

지각된 실행기능 수준이 중학생의 수학성적에 미치는 영향

김근영^{1*}, 김도환²

¹서강대학교 심리학과, ²중앙대학교 심리학과

The impact of perceived executive function on the middle school students' mathematics achievement scores

Geunyoung Kim^{1*} and Do-whan Kim²

¹Department of Psychology, Sogang University

²Department of Psychology, Chung-Ang University

요약 수학 과목은 중고등학교 교과과정에서 매우 중요한 과목인 동시에 학생들이 가장 싫어하는 과목중의 하나이다. 본 연구는 중학생의 실제 수학성적을 예측하는 실행기능의 효과를 탐구하였으며, 이 변인의 효과가 다른 심리적 변인의 효과를 통제한 후에도 유의미한지를 검증하였다. 분석 결과 실행기능 수준은 동기와 태도변인을 통제한 후에도 그들의 수학성적을 예측하는 유의미한 변인이었다. 이 변인의 효과는 특히 수학성적이 낮은 중학생의 경우 더 강했으며, 오히려 수학성적이 높은 학생의 경우에는 생물학적 변인의 효과만이 유의미한 것으로 드러나, 성적에 따라 인지적, 심리적 요인을 고려한 다른 유형의 학습지도가 필요함을 시사하였다.

Abstract Mathematics is among the most important subjects in the middle school curriculum, yet the most hated subjects by students. The present study investigated the role of perceived executive functioning on the middle school student's mathematics achievement, after controlling for other psychological factors. Results showed that the students' levels of executive functioning was predictive of their mathematics achievement test scores, even after motivational and attitude variables were controlled. The impact of the executive functioning was especially noticeable for the low achievers. On the other hand, for those whose scores were high, biological variables were the only significant predictors of their scores. The results of the present study imply that the intervention programs for improving mathematics achievement of middle school students should consider the different effect of cognitive and psychological factors on their achievements.

Key Words : Mathematics achievement, Executive functioning, Middle school

1. 서론

대입시험에서 큰 비중을 차지하고 있는 과목들에 대해 학생이나 학부모들이 더 관심을 보이는 것은 당연하다. 이중 특히 수학 과목은 학생들이 가장 싫어하는 과목중 하나인 동시에 중요하다는 점에서 교육계뿐 아니라 학문적으로도 많은 관심을 이끌었다.

수학의 경우 또한 높은 불안감을 보고하는 대표적인

과목이다. 수학에 대한 두려움은 단지 수학을 잘하느냐 못하느냐의 문제만도 아닌 것 같다. 미국 유명대학에 재학하는 대학생들도 많게는 50%까지 수학에 대한 두려움을 보고하기도 한다[1]. 이는 한국도 마찬가지이며, 한국의 경우 특히 다른 교과목과 비교하여 고등학생들이 불안감을 가장 많이 보고하는 교과목이 수학이다[2].

또한 수학 능력은 대입뿐만 아닌 대학 졸업 이후의 진로에 있어서도 중요하다. 수학 능력은 지능을 통제한 후

연구목적으로 귀한 자료의 사용을 허락해 주신 한국진로학습 연구소와 ㈜퓨처플랜에 감사드립니다.

*Corresponding Author : Geunyoung Kim

Tel: +82-10-2764-3807 email: kimg@sogang.ac.kr

접수일 12년 04월 04일

수정일 (1차 12년 04월 23일, 2차 12년 04월 25일)

게재확정일 12년 05월 10일

에도 취업, 월수입, 그리고 생산성을 설명하는 주요 변인이며, 특히 정규직 취업을 예측하는 가장 강력한 변인이다[3]. 더군다나 현대 사회는 자연과학뿐만이 아닌 사회과학이나 경영학, 심지어 인문학에서도 수학적 지식을 요구하기 때문에, 수학능력이 떨어지거나 두려움을 가진 학생일수록 앞으로의 진로가 제한적일 수밖에 없다. 실제로 수학성적이 나쁜 학생일수록 자신의 미래의 진로에 대해 더 낮은 진로포부를 가지는 경향이 있다[4].

이렇듯 수학에서의 성취는 단기적으로는 상급학교의 진학, 장기적으로는 개인의 진로의 질에도 영향을 미칠 수 있는 중요한 문제이다. 하지만 상대적으로 수학능력과 관련변인의 효과, 그리고 수학에서의 어려움에 관한 연구는 오히려 읽기나 쓰기 능력보다 덜 이루어져 있다. 비록 수학성취를 예측하는 대단위 연구인 학업성취도 국제비교연구(PISA)나 수학·과학성취도 국제비교 반복연구(TIMSS) 등의 결과가 꾸준히 발표되고 있으나, 보통은 성취도와 관련된 몇 가지 변인들의 효과를 단순 검증하는 방식이 주종을 이루고 있다. 수학능력에 영향을 미치는 변인들은 무수히 많은데, 이 변인들이 상대적으로 얼마나 중요한지, 또한 청소년기 발달의 맥락에서 어떠한 역할을 하는지에 대한 연구는 부족한 실정이다. 특히 대부분의 수학성적과 관련 요인에 대한 연구가 서구에서 되고 있다는 사실을 감안하면, 교과규정 및 내용이 같지 않은 한국에서 서양에서의 연구결과를 그대로 적용할 수 있는지에 대해서는 의문이 남는다.

본 연구는 이러한 기존 연구들의 경향성과 필요성에 따라 중학생의 수학성적을 실제로 측정하고, 이들의 학습 유형을 측정한 대단위의 기존 자료를 이용하여 이들의 수학성적을 예측하는 인지 변인인 실행기능(executive function[5])의 효과를 알아보고자 하였다. 또 이 변인의 효과가 수학성적이 높은 학생과 낮은 학생에서 다르게 관찰되는지, 그리고 학습 동기나 태도 등의 심리적 요소와 어떠한 관련성을 보이는지도 탐색하고자 하였다.

