., Jeon, I.(2010)의 수학 친화적 활동 프로그램, Jung, J.와 Whang, W.(2013)의 분할 노트기법과 코넬 노트기법을 활용한 쓰기 활동을 사용하였다.

최근의 국외 연구에서는 National Council of Teachers of Mathematics(NCTM)에 제시된, 학생들의 수학 불안을 감소시킬 수 있는 여러 가지 표준의 내용을 일부 포함하는 기존의 세 가지 접근 방법인 협력 학습, 숙달 목표 방법 및 Keller 계획 방법을 소개하였다(Macpherson, 2016). 이중 숙달 목표 방법은 전통적인 성과 목표 접근과는 달리, 학생들이 협동 학습 환경의 맥락에서 현실적이면서도

도전적인 문제 해결 목표를 채택하여 코스 내용을 습득하고 코스 관련 기술을 습득하도록 권장하는 학습 환경을 조성하는 것과 함께 노력은 성공과 관련이 있다는 믿음을 주입시킨다고 한다. Keller 계획 방법은 전반적으로 숙달 목표 접근과 동질적이며, 학생이 다음 모듈로 진행하기 전에 숙달해야 하는 순차적인 "모듈"로 조직된 코스 자료를 성공적으로 완성함으로써 자기 주도 학습을 포함한다고 한다.

그런데 이러한 방법들은 최근 활발히 진행되고 있는 인지 신경적 연구 결과를 직접적으로 반영한 방법이라고 보기는 어렵다. 그렇다고 최근의 인지 신경적 방법을 사용한 국외 연구에서 수학 불안을 낮추기 위한 교육적 처치에 관한 명확한 방향을 제시하고 있지도 않다(Ko, S., & Lee, C., 2014). 이에 따라 본 연구에서는 인지 신경적 연구 결과를 반영한 새로운 처치를 제안하고자 한다.

New Treatments

The Treatments related EF

본 연구에서는 수학 불안 감소를 위해 인지적인 측면으로는 실행 기능에서 실마리를 찾을 수 있다고 밝히고 있다. 여기서 수학 불안의 정의를 되짚어 보아, 수학은 수학과 관련된 상황에서의 불안임을 상기하자. 자칫, 실행 기능 향상에 과중하게 치중하다 보면 수학 불안이 아닌 일반적인 불안을 중재하는 프로그램 개발로 전락할 우려가 있기 때문이다.

본 연구에서는 정규 수학 수업시간에 수학 교육 과정을 다룬 수업 마련이 가장 바람직한 중재일 것이라 제안한다. 이에 대한 예시 활동으로, "10부터 50까지의 수를 세어 10개씩 묶음과 낱개로 나타내고 쓰고 읽을 수 있다."를 학습 목표로 하고 수학 교과역량 중 추론을 향상시키고자하며, 단원의 목표와 내용을 재구성하여 실행 기능 향상 또한 학습목표로 하는 수업에서의 실행 기능 향상 활동을 고안하였다.

비록 20을 10개씩 두 묶음으로 나타내는 활동을 하더라도, "10씩 두 묶음을 어떻게 읽느냐"는 질문에는 학생들은 자동적으로 "이십"이라고 답하기 쉽다. 이는 학생들의 자동적인 반응이다. 이에 "왜 그렇게 생각하느냐"는 질문을 통해 자동적인 반응을

억제하고 10이 “십”이라는 사실에서 추론하여 생각해 볼 수 있게 함으로써 억제 통제를 길러주는 활동을 구성할 수 있다.

또한, 교사가 “20”과 같은 숫자를 보여주면, 자동적으로 그 숫자카드를 고르려는 반응을 억제하고, 문제를 해결하기 위해 그 숫자에 집중하되, 동시에 “이십”이라는 글자로 바꿔 생각해서 카드를 빨리 고르는 데에 있어 주의 전환을 기를 수 있도록 하는 놀이 활동을 구성할 수 있다.

또한, 아이들은 “20”을 “이십”으로 읽는 데에는 앞의 두 활동을 통해 다소 능숙해진 상태가 될 수 있을 것이다. 그런데 “20”을 “스물”로 읽으려면 중간에 마음속으로 “이십”으로 읽고 이를 “스물”과 연관시키는 처리과정이 필요하기 때문에 이러한 활동을 통해 작업 기억 또한 기를 수 있다.

그런데 이러한 활동에는 읽기 능력이 어느 정도 작용한다. 이는 van der Sluis et al. (2007)이 지적한 실행 기능 과제의 불순함에 기인한다. 또한, 현행 교육과정에서는 수를 읽는 연습을 말하기 위주로 하도록 하고 있는데, 예를 든 활동은 실행 기능도 향상시킬 수 있는 활동을 구성하기 위해 “이십”과 “스물” 등의 문자를 식별하는 능력을 무리하게 요구한다는 인상을 준다. 앞으로의 더 발전된 연구에서는 이러한 문제점들을 보완한 실행 기능 향상 활동이 구안되어, 수학 수업에서 수학 교과역량과 함께 실행 기능도 향상시킬 수 있게 되기를 기대한다.

반면, 정규 수학 교육과정 내용을 가르치지 않으며 수학 불안 프로그램을 따로 개발하는 경우에는 어떻게 해야 “수학” 불안 중재 프로그램이 될 수 있을지 개발과 적용의 매 절차마다 고민해 보아야할 것이다. 예를 들어, 방과후 수학 수업 시간에 프로그램을 활용하던지, 프로그램 내용이 최대한 수학과 관련되도록 개발하던지, 수학 학습 환경 구성을 통해 수학과 관련한 활동을 하고 있음을 학생들이 인지하도록 하는 방법으로도 보다 수학 불안에 초점을 맞출 수가 있을 것이다.

The Treatment related Math Subject

이미 실행 기능이 높은 학생들에게 실행기능이 높지 않은 학생들을 겨냥해 개발한 실행 기능 관련

처치를 한다면 유효하지 않을 것이다. 그러므로 이미 실행 기능이 높으면서도 수학 불안이 높은 학생들을 위한 처치 또한 마련해야할 것이다.

일반적으로는 실행 기능이 높으면 수학 불안이 낮을 경향을 보일 것이라는 예측이 타당하다. 실행 기능이 높다는 것은 인지 능력과 감정 규제 능력이 모두 높다는 의미로 해석된다. 또한, Bull과 Lee(2014)는 초등학교에 들어가기 전 아동들의 실행 기능의 발달 정도는 그들의 초기 수학 능력을 지속적으로 예측한다고 하였다. Raver와 Blair(2016)는 우리는 이러한 사실을 경험적으로도 알고 있다고 하였다. 즉, 이러한 학생들은 학문적으로 우수한 성취를 얻는 경향을 보일 것이며 수학 불안을 가질 이유가 없어 보인다.

하지만 실행 기능 높으나 수학 불안이 높은 특수한 학생이 존재한다고 가정해 본다면, 이들은 작업 기억이 높은 학생들이 그러하듯(Ramirez et al., 2013), 성취가 향상할 잠재성이 높으므로 가장 주목할 필요가 있다.

아무리 실행 기능이 높은 학생일지라도 수학 내용과 과정을 저절로 알 수는 없을 것이다. 그러므로 교사의 역할이 중요하다. 학생이 수학의 어떤 내용과 과정에서 어려움을 겪는지를 살피며 교사의 수업 방법과 태도에는 문제점이 없었는지 반성하고 이에 Macpherson(2016)가 수학 불안 감소를 위해 제안한 인지적 교수방법인 협력 학습, 숙달 목표 방법 및 Keller 계획 방법을 접목하여, 보다 협동학습 환경의 맥락에서 개별화되고 자기 주도 학습을 포함한 계획 및 처방을 한다면, 학생들의 수학 성취가 크게 향상될 것이며, 교사로서 보람이 클 것이다.

또한, 실행 기능이 높지 않으며 수학 불안이 높은 학생에게도 실행기능의 향상과 함께 수학 교과와 관련한 인지적 처치가 필요하다. 이들은 실행 기능이 높으며 수학 불안이 높은 학생에 비해 잠재력이 떨어지므로, 교사는 인내를 가지고 가르쳐야할 것이다. 이때 주의할 점은 저학년 학생들에게 주로 사용되는 “보상”을 통한 성취동기 유발은 지양해야한다는 점이다. Baumeister, Beilock과 Carr, Lewis와 Linder, 그리고 Masters는 압박으로 유발된 수행 감소나 압박 상태에서의 숨 막히는 현상은, 최상의 수행 결과에 최대의 인센티브를 부여받는 상황에서

야기된다고 하였다(Beilock & DeCaro, 2007에서 인용). 그러므로 보상과 같은 외적 동기보다는 놀이 활동 등을 통한 흥미 있는 활동을 통해 보다 내적 동기에 초점을 맞추도록 유도해야 할 것이다.

덧붙여, 실행 기능과 감정은 상호영향을 주기 때문에 실행 기능과 동시에 감정에 대한 심리적 처치를 간과해서는 안 된다. 만일 실행 기능이 높고 수학 불안도 높은 어떠한 학생에게서 수학 교과와 관련한 인지적인 측면에서의 문제점을 발견하지 못할 경우에는, 그 학생의 불안한 감정 자체가 크게 작용하였다고 판단할 수 있기 때문에 감정에 대한 심리적 처치를 상당히 고려해야 한다.