2. 이론적 배경

2.1 수학성적과 인지적 변인

수학능력과 관련되어 있는 인지변인들에 대해서는 지금까지 많은 연구가 진행되어 왔으며, 몇 가지 공통적인 요소가 밝혀져 있다. 수학능력과 상관관계를 보이는 인지능력은 크게 일반 인지능력, 수학과 직접 관련이 있는 영역 특수적 능력, 그리고 메타인지 능력이나 전략사용 등 인지적 문제해결에 필요한 과정에 대한 능력 등으로 구

분할 수 있다.

일반적인 인지능력의 경우 대표적으로 일반지능간의 상관관계가 꾸준히 발표되는 편이다. 예를 들어 Deary 등[6]은 7만 명 이상의 영국아동의 자료를 토대로 11세의 지능은 16세의 수학성적을 유의미하게 설명함을 밝히고 있는데, 특히 다른 어떤 과목보다 더 높은 상관을 보였다. 비슷한 결과가 호주 청소년[7]과 미국 아동[8]을 대상으로 한 연구에서도 발견되어, 일반지능과 수학 성취와의 관련성은 여러 국가에서 발견되는 일관된 현상 중 하나이다.

일반 인지기능의 하위요소로 수학성적과 가장 높은 관련성을 보여주는 대표적인 영역은 활동기억과 주의조절이라 할 수 있다. 이중 활동기억은 기존 연구에서 밝혀진 수학능력과 가장 높은 관련성을 가진 인지능력으로 알려져 있다[9-11]. 예를 들어 De Smedt 등[9]은 벨기에의 초등학교 1학년의 활동기억 능력과 1년 후의 수학성적간의 유의미한 상관을 보고한 바 있으며, Geary 등[10]의 연구에서도 수학 학습장애아로 진단받은 아동의 경우 통제집단에 비해 활동기억이 1 표준편차 이상 낮은 수준을 보였다.

두 번째 중요 요소는 주의, 특히 주의조절과 관련이 있다. 주의조절이란 주의 집중과 전환을 얼마나 융통성 있게 할 수 있는지, 그리고 불필요한 정보에 얼마나 주의를 빼앗기지 않는지의 정도를 말하는데[12], 주의조절 능력은 아동의 계산능력을 예측하는 중요 변인으로 기능하며[11], 또한 활동기억과 상호작용하여 1학년 아동의 수학성적을 유의미하게 예측하는 변인이기도 하다[13].

물론 수학능력에 영향을 주는 인지적 요인은 단순히 일반 지능에만 국한된 것은 아니다. 수학능력과 직접 관련이 있는 영역특수적인 능력도 역시 수학성적에 영향을 줄 수 있는데, 예를 들어, 세기 능력, 혹은 알고 있는 숫자의 양[14] 등은 초등학생의 수학성적을 예언하는 주요 예측변인이다. 또한 인지적 문제해결에 있어 매우 중요한 문제해결 전략사용 능력도 큰 영향을 미친다[15]. 그 외, 수학과 직접 관련이 없는 듯 보이는 사회과학에 대한 지식도 수학성적을 예측하는 변인으로 밝혀져[16], 수학능력과 관련된 인지적 요인이 단순히 몇 가지 지능의 하위요소로 설명할 수 없음이 명백해지고 있다. 실제로 Taub 등[17]은 수학 성취를 예측하는 일반인지 요인에는 유동지능, 결정지능, 그리고 처리속도 등의 다양한 복합 요소가 관여한다고 제안하고 있다.

수학성적을 예측해주는 인지적 요소로써 최근 많은 연구자들이 관심을 보이는 개념 중 하나는 ‘실행기능’이다. 실행기능이란 “개인으로 하여금 자동적인 반응을 억제하고 사고과정을 확립할 수 있도록 만드는 목표지향적인

행동[5]”이라 정의된다. 수학능력에 있어 실행기능이 중요한 이유는 효과적인 실행기능의 수행을 위해 필요한 기술들이 높은 수학성적을 예측하는 인지능력들과 밀접한 관련이 있기 때문이다. Miyake 등[18]의 연구에 의하면 실행기능은 크게 전환(shifting), 개정(updated), 그리고 억제(inhibition)의 세 요소로 이루어진다. 여기서 전환이란 하나의 규칙에서 다른 규칙으로 바꿀 수 있는 능력을 말한다. 예를 들어 일정 숫자에서 3씩을 빼는 수행을 반복한 후, 어느 순간부터 3씩 더하는 수행을 해야 할 경우 요구되는 능력이다. 개정이란 기억을 지속적으로 모니터링하여 갱신하는 능력이며, 활동기억의 정의와 유사한 개념이다. 억제란 자동적인 반응을 자발적으로 억누르는 능력을 말한다. 이러한 실행기능의 요소를 보면 위에서 언급한 수학능력에 요구되는 요소(활동기억, 주의집중, 주의분산 등)와 매우 유사함을 알 수 있다. 보다 정보처리적 관점에서 접근하는 주장에 따르면[19], 실행기능에는 문제발견-계획-수행-평가라는 문제해결 측면도 포함된다. 즉, 실행기능은 수학적 문제풀이에 필요한 핵심 인지적 구성요소들과 실제 문제해결을 위한 전략과 평가를 포함한 복합적인 상위인지의 개념인 것이다.