The Psychological Treatments

The Existing Treatments

인지신경적인 연구 이전에도 이미 수학 불안에 대한 처치에는 심리적 처치가 병행되어야 효과적이라는 사실이 강조되었다(Heo, H., 1996).

수학 불안에 대한 심리적 처치로, Hembree(1990)는 행동적 처치 방법인 체계적 둔감법을 사용하여 크게 효과를 보았다. 또한 체계적 둔감법 또는 이완 훈련을 결합한 인지적 조정으로는 단독의 체계적 둔감법과 비슷한 수준의 효과를 보았다. Sheffield와 Hunt(2006)는 Hembree(1990)의 연구 결과를 바탕으로 체계적인 처치를 이용하여 간단한 행동적 처치를 개발하였다.

국내에서는 Kim, J.(2005)가 이완훈련, 체계적 둔감법, 긍정적 자기 언어 반복, 자기 관찰 기법, 불안 자극에 노출되기의 인지행동상담기법을 수학 불안을 줄이고자 사용하였다.

상담은 2000년대 이후 관심을 끄는 영역이므로 학생들의 고민인 수학 불안을 감소시키기 위해 시대적으로 발달한 다양한 상담기법을 활용한 연구들이 앞으로 더욱 활성화되리라 짐작할 수 있다(Ko, S., & Lee, C., 2014).

New Treatments

시대적으로 발달한 다양한 상담기법 활용의 일환으로(Ko, S., & Lee, C., 2014), 본 연구에서는 베스트셀러인 『미움 받을 용기』를 통해 최근에 각광받고 있는 상담 기법인 “격려 기법”을 제안한다.

실행 기능의 발달과 마찬가지로, 감정적 기질에도 초기 경험과 양육자의 태도가 큰 영향을 미친다는 사실이 뇌신경과학에 근거하여 증명되고 있지만, Adler의 개인심리학에 따르면 이러한 영향은 우리의 의식적인 노력을 통해 충분히 극복 가능하다(Park, H., 2015). Kang, H.와 Oh, I.(2008)는 교사의 격려 반응을 다섯 가지로 재개념화 하였고, Lee, H., et al.(2017)은 격려의 방법과 다양한 사례를 담아서 책으로 출간하였다. 이러한 연구를 고찰함으로써 격려의 사례와 방법을 숙지하여 우발적인 상황에 대비하고, 교수·학습 과정안에 구체적인 격려를 계획하여 실제적으로 적용할 수 있을 것이다.

그런데 막상 교사는 격려를 했어도 학생들의 수학 불안이 감소하는 것을 관찰하기 어려울 수 있다. 그러므로 격려기법과도 더불어 학생 스스로 불안을 표현하는 기회를 추가적으로 마련하기를 제안한다. 이로써 학생들은 Tobias(1987)가 분할노트에 자신의 감정을 적는 자기 관찰을 통해 사고과정을 맞는 여러 감정들을 제거할 수 있다고 주장한 것과 유사한 효과를 얻을 수 있을 것이다. 또한, 교사들은 학생들의 수학 불안의 변화 양상을 파악할 수 있을 것이다.

이러한 연구들을 종합하여 본 연구의 가정을 세우기 전에, 두 가지 짚고 넘어가야 할 사항이 있다.

첫째, 본 연구에서의 수학 불안 감소 지향 수준은 수학 불안이 높은 수준에서 낮은 수준까지 감소하는 것은 아니다. 앞서 Raver와 Blair(2016)는 스트레스 레벨이 아주 높을 때나 아주 낮을 때 전두엽의 활성화는 떨어지며, 결과적으로, 사고력이 떨어진다고 하였다. 이는 약간의 긴장은 도움이 된다는 사실을 반증한다. 그러므로 수학 불안이 보통 수준인 것이 오히려 아주 낮은 것보다는 긍정적인 결과로 해석된다.

둘째, 작업 기억이 높으면서 수학 불안이 높은 아이들은 작업 기억이 낮은 학생들이나 작업 기억이 높으면서 수학 불안이 낮은 아이들에 비해 수학 성취에 가장 부정적인 영향을 받는다(Ramirez et al., 2013). 하지만 이를 긍정적으로 해석하자면, 이런 학생들이 보다 수학 성취를 높이는 데에 잠재적인 가능성이 있는 아이들이라 하였다. 그러므로 작업 기억이 높으면서 수학 불안이 높은 아이들의 수학 불안을 줄이는 데에 가장 주목할 필요가 있다는 점을 상기하자. 첫째와 둘째 가정은 작업 기억이 높으며

수학 불안도 높은 학생들에 대한 가정이다.

본 연구에서는 다음과 같은 네 집단의 학생들의 존재를 확인하는 것이 중요하다고 보고, 다음의 학생들이 학급에 실제로 존재할 수 있다고 가정한다.

첫째, 작업 기억이 높고 억제 통제나 주의 전환이 낮으며 수학 불안이 높은 학생들이 존재할 수 있다.

둘째, 작업 기억과 억제 통제, 주의 전환이 모두 높으나 수학 불안이 높은 학생이 존재할 수 있다.

셋째, 수학 불안의 높고 낮음을 떠나, 작업 기억이 낮은 학생들이 존재할 수 있다.

넷째, 실행 기능 모두가 높고 수학 불안이 높지 않은 아이가 존재할 수 있다.

이러한 네 집단의 학생들의 존재를 확인하기 위해서, 학생들이 가진 실행 기능과 수학 불안의 관계에 대한 실태 파악이 선행되어야 할 것이다.

Materials and Methods

본 연구는 한 학급 학생들이 가진 실행 기능의 각 기능과 수학 불안의 관계에 대해 살펴본다. 본 연구의 가정과 비교하여 실태를 파악하고, 그에 따른 중재나 프로그램, 수업 마련에 대한 시사점을 제공하는 데에 목적이 있다. 그러므로 자료 수집을 통해 학생들의 실행 기능과 수학 불안을 검사하고, 데이터를 분류하고 해석하였다.

본 연구에서는 실행 기능의 각 기능과 수학 불안 간에 뚜렷한 정적이나 부적 관계가 있을 것이라고 가정하지는 않는다. 즉, 작업 기억이 높다고 해서 무조건 수학 불안이 낮은 것은 아니라고 가정한다. 하지만 개개인의 데이터를 살펴보면 본 연구의 실행 기능과 수학 불안 간의 관계에 따른 가정에 맞는, 주목할 만한 학생들의 존재를 파악할 수 있을 것이라고 보았다.

Participants

앞서 만 7~8세에 실행 기능이 크게 발달한다고 언급한 점을 들어, 이 시기의 실행 기능 중재의 필요성과 중요성을 도출할 수 있다.

수학 불안에 있어서는 초등학교 1, 2학년의 어린 학생들에게도 그들의 수학 불안에 따라 fMRI 결과가 달라진다는 사실이 밝혀졌다(Young et al., 2012). Ramirez et al. (2013)은 만 7~9세의 나이의 아이들이 수학적 문제 해결을 포함한 상황에서 그들 스스로 불안을 보고했으므로 어린 나이에 수학 불안을 측정하는 중요성을 강조했다. 그들은 대부분의 수학 불안 연구는 중학생과 고등학생에게 초점을 맞춰왔으나 가능한 한 이른 나이에 수학 불안을 고려하는 것이 중요하다고 하였다. 왜냐하면 이른 수학 불안은 불안의 증가와 수학에 대한 싫음과 회피를 이끄는 눈덩이가 될 수 있기 때문이다. 그러므로 본 연구에서는 초등학교에서 가장 이른 학년인 초등학교 1학년 학생들을 대상으로 연구를 실시하였다.

본 연구에 참가한 학생들은 대전광역시의 O초등학교 1학년의 같은 학급 학생 19명(남 8명, 여 11명)이다.

실행 기능의 발달에는 초기 양육자와 부모에 의한 초기 유년기의 경험의 영향이 크다(Raver & Blair, 2016). Raver와 Blair(2016)는 가정의 경제적 어려움으로 인해 가정 폭력, 이웃 범죄 등에 노출되기 쉬우므로 실행 기능 발달에 위협을 주는 요소 중 하나로 가정의 경제적 어려움을 꼽았다. 하지만 본 연구에서는 학생들의 과거 경험이나 가정 환경, 부모의 양육 태도 등은 조사하지 않고 이 연구의 결과로 나타난 데이터에만 한정하여 살펴보았다. 다만, 학급 담임 교사와의 면담을 통해 얻은, 학급 학생들의 경제적 수준이 대부분 보통 수준이라는 정보는 참고하였다.

검사를 실행한 실험자인 학급 담임 교사는 교육 경력이 10년 이상이며 초등수학교육학 석사학위를 지닌 수학전문가이므로, 본 연구에서 채택한 검사를 정확히 이해하고 실시하는 데에 어려움이 없었다.

Tasks

The Collecting Materials

실행 기능은 간단하게 알아볼 수 있으며, 작업 기억의 경우는 구두로 쉽게 검사할 수가 있다(Raver & Blair, 2016). 이러한 이점을 반영하여 검사지를 사용하

지 않고 교실에서 쉽게 활용할 수 있는 검사 방법, 국내 연구에서 이미 사용되어서 국내 실정이 반영된 검사 방법을 중심으로 실행 기능 검사를 수집하였다. 하지만 주의 전환 검사의 경우는 결과적으로 Koo, H.와 Shin, M.(2008)이 한국어로 표준화하여 개발한 유아용 색 선로 검사(Children's Color Trails Test: CCTT) 2형을 채택하게 되어 검사지가 사용되었다. 검사지는 Park, S., et al.(2010)에서 수집하였다.

수학 불안 검사는 초등 저학년에 적절한지에 초점을 두어 수집하였다. 본 연구의 수학 불안 요인 중 실행 기능은 이미 따로 검사를 하므로, 수학 불안 검사지는 감정에 초점을 두어 수집하였다.

그 이유로 첫째, 감정은 부정적인 감정을 포함하며, 부정적인 감정에는 수학 불안이 직접적으로 포함되기 때문이다.

둘째, 본 연구에서의 수학 불안 정의는 “수학 불안은 수학과 관련된 상황에서의 스트레스 느낌뿐만 아니라 회피로 특징지어지는 부정적인 감정적 반응이다.”이므로 주로 감정을 반영하기 때문이다.

또한, 기존연구들을 통해, 학생들의 실행 기능과 감정에 관한 데이터를 바탕으로 이들이 성취에 어떤 영향을 미칠지가 예측가능하며, 이에 따른 중재 방안 마련을 통해 교사와 수학교과에 인지 요인이 고려되기 때문에, 다른 요인은 포함하지 않고 감정에 관한 문항을 중점적으로 포함한 검사지면 충분하다고 판단하였다.

최종적으로 채택한 검사들은 다음과 같다.

Working memory

Lee, H.(2011)이 사용한 단어 거꾸로 말하기 과제를 사용하였다.

Inhibitory Control

Han, H.(2005)가 사용한 양과 사자 과제를 사용하였다.

Attentional shift

First test

Lee, H.(2013)이 사용한 카드 분류 과제를 사용하였다.

Second test

카드 분류 과제를 사용한 결과, 학생들이 모두 만점인 5점을 기록하였다. 사실, 카드 분류하기 과제를 수학 전문가들에게 정확히 이해시키기 위해서는 단계적인 설명이 필요했다. 그러므로 학생들도 이 과제를 어려워할 것이라 예상했지만 예상과는 반대의 결과가 나왔다. 그 이유로, 처음에는 실험자인 교사가 유능한 교사이므로 학생들의 수준에 맞게 설명을 잘했기 때문으로 추측했다. 이에 따라 교사와 면담을 한 결과, 실제로 이 과제의 방법을 쉽게 이해하지 못한 학생들도 발생하였으나, 일단 이 과제의 방법을 이해하고 난 뒤에는 쉽게 해결하는 경우를 관찰할 수 있었다고 하였다.

하지만 교사가 비단 이 과제만 설명을 잘하지는 않았을 것이다. 그런데 유독 이 과제에서만 모두 만점이 나온 것에 대한 설명은 5세 아동을 대상으로 같은 검사를 실시하여 평균이 4.33(SD=1.42)이 나온 연구(Cho, E., 2014)에서 찾을 수 있었다. 이 점에서 미루어 보았을 때 초등학교 1학년 학생에게서 모두 5점이 나오는 것은 가능한 일이다. 하지만 추가적인 검사를 통하여 실제로 모든 학생들이 주의 전환이 뛰어나서 이러한 결과가 나온 것인지에 대해 확인해볼 필요가 있었다.

따라서 Koo, H., & Shin, M.(2008)이 한국어로 표준화 개발한 CCTT 1형과, 더 고차적인 정신기능이 요구되는 CCTT 2형을 이용하여 재검사하였다.

1형에 의한 주의 전환 검사결과, 총 걸린 시간의 평균이 11.2(SD 5.2)이고, 최소 시간 6초, 최장 시간 27초로 보통 범위보다 시간이 많이 걸린 학생이 2명 발생하였고 적게 걸린 학생은 발생하지 않았다.

반면, CCTT 2형에 의한 검사 결과, 보통 범위보다 시간이 많이 걸린 학생과 적게 걸린 학생이 각각 3명 발생하여 1형에 의한 검사보다 개인차가 더 크게 나타났다. 그러므로 CCTT 2형 검사를 채택하여 그 결과를 비교하고자 하였다.

Math anxiety test

Suinn, Taylor와 Edwards(1988) 척도인 Child Math Anxiety Questionnaire: CMAQ를 Ramirez et al. (2013)이 변형하여 사용한 검사지를 사용하되, 상황은 국내의 실정에 맞게 매끄럽게 수정하였고,

수식은 초등학교 1학년 1학기 수학 익힘책에 나오는 식으로 바꾸었다.

CMAQ의 항목은 크게 아이들에게 그들의 태도에 따른 긴장된 정도를 묻는 항목과 칠판에 설명하기와 같이 수학과 관련하여 학교에서 직면하는 특별한 상황에 처했을 때와 특별한 문제를 풀 때의 긴장된 정도를 묻는 항목으로 이루어졌다. 특히, 그들의 태도는 수학에 대한 자아개념을 반영하고 있다.

Procedure

실행 기능 3개, 수학 불안 1개, 총 4개의 검사를 수행하기 위해 <Appendix>의 검사별 기록지를 마련하였다. 기록지에는 검사별 주의사항, 학생 안내와 점수 기입 및 총점 계산 방법, 기록 양식이 포함되어 있다. 실행 기능 기록지는 수학교육전문가 3인의 검토를 통해 교사와 학생들이 이해하기 쉬운 언어로 구성하였고, 수학 불안 검사지는 영어교육전문가 1인에게 번역 상의 문제점이 있는지를 의뢰하여 수정하였다.

담임 교사는 참여자에게 각각의 검사 방법을 예를 들어 자세히 설명하였다. 3개의 실행 기능 검사는 개별적으로 이루어졌고, 수학 불안 검사는 전체 학생들을 대상으로 설명하였으나, 응답 작성은 개별적으로 하였다. 실행 기능은 인지적 능력을 검사하는 것을 강조하지 않고, 게임을 하듯이 자연스러운 상황을 조성하여 학교의 조용한 장소에서 검사하였고, 담임 교사는 모든 아이들이 수학 불안 검사의 모든 문항을 풀도록 격려했다.

3월 23일, 24일 이틀에 걸쳐, 첫 날엔 실행 기능을

검사하였고, 둘째 날에는 수학 불안을 검사하였다.

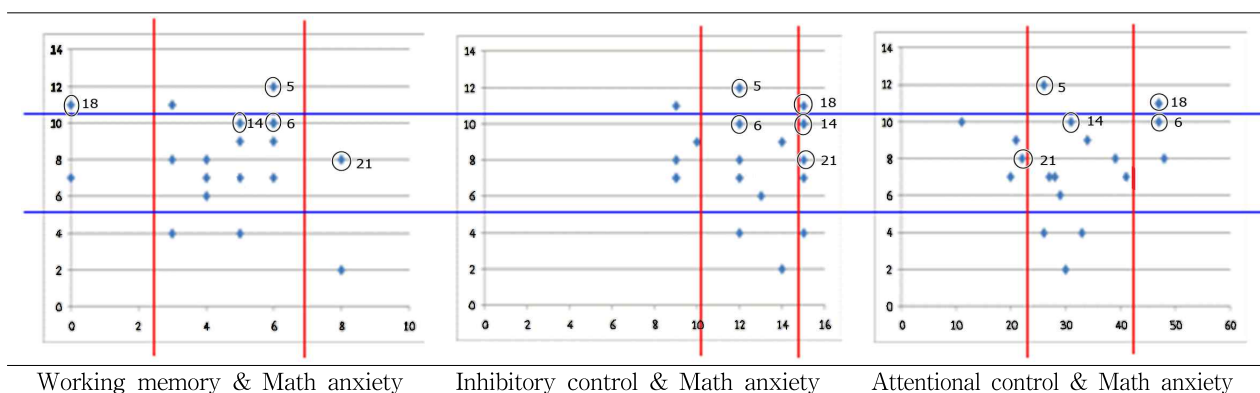
Analysis of Materials

전체적인 실행 기능과 수학 불안의 관계는 산점도를 그려서 살펴보고 개개인의 데이터 수치와 그 데이터를 한 학급 내에서 높고(H), 낮고(L), 보통(M)으로 나눈 결과를 표로 작성하여 개별적인 실행 기능과 수학 불안의 관계를 분석하고자 하였다.

가장 흔한 수학 불안의 높다, 낮다의 기준은, 적어도 표준편차로 1이라도 평균보다 높은 경우는 높은 것이고, 평균보다 표준편차로 1이라도 낮은 경우에는 낮은 것이다(Ashcraft & Ridley, 2005). 이러한 기준은 사회 과학 연구에서 가장 흔하기 때문에, 실행 기능의 검사 결과도 이와 같은 기준으로 분류하였다.