활동기억이나 주의억제 능력과 수학성적간의 관련성에 대해서는 많은 연구가 이루어져 왔다. 하지만 이를 실행기능이라는 개념으로 통합하여 연구한 결과들은 최근에서야 보고되기 시작했다. 더군다나 일반 학업성취가 아닌 수학이라는 특정과목에 대한 연구는 아직 소수에 불과하다. 최근의 한 연구[20]에 따르면 4세 때의 실행기능 능력은 6세 때의 수학능력을 예측하는 유의미한 변인이었다. 또한 실행기능의 하위요소들은 IQ의 효과를 통제하고서도 7세의 수학성적을 예측하는 유의한 변인이었다 [13].

최근 연구들의 결과는 수학능력을 예측하는 여러 가지 인지적 요소들은 무선적이지 않으며 ‘실행기능’의 요소로써 통합될 수 있다는 가능성을 시사한다. 하지만 아직 절대적 연구의 수가 많지 않은 상황이며 특히 수학에 대한 요구나 학습과정이 다른 집단에게도 기존의 연구 결과가 같이 적용될지에 대해서는 명확하지 않다. 예를 들어 위에서 언급한 연구[20]는 뉴질랜드 초등학교생을 대상으로 이루어졌다. 저자들 자신도 밝혔듯이, 뉴질랜드의 경우 초등학교 교과과정에서 수학이 별로 중요한 역할을 하지 않는다. 이곳에서 밝혀진 연구결과가 우리나라와 같이 어린 시절부터 수학이 강조되는 사회에도 적용될지는 미지수다. 또 현재까지의 대부분의 실행기능과 수학능력간의 관련 연구가 초등학교생을 대상으로 이루어졌기 때문에 그 결과가 중학생 이후의 고차적 수학 성취에도 적용되는지는 명확하지 않다.

2.2 수학성적과 심리적 변인

인지적 변인의 효과와 더불어 수학점수와 관련이 있는 개인적, 심리적 변인들의 효과도 존재한다. 기존의 연구들을 종합하면 특히 청소년의 경우 수학에 대한 기대와 개입, 그리고 성공에 대한 지각된 가치 등의 심리적 변인들이 그들의 수학 성적에 유의미한 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다.

수학능력과 태도 및 동기변인에 대한 연구는 Reynold 등에 의해 이루어진 대단위 연구가 대표적이다[21]. 그들의 연구에 따르면 비록 가정환경과 과거성취가 고등학생의 수학능력을 예측하는 가장 강력한 변인이긴 하지만, 동기요소 역시 10학년의 수학성적을 예측하는 유의미한 변인이었다.

수학과목 자체에 대한 태도 못지않게 전반적인 학업성취에 대한 동기, 진로와 관련한 태도 등의 변인 역시 수학성적에 영향을 미친다. 예를 들어 8학년의 학습 동기는 직접, 혹은 수학에 대한 태도를 매개하여 그들의 수학성적을 예측한다[22]. 또 자신의 능력에 대한 자아개념 및 성공에 대한 가치 역시 남학생의 수학성적을 예측한다 [23]. 이러한 연구들은 특히 청소년의 수학능력을 예측하는데 있어서는 인지능력 뿐 아니라 동기나 태도 등의 심리적 요소를 같이 고려할 필요가 있다는 점을 강력히 시사한다.

본 연구는 중학생의 수학성적을 예측하는 인지적 변인으로 실행기능의 효과를 알아보고자 하였다. 실행기능은 수학능력과 밀접하게 관련이 있는 인지적 요소들로 이루어져 있지만 이 변인의 효과가 일반 청소년의 실제 수학점수를 예측하는 변인지에 대해서는 명확한 결론이 나지 않은 상태이다. 또한 청소년의 경우 동기나 태도변인에 의해 그들의 수학의 수행이 영향을 받을 수 있다는 점을 고려하여 이러한 심리적 요인을 통제한 후에도 실행기능의 효과가 유의미하게 관찰되는지를 알아보고자 하였다.

이를 위하여 본 연구는 한국진로학습연구소에서 개발한 “SMAT 진단검사”의 자료를 이용하였다. 이 검사는 중고등학생의 진로에 대한 인식과 효과적인 학습방법을 알아보기 위해 개발된 검사로서, ① 학습에 대한 동기, ② 진로에 대한 태도, ③ 학습 전략의 3개 하위 영역, 총 96 문항으로 이루어져 있다. 검사 개발은 먼저 각 영역을 측정하는 설문문항을 기존의 척도를 중심으로 선정하여 총 245문항의 예비문항을 선별한 후, 파일럿 자료 수집을 실시하였다. 그 자료를 탐색적 요인분석 및 군집분석을 이용하여 문항 선정 및 예비 타당화 작업 등을 거쳐 확정된 검사이다. 본 연구에서 이 자료를 사용하게 된 이유는 이 검사를 실시한 학생을 대상으로 동일한 수학시험을 실시

했기에 단일한 수학문제에 대한 광범위한 중학생의 자료가 축적되어 있기 때문이다. 이 검사는 비록 직접적으로 실행기능 및 동기 변인을 측정하고자 개발된 검사는 아니지만, 중학생의 실제 성적을 포함하고 있는 대규모 자료이기 때문에 연구가치가 높다고 판단되어 이 자료를 근거로 다음과 같은 가설을 검증해 보고자 하였다.

첫째, 중학생이 지각한 실행기능의 효과는 그들의 수학성적을 유의미하게 예측할 것이다.

둘째, 실행기능의 효과는 동기나 태도 변인을 통제한 이후에도 그들의 수학성적을 예측할 것이다.

이러한 주 가설에 더하여 수학수행이 높은 집단과 낮은 집단에 있어 실행기능 및 동기효과 차이가 다르게 나타나는지를 탐색해 보았다.

3. 연구방법

3.1 연구참여자

전국 네트워크를 가지고 있는 모(某) 입학학원을 다니고 있는 중학생을 대상으로 SMAT검사를 실시하였다. 검사를 받은 총 인원은 4255명의 중학생이었으며, 학년별로는 1학년 1539명(36%), 2학년 1505명(35%), 3학년 1211명(29%)이었다. 성별로는 남자 2286명(54%), 여자 1770명(42%)이었다(나머지는 성별에 체크하지 않음). 본 연구의 분석은 이중 SMAT검사를 응답한 동시에 수학 모의고사를 치른 3748명의 자료를 대상으로 하였으며, 각각 남학생 2119명, 여학생 1629명이었다.

3.2 측정도구

3.2.1 실행기능

중학생의 실행기능은 SMAT검사 중 실행기능 측정용 위해 삽입한 20개 문항으로 측정하였다. 각 문항은 기존의 자기보고식 실행기능 평가도구를 참고하여(예, Behavior Rating Inventory of Executive Function[24]) 개발되었으며, 실행기능의 하위요소 중 활동기억(예, “쉽게 암기할 수 있는 나만의 방식이 있다”), 주의집중 및 억제 (“나는 초조한 마음 때문에 공부에 집중하기가 어렵다”), 주의전환(“나는 갑자기 일정이나 계획이 바뀌면 참기가 힘들다”), 계획(“나는 주어진 과제나 활동을 정해진 시간 내에 마치지 못하는 편이다”)의 영역에서 자신이 느끼는 정도를 보고하는 방식이다. 기존의 검사인 BRIEF는 높은 타당도와 신뢰도를 보여주고 있다. 하지만 문항 수가 많은데다 교사나 부모가 평정해야 하기 때문에 본 연구와 같이 학원에서 시험 실시 후에 시행되는 절차를 수행하

기에는 무리가 있었다. 따라서 본 연구는 이를 자기보고식으로 수정하였으며, 기존 검사의 대요인인 ‘행동통제’에서 두 소요인, ‘메타인지’에서 두 소요인 등, 학업성취와 가장 관련이 높다고 알려진 네 가지 요인을 선정하였다. 그리고 각 요인에서 가장 요인점수가 높은 문항들을 선별하여 평정하도록 하였다. 요인간의 상관은 모두 유의미하였다($p < .001$). 모든 문항은 1(매우 그렇지 않다)에서 5(매우 그렇다)까지의 Likert척도로 평정되었으며, 문항간 신뢰도 Cronbach's $\alpha = .80$ 이었다.

3.2.2 학습에 대한 동기

학습 동기와 진로에 대한 자신의 지각을 알아보기 위하여 SMAT검사 문항 중 중학생들이 느끼는 학습동기에 대한 문항을 선별하였다. 원 척도의 구성에 따라 동기영역은 크게 3가지 영역에서 각 4문항씩으로 5점 척도 상에서 평정하게 하였다. 첫째, ‘탐구’ 영역은 자신이 특정 학습주제에 대해 이를 분석하려는 태도를 가지고 있는지 여부를 묻는 문항이다(예, “공부를 할 때 먼저 사물의 특성을 파악하려고 한다”). 둘째, ‘반응’ 영역은 학습에 대해 얼마나 가치를 두지 않는지 여부로(예 “공부하라고 구속하면 어디론가 떠나고 싶은 충동을 느낀다”), 낮을수록 높은 가치를 둔다는 의미이다. 마지막으로 ‘인정’ 영역은 타인의 외적강화를 통한 동기부여 여부이다(예, “나는 인정받으며, 제대로 평가받고 있다고 느낄 때 최선을 다해 공부한다”). 문항간의 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 탐구 영역이 .68, 반응 영역이 .66, 인정 영역이 .70 이었다.

3.2.3 진로에 대한 태도

SMAT 진단검사는 중학생이 느끼는 자신의 진로에 대한 태도를 총 5가지 영역에서 영역 당 3문항씩으로 총 15 문항으로 평정하고 있다. 첫째, ‘진로계획’ 요인은 자신의 진로에 대해 명확한 계획을 가지고 있는지를 묻는다. 두 번째 요인인 ‘진로탐색’은 관심 있는 진로에 대해 알아보는 개입을 하였는지 여부이다. 세 번째, ‘진로독립’은 타인이 아닌 자신의 의지에 의해 진로를 결정하려는 태도를 일컫는다. 네 번째 요인인 ‘결정유예’는 아직 진로에 대해 결정을 내리지 못하고 고민하는 상태를 측정한다. 마지막으로 ‘결정확산’은 진로에 대해 고민하려는 노력 자체를 하지 않은 경우에 해당된다. 모든 문항은 1(매우 그렇지 않다)에서 5(매우 그렇다)까지의 Likert척도로 평정되었으며, 문항간 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 진로계획 .77, 진로탐색 .75, 진로독립 .72, 결정유예 .74, 결정확산 .80 이었다.

3.2.4 수학시험 점수

수학 시험은 중학교 교과과정을 반영하여 학원에서 자체 제작한 것이었으며, 실시 시기는 5월 중순으로, 1학기 중간고사 성격의 시험으로 범위가 구성되어 있었다. 난이도는 전국 모의고사와 유사한 수준이었다. 점수 범위는 최소 6점에서 최대 100점까지 분포하였으며, 평균은 66점, 표준편차는 19점이었다.

3.3 절차

학원에서 모의고사를 실시하고 나서, SMAT 검사를 OMR 카드 방식으로 실시하였다. 심리검사에 소용된 시간은 30분 정도였다.

4. 결과

4.1 기술통계 및 사전분석

연구변인들로 사용된 모든 변인들의 기술통계치가 표 1에 제시되어 있다. 상관분석 결과 학습에 대한 동기가 높을수록($r=.23, p<.001$), 그리고 진로에 대해 확신할수록($r=.13, p<.001$) 수학점수가 더 높았다. 실행기능과 동기 및 태도변인간의 관계 역시 유의미하였다($r=.32, p<.001$).