단, CCTT 검사를 통한 주의 전환의 수치는 시간(초)을 나타내며, 시간이 오래 걸릴수록 주의 전환이 낮다는 의미이다. 그러므로 주의 전환을 높고(H), 낮고(L), 보통(M)으로 나눈 결과는 측정 수치와는 반대인데, 실행 기능은 높을(H) 수록 긍정적인 결과이고, 수학 불안은 높은(H) 수준과, 낮은 수준(L)중에서도 아주 낮은 수준이 부정적으로 해석되는 사실을 유념한다면 결과를 해석하는 데에 무리가 없을 것이다.

Ramirez et al.(2013)은 각각의 아이들의 점수를 8개 항목의 평균으로 계산하여 Chronbach α 를 이용한 신뢰도 검사를 하였으며, CMAQ의 신뢰도는 0.55로 판별되었다. 대부분의 사회 과학 연구 상황에서는 알파 계수 0.70이 일반적으로 “수용 가능한”



[Figure 3] The scatter plot of executive function & math anxiety

이라고 여겨지지만 그보다 낮은 수치가 나온 이유는 Chronbach α 가 척도의 항목의 수에 크게 영향을 받기 때문인데, 초등학교 저학년은 아이들이 피로해 하지 않기 위해 시간에 제한이 따르므로 검사가 가능한 한 짧아지기 위해 CMAQ의 수학 불안 측정은 단지 8항목으로만 구성되었다고 한다. 어른과 청소년 수학 불안 측정과 비교해서 상대적으로 적은 문항이라고 부연하였다.

Results and Discussions

전체적으로는 [Figure 3]의 산점도로 대략적인 관계를 확인하였다. 개별적인 결과는 학생의 순서를 학급 번호와 상관없이 무작위로 배치하여 <Table 2>로 자세히 나타내었다. 본 연구의 가정에 따른

주목할 만한 학생에게는, [Figure 3]에는 학생들의 식별 번호를 표기하였고 <Table 2>에는 식별 번호 앞에 별(*)표시를 하였다.

Executive function(EF)

전체적으로 작업 기억은 9점 만점에 최저점은 0점, 최고점은 8점으로, 최저점과 최고점의 차이가 크게 나타났다. 이는 작업 기억의 개인차가 있다는 특성에 기인한다고 본다. 평균은 4.6(SD=2.2)이었다.

억제 통제는 15점 만점에 최저점은 9점, 최고점은 15점이었다. 평균은 12.5(SD=2.3)였다.

최종적으로 채택한 CCTT 2형에 의한 검사결과, 주의 전환은 최소 시간 11초, 최장 시간 48초로 평균은 31.9(SD=10.3)였다.

<Table 2> Examining data on students' executive function and math anxiety

Tasks Number		Working memory (Reciting words in reverse)		Inhibitory control (The lamb and lion task)		Attentional shift (CCTT type 2)		Math anxiety (CMAQ)	
		The figure	H, M, L	The figure	H, M, L	The figure	H, M, L	The figure	H, M, L
1		3	M	12	M	33	M	4	L
2		5	M	14	M	21	H	9	M
3		6	M	15	H	20	H	7	M
4		8	H	14	M	30	M	2	L
*5		6	M	12	M	26	M	12	H
*6		6	M	12	M	47	L	10	M
7		6	M	10	L	34	M	9	M
8		4	M	9	L	48	M	8	M
11		6	M	15	M	11	H	10	M
12		4	M	9	L	27	M	7	M
13		5	M	15	H	26	M	4	L
*14		5	M	15	H	31	M	10	M
15		3	M	12	M	39	M	8	M
16		0	L	9	L	28	M	7	M
17		3	M	9	L	47	L	11	H
*18		0	L	15	H	47	L	11	H
19		4	M	13	M	29	M	6	M
*20		5	M	12	M	41	M	7	M
*21		8	H	15	H	22	M	8	M
M		4.6		12.5		31.9		7.9	
SD		2.2		2.3		10.3		2.6	
The range	H	Over 6.8		Over 14.8		Less than 21.6		Over 10.5	
	M	2.4~6.8		10.2~14.8		21.6~42.2		5.3~10.5	
	L	Less than 2.4		Less than 10.2		Over 42.4		Less than 5.3	

Math anxiety

전체적으로 16점이 최고 수치인 이 검사에서, 최저 수치는 2, 최고 수치는 12로 나타났다. 평균은 7.9(SD=2.6)다. 이는 Ramirez et al.(2013)이 초등학교 저학년일지라도 어느 정도는 수학을 포함한 다양한 상황에 긴장감을 느끼고 있다고 판단한 기준인 평균 8.07(SD=2.86)과 유사한 수치이다.

Relation between EF and Math Anxiety

전체적으로는 각각의 실행 기능과 수학 불안 간에는 본 연구에서 가정한 바와 같이 실제로도 [Figure 3]의 산점도에 찍힌 점들에서 뚜렷한 경향성을 찾을 수 없었다.

개별적으로는 <Table 2>에서 본 연구의 가정에 어느 정도 해당하는 학생들을 찾을 수 있었다. 가장 주목할 만한 작업 기억이 높으면서 수학 불안이 높은 학생은 높음(H), 보통(M), 낮음(L)으로 나눈 결과만으로는 확인할 수 없었지만, 세부적인 데이터를 통해 어느 정도 작업 기억이 높으면서 수학 불안도 보통 범위에 속하지만 그 중에서 높은 편인 학생을 찾을 수 있었다.

본 연구의 가정에 해당하는 학생들을 찾고 각각의 데이터 결과를 분석하여 그에 따른 처방을 논의 하겠다.

첫째, 작업 기억이 높고 억제 통제나 주의 전환이 낮으며 수학 불안이 높은 학생에는 6번 학생이 가장 해당된다. 이 학생은 작업 기억이 6으로 평균(4.6)보다 다소 높고 억제 통제는 12로 평균(12.5) 수준이나, 주의 전환이 낮은(L) 범위에 속한다. 수학 불안은 10으로 평균(7.9)보다 다소 높았다.

작업 기억이 높고 억제 통제나 주의 전환이 낮으며 수학 불안이 높은 학생들에게는 억제 통제나 주의 전환을 향상시키는 것이 수학 불안을 조절하는 데에 도움이 될 것이다. 실행 기능을 담당하는 전두엽은 감정을 규제하는 역할을 한다. Ramirez et al.(2013)은 전두엽이 수학 불안의 감정을 규제하는 데에 인지적 자원을 소모해버림으로써 작업 기억에서 사용되는 인지적 자원이 줄어든다고 설명하였다.

Raver와 Blair(2016)는 어려운 수학 시험을 풀 때 그들의 수행에의 오류가 아닌 큰 목적에 초점을 맞추며 주의를 이동하는 학생이 있는 반면, 주의 전환이 어려운 아이들은, 오르는 불안의 감정을 식히기 위해 어려운 시간을 보낼 것이라고 하였다. 즉, 학생의 주의 전환에 따라 수학 불안에의 대처 방식이 다르다.

또한, 억제 통제는 자동적인 반응을 억누르고 목표를 지향하는 능력으로, 오르는 수학 불안의 감정을 억누르는 데에도 긍정적인 역할을 할 것이라고 예측할 수 있다. 눈앞의 머쉬멜로우를 먹는 것을 참고 기다리는 능력이 우수했던 아동들이, 추적 검사 결과 더욱 성공해 있었다고 밝힌, “머쉬멜로우 실험”은 정서 지능의 중요성을 강조한 실험으로 대중적으로 잘 알려져 있다. 억제 통제 능력도 이러한 정서 지능의 만족 지연 능력과 유사하다고 여겨진다. 따라서 작업 기억과 수학 불안이 높은 반면, 억제 통제와 주의 전환이 낮은 학생들에게는 억제 통제와 주의 전환의 향상이 수학 불안을 조절하는 데에 역할을 담당할 것이다. 특히, 6번 학생의 경우는 주의 전환이 낮았기 때문에 억제 통제보다는 주의 전환 향상에 초점을 맞춰야 한다. 이 학생의 주의 전환을 향상시킨다면, 스스로 수학 불안을 규제할 수 있게 될 것이라 예상한다.

둘째, 작업 기억과 억제 통제, 주의 전환이 모두 높으나 수학 불안이 높은 학생에는 5번 학생이 가장 해당된다. 이 학생은 작업 기억이 6으로 평균(4.6)보다 다소 높고 억제 통제는 12로 평균(12.5) 수준, 주의 전환은 26초로 평균(31.9)보다 다소 높았다. 이 학생의 수학 불안은 12로 높은(H) 범위에 속한다.

이 학생에게는 수학 내용과 과정에의 인지적인 면에서 부족한 부분에 대해 처치하고, 불안한 감정에 심리적 처치를 가한다면, 수학 불안이 낮아지고, 수학 성취도 높아지는 데에 도움이 될 것이다. 앞서, 실행 기능이 높으면서 수학 불안이 높은 경우는 일반적이지 않은 경우로, 그만큼 수학 불안이 낮아졌을 때 성취가 높아질 잠재력이 크다고 하였다. 이들의 잠재력을 발현시키기 위해서 교사는 심리적 처치와 인지적 처치를 적극 활용해야 할 것이다.