[표 1] 측정변인의 기술통계치
[Table 1] Descriptive statistics among measured variables

측정변인	범위	평균	표준편차
동기:탐구	4-20	12.52	3.17
동기:반응	4-20	12.32	3.24
동기:인정	4-20	15.85	2.74
진로:계획	3-15	10.23	2.82
진로:탐색	3-15	9.71	2.77
진로:독립	3-15	11.84	2.20
진로:유예	3-15	9.34	2.75
진로:확산	3-15	5.96	2.48
수학성적	6-100	66.30	19.97
실행기능	1-5	3.16	.53

본 분석에 앞서 타당도 검사의 일환으로 측정변인들 간의 관계를 확인적 요인분석을 통해 알아보았다. 동기 및 태도 구인은 각각의 요인점수를 통해 추정하였으며, 실행기능과 수학성적은 각 하위 점수의 평균을 이용하여 단일점수를 산출한 후 구조방정식 모형을 이용하여 변인 간의 관련성을 분석하였다. 그 결과 전체 모형의 적합도는 추후 분석을 진행하기에 무리가 없는 수준인 것으로

드러났다($\chi^2(13)=26.37, CFI=.95, NFI=.95, RMSEA=.081$). 모든 요인의 측정치 및 요인간의 상관은 유의미하였다. 즉, 확인적 요인분석 결과 본 연구의 모형 설정은 만족할 만한 수준의 구인타당도가 있는 것으로 해석되었다.

수학성적이 성별과 학년에 따라 차이가 있는지를 조사한 결과 두 변인 모두에 따른 유의미한 차이가 있었다. 학년의 경우 1학년의 평균(67.08)이 가장 높았으며, 학년이 높아질수록 성적이 나뉘었다(2학년: 66.85, 3학년: 64.62; $F(2,4089)=5.84, p<.01$). 성별로는 남학생들의 성적(67.7)이 여학생의 성적(65.04)보다 높았다($t(3896)=4.13, p<.001$). 따라서 이 두 변인의 효과는 추후 분석에서 1단계에 투입되었다.

4.2 수학성적을 예측하는 예측변인들의 효과

실행기능이 동기나 태도 등의 심리적 변인과 성별 및 학년의 효과를 통제한 후에도 그들의 수학성적을 예측하는지를 알아보기 위하여 위계적 회귀분석을 실시하였다. 분석의 1단계에서는 학년과 성을 투입하였고, 2단계에서는 동기 변인, 3단계에서는 진로태도 변인, 그리고 4단계에서는 실행기능 변인을 투입하였다. 투입된 연속 변인들의 공차한계는 .67에서 .82사이이며, 변량팽창계수(VIF)는 1.21에서 1.79사이로 다중공선성의 문제는 보이지 않았다.

[표 2] 중학생의 수학성적을 예측하는 변인들의 위계적 회귀분석

[Table 2] Hierarchical regression table predicting mathematical scores

예측	수학성적 (β 값)			
	모형 1	모형 2	모형 3	모형 4
성별	-.07***	-.04*	-.05**	-.07***
학년	-.04**	-.03	-.03	-.02
동기:탐구		.19***	.19***	.15***
동기:반응		-.17***	-.16***	-.08***
동기:인정		.15***	.13***	.10***
진로:계획			-.02	-.04*
진로:탐색			-.01	-.02
진로:독립			.05**	.05**
진로:유예			-.02	-.04*
진로:확산			-.05**	-.05**
실행기능				.23***
F	11.33***	103.28***	54.08***	63.39***
R ²	.01	.12	.13	.16
ΔR ²		.11	.01	.03

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

회귀분석의 결과는 표 2에 제시되어 있다. 1단계에 투

입된 변인 중 성별의 경우 최종 모형까지 유의미한 영향력을 보였으나($\beta=-.07, p<.01$), 학년에 따른 차이는 다른 심리적 변인이 추가됨에 따라 영향력이 감소하였다. 2단계에 투입된 동기변인들의 효과는 전반적으로 강하여 전체 설명력이 11% 증가하였으나, 3단계에 투입된 진로태도 변인의 효과는 상대적으로 작았다. 태도 변인 중에서는 오직 진로독립($\beta=.05, p<.01$)과 진로확산($\beta=-.05, p<.05$) 요인만이 중학생의 수학성적에 유의미한 영향력을 보였다. 실행기능의 효과는 동기 및 태도변인을 모두 통제한 후에도 여전히 유의미하였으며($\beta=.23, p<.001$), 이 수치는 예측변인 중 가장 높은 수치였다.

4.3 수학성적 집단에 따른 예측변인들의 효과

전체집단을 대상으로 제시된 결과가 수학성적이 높은 집단과 낮은 집단에서 같은 양상으로 관찰되는 지를 알아보기 위하여 수학 성적에 따라 두 가지 집단을 나누었다. 100점 만점의 수학성적의 상위 10%에 해당되는 90점 이상을 획득한 학생들과 하위 10%에 해당되는 37점 이하를 맞은 학생들을 선별해 각각 수학적수 고성취 집단(N=459)과 저성취 집단(N=412)으로 구분하였다. 집단 구분 결과 측정변인들은 대부분 기존 연구에서 밝혀진 경향과 유사한 양상을 보였다. 즉, 수학 고성취 집단이 저성취 집단에 비해 더 학습에 대한 동기수준이 높았고, 진로에 대한 태도가 확고하였다($p<.001$). 이들은 실행기능에서도 차이를 보여 고성취 집단(평균=3.44)이 저성취 집단(평균=2.77)에 비해 우수한 실행기능 수준을 보고하였다($p<.001$).