셋째, 수학 불안의 높고 낮음을 떠나, 작업 기억

이 낮은 학생에는 18번 학생이 가장 해당된다. 18번 학생은 수학 불안이 11로 높은(H) 수준이지만, 무엇보다도 작업 기억이 0으로 아주 낮았다. 이 학생에게는 무엇보다도 작업 기억을 향상시키는 것이 우선적으로 고려되어야 한다.

작업 기억이 낮은 초등학교 1, 2학년 학생들은 수학 불안이 높던 낮던 간에 수학성취가 낮았다(Ramirez et al., 2013). 즉, 수학 불안은 작업 기억이 높은 학생들의 성취에만 영향을 끼쳤다. 다단계의 복잡한 계산을 요구하는 수학 문제에서는, 작업 기억이 높은 성인들이 상대적으로 낮은 성인들에 비해 수학 불안에 의한 영향을 많이 받더라도, 성취에서의 정확성이 덜 정확해지는 수준 정도였고, 작업 기억이 낮은 성인들은 수학불안이 높던 낮던 성취결과가 나뉘었다(Beilock & DeCaro, 2007). 즉, 작업 기억이 낮은 개인들의 성취는 수학불안에 의해 부정적인 영향을 받은 작업 기억이 높은 개인보다도 낮은 경향을 보인다고 해석된다.

본 연구에서는 처음에는 작업 기억이 낮은 학생들이 낮은 성취를 이루는 일들이 반복되다보면 성취는 수학 불안의 요인이므로 수학 불안이 높아질 것이라 추측해 보았으나, 성취는 단순히 작업 기억의 영향만을 받는 것이 아니라, 수학 불안의 요인인 동시에 수학 불안의 영향을 받기도 한다(Beilock & DeCaro, 2007; Ramirez et al., 2013). 그러므로 이들의 작업 기억이 높아졌을 때의 수학 성취와 수학 불안 또한 긍정적으로 변할 것이라고 쉽게 예측하기는 어렵다고 재고하였다. 하지만 작업 기억이 낮은 학생들에게서 낮은 성취가 나타나는 것은 자명하므로, 일단은 작업 기억을 향상시키는 것이 급선무라는 처방을 하게 되었다. 작업 기억이 향상되어 낮지 않은 수준이 되었을 때, 이들의 성취와 수학 불안을 살펴보는 것이 타당하다고 본다.

넷째, 실행 기능 모두가 높고 수학 불안이 높지 않은 학생에는 21번 학생이 가장 해당된다. 이 학생의 작업 기억은 8, 억제 통제는 15로 모두 높은(H) 범위에 속했으며 주의 전환은 22초로 평균(31.9)보다 다소 높았다. 수학 불안은 7로 평균(7.9)보다 약간 낮은 보통의 범위에 속했다.

이 학생은 이 학급에서 가장 우수한 학생일 것이라 판단된다. 이 학생을 추적함으로써 본래 실행 기

능이 높고 수학 불안이 높지 않은 우수한 학생도 적절한 중재를 통해, 더욱 실행 기능과 수학적 인지 능력이 향상되고 심리적 처치를 통해서도 고무되어서, 보다 더 높은 경지에까지 향상됨을 보일 수 있을 것이다.

여기서의 높은 경지에 대해서는 Young et al. (2012)와 Kim, Y. M.(2016)를 통해 추측할 수 있다. Young et al.(2012)의 초등학교 1, 2학년의 수학 불안이 낮은 학생들의 fMRI 결과와 같이 전두엽과 두정엽에 해당하는 영역이 활성화되는 것을 넘어서, Kim, Y. M.(2016)가 언급한 두정엽에 해당되는 영역과 전두엽에 해당되는 영역의 연결성이 우수해지고 전두엽에서 두정엽으로 전이가 발생할 정도의 경지까지 오르는 상태를 상상해 볼 수 있을 것이다. 이를 위한 구체적인 수학적 활동의 설계는 해결해야 할 중요한 과제로 남아있으며, 아동들이 사고할 때 전두엽에서 성인과 같이 두정엽을 전환시킬 수 있는 수학적 활동을 어떻게 구현하고 설계할 것인가는 매우 흥미로운 주제다(Kim, Y. M., 2016). Kim, Y. M.(2016)는 이에 따른 수학적 활동 두 가지를 제안하였다.

첫째, 전두엽의 역할을 비계로 생각했을 때 많은 반복훈련으로 장기기억에서의 저장과 인출을 자동적인 수준으로 끌어 올려 전두엽에서의 의존도를 줄이게 하는 방법이다. 그러나 이 방법은 19단의 암기에서 볼 수 있듯이 지루하고 힘들며 의미 없는 기계적 암기가 될 가능성이 있다고 한다.

둘째, 사고를 불러일으키는 문제를 일정량씩 제공하는 전략도 고려할 수 있다고 하였다.

본 연구에서는 실행 기능과 감정에 초점을 둔 중재가 중국에는 전두엽의 의존도를 줄이게 하는 한 가지 방안이 될 수 있을 것이라 예상한다. 물론, 이러한 우수한 학생들에 대한 중재에는 학생들의 수준에 맞춰 보다 고차적인 목표를 설정할 필요성이 있을 것이다.

추가적으로, 본 연구에서 가정하지는 않았지만, 작업 기억이 보통 범위에 속하면서 보통 범위 중에서는 가장 낮은 학생들을 주목할 필요가 있다. 본 연구의 참여자들 중에서는 1, 15, 17번 학생의 작업 기억이 3으로, 보통 범위에 속하지만 보통 범위 중에서는 가장 낮았다. Jaeggi et al.(2008)은 4주간,

매일 20분씩 이중(dual) n-back task를 실행함으로써 작업 기억 용량 향상 효과를 얻을 수 있다고 하였다. 하지만 4주 정도의 단기 프로그램 실시를 통해서만 한 단계 정도만 향상될 가능성이 클 것이며, 작업 기억이 높은 수준까지 향상되기에는 더 오랜 시간이 필요할 것이라고 예상한다. 그러므로 작업 기억이 보통 범위이지만 그 중에서 낮은 학생들의 실행 기능과 수학 불안이 중재를 통해 어떻게 변하는지를 파악한다면, 작업 기억이 낮았지만 보통 범위로 향상이 된 학생들에게 방향성을 제공할 수 있을 것이다.

Conclusions

본 연구에서는 한 학급 내에서의 작업 기억, 억제 통제, 주의 전환과 수학 불안의 관계를 고려한 네 집단의 학생들의 존재를 가정하였고, 한 학급 학생들이 가진 실행 기능의 각 기능과 수학 불안의 관계를 개별적으로 분석하여 실태를 파악하고 본 연구의 가정에 해당하는 학생들을 찾아 그들에 대한 처방을 논의하였다.

본 연구의 제한점부터 밝히려 한다.

첫째, 실행 기능을 검사하는 과제가 불순하다는 점이다. 예를 들어, 본 연구에서는 CCTT 2형을 통해 주의 전환을 검사하였으나, 선로를 규칙에 맞게 이을 때에는 어느 정도의 억제 통제 또한 필요하다. van der Sluis et al.(2007)은 이러한 과제의 불순함은 각 실행 기능 간, 산술과 읽기 능력과 같은 실행 기능 외의 능력과도 겹침으로 유발된다고 하였다. 이러한 과제의 불순함 문제에 있어서, 더 발전된 신경심리학적 연구에서는 전두엽 손상과 실행 기능 과제 수행간의 관계를 통해 정확한 본질이 얻어져야 한다(van der Sluis et al., 2007).

둘째, 수학 불안을 인지 신경적 방법이나 생화학적 방법을 통해 정교하게 측정함으로써 스스로 보고한 수학 불안의 정확성이 지지되었다면 더욱 신뢰성 있는 연구가 될 수 있었을 것이다. 본 연구에서는 이미 인지신경적인 방법을 통해 수학 불안이 측정되고 있음을 고찰하였다. 또한, 수학 불안의 인지적인 측면뿐만 아니라 감정의 일부로 보는 정

서적인 측면도 신경생물학적 연구를 통해 비중 있게 다루고 있다. 정서적인 측면에서의 불안은 근육의 긴장, 심장 박동 수의 증가와 같은 생리적인 반응을 포함하며(Lim, K. & Lim, W., 2007), 불안 반응은 인체의 코티솔 호르몬 농도를 증가시키고, 이는 타액 분석으로 드러난다(Raver & Blair, 2016). 타액 분석을 통한 생화학적 연구가 뒷받침되었다면, 정서적 측면까지 확장하여 수학 불안을 밝히는 데에 증거가 될 수 있었을 것이다.

셋째, 본 연구에서는 실행 기능도 수학 불안의 요인으로 편입하여 수학 불안의 요인을 임의적으로 추출하였다. 앞으로의 발전된 연구에서는 이 요인들 간의 영향과 이 요인들 각각에 대한 세부요인들이 구체화되고, 타당성이 입증될 수 있기를 바란다.

본 연구에서는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

첫째, 작업 기억이나 실행 기능이 높으며 수학 불안이 높은 초등학교 저학년 학생들에게 가장 주목해야 한다. 작업 기억은 수 연산과 유동성 지능에 중요한 기여를 하므로(Kim, Y. M., 2016), 작업 기억이 높은 학생들은 수학 성취도 높을 것이라 일반적으로 예측가능하다. Bull과 Lee(2014)는 초등학교에 들어가기 전 아동들의 실행 기능의 발달 정도는 그들의 초기 수학 능력을 지속적으로 예측한다고 하였다. 즉, 작업 기억이나 실행 기능이 높은 초등학교 저학년 학생들은 높은 수학 성취를 획득하는 경향을 보일 것이며 수학 불안을 가질 이유가 없다고 보는 것이 일반적인데 반해 본 연구의 첫째와 둘째 가정에 해당하는 학생들은 다소 특수한 사례이다. 이는 일반적인 예측을 뒤집는 결과다. 하지만 교사들이 이들의 잠재력에 주목한다면, 교사들은 적은 노력으로도 이들의 성취를 크게 향상시킬 수 있을 것이다.

둘째, 초등학교 1학년 일반학생들의 실행 기능의 각 기능과 수학 불안에의 개인차를 고려하여야 한다. 아동을 대상으로 한 실행 기능 연구의 주류는 일반아동과 실행 기능 능력에 있어 치료가 필요한 아동들과의 대조와 관련되어 있었다(van der Sluis et al., 2007). 하지만 본 연구를 통해 일반아동의 실행 기능과 수학 불안에 따른 개인차에도 관심을 전환할 필요성이 제기된다. Kim, Y. M.(2016)는 수학 문제해결이나 복잡한 사고를 요구하는 과제에서 개

인 간의 차이 또는 우수 집단과 일반 집단의 차이를 이해하는 것은 매우 중요하며, 우수한 학생들에게는 그들의 성장과 발달단계에 어울리는 과제들을 제시함으로써 수준을 높일 수 있고, 그렇지 못한 학생들에게도 어려움의 원인을 밝혀냄으로써 도움을 줄 수 있을 것이라고 하였다. 본 연구에는 실행 기능이라는 신경학적 요인을 이해함으로써 학생들 간의 개인차를 발견할 수 있었다. 개인 간의 차이는 학생들의 행동을 관찰하고, 결과의 차이에 대한 신경학적인 요인을 이해함으로써 얻어진다(Kim, Y. M., 2016).

셋째, 이러한 개인차에서 출발하여 학생들에게 맞는 중재나 프로그램, 수업을 적용하고 이를 통해 어떠한 효과를 얻는지를 실제로 파악하여야 한다. 앞으로는 실행 기능과 수학 불안의 개인차를 반영하여 구체적으로 어떤 중재나 프로그램, 수업을 마련해야 할 것인지에 대한 연구가 필요하다. 여기서 다시 강조되어야 할 사항은, 실행 기능에 중점을 두어 “수학” 불안을 감소시키기 위한 중재나 프로그램, 수업이어야 한다는 점이다. 이러한 중재 마련에 본 연구에서 제안한 수업 활동이나 방법도 한 가지 대안으로 검토되기를 기대한다. 또한, 신경과학자인 Changeux는 수학자 Conne와의 대담 중에 뇌에서 수학이 어떻게 나타나는 지를 밝히는 것이 신경과학의 큰 목표라고 언급하였다(Kim, Y. M., 2016에서 인용). 그러므로 인지 신경적 방법을 통해 이러한 중재에 대한 효과가 입증된다면 더욱 고무적일 것이다. 예를 들어, fMRI를 통해 전두엽 의존에서 두정엽 전이까지 중재의 효과가 미침을 확인할 수 있을 것이다.

넷째, 실행 기능과 수학 불안에 대한 교사 인식 전환이 필요하다. 실행 기능은 이미 어렸을 적부터 습관처럼 굳어져서 변하지 않을 것이며 수학 불안은 개인의 성향에 크게 좌우되므로 이 역시 변하지 않을 것이라 여기는 교사들이 있을 수 있다. 하지만 중재 개발과 실행의 주체는 교사다. 또한, 교사는 수학 불안 요인 중 하나이기도 하며 적절한 중재 실행을 통해 학생들의 실행 기능, 수학 교과에 대한 인지적인 측면, 감정, 성취에 영향을 줄 수 있다. 본 연구와 앞으로의 관련 연구들을 비계로, 현장 교사들의 학생들의 실행 기능과 수학 불안을 긍정적으

로 변화시킬 수 있다는 믿음을 바탕으로 한 자발적인 중재 개발과 실행이 유발될 수 있을 것이다.

비록 본 연구에는 제한점들이 있지만, 이전 연구들을 통해 수학 불안과 실행 기능의 관련성이 밝혀졌음은 자명하다. 그럼에도, 실제로 실행 기능에 중점을 둔 중재나 프로그램, 수업을 통해 수학 불안을 감소시키고자 하는 연구는 없었다. 또한, 실행 기능 발달에 중요한 시기에 해당하는 초등학교 저학년의 수학 불안을 다루는 것 자체가 아직은 생소하다.

일반적으로, 실행 기능에 관한 연구는 쉽지 않다(van der Sluis et al., 2007). 더군다나 실행 기능과 수학 불안을 모두 고려한 중재를 개발하기란 쉽지 않다. 하지만 본 연구가 초등학교 저학년의 수학 불안을 실행 기능에 중점을 두어 감소시키려는 연구의 출발점이 되기를 바란다.

References

- Ashcraft, M. H., & Ridley, K. S.(2005). Math anxiety and its cognitive consequences: A tutorial review. In Campbell, J. I (Eds.), *The Handbook of Mathematical Cognition* (pp. 334-347). New York: Psychology Press.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G.(1974). Working memory, *Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47-89.
- Beilock, S. L., DeCaro, M. S.(2007). From poor performance to success under stress: working memory, strategy selection, and mathematical problem solving under pressure., *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(6), 983.
- Bull, R., & Lee, K.(2014). Executive Functioning and Mathematics Achievement, *Child Development Perspectives*, 8(1), 36-41.
- Campbell, J. I. (2005). Handbook of mathematical cognition. *New York: Psychology Press*.
- Carlson, S. M.(2005). Developmentally Sensitive Measures of Executive Function in Preschool Children, *Developmental neuropsychology*, 28(2), 595-616.

- Cho, E.(2014). The Relationship among Executive Function, Early Literacy, Early Numeracy in Korean Children (Master's thesis, *Yeungnam University*, Gyeong-buk).
- Colome, A., Nunez-Pena, M. I., & Suarez-Pellicioni, M. (2013). Mathematical anxiety effects on simple arithmetic processing efficiency: An event-related potential study. *Biological Psychology*, 94, 517-526.
- Derakshan, N., Eysenck, M. W.(2009). Anxiety, processing efficiency, and cognitive performance: New developments from attentional control theory, *European Psychologist*, 14(2), 168-176.
- D'Esposito, M.(2007). From cognitive to neural models of working memory, *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 362(1481), 761-772.
- Diamond, A., Lee, K.(2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old, *Science* (New York, N.Y.), 333(6045), 959-964.
- Do, R., et al.(2010). Development of Executive Function in Childhood, *The Journal of Korean Association of Psychotherapy*, 2(2), 1-12.
- Eysenck, M. W., & Calvo, M. G.(1992). Anxiety and performance: The processing efficiency theory, *Cognition & Emotion*, 6(6), 409-434.
- Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G.(2007). Anxiety and cognitive performance: attentional control theory., *Emotion*, 7(2), 336.
- Friedman, N. P., & Mlake, A.(2004). The relations among inhibition and interference control functions: a latent-variable analysis., *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(1), 101.
- Han, H.(2005). (The) effects of emotional intelligence program on the ADHD children's emotional intelligence, executive function and social skill (Master's thesis, *Duksung Woman's University*, Seoul)
- Hembree, R.(1990). The nature, effects, and relief of mathematics anxiety, *Journal for research in mathematics education*, 33-46.
- Heo, H.(1996). (A) study on antecedents of mathematics anxiety in high school students (Doctoral thesis, *Seoul National University*, Seoul).
- Hunt, T. E., Clark Carter, D., Sheffield, D.(2015). Exploring the Relationship Between Mathematics Anxiety and Performance: An Eye Tracking Approach, *Applied Cognitive Psychology*, 29(2), 226-231.
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Perrig, W. J.(2008). Improving fluid intelligence with training on working memory, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(19), 6829-6833.
- Jameson, M. M.(2014). Contextual Factors Related to Math Anxiety in Second-Grade Children, *The Journal of experimental education*, 82(4), 518-536.
- Jung, J., & Whang, W.(2013). An Analysis of the Effects of Reducing Mathematics Anxiety using Divided-note-method and Cornell-note-method, *The Journal of Curriculum and Instruction Studies*, 6(1), 37-65.
- Kang, H., & Oh, I.(2008). The Effects of Teacher's encouragement on School Adjustment of Elementary Children, *The Korean Journal of Elementary Counseling*, 7(2), 131-140.
- Kilpatrick, J., Swafford, J., Findell, B., & National Research Council (US) Mathematics Learning, Study Committee(2001). *Adding it up. Washington, DC: National Academy Press*.
- Kirkham, N. Z., Cruess, L., & Diamond, A.(2003). Helping children apply their knowledge to their behavior on a dimension-switching task, *Developmental Science*, 6(5), 449-467.
- Kim, J.(2005). The Effects of Cognitive-Behavior Therapy on Mathematics Anxiety(Master's thesis, *Ewha Womans University*, Seoul).
- Kim, Y. C.(2016). Qualitative Research Methodology I Bricoleur. *Paju : Academy Press*.
- Kim, Y. M.(2016). A Review of the Neurocognitive Mechanisms for Mathematical Thinking Ability, *Cognitive Science*, 27(2), 159-219.
- Ko, S., & Lee, C.(2014). Finding the Direction to the