하지만 실행기능이 수학성적에 미치는 효과는 집단에 따라 다르게 나타나는 것으로 드러났다. 수학성적 저성취 집단의 경우 실행기능과 수학적수점간의 유의미한 상관관계가 있었으나($r=.21, p<.001$), 고성취 집단의 경우 유의미한 상관관계가 없었으며($r=.03$), 이 두 상관관계수간의 차이는 유의미하였다($Z=2.60, p<.01$). 표 3과 4는 수학성적을 예측하는 변인들의 효과를 수학 성취 집단에 따라 분석한 위계적 회귀분석 결과이다. 표에서 나타났듯이 실행기능은 수학성적 저성취 집단의 점수를 예측하는데 있어서 유일한 유의미한 예측변인이었다($\beta=.29, p<.001$). 하지만 이러한 경향은 수학성적 고성취 집단에서는 발견되지 않았다($\beta=.03$). 오히려 고성취 집단의 경우 성별($\beta=-.11, p<.05$)이나 학년($\beta=.10, p<.05$) 등의 변인이 그들의 수학 성적을 더 잘 예측하였다.

[표 3] 수학 저성취 집단의 수학성적을 예측하는 심리적 변인의 위계적 회귀분석

[Table 3] Hierarchical regression table predicting mathematical scores of low-achievers

예측	수학성적 (β 값)				
	기준	모형 1	모형 2	모형 3	모형 4
성별		-.04	-.02	-.03	-.07
학년		-.09	-.08	-.07	-.08
동기:탐구			.08	.07	.05
동기:반응			-.02	-.01	.07
동기:인정			.02	.02	-.01
진로:계획				-.06	-.09
진로:탐색				.08	.08
진로:독립				.01	.06
진로:유예				-.08	-.02
진로:확산				.01	.02
실행기능					.29***
F	1.78	1.13	.85	3.12***	
R ²	.01	.02	.03	.07	
ΔR^2		.01	.01	.04	

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

[표 4] 수학 고성취 집단의 수학성적을 예측하는 심리적 변인의 위계적 회귀분석

[Table 4] Hierarchical regression table predicting mathematical scores of high-achievers

예측	수학성적 (β 값)				
	기준	모형 1	모형 2	모형 3	모형 4
성별		-.08	-.08	-.10	-.11*
학년		.11*	.11*	.10*	.10*
동기:탐구			-.02	-.03	-.03
동기:반응			-.08	-.07	-.06
동기:인정			-.04	-.05	-.05
진로:계획				.02	.02
진로:탐색				.10	.10
진로:독립				-.11*	-.11*
진로:유예				.03	.02
진로:확산				-.02	-.02
실행기능					.03
F	4.11*	2.33*	1.91*	1.76*	
R ²	.02	.03	.04	.04	
ΔR^2		.01	.02	.00	

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

5. 논의 및 결론

본 연구는 중학생을 대상으로 그들의 수학성적을 예측하는 실행기능의 효과가 태도 및 동기요인을 통제한 후에도 영향을 미치는지, 그리고 그 효과가 수학을 잘하는 집단과 그렇지 못한 집단에게 유사하게 나타나는지를 탐색한 연구이다. 기존의 국내 연구들은 주로 수학성취를

예측하는 개개 변인들의 효과를 단순 상관이나 실태조사 형태로 분석한 경우가 많으며, 실행기능이라는 상위인지 요소를 개입시켜 이 변인의 고유효과를 탐색한 연구는 거의 보고된 바 없다. 이러한 맥락에서 본 연구의 결과는 단지 학문적인 부분을 떠나서 학교, 학원계 및 중등교육에 주는 실제적 함의가 매우 높은 연구라 할 수 있다.

본 연구의 결과는 실행기능이 태도나 동기변인을 통제 한 후에도 중학생의 수학점수를 유의미하게 예측하는 변인임을 보여주었다. 이러한 결과는 특히 청소년을 대상으로 실행기능이 수학에 미치는 효과를 알아본 연구가 거의 없는 상황에서, 기존의 실행기능 연구에 새로운 자료를 제공해 주었다 할 수 있다.

수학점수에 미치는 인지적, 심리적 요소들의 효과는 성적에 따라 다른 양상을 보였다. 모든 집단을 대상으로는 심리적 변인과 실행기능 변인 모두 주요한 예측변인이었다. 하지만 수학성적이 좋은 집단과 나쁜 집단을 구분하여 분석한 결과 다른 경향성이 관찰되었다. 수학점수 저성취 집단의 경우 특히 실행기능의 효과가 중요하여, 실행기능은 그들의 낮은 점수를 예측하는 가장 강력한 변인이었다. 반면 고성취 집단의 경우 실행기능을 포함한 인지적, 혹은 태도나 동기 변인의 별다른 효과가 발견되지 않았다. 오히려 생물학적 요소 등의 심리적으로 통제할 수 없는 변인의 효과가 더 큰 것으로 드러났다.

이러한 집단에 따른 차이가 어디에서 온 것인가? 본 자료의 특성과 기존 연구들을 감안하였을 때 몇 가지 가능성을 제안할 수 있다. 첫째, 가장 간단한 가능성으로 수학 고성취 집단의 경우 높은 수준의 실행기능 능력을 보유하고 있기 때문에 천정효과가 있다는 것이다. 하지만 이러한 가능성은 큰 것 같지는 않는데, 그들의 실행기능의 왜도치는 -.43으로써 큰 편향된 분포는 보이지 않았기 때문이다.