- Research for Improvement of Mathematics Anxiety, *Journal of the Korean School Mathematics*, 17(4), 589-611.
- Ko, Ho., & Lee, H.(2012) Difference in Mathematics Anxiety of Middle and high school students per Factor according to Background Variables, *Journal of the Korean School Mathematics*, 15(3), 487-509.
- Koo, H., & Shin, M.(2008). A Standardization Study of Children's Color Trails Test(CCTT), *Journal of the Korean Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 19(1), 2008.02, 28-37 (10 pages)
- Lawson, A. E. (2016). The neurological basis of learning, development and discovery. *Seoul: Sigma Press*.
- Lee, H.(2011). Theory of Mind and Executive Function in Korean Children, *The Korean Journal of Developmental Psychology*, 24(4), 99-113.
- Lee, H.(2013). The Development of Inhibitory Control and Theory of Mind in Korean Children, *The Korean Journal of Developmental Psychology*, 26(1), 293-311.
- Lee, H., et al.(2017). Encouraging teachers. *Seoul: Hakjisa*.
- Lim, K., & Lim, W.(2007). Educational psychology. *Seoul: Hakjisa*.
- Luria, A. R.(1976). The working brain: An introduction to neuropsychology. *New York : Basic Books*.
- Macpherson, B.(2016). Overcoming Instructor-Originated Math Anxiety in Philosophy Students: A Consideration of Proven Techniques for Students Taking Formal Logic, *Metaphilosophy*, 47(1), 122-146.
- Park, H.(2015). The Consultation Psychotherapy Program Based on Neuroscience and Adlerian Brief Therapy, *Korean elementary moral education society*, 49(-), 179-214.
- Park, S., et al. (2010). Study of educational effects of board-game and development teaching and learning process. *Seoul: Korea Creative Content Agency*.
- Programme for International, S. A., & Organisation for Economic Co-operation, and Development(2014). *PISA 2012 results. Paris: OECD*.
- Ramirez, G., Gunderson, E. A., Levine, S. C., Beilock, S. L.(2013). Math anxiety, working memory, and math achievement in early elementary school, *Journal of Cognition and Development*, 14(2), 187-202.
- Raver, C. C., Blair, C.(2016). Neuroscientific Insights: Attention, Working Memory, and Inhibitory Control, *The Future of Children*, 26(2), 95-118.
- Roh, M.(2016). Effects of Time Curriculum Reorganization of Physical Education and Mathematics Subject on the Brain Activation in Children (Master's thesis, *Korea National University of Education*, Chung-Buk).
- Sarason, I. G. (1988). Anxiety, self-preoccupation and attention. *Anxiety Research*, 1(1), 3-7
- Sheffield, D., & Hunt, T. (2006). How does anxiety influence maths performance and what can we do about it? *MSOR Connections*, 6(4), 19-23.
- Slavin, R. E.(1978). Student teams and achievement divisions., *Journal of research and development in education*, 12(1), 39-49.
- Suarez-Pellicioni, M., Nunez-Pena, M. I., & Colome, A. (2013). Abnormal Error Monitoring in Math-Anxious Individuals: Evidence from Error-Related Brain Potentials. *PloS one*, 8(11), e81143
- Suinn, R. M., Taylor, S., Edwards, R. W.(1988). Suinn mathematics anxiety rating scale for elementary school students (MARS-E): Psychometric and normative data, *Educational and Psychological Measurement*, 48(4), 979-986.
- Tobias, S.(1987). Succeed with Math: Every Student's Guide to Conquering Math Anxiety. *The college Board, Box 886, New York, NY 10101-0886*.
- 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.
- Won, S.(2009). The Effects of Small Group Cooperative Learning on Middle School Student' Mathematics

Anxiety Reduction and Mathematics Achievement,
Journal of Evaluation on Counseling, 2(2), 31-46.

Yoon, R., & Jeon, I.(2010). The Development of a Math-Friendly Activity Program for the Alleviation of Mathematics Anxiety, *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea*, 14(3), 583-613.

Young, C. B., Wu, S. S., Menon, V.(2012). The neurodevelopmental basis of math anxiety, *Psychological Science*, 23(5), 492-501.

<Appendix> The recording paper to record 1st grade students' executive function & math anxiety

작업 기록 지	거꾸로 말하기	주의 사항	-다른 학생들은 모르게 한 명씩 불러서 계속 설명하기 -한 세트씩 총 3세트로, 개별로 총 3번씩 로테이션하기											
		학생 안내	1. 선생님이 <밥, 코> 라고 말하면, 거꾸로 <코, 밥>이라고 말하는 거예요. 두 번 연습할게요. 교사: <뱀, 발> 학생: <발, 뱀> 교사: <배, 공> 학생: <공, 배> 한 번에 세 단어씩 총 세 번 게임을 할 거예요. (아이들의 이해를 돕기 위해 컴퓨터 화면에 단어 음절 수 만큼의 빈 네모상자를 함께 제시함. 네모 상자를 손으로 하나씩 가리키며 단어 목록을 들려주고, 거꾸로 말할 때는 네모상자를 뒤에서 부터 하나씩 가리키며 진행함.) 2. 1번) 물, 눈 2번) 손, 꽃, 차 3번) 소, 책, 공, 컵 / 1~3번까지 1세트 4번) 봄, 귀 5번) 잠, 돌, 입 6번) 집, 김, 꿀, 밥 / 4~6번까지 2세트 7번) 꽃, 새 8번) 감, 새, 물 9번) 비, 입, 컵, 닭 / 7~9번까지 3세트											
		점수	-한 문제당 1점(맞히면 1점, 틀리면 0점), 총 9점											
		기록 양식	번호	이름	1번	2번	3번	4번	5번	6번	7번	8번	9번	총점
		1	박00	1	0	0	1	0	0	1	0	0	3	
억제 통제	양과 사자	주의 사항	-다른 학생들은 모르게 한 명씩 불러서 계속 설명하기 -총 10가지 지시 중 5개는 착한 양, 5개는 나쁜 사자임											
		학생 안내	1. 선생님을 따라 해 보세요. 혀를 내밀어봐, 귀 만져봐, 입 만져봐, 눈 만져봐, 박수를 쳐봐, 발을 굴러봐, 머리 만져봐, 배 만져봐, 눈 만져봐, 손을 흔들어봐. 2. 어느 동물원에 착한 양과 나쁜 사자가 있었대요. 이제 여러분은 착한 양이 말하는 것은 따라하고, 나쁜 사자가 말하는 것은 따라하지 않아야 해요. 착한 양은 작은 목소리로 말하고 (작은 목소리로), 나쁜 사자는 큰 목소리로 말해요(큰 목소리로).											
		점수	-착한 양의 지시 때는 점수를 기입하지 않음 -나쁜 사자의 지시 때만 점수를 기입 함(지시사항에 맞게 움직일 때: 0점, 지시사항과 다르게 움직일 때: 1점, 지시사항에 맞게 부분적으로 움직일 때 : 2점, 안 움직일 때: 3점, 만점은 15점)											
		기록 양	번호	이름	혀를 내밀 어봐	귀만 만져 봐	입만 만져 봐	눈만 만져 봐	박수 를쳐 봐	발을 굴러 봐	머리 만져 봐	배만 만져 봐	눈만 만져 봐	손을 흔들 어봐