또 하나의 가능성은 실행기능의 효과는 수학 성취에 필요한 몇 가지 ‘기본적인’ 능력에 한정된 것이며, 이러한 능력을 초월하는 수학분야의 성취를 예언해 주지 않는다는 것이다. 하지만 현 자료는 이러한 가능성도 별로 지지하지 않았다. 그 이유로 비록 실행기능과 수학점수의 상관강도가 수학점수 저성취 집단에서 고성취 집단보다 강하게 나타났지만, 이 집단의 상관계수는 .21로써 오히려 전체평균인 .32보다 낮은 수치였다. 만약 실행기능이 수학점수에 미치는 효과가 저성취 집단에게서 두드러진다면 이들의 상관계수가 평균보다 높아져야 했을 것이다.

그렇다면 본 연구에서 제시된 결과를 가장 잘 설명해 주는 가능성은 무엇인가? 현재의 자료로 추정 가능한 그럴듯한 몇 가지 가능성 중 하나는 본 연구에서 측정된 실행기능이 자기보고식이었다는 점이다. 기존 연구들의 결과도 자기보고식 실행기능과 다른 방식으로 측정된 실행기능 간에 언제나 같은 결과가 나오지 않는다는 것은 일반적인 현상이다. 예를 들어, 실행기능 능력과 수학성적 간의 관련성은 하노이탑 문제로 측정하였을 때에는 상당한 예측력을 보여준 반면, Shape School 검사의 반응 변환조건으로 측정할 경우에는 별다른 관련성을 보여주지 못하였다[21]. 다시 말해서 실행기능의 모든 요소들이 일관되게 수학성적을 예측해 주는 것이 아니며, 특정 측정치가 어느 요소를 강조하느냐에 의해 그 결과가 달라질 수 있다는 점을 시사한다.

본 연구의 실행기능이 자기보고식으로 측정된 결과라는 점을 감안할 때 대두되는 또 다른 가능성은 실제 실행기능의 수준과 자기가 생각하는 실행기능 수준은 언제나 같지 않을 수도 있다는 것이다. 극단적인 예로, 비록 실행기능 수준이 낮고 그에 따라 수학 수행에 어려움을 겪는 학생이라도 자신이 이 부분에 문제가 없다고 지각할 수도 있는 것이며, 또 반대의 경우도 가능하다. 이러한 가능성이 실제로 얼마나 되는지는 본 연구의 자료만 가지고는 알아낼 수 없으며 이는 본 연구의 명백한 한계라고 할 수 있다. 가장 확실한 방법은 자기보고법과 더불어 실행기능을 측정한다고 알려진 다른 과제들을 복합적으로 실시하여, 그 결과를 통합하여 보고하는 것이다.

본 연구는 이러한 필요성과 더불어 몇 가지 한계점 및 해석시의 유의사항이 있다. 첫째, 본 연구의 실행기능의 효과는 통계적으로 유의미하였다. 하지만 실행기능이 중학생의 수학성적을 설명해 주는 고유 설명량은 3-4% 수준이라는 점을 염두에 둘 필요가 있다. 수학성적에 영향을 미치는 변인은 무수히 많으며, 비록 인지적 변인이 유의미한 예측변인이라고는 해도 그 절대적 크기가 다른 요인을 무시할 만큼 큰 수준은 아니라는 것이다. 이러한 결과는 기존 연구에서도 많이 발견되는 경향이다. 예를 들어 성이나 사회경제 수준을 통제한 후에 실행기능이 수학능력을 예측하는 회귀계수의 강도는 약 .10수준으로 보고되고 있으며[20], 그나마 실행기능의 하위요소 중 수학능력과 관련이 깊다고 알려진 주의 억제능력의 효과도 전체 변량의 10%정도만 설명해 주는 것으로 알려져 있다[25]. 대단위 연구의 결과[21]를 보면 (일반적으로 학습개입의 목표가 아니거나 개입이 불가능한) 가정환경이나 이전 성적을 제외하고는 어떠한 심리적 변인도 고교생의 수학능력을 예측하는 경로계수의 효과가 .10 이상의 수준을 보여주지 못한다. 다시 말하면 비록 통계적으로 유의미하다 할지라도 이 변인의 고유 효과를 너무 과대 해석하는 것은 주의할 필요가 있다는 것이다. 동시에, 수학 성적에는 수많은 요인이 관여하고 있으며, 비록 그 하나

하나의 변인의 효과는 작을지라도 이들이 축적이 되면 무시 못 할 변화를 예측한다는 점을 주목할 필요가 있다. 본 연구에서도 드러났듯이 수학성적에 영향을 미치는 변인 간에는 정적인 상관관계가 존재한다. 즉 하나의 변인의 수준이 높으면 다른 변인도 동반되어 높은 수준을 보이는 경향이 있다. 수학능력의 차이도 이러한 서로 연관된 다양한 변인들의 효과가 종합되어 발생하는 것이라고 보는 것이 적절하다.

둘째, 서론에서 언급하였지만 본 연구의 자료는 중학생의 진로 및 학습관련 프로그램 개발을 위한 기초연구의 자료를 기반으로 하였다. 따라서 본 연구에서 사용된 변인들의 문항은 엄격한 이론적 근거를 통해 표준화된 도구라기 보다는 다소 경험적으로 선정되었으며, 이를 통계적 방식으로 통합하여 연구한 것이다. 비록 많은 수의 자료를 확보할 수 있다는 장점이 있지만 이론적으로 도출된 검사 도구에 비해 신뢰도와 타당도에 보다 철저한 확인적 검증이 요구된다. 추후연구는 이러한 부분을 고려하여 보다 이론적인 바탕을 배경으로 개발된 도구를 이용하여 결과를 반복 검증할 필요가 있다.

이러한 한계에도 불구하고 본 연구는 광범위한 일반 중학생을 대상으로 수학이라는 그들의 미래의 성취에 있어 중요한 과목의 실제 성적과 실행기능간의 관계에 대해 알아본 드문 연구라는 점에서 그 가치가 높다고 할 수 있다. 특히 본 연구에서 밝혀진 실행기능의 효과는 수학에 어려움을 겪는 청소년들을 대상으로 하는 학습클리닉에도 많은 함의를 줄 수 있다고 기대된다. 또한 진로나 동기변인이 중학생의 수학성적과 밀접하게 관련이 되나, 오히려 성적이 높거나 낮은 집단에는 별다른 효과가 없다는 사실은 학교장면에서 실제 중학생을 지도하는 교사나 상담가에게도 많은 시사점을 주는 결과라 할 수 있다.

References

[1] Betz, N. E. "Prevalence, distribution, and correlates of math anxiety in college students", *Journal of Counseling Psychology*, Vol. 25, pp. 441-448, 1978.

[2] Kim, Y & Heo, H. "A study on antecedents of mathematics anxiety in high school students", *Journal of the Korea Society of Educational Studies in Mathematics*, Vol. 5, pp. 111-128, 1995.

[3] Rivera-Batiz, F. L. "Quantitative literacy and the likelihood of employment among young adults in the United States". *Journal of Human Resources*, Vol. 27, pp. 313-328, 1992.

[4] Shapka, J. D et al. "Trajectories of career aspirations through

adolescence and young adulthood: Early math achievement as a critical filter." *Educational Research and Evaluation*, Vol. 12, pp. 347-358. 2006.

[5] Garon et al. "Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework." *Psychological Bulletin*, Vol. 134, pp. 31-60, 2008.

[6] Deary, I. et al. "Intelligence and educational achievement". *Intelligence*, Vol. 35, pp. 13-21, 2007.

[7] Leeson, P. et al. "Cognitive ability, personality, and academic performance in adolescence." *Personality and Individual Differences*, Vol. 45, pp. 630-635, 2008.

[8] Stevenson, H. W. et al. "Longitudinal study of individual differences in cognitive development and scholastic achievement." *Journal of Educational Psychology*, Vol. 68, pp. 377 - 400, 1976.

[9] De Smedt, B. et al. "Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade." *Journal of Experimental Child Psychology*, Vol. 103, pp. 186-201, 2008.

[10] Geary, D. C. et al. "Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability." *Child Development*, Vol. 78, pp. 1343-1359, 2007.

[11] Swanson, H. L. & Sachse-Lee, C. "Mathematical problem solving and working memory in children with learning disabilities: Both executive and phonological processes are important." *Journal of Experimental Child Psychology*, Vol. 79, pp. 294-321, 2001.

[12] Blair, C. & Diamond, A. "Biological processes in prevention and intervention: The promotion of self-regulation as a means of preventing school failure." *Development and Psychopathology*, Vol. 20, pp. 899-911, 2008.

[13] Bull, R. & Scerif, G. "Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory." *Developmental Neuropsychology*, Vol. 19, pp. 273-293, 2001.

[14] Jordan, N. C. et al. "Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes." *Developmental Psychology*, Vol. 45, pp. 850-867, 2009.

[15] Machida, K., & Carlson, J. S. (1984). Effects of a verbal mediation strategy on cognitive processes in mathematics learning. *Journal of Educational Psychology*, 76, 1382-1385.

[16] Grissmer, D. et al. "Fine motor skills and early comprehension of the world: Two new school readiness indicators." *Developmental Psychology*, Vol. 46, pp.

1008-1017, 2010.

- [17] Taub, G. E. et al. "Effects of general and broad cognitive abilities on mathematics achievement." *School Psychology Quarterly*, Vol. 23, pp. 187-198, 2008.
- [18] Miyake, A. et al. "The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis". *Cognitive Psychology*, Vol. 41, pp. 49 - 100, 2000.
- [19] Zelazo, P. D. et al. "Early development of executive function: A problem-solving framework." *Review of General Psychology*, Vol. 1, pp. 198-226, 1997.
- [20] Clark, C. A. C. et al. "Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement." *Developmental Psychology*, Vol. 46, pp. 1176-1191, 2010.
- [21] Reynolds, A. J. & Walberg, H. J. "A structural model of high school mathematics outcomes." *Journal of Educational Research*, Vol. 85, pp. 150-158, 1992.
- [22] Singh, K. et al. "Mathematics and science achievement: Effects of motivation, interest, and academic engagement." *Journal of Educational Research*, Vol. 95, pp. 323 - 332, 2002.
- [23] Stevenson, H. W. & Newman, R. S. "Long-term prediction of achievement and attitudes in mathematics and reading." *Child Development*, Vol. 57, pp. 646 - 659, 1986
- [24] Gioia, G. A. et al. "Behavior Rating Inventory of Executive Function: Professional manual." Lutz, FL: Psychological Assessment. 2000.
- [25] Espy, K. A. et al. "The contribution of executive functions to emergent mathematic skills in preschool children." *Developmental Neuropsychology*, Vol. 6, pp. 465-486, 2004.

김도환(Do-whan Kim)

[정회원]



- 1996년 2월 : 연세대학교 심리학과 (문학석사)
- 2010년 2월 : 연세대학교 심리학과 (철학박사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 인간행동연구소 전문연구원
- 2010년 3월 ~ 현재 : 중앙대학교 심리학과 겸임교수

<관심분야>

연구방법론, 전생애 발달심리학

김근영(Geunyoung Kim)

[정회원]



- 1995년 2월 : 연세대학교 심리학과 (문학석사)
- 2006년 5월 : Vanderbilt University, Psychology and Human Development (Ph.D.)
- 2007년 3월 ~ 2011년 8월 : 한림대학교 심리학과 조교수
- 2011년 9월 ~ 현재 : 서강대학교 심리학과 부교수

<관심분야>

발달심리학, 사회인지 발달, 아동심리학