	식	1	박00	양	양	0	양	3	양	3	3	양	3	12									
		2	이00	3	양	양	3	양	2	3	양	3	양	14									
		3	김00	양	3	양	양	3	3	양	3	양	3	15									
카드 분류 하기	주 의 사 항	-다른 학생들은 모르게 한 명씩 불러서 계속 설명하기 -준비물: 하나는 빨간 토끼, 나머지 하나엔 파란 배가 붙여진 상자 2개, 모양 게임카드(파란 토끼 카드 2장, 빨간 배, 파란 배, 빨간 토끼 카드 각 1장), 색깔 게임 카드(빨간 배 카드 2장, 빨간 토끼, 파란 배, 파란 토끼 카드 각 2장)																					
	학 생 분 류 내 기	1. <모양 게임> 시간이에요. 여기 두 개의 상자가 있어요. 한 상자에는 토끼 그림이, 한 상자에는 배 그림이 붙어 있어요. 토끼 그림이 있는 상자에 토끼 카드를, 배 그림이 있는 상자에 배 카드를 넣어야 해요. 2. (파란 토끼, 빨간 배, 파란 배, 빨간 토끼, <u>파란 토끼(중복)</u> 카드 순으로 카드를 제시하며), 하나씩 상자에 <모양>에 알맞게 넣어 보세요(모양란에 점수 기입하기). 3. 이제는 <색깔 게임>을 할 거예요. (빨간 배, 빨간 토끼, 파란 배, <u>빨간 배(중복)</u> , 파란 토끼 순으로 카드를 제시하며), 하나씩 상자에 <색깔>에 맞게 넣어 보세요(색깔란에 점수 기입하기).																					
	점 수	모양게임 5개 다 맞히면 5점, 색깔게임 5개 다 맞히면 5점(한 개 맞힐때마다 작대기 표시 후, 개수를 세어 쓰기). 총점은 색깔 점수에서 모양에서 감정한 만큼을 빼기																					
	기록 양식	<table><tr><td>번호</td><td>이름</td><td>모양</td><td>색깔</td><td>총점</td></tr><tr><td>1</td><td>박00</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr></table>													번호	이름	모양	색깔	총점	1	박00	5	5
번호	이름	모양	색깔	총점																			
1	박00	5	5	5																			
주의 전환	주 의 사 항	-본 검사는 1번 게임과 2번 게임으로 구성되어 있고, 이 두 게임을 한명씩 나와서 그 자리에서 다 해야 한다. -학생이 방법을 이해 못하면 이해할 때까지 예를 들어 설명한다. -학생은 숫자를 오름차순으로 연결해야 한다. 학생은 분홍색 원과 노란색문제 원을 번갈아가면서 숫자를 오름차순으로 연결해야 한다. -준비물: 스탑워치, 학생수만큼 컬러로 인쇄된 1형 문제(1에서 15까지의 숫자들이 분홍색 원 안에는 홀수가, 노란색 원 안에는 짝수가 적혀있다)와 2형 문제(같은 숫자가 분홍색 원에 하나, 노란색 원에 하나 두 번씩 적혀있다).																					
	C 1 형	1) 1번 그림을 보세요. 숫자가 써 있지요? 1부터 1씩 큰 순서대로 최대한 빨리 줄을 그어 있는 게임을 할 거예요. 2) 색깔은 무시하고 1부터 1씩 큰 순서를 꼭 지켜 이어야합니다. 3) 손가락이 가리키는 곳을 찾아보세요. 그 곳에 1이 보이지요? 여기부터 시작할게요.																					
	TT 검 사	1) 2번 그림을 보세요. 숫자가 써 있지요? 1은 무슨 색입니까? 네, 분홍색이에요. 2) 이제 1부터 1씩 큰 순서대로 줄을 긋되, 1이 분홍색이니까 1보다 1만큼 큰 수는 노란색, 그 수보다 1만큼 큰 수는 분홍색, 또, 그 수보다 1만큼 큰 수는 노란색..... 이렇게 색깔을 번갈아가면서 최대한 빨리 줄을 그어 있는 게임을 할 거예요. 3) 손가락이 가리키는 곳을 찾아보세요. 그 곳에 1이 보이지요? 여기부터 시작할거예요. 최대한 빨리하는 거예요, 그럼 시작!																					
	1 형 점 수	1) 검사 도중 <u>잘못 연결하는 경우: 교사가</u> 바른 답을 가르쳐주고 <u>오류에 1회 체크</u> 2) 교사가 수정해 주기 전에 학생 스스로 오류를 수정한 경우: <u>근사 오류 1회 체크</u> 3) 다음 원으로 <u>연결하지 못하고 10초 경과시: 교사가</u> 바른 답의 위치를 가르쳐 주고 <u>촉진으로 1회 체크</u> 4) 체크 표시한 것을 합산하여 횟수로 기록																					

		5) 검사지를 완성하는 데 걸린 시간(초) 기록																																				
2형 점 수		1형과 같으나, 오류를 <u>색깔 오류</u> 와 <u>숫자 오류</u> 로 구분하여 기록(학생이 잘못 이었을 때, 색깔을 헛갈려서 잘못했으면 색깔오류, 숫자를 헛갈려서 잘못했으면 숫자오류)																																				
기 록 양 식		<table><tr><th rowspan="3">번 호</th><th rowspan="3">이름</th><th colspan="4">1번 게임</th><th colspan="4">2번 게임</th><th rowspan="3">축진 횟수</th><th rowspan="3">완성하는 데 걸린 시간(초)</th></tr><tr><th rowspan="2">오류 횟수</th><th rowspan="2">근사 오류 횟수</th><th rowspan="2">축진 횟수</th><th rowspan="2">완성하는 데 걸린 시간(초)</th><th colspan="2">오류 횟수</th><th colspan="2">근사 오류 횟수</th></tr><tr><th>색깔</th><th>숫자</th><th>색깔</th><th>숫자</th></tr><tr><td>1</td><td>박00</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	번 호	이름	1번 게임				2번 게임				축진 횟수	완성하는 데 걸린 시간(초)	오류 횟수	근사 오류 횟수	축진 횟수	완성하는 데 걸린 시간(초)	오류 횟수		근사 오류 횟수		색깔	숫자	색깔	숫자	1	박00										
번 호	이름	1번 게임				2번 게임				축진 횟수	완성하는 데 걸린 시간(초)																											
		오류 횟수			근사 오류 횟수	축진 횟수	완성하는 데 걸린 시간(초)	오류 횟수				근사 오류 횟수																										
			색깔	숫자				색깔	숫자																													
1	박00																																					
수 학 불 안 C M A Q	주 의 사 항	-전체 학생에게 질문을 하나씩 설명하고, 한 질문이 끝나면 세 가지 표정 얼굴 중 한 개에 색칠하라고 하면 됨 -준비물: 차분한 표정, 약간 긴장한 표정, 확실히 긴장한 표정이 한 세트로 총 8세트 그려진 학생 한 명당 한 개씩의 인쇄물(답안지)																																				
	학 생 안 내	1. 이 게임은 솔직하게 색칠하는 게임이에요. 선생님이 묻는 질문에 차분한 표정, 약간 긴장한 표정, 확실히 긴장한 표정 중 하나에 색칠하면 됩니다. 우리는 언제 긴장할까요? 만일, 굉장히 높은 빌딩에서 아래를 내려 본다고 상상해 보세요. 그럴 때 우리는 긴장합니다. 2. 1) 수업 시간에 아주 큰 시험을 본다고 상상해보세요. 어떤 기분 입니까? 2) 선생님이 문제를 하나 들려줄게요. 연못에 5 마리의 오리가 있어요. 그런데 다른 연못에서 3마리의 오리가 날아 들어왔어요. 모두 합해서 몇 마리 인가요? 이 문제를 들었을 때 여러분은 어떤 기분 입니까 3) 선생님이 문제를 하나 들려줄게요. 영희는 15점을 맞았어요. 영희의 친구 수진이는 8점을 맞았어요. 영희의 점수는 수진이 보다 몇 점 더 높지요? 이 문제를 들었을 때 여러분은 어떤 기분 입니까? 4) 수학책을 보고 거기에 나오는 숫자들을 볼 때 어떤 기분인가요? 5) 7 더하기 1을 풀어야만 한다면 어떤 기분인가요? 6) 여러분이 부모님께 과자와 음료수를 살 만큼 많은 용돈을 받았다고 상상해 보자. 그 돈을 셀 때 어떤 기분이 들까요? 7) 8 빼기 4를 풀어야만 한다면 어떤 기분일까요? 8) 선생님이 여러분에게 칠판에다가 수학 문제를 풀어서 설명하라고 한다면 어떤 기분일까요? 3. (종이를 걷고, 걷은 종이를 확인하면서)모두 솔직하게 잘 대답해주었어요, 박수!																																				
	점 수	확실히 긴장한 표정 개수에 2점을 곱하고, 약간 긴장한 표정 개수에 1점을 곱하고 차분한 표정 개수에 0점을 곱함. 차분한 표정의 개수는 전체-(확실히 긴장한 표정+약간 긴장한 표정)이다. 총점은 확실히 긴장한 표정 개수×2점+약간 긴장한 표정 개수×1점+차분한 표정 개수×0점이다.																																				
	기 록 양 식	<table><tr><th>번 호</th><th>이름</th><th>확실히 긴장한 표정 개수</th><th>약간 긴장한 표정 개수</th><th>차분한 표정 개수</th><th>확실히 긴장한 표정 개수×2점</th><th>약간 긴장한 표정 개수×1점</th><th>차분한 표정 개수×0점</th><th>총 점</th></tr><tr><td>1</td><td>박00</td><td>1</td><td>2</td><td>5</td><td>2</td><td>2</td><td>0</td><td>4</td></tr></table>	번 호	이름	확실히 긴장한 표정 개수	약간 긴장한 표정 개수	차분한 표정 개수	확실히 긴장한 표정 개수×2점	약간 긴장한 표정 개수×1점	차분한 표정 개수×0점	총 점	1	박00	1	2	5	2	2	0	4																		
번 호	이름	확실히 긴장한 표정 개수	약간 긴장한 표정 개수	차분한 표정 개수	확실히 긴장한 표정 개수×2점	약간 긴장한 표정 개수×1점	차분한 표정 개수×0점	총 점																														
1	박00	1	2	5	2	2	0	4																